



科大讯飞麦克风阵列模块 XFM10411

数据手册

科大讯飞股份有限公司

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	2015-5-6	初稿
V0.2	2015-5-15	修订结构图、输入峰峰值等参数
V0.3	2015-6-4	增加“参考信号接入”电路参考及部分图表
V0.4	2015-6-11	修订补充通讯接口说明、增加章节 8.1 版本查询命令说明、增加章节 9 的部分特性参数表等
V0.5	2015-6-12	修订章节 8.2、章节 11.1 的部分内容
V0.6	2015-6-26	增加章节 7、修订章节 8.1 的部分内容
V0.7	2015-7-9	增加通信协议示例；增加章节 9.4

声明

本手册由科大讯飞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。讯飞数码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 订货信息	1
3 功能描述	1
4 系统结构图	2
5 模块尺寸图	2
6 硬件接口定义	3
6.1 J26 引脚定义表	3
6.2 J21 引脚定义表	3
6.3 J22 引脚定义表	4
7 电路设计参考	4
7.1 硬件连接参考	4
7.2 音频输出信号与上位机连接方法	5
7.3 参考信号接入方法	5
8 通讯接口	6
8.1 写操作	6
8.2 读操作	7
9 通讯协议介绍	8
9.1 模块版本号查询	8
9.1.1 协议介绍	8
9.1.2 参考示例	9
9.2 唤醒角度查询	9
9.2.1 协议介绍	9
9.2.2 参考示例	10
9.3 进入待唤醒状态的命令	11
9.3.1 协议介绍	11
9.3.2 参考示例	11
9.4 进入语言输出状态的命令	12
9.4.1 协议介绍	12
9.4.2 参考示例	12
10 参数列表	13
10.1 电气特性参数	13
10.2 极限值	13
10.3 音频输出特性	13
11 麦克风设计和型号参考	14

11.1	设计方案参考	14
11.2	麦克风选型参考	14

1 产品概述

科大讯飞麦克风阵列模块 XFM10411 是一款基于 4 麦克风阵列的语音硬件前端方案, 利用麦克风阵列的空域滤波特性, 在目标说话人方向形成拾音波束, 抑制波束之外的噪声和反射声。模块主要功能是完成 4 麦克风阵列、降噪、回声消除、语音唤醒等语音前端处理, 输出降噪后的音频信号、声源角度数据、唤醒触发信号、通讯等。

产品优势主要表现在:

