

文章编号:1673-9981(2007)01-0055-06

# 基于 MSP430 系列单片机的键盘与显示模块的设计

陈 森, 凌玉华, 廖力清

(中南大学信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:**介绍了基于超低功耗单片机 MSP430F 的人机交互接口模块的设计方法,给出了硬件连接图及状态分析法设计人机接口的几个关键步骤.实践证明,运用此方法能快速、有效地设计出各类人机交互接口,并且编程简单、可扩展性强、人机界面友好,符合现场使用的要求.

**关键词:**人机交互;液晶显示;串行;状态分析

**中图分类号:** TN911.72

**文献标识码:** A

人机交互接口的设计是单片机应用系统设计中的一个重要组成部分.随着单片机技术的发展及其在各个领域中的广泛应用,以单片机为核心的应用系统的功能越来越强大.如何将这些功能在系统中有机地组合起来,如何快捷有效地设计出使用方便的人机交互接口,已成为单片机应用系统开发领域中的重要课题.本文以电磁铸轧电源控制系统为例,介绍基于 MSP430F149 单片机的人机交互接口模块的设计方法.

## 1 系统分析

在电磁铸轧电源控制系统中,需要对 A, B, C 三相电流分别进行控制,包括设定正弦波的频率和幅值、反馈系数、PID 参数等,因而操作灵活、方便、抗干扰能力强及人机交互接口界面友好是十分重要的.

采用美国 TI 公司生产的超低功耗 16 位单片机 MSP430F149 作为核心控制单元.该系列的单片机具有处理功能强大、高性能模拟技术、片上资源丰富、JTAG 仿真技术调试等优点,它的高级语言编程能力和方便的集成开发环境可缩短软件的开发周期.

## 2 键盘及显示模块的设计<sup>[1]</sup>

基于系统的需求,显示输出部分采用北京青云创新公司生产的 LCM128645ZK 型液晶显示器,控制器为 ST7920,带有内部字库,信号传输模式为串行 3 线式.键盘输入部分选用 74HC165 芯片将并行输入的数据转换成串行数据输入,通过键盘将信息输入到单片机中.

### 2.1 LCM128645ZK 液晶显示模块

中文液晶显示器 LCM128645ZK 内含 GDRAM 与 CGRAM,其工作电压范围宽(2.7~5.5 V),功耗低,与单片机等微控制器的接口界面灵活.设置功能包括:画面清除、光标显示/隐藏、光标归位、显示打开/关闭、显示字符闪烁、光标移位、显示移位、垂直画面旋转、反白显示、液晶睡眠/唤醒、关闭显示、自定义字符及睡眠模式等.

串行模式下指令/数据的传输过程是先传输起始位,起始位元组接收到五个连续的“1”(同步位串)时,传输计数器将被重置,并且串行传输也将被同步,随后的二个位分别指定传输方向位(RW)及寄存器选择位(RS),第八位为“0”.在接收到起始位元

收稿日期:2006-05-26

作者简介:陈森(1981-),女,辽宁阜新人,硕士研究生.

组后,每个指令/数据将分为二组接收,高4位元(D7~D4)的指令资料被放在第一组的低字节部分,低4位元(D3~D0)的指令资料则放在第二组的低字节部分,而相关的另四位均为0。

在串行工作方式下,同步时钟的下降沿写入数

据有效,与并行工作方式相反.由于液晶显示器内部没有发送/接收数据的缓冲区,所以,当有多个数据/指令需要传送时,必须一个指令完成后再次传送下一个指令/数据.串行模式的数据传输过程如图1所示。

