

MX8965A 语音芯片使用说明书 V1.0

（支持 U 盘、TF 卡/flash）



广州美芯电子科技有限公司

出 品

MX8965A 串口通信协议文档

帧结构调整，长度字段移到命令字之前，长度=命令(1 字节)+数据(N 字节)。新帧结构：
[帧头][长度高][长度低][命令][数据...][校验]。详见版本信息章节。

协议概述

本文档描述了 MX8965A 设备的串口通信协议，该协议用于主机与设备之间的数据交换和控制命令传输。

基本参数

- ****波特率****: (9600bps)
- ****数据位****: 8 位
- ****停止位****: 1 位
- ****校验位****: 无校验
- ****流控制****: 无

数据包格式

基本帧结构



字段说明

- ****帧头 (1 字节)****: 固定为 `0xAA`，用于标识数据包开始
- ****数据长度 (2 字节)****: 命令字(1 字节) + 数据域的字节数，高字节在前，低字节在后 (大端序)
- ****命令字 (1 字节)****: 指定具体的操作命令
- ****数据域 (0-65534 字节)****: 命令相关的参数数据
- ****校验和 (1 字节)****: XOR 异或校验，对帧头到数据域所有字节进行异或运算

校验和计算

```
uint8_t checksum = 0;
/* 长度字段 = 命令字(1) + 数据域(N) */
uint16_t len = (packet[1] << 8) | packet[2];
/* 校验范围: 帧头 + 长度 2 字节 + 命令 + 数据 = 3 + len */
for (int i = 0; i < (len + 3); i++) {
    checksum ^= packet[i];
}
```

1、命令字功能模块分类

协议中的命令字按功能模块进行了系统化分类，每个功能模块占用一段连续的命令字地址空间：

功能模块	命令字范围	十进制范围	说明
系统控制	0x01-0x1F	1-31	音量控制、模式切换、系统查询等基础功能
音乐播放	0x20-0x4F	32-79	音乐播放控制、查询、设置等功能
蓝牙控制	0x50-0x6F	80-111	蓝牙连接、通话控制等功能
收音机	0x70-0x8F	112-143	FM 收音机搜台、频率控制等功能
录音控制	0x90-0xAF	144-175	录音、播放、删除等功能

2、命令分类

/2.1 系统控制命令 (0x01-0x1f)

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x01	音量减	0	无	`AA 00 01 01 AA`
0x02	音量加	0	无	`AA 00 01 02 A9`
0x03	音量设置	1	音量值(0-15)	`AA 00 02 03 0F A4`
0x04	模式查询	0	无	`AA 00 01 04 AF`
0x05	查询软件版本	0	无	`AA 00 01 05 AE`
0x06	切换到音乐模式	0	无	`AA 00 01 06 AD`
0x07	切换到 FM 模式	0	无	`AA 00 01 07 AC`
0x08	切换到蓝牙模式	0	无	`AA 00 01 08 A3`
0x09	查询音量	0	无	`AA 00 01 09 A2`
0x0a	切换到 AUX 模式	0	无	`AA 00 01 0A A1`
0x0b	系统复位	0	无	`AA 00 01 0B A0`
0x0c	切换到录音模式	0	无	`AA 00 01 0C A7`

2.2 音乐播放控制命令 (0x20-0x4F)

2.2.1 查询类命令

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x20	查询当前曲目	0	无	`AA 00 01 20 8B`
0x21	查询总曲目数	0	无	`AA 00 01 21 8A`
0x22	查询在线设备	0	无	`AA 00 01 22 89`
0x23	查询播放设备	0	无	`AA 00 01 23 88`
0x24	查询播放模式	0	无	`AA 00 01 24 8F`
0x25	查询播放状态	0	无	`AA 00 01 25 8E`
0x26	获取长文件名	0	无	`AA 00 01 26 8D`