- 4 麦克风阵列
- 声源定位
- 语音唤醒
- 回声消除
- 语音打断

2 订货信息

产品名称	型号	封装	尺寸	封装材料
科大讯飞麦克风阵列模块	XFM10411	模块	98x68mm	Pb-Free

表格 1 订货信息

3 功能描述

● 4 麦克风阵列

支持远场录音、去混响、降噪。

● 声源定位

模块可以准确给出说话人的方位, 定位信息提供给麦克风阵列确定录音波束。

● 语音唤醒

模块预定的语音唤醒词是“灵犀灵犀”, 唤醒后通过模块的 WAKEUP 接口输出高电平给用户上位机。

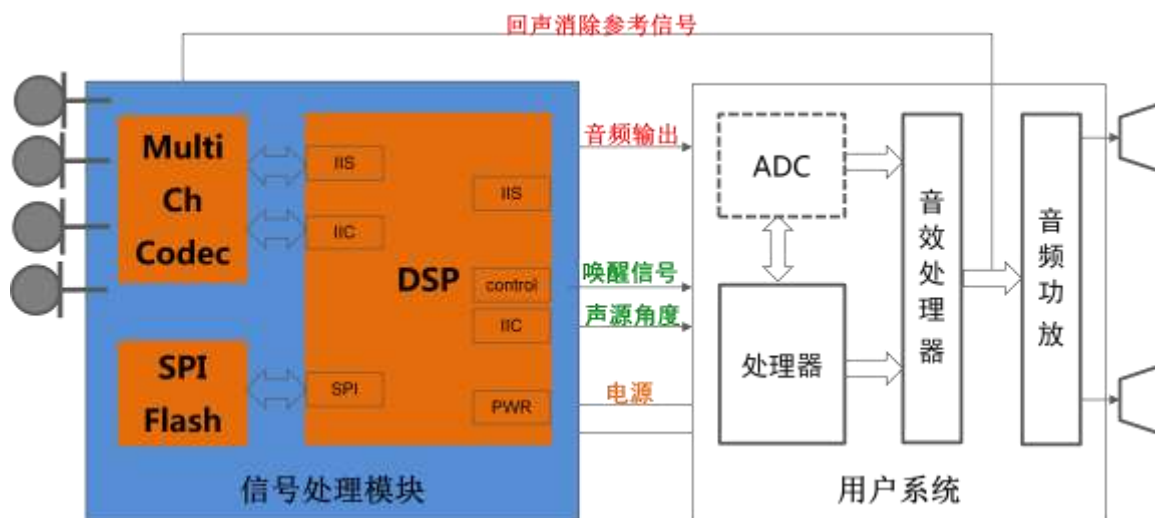
● 回声消除

模块可利用参考信号进行回声消除。回声是设备扬声器播放的声音又被麦克风拾取, 形成对设备操控信号的干扰, 一般在手机、音箱、电视机等产品中回声比较严重。

● 语音打断

利用回声消除功能, 模块还支持音频播放过程中的语音打断功能。

4 系统结构图

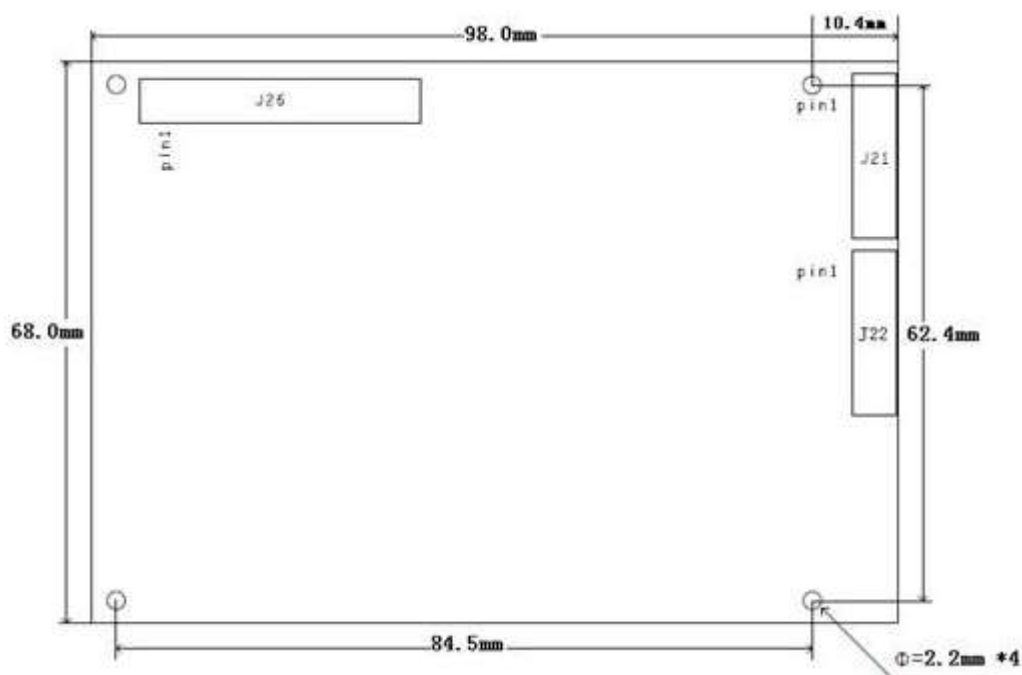


图表 1 系统结构图

本模块的系统输入是 4 麦克风阵列采集的声音信号、回声消除参考信号，输出是降噪后的音频、唤醒信号、声源角度等信号。

典型应用系统架构如图表 1 所示。

5 模块尺寸图



图表 2 产品结构尺寸

6 硬件接口定义

本模块有 3 个接口器件 J26、J21 和 J22，器件位置详见图表 2 中的标示。三个接口器件均是间距为 2.0mm 的 PH 插座。

其中 J26 上包括电源接口、I²C 通讯接口、唤醒信号、音频输出等。J21 是麦克风阵列的接入接口，J22 是回声消除参考信号的接入接口。

6.1 J26 引脚定义表

引脚序号	引脚名称	功能描述	备注
