

# **WBC-HRA381-M10**

## **Datasheet**

## 目录

1. 产品概览	4
1.1. 主要特性	4
1.1.1. 高性能麦克风	4
1.1.2. 内置神经网络处理器 (NPU)	4
1.1.3. 模拟预处理 (ASP)	4
1.1.4. 内置人声检测和关键词识别	4
1.1.5. 存储器	4
1.1.6. 外设接口	4
1.1.7. 典型应用	4
2. 功能描述	5
2.1. 功能框图	5
2.2. 模块功能介绍	5
3. 工作模式	6
3.1. 人声识别模式 (VAD 模式)	6
3.2. 连续语音识别模式 (KWS 模式)	6
3.3. 低功耗语音唤醒模式 (VAD+KWS 模式)	6
4. 机械结构	7
5. 电气特性	8
5.1. 极限参数	8
5.2. 性能规格	8
5.3. I2C 数字接口特性	9
6. PCB 设计及版图指南	10
6.1. 电源层	10
6.2. 信号走线	10
6.3. 典型应用	10
7. 可靠性规格	11
8. 包装	13
9. 应用设计建议	14
9.1. 建议焊盘设计和锡膏印刷板设计	14

---

9.2. 回流温度曲线.....	14
9.3. 推荐的 MIC 吸嘴.....	15
10. 特别注意事项.....	16
10.1 气枪清洁规范.....	16
10.2 包装.....	16
10.3 存储.....	16
10.4 废弃.....	16
11. 版本.....	17

## 1. 产品概览

WBC-HRA381-M10 是一颗高信噪比、高声学过载点、同时集成超低功耗模数混合“感-存-算”一体 AI 芯片的智能麦克风模块。该模块内置 MEMS Sensor、ASP 智能语音模拟预处理单元、以及 NPU 处理单元，能够实现超低功耗离线人声检测、关键词识别等交互功能。

