

文章编号:1007-2780(2010)02-0257-05

基于液晶显示的有限状态机在人机界面中的应用

王成义,郭秀梅,丛晓燕

(山东农业大学 信息科学与工程学院,山东 泰安 271018, E-mail:cywang@sda. edu. cn)

摘 要: 通过分析有限状态机状态转移的特性,提出了利用有限状态机设计液晶显示人机界面的方法。以液晶显示菜单的转换为例,详细论述了使用 C 语言设计人机界面的过程。使用 SPLC501C 液晶显示模块实现了菜单的转换功能,且给出了显示菜单转换的液晶显示模块驱动程序。实际应用表明,这种方法易于扩展菜单数量,避免了非法状态的出现,菜单转换迅速、稳定可靠。

关 键 词: 有限状态机;微控制器;人机界面;液晶显示;菜单设计

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Application of Finite State Machine in Human-Machine Interface Based on Liquid Crystal Display

WANG Cheng-yi, GUO Xiu-mei, CONG Xiao-yan

(School of Information Science and Engineering, Shandong Agricultural University,
Tai'an 271018, China, E-mail:cywang@sda. edu. cn)

Abstract: A method of using finite state machine to design human-machine interface based on liquid crystal is proposed by analyzing the special character of state transition of finite state machine. The paper discusses the process of human-machine interface design in detail by using C language and taking menus transition for example. Menus transition is achieved by using SPLC501C liquid crystal and display driver for menus transition is given. Practice has proved that this method is feasible, easy to extend the number of menu and can avoid the emergence of non illegal states, and the menu transition is very fast, stable and reliable.

Key words: finite state machine; microcontroller; human-machine interface; liquid crystal display; menu design

1 引 言

随着技术的进步,微控制器(microcontroller)无论在家用电器领域还是在工业控制、仪器仪表领域都得到了日益广泛的应用,而且其功能越来越强大,价格越来越低廉。在实际应用中,其输出显示大多比较简单,以数码管 LED 和段码、字符型液晶显示屏为主。液晶显示器件由于消耗功率小、重量轻,在小型仪器仪表行业中得到

了广泛的应用^[1]。随着点阵图形式液晶模块的价格不断下降,仪器仪表的显示界面逐渐趋向于大面积和复杂化。现有的菜单设计多数使用数字来选择菜单功能^[2],当功能较多时,按键数量较多,而仪器仪表小型化的要求是按键减少,因此按键的复用就显得较为重要。实现按键复用的最好方法就是使用移位键来实现功能菜单的转换。点阵图形式液晶模块显示内容灵活,为功能菜单的实现提供了很好的途径。

收稿日期:2009-07-17; 修订日期:2009-08-05

作者简介:王成义(1970—),男,山东新泰人,副教授,硕士,主要研究方向:自动控制、检测技术、嵌入式系统的应用。

本文基于 Luminary 公司的 Stellaris 系列 ARM 微控制器 LM3S308 和 Sunplus 公司的 SPLC501C 液晶显示模块,根据有限状态机的工作原理,使用 C 语言成功开发出功能菜单并在现场中得到了应用。

2 用有限状态机设计菜单的原理

菜单功能的转换是通过左移、右移、上移、下移等按键的选择来实现的,然后由确认按键来确认,执行相应的功能。这实际上是工作状态的转换。使用有限状态机描述工作状态的转换思路清晰且有固定的模式,可以使菜单设计变得简单,易于扩展。

有限状态机是一个描述离散系统的数学模型,可表示为一个 6 有序组^[3]:

$$M = [Q, S, R, f, g, q_1] \tag{1}$$

其中, M 是有限状态机, Q 是状态的有限集合, S 是有限输入字母表, R 是有限输出字母表, f 是状态转换函数, g 是输出函数, q_1 是初态。

对于菜单的转换来说,有确定的可接受状态序列。令 $q(0) = q_1$,考察对应于激励(按键) $\omega = s(1)s(2)\cdots s(t)$ 的可接受状态序列 $q = q(0)q(1)q(2)\cdots q(t)$ 和响应 $\varphi = r(0)r(1)r(2)\cdots r(t)$ 。

若 M 是有限状态机,则状态函数 $f: Q \times S \rightarrow Q$,如果 $f(q, s) = q'$,可记为 $q \xrightarrow{s} q'$ 。如果输入串 $\omega = s(1)s(2)\cdots s(t)$,将 M 从状态 $q = q(0)$ 转向 $q' = q(t)$,即:

$$\begin{aligned} q &= q(0) \xrightarrow{s(1)} q(1) \xrightarrow{s(2)} q(2) \xrightarrow{s(3)} \cdots \xrightarrow{s(t)} q(t) = q' \end{aligned} \tag{2}$$

则称 $q(0)q(1)q(2)\cdots q(t)$ 是 ω 的可接受状态序列。下面求得可接受状态序列及响应。

(1) 可接受状态序列

$$\begin{aligned} q(1) &= f(q(0), s(1)) = f_1(q(0), s(1)) \\ q(2) &= f(q(1), s(2)) = \\ &= f(f_1(q(0), s(1)), s(2)) = f_2(q(0), s(1)s(2)) \\ &\quad \cdots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q(t) &= f(q(t-1), s(t)) = \\ &= f_1(q(0), s(1)s(2)\cdots s(t)) \end{aligned}$$