1	Gnd	参考地信号	
2	Gnd	参考地信号	
3	PWR	+5V 工作电源	
4	PWR	+5V 工作电源	
5	NC	悬空	
6	NC	悬空	
7	NC	悬空	
8	WAKEUP	唤醒信号	唤醒时输出高电平
9	I2C_SCK	I ² C 串行时钟输入	
10	I2C_SDA	I ² C 串行数据接口	
11	NC	悬空	
12	NC	悬空	
13	AGND	模拟地信号	
14	HPR	右声道声音信号输出	
15	HPL	左声道声音信号输出	

表格 2 J26 引脚定义表

6.2 J21 引脚定义表

引脚序号	引脚名称	功能描述	备注
1	MIC4-	MIC4 输入负	
2	MIC4+	MIC4 输入正	
3	MIC3-	MIC3 输入负	
4	MIC3+	MIC3 输入正	
5	MIC2-	MIC3 输入负	
6	MIC2+	MIC3 输入正	
7	MIC1-	MIC3 输入负	
8	MIC1+	MIC3 输入正	

表格 3 J21 引脚定义表

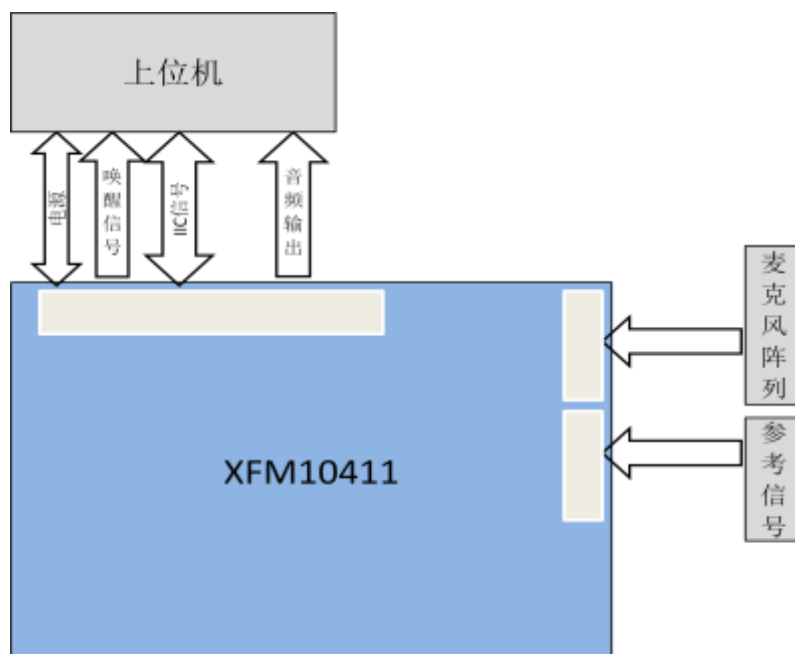
6.3 J22 引脚定义表

引脚序号	引脚名称	功能描述	备注
1	REFL-	参考信号左声道输入负	要求输入参考信号峰峰值不能超过 150mV
2	REFL+	参考信号左声道输入正	
3	REFR-	参考信号右声道输入负	
4	REFR+	参考信号右声道输入正	
5	NC	悬空	
6	NC	悬空	
7	NC	悬空	
8	NC	悬空	

表格 4 J22 引脚定义表

7 电路设计参考

7.1 硬件连接参考



J26 接口的连接说明:

电源连接: 对应 J26 的引脚 1、2;

唤醒信号输出: 对应 J26 的引脚 8;

I2C 接口: 对应 J26 的引脚 9、10;

