

AN02005

如何编程使用手持机 I 型 MODEM 扩展板数据通讯功能

作者：技术支持部 胡永健

一 介绍：

本文主要介绍如何通过手持机 (MC998 及 MC2002) 编程实现其 Modem 扩展板数据通讯功能。

手持机和计算机处理、存储的数据都采用二进制形式，而电话网络是为传输模拟数据设计的，因此，手持机和计算机要借助电话网进行远程数据通信时必须对数据进行相应的转换，即在发送端将数字信号调制到模拟载波上，在接受端进行相应的解调，得到传输数据。这些工作是由 Modem 来完成的。Modem 即为 Modulator-Demodulator 两个单词的缩写，中文译为“调制解调器”。

MC998 及 MC2002 的 I 型 Modem 扩展板采用 Silicon Laboratories 公司生产的 Si2400 嵌入式 MODEM 芯片组。此款嵌入式 Modem 为了适应嵌入式系统的特殊要求，其硬件接口及命令接口与普通 Modem 有所不同，下面就主要介绍 Si2400 系列嵌入式 Modem 命令接口--AT 命令集。

AT 命令集定义了如何配置 Modem、如何建立连接以及如何测试 Modem 的方法，它是一套控制 Modem 的软件接口。Si2400 嵌入式 Modem AT 命令集与工业标准的 Hayes AT 命令集存在差异，但通过其编程实现数据通信方法是相同的，即都是通过串口向其发送 AT 命令，并比对其返回结果码，以便进行正确的控制 and 操作。本文先介绍 Si2400 Modem AT 命令集，然后再介绍如何编程实现 Si2400 Modem 的数据通讯功能。

二 调制解调器通信规则

前面已经介绍过 Si2400 Modem 是一种特殊的调制解调器，对其控制操作与普通调制解调器类似，但命令形式有所差异。下面就对调制解调器通信规则，尤其是对其 AT 命令进行介绍。

1 相关 AT 命令

Si2400 Modem 的 AT 命令形式 (除 ATZ 外) 为：ATxx<CR>，它们都以“AT” (必须大写) 打头，以回车符 '\r' (以 <CR> 表示，ASCII 码 0x0D) 结束。

Si2400 Modem 常用 AT 命令有：

- ATZ 软复位(不带<CR>)；
- ATE0 关闭字符回显；
- ATE1 打开字符回显；
- ATDTn 拨出电话号码 n (音频拨号)；
- ATH 挂断；
- +++ 从数据状态切换至在线命令状态；
- ATO 从在线命令状态切换至数据状态；
- ATA 应答；
- ATSn=X 写 S 寄存器，向第 n(n=00~FF,必须用十六进制表示)个寄存器中写入 X；
- ATSn? 读 S 寄存器中第 n 个寄存器；

注：这里只列出一些 Si xxxx 常用 AT 命令，更详细内容请查阅相关资料。

2 命令返回形式及部分结果码

Si2400 Modem 的命令的返回形式为单个字符(大小写意义不同)，这与 Hayes 标准 AT 命令集不同。

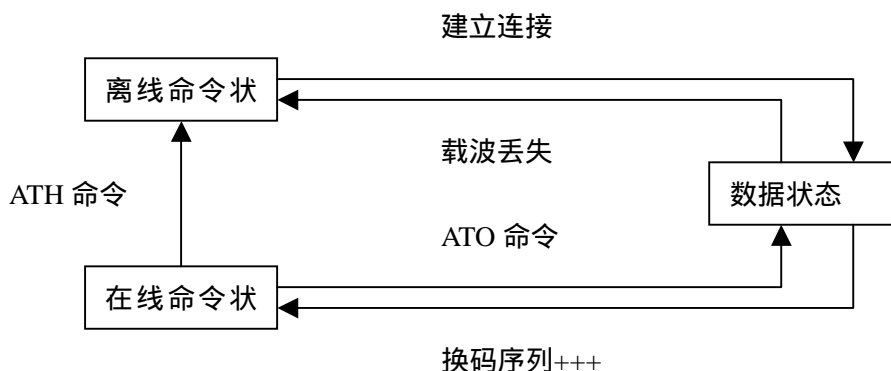
部分 Si2400 Modem 结果码与 Hayes 标准结果码对应关系如下：

| Si2400 | Hayes 标准 | 含义 |
|--------|--------------|---------------|
| ➤ O | OK | 调制解调器接收命令正确； |
| ➤ c | CONNECT | 连接建立； |
| ➤ R | RING | 检测到振铃信号； |
| ➤ N | NO CARRIER | 没有检测到载波或载波丢失； |
| ➤ - | ERROR | 无效命令； |
| ➤ n | NO DIAL TONE | 没有检测到拨号音； |
| ➤ b | BUSY | 检测到忙音； |