2.2.2 设置类命令

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x27	设置播放曲目	2	曲目号(高字节+低字节)	`AA 00 03 27 00 01 85`
0x28	设置 EQ 模式	1	EQ 值(0-4)	`AA 00 02 28 00 82`

0x29	设置播放模式	1	播放模式(0-7)	`AA 00 02 29 00 83`
0x2A	指定路径播放	N+1	设备号+路径字符串	`AA 00 0D 2A 01 2F 74 65 73 74 2E 6D 70 33 XX`
0x2B	路径插播	N+1	设备号+路径字符串	`AA 00 0D 2B 01 2F 74 65 73 74 2E 6D 70 33 XX`
0x3C	曲目插播	2	曲目号(高字节+低字节)	`AA 00 03 3C 00 01 XX`

2.2.3 播放控制命令

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x2C	播放 USB 设备	0	无	`AA 00 01 2C 87`
0x2D	播放 SD 卡	0	无	`AA 00 01 2D 86`
0x2E	播放 FLASH	0	无	`AA 00 01 2E 85`
0x2F	播放	0	无	`AA 00 01 2F 84`
0x30	暂停	0	无	`AA 00 01 30 9B`
0x31	停止	0	无	`AA 00 01 31 9A`
0x32	播放/暂停切换	0	无	`AA 00 01 32 99`
0x33	上一曲	0	无	`AA 00 01 33 98`
0x34	下一曲	0	无	`AA 00 01 34 9F`
0x35	上一目录	0	无	`AA 00 01 35 9E`
0x36	下一目录	0	无	`AA 00 01 36 9D`
0x37	删除当前文件	0	无	`AA 00 01 37 9C`
0x38	获取总的播放时间	0	无	`AA 00 01 38 9B`
0x39	控制当前播放时间发送	1	DATA=0 关闭, DATA=1 开启	`AA 00 02 39 00 91` (关闭) / `AA 00 02 39 01 90` (开启)
0x3A	快退	1	秒数(0-255)	`AA 00 02 3A 05 97` (快退 5 秒)
0x3B	快进	1	秒数(0-255)	`AA 00 02 3B 05 96` (快进 5 秒)

2.2.4 蓝牙控制命令 (0x50-0x6F)

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x50	蓝牙连接	0	无	`AA 00 01 50 FB`
0x51	蓝牙断开	0	无	`AA 00 01 51 FA`
0x52	查询状态	0	无	`AA 00 01 52 F9`
0x53	设置蓝牙名称	N	名称字符串	`AA 00 05 53 54 65 73 74 XX`
0x54	查询蓝牙名称	0	无	`AA 00 01 54 FF`
0x55	接听/挂断电话	0	无	`AA 00 01 55 FE`
0x56	拒接电话	0	无	`AA 00 01 56 FD`
0x57	回拨电话	0	无	`AA 00 01 57 FC`

2.2.5 收音机控制命令 (0x70-0x8F)

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x70	自动搜台	0	无	`AA 00 01 70 DB`
0x71	向上搜台	0	无	`AA 00 01 71 DA`
0x72	向下搜台	0	无	`AA 00 01 72 D9`
0x73	上一电台	0	无	`AA 00 01 73 D8`
0x74	下一电台	0	无	`AA 00 01 74 DF`
0x75	频率增加	0	无	`AA 00 01 75 DE`

0x76	频率减少	0	无	`AA 00 01 76 DD`
0x77	设置频率	2	频率值(高字节+低字节)	`AA 00 03 77 27 10 BB`
0x78	查询频率	0	无	`AA 00 01 78 D3`
0x79	选择电台	1	电台号	`AA 00 02 79 03 DA`
0x7A	查询总电台	0	无	`AA 00 01 7A D1`
0x7B	查询当前电台	0	无	`AA 00 01 7B D0`
0x7C	发送收音播放状态	0	无	`AA 00 01 7C D7`

2.2.6 录音控制命令 (0x90-0xAF)