音频输出: 模拟左、右声道音频输出对应 J26 的引脚 15、14。

J21 接口的连接说明:

连接麦克线束，线束上连接 4 麦克阵列。

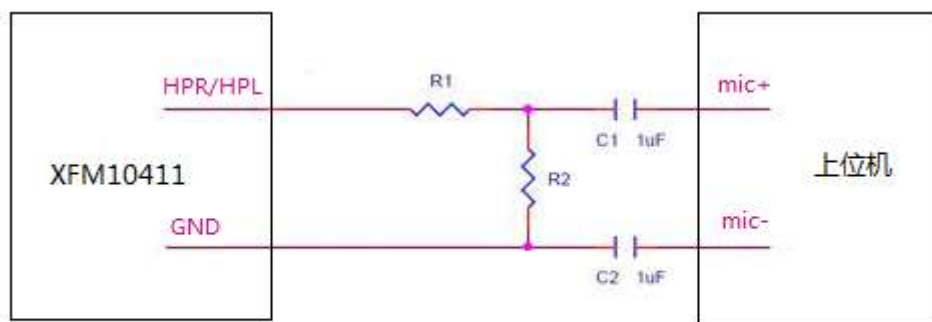
J22 接口的连接说明:

音频参考信号左声道输入接口，对应 J22 的 1、2 管脚;

音频参考信号右声道输入接口，对应 J22 的 3、4 管脚;

7.2 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时调低 20dB 左右。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(此方法会加大噪声对音频信号的影响)。详见下图:

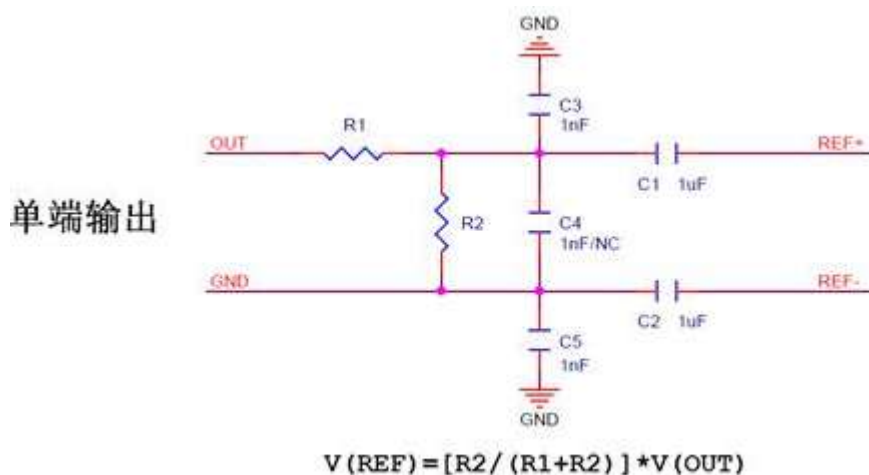


$$V(\text{mic}+) = [R2 / (R1 + R2)] * V(\text{HPR})$$

图表 3 音频输出连接上位机的方法

7.3 参考信号接入方法

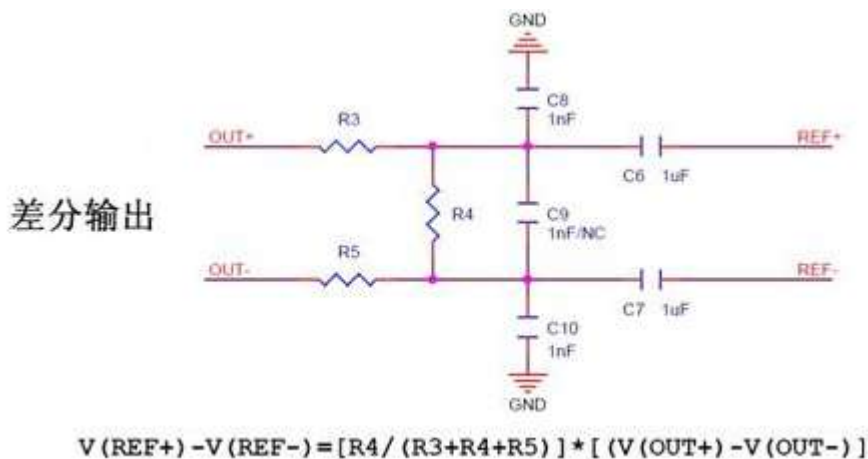
- 1) 用户电路用作参考信号的输出为单端输出, 需要分压时, 可参考如下图电路:
(建议 R1=10K)



