



科大讯飞麦克风阵列模块 XFM10521

数据手册

科大讯飞科技股份有限公司

安徽省合肥市望江西路 666 号 国家科技创新型试点市示范区科大讯飞语音产业基地

版本历史

版 本	日 期	修改记录
V0.1	2015-12-17	初稿
V0.2	2015-12-24	增加串口通信参数、修改部分章节错误标号

声 明

本手册由科大讯飞科技股份有限公司版权所有，未经许可，任何单位和个人都不得以电子的、机械的、磁性的、光学的、化学的、手工的等形式复制、传播、转录和保存该出版物，或翻译成其他语言版本。一经发现，将追究其法律责任。

科大讯飞保证本手册提供信息的准确性和可靠性，但并不对文本中可能出现的文字错误或疏漏负责。科大讯飞保留更改本手册的权利，如有修改，恕不相告。请在订购时联系我们以获得产品最新信息。对任何用户使用我们产品时侵犯第三方版权或其他权利的行为本公司概不负责。另外，在科大讯飞未明确表示产品有该项用途时，对于产品使用在极端条件下导致一些失灵或损毁而造成的损失概不负责。

目录

1	产品概述	1
2	功能描述	1
3	系统结构图	1
4	模块尺寸图	2
5	硬件接口定义	3
5.1	引脚定义	4
6	电路设计参考	6
6.1	硬件连接参考	6
6.2	音频输出信号与上位机连接方法	6
6.3	参考信号接入方法	7
7	串口通讯接口	8
7.1	扩展板串口与上位机连接方法	8
7.2	串口协议介绍	8
7.2.1	查询版本号	8
7.2.2	复位	9
7.2.3	指定增强波束	9
8	I2C 通讯接口	9
8.1	总述	9
8.2	写操作	10
8.3	读操作	10
8.4	模块版本号查询	11
8.4.1	协议介绍	11
8.4.2	参考示例	12
8.5	唤醒角度查询	12
8.5.1	协议介绍	12
8.5.2	参考示例	13
8.6	复位	13
8.6.1	协议介绍	13
8.6.2	参考示例	13
8.7	设置拾音波束	14
8.7.1	协议介绍	14
8.7.2	参考示例	14
9	I2S 音频输出接口	15
9.1	输出格式	15
9.2	引脚分布	15

10	参数列表	15
10.1	电气特性参数	15
10.2	极限值	16
11	附录	16
11.1	回声消除简介	16
11.2	CLOCK STRETCHING 特性	17
11.3	订货信息	17

1 产品概述

科大讯飞 XFM10521 模块是一款基于 5 麦克风阵列的语音前端解决方案。模块利用麦克风阵列的空域滤波特性,通过对唤醒人的角度定位,形成定向拾音波束,并对波束以外的噪声进行抑制,以保证较高的录音质量。

产品主要有以下特性:

- 5 麦克环形面性麦克风阵列
- 360 度声源定位
- 语音唤醒
- 回声消除
- 语音打断

2 功能描述

● 远场拾音

运用远场识别和降噪技术,使拾音距离达到 5 米。

● 语音唤醒

用户通过说出关键词,可以将模块从休眠状态唤醒。唤醒后,会有 WAKE_UP 标志位输出。(默认关键词是“灵犀灵犀”)

● 声源定位

模块利用 5 个麦克风阵列,实现 360°语音信号采集,并能通过声源定位来确定目标说话人的方向。

● 回声消除

在播放和录音同时进行的场景,模块通过回声消除技术,可以将扬声器的声音屏蔽,只接收用户的声音。(回声消除原理见附录)

● 语音打断

在设备播音时,仍然可以唤醒,实现打断效果。

3 系统结构图

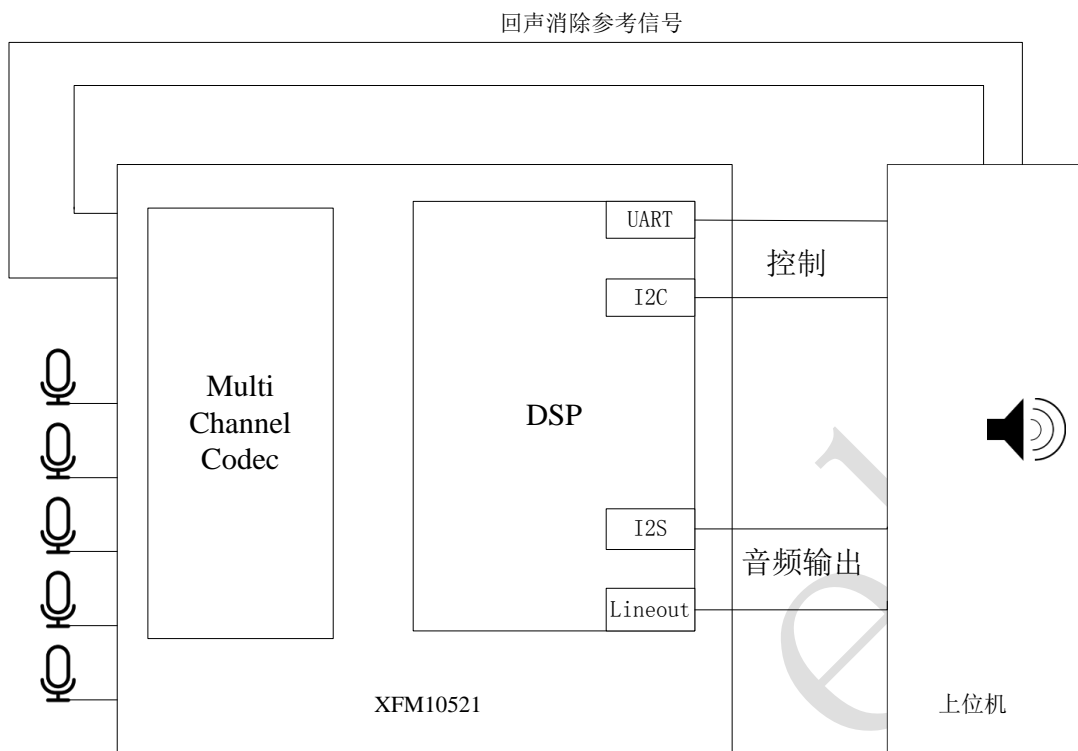


图 1 系统结构图

如图所示，模块接收外部的声音和回声消除参考信号作为输入，进行降噪处理后，通过 Line-out 和 IIS 接口输出模拟和数字音频。模块与上位机之间通过 I2C 接口实现控制和数据传输。

