

文档会不定期更新，获取最新文档请至启英泰伦语音AI平台 (<http://aiplatform.chipintelli.com>)下载。

ChipIntelli 启英泰伦

高性能语音识别模块数据手册

CI-F16XGS02T

版本号: V1.0

模块介绍

概述

CI-F16XGS02T模块是一款通用性好、高性能、低成本的低功耗离线语音识别模块，其主芯片可选贴CI13161或CI13162。该模块的应用设计简单方便，其应用设计示意图如下。

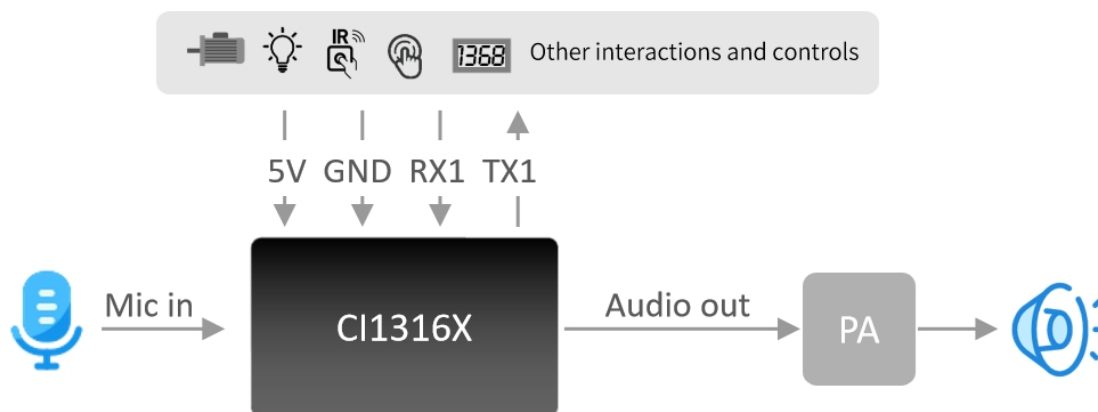


图1 模块应用设计示意框图

CI-F16XGS02T模块具有以下主要特点:

- 识别性能好: 支持离线神经网络计算、支持单麦克风降噪增强、单麦克风回声消除, 360度全方位拾音, 可抑制环境噪音, 保证嘈杂环境中语音识别的准确性, 其离线语音识别不依赖网络, 时延小, 性能高, 识别率高达97%以上, 10米超远距离下识别的响应时间可达0.2S;
- 小型化设计: 模块尺寸为长x宽=20.5x13.8mm, 且采用金手指式立式安装工艺, 可节省应用终端产品系统板的PCB面积;

- 模块器件少：整个方案除语音识别芯片外，仅需搭载音频功放芯片、少量阻容外围器件，即可实现方案全功能；
- 对外接口简单：一路5V电源供电和UART通讯接口、一路麦克风接口、一路扬声器接口；
- 宽电源工作电压：工作电压范围为3.6V-5V；
- 功耗低：可应用于能耗等级要求高或电池供电类产品；
- 高可靠性设计：模块BOM器件均选用工业级器件。
- 选型方便：可根据应用设计词条数量的需求，确定选贴CI13161芯片或CI13162芯片，区别如下：

表1 模块选型表

词条数量	命令词条100条以内	命令词100条-300条
对应语音芯片型号	CI13161	CI13162
对应模块型号	CI-F161GS02T	CI-F162GS02T

模块主芯片介绍

CI13161&CI13162是专用于语音处理的人工智能芯片，支持离线语音识别，同时支持汉语和英语，可广泛应用于家电、照明、玩具、可穿戴设备、工业、汽车等产品领域，实现语音交互及控制和各类智能语音方案的应用。

CI13161&CI13162内置启英泰伦自研的新一代神经网络处理器BNPU V3.5和CPU内核，系统主频可达210MHz，内置288KByte的SRAM，还集成了PMU电源管理单元和RC振荡器、以及高性能低功耗Audio Codec和多路UART、IIC、PWM、GPIO等外围控制接口。芯片仅需少量电阻电容等外围器件，即可实现多种智能语音产品硬件系统方案，性价比极高。

了解CI13161&CI13162芯片更多的详细信息，请点击以下链接：

[CI13161&CI13162芯片数据手册](#)

模块的应用场景

CI-F16XGS02T模块可作为语音识别前端+终端产品硬件主控板的组合方案应用（如下图所示），也可以作为灯具、玩具等产品方案的主控模块。

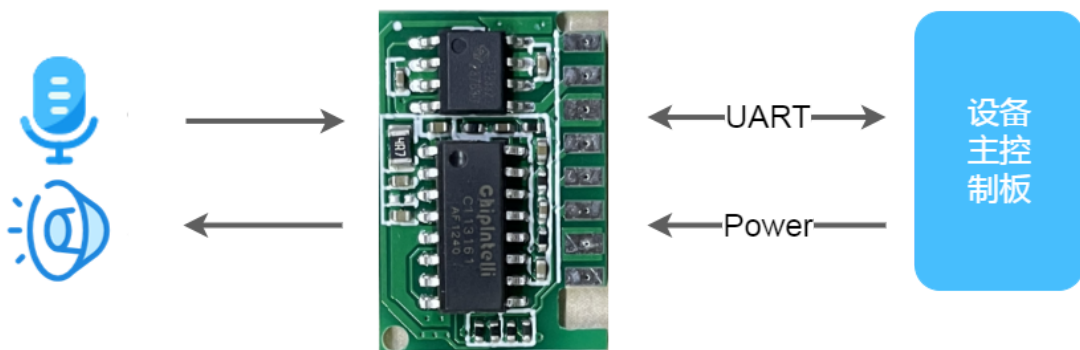


图2 模块作为语音识别前端应用示意图

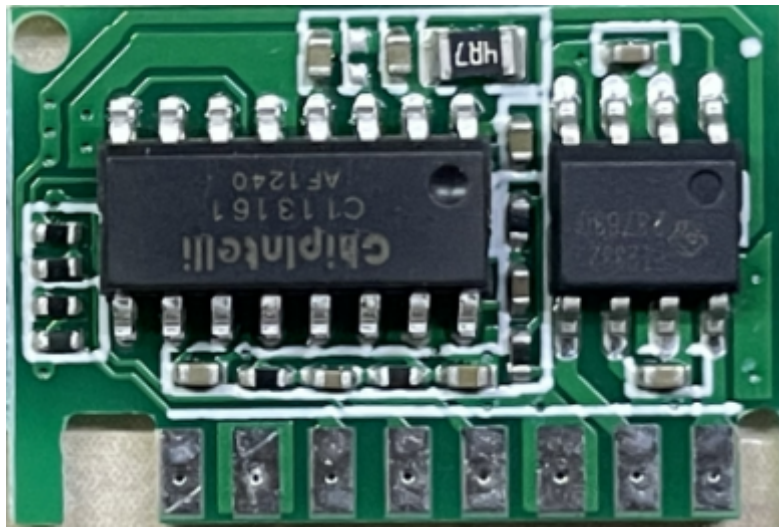
CI-F16XGS02T模块最大可以支持300条离线语音命令词，可应用于智能空调、智能电风扇、取暖桌、晾衣机、小家电、玩具、照明等多种控制较为复杂的终端产品。