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

图表 4 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，可参考如下图电路：
(建议 $R3=R5=10K$)



图表 5 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 $1\mu F$ 的隔直电容。
- 2、要求输入参考信号峰峰值不能超过 $150mV$ 。

8 通讯接口

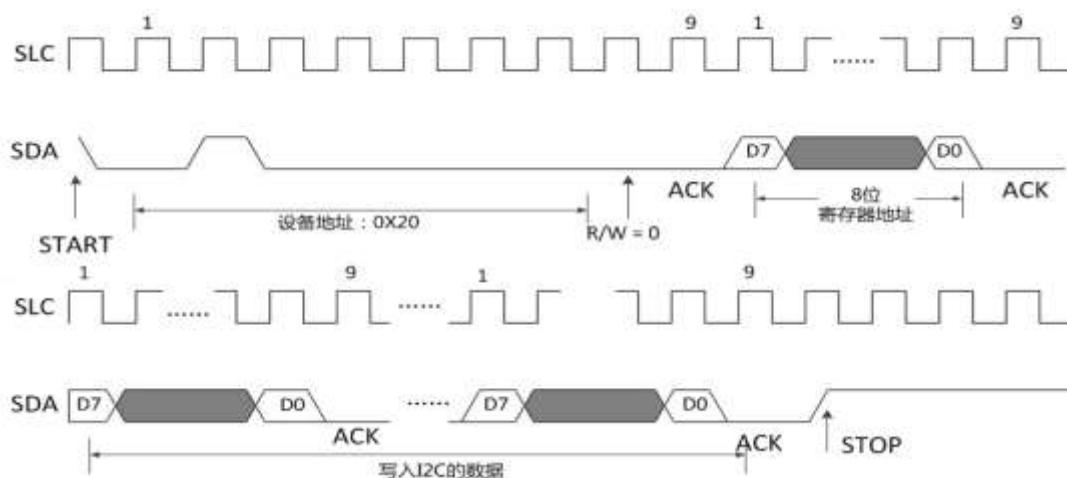
模块支持 I²C 接口通讯方式，可通过 I²C 接口输出唤醒信号、声源角度等数据到用户的处理器。模块设置为 Slave 身份。7bit 设备地址为: **0x20**。

注意：I²C 接口通讯速率不高于 **100KHz**。

8.1 写操作

写操作由主控设备通过 I²C 向模块写入数据，包括一个字节的地址和写标志位，一个字节的寄存器地址，及多个数据字节。写操作的过程从一个 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。