### 1.1. 主要特性

#### 1.1.1. 高性能麦克风

- 封装尺寸 3.5 x 2.65 x 1.0mm
- 灵敏度±1dB
- 高信噪比 65dBA
- 高声学过载点 127dB SPL

#### 1.1.2. 内置神经网络处理器 (NPU)

- 神经网络运算 BNN/CNN 处理器内核
- 支持超低功耗语音唤醒
- 支持 VAD 语音检测

#### 1.1.3. 模拟预处理 (ASP)

- LNA 八级可配置增益
- 自动增益控制
- 基于事件驱动的超低功耗模数转换

#### 1.1.4. 内置人声检测和关键词识别

- 内置  $\mu$ W 级别超低功耗模拟 VAD
- KWS 支持多达 30 个关键词

#### 1.1.5. 存储器

- 支持 32KB OTP
- 内置 64KB SRAM

#### 1.1.6. 外设接口

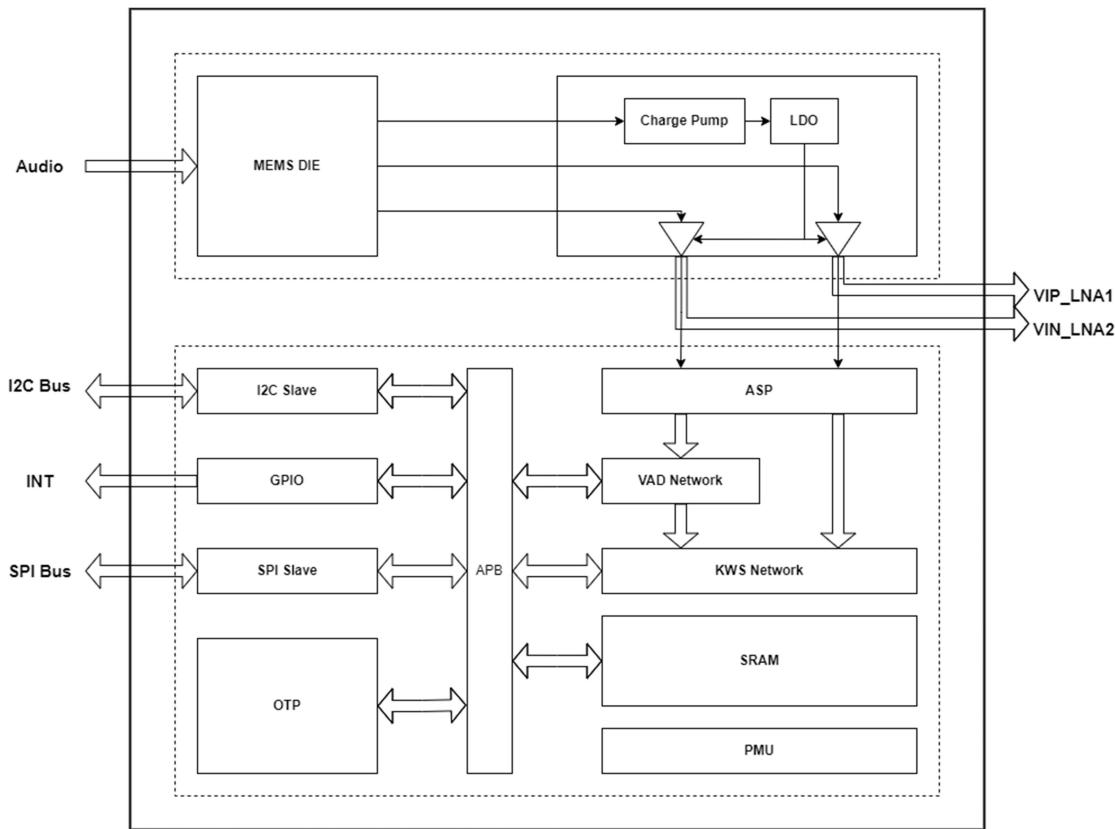
- 1 路 Slave I2C 接口

#### 1.1.7. 典型应用

- TWS 耳机、智能手表、AR/VR 眼镜、手机、智能家居等

## 2. 功能描述

### 2.1. 功能框图



### 2.2. 模块功能介绍

- ASP: Analog Signal Processing, 模拟信号处理单元, 对 Microphone 的模拟信号进行滤波及特征提取等信号处理。
- LP\_NPU: Low-power Neural Processor, 低功耗神经网络运算单元。此单元基于小型二值 BNN 神经网络检测非稳态信号原理, 对输入信号的平稳特性进行二分类输出, 可以用于低功耗人声检测 (VAD, Voice Activity Detection) 、异常事件检测 (AED, Anomaly Event Detection) 等任务。LP\_NPU 整体运行功耗也非常低, 因此可以一直处于工作状态 (AON, Always-on) , 只当检测到有效的人声信号或异常事件后才唤醒 NPU 进行更复杂的神经网络分类功能, 同时也可以触发中断输出以上报外部主控 SoC。
- NPU: Neural Processor, 神经网络运算单元。此单元由深度可分离 CNN 网络构成, 对输入数据进行多分类输出, 可广泛用于关键词识别 (KWS, Keyword Spotting) 、场景分类 (Scenario Classification) 等任务。当 NPU 发现预训练的分类输出后可触发中断上报外部主控 SoC。可将此单元默认配置成休眠状态, 等待 LP\_NPU 输出唤

醒，完成分类任务后返回休眠状态。

- PMU: Power Management Unit, 电源管理单元。对各单元进行低功耗管理，产生模式切换时的时序控制信号。PMU 默认关闭 NPU，直到 LP\_NPU 输出唤醒其它功能；同时也在 NPU 完成任务后关闭该单元。
- SCR: System Control Register, 系统控制寄存器。执行内部电路的配置工作，实施外设端口通信以及内、外部中断管理功能。上电后，系统从内部 OTP 中启动，配置外设接口单元参数，完成芯片基本配置后（外设端口），等待外部主控芯片通过外设端口配置内部 LP\_NPU 和 NPU 参数。
- CRG: Clock & Reset Generator, 时钟与复位生成器。为各模块提供时钟及复位信号。
- APB Matrix: 内部 APB 互联总线，连通 HAC 和外设及 VAD/KWS 单元，完成各单元间的数据互通。
- I2C 接口: I2C 标准接口，用于芯片和外部器件通讯。
  - 标准双线模式，包括数据线 SDA 和时钟线 SCL
  - 支持最高 400Kb/s
  - 仅支持 slave 模式
  - 仅支持 7bit 地址
- 支持 Burst 读写内部存储空间

### 3. 工作模式

#### 3.1. 人声识别模式 (VAD 模式)

此种模式，芯片一直处于人声检测识别推理计算状态，芯片的功耗极低约 70uA；推理结果是人声时，会发出中断唤醒控制器或者其它处理器。控制器或者处理器收到中断后进行自身其它操作。

