

文章编号:1007-2780(2010)06-0841-05

无线控制系统人机接口的设计与实现

张 涛^{1,2},金龙旭¹,李国宁¹,张宇明³

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033,E-mail:360981282@qq.com;
2. 中国科学院 研究生院,北京 100039; 3. 上海精研电子科技有限公司,上海 201100)

摘 要: 嵌入式系统中为实现人机交互,常采用液晶显示屏和矩阵键盘作人机接口。文章采用一个 192×64 的液晶显示屏作为显示界面,两个 ZigBee 节点实现无线远程控制,液晶模块上还连接有一个矩阵键盘,可通过它发送命令到控制系统。液晶模块可实现中英文混排、LOGO 位图显示、反显等一系列功能。实测无线通信距离最大可达到 50 m,20 m 以内可实现稳定的数据传输。该人机接口可用于无线抄表、数控等控制系统中。

关 键 词: ZigBee; 人机接口; 液晶; 无线控制系统
中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Design and Implementation of Man-Machine Interface of Wireless Control System

ZHANG Tao^{1,2},JIN Long-xu¹,LI Guo-ning¹,ZHANG Yu-ming³

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China, E-mail: xuzp090@163.com;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;
3. Shanghai Jingyan Electronic Science and Technology Company, Shanghai 201100, China)

Abstract: LCD and matrix keyboard are used usually in embedded systems for the intercourse between the user and the machine. In this paper, a 192×64 LCD is used as the monitor, two ZigBee nodes are used for wireless control, and a matrix keyboard is used to connect with the LCD module through which the user can send command to the control system. The LCD module can display Chinese and English characters together, homochromous bitmaps, and objects in reverse. The measured maximum distance can reach to 50 m and stable communication can be realized within 20 m. This man-machine interface can be used in wireless meter reading system, numeric control system, etc.

Key words: ZigBee; man-machine interface; liquid crystal; wireless control system

1 引 言

基于嵌入式系统的产品如手机、MP3、MP4、GPS 和 PDA 等,已经融入了人类生活的各个方面。每一个嵌入式系统一般都有一个人机接口,以方便用户操作和使用^[1-5]。很多的工业控制场合对控制系统的移动性能都有很高的要求,所以需要采用无线控制系统。ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率、低功耗的无线通信技术,具有可靠性高、成本低和组网简单等优点。目前,ZigBee 无线通信技术已经相当成熟,适合用于远程控制中^[1]。

本文将人机接口技术和 ZigBee 无线通信技术结合以实现远程控制,人机接口部分采用 192×64 的点阵液晶和一个 4×5 的矩阵键盘,使用 ZigBee 实现远程控制,具有成本低、操作容易和应用范围广等特点。

2 整体设计

所设计的无线控制系统可分为两个部分:一部分是液晶模块,另一部分是无线通信模块。两部分相对独立,分别有各自的 CPU。人机接口的 CPU 采用意法半导体公司的 ARM 芯片 STM32F103RBT6,并连接有一个 192×64 的点阵液晶和一个 4×5 的矩阵键盘;无线通信模块的 CPU 使用 TI 公司的 CC2430,主要完成串口转无线的功能,用户可通过在控制系统上连接另一个无线通信模块实现远程控制。整体结构如图 1 所示,图中的 ZigBee 节点即为一个无线通信模块。

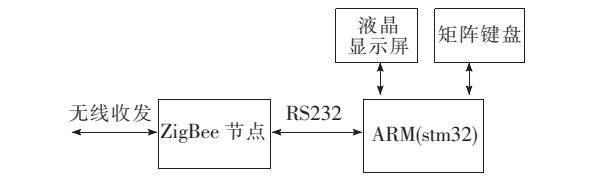


图 1 整体结构图

Fig. 1 Block diagram of the overall structure

3 硬件设计^[5]

3.1 液晶模块

液晶模块通过串口和一个 ZigBee 节点(一个无线通信模块)连接,核心芯片是 STM32F103RBT6。液晶的驱动芯片采用三星公司的 KS0107(1 片)和 KS0108(3 片),外部还接有一个 4×5 的矩阵键盘。STM32F103RBT6 是意法半导体公司的一款基于 Cortex-M3 内核的中容量的 32 位 ARM 芯片,内置 128 kB 的 Flash 和 20 kB 的 SRAM,最高频率为 72 MHz。ARM 芯片和矩阵键盘的接口为 8 行 8 列,即矩阵键盘可以扩展为 8 行 8 列。串口用于和无线通信模块通信。ARM 芯片与液晶模块的连接如图 2 所示,图中的标号 LCD_DATA1~LCD_DATA8 为数据线, LCD_WE# 为写使能, LCD_RS 为读使能, LCD_CSA、LCD_CSB 为片选, LCD_RST 为复位, BKL_CTRL 为背光开关控制,其中的电位器 R_4 用于调