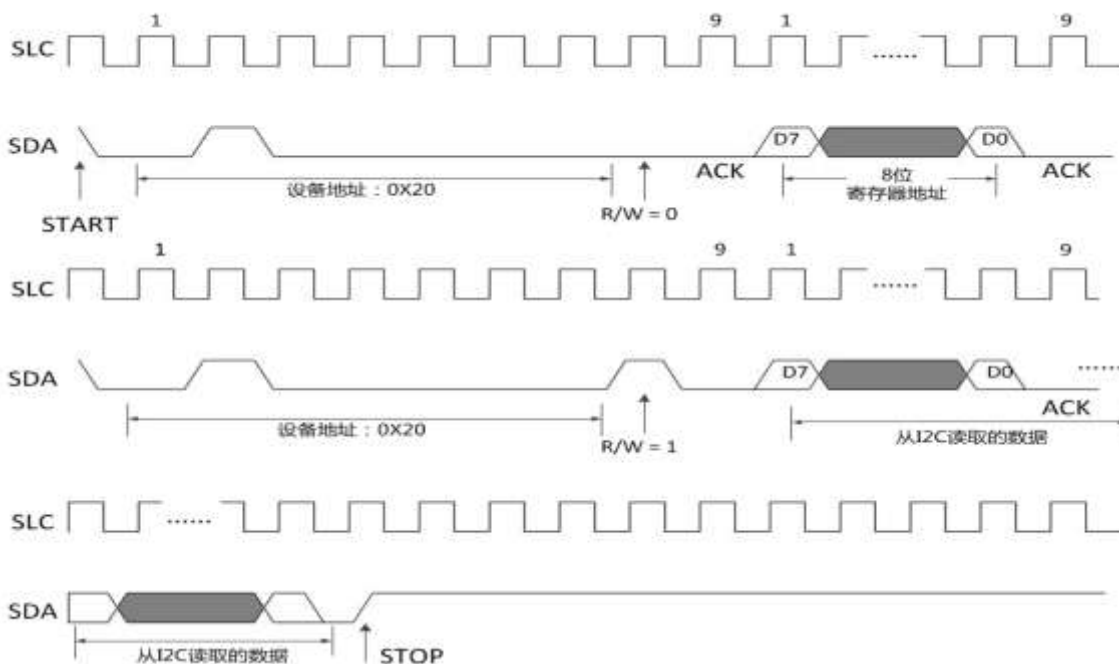
设备地址固定为 **0x20**，只有当 I²C 总线上数据包地址与此地址一致时，系统才会用 ACK 响应，之后才能接收传输的数据。寄存器地址为主控设备告诉模块需要写入的地址。数据字节为需要写入的数据，每写入一个字节的数据，系统都会用 ACK 响应一次，直至数据传输结束。

图表 6 I²C 写数据协议示意图

8.2 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。



图表 7 I²C 读数据协议示意图

9 通讯协议介绍

在本节中，如无特殊说明，所有出现带下划线的数据，表示数据流向是从机（Slave，本模块）到主机（Master，上位机），并且默认以十六进制表示数据。另外，示例命令时序中，忽略了 ACK 位的表示，仅供数据流顺序参考。

9.1 模块版本号查询

9.1.1 协议介绍

上位机可以通过发送版本号查询命令，用于查询模块的固件版本。

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 5 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 6 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。

读取寄存器 0x01 即可以读出版本信息。读取寄存器 0x02 即可读出构建号信息。注意构建号信息会经常变动，仅用于调试和输出，不要用于条件判断，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。这时不需要去读取寄存器 0x01 和 0x02，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。

9.1.2 参考示例

➤ 发送查询命令

开始	设备地址	寄存器地址	查询命令				停止
	[6-0][W]	[7-0]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00	0x00	0x0F	0x00	0x00	

➤ 读取命令执行状态

开始	设备地址	寄存器地址	重复 开始	设备地址	状态				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00		0x41	<u>0x01</u>	<u>0x00</u>	<u>0x02</u>	<u>0x00</u>	

➤ 读取版本标号

开始	设备地址	寄存器地址	重复 开始	设备地址	状态				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x01		0x41	<u>0xXX</u>	<u>0xXX</u>	<u>0x00</u>	<u>0x00</u>	

➤ 读取构建版本号

开始	设备地址	寄存器地址	重复 开始	设备地址	状态				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x02		0x41	<u>0xXX</u>	<u>0xXX</u>	<u>0xXX</u>	<u>0xXX</u>	

9.2 唤醒角度查询

9.2.1 协议介绍

上位机可以发送唤醒角度查询命令，用于查询唤醒语音源的定位信息，返回的语音定位信息是与麦克风阵列之间的角度。

模块被唤醒后，唤醒角度被保存到记录中。

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 7 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 8 唤醒角度的返回结果