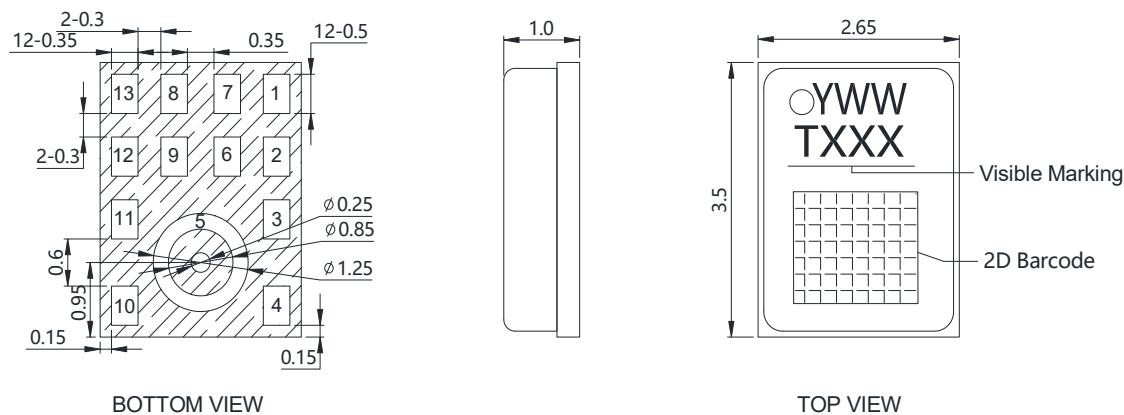
#### 3.2. 连续语音识别模式 (KWS 模式)

此种模式，芯片一直处于关键词识别推理计算，功耗一直处于约 160uA；推理结果与预先训练好的结果匹配成功后，将会发出中断唤醒控制器或者其它处理器；控制器或者处理器收到中断后主动通过 IIC 数据口读取指定寄存器中的关键词结果，从而进行相关动作。

#### 3.3. 低功耗语音唤醒模式 (VAD+KWS 模式)

此种模式，芯片一直处于人声检测识别推理计算，芯片的功耗极低约 70uA。其次，当推理结果是人声时，内部将会启动触发机制使芯片进入 KWS 模式进行关键词识别推理计算。最后，关键词推理结果与预先训练好的结果匹配成功后，将会发出中断唤醒控制器或者其它处理器；控制器或者处理器收到中断后主动通过 IIC 数据口读取指定寄存器中关键词结果。

#### 4. 机械结构



BOTTOM VIEW

TOP VIEW

Unit: mm Unmarked Tolerance:  $\pm 0.1$  (mm)

Item	Dimension	Tolerance
Length	3.5	$\pm 0.1$
Width	2.65	$\pm 0.1$
Height	1.0	$\pm 0.1$
Acoustic Port	0.25	$\pm 0.05$

No	PIN Name	Direction	Description
1	VCC	P	处理器模拟电源
2	VDD	V	麦克风电源
3	PAD_VADINT	DO	VAD 唤醒中断输出
4	AGND	G	模拟地
5	GND	G	麦克风地
6	PAD_KWSINT	DO	KWS 唤醒中断输出
7	VIP_LNA1	AOUT	模拟麦克风信号输出端
8	PAD_RSTN	DI	处理器硬件复位端口
9	VDDIO	P	处理器数字 IO 电源
10	DGND	G	数字地
11	PAD_SDA	DIO	I2C Slave 接口 data 引脚
12	PAD_SCL	DI	I2C Slave 接口 clock 引脚
13	DVDD09	AIO	数字 Core 电源

## 5. 电气特性

### 5.1. 极限参数

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
<b>处理器相关:</b>				
模拟电源	-0.3		3.6	V
数字 IO 电源	-0.3		3.6	V
VIP_LNA1	-0.3		3.6	V
其它输入输出	-0.3		3.6	V
<b>麦克风相关:</b>				
电源电源			4.2	V
<b>系统及封装相关:</b>				
工作温度范围	-40		85	°C
存储温度范围	-40		100	°C
ESD(HBM)	-2000		2000	V