4 模块尺寸图

整板尺寸为 68.3x48.26 (mm)。引脚 1 距离板边 3.1mm。模块有保留邮票连接和排针孔两种连接方式。邮票连接间距 48.26mm，内部距半孔 75mil 保留 2.0mm 间距排针孔，孔径为 0.8mm。

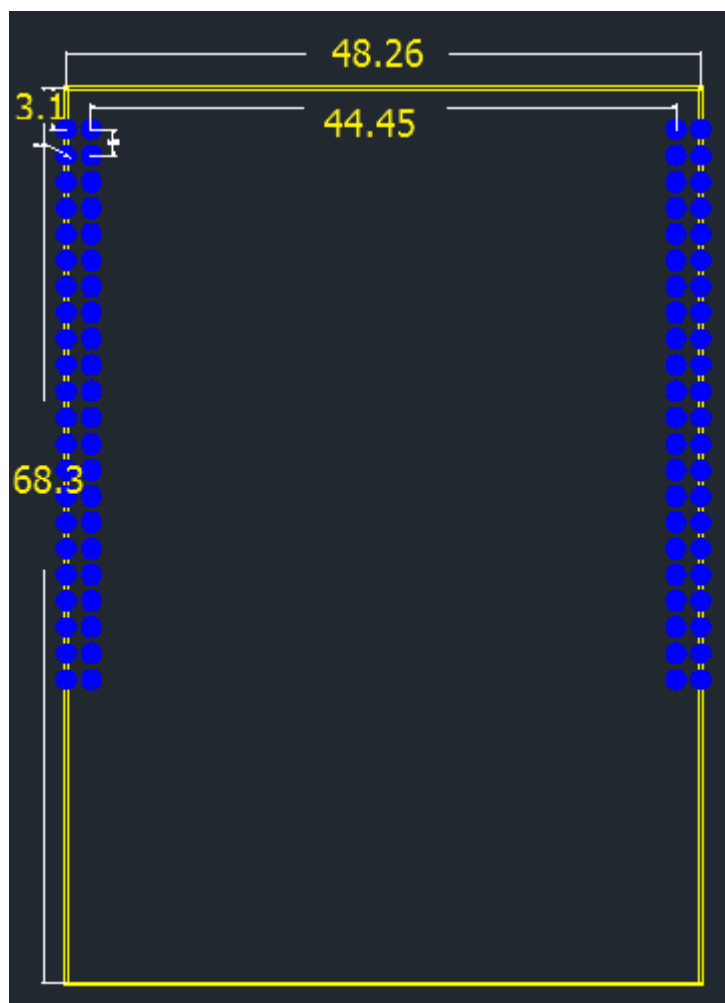


图 2 产品结构尺寸

5 硬件接口定义

其中各接口如下图所示。由于板两面都布有元器件，若使用邮票半孔连接，需要在底板开窗。

5.1 引脚定义

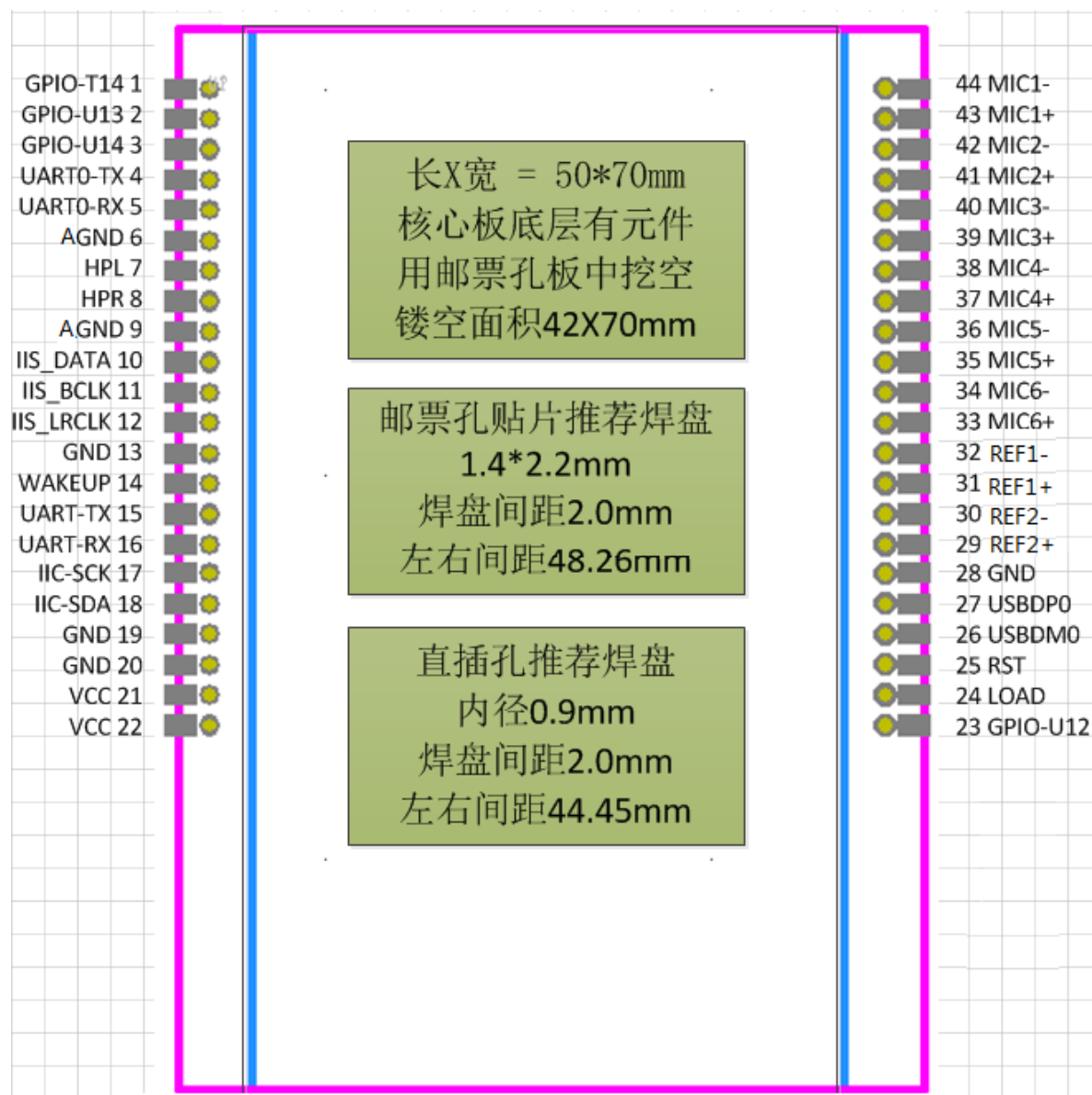


图 3 引脚图

引脚序号	引脚名称	功能描述	备注
1	GPIO1	预留 IO 口	内部预留
2	GPIO2		
3	GPIO3		
4	UART0-TX	DEBUG 串口	模拟输出接口
5	UART0-RX		
6	AGND	模拟地	
7	HPL	左声道输出	数字输出接口
8	HPR	右声道输出	
9	AGND	模拟地	
10	I2S-DATA	I2S 数据	

11	I2S-CLKK	I2S 位时钟	
12	I2S-LRCLK	I2S 帧时钟	
13	GND	信号地	
14	WAKEUP	唤醒引脚	唤醒时输出高电平
15	UART-TX	uart 接口	uart 接口
16	UART-RX		
17	I2C-SCK	I2C 时钟	I2C 接口
18	I2C-SDA	I2C 数据	
19	GND	信号地	
20	GND		
21	VCC	电源	
22	VCC		
23	GPI04	预留 I0	内部预留
24	LOAD	烧录	
25	RST	复位	
26	USBDM	USB 接口	
27	USBDP		
28	GND	信号地	不可用作普通麦克风接口使用
29	REF2+	参考信号输入	
30	REF2-		
31	REF1+		
32	REF1-		
33	MIC6+	预留	预留
34	MIC6-		
35	MIC5+	麦克风输入	
36	MIC5-		
37	MIC4+		
38	MIC4-		
39	MIC3+		
40	MIC3-		
41	MIC2+		
42	MIC2-		
43	MIC1+		
44	MIC1-		