在此要强调注意的是 Modem 结果码(Return Code)与回显示(Echo)虽然都是由 Modem 返回，但意义不同：回显是将已发送命令字符简单回传，而结果码是命令执行结果。所以，一般为了编程方便，都会将回显关闭，只注意结果码。

3 调制解调器的状态转换

调制解调器的状态可分为离线命令状态、在线状态命令状态和数据状态。除了拨号占短暂的时间外，调制解调器总是处于其中一种状态。当调制解调器启动之后，首先处于离线命令状态，连接后进入数据状态，此时若调制解调器接收到换码序列(+++)就会进入在线命令状态，当处于在线命令状态时执行挂机命令(ATH)就会进入离线命令状态。在命令状态下，调制解调器不是和远端通讯，而是接收并解释 AT 命令；在数据状态下调制解调器就可以发送和接收数据。状态转换关系如图：



三 编程实现 Si 2400 Modem 数据通信功能步骤及注意事项

编程实现 Si2400 Modem 数据通信功能与编程实现普通调制解调器通信功能方法完全相同，都是通过串口向其发送 AT 命令，并比对其返回结果码，以便进行正确的控制和操作。此外，如无特别说明，此部分所列举程序代码是在 Si2400 Modem 扩展板上调试通过，用户可根据实际情况进行修改。

使用前请参考手持机 CD 中有关例子程序。

1 编程步骤

了解了 Si2400 Modem 的命令接口后就可以进一步设计程序流程。编程实现 Si2400 Modem 数据通信可分为以下六步：

(1) Modem 初始化

首先编程选用 MODEM 端口，使 Modem 上电，代码如下：

```

UART_init(UART_MODEM_ON | UART_ON | UART_8_DATA_BITS | UART_BAUD_2400);
UART_fcntl(UART_fcntl(UART_F_INQ) | UART_F_NO_CTS);
  
```

接下来要根据实际需要 Si2400 Modem 进行初始化设置，如：

- 要将 Modem 进行软复位的需执行“ATZ”命令；
- 禁止命令回显需执行“ATE0\r”命令；
- 需要设置 S 寄存器的执行“ATS_n=X\r”等等。

Modem 的 S 寄存器是一组存储 Modem 参数的寄存器，通过它们用户可方便地对 Modem 参数进行设置及查询。这些参数针对 Modem 通讯过程中一些细节进行设置，大部分寄存器并不需要我们去设置，但有些根据通信网络的要求以及编程需要必须进行设置。

下面是针对中国电信网络对 Si2400 Modem 进行的初始化配置：

| 命令 | 回显及结果码 | 含义 |
|--------------|----------------|-----------------------|
| ATZ | ATZ 或 ATZ1(回显) | Modem 软复位，清除先前设置 |
| ATE0<CR> | ATE00(回显+返回码) | 关闭 Modem 回显 |
| ATS02=04<CR> | 0(返回码) | Modem 拨号后线路应答等待时间(4s) |
| ATS14=20<CR> | 0(返回码) | “+++”逃逸码使能 |
| ATS16=23<CR> | 0(返回码) | 忙音设置(中国) |
| ATS17=23<CR> | 0(返回码) | 忙音设置(中国) |
| ATS18=0F<CR> | 0(返回码) | 忙音设置(中国) |
| ATS07=06<CR> | 0(返回码) | 通讯标准(V.22bis) |

注意 ATZ 命令回显，当 Si2400 Modem 接电话线时回显“ATZ”，当没有接电话线时返回“ATZ1”。

有关 S 寄存器更详细内容请查阅相关资料。

(2) Modem 拨号连接

向 Modem 发送“ATDTn\r”命令便可控制其进行拨号连接。连接成功返回“c”，不成功返回“-”。

要注意的是拨号连接需要一定的时间，编程时要根据实际情况进行适当的延时等待。

(3) 数据传输及处理

在建立起连接后用户就可通过 Modem 进行数据发送、接收及数据处理操作。这时发送数据就是简单的写串口，收数据是读串口，即使数据中含有 AT 命令字符串 Modem 也不会对其进行处理。在此部分可以建立 Modem 数据传输功能之上的高层应用，需要用户根据实际需要编程解决。

(4) 从数据状态切换至在线命令状态

数据收发结束后，就要使 Modem 从数据状态切换至在线命令状态。向 Modem 发送换码序列命令“+++”，可使 Modem 从数据状态切换至在线命令状态。在离线命令状态时发送“ATO\r”可回到数据状态。