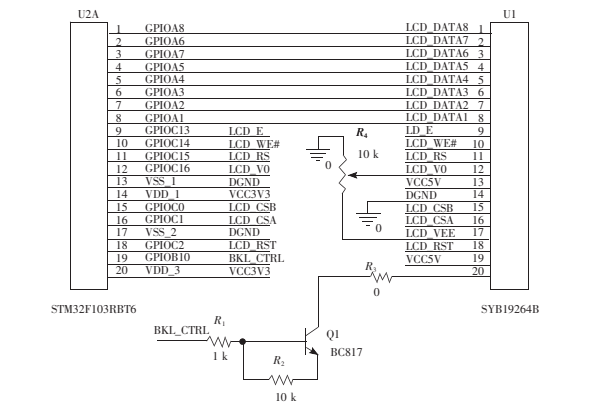


图 2 ARM 芯片与液晶的连接简图

Fig. 2 Diagram of the interface between ARM and LCD

节背光亮度。

3.2 无线通信模块

连接在液晶模块和控制系统上的两个 ZigBee 节点,即两个无线通信模块采用完全一样的硬件设计,其核心是 CC2430。CC2430 是一款基于增强的 8051 内核的用于 ZigBee 无线通信的片上系统(SoC),内部集成了 128 kB 的 Flash 和 8 kB 的 SRAM,射频收发器也集成在芯片内部。射频模块外部接有 9 dB 的鞭状天线。USART 外部通过一个 MAX232 芯片和一个 DB9 连接,用于和控制系统或液晶模块通信。CC2430 的外部还接有两个按键和一个 Nokia 的显示屏,一个按键用于复位;另一个按键用于设置 ZigBee 模块的波特率,支持 2 400,4 800,9 600,19 200 bit/s 等 4 种波特率。显示屏用于显示当前波特率和节点连接情况。

4 软件设计

4.1 无线通信模块软件设计

该软件采用 IAR for 51 编译器设计,用 C 语言编写。无线通信模块主要完成透明串口的功能,使用较为简单的 ZigBee 2004 协议栈。下面先介绍几个在程序中用到的几个重要的应用层函数:

(1) void aplSendMSG (BYTE dstMode, LADDR_UNION * dstADDR, BYTE dstEP, BYTE cluster, BYTE srcEP, BYTE * pload, BYTE plen, BYTE tsn, BYTE reqack),用于发送消息,各个参数的含义如下:

BYTE dstMode:指定目的地址模式,可取 3

个值:APS_DSTMODE_NONE(不指定目的地址,用于间接通信),APS_DSTMODE_SHORT(短地址模式)和 APS_DSTMODE_LONG(长地址模式)。

LADDR_UNION * dstADDR:指向目的地址;
BYTE dstEP:目的端;
BYTE cluster:串标识,仅用于间接通信;
BYTE srcEP:源端;
BYTE * pload:包含用户载荷的缓冲区指针;
BYTE plen: 用户载荷的字节数;
BYTE tsn:传递的消息的序号,可以用 aps-GenTSN()函数自动生成。

BYTE reqack:握手标志,非 0 产生握手请求,反之不产生。

(2)void aplFormNetwork(void),用于 Coord 节点建立网络。

(3)void aplJoinNetwork(void),用于 RFD 节点加入网络。

(4)LRWPAN_STATUS_ENUM usrRx-PacketCallback(void),收到数据包的回调函数,在该函数中可调用如下函数获得关于数据包的信息:

aplGetRxDstEp() 目的端;
aplGetRxCluster() 串标识;
aplGetRxCsrcEp() 源端;
aplGetRxCsrcSADDR() 源端的短地址;
aplGetRxMsgLen() 消息长度;
aplGetRxMsgData() 消息数据指针;
aplGetRxRSSI() 接收到的消息的信号强度,是介于 0~255 之间的一个值,值越大,信号越强。

两个 ZigBee 节点分为一个 Coord 节点和一个 RFD 节点,两个节点任何一个接控制系统或者液晶模块都是可以的,通过预编译指令 #ifdef 区别下载到两种节点的程序。下载到 Coord 节点和 RFD 节点的程序实现的功能基本差不多,差别主要在于复位后 Coord 建立网络,RFD 加入网络,Coord 建立网络成功后会在 Coord 节点的显示屏上显示,RFD 加入网络失败也会在 RFD 的显示屏上显示,RFD 加入网络成功会在 Coord 和 RFD 节点的显示屏上显示;另外一个区别在于用 aplSendMSG()函数发送数据时的目的地址不同,都是对方的地址。

复位后,Coord 节点通过 aplFormNetwork()函数建立网络,RFD 节点通过 aplJoinNetwork()函数加入网络,待 Coord 节点建立网络、RFD 节点加入网络成功后,通信过程就可以开始了。两个节点完成的功能都是串口转无线。