图3 应用该模块的部分终端产品示例

模块规格

模块实物图



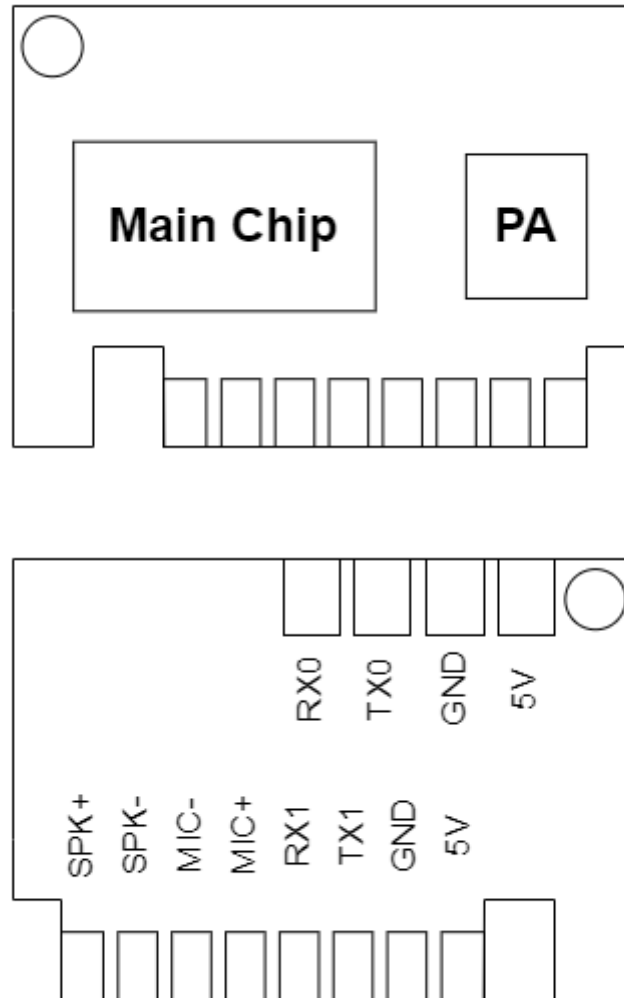


图4 模块实物和芯片对应位置图

CI-F16XGS02T模块实物图如图4所示，该模块为立式贴装，主要功能器件包括语音识别芯片（CI13161/CI13162）和音频功放。其简要工作流程为语音指令从麦克风输入，经语音识别IC进行语音识别、指令处理后，将相应的电气信号指令从串口输出，同时将输出的指令通过音频功放和喇叭进行语音播报。该模块配置的音频功放最大驱动功率为1.5W@8Ω或2W@4Ω。