表格 1 引脚定义

6 电路设计参考

6.1 硬件连接参考

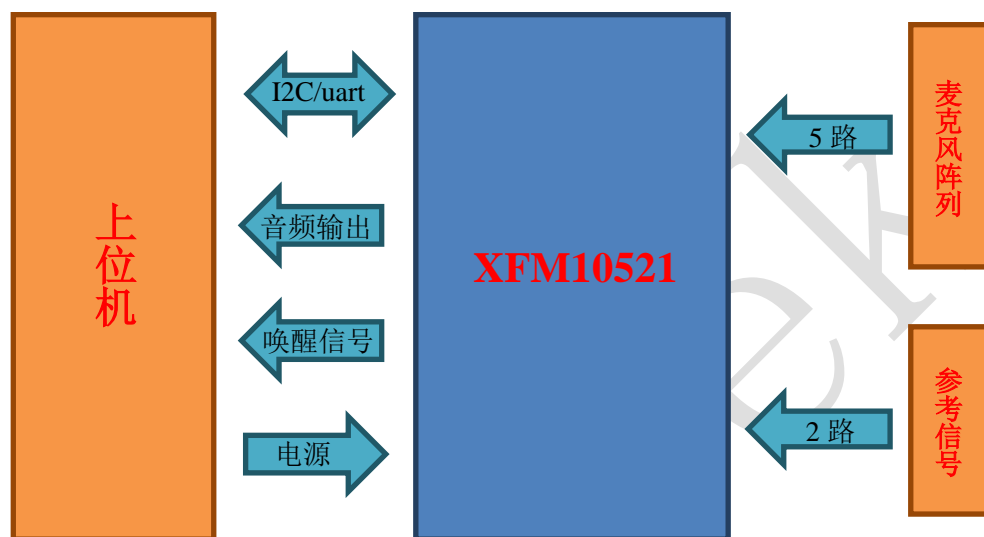


图 4 硬件连接参考图

1) 上位机接口的连接说明：

电源连接：对应 19、20、21、22；

唤醒信号输出：14；

I2C 接口：对应 17、18；

UART 接口：对应 15、16；

音频输出：模拟对应 7、8，数字输出对应 10、11、12。

2) 麦克风阵列接口的连接说明：

麦克风接口：对应 35-44，即 MIC1 到 MIC5。

3) 参考信号接口的连接说明：

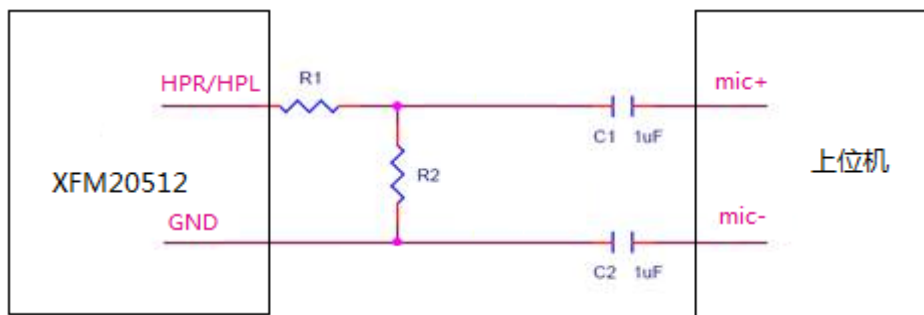
音频参考信号左声道输入接口，对应 29、30 管脚；

音频参考信号右声道输入接口，对应 31、32 管脚；

6.2 音频输出信号与上位机连接方法

HPR 和 HPL 是降噪后的音频输出信号 lineout，可以串接 1uF 隔直电容连接到上位机的麦克风输入接口。因为 HPR 和 HPL 的音频峰峰值比普通麦克要大些，需要配置上位机的 ADC 参数把增益比麦克风输入信号调低约 20dB。如果不方便进行增益调节，也可以通过增加 2 个电阻分压的方法进行衰减。详见下图 5：

(建议 R1=10K)



$$V(\text{mic}+) = [R2 / (R1 + R2)] * V(\text{HPR})$$

图 5 音频输出连接上位机的方法

6.3 参考信号接入方法

- 1) 用户电路用作参考信号的输出为单端输出，需要分压时，可参考图 6 电路：
(建议 R1=10K)

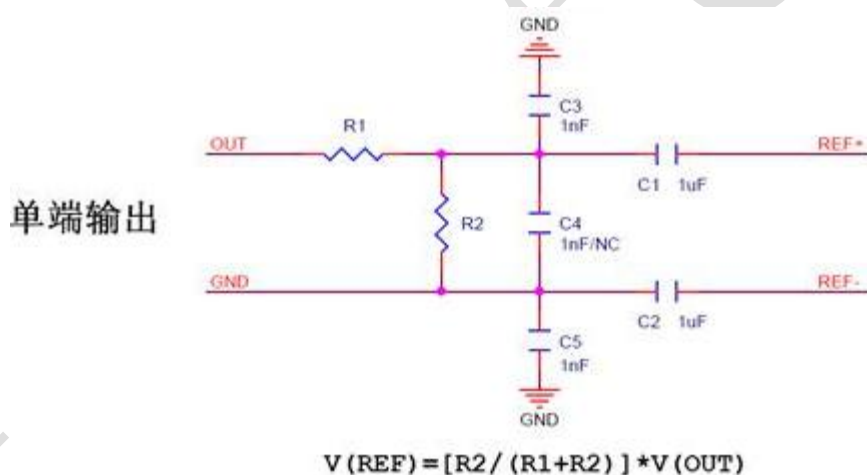


图 6 单端输出参考电路

- 2) 用户电路用作参考信号的输出为差分输出，需要分压时，可参考如图 7 电路：
(建议 R3=R5=10K)