命令字	功能描述	数据长度	数据内容	示例
0x90	开始录音	0	无	`AA 00 01 90 3B`
0x91	停止录音	0	无	`AA 00 01 91 3A`
0x92	播放录音	0	无	`AA 00 01 92 39`
0x93	查询录音状态	0	无	`AA 00 01 93 38`
0x94	查询录音设备	0	无	`AA 00 01 94 3F`
0x95	查询录音时间	0	无	`AA 00 01 95 3E`
0x97	录音控制	1	控制码(00-06)	`AA 00 02 97 01 3E` (开始录音)
0x98	设置录音比特率	1	比特率编码(00-08)	`AA 00 02 98 06 3E` (128kbs)
0x99	指定路径录音	N	路径字节流(GBK 编码)	数据长度=N, 示例: `AA 00 05 99 2F 4B 54 32 XX`
0x9A	设置 MIC 增益	1	0-63	`AA 00 02 9A 23 11` (增益 35)

- 录音控制码: 00 进入录音等待、01 开始录音、02 录音/暂停、03 继续暂停、04 继续录音、05 停止录音、06 播放录音
- 录音比特率编码: 00=16kbs、01=24kbs、02=32kbs、03=48kbs、04=64kbs、05=96kbs、06=128kbs、07=144kbs、08=160kbs
- 录音路径按 GBK 编码发送, 长度字段=命令(1)+路径字节数; 建议控制路径长度≤190 字节
- MIC 增益范围 0-63, 单位与芯片寄存器一致

3、响应数据格式

设备状态响应

3.1 在线设备状态 (响应 0x22 命令)

表示哪些设备已插入/在线, 可以是多个设备的组合。

数据字节 0: 在线设备状态位 (支持多设备组合)

- 0x00/0xFF: 无设备在线
- 0x01: USB 在线
- 0x02: SD 卡在线
- 0x03: USB+SD 卡在线
- 0x04: FLASH 在线
- 0x05: USB+FLASH 在线
- 0x06: SD 卡+FLASH 在线
- 0x07: USB+SD 卡+FLASH 全部在线

3.2 当前播放设备（响应 0x23 命令）

表示当前正在使用哪个设备播放音乐，只能是单个设备。

数据字节 0：当前播放设备（单一设备）

- 0x00/0xFF：无播放设备
- 0x01：正在播放 USB 设备
- 0x02：正在播放 SD 卡
- 0x04：正在播放 FLASH

****注意****：在线设备 (0x22) 和播放设备 (0x23) 的区别：

- ****在线设备****：哪些设备已插入，可以是多个（如 USB 和 SD 卡都插入→0x03）
- ****播放设备****：当前正在播放哪个，只能是单个（如正在播放 USB→0x01）

3.3 播放状态响应（响应 0x25 命令）

数据字节 0：播放状态

- 0x00：停止
- 0x01：播放
- 0x02：暂停

3.4 播放模式响应（响应 0x24 命令）

数据字节 0：播放模式

- 0x00：全部循环
- 0x01：单曲循环
- 0x02：单曲停止
- 0x03：随机播放
- 0x04：目录循环
- 0x05：目录随机
- 0x06：目录顺序
- 0x07：设备顺序

3.5 系统模式响应（响应 0x04 命令）

****数据字节 0：当前系统模式**

- 0x03：蓝牙模式
- 0x04：音乐模式
- 0x05：FM 收音模式
- 0x06：录音模式
- 0x07：AUX 模式
- 0x0A：空闲模式
- 0x0B：PC 模式******