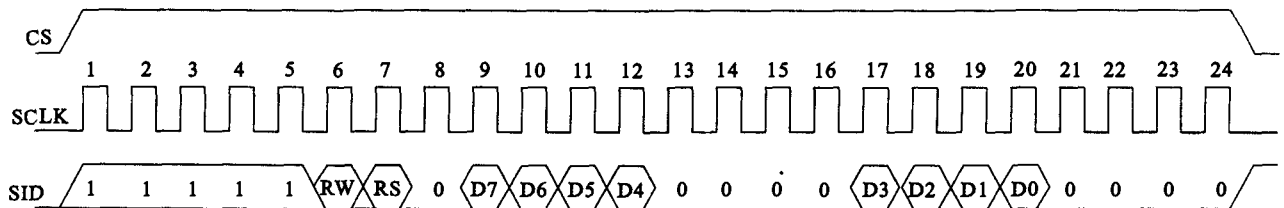


图1 串行模式下数据传输

Fig. 1 Serial mode data transmission

## 2.2 基于74HC165的键盘输入模块

74HC165具有异步并行输入数据和同步串行输出数据的功能.当SH/LD为低电平时,在74HC165的P1~P8引脚上的数据被置入器件内的寄存器,置入数据时与SCK和CLKE的状态无关.当SH/LD为高电平时,D0数据在SCK的上升沿作用下输入第一位,同时每一位数据均向右移一位,即该器件具有右移功能,便于数据串行移出.时序图如图2所示。

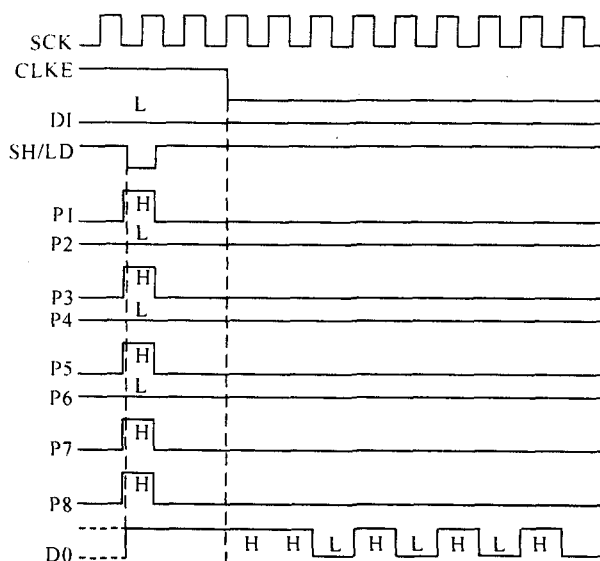


图2 74HC165时序图

Fig. 2 Sequence diagram of 74HC165

## 3 硬件电路

LCM128645ZK的3线串行接口方式可大大简化显示模块与单片机之间的接口电路,也使液晶显示器显示汉字变得更为容易。

将LCM128645ZK的CS, SID和SCLK三个引脚接到MSP430F149的I/O口,分别用于片选、输入串行数据和输入串行脉冲. LCM128645ZK在串行模式下使用二条传输线作串行数据的传送,主控制系统将配合传输同步时钟(SCLK)及接收串行数据线(SID),来完成数据的串行传输。

在74HC165中,D0为串行数据输出端和SCK时钟输入端.当CLKE为低电平时,SCK的时钟功能被允许. SH/LD为移位/置数的控制端。

由于电磁铸轧电源控制系统的I/O口资源十分紧张,因此,人机交互接口采用串行通讯方式具有相当大的实际应用价值.硬件电路如图3所示。

## 4 状态分析法及其设计步骤

状态分析法<sup>[2]</sup>可实现一键多用,一个命令的输入由一个按键序列组成,根据不同的按键序列进入不同的功能子程序.该法使解释按键序列与执行子程序完全分离,若系统功能发生改变,程序的结构将不变,仅需改变按键序列.因此,键值分析程序的设计不受其他程序的影响,可独立进行.这是本系统的人机交互接口采用状态分析法的根本原因。

状态分析法的基本思想是:在键盘按键不太多的情况下,给每一个按键分配一个状态变量(占1字节),每个状态变量共有256种状态(0~255),可根

据需要任意选用,每一个状态对应一种功能.在某一时刻,用户按下该键,希望其执行某项功能时,只要

保证在用户按下该键之前,该键处于相应的状态即可.