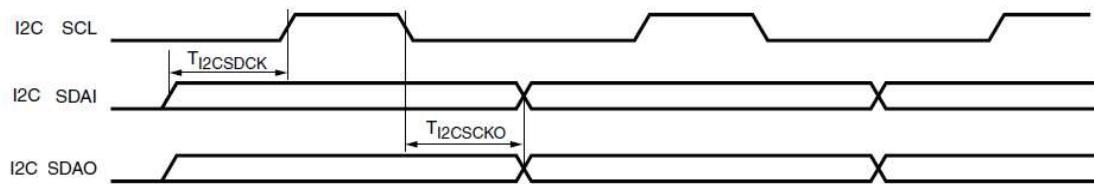
### 5.2. 性能规格

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
<b>处理器相关:</b>						
电源	VCC		1.6	3.3	3.6	V
	VDDIO		1.6	3.3	3.6	V
	DVDD09			0.9		V
系统时钟				6.144	12.288	MHz
待机功耗		VAD 处于工作状态, KWS 处于休眠状态		70		µA
激活状态		VAD 和 KWS 都处于工作状态		170		µA
VAD 检测延时		从模拟 microphone 的信号到达 VAD 单元到 VAD 输出中断		10		ms
KWS 检测延时		从语音说完到 KWS 单元输出中断		8		ms
<b>麦克风相关:</b>						
电源	VDD		1.6	2.0	3.6	V
灵敏度	S	f=1KHz, Pin=1Pa, 0dB=1V/Pa	-39	-38	-37	db
指向性			全指向			
极性		声压变化特性	输出电压增加			
灵敏度 vs. 电压	ΔS	Vs=3.6V~1.6V	<0.5			dB

输出阻抗	Zout	f=1kHz			400	Ω
电流功耗	I	1.6 V to 3.6V		125	200	µA
信噪比	S/N	20-20KHz Bandwidth, A-Weighted		65		dBA
总谐波失真	THD	94dB SPL @1KHz		0.05	0.5	%
声学过载点	AOP	THD 10%@1KHz		127		dB SPL
电源抑制	PSR	100mVpp Squarewave @217Hz, A-weighted		-90		dB
电源纹波抑制 比	PSRR	200mVpp Sinewave @1KHz		60		dB
直流输出	VDC			0.85		V
输出负载	Cload				100	pF
	Rload		8			KΩ

### 5.3. I2C 数字接口特性

#### a. I2C 接口时序



#### b. I2C 接口规格

	Description	Min	Typ	Max	Unit
$T_{DCI2CFCLK}$	SCL duty cycle	–	50	–	%
$T_{I2CFCKO}$	SDAO clock to out delay	–	–	900	ns
$T_{I2CFDCK}$	SDAI setup time	100	–	–	ns
$F_{I2CFCLK}$	SCL clock frequency	–	–	400	KHz

## 6. PCB 设计及版图指南

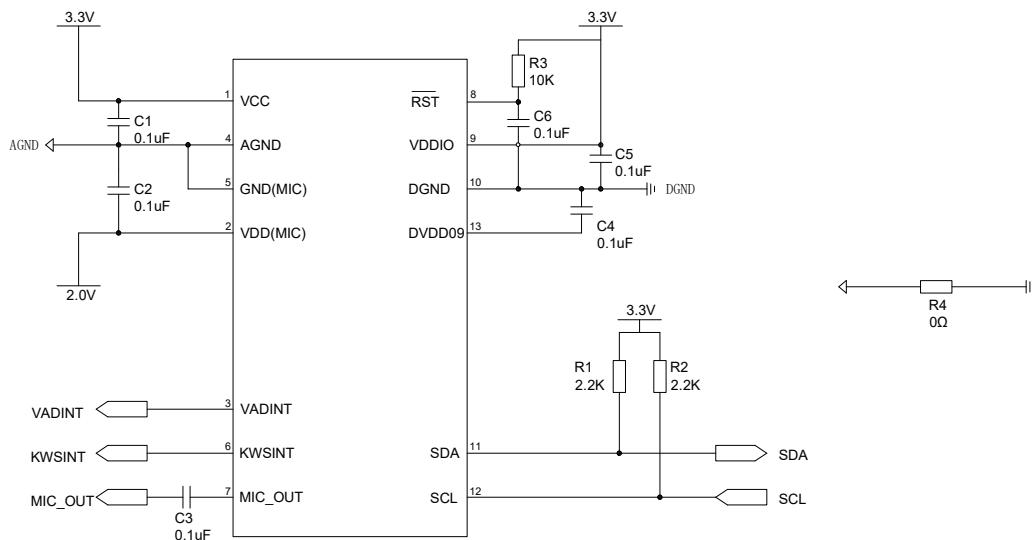
### 6.1. 电源层

电源噪声对模拟电路有比较关键的影响, 系统电源设计需要使用低阻抗的电源层及解耦电容。建议对噪声敏感的电源管脚可能还需要接上解耦电容 (0.1 $\mu$ F), 且走线越短越好, 因为长走线可能会耦合额外的噪声进入电源。