(2) 响应

$$\begin{aligned} r(1) &= g(q(0), s(1)) = g_1(q(0), s(1)) \\ r(2) &= g(q(1), s(2)) = \\ &= g(f(q(0), s(1)), s(2)) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &g_2(f(q(0), s(1)s(2))) \\ &\quad \cdots \cdots \\ r(t) &= g(q(t-1), s(t)) = \\ &g_t(q(0), s(1)s(2)\cdots s(t)) \end{aligned}$$

由此得出,当进行菜单转换时,不但有明确的可接受的状态序列,即菜单转换的轨迹,而且有确定的响应,即按照一定的状态序列,可到达一个确定的菜单功能。

有限状态机一般有两种表示方式:状态图和状态表。通常用状态图来表示有限状态机,其中每一个节点代表状态机的一个状态,从一个状态指向另一个状态的有向线段代表状态的转换,在线段旁边标出转移的条件。典型的状态转移图如图 1 所示。

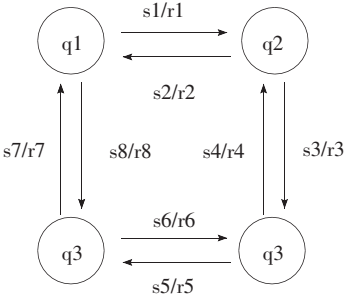


图 1 状态转移图
Fig. 1 State transition diagram

3 用 C 语言实现有限状态机的方法

下面以 6 菜单设计为例,介绍用有限状态机设计菜单的方法,见图 2。在图中,菜单 0 为默认选中的菜单(被选中的菜单反白显示),按确认键即可执行菜单 0 的功能。当按下右移按键(图 2 中(1)图)时,菜单 1 反白显示,菜单 0 正常显示;当按下下移按键(图 2 中(2)图)时,菜单 0 正常显示,菜单 3 反白显示。其他(左移、上移)以此类推。实现图 2 菜单的状态转移图见图 3(以菜单左移、

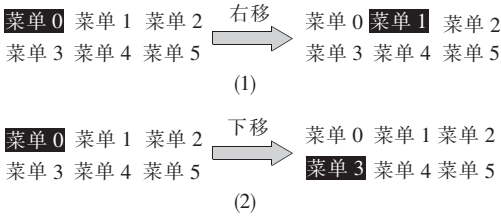


图 2 6 菜单设计示例
Fig. 2 Sample of six menus design

右移、上移、下移为例)。

根据有限状态机的状态转换工作原理,6 菜单功能转换的程序流程图如图 4 所示。

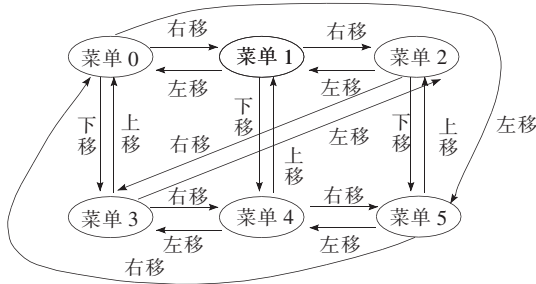


图 3 6 菜单状态转换图

Fig. 3 State transition diagram of six menus

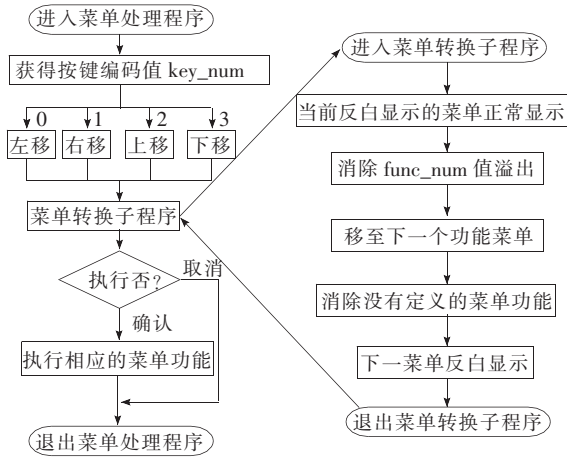


图 4 菜单转换流程图

Fig. 4 Flow chart of menu transition

在 C 语言中,可用 switch...case 语句来实现有限状态机^[4]。以左移为例,菜单转换功能实现的部分代码如下:

```
#define move_left    0    //左移
#define move_right  1    //右移
#define move_up     2    //上移
#define move_down   3    //下移

switch (key_num)
{
    //定义菜单功能编号,取值范围为 0~5
    static unsigned char func_num=0;
    case move_left:
    {
        //当前反白显示的菜单正常显示
        menu_disp(func_num,0);
```

```
//消除 func_num 值溢出
        func_num+=6;
        //左移至下一功能菜单
        func_num--;
        //消除没有定义的菜单功能
        func_num%=6;
        //下一菜单反白显示
        menu_disp(func_num,1);
    }
    case move_right:
    {省略;}
    case move_up:
    {省略;}
    case move_down:
    {省略;}
    default:NOP();
}
```