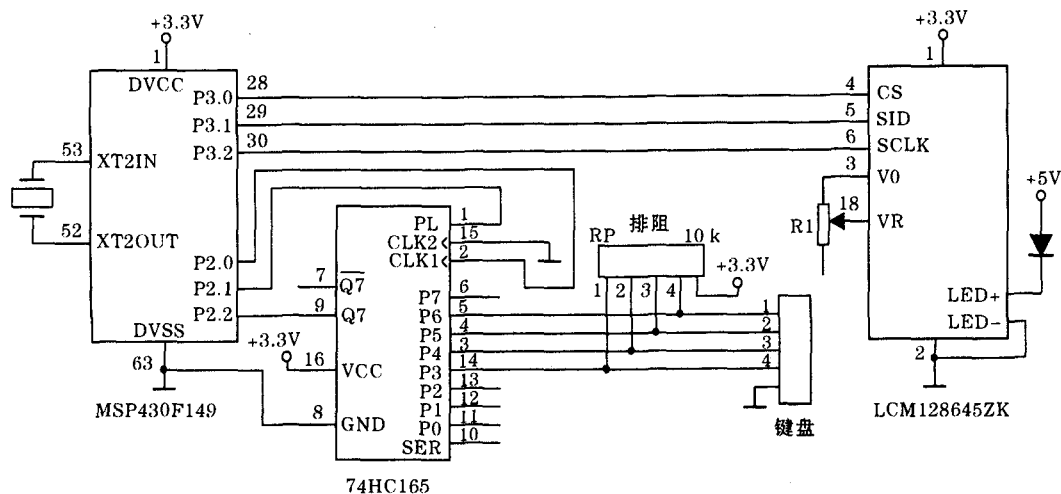


图3 LCM128645ZK,74HC165与MSP430微处理器接口电路

Fig. 3 The interface circuit of LCM128645ZK,74HC165 and MSP430

这样就实现了通过控制按键状态变量的状态来达到对其功能控制的目的.

在系统理论中,状态是表示系统的最小变量.只要知道了在 $T=T_0$ 时的状态变量和 $T \geq T_0$ 时的输入,就能确定系统在 $T \geq T_0$ 任何时间内的行为.把键盘分析程序看作一个系统,在 $T_0$ 时刻以前的按键序列 $K_{c-1}, K_{c-2}, K_{c-3}, \dots$ 决定了 $T \geq T_0$ 时按键 $K_c$ 输入后系统的行为.所以,程序的当前状态PREST就是按键序列 $K_{c-1}, K_{c-2}, K_{c-3}, \dots$ 所带来的影响系统行为的信息总和.

用数学模型可表示为

$$\text{PREST} = f(K_{c-1}, K_{c-2}, K_{c-3}, \dots)$$

在每个状态下,各按键都要有确定含义.在不同的状态下,同一按键有不同的含义.

#### 4.1 建立操作流程

需要用键盘设定的参数有:正弦波的幅值和频率、总线波特率、反馈系数和PID参数.所设定参数的整数部分的高、低位和小数部分的高、低位均可按要求调整.与键盘设定的参数相对应的显示界面有:正弦波的幅值和频率显示界面、总线波特率显示界面、反馈系数显示界面和PID参数显示界面.设计采用4个按键的键盘实现上述功能,4个按键分别标号为1,2,3,4号按键.部分操作流程如图4所示,其中图4(b)是从图4(a)中分离出来的.

#### 4.2 分配按键功能,建立状态-功能表

根据控制系统的要求,为每个键分配的按键状态与按下该键时所执行的相应功能的部分对应关系如下:

- (1) 1号键的状态(26个状态)一功能
  - 1)一进入正弦波幅值整数高位设置状态;
  - 2)一进入正弦波幅值整数低位设置状态;
  - 3)一进入正弦波幅值小数高位设置状态;
  - 4)一进入正弦波幅值小数低位设置状态;
  - 5)一进入正弦波频率整数高位设置状态;
  - .....
  - 26)一进入D参数小数低位设置状态.
- (2) 2号键状态(31个状态)一功能
  - 1)一进入PID参数编辑状态;
  - 2)一进入反馈系数编辑状态;
  - 3)一进入总线波特率编辑状态;
  - 4)一进入正弦波幅值和频率编辑状态;
  - 5)一设置正弦波幅值整数高位,高位加1;
  - .....
  - 31)一设置D参数整数高位,高位加1.
- (3) 3号键状态(31个状态)一功能
  - 1)一进入正弦波幅值和频率编辑状态;
  - 2)一进入总线波特率编辑状态;
  - 3)一进入反馈系数编辑状态;
  - 4)一进入PID参数编辑状态;

5) —设置正弦波幅值整数高位,高位减 1;

.....