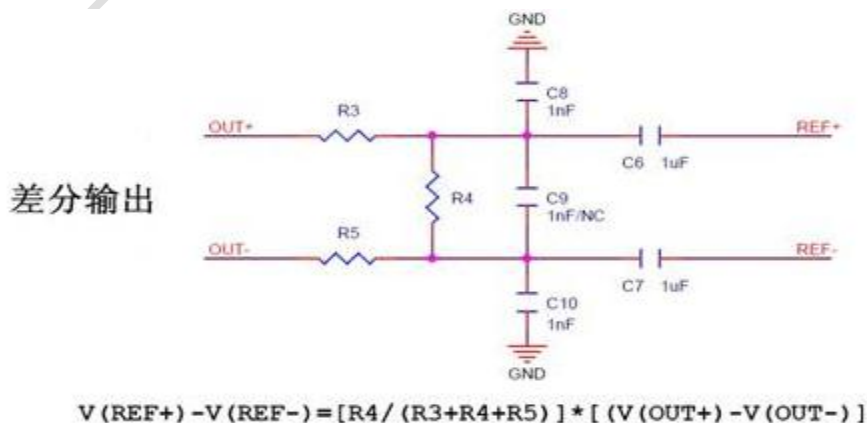


图 7 差分输出参考电路

注意： 1、用户参考信号接入到模块前请注意串接 1uF 的隔直电容。
2、要求输入参考信号峰峰值不能超过 150mV。

7 串口通讯接口

7.1 扩展板串口与上位机连接方法

本阵列模块包括两个串口：串口 1 和串口 2。选择串口 2 下发指令，如下图所示。

串口通信参数如下：

波特率 115200；数据位 8；奇偶校验位 无；停止位 1；流控 无。

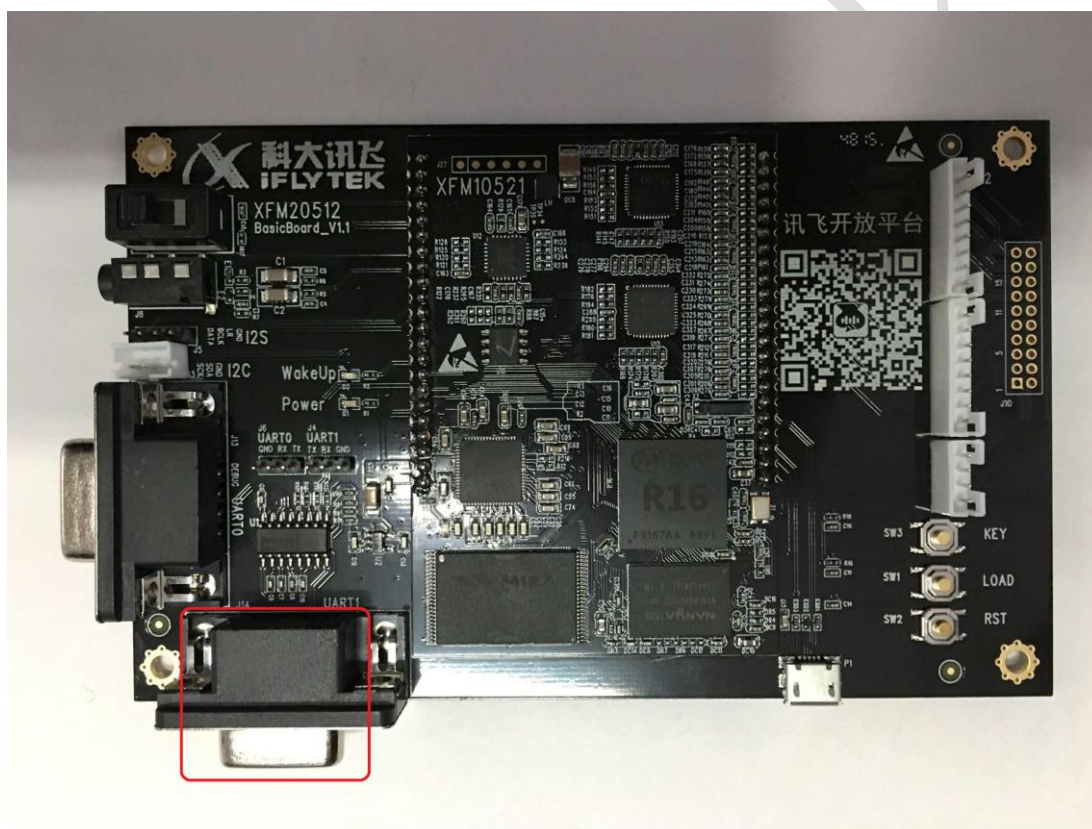


图 8 阵列模块串口 2 示例图

7.2 串口协议介绍

7.2.1 查询版本号

解释：输入 VER 命令，获取版本号信息

参数：无

返回：版本号信息。

7.2.2 复位

解释：模块唤醒后，输入 RESET，可以使模块重新进入待唤醒状态。

参数：无

返回：无

7.2.3 指定增强波束

解释：录音过程中，输入 BEAM+序号，可以对指定波束的信号进行增强。

参数：指定波束的序号。可选值：0~3。1 号麦克风的角度的波束 0，沿逆时针方向依次为波束 1~3，相邻的波束间隔为 90° ，如图 9 所示。

返回：无

举例：输入命令 BEAM 0，则麦克风阵列会从波束 0 方向拾取音频。

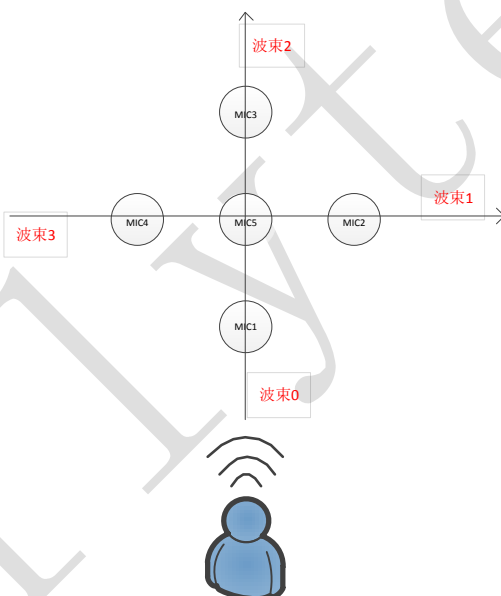


图 9 麦克风角度

8 I2C 通讯接口

8.1 总述

用户可以通过 I2C 接口发送命令、获取数据。需要注意以下几点：

- 1、模块工作在 slave 模式。
- 2、I2C 接口通讯速率不高于 100KHz。
- 3、配对主机需要支持“Clock Stretching”特性（Clock Stretching 介绍见附录）。
- 4、I2C 的两帧命令之间（即上一帧 STOP 到下一帧 START 之间）需要间隔 1ms 以上。

