

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 ± 1 dB
- 高信噪比 65dBA
- 高声学过载点 127dBSPL

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 μ 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

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。

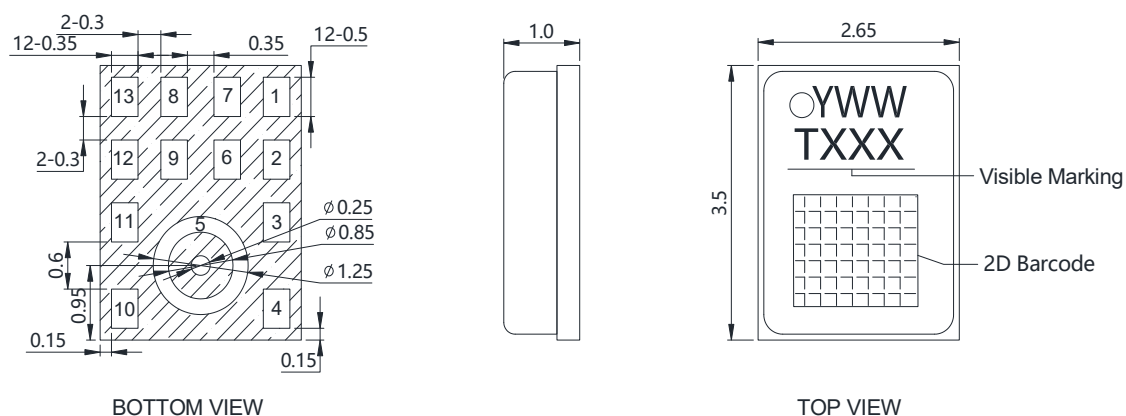
3.2. 连续语音识别模式 (KWS 模式)

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



Unit: mm Unmarked Tolerance: ± 0.1 (mm)

Item	Dimension	Tolerance
Length	3.5	± 0.1
Width	2.65	± 0.1
Height	1.0	± 0.1
Acoustic Port	0.25	± 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
处理器相关:				
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
麦克风相关:				
电源电源			4.2	V
系统及封装相关:				
工作温度范围	-40		85	°C
存储温度范围	-40		100	°C
ESD(HBM)	-2000		2000	V

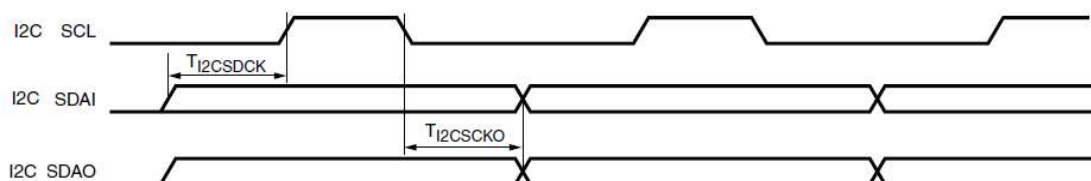
5.2. 性能规格

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
处理器相关:						
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
麦克风相关:						
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

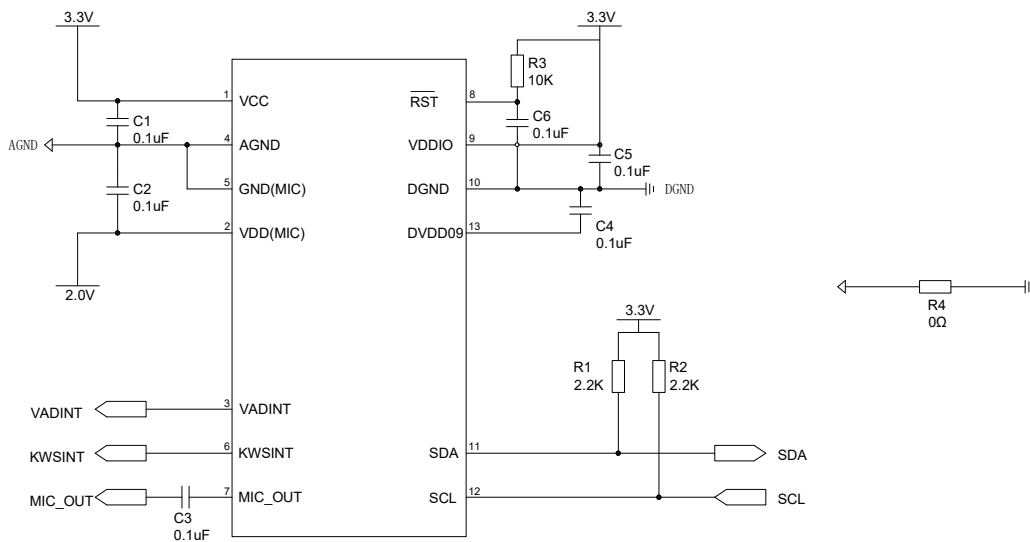
6.1. 电源层

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。建议对噪声敏感电源管脚可能还需要接上解耦电容 ($0.1\mu\text{F}$) , 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 $0\ \Omega$ 电阻短接。
- 电源滤波电容尽量靠近引脚放置。