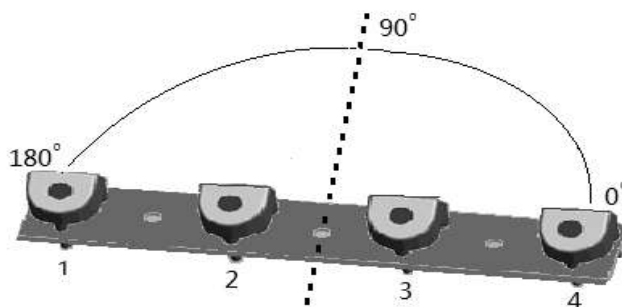
返回标志为 0x01 表示命令执行完成，命令执行返回值为 0x0001，表示角度信息被正确返回。

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。这时不需要去读取寄存器 0x01

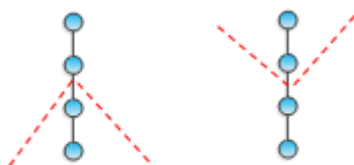
上位机需要等一会再去查询返回标志。或者一直查询直到命令执行完成。

唤醒角度定义如下：正对着麦克风，左边数第一个麦克风的方向是 180 度，第四个麦克风方向是 0 度。



图表 8 唤醒角度

注意：使用语音定位时，由于对称性，系统对于阵列前后的声源没有区分能力，如下图中所示的麦克风阵列的左右两侧的位置无法区分。



图表 9 语音定位对称位置

9.2.2 参考示例

➤ 发送查询角度命令

开始	设备地址	寄存器地址	查询角度命令				停止
	[6-0][W]	[7-0]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00	0x00	0x10	0x00	0x00	

➤ 读取命令执行状态

开始	设备地址	寄存器地址	重复 开始	设备地址	状态				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00		0x41	0x01	0x00	0x01	0x00	

➤ 读取唤醒角度数据

开始	设备地址	寄存器地址	重复 开始	设备地址	唤醒角度				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	

	0x40	0x01		0x41	0xXX	0xXX	0x00	0x00	
--	------	------	--	------	------	------	------	------	--

9.3 进入待唤醒状态的命令

9.3.1 协议介绍

模块启动后自动进入待唤醒状态，被语音唤醒后会进入语音输出状态。当需要重新进入待唤醒状态时，需要从上位机向模块发送下面的命令。

进入待唤醒状态的命令：

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 9 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 10 查询命令

返回标志为 0x01 表示命令执行完成，模块已进入待唤醒状态。

如果返回标志为 0x00 表示模块还在执行进入待唤醒状态的命令。

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。模块会忽略返回值。

9.3.2 参考示例

➤ 发送进入待唤醒命令

开始	设备地址	寄存器地址	进入待唤醒命令				停止
	[6-0][W]	[7-0]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00	0x00	0x11	0x00	0x00	

➤ 读取命令执行状态

开始	设备地址	寄存器地址	重复 开始	设备地址	状态				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00		0x41	0x01	0x00	0x00	0x00	

9.4 进入语音输出状态的命令

9.4.1 协议介绍

模块可以直接进入语音输出状态，这时候语音输出没有指向性，相当于单麦克风录音，并且没有运行唤醒引擎（需要发送进入待唤醒状态命令才能再次进入唤醒功能）。

写入语音输出命令：

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

表格 11 进入语音输出的命令

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 12 查询命令

返回标志为 0x01 表示命令执行完成，模块已进入语音输出状态。

如果返回标志为 0x00 表示模块还在执行语音输出命令。

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。

9.4.2 参考示例

➤ 发送进入语音输出命令

开始	设备地址	寄存器地址	进入待唤醒命令				停止
	[6-0][W]	[7-0]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00	0x00	0x12	0x00	0x00	

➤ 读取命令执行状态

开始	设备地址	寄存器地址	重复开始	设备地址	状态				停止
	[6-0][W]	[7-0]		[6-0][R]	[7-0]	[15-8]	[23-16]	[31-24]	
	0x40	0x00		0x41	<u>0x01</u>	<u>0x00</u>	<u>0x00</u>	<u>0x00</u>	