节点通过中断方式接收串口中的数据,通过 aplSendMSG()函数以无线方式发送数据。但是,aplSendMSG()函数是很费时间的,频繁地调用 aplSendMSG()函数势必造成数据的丢失。因此,我们首先想建一个缓冲区,但是调试后发现仍然丢失数据;于是进一步将发送和接收缓冲区分离。做法如图 3 所示:建立 N 个缓冲区($N \geq 2$,图中以 $N=3$ 为例),接收数据时变量 CurR 指示当前接收数据的缓冲区序号,在当前缓冲区接收字节数达到缓冲区最大容量时,CurR 按图中箭头方向循环变化。当发送数据开始时,用 CurT 变量保存 CurR 变量,以达到将发送和接收分开的目的。并从 CurT 缓冲区的前 $N-1$ 个缓冲区开始检查这 N 个缓冲区是否为满,如满则将该缓冲区发送并清空该缓冲区,否则不发送。还有一种超时发送的情况,即超时后缓冲区不为空,则将该缓冲区数据发送。源代码如下:

```
CurT = CurR;
for(pFIFO=MAX_F;pFIFO>0;pFIFO--){
    if(InPtr[PrevFifo(CurT,pFIFO-1)]
        >=MAX_LEN){
aplSendMSG(
    APS_DSTMODE_SHORT,
    &.dstADDR,
    2, //dst EP
    0, //cluster is ignored for direct message
    1, //src EP
    &.sfifo[PrevFifo(CurR,pFIFO-1)].fifo[0],
    MAX_LEN,
    apsGenTSN(),
    FALSE); //No APS ack requested
InPtr[PrevFifo(CurT,pFIFO-1)]=0;
timeout=0;
    }
}
if((timeout>9)&&.(InPtr[CurR]>0)) {
P1_0 ^= 1;
CurT = CurR;
```

```
CurR=(CurR+1)%MAX_F;
aplSendMSG(
    APS_DSTMODE_SHORT,
    &.dstADDR,
    2, //dst EP
    0, //cluster is ignored for direct message
    1, //src EP
    &.sfifo[CurT].fifo[0],
    InPtr[CurT],
    apsGenTSN(),
    FALSE); //No APS ack requested
InPtr[CurT]=0;
timeout=0;
}
```

代码中 PrevFifo 函数即为计算当前缓冲区 CurFifo 前 i 个缓冲区序号的函数,其原型为 `BYTE PrevFifo(BYTE CurFifo,BYTE i);` timeout 是判断是否超时的变量,它在一个定时器中断中循环加 1,在每次发送数据后被清零。

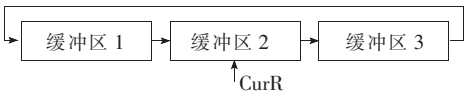


图 3 ZigBee 节点缓冲区
Fig. 3 Buffer of the ZigBee node

节点在 `usrRxPacketCallback()` 回调函数中接收无线模块的数据,此时可直接在该回调函数中将数据通过串口发出。

4.2 液晶模块软件设计

液晶模块程序采用 Keil RealView MDK 编译器用 C 语言编写,图 4 是程序流程简图。

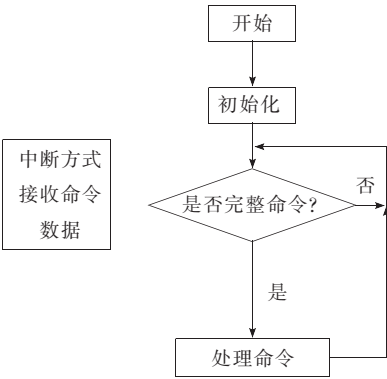


图 4 液晶模块程序流程简图
Fig. 4 Flow chart of program of LCD module

液晶模块在串口的中断服务程序中接收命令,只有满足协议规定的帧结构的命令才是有效的命令,才可能被执行。命令主要有文字/图形模式选择、写屏、液晶缓冲区填充、刷屏、反显以及读键盘等。命令数据保存在一个 FIFO 中,接收数据的操作在串口的中断服务程序中执行,主程序中通过一个状态机判断 FIFO 中是否有完整的命令,如果有就进行处理。

液晶显示有两种模式,即文字模式和图形模式,文字\图形模式选择通过一个全局变量控制。

要在液晶中显示 ASC II 字库或者汉字一级字库中的某个字符或者汉字,需先通过串口写入 ASCII 码(一个字节)或汉字内码(两个字节),然后在字库中查找对应该字符或汉字的数据并写入缓存,再从缓存写入液晶的对应位置显示即可,如图 5 所示。ASC II 码取值范围是 $[0,127]$,一级汉字内码每个字节取值范围是 $[160,255]$,通过比较输入字节的大小就可区分 ASC II 字符和一级汉字,如为汉字内码,则跳过下一字节的比较,直接引用它查找字库中的内容。显示一个 ASC II 字符需占用 8×16 个像元,显示一个汉字需占用 16×16 个像元,如空间不够则转到下一行显示。