3.6 软件版本响应（响应 0x05 命令）

数据字节 0：版本号

- 版本号为整数，如版本 2.0 显示为 0x02

3.7 音量查询响应（响应 0x09 命令）

数据字节 0：当前音量值

- 音量范围：0x00-0x0F（0-15）

3.8 长文件名响应（响应 0x26 命令）

数据域：UNICODE 编码的文件名

- 每个字符占用 2 字节
- 小端序存储
- 支持中文等多字节字符

3.9 蓝牙状态响应（响应 0x42 命令）

数据字节 0：蓝牙状态

- 0x2B, /*等待连接*/
- 0x2c, /*正在回连*/
- 0x2d, /*已连接，没有电话和音乐在活动*/
- 0x2e, /*正在电话*/
- 0x2f, /*正在音乐*/

3.10 蓝牙名称响应（响应 0x44 命令）

数据域：ASCII 编码的蓝牙名称

- 可变长度字符串
- 以实际数据长度为准

4、数值响应格式

4.1 曲目信息响应

当前曲目 (0x20)：2 字节，高字节+低字节
总曲目数 (0x21)：2 字节，高字节+低字节

4.2 频率信息响应（收音机）

频率值：2 字节，高字节+低字节
实际频率 = 值 / 100 (MHz)
例如：0x2710 = 10000 → 100.00 MHz

4.3 播放时间信息响应

总播放时间 (0x38 响应)：3 字节，时(1 字节) 分(1 字节) 秒(1 字节)
例如：0x01 0x2D 0x1E 表示 01:45:30 (1 小时 45 分 30 秒)

当前播放时间 (0x39 开启后自动发送)：3 字节，时(1 字节) 分(1 字节) 秒(1 字节)
当通过 0x39 命令开启时间发送后，设备会定期自动发送当前播放时间
格式与总播放时间相同

4.4 错误处理

错误：CMD(0xFE)：一个字节，所有的错误都由这个错误返回

- 0x01---校验和错误
- 0x02---数据包不完整
- 0x06---没有找到指定设备
- 0x07---设备不在线错误
- 0x08---设备读错误
- 0x09---设备扫描失败
- 0x0a---没有找到文件
- 0x0b---录音文件夹操作错误
- 0x0c---文件读错误

4.5 校验和错误

- 接收到校验和不匹配的数据包时，丢弃该数据包
- 发送端重新发送命令

4.6 数据包不完整

- 缓冲区保存不完整数据，等待后续数据
- 超时机制：超过指定时间未收到完整数据包则清空缓冲区

4.7 无效命令

- 设备收到未定义的命令字时，可能返回错误响应或忽略

5、通信流程示例

系统控制示例

5.1.1 音量控制

```
// 音量加
主机发送: AA 00 01 02 A9      (音量增加)
设备响应: AA 00 01 02 A9      (确认命令)

// 音量减
主机发送: AA 00 01 01 AA      (音量减小)
设备响应: AA 00 01 01 AA      (确认命令)

// 设置音量
主机发送: AA 00 02 03 0A A9    (设置音量为 10)
设备响应: AA 00 01 03 A8      (确认设置)

// 查询音量
主机发送: AA 00 01 09 A2      (查询当前音量)
设备响应: AA 00 02 09 0F A6    (当前音量为 15)
```

5.1.2 模式切换

```
// 切换到音乐模式
主机发送: AA 00 01 06 AD      (切换到音乐模式)
设备响应: AA 00 01 06 AD      (确认切换)

// 切换到 FM 模式
主机发送: AA 00 01 07 AC      (切换到 FM 模式)
设备响应: AA 00 01 07 AC      (确认切换)

// 切换到蓝牙模式
主机发送: AA 00 01 08 A3      (切换到蓝牙模式)
设备响应: AA 00 01 08 A3      (确认切换)

// 查询当前模式
主机发送: AA 00 01 04 AF      (模式查询)
设备响应: AA 00 02 04 04 AA    (当前为音乐模式)
```


5.1.3 系统信息查询

// 查询软件版本
主机发送: AA 00 01 05 AE (查询软件版本)
设备响应: AA 00 02 05 02 A5 (版本号为 2)

// 系统复位
主机发送: AA 00 01 0B A0 (系统复位)
设备响应: AA 00 01 0B A0 (确认复位)