(5) 挂断连接

挂断连接(即挂机)是向 Modem 发送“ATH\r”命令，这时 Modem 将从在线命令状态切换至离线命令状态。

(6) 关闭 MODEM 端口

在长时间不使用 Modem 的情况下一定要关闭 MODEM 端口，以节省电源。关闭 MODEM 端口执行如下操作：

```
UART_init(UART_OFF);
```

2 注意事项

编写 Modem 数据通信程序难点在于调试，下面就编程及调试时几点事项进行讨论。

(1) 在编程发送的每条 AT 命令(除“+++”与“ATZ”命令外)字符串后一定要加回车符(‘\r’)，否则 Modem 认为此命令行没有结束，将不会执行相关操作；

(2) 由于信道干扰及 Modem 状态对 Modem 命令执行情况都会产生影响，所以非常有必要比对命令返回码，以确定命令是否正确执行，然后做出相应的处理；

(3) 注意命令响应延时。在手持机中只能通过查询方式得到串口数据，而不同的 AT 命令执行后其命令响应延时可能有所不同，即使同一条命令在 Modem 处于不同的状态下执行后命令响应延时也会不同；另外，我们还要保护程序能继续运行，在等待一段合理时间后能使程序退出等待状态。在这里有两种等待方式来解决此问题：

第一种是在向 Modem 发送 AT 命令后就处于响应等待状态，在合理的时间范围内接收到响应立即退出；若超出此时间范围就必须强行退出。下面一段代码可供参考：

```
int read_comm_data(unsigned int delayunit) {  
    typ_UART_stat_word Ustat;  
    SPT_set(delayunit);
```

```

do {
    Ustat.l_word = UART_stat();
    if (Ustat.bits.buff_data_available)
        return UART_get_char();
} while(SPT_read());
return -1;
}

void get_responce(char * pbuff, unsigned int delayunit, unsigned
int maxnum){
    int ti;
    while ((ti = read_comm_data(delayunit)) != -1) {
        *pbuff++ = ti;
        if (--maxnum == 0)
            break;
    }
    *pbuff = 0;
}

```

这里要注意函数 `get_responce(char * pbuff, unsigned int delayunit, unsigned int maxnum)`，它是在 `delayunit` 所规定的时间范围内得到最大 `maxnum` 个返回字符，并将返回字符串放入 `pbuff` 所指向的存储空间内。

第二种方法是在发送完 AT 命令延迟一段时间后再去读命令响应：

```

void delay_n_ms(int mscnt) {
    for (;mscnt > 0; mscnt--)
        delay_1ms();
}

```

当然，这种方法有其局限性，因为无法知道命令响应到达的准确时间，但在某些需要较长延迟时间的场合（如：拨号连接）配合前一种方法会更易调试程序。

至于命令响应的延迟时间则需要用户根据实际情况进行调试。

(4)为了节电，必须及时关断 MODEM 接口电路的电源。关闭 MODEM 接口电路则是执行代码：
`UART_init(UART_OFF);`

(5)通信速率问题。在使用 Modem 进行数据通信时，手持机属于数据终端设备(DTE)，Modem 属于数据传输设备(DCE)。手持机(DTE)与 Si2400 Modem(DCE)之间速率是在初始化串口时设置为 2400bit/s，此值是实际的传输速率；而将 Si2400 Modem 配置成 2400bit/s 指的是 DCE 之间的速率，此值是 Si2400 Modem 工作时的统计速率，即传输速率有可能略大于或略小于 2400bit/s。由于 I 型 Modem 扩展板不支持手持机与 Modem 之间的硬件或软件流量控制，当手持机处于接收状态而 Modem 线速率又略大于 2400bit/s 时可能产生过冲(“OVERSPEEDING”)，以至于丢失接收数据。解决办法是：A)上位机(远方发送端)在向手持机发送大块数据时，按包进行交互通讯(建议值：单包字节<80 字节，用户也可根据实际情况对建议值进行修改)。

(6)当 Si2400 Modem 与其它设备共用一条电话线路情况下，为防止相互干扰，最好在拨

号前检测线路是否已被占用。检测方法是读取 S14 寄存器的第二个标志位(IND),为 1 表示线路已被占用,0 表示线路可用。读取 S14 寄存器有两种方法,一种是前面介绍的十六进制格式:发送"ATS14?<CR>",结果码为两个十六进制数;第二种方法是二进制格式:发送"ATr\0x14"(不带<CR>),结果码为八位 S14 寄存器的实际值。编写程序是使用第二种方法较方便。

四 参考资料

1. <<MODEM 应用技术>>-----电子工业出版社;
2. <<Silicon Laboratories-V.22bis ISO Modem with Integrated Globe DAA>>;
3. <<Silicon Laboratories-Comparison of Standard AT Commands and Result Codes to the Silicon Labs Si2400 Embedded Modem>>。