备注：该实物图仅为说明示例，不同批次模块元器件表面的丝印可能存在差异，但不会影响模块性能。模块的实际状态请以实物为准。

模块尺寸图

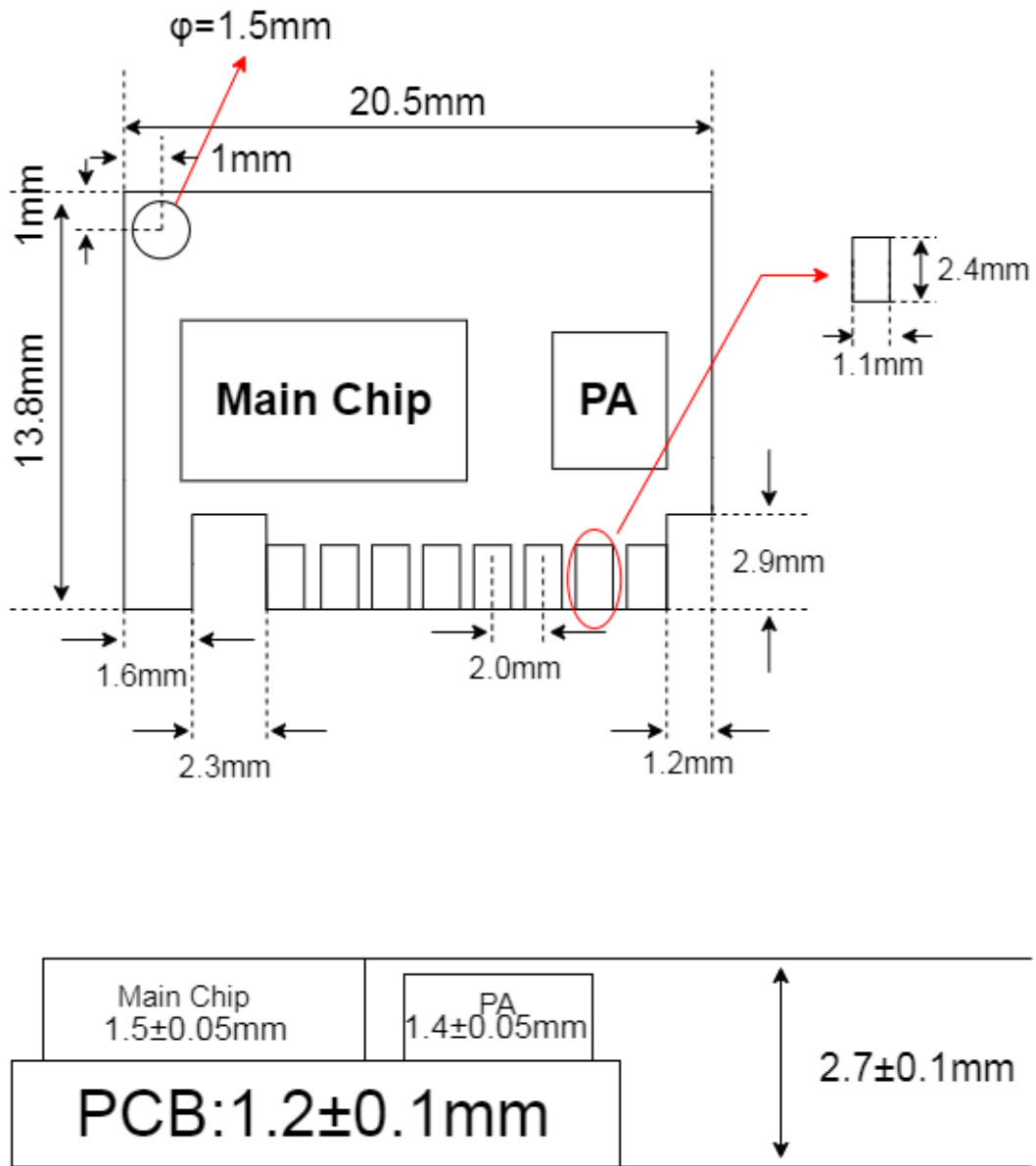


图5 模块尺寸图

CI-F16XGS02T模块结构尺寸的相关数据如图5所示，应用开发时可根据此尺寸进行相关的结构设计。

模块硬件接口定义

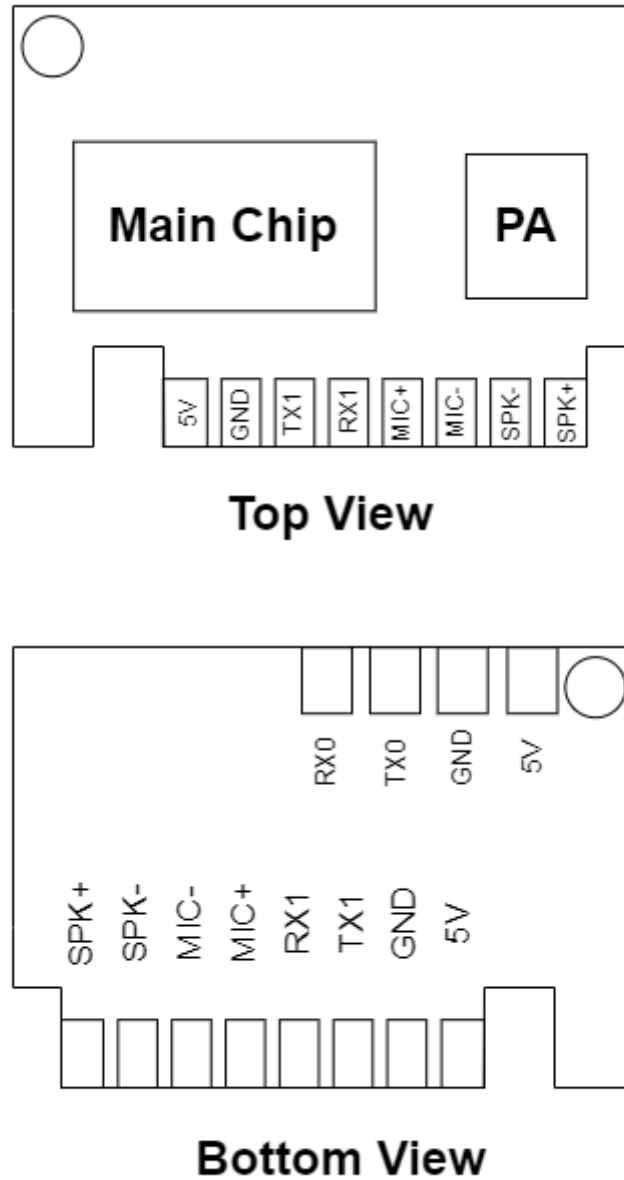


图6 模块引脚定义图

CI-F16XGS02T模块具有以下功能接口：

1. 双线单麦克风接口，模块应用设计时请在底板设计麦克风插座或者焊点，麦克风线路上配置ESD器件。为了保障良好的语音识别性能，建议采用灵敏度为 $-32\pm 3\text{dB}$ 、信噪比 $\geq 65\text{dB}$ 的麦克风，请点击 [参考麦克风器件](#) 了解更多信息；
2. 双线单喇叭接口，模块应用设计时需在底板设计喇叭插座或焊点，为保障良好的语音播报效果，建议采用腔体式喇叭，请点击 [参考喇叭器件](#) 了解更多信息；
3. 模块的UART1接口用于与主控底板进行串口通讯。

模块的引脚功能定义如表2所示：

表2 模块引脚功能定义表

管脚名称	类型	IO 5V耐压	IO上电默认状态	功能定义
5V	P	-	-	5V电源
GND	P	-	-	地信号
TX1	IO	√	IN, T+D	1. GPIO PA2 2.UART1_TX 3.IIC_SDA 4.PWM通道0 5.PWMP
RX1	IO	√	IN, T+D	1. GPIO PA3 2.UART1_RX 3.IIC_SCL 4.PWM通道1 5.PWMN
MIC+	-	-	-	麦克风正极
MIC-	-	-	-	麦克风负极
SKP-	-	-	-	喇叭输出
SKP+	-	-	-	喇叭输出

上表中的标注符号释义如下：

I input

O output

IO bidirectional

P power or ground

T+D tristate plus pull-down

T+U tristate plus pull-up

OUT power-on defaults to output mode

模块电气特性参数

表3 模块电气特性参数表

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
模块供电电压	/	3.6	5	5.5	V	NOTE1
模块播音状态电流（正常音量）	4欧3W喇叭	/	65	/	mA	NOTE2
模块工作电流	/	/	30	/	mA	NOTE3
安静环境下监听状态电流	5V供电	/	25	/	mA	/
模块IO接口电压	/	3	3.3	5	V	/

NOTE1: 5V为模块典型供电电压, 输入电压超过5.5V有概率会损坏模块。

NOTE2: 模块播音状态下最大电流能达到250mA, 按照两倍余量原则上需要为模块提供一组驱动能力为500mA的电源供电。

NOTE3: 典型值测试时为静音状态。最大值测试时为识别并播音状态。

模块温湿度参数

表4 温湿度参数表

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
模块工作环境温度	-40	25	85	°C	/
模块存储环境温度	-40	25	100	°C	/
标准包装模块存储湿度	0%	/	85%	RH	/