5.2 音乐播放控制示例

5.2.1 查询类命令

// 查询当前曲目
主机发送: AA 00 01 20 8B (查询当前曲目)
设备响应: AA 00 03 20 00 05 86 (当前第 5 首)

// 查询总曲目数
主机发送: AA 00 01 21 8A (查询总曲目数)
设备响应: AA 00 03 21 00 64 CA (共 100 首)

// 查询播放状态
主机发送: AA 00 01 25 8E (查询播放状态)
设备响应: AA 00 02 25 01 8C (正在播放)

// 查询播放设备
主机发送: AA 00 01 23 88 (查询播放设备)
设备响应: AA 00 02 23 01 8A (USB 设备)

5.2.2 播放控制

// 播放
主机发送: AA 00 01 2F 84 (播放)
设备响应: AA 00 01 2F 84 (确认)

// 暂停
主机发送: AA 00 01 30 9B (暂停)
设备响应: AA 00 01 30 9B (确认)

// 播放/暂停切换
主机发送: AA 00 01 32 99 (播放/暂停切换)
设备响应: AA 00 01 32 99 (确认)

// 上一曲
主机发送: AA 00 01 33 98 (上一曲)
设备响应: AA 00 01 33 98 (确认)

// 下一曲
主机发送: AA 00 01 34 9F (下一曲)
设备响应: AA 00 01 34 9F (确认)

// 删除当前文件
主机发送: AA 00 01 37 9C (删除当前文件)
设备响应: AA 00 01 37 9C (确认删除)

```
// 查询总播放时间
主机发送: AA 00 01 38 9B      (查询总播放时间)
设备响应: AA 00 04 38 01 2D 1E A5  (总时间: 01:45:30)

// 开启当前播放时间自动发送
主机发送: AA 00 02 39 01 90      (开启时间发送)
设备响应: AA 00 02 39 01 90      (确认开启)
// 之后设备会定期自动发送当前播放时间
设备自动发送: AA 00 04 39 00 15 2A XX  (当前时间: 00:21:42)

// 关闭当前播放时间自动发送
主机发送: AA 00 02 39 00 91      (关闭时间发送)
设备响应: AA 00 02 39 00 91      (确认关闭)

// 快退 5 秒
主机发送: AA 00 02 3A 05 97      (快退 5 秒)
设备响应: AA 00 02 3A 05 97      (确认快退)

// 快进 10 秒
主机发送: AA 00 02 3B 0A 99      (快进 10 秒)
设备响应: AA 00 02 3B 0A 99      (确认快进)
```

5.2.3 设置类命令

```
// 设置播放曲目
主机发送: AA 00 03 27 00 0A 88  (播放第 10 首歌)
设备响应: AA 00 01 27 8C      (确认命令)

// 设置 EQ 模式
主机发送: AA 00 02 28 02 8A      (设置 EQ 为流行)
设备响应: AA 00 01 28 83      (确认设置)

// 获取长文件名
主机发送: AA 00 01 26 8D      (获取长文件名)
设备响应: AA 00 0D 26 4D 00 75 00 73 00 69 00 63 00 2E 00 XX
          (文件名: "Music." 的 UNICODE 编码)
```

5.3 蓝牙控制示例

```
// 蓝牙连接
主机发送: AA 00 01 50 FB      (蓝牙连接)
设备响应: AA 00 01 50 FB      (确认连接)

// 蓝牙断开
主机发送: AA 00 01 51 FA      (蓝牙断开)
设备响应: AA 00 01 51 FA      (确认断开)

// 蓝牙扫描/查询状态
主机发送: AA 00 01 52 F9      (蓝牙扫描)
设备响应: AA 00 02 52 01 F9      (已连接状态)

// 接听/挂断电话
主机发送: AA 00 01 55 FE      (接听/挂断)
```

设备响应: AA 00 01 55 FE (确认操作)