- 5、设备地址 0x47 (7 bit)。实际应用中需添加读写位，对应的 8 字节地址分别是 0x8E (读) 和 0x8F (写)。

8.2 写操作

写操作从一个 START 标志开始，紧接着一个合法的设备地址和 R/W=0，一个字节的寄存器地址，数据字节（由具体命令定义），最后以 STOP 标志结束。

设备地址固定为 0x47，只有当 I2C 总线上数据包的地​​址与此地址一致时，系统才会用 ACK 响应，之后才能接收传输的数据。

寄存器地址为主控设备告诉模块需要写入的地址。

数据字节为需要写入的数据，每写入一个字节的数据，系统都会用 ACK 响应一次，直至数据传输结束。

I2C 时序如下图所示。

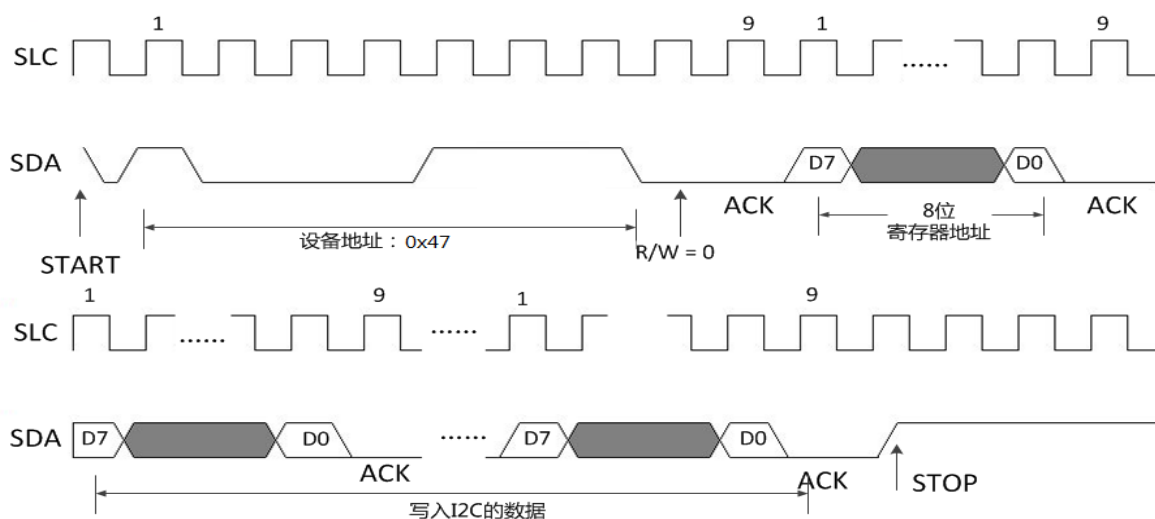


图 10 I2C 写数据协议示意图

8.3 读操作

读操作用于读取系统执行控制命令后的返回数据。读操作的时序为：主控制端口向模块发送一个 START 标志，设备地址和 R/W=0，然后是写入一个字节的寄存器地址。之后主控制端口再次发送一个 START 标志、设备地址和 R/W=1。当识别到设备地址和读操作后，系统用 ACK 响应，然后开始接收数据，主控制端口每读取一个字节数据都需要发送 ACK 响应给模块，直到数据接收完毕。最后主控制端发送 STOP 标志，结束读操作。

注意：在整个读操作过程中主控制端发送了两次 START 标志，但是只在结束时发送了一次 STOP 响应。

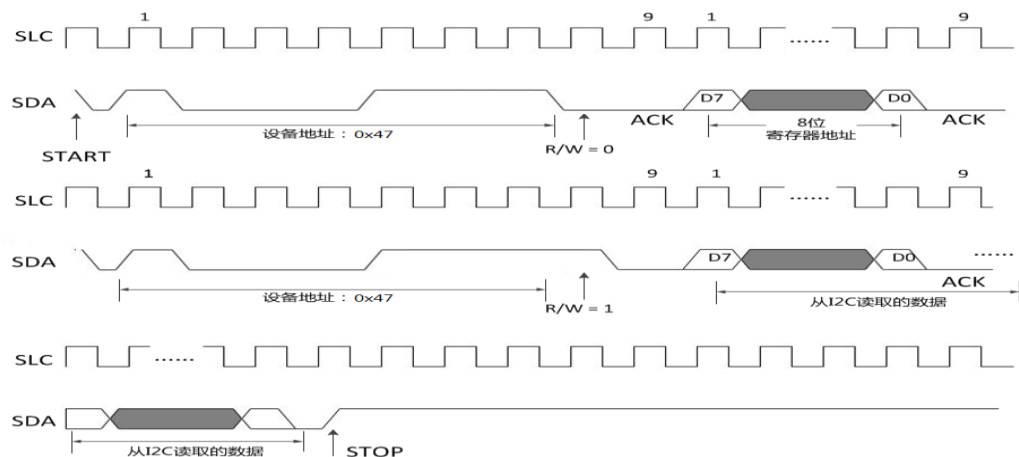


图 11 I2C 读数据协议示意图

8.4 模块版本号查询

8.4.1 协议介绍

查询版本号命令:

寄存器地址	保留字节	命令	参数信息	
0x00	0x00	0x0F	低字节	高字节
			0x00	0x00

表格 2 查询模块版本号命令

读取版本号返回结果:

寄存器地址	返回标志	保留字节	命令执行返回值	
0x00	0x01	0x00	低字节	高字节
			0x02	0x00
寄存器地址	版本信息			
0x01	低字节	高字节	0x00	0x00
	0xLL	0xHH		
寄存器地址	构建号信息			
0x02	0xXX	0xXX	0xXX	0xXX

表格 3 读取版本号返回结果

返回标志为 0x01 表示命令执行完成，命令执行返回值为 0x0002，表示版本信息被正确返回。

寄存器 0x01 存储版本信息。寄存器 0x02 存储版本号信息。注意版本号信息常会有变动，仅用于调试和输出，不能用于条件判断，以免造成版本不兼容。

如果返回标志为 0x00 表示模块还在执行版本信息查询命令。用户需要等待命令执行完成。

8.4.2 参考示例

➤ 发送查询命令

S	设备地址		寄存器地址		查询命令								P
	[6-0][W]	Δ	[7-0]	Δ	[7-0]	Δ	[15-8]	Δ	[23-16]	Δ	[31-24]	Δ	
	0x8E		0x00		0x00		0x0F		0x00		0x00		

➤ 读取命令执行状态

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态								P
	[6-0][W]	Δ	[7-0]	Δ		[6-0][R]	Δ	[7-0]	Δ	[15-8]	Δ	[23-16]	Δ	[31-24]	N	
	0x8E		0x00			0x8F		0x01		0x00		0x02		0x00		

➤ 读取版本标号

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态								P
	[6-0][W]	Δ	[7-0]	Δ		[6-0][R]	Δ	[7-0]	Δ	[15-8]	Δ	[23-16]	Δ	[31-24]	N	
	0x8E		0x01			0x8F		0xXX		0xXX		0x00		0x00		

➤ 读取构建版本号

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态								P
	[6-0][W]	Δ	[7-0]	Δ		[6-0][R]	Δ	[7-0]	Δ	[15-8]	Δ	[23-16]	Δ	[31-24]	N	
	0x8E		0x02			0x8F		0xXX		0xXX		0xXX		0xXX		