31) —设置 D 参数整数高位,高位减 1.

(4) 4 号键状态(5 个状态)—功能

1) —进入参数浏览画面;

2) —保存正弦波幅值和频率的设定值;

3) —保存总线波特率的设定值;

4) —保存反馈系数的设定值;

5) —保存 PID 参数的设定值.

#### 4.3 建立状态转换图

根据对系统的分析,采用状态分析法,使用有 4 个按键的键盘实现所需功能,4 个按键分别标号 1(设置)、2(上)、3(下)、4(确认).依据为每个按键分配的按键状态与按下该键时所执行的相应功能的对应关系,建立的状态转换图如图 4 所示.

#### 4.4 编写软件

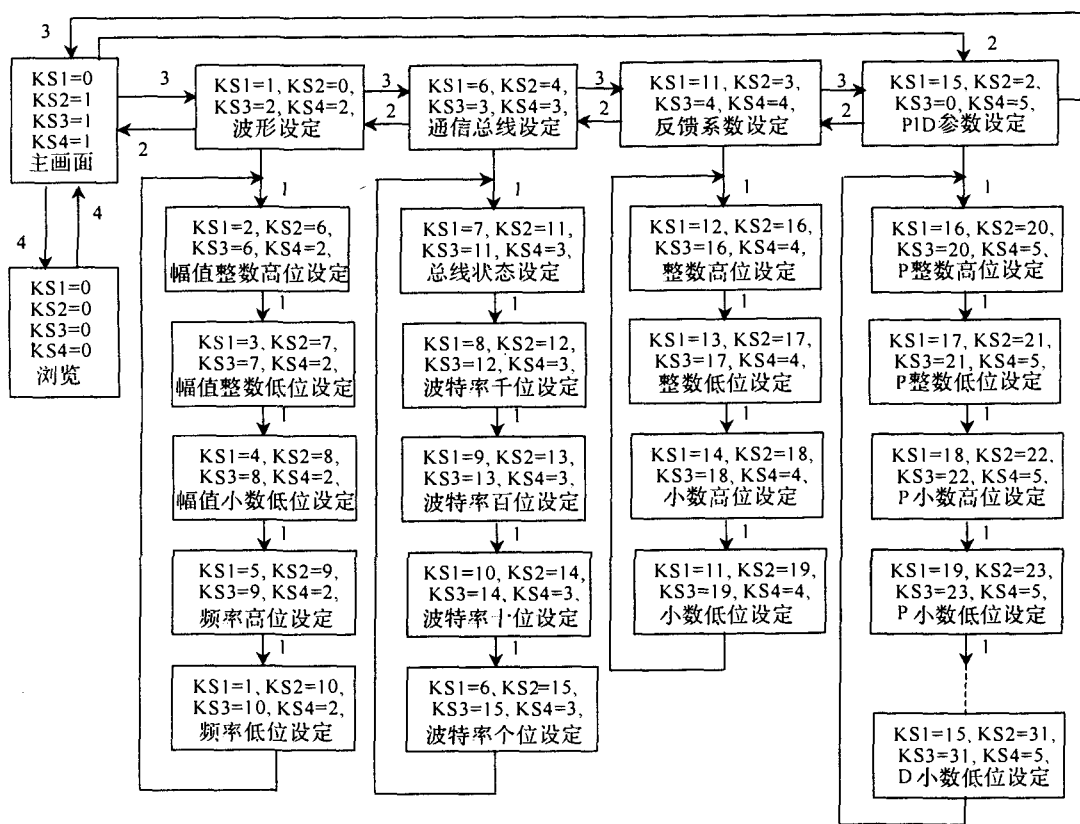
采用 MSP430 系列单片机的专用开发平台 IAR Embedded Workbench 编写程序<sup>[3]</sup>,编程思路如下:(1)定义各键值,初始化各键的状态值;(2)编写键盘处理函数,根据按键值执行相应的按键处理函数;(3)各个功能键的处理程序使用 switch 语句,根据刷新后的当前状态执行相应的功能;(4)使用状态刷新函数,确定当前的状态值.