5.4 收音机控制示例

// 自动搜台

主机发送: AA 00 01 70 DB (自动搜台)

设备响应: AA 00 01 70 DB (开始搜台)

// 向上搜台

主机发送: AA 00 01 71 DA (向上搜台)

设备响应: AA 00 01 71 DA (确认)

// 向下搜台

主机发送: AA 00 01 72 D9 (向下搜台)

设备响应: AA 00 01 72 D9 (确认)

// 上一电台

主机发送: AA 00 01 73 D8 (上一电台)

设备响应: AA 00 01 73 D8 (确认)

// 下一电台

主机发送: AA 00 01 74 DF (下一电台)

设备响应: AA 00 01 74 DF (确认)

// 频率增加

主机发送: AA 00 01 75 DE (频率增加)

设备响应: AA 00 01 75 DE (确认)

// 频率减少

主机发送: AA 00 01 76 DD (频率减少)

设备响应: AA 00 01 76 DD (确认)

// 设置频率

主机发送: AA 00 03 77 27 10 BB (设置频率为 100.00 MHz)

设备响应: AA 00 01 77 DC (确认设置)

// 查询频率

主机发送: AA 00 01 78 D3 (查询当前频率)

设备响应: AA 00 03 78 27 10 E8 (100.00 MHz)

// 选择电台

主机发送: AA 00 02 79 03 DA (选择第 3 个电台)

设备响应: AA 00 01 79 D2 (确认选择)

// 查询总电台

主机发送: AA 00 01 7A D1 (查询总电台数)

设备响应: AA 00 02 7A 0C D4 (共 12 个电台)

// 查询当前电台

主机发送: AA 00 01 7B D0 (查询当前电台)

设备响应: AA 00 02 7B 03 D8 (当前第 3 个电台)

// 查询收音播放状态

主机发送: AA 00 01 7C D7 (查询收音状态)

设备响应: AA 00 02 7C 01 DD (正在播放)

5.5 录音控制示例

// 开始录音

主机发送: AA 00 01 90 3B (开始录音)

设备响应: AA 00 01 90 3B (确认开始)

// 停止录音

主机发送: AA 00 01 91 3A (停止录音)

设备响应: AA 00 01 91 3A (确认停止)

// 播放录音

主机发送: AA 00 01 92 39 (播放录音)

设备响应: AA 00 01 92 39 (确认播放)

// 查询录音状态

主机发送: AA 00 01 93 38 (查询录音状态)

设备响应: AA 00 02 93 01 3A (正在录音)

// 查询录音设备

主机发送: AA 00 01 94 3F (查询录音设备)

设备响应: AA 00 02 94 02 36 (SD 卡)

// 查询录音时间

主机发送: AA 00 01 95 3E (查询录音时间)

// 设置录音控制为开始录音

主机发送: AA 00 02 97 01 3E (控制码 01:开始录音)

// 设置录音比特率为 128kbs

主机发送: AA 00 02 98 06 36

// 设置录音路径为/KT2REC/20190506

主机发送: AA 00 11 99 2F 4B 54 32 52 45 43 2F 32 30 31 39 30 35 30 36 52

// 设置 MIC 增益为 35

主机发送: AA 00 02 9A 23 11

设备响应: AA 00 05 95 00 05 1E 8B (5 分 30 秒: 00:05:30)