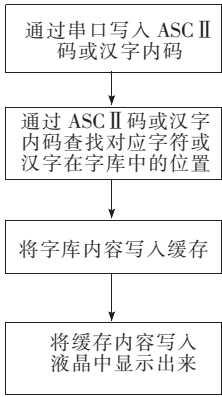


图 5 文字模式下显示流程
Fig. 5 Flow chart of display in text mode

图形模式下的显示则更为简单,先将位图写入缓存,然后将缓存中的位图写入液晶中显示出来即可。其过程相对文字模式少了一个查找字库的操作。

反显的最小单位是 8×16 像元,即显示一个 ASC II 字符尺寸的块。每一个块由反显命令帧中的一位控制,整个屏幕共需 12 个字节控制反显。当对应块的反显标志位为 1 时,将对应块的内容

取反即实现反显。

液晶模块用两块缓存,其中一块写入数据后直接显示在液晶屏上,另一块则不直接显示而需通过刷屏命令显示。写屏命令操作的是前者,会实时在液晶屏上显示;液晶缓冲区填充命令操作的是后者,需通过刷屏命令显示。刷屏命令的功能就是将第二块缓存的内容显示在屏幕上。

读键盘命令首先扫描键盘状态并进行消抖操作,然后将键盘状态按命令帧格式通过串口发送。消抖操作可以消除由于键盘抖动而带来的干扰,其思想是间隔一段时间(如 10 ms)的两次扫描结果完全相同,才认为扫描的结果有效,否则保持上次的结果不变。矩阵键盘的每一个按键对应一条不同的命令。控制系统只需每间隔一段时间(如 15 ms)向液晶模块发送一个读键盘命令,液晶模块实时扫描键盘状态并将结果反馈至控制系统,

通过分析反馈的键盘状态,控制系统就可以确定键盘是否有按键被按下以及被按下的按键的位置,然后执行被按下的按键所对应的命令。至此我们达到了通过矩阵键盘向控制系统发送命令的目的。

5 结 论

采用液晶显示模块和矩阵键盘实现了基于 ZigBee 的无线控制系统的人机接口。上位机软件测试结果表明,液晶模块可实现中英文混排、LOGO 位图显示、反显等一系列功能。矩阵键盘状态亦通过上位机软件读取成功。实测无线通信距离最大可达到 50 m,20 m 以内可实现稳定的数据传输。程序采用 C 语言编写,具有易读、可重用性好和可移植等特点。本文的设计可用于无线抄表等多种无线控制系统。

参 考 文 献:

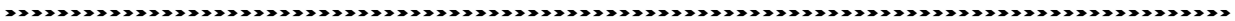
[1] 台宏达,田国会,宋保业,等. ZigBee2006 协议栈的无线传感执行网络构建 [J]. 单片机与嵌入式系统应用,2009,(7):35-38.

[2] 王小凤,乔学光,贾振安,等. DSP 实现液晶显示图形的技术及应用 [J]. 液晶与显示,2005,20(1):57-60.

[3] 张其阳,张澎. 基于 S3C44B0 与 S1D13506 的多功能显示终端的设计与实现 [J]. 液晶与显示,2009,24(6):866-869.

[4] 古容江,张珣. 基于 ARM 的图形用户界面软件开发平台的搭建 [J]. 液晶与显示,2009,24(6):901-906.

[5] 赵金玲. 基于 DSP 的轴承故障诊断分析仪显示控制系统设计 [J]. 液晶与显示,2009,24(6):870-873.



SI 单位的倍数单位

SI 单位的倍数单位是由 SI 词头与 SI 基本单位和 SI 导出单位构成。倍数单位的选取一般应量的数值处于 0.1~1 000 之间。

- SI 词头是用于构成倍数单位的因数符合,不能单独使用。
- 词头符号与所紧接着的单位符号应作为一个整体对待,它们共同组成一个新单位(十进倍数或分数单位),并具有相同的幂次。例如: $10\text{ hm}^2=10\times(100\text{ m})^2=10^5\text{ m}^2$; $1\text{ cm}^3=(10^{-2}\text{ m})^3=10^{-6}\text{ m}^3$ 。
- 词头不能重叠使用,即不能使用由几个词头并列组成的组词头。例如:不能用 $\text{m}\mu\text{s}$ (毫微秒),正确的为 ns (纳秒)。
- 摄氏度、平面角和时间单位(s 除外)及 kg 等不得使用词头的倍数单位。例如:“mh”(毫小时),“hkg”(百公斤)是不规范的。