部分源代码如下:

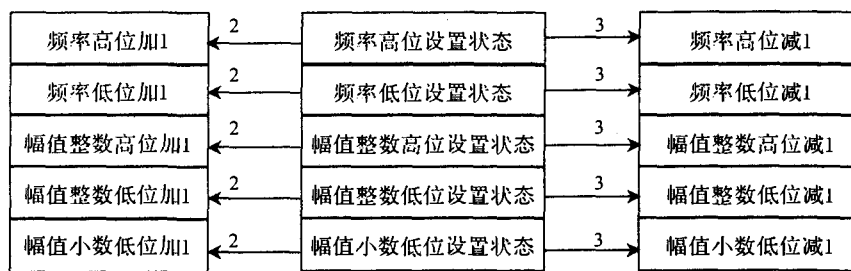
```
# define KEYPAD_FUNCTION          0x01
# define KEYPAD_UP                0x02
# define KEYPAD_DOWN              0x04
# define KEYPAD_ENTER             0x08
unsigned char keypad_one_status=0,
keypad_two_status=2,
keypad_three_status=2,
keypad_four_status=2;          //定义各键状态初始值
void keypad_process(unsigned int key_record)
/* 键盘处理程序入口 */
{
    switch(key_record)
    {
        case KEYPAD_FUNCTION;
        keypad_function_process(keypad_one_status);
        //按下 1 号键时调用 1 号键处理程序
        break;
        case KEYPAD_UP;
        keypad_up_process(keypad_two_status);
        //按下 2 号键时调用 2 号键处理程序
        break;
        case KEYPAD_DOWN;
```

```
keypad_down_process(keypad_three_status);
        //按下 3 号键时调用 3 号键处理程序
        break;
        case KEYPAD_ENTER;
        keypad_enter_process(keypad_four_status);
        //按下 4 号键时调用 4 号键处理程序
        default;          //默认
        break;}
key_record=0;
        //执行完相应的功能后,按键值清零,等待下次按键
    }
void keypad_down_process(unsigned char key_num)
/* 3 号键处理程序 */
{
    switch(key_num)
    {
        case 0; break;
        case 1;
        { Lcd_Mainpage_Display();          //显示主画面
          keypad_value_transf(0,2,2,2);    //初始状态值
          break; }
        case 2;
        { Lcd_setting_wave();              //设置波形参数
          keypad_value_transf(1,1,3,1);
          break; }
        case 3;
        { Lcd_setting_bus();                //设置总线波特率
          keypad_value_transf(10,19,4,1);
          break; }
        case 4;
        { Lcd_setting_feedback();           //设置反馈系数
          keypad_value_transf(16,18,5,1);
          break; }
        case 5;
        { Lcd_setting_PID();                //设置 PID 参数
          keypad_value_transf(21,17,16,1);
          break; }
    }
void keypad_value_transf(unsigned int key_one,unsigned int
key_two,unsigned int key_three,unsigned int key_four)
/* 1 号、2 号、3 号、4 号键状态值刷新函数 */
{
    keypad_one_status=key_one;
    keypad_two_status=key_two;
    keypad_three_status=key_three;
    keypad_four_status=key_four;}
```

以 keypad\_value\_transf(21,17,16,1)为例,当按下 1 号键时,进入 1 号键的第 21 个状态;当按下 2 号键时进入 2 号键的第 17 个状态.



(a)



(b)

注:图中键头上标的 1,2,3,4,分别表示在当前状态下按下 1,2,3,4 号键;KS1,KS2,KS3,KS4 分别是 1,2,3,4 号键的状态变量;2 号和 3 号键同时实现相应值的加 1 和减 1 功能,而不改变任何键的状态。

图 4 操作流程(状态转换)图

Fig. 4 The diagram of operation flow and state transition

## 5 结 语

采用串行方式连接的 LCD 和用状态分析法编写的键盘分析程序,应用在铝电磁连续铸轧的电源控制系统中,现场使用证明,此方法可使系统操作简单方便、可维护性和可扩充性强及人机界面友好,符合现场使用的要求。

## 参考文献:

- [1] 李敏,孟臣. 串行接口中文图形点阵液晶显示模块的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2003(8): 43-46.
- [2] 白成林,白成杰. 单片机键盘分析的结构化设计[J]. 聊城师范学报:自然科学版, 1994, 3(7): 25-28.
- [3] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.