6、实现注意事项

6.1. 数据包解析

- 必须检查帧头 0xAA
- 验证数据长度字段的合理性
- 计算并验证校验和
- 处理数据包边界问题

6.2. 缓冲区管理

- 使用环形缓冲区或滑动窗口
- 及时清理无效数据
- 防止缓冲区溢出

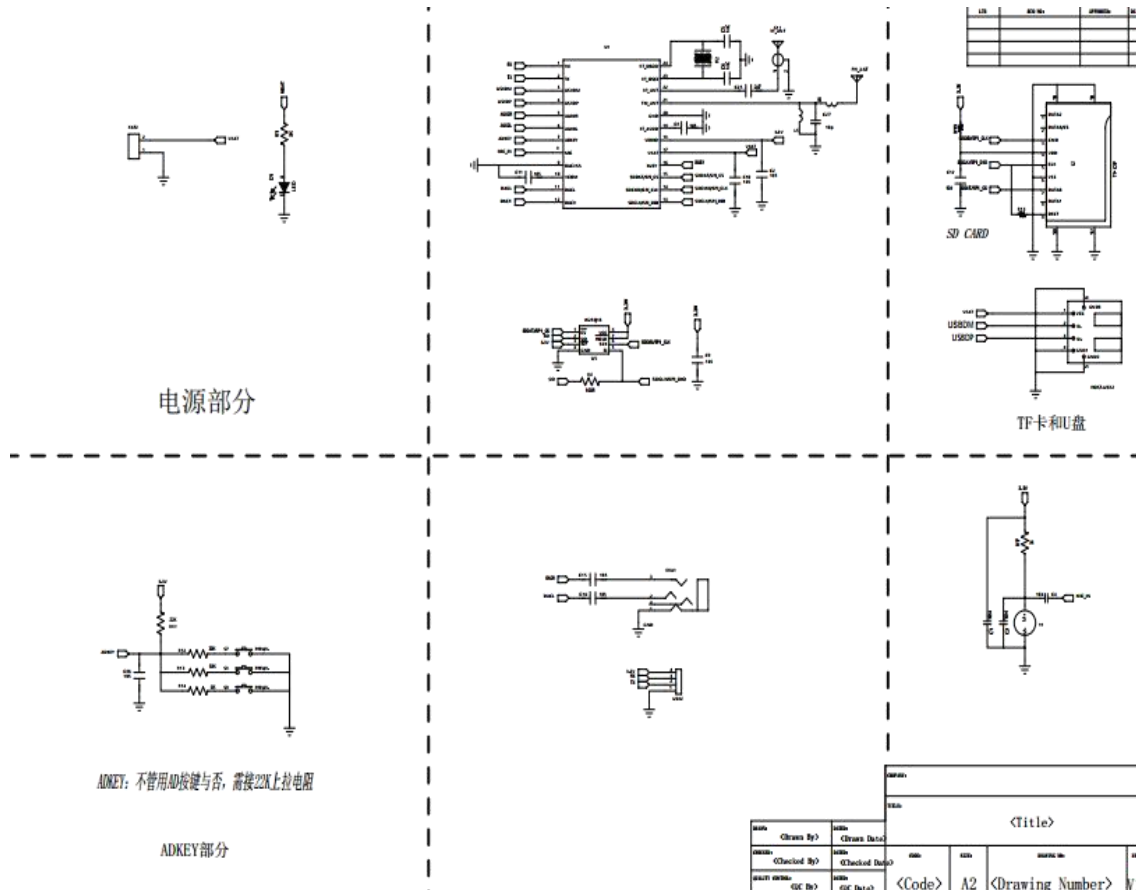
6.3. 线程安全

- 串口读写操作需要线程同步
- 界面更新使用消息机制
- 避免阻塞主线程

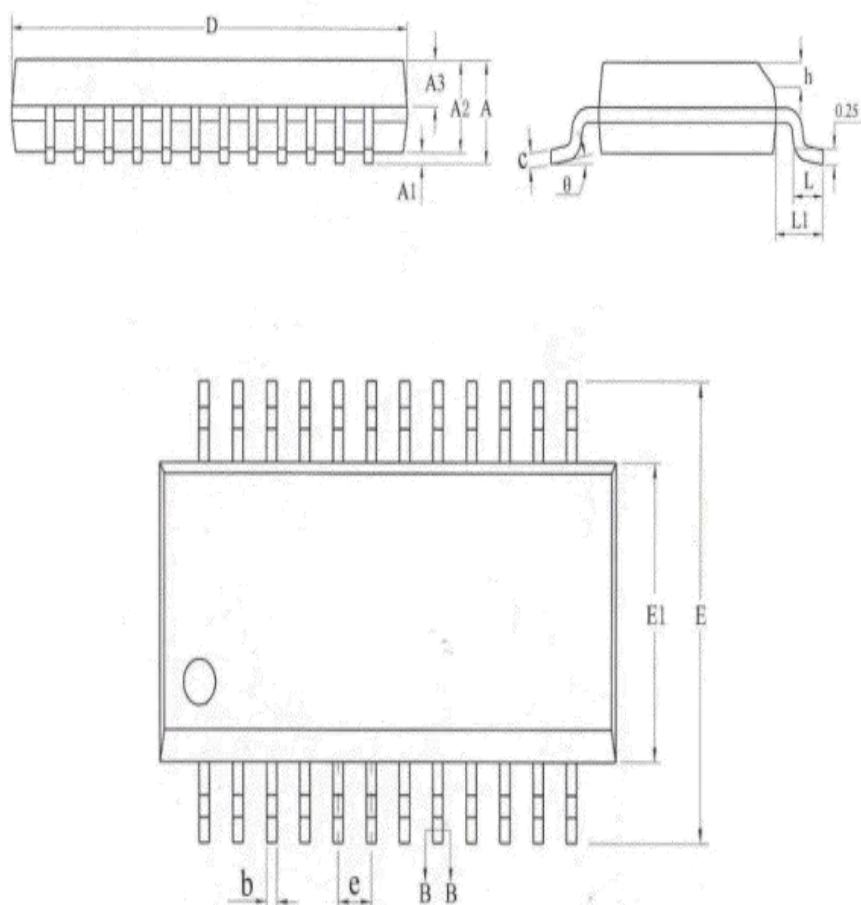
6.4. 字符编码

- 路径和文件名使用 GBK 编码发送
- 长文件名响应使用 UNICODE 编码
- 注意字节序问题

7、原理图示例（高清图可向我司业务索要）



8、芯片封装尺寸图



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.75
A1	0.10	0.15	0.25
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.23	—	0.31
b1	0.22	0.25	0.28
c	0.20	—	0.24
c1	0.19	0.20	0.21
D	8.55	8.65	8.75
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	0.635BSC		