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		3.6	V
V _{OUT}	IO 引脚输出电压范围		0	3.3	3.6	V
V _{IL}	输入低电平	VCC-IO=3.0V	-0.3		0.3×VCC-IO	V
V _{IH}	输入高电平	VCC-IO=3.0V	0.7×VCC-IO		VCC-IO+0.3	V
V _{OL}	输出低电平	VCC-IO=3.0V			0.2	V
V _{OH}	输出高电平	VCC-IO=3.0V	VCC-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 13 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	3.6	V
T _{STO}	存储温度	-25	85	℃
T _A	工作温度	-10	75	℃

表格 14 极限值

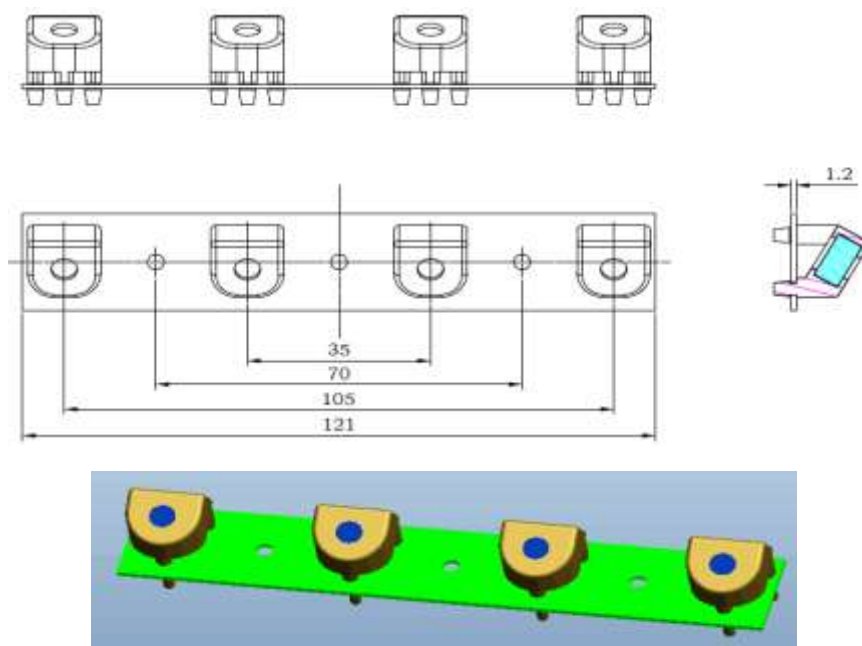
10.3 音频输出特性

符号	参数	测试条件	典型值	单位
V _O	最大输出电压	R _L = 10K; Gain paths at -7db gain(默认)	0.4	V _{rms}
		R _L = 10K; Gain paths at 0db gain	0.8	
SNR	信号噪声比	A-weighted, 20Hz~100kHz bandwidth, all Zeros at DAC input	100	dB
THD+N	总谐波失真+噪声	R _L =10K; full-scale signal	-80	dB

表格 15 音频输出特性表

11 麦克风设计和型号参考

11.1 设计方案参考



图表 10 麦克风阵列设计参考

11.2 麦克风选型参考

指向性或全向麦克风，大口径，高灵敏度。

测试条件： $V_s=2.0V$ ； $R_L=2.2k\Omega$ ； $BW=100Hz\sim 20kHz$ ； $T_a=20\pm 2^{\circ}C$ 。

参数	标识	条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	VDD		1.0	2.0	10	V
供电电流	IDD		--	--	500	uA
指向性		全向（OmniDirectional）或指向（Unidirectional）				
灵敏度	S	94dB SPL@1kHz	-35	-33	-29	dBV/Pa
SNR		94dB SPL@1kHz	--	74	--	dBA
输出阻抗	ZOUT	@1kHz	--	--	2.2k	Ω
THD+Noise	THD+N	110dB SPL@1kHz	--	--	1	%
		115dB SPL@1kHz	--	--	10	
极性		声压增加	输出电压增加			

表格 16 麦克风选型参考

参考型号：

- 1、豪恩：EM9750-33BRC-G；
- 2、豪恩：EM6027-31BC10&33-G；
- 3、共达：BOM6022GL-G363-C1033。