### 6.2. 信号走线

- MIC 走线尽量短, 走线尽量包地, 底部参考地平面尽量保证完整。
- MIC 电路尽量远离干扰源 (DCDC 电感、晶振、大电流网络等) 放置。
- 模拟及数字地要分离, 最终用 0 欧姆电阻短接。
- 电源滤波电容尽量靠近引脚放置。

### 6.3. 典型应用



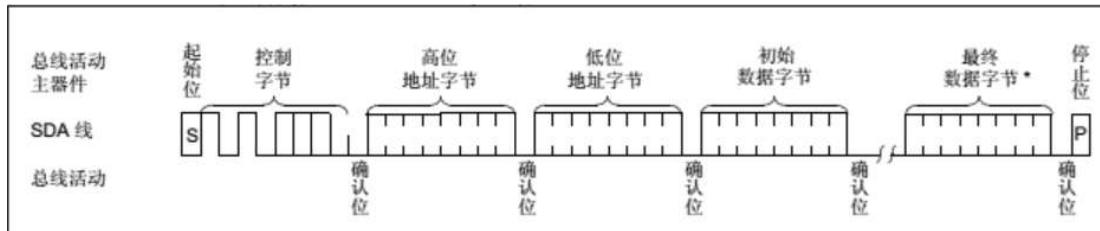
I2C 模式应用图

I2C 读写介绍:

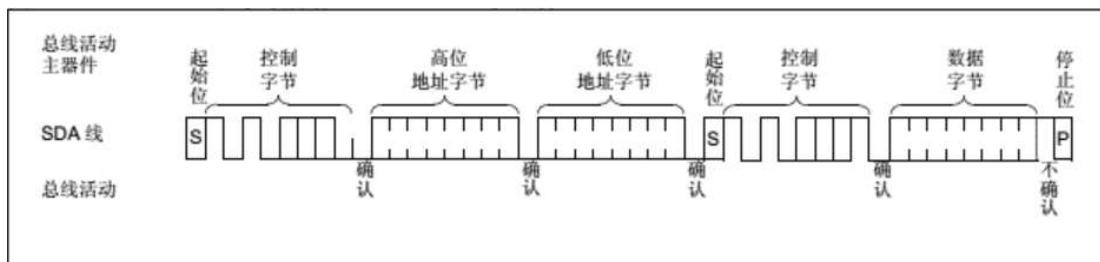
- 芯片的 I2C 接口 slave address 为 7 位地址, 地址是 0x5A。
- 按照 I2C 协议, 读写位 R 是高电平, W 是低电平。
- 地址及数据发送时高字节先发送, 低字节后发送。

d.地址及数据字节发送时, MSB 先发送, LSB 后发送。

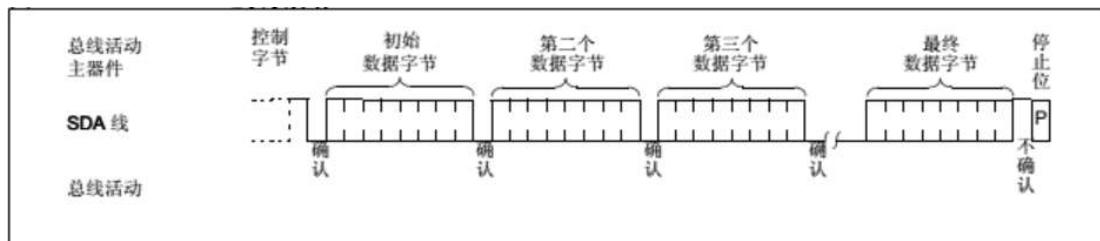
I2C 写寄存器时, 时序如下图:



I2C 单字节读取寄存器时, 时序如下图。



I2C 连续字节读取寄存器时, 时序如下图。



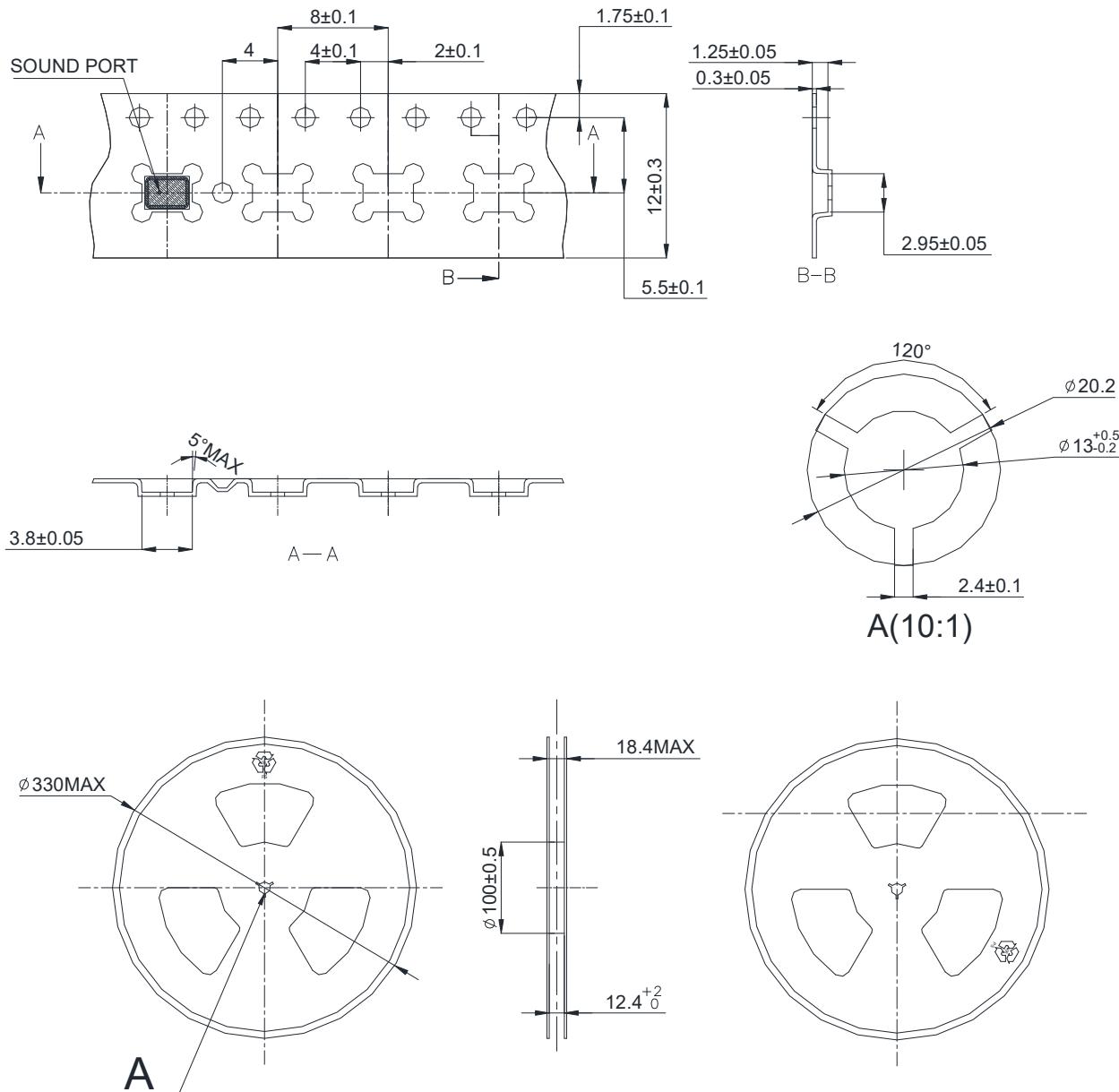
## 7. 可靠性规格

No.	Item	Test condition
1	预处理	烘烤: 125 度/24 小时, 浸润 85 度 85%RH 168H, 完成回流焊 3 次, 最高回流温度 260 度。
2	高温存储试验	105±3°C, 1000h, 恢复 2 小时
3	高温上电试验	105±3°C, 上限电压, 1000h, 恢复 2 小时
4	低温存储试验	-40±3°C, 1000h, 恢复 2 小时
5	低温上电试验	-40±3°C, 上限电压, 1000h, 恢复 2 小时
6	高温高湿上电试验 1	85±3°C, 85%RH, 在上限偏置电压下, 1000h, 恢复 2 小时, 试验后传声器内部应无腐蚀和变形
7	高温高湿上电试验 2	65±3°C, 95%RH, 在上限偏置电压下, 168h, 恢复 2 小时, 试验后传声器内部应无腐蚀和变形
8	温度冲击试验	双箱法, -40°C15min→125°C15min, 循环 100 次, 恢复 2 小时
9	振动试验	X、Y、Z 三个方向, 每个方向 12 分钟, 频率: 20~2000Hz,