h	0.30	—	0.50
L	0.50	—	0.80
L1	1.05REF		
θ	0	—	8°

9. 免责声明

9.1 开发预备知识

MX 系列产品将提供尽可能全面的开发模版、驱动程序及其应用说明文档以方便用户 使用但也需要用户熟悉自己设计产品所采用的硬件平台及相关 C 语言的知识。

9.2 EMI 和 EMC

MX 系列芯片机械结构决定了其 EMI 性能必然与一体化电路设计有所差异。MX 系列芯 片的 EMI 能满足绝大部分应用场合，用户如有特殊要求，必须事先与我们 协商。

MX 系列芯片的 EMC 性能与用户底板的设计密切相关，尤其是电源电路、I/O 隔 离、复 位电路，用户在设计底板时必须充分考虑以上因素。我们将努力完善 MX 系列芯片的电磁 兼容特性，但不对用户最终应用产品 EMC 性能提供任何保证。

9.3 修改文档的权力

广州美芯电子科技有限公司有保留任何时候在不事先声明的情况下对 MX 系列 产品相关文档的修改权力。

9.4 ESD 静电放点保护

MX 系列产品部分元器件内置 ESD 保护电路，但在使用环境恶劣的场合，依然 建议用 户在设计底板时提供 ESD 保护措施，特别是电源与 IO 设计，以保证产品 的稳定运行，安 装 QY 系列产品为确保安全请先将积累在身体上的静电释放，例如 佩戴可靠接地的静电环， 触摸接入大地的自来水管等。