6.3. 典型应用



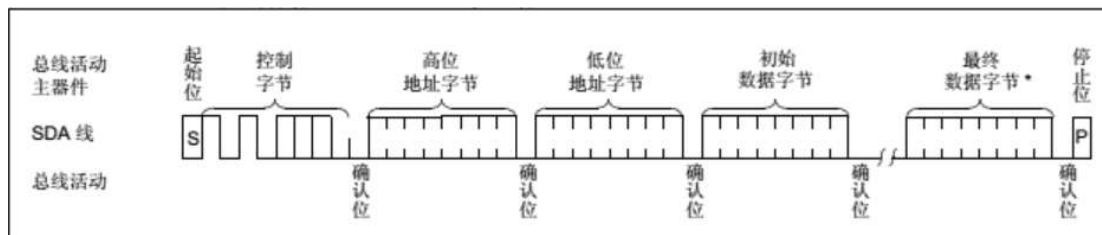
I2C 模式应用图

I2C 读写介绍:

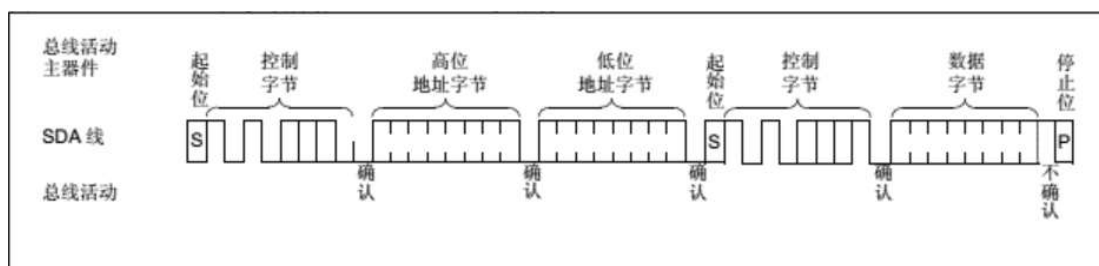
- 芯片的 I2C 接口 slave address 为 7 位地址, 地址是 0x5A。
- 按照 I2C 协议, 读写位 R 是高电平, W 是低电平。
- 地址及数据发送时高字节先发送, 低字节后发送。