对菜单转换流程图及实现菜单转换的部分代码的几点说明:

(1)key_num 为获取的按键编码值;func_num 为菜单功能的编号,定义为静态无符号字符型变量。由于是静态变量,当执行完菜单返回后,可使当前菜单仍为选中菜单。

(2)menu_disp(parameter1, parameter2)为菜单显示函数。parameter1 为菜单功能编号,取值范围 0~5;parameter2 为菜单选中状态,取值范围为 0~1。parameter2=0,表示菜单处于未被选中状态,正常显示;parameter2=1,表示菜单处于被选中状态,反白显示,见图 2。

(3)语句 func_num+=6 消除 func_num 值的溢出现象。如 func_num=0,没有此语句,执行语句 func_num--(左移),则 func_num=255,显然超出了菜单功能的取值范围,出现了非法状态;有此语句,则 func_num=6,执行语句 func_num--后 func_num=5,从菜单 0 转换到菜单 5,见图 3。

(4)语句 func_num%=6 消除没有定义的菜单功能。如 func_num=5,没有此语句,执行语句 func_num++(右移),则 func_num=6,显然超出了菜单功能的取值范围,出现了非法状态;有此语句,执行语句 func_num++后再执行本语句后,则 func_num=0,从菜单 5 转换到菜单 0,见图 3。

(5)执行菜单的上移、下移时,上下两菜单的编码差值为 3,所以执行 func_num--语句 3 次或

(1)液晶复位子程序、初始化子程序及清屏子程序在全局初始化程序中调用。

(2)显示子程序可显示数字、英文和汉字,由参数 `n_c_select` 用来选择显示数字、英文字母还是汉字。`n_c_select=0`,显示数字、英文字母;`n_c_select=1`,显示汉字。

(3)参数 `reverse` 用来选择是否将显示内容反

白显示,`reverse` 为 0,则正常显示;`reverse` 为 1,则反白显示。`let_num_chn` 用来表示数字、英文字母的编号,或汉字的编号。`page_address`、`column_address` 表示显示内容的页地址和列地址(即坐标值)。

这样设计子程序的优点在于可显示任意英文字符、汉字、数字,如将图形看做 16×16 点阵的组合,可显示图形。

6 实际应用

采用上述设计方法研制了一台红外数据采集器,具有 6 个菜单:校时、显压(显示压力)、设置、采集、传输、清空(清空采集器、压力计内的数据)。菜单之间用左移、右移、下移等按键来转换(由于菜单只有两行,上移和下移按键可合并成一个,这可节省一个按键,且不增加菜单转换时按键的次数)。经过现场使用验证,所设计的菜单稳定可靠,使用效果良好。

7 结 论

采用有限状态机的方法,使用 C 语言设计了液晶显示人机界面,实现了菜单转换功能,给出了液晶显示模块驱动程序。实际应用表明,这种方法易于扩展菜单数量,避免了非法状态的出现,菜单转换迅速、稳定可靠。

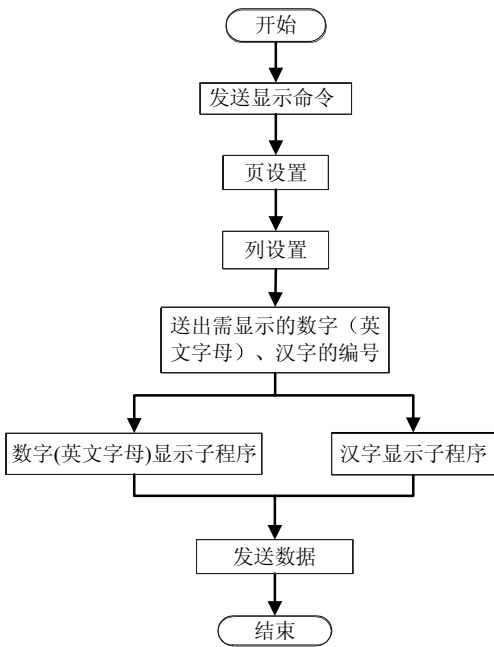


图 6 液晶显示流程图

Fig. 6 Flow chart of liquid crystal display

参 考 文 献:

[1] 贾金萍,张志东. STN 液晶部分显示的设计方案 [J]. 液晶与显示, 2006, 21(6): 721-725.
[2] 陈伟锋,高宝建,汪俊,等. 基于点阵图形液晶模块的多菜单设计[J]. 液晶与显示, 2007, 22(5): 634-638.
[3] 左孝凌,李为鉴,刘永才. 离散数学[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 1982: 359-361.
[4] 李传林,宋吉和,于世功. C 语言程序设计[M]. 山东:石油大学出版社, 1997: 61-62.
[5] 潘松,黄继业. EDA 技术实用教程[M]. 北京:科学出版社, 2002: 189-191.
[6] 朱培武,熊光明,彭波,等. 基于 Rabbit 2000 的无线调度系统液晶汉字显示方法[J]. 微计算机信息, 2005, 21(823): 116-118.