模块应用

底板设计参考

应用本模块需要相应的调试底板或上位机主板, 调试底板的主要作用是用于承载本模块、提供模块工作所需的电压、麦克风和喇叭接口, 以及与模块进行通讯交互。

1. 模块供电输入管脚建议就近放置一只大容量值的滤波电容, 以保证5V输入电压的稳定性。如果5V输入电源纹波或杂波越大, 该滤波电容的容值也就需要越大。
2. 喇叭和麦克风插座附近配置ESD器件, 以保证模组的静电防护能力。
3. 底板上预留UART1外接的排针, 以方便模块的调试。
4. UART1接口用于与主控通讯, 亦可复用为GPIO通讯口。

模块底板的参考设计如下图所示。

CI-F16XGS02T底板设计注意事项:

5V供电电路设计注意事项:

- 1、芯片供电输入端增加TVS管(不可省略)和电解电容
- 2、5V供电电压范围: $5V \pm 10\%$, 纹波 $< 300mV$, 供电电流不小于 $500mA$

PCB设计注意事项:

所有5V线路的走线宽度不小于 $0.5mm$

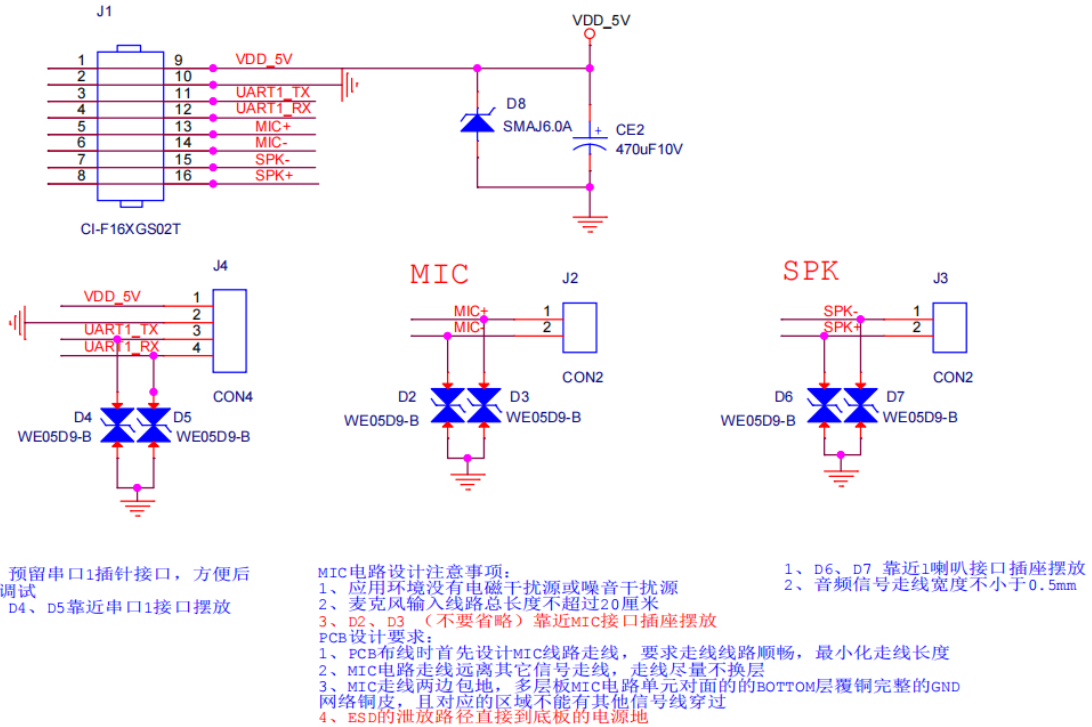


图7 模块底板参考设计

模块上电及启动

应用该模块时，将模块安装于底板或上位机主板上并外接喇叭和麦克风，模块的5V电源上电后模块即可启动，正常上电后喇叭会播报开机提示音，此时UART0口会有打印信息输出，用户可将该UART0口用USB串口调试助手等工具接到电脑上，在电脑的串口调试窗口查看打印信息，出现如图8所示的打印信息则表明模块启动正常。

注意模块的UART0接口为3.3V电平高速串口，也可支持5V电平信号直接通讯，无需配置电平转换电路。

模块上的功放芯片同样为5V供电，5V供电的额定供电电流需保证 $500mA$ 以上，电源稳定，纹波在 $300mV$ 以内。

```

Welcome to CI13LC_SDK.
ci13lc_sdk_offline_0.0.3 built-in
2024-05-28 14:43:45
Heap size:155KB
Freq factor 1000
Freq 212992000
nv_data_offset = 001fc000
nv_data_size = 00004000
FWV:Firmware_ssop16_使用外部vcm_v2.0.0
lg_model_addr = 26020
min_active = 400
beam = 9.5

arcs 916,states 379,prunes 190
lut_table_addr = 1ff72778
start_serial_asr_flow_fe_vad_nn_init
mod2
pc nn_real_op_num=190
8 frm togher
init cinn2
init cinn
NN init done
TaskName          Priority    TaskNumber    MinStk   6
simple-mp3-play    4          5             231
UserTaskManageP   4          6             411
init task         4          1             74
audio_in_prepro   4          4             571
IDLE              0          2             91
    
```

SDK版本

上电播报

图8 模块正常启动的参考打印信息

模块标准固件命令词

客户定制固件的量产模块，出厂前将会烧录客户指定的固件。

我司标准固件的模块，出厂时将烧录我司的标准固件及其固有的命令词，供用户测试使用，标准固件命令词如下图所示：

智能管家（唤醒词）				
打开空调	关闭睡眠模式	二十一度	红色模式	增大音量
关闭空调	定时一小时	二十二度	绿色模式	大点声
增大风速	定时两小时	二十三度	蓝色模式	小声点
减小风速	定时二小时	二十四度	彩色模式	音量减小
升高一度	左右摆动	二十五度	打开主卧灯	减小音量
降低一度	上下摆动	二十六度	关闭主卧灯	小点声
全自动	停止摆动	二十七度	打开花园灯	最大声
制热模式	最小风	二十八度	关闭花园灯	音量最大
制冷模式	低速风	二十九度	打开客房灯	最大音量
送风模式	中速风	三十度	关闭客房灯	最小声
节能模式	高速风	打开台灯	打开餐厅灯	音量最小
关闭节能模式	最大风	关闭台灯	关闭餐厅灯	最小音量
除湿模式	强劲风	最高亮度	打开厕所灯	打开语音
关闭除湿	风小点	中等亮度	关闭厕所灯	开启语音
电加热	风大点	最低亮度	打开阳台灯	启动语音
关闭电加热	十六度	调亮一点	关闭阳台灯	关闭语音
空气清新	十七度	调暗一点	打开书房灯	停止语音
空气净化	十八度	照明模式	关闭书房灯	结束语音
关闭空气清新	十九度	阅读模式	大声点	
睡眠模式	二十度	夜灯模式	音量增大	