8.5 唤醒角度查询

8.5.1 协议介绍

模块被唤醒后，声源的角度信息会被保存下来。可以通过下面的命令获取。

查询唤醒角度命令：

寄存器地址	保留字节	命令	参数信息	
0x00	0x00	0x10	低字节	高字节
			0x00	0x00

表格 5 查询唤醒角度命令

读取唤醒角度的返回结果：

寄存器地址	返回标志	保留字节	命令执行返回值	
0x00	0x01	0x00	低字节	高字节
			0x01	0x00
寄存器地址	角度信息			
0x01	低字节	高字节	0x00	0x00
	0xLL	0xHH		

表格 6 唤醒角度的返回结果

返回标志为 0x01 表示命令执行完成，命令执行返回值为 0x0001，表示角度信息被正确返回。读取寄存器 0x01 即可以读出角度信息。

如果返回标志为 0x00 表示模块还在执行唤醒角度查询命令，用户需要等待命令执行完成。

8.5.2 参考示例

➤ 发送查询角度命令

S	设备地址		寄存器地址		查询命令								P
	[6-0][W]	A	[7-0]	A	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A	[31-24]	A	
	0x8E		0x00		0x00		0x10		0x00		0x00		

➤ 读取命令执行状态

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态								P
	[6-0][W]	A	[7-0]	A		[6-0][R]	A	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A	[31-24]	N	
	0x8E		0x00			0x8F		0x01		0x00		0x01		0x00		

➤ 读取唤醒角度数据

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态								P
	[6-0][W]	A	[7-0]	A		[6-0][R]	A	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A	[31-24]	N	
	0x8E		0x01			0x8F		0xXX		0xXX		0x00		0x00		

8.6 复位

8.6.1 协议介绍

模块唤醒后会进入语音输出状态。如果要重置模块状态，需要发送下面的命令。

寄存器地址	保留字节	命令	参数信息	
0x00	0x00	0x11	低字节	高字节
			0x00	0x00

表格 7 进入待唤醒状态的命令

查询命令是否执行完毕：

寄存器地址	返回标志	保留字节	命令执行返回值	
0x00	0x01	0x00	低字节	高字节
			0x00	0x00

表格 8 查询命令

返回标志为 0x01 表示命令执行完成。

返回标志为 0x00 表示命令还未完成。上位机需要等一会再去查询返回标志。或者一直查询直到命令执行完成。上位机如果不关心模块的状态，可以放弃查询。

8.6.2 参考示例

➤ 发送进入待唤醒命令

S	设备地址	寄存器地址	查询命令	P
---	------	-------	------	---

	[6-0][W]	A	[7-0]	A	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A	[31-24]	A	
	0x8E		0x00		0x00		0x11		0x00		0x00		

➤ 读取命令执行状态

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态						P		
	[6-0][W]	△	[7-0]	△		[6-0][R]	△	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A		[31-24]	N
	0x8E		0x00			0x8F		0x01		0x00		0x00			0x00	

8.7 设置拾音波束

8.7.1 协议介绍

设置拾音波束命令见下表。参数信息0xXX表示指定从波束0xXX方向拾音（0xXX取值范围0x00~0x03）。如果需要回到全指向拾音状态，使用重置命令。

寄存器地址	保留字节	命令	参数信息	
0x00	0x00	0x12	低字节	高字节
			0xXX	0x00

表格 9 设置拾音波束

查询命令是否执行完毕：

寄存器地址	返回标志	保留字节	命令执行返回值	
0x00	0x01	0x00	低字节	高字节
			0x03	0x00

表格 10 查询命令

返回标志为 0x01 表示命令执行完成，命令执行返回值 0x0003，表示拾音方向被正确设置。如果返回标志为 0x00 表示模块还在执行拾音波束设置命令。上位机需要等一会再去查询。或者一直查询直到命令执行完成。上位机如果不关心模块的执行状态，可以放弃查询。模块会忽略返回值。

8.7.2 参考示例

➤ 发送进入语音输出命令

S	设备地址		寄存器地址		查询命令								P
	[6-0][W]	A	[7-0]	A	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A	[31-24]	A	
	0x8E		0x00		0x00		0x12		0xXX		0x00		

➤ 读取命令执行状态

S	设备地址		寄存器地址		RS	设备地址		状态						P		
	[6-0][W]	A	[7-0]	A		[6-0][R]	A	[7-0]	A	[15-8]	A	[23-16]	A		[31-24]	N
	0x8E		0x00			0x8F		0x01		0x00		0x03			0x00	