d.地址及数据字节发送时，MSB 先发送，LSB 后发送。

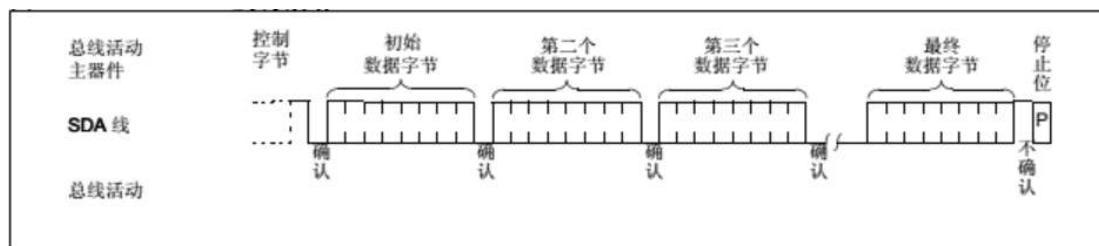
I2C 写寄存器时，时序如下图：



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。



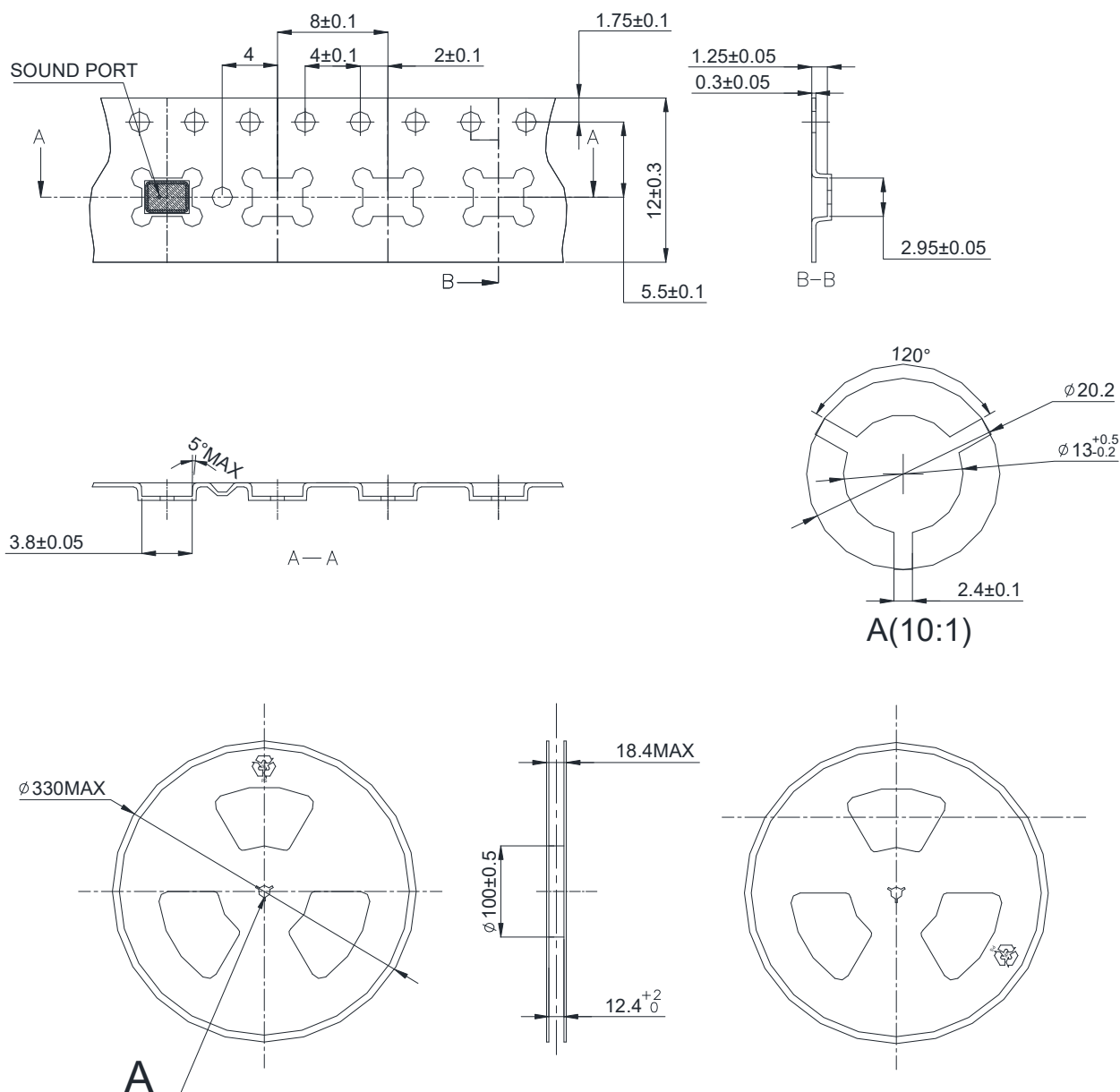
7. 可靠性规格

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℃, 1000h, 恢复 2 小时
3	高温上电试验	105±3℃, 上限电压, 1000h, 恢复 2 小时
4	低温存储试验	-40±3℃, 1000h, 恢复 2 小时
5	低温上电试验	-40±3℃, 上限电压, 1000h, 恢复 2 小时
6	高温高湿上电试验 1	85±3℃, 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℃, 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℃15min→125℃15min, 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	高度: 1.5 米 夹具重量: 150g (夹具中的声孔直径 $\geq 0.8\text{mm}$) 参考面: 光滑的大理石地板 持续时间: 4 个角*4 次, 6 个面*4 次 试验后灵敏度变化应小于 1dB
11	滚筒试验	高度: 1.0 米 夹具重量: 150g (夹具中的声孔直径 $\geq 0.8\text{mm}$) 持续时间: 300 次 推荐频率: 10-11 次/Min 试验后灵敏度变化应小于 1dB
12	静电试验 1	a. HMB 放电位置: I/O 引脚 充电电压: $\pm 3000\text{V}$ 放电网络: $100\text{pF} \& 1500\Omega$ b. CDM 放电位置: I/O 引脚 充电电压: $\pm 250\text{V}$
13	静电试验 2	试验按照 IEC61000-4-2 标准 3 级进行: a. 接触放电 放电位置: MIC 输出端 充电电压: $\pm 6000\text{V}$ 直流 放电网络: $150\text{pF} \& 330\Omega$ b. 空气放电 放电位置: 音孔 充电电压: $\pm 8000\text{VDC}$ 放电网络: $150\text{pF} \& 330\Omega$
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 $+260^\circ\text{C}$ 的回流