图9 模块标准固件命令词

模块默认串口通讯协议

标准固件的模块支持串口通讯，用于和上位机或对接的系统通讯。该串口协议可扩展且有以下特点：

- 完整传输包，包含：头尾，长度，校验，消息类型，消息序列号。
- 支持变长命令，方便扩展。
- 消息类型(命令，通知，回复)。
- 命令消息，可配置，回复ACK。通知消息无ACK。

- 消息格式将与bootloader升级的相同，通过header来与bootloader协议区分。
- 默认波特率使用9600。
- 注意：模块只预留UART0接口，UART0接口默认为打印输出接口。如需UART0作为上述串口协议接口，必须修改代码，修改方式可参照[C113LC系列芯片SDK](#)的串口协议部分文档实现。
- 支持的命令：查询协议版本号，查询系统版本号，设置音量（音量分级在user_config.h中定义），播放本地播报音，复位命令等，具体协议格式如下图所示：

名字	长度	描述
Head	2	帧标识头，固定为 0xA5, 0xFC
Length	2	数据长度
Msg_type	1	消息类型 (命令 0xA0/0xA1, 回复 0xA2, 通知 0xA3)
Msg_cmd	1	命令
Msg_seq	1	消息序列号, 每个 CMD 应不同, ACK 与对应 CMD 相同, 用于数据重传使用
Data	Length	数据
Check_sum	2	帧校验, 包含 Msg_type, Msg_cmd, Msg_seq, Data 的累加和计算结果
Tail	1	帧结尾, 固定为 0xFB

图10 串口协议格式

举例说明1:

A5 FC 07 00 A0 91 18 01 55 E0 01 00 00 1B 9B 02 FB解析如下,

A5 FC: head

07 00:有效数据为7byte

A0 : 命令词信息

91 : 命令号码为0x91 (本次数据内容为命令词数据)

18 : 包序号, 本串口第0x08次外发数据, 该数值不断累加

01 55 E0 01 00 00: 当前命令词的唯一数据

1B : 命令词阈值

9B 02: 累加和

FB: 结尾数据

备注: 如果应用中仅关注命令词和阈值, 则只关注蓝色部分的7个有效数据就可以了。

举例说明2:

A5 FC 02 00 A3 9A 17 00 B1 05 02 FB 解析如下:

A5 FC : head

02 00: 有效数据2byte

A3 : 当前为通知数据

9A : 命令号码为0x9A (本次数据内容为语音模块内容改变)

17 : 本串口第0x07次外发数据, 该数值不断累加

00 B1: 有效数据。(本数据表示进入唤醒状态)

05 02: 累加和

FB: 结尾数据

备注: 该数据为通知数据, 供开发者分析参考。

更多的内容解析数据可以可参照 [CI13LC系列芯片SDK](#) 中的串口协议部分。下图为一个协议数据参考截图:

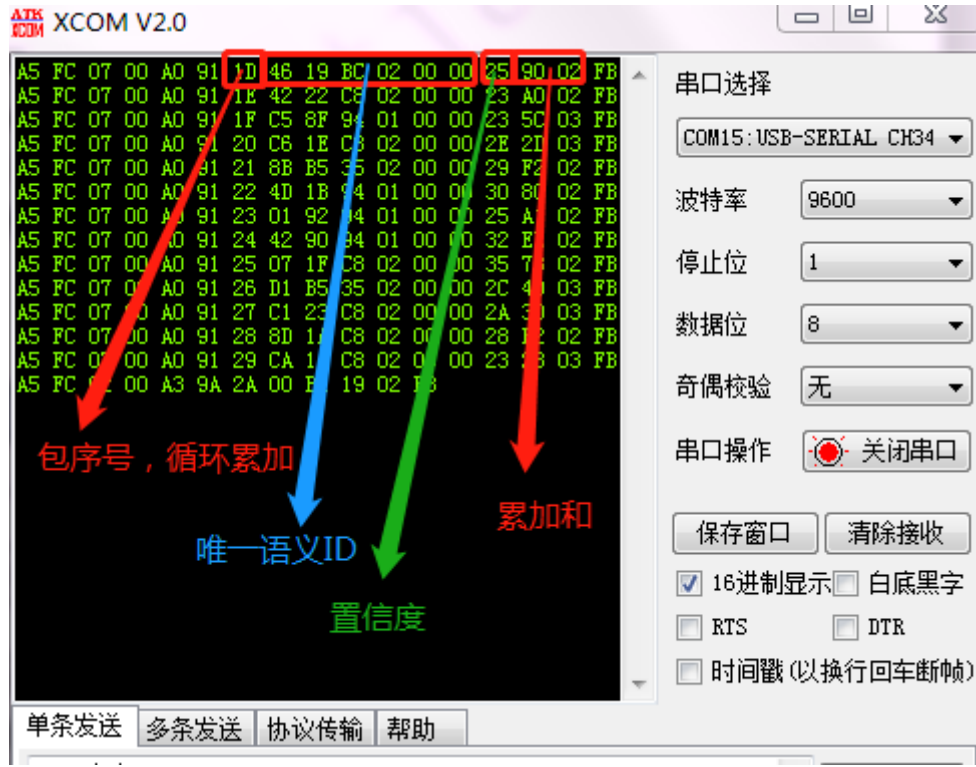


图11 串口协议数据参考截图

软件开发

模块的标准固件主要用于用户初步体验。用户如需自行开发固件, 可注册登录启英泰伦语音AI平台 (<https://aiplatform.chipintelli.com>), 进行固件的快速开发。同时, 在启英泰伦语音AI平台的“开发资料”目录, 可进行SDK和相应硬件资料的下载。