9 I2S 音频输出接口

9.1 输出格式

I2S 模块工作在 master 模式，输出为 16000Hz, 16bit 的 mono pcm 音频。
数据格式采用标准 I2S 格式。

9.2 引脚分布

I2S 引脚分布如下图。其中：GND 引脚为地，LRC 引脚为帧时钟，BCLK 引脚为位时钟输出，DATA 引脚为数据输出。

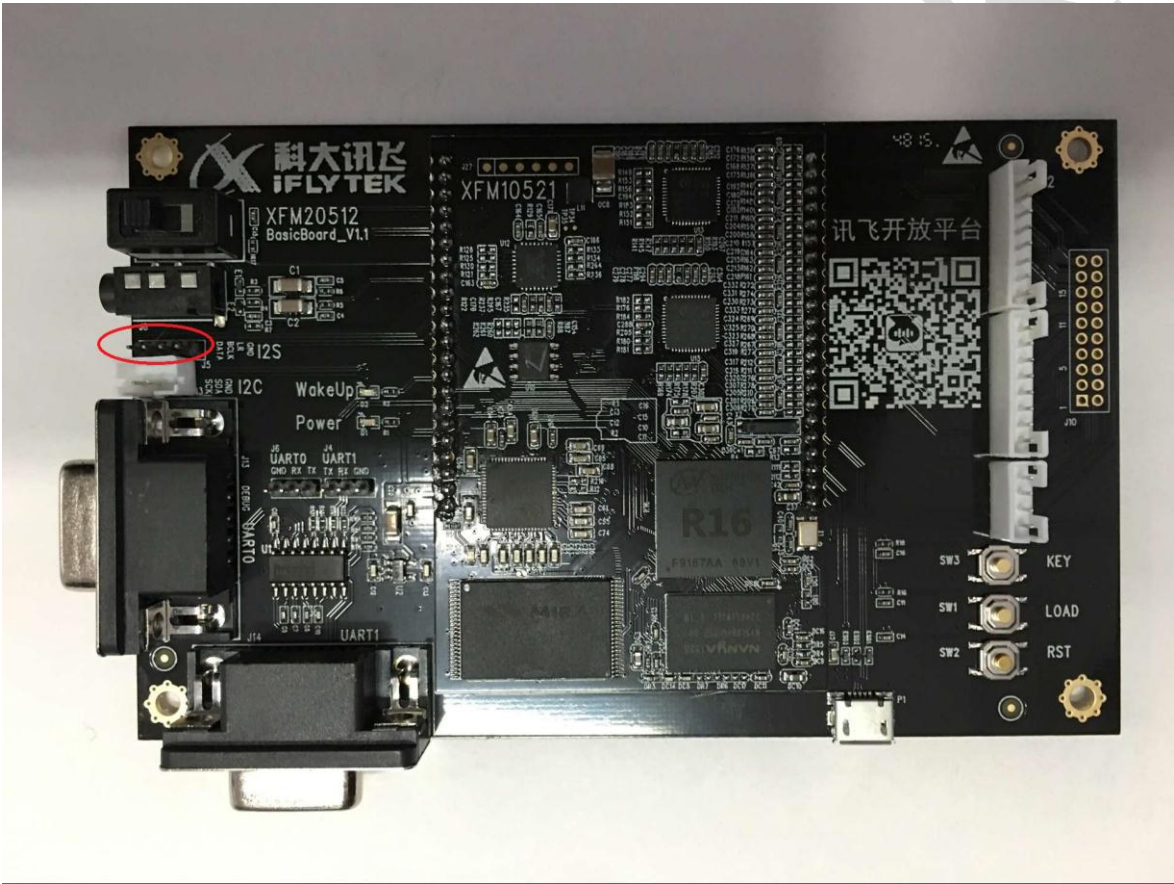


图 13 I2S 引脚

10 参数列表

10.1 电气特性参数

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
PWR	工作电压		3.6	5.0	5.5	V

V_{IN}	IO 引脚输入电压范围		-0.3		3.3	V
V_{OUT}	IO 引脚输出电压范围		0	3.0	3.3	V
V_{IL}	输入低电平	$V_{CC-IO}=3.0V$	-0.3		$0.3 \times V_{CC-IO}$	V
V_{IH}	输入高电平	$V_{CC-IO}=3.0V$	$0.7 \times V_{CC-IO}$		$V_{CC-IO}+0.3$	V
V_{OL}	输出低电平	$V_{CC-IO}=3.0V$			0.2	V
V_{OH}	输出高电平	$V_{CC-IO}=3.0V$	$V_{CC-IO}-0.2$			V
I	工作电流		290	330	560	mA
I_I	输入漏电流		-10		10	uA
T_{INI}	初始化时间			12		s

表格 11 电气直流特性参数

10.2 极限值

符号	参数	最小值	最大值	单位
PWR	工作电压	3.6	5.5	V
V_{CC-IO}	引脚输入电压范围	-0.3	3.3	V
T_{STO}	存储温度	-25	85	°C
T_A	工作温度	-10	75	°C

表格 12 极限值

11 附录

11.1 回声消除简介

当播放和录音同时进行，扬声器的声音会被麦克风拾取，就会形成回声，影响录音质量。通过接入参考信号，并对录音信号进行滤波计算，可以消除回声，提高信噪比。

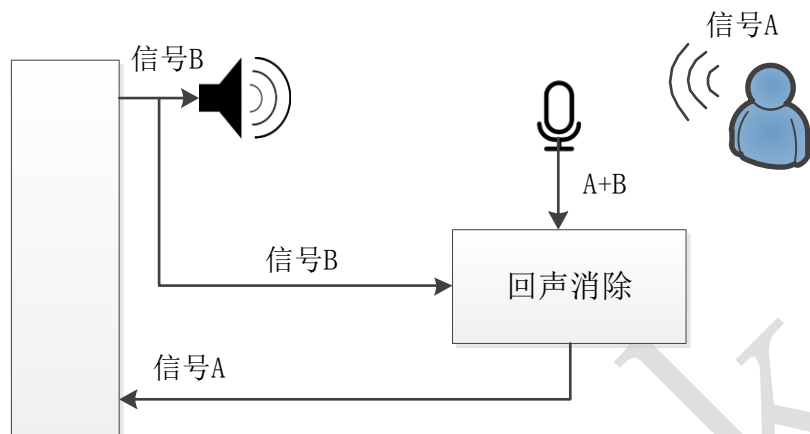


图 14 回声消除原理框图

11.2 Clock Stretching 特性

在 I2C 的主从架构中，时钟是由主机端控制，即通信速度是由主机端控制。

在实际通信过程中，由于从机性能低下、运算量较大、操作系统限制等原因，导致从机响应不了主机提供的通信速度，此时从机会将时钟信号主动拉低（由于 I2C 总线的开漏特性，从机一旦拉低时钟后，总线上的其它设备是无法再拉高的，从而暂缓通信的进行），此时主机应检查此特性，直到从机释放总线。这就是 I2C 的 Clock Stretching 特性。

关于 Clock Stretching 的详细信息，请参考：<http://www.i2c-bus.org/clock-stretching/>

11.3 订货信息

产品名称	型号	封装	尺寸	封装材料	备注
5 麦克风阵列模块	XFM10521	模块	68x48mm	Pb-Free	核心板
5 麦克风阵列模块 评估板	XFM10521 EVB V1.0	模块	80x128mm	Pb-Free	核心板+扩展板 +5MIC 阵列板

表格 14 订货信息