## The design of key and display module base on single-microcomputer MSP430

CHEN Miao, LING Yu-hua, LIAO Li-Qing

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Based on low power consumption MCU MSP430F, the paper introduces the method of designing the human-computer interaction interface module, and presents the hardware circuit and the pivotal steps of using state-analysis to design human-computer interface. Drawing the conclusions below: using this method we can design kinds of human-computer interaction interfaces program, and the program is easy, extensible, friendly man-machine interface, accords with the demand of fieldwork.

**Key words:** human-computer interaction; LCD; serial; state-analysis

### 第十二届全国稀土分析化学学术报告会征文通知

随着稀土研究和应用领域的不断拓展,稀土分析技术得到了快速发展,为进一步交流稀土分析及稀土分离、制备、应用等相关领域的工作经验,提高稀土研究和分析的学术水平,促进稀土元素分析方法及稀土应用技术更好地为我国市场经济建设服务,定于2007年秋在江苏省召开第十二届全国稀土分析化学学术会议。受中国稀土学会委托,江阴加华新材料资源有限公司和广州有色金属研究院联合承办本次会议。热忱欢迎科研单位、高等院校、稀土生产企业以及有色金属、冶金、地质、机械、航空航天、电子、生化、化工、环保、商检、医药和农业等稀土相关领域的科研人员、分析工作者及各分析仪器生产公司业务人员踊跃投稿并参加本次会议。现将具体相关事宜通知如下:

#### 一、征文范围

凡有关稀土分析、分离、稀土产品制备等相关领域的新理论、新技术、新方法、新仪器等方面的论文都可以提交大会(已在全国性会议交流或国内外各种刊物上发表的论文除外)。

#### 二、征文要求

论文应突出工作的创新性、前瞻性和针对性,文字表达简练、准确(包括图表在内),字数控制在3000字以内(大会报告论文除外)。论文以Word文档编排,A4纸打印,邮寄至组委会;电子版发送E-mail至组委会。请论文作者所在单位进行保密审查,并加盖单位公章。来稿须注明作者姓名、单位、职务、职称及详细通讯地址(包括E-mail地址),以便后几轮通知的准确送达。截稿日期2007年8月31日。

#### 三、论文投递

请论文作者按以下地址邮寄稿件(信封注明:稀土会议征文)

地 址:广州市天河区长兴路363号广州有色金属研究院 邮 编:510651

联系人:戴凤英 E-mail:ma-sa-ke@163.com

联系电话:020-37239410

#### 四、论文全文(专辑)

参加本届会议的论文(全文)将由核心期刊《中国稀土学报》审查并出版专辑(作者自愿),并选出部分高水平文章在《中国稀土学报》正刊上发表,论文全文可在会议上提交,也可直接发到《中国稀土学报》编辑部,电子版最迟2007年12月30日前发至jinzhengai@163.com;发邮件时请一定注明:“分析化学专辑稿件”,并告知作者的联系电话(非常重要);会议专辑将于2008年上半年出版。

联系地址:北京新街口外大街2号稀土学报编辑部,100088 联系人:金正爱 010-82241916,010-62014832

五、本次大会热烈欢迎国内外与稀土元素分析及应用有关的仪器生产公司和厂家到会推广介绍产品,具体事宜请与联系人联系。

其他有关会议具体事宜,详见第二轮通知。

另附地址:江苏江阴市利港镇江阴加华新材料资源有限公司 邮编:214444

联系人:谢建伟 0510-86631888 转 8025 E-mail:jamrxjw@tom.com

中国稀土学会理化检验委员会 联系人 刘文华 E-mail:lwhxt@tom.com

第十二届全国稀土分析化学学术报告会筹备组  
江阴加华新材料资源有限公司、广州有色金属研究院  
2007年3月