初次登录启英泰伦语音AI平台, 建议先通过[新手指南](#)了解具体开发流程, 也可参看文档中心[视频教程](#)了解更多方案及SDK开发入门。

固件开发流程主要分为以下步骤:

- SDK开发包资料下载
- 模型制作 (语言模型+声学模型)
- 语音合成
- 命令行信息表与音频文件关联
- 固件打包

详细的固件开发流程请点击 [CI13XLC系列芯片SDK](#) 了解。

固件烧录

烧录前准备工作

烧录模块前需准备以下工具和物件:

- 待烧录的模块
- USB转串口工具

- 固件烧录工具 (pack_update_tool.exe)
- 固件信息 (*.bin格式的文件)
- 与底板/上位机对应接口匹配的麦克风和喇叭
- 杜邦线若干



图12 烧录固件需准备的工具和物件

硬件连接及固件烧录

以上图的USB转串口工具烧录固件为例，在烧录前需要先将USB转串口的电源、地、串口收发引脚分别和模块对应的引脚连接，（注意USB转串口的RXD和TXD分别对应模块的TX0和RX0），连接方式如下图所示。

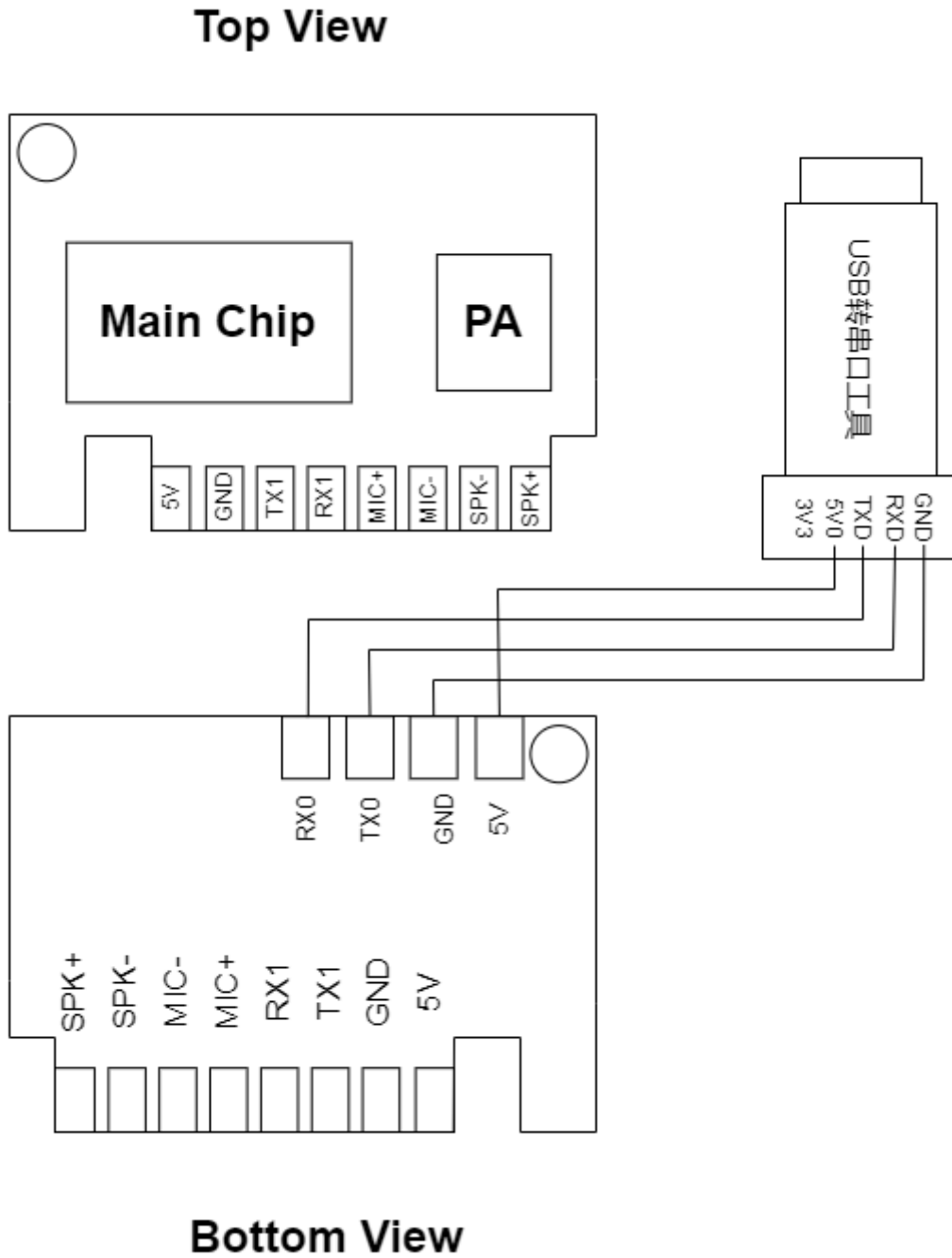


图13 模块和USB转串口工具连接示意图

打开固件烧录工具（该工具可以在SDK开发包中CI13LC_SDK\tools目录找到PACK_UPDATE_TOOL.exe），根据芯片选择对应的型号，点击固件升级按钮，选择已制作好的固件文件，并确认电脑分配给USB转串口工具的串口端口号。模块上电后即可进入固件升级模式，开始下载固件。若电脑无法识别USB转串口工具，请首先安装对应的驱动程序。