		峰值加速度 20g, 恢复 2 小时
10	跌落试验	<p>高度: 1.5 米</p> <p>夹具重量: 150g</p> <p>(夹具中的声孔直径<math>\geq</math>0.8mm)</p> <p>参考面: 光滑的大理石地板</p> <p>持续时间: 4 个角*4 次, 6 个面*4 次</p> <p>试验后灵敏度变化应小于 1dB</p>
11	滚筒试验	<p>高度: 1.0 米</p> <p>夹具重量: 150g</p> <p>(夹具中的声孔直径<math>\geq</math>0.8mm)</p> <p>持续时间: 300 次</p> <p>推荐频率: 10-11 次/Min</p> <p>试验后灵敏度变化应小于 1dB</p>
12	静电试验 1	<p>a. HMB</p> <p>放电位置: I/O 引脚</p> <p>充电电压: <math>\pm 3000V</math></p> <p>放电网络: 100pF&amp;1500<math>\Omega</math></p> <p>b. CDM</p> <p>放电位置: I/O 引脚</p> <p>充电电压: <math>\pm 250V</math></p>
13	静电试验 2	<p>试验按照 IEC61000-4-2 标准 3 级进行:</p> <p>a. 接触放电</p> <p>放电位置: MIC 输出端</p> <p>充电电压: <math>\pm 6000V</math> 直流</p> <p>放电网络: 150pF&amp;330<math>\Omega</math></p> <p>b. 空气放电</p> <p>放电位置: 音孔</p> <p>充电电压: <math>\pm 8000VDC</math></p> <p>放电网络: 150pF&amp;330<math>\Omega</math></p>
14	结构冲击试验	10000 克, 持续时间: 0.1 毫秒, X/Y/Z 3 个方向, 每个方向 3 次, 试验后灵敏度变化应小于 1dB
15	回流	根据回流曲线, 进行 3 次峰值温度为 +260°C 的回流

## 8. 包装

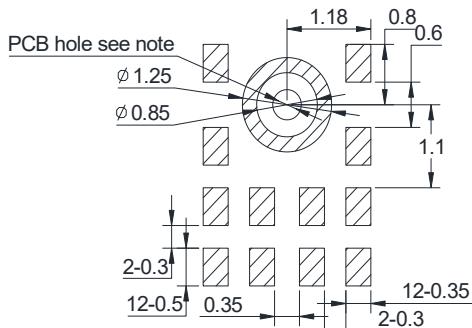
- \* 使用防静电料盘和料带进行包装。.
- \* 包装作业时应采取静电防护措施。



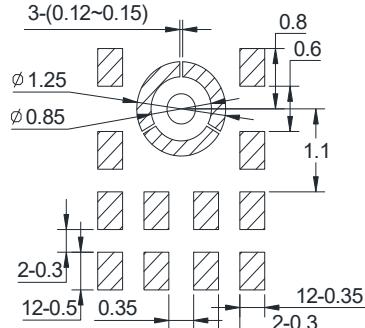
Tape and Reel	φ330mm	5,500PCS×1=5,500PCS
Shipping Box	215mm*370mm*370mm	5,500PCS×10=55,000PCS

## 9. 应用设计建议

### 9.1. 建议焊盘设计和锡膏印刷板设计



建议 PCB 焊盘设计



建议锡膏印刷板设计

注意:

除另有规定外, 尺寸单位为毫米。

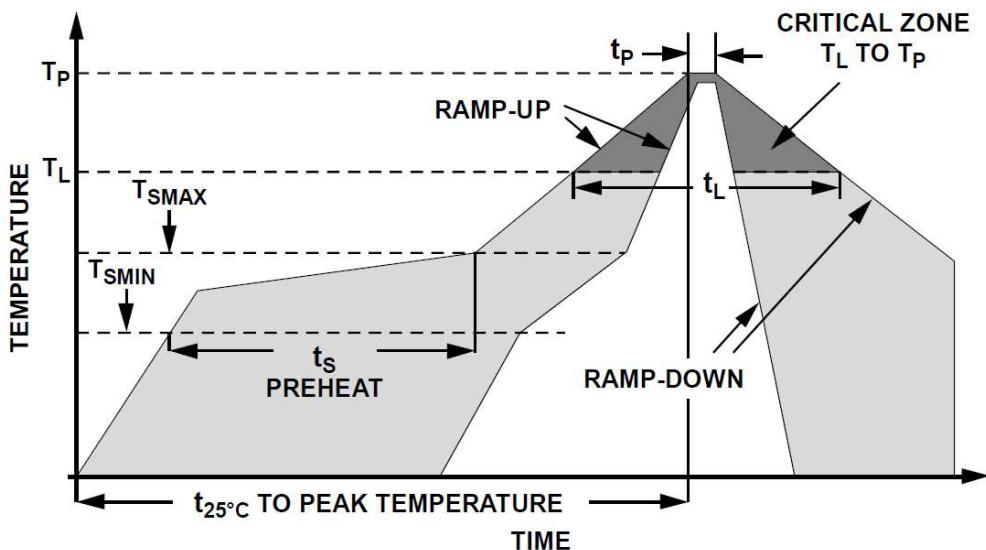
除另有规定外, 公差为  $\pm 0.1\text{mm}$

推荐 PCB 非金属化孔直径为  $0.4\text{--}0.6\text{mm}$ .

### 9.2. 回流温度曲线

回流过程温度分布

参数	参考	规范
平均速率	$T_L$ to $T_P$	最高 $3\text{ }^{\circ}\text{C/sec}$
预热	最低温度	$T_{S\text{MIN}}$
	最高温度	$T_{S\text{MAX}}$
	升温时间	$t_S$ 60 sec 到 180 sec
升温速率	$T_{S\text{MAX}}$ to $T_L$	$1.25\text{ }^{\circ}\text{C/sec}$
锡膏液态保持时间	$t_L$	60 sec to 150 sec
液化温度	$T_L$	$217\text{ }^{\circ}\text{C}$
峰值温度	$T_P$	$260\text{ }^{\circ}\text{C} +0\text{ }^{\circ}\text{C}/-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
实际峰值温度 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内的时间	$t_P$	20 sec to 40 sec
温度下降速率	$T_P$ to $T_{S\text{MAX}}$	$6\text{ }^{\circ}\text{C/sec max}$
从 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到最高温度的时间		8 min max



回流曲线图

附加说明：

若需要多次回流，MIC 应该在下一次回流前冷却至室温。

推荐不超过 3 次回流焊。

回流后，不要用液体或超声洗板。

不要对准 MIC 音孔抽真空。

任何时候都不要将任何物体插入 MIC 的音孔中。

如果使用双面 PCBA，建议在第二次贴片时贴装 MIC。

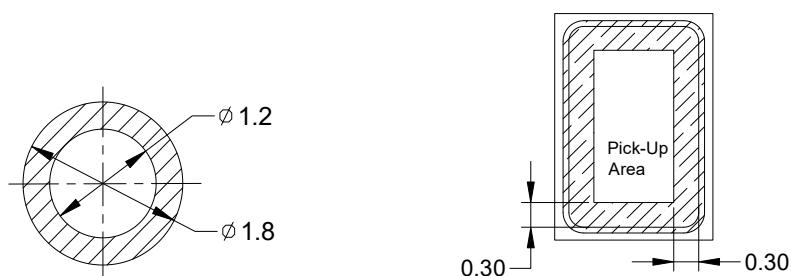
回流时不要密封音孔。

如果有开缝风险，建议将回流峰值温度设置到 240°C 以下或 255°C 以上。

### 9.3. 推荐的 MIC 吸嘴

外径  $\Phi 1.8\text{mm}$

内径  $\Phi 1.2\text{mm}$



吸嘴尺寸和 MIC 吸取区域

## 10. 特别注意事项

### 10.1 气枪清洁规范

不要把气枪直接对准 MIC 音孔。

推荐条件:

气压 < 0.3MPa;

距离>5cm;

时间<5sec。

### 10.2 包装

不能将 MIC 存储在真空环境中。真空密封可能导致 MIC 损坏。

### 10.3 存储

满足 MSL (湿敏等级) 1 级的要求。请将 MIC 存放在湿度小于 75% 的仓库内，不得存放在有温度突变、酸性气体和任何其他有害气体或强磁场中。

请保护产品免受潮湿、振动、光照、外力等因素的破坏。

在装配和运输过程中，请采取适当的防静电措施。

请使用运输包装形式长期存放。

### 10.4 废弃

对于废弃的麦克风，客户应遵守《废弃电气和电子设备 (WEEE) 指令》(2002/96/EC) 的规定。

## 11. 版本

版本	描述	日期
V1.0	初版	2025-01-14
V1.1	更新延时、电流、PSR、PSRR、VDD 范围	2025-05-12
V2.0	更新公司信息	2025-08-19
V3.0	更新应用电路、AOP 和包装图纸	2025-11-21