8. 包装

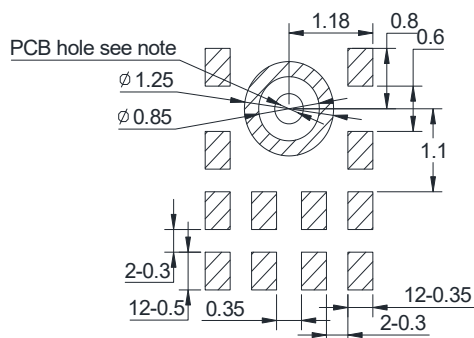
- * 使用防静电料盘和料带进行包装。
- * 包装作业时应采取静电防护措施。



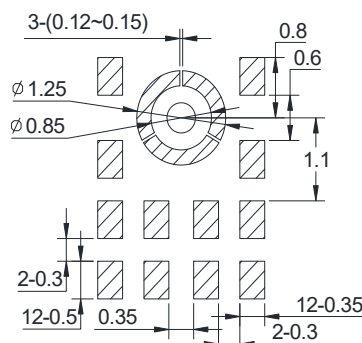
Tape and Reel	$\phi 330$ mm	5,500PCS×1=5,500PCS
Shipping Box	215mm*370mm*370mm	5,500PCS×10=55,000PCS

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。

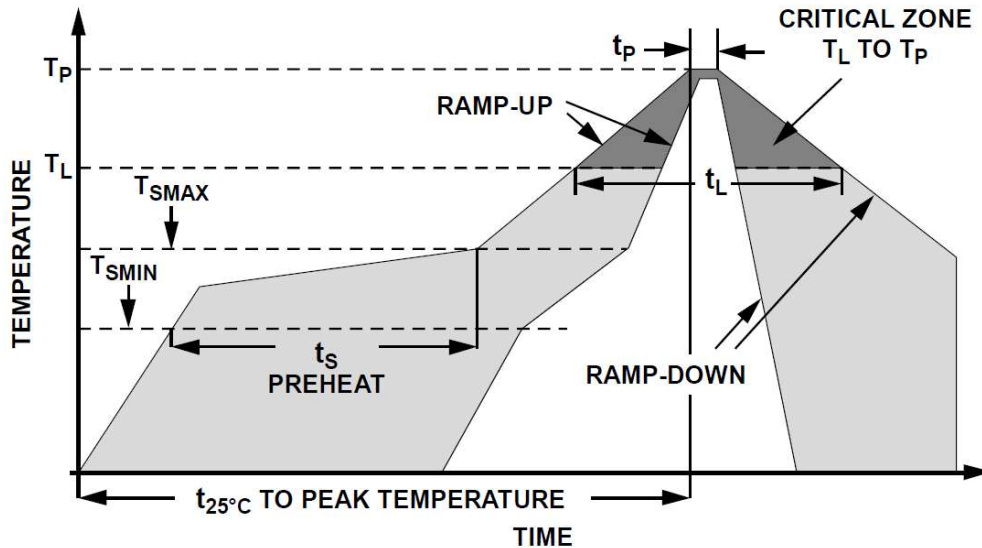
除另有规定外，公差为 $\pm 0.1\text{mm}$

推荐 PCB 非金属化孔直径为 0.4-0.6mm.

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°C/sec
预热	最低温度	$T_{S\text{MIN}}$	150°C
	最高温度	$T_{S\text{MAX}}$	200°C
	升温时间	t_s	60 sec 到 180 sec
升温速率		$T_{S\text{MAX}}$ to T_L	1.25°C/sec
锡膏液态保持时间		t_L	60 sec to 150 sec
液化温度		T_L	217°C
峰值温度		T_P	260°C +0°C/-5°C
实际峰值温度+5°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°C/sec max
从+25°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。

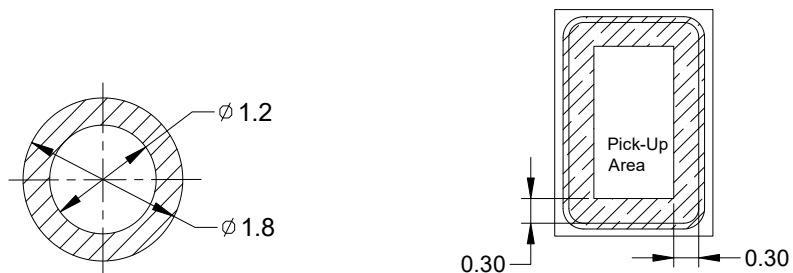
回流时不要密封音孔。

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