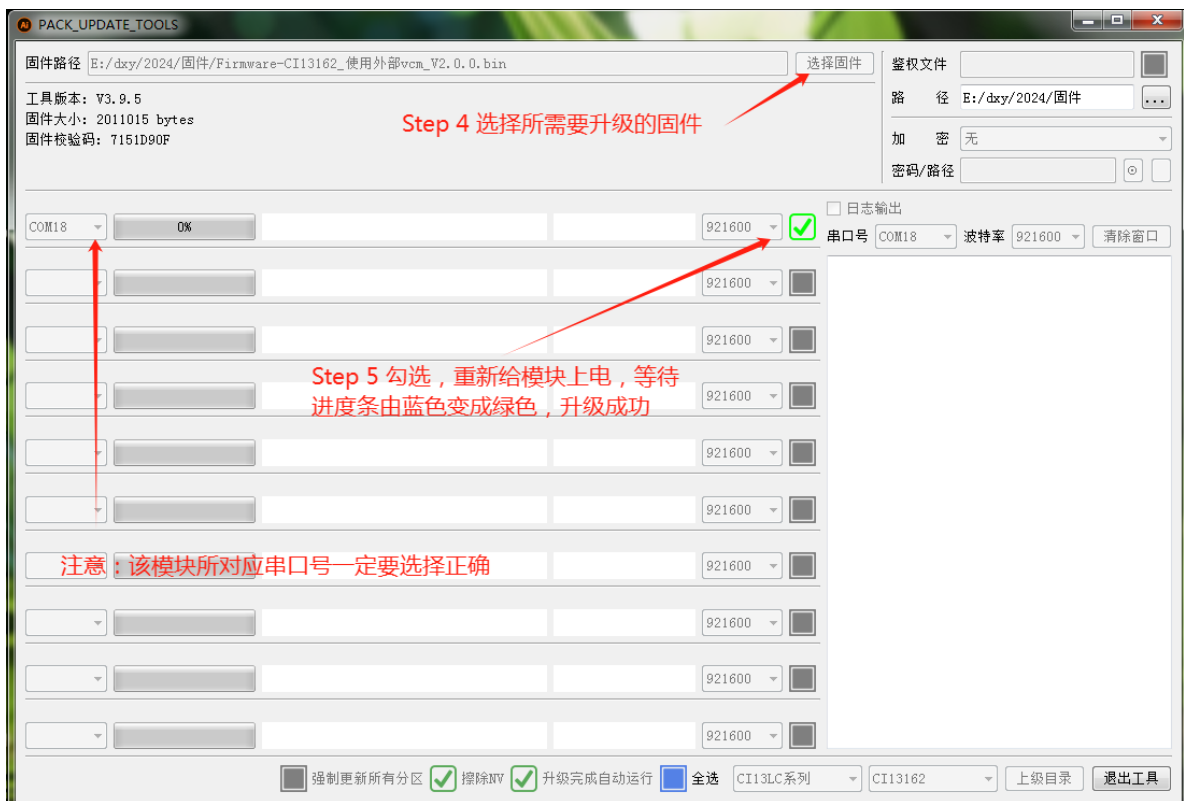


图14 固件烧录工具示意图

烧录后功能测试

固件烧录结束后需对模块进行功能测试，以确认固件烧录是否成功。功能测试前待测模块需首先连接麦克风、喇叭，通电确认是否能有上电播报音，并用唤醒词和命令词测试是否能正常唤醒和识别，如果均能正常工作，则模块烧录成功；否则，烧录失败，需确认烧录失败的原因。

常见问题和解决方法

本章节列举了一些模块使用中可能遇到的问题及相应的解决方法。

- 模块不能烧录固件。
出现该问题，依次进行以下检查：
 1. 串口管脚连接是否正确，TX和RX是否有接反，电脑端USB转串口工具驱动是否正常，PC端烧录工具是否选择了正确的串口通讯端口号；
 2. 模块电源是否连接或有短路的情况；
 3. 若以上检查无误但模块仍无法烧录，需要使用万用表测量模块供电电压5V、3.3V、1.1V是否正确，各电压测量点如下图。若发现电压异常，请更换模块或对模块进行进一步的电路维修，有必要请联系我司技术支持人员获取帮助。

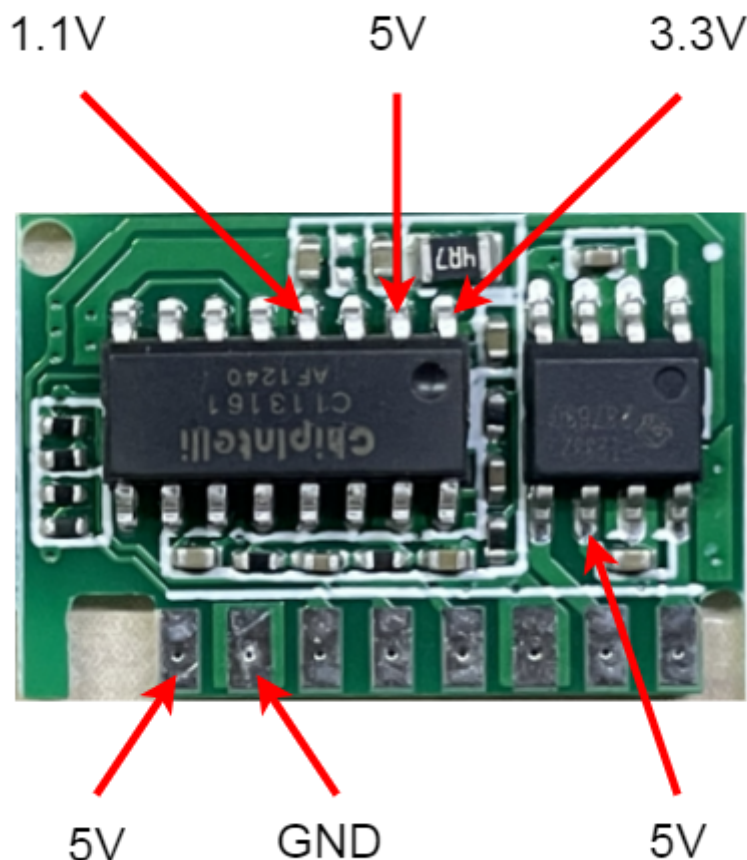


图15 模块电压测量点分布图

- 模块烧录完成，上电后无播报。
出现该问题，请依次进行以下检查：
 1. 确认模块供电正常，喇叭连接正确；
 2. 确认烧录的固件与模块的匹配性；
 3. 采用示波器测量主芯片的语音输出测试点（如下图），若应有语音输出时该点无法测试到输出波形，则需检查请固件是否正确；若此时有输出波形，则需检查模块上的功放器件是否有焊接异常，或功放本身是否有异常。若以上检查无法排查问题，请联系我司技术支持人员获取帮助。



图16 模块语音输出测量点

- 模块烧录完成后，上电有播报但是不识别命令词。
出现该问题，请依次进行以下检查：
 1. 检查麦克风连接是否正确；
 2. 检查麦克风正负极方向是否与模块上标示的是否一致
 3. 采用万用表测量主芯片对应的MICBIAS管脚是否为2.8V左右电压，使用示波器测量麦克风输入管脚是否有输入语音波形（示波器每格电压调整为100mv档位），若信号正常需考虑固件是否正确，若信号异常需检测模块硬件是否有物理损伤。测量点如下图。如上述检查均无法排查问题，请联系我司技术支持人员获取帮助。

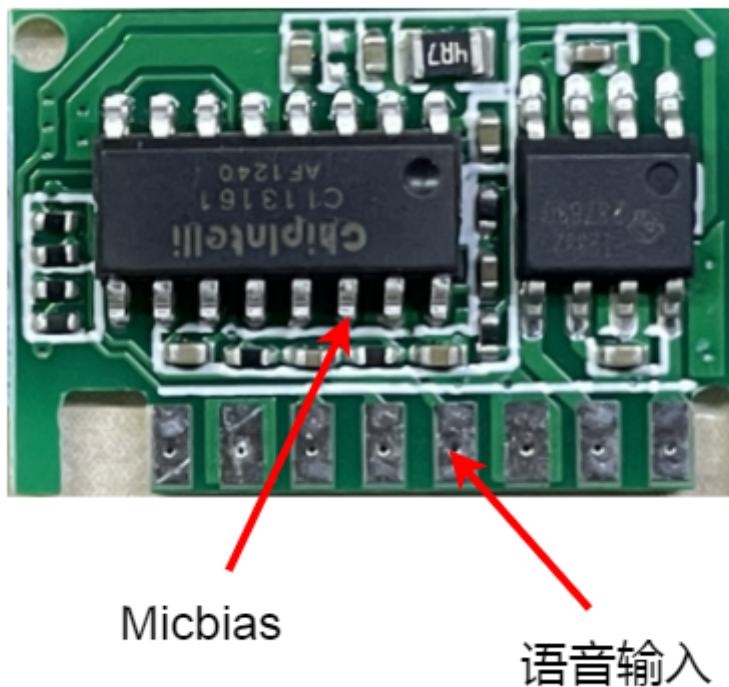


图17 模块麦克风信号测试点

其它应用注意事项

- 由于CI13161&CI13162芯片的ESD等级较高且模块设计为方便用户扩展，因此模块的电路设计未配置ESD器件。对ESD性能要求很高的产品可在模块底板上配置ESD器件，配置的位置为麦克风、喇叭和电源接口。
在模块的焊接、检验、运送等过程中，均需佩戴防静电手环、防静电手套或指套，以避免模块在生产阶段即受到ESD损伤。
- 模块的麦克风、喇叭、电源、串口等接口不可错接。
- 若需采用USB转串口工具对模块进行软件调试，需首先在SDK程序中的相应位置加上串口打印命令，编译后生成固件并烧录，即可进行调试验证。
- 模块的所有IO口既支持3.3V电平通讯，也支持5V电平通讯。
- 模块底板或上位机主板设计时，模块5V电源输入端口需配置容值不小于100uF的电容，麦克风信号的走线尽量短且需注意屏蔽。SPK信号走线尽量短而粗，走线区域及该区域的PCB背面不得有其它走线跨越。
- 控制底板翘曲程度不大于0.5%，防止模块焊接不良。

生产指南、存储和包装订购信息

生产存储指南

1. CI-F16XGS02T模块存储条件如下：

- 采用真空防潮袋标准包装的模块，可储存于温度-40°C+100°C，湿度0%-85% RH的存储环境中。
- 真空防潮袋内置有湿度指示卡如下图：

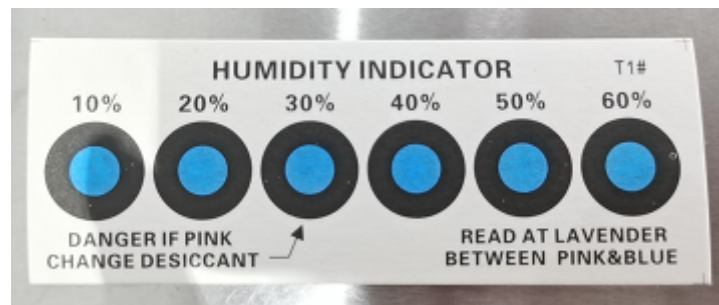


图18 湿度指示卡

2. 若湿度指示卡有以下变色情况，需按照相应的烘烤参数进行烘烤：

- 拆封真空袋时，若发现湿度指示卡读值30%、40%、50%色环均为蓝色，需要对模块持续烘烤2小时
- 若湿度指示卡读取到30%色环变为粉色，需要对模块持续烘烤4小时
- 若湿度指示卡读取到30%、40%色环变为粉色，需要对模块持续烘烤6小时
- 若湿度指示卡读取到30%、40%、50%色环变为粉色，需要对模块持续烘烤12小时

3. 烘烤参数如下：

- 烘烤温度：125±5°C
- 报警温度设定：130°C
- 烘烤次数：1次
- 自然条件下冷却，模块温度 < 36°C后，即可进行SMT贴片
- 若烘烤后超过12小时模块仍未焊接，需再次进行烘烤。

4. 整个贴装操作过程需对模块进行ESD保护，生产操作需佩戴静电手套/手环。

5. 为了确保生产良率，贴装的模块请全部进行目测、AOI检测，并注意炉温控制、贴装是模块的吸附方式、摆放方式的正确性。

推荐炉温曲线

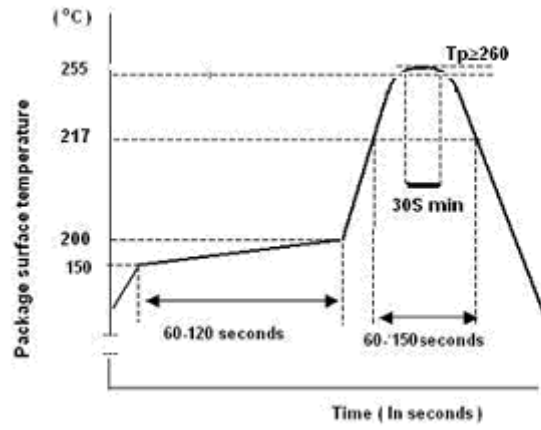


图19 模组贴装炉温曲线

包装及订购信息

表5 模块订购信息

产品型号	包装方式	每一托盘装模块数量	每一包装组模块数量	每箱包装模块数量
CI-F161GS02T CI-F162GS02T	托盘+静电袋 +纸箱	--pcs	--个托盘共--pcs	--袋共--pcs

采购和技术支持

采购我司产品，请点击 [样品购买](#)，也可以点击 [样品和批量采购](#) 获取更多信息。需要获取技术支持，请登录 [启英泰伦语音AI平台](#)。