

# 开放式运动控制机器人界面的研究与设计<sup>①</sup>

邱永华<sup>1</sup>, 贺文健<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(广东女子职业技术学院, 广州 510450)

<sup>2</sup>(广东威创视讯科技股份有限公司, 广州 510663)

**摘要:** 面向数控系统中的应用, 研究以触摸屏作为运动控制器的人机界面, 实现对数控机床生产过程的直观化、简易化和有效化的操作控制。触摸屏通过 Modbus 协议通信实现对运动控制器的控制和监控。通过触摸屏和开放式运动控制器的软硬件联调表明, 本系统的功能和性能达到了预期设计要求, 实现了直观、简洁、鲜明的人机界面。

**关键词:** DSP Modbus 协议; 触摸屏通信; 人机界面; 数控技术; 数控机床

## Open Motion Controller Design of Human-Machine Interface

QIU Yong-Hua<sup>1</sup>, HE Wen-Jian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Guangdong Women's Polytechnic College, Guangzhou 510450, China)

<sup>2</sup>(Guangdong Vtron Technologies LTD, Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** This paper is a CNC system application. It studies the touch screen as a motion controller interface, and implements the visualized, simplified and effective control over the CNC machine tool production process. Through the Modbus protocol, the touch screen controls and monitors the motion controller. The touch screen, the hardware and software of open FBI motion controller show that the system's functionality and performance have achieved the desired design requirements and realized the self-concept, simple, clear user interface.

**Keywords:** DSP modbus protocol; touch screen communications; HMI; CNC technology; CNC machine tools

在现代工业生产领域中, 数控技术已经成为生产过程控制领域的关键技术, 在数控系统中嵌入 DSP 更是成为中高端数控设备的发展趋势, 数控机床是一种高科技的机电一体化产品, 数控机床日渐成为现代制造技术的重要工具<sup>[1]</sup>。它正被广泛应用在加工制造业的各个领域。与通用机床和专用机床相比, 数控机床更适宜用于加工结构复杂、精度要求高的零部件。但与此同时, 数控机床在给人类生活带来便利的同时也暴露了自身严重的缺陷: 操作复杂, 缺乏情感因素。由于产品的设计者往往是按国家的设计标准和规范从机械角度和实现加工过程的最大效率的角度来设计、安排数控机床及控制面板; 而工业设计师则较多地从造型、色彩等美学角度来对数控机床的外观进行设计, 二者常缺少协调, 以至我国机床的外观造型和人机工程品质远不能达到和满足客户需求<sup>[2]</sup>, 妨碍了数控技

术及数控设备的普及应用与进一步发展, 不利于现代工业生产。通过开发人机界面以实现数控机床生产过程的直观化、简易化和有效化的操作控制, 进一步提高生产效率和产品质量, 正是我们研究的目的与意义。

## 1 系统硬件结构

### 1.1 硬件总体结构

本文研究用的硬件是自行开发的 DSP 嵌入式运动控制器, 该控制器由四大部分组成: 人机界面(PC 终端或触摸屏)、DSP 运动控制卡、I/O 接口卡和运动电机(步进电机或伺服电机)。控制器硬件结构如图 1 所示。

控制器的工作过程是: PC 终端将控制运动曲线的 G 代码通过 USB 口下载到 DSP 运动控制卡的 E2prom

① 收稿时间:2010-08-13;收到修改稿时间:2010-09-22

保存；当触摸屏向 DSP 发起控制命令(Run、Stop 等)时,DSP 先从 E2porom 读取 G 代码到 RAM,进行直线、圆弧或者 NURBS 插值运算,然后将插补运算结果通过 I/O 接口卡送到电机,从而到达高精度运动控制的目的。用触摸屏控制 DSP 运动的目的是:使运动控制器能和 PC 脱离,成为移动方便的嵌入式控制器<sup>[3]</sup>。因而,本文研究主要内容就是如何实现触摸屏对 DSP 的控制,并将 DSP 插补的结果实时地在触摸屏上显示。触摸屏和 DSP 的具体硬件连线如图 2 所示。

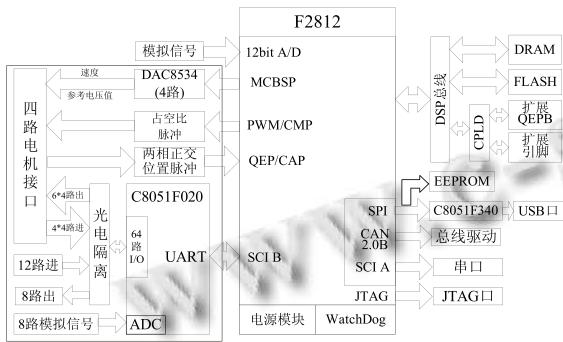


图 1 控制器硬件结构图

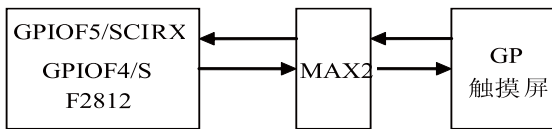


图 2 DSP 与触摸屏硬件连接图

由于是简单的 RS232 通信,所以触摸屏直接通过电平转换芯片 MAX202 连接 DSP 的 SCI 口,就可以进行 RS232 通信。

### 1.2 器件选型

DSP 芯片采用的是 TI 公司的 TMS320F2812,该处理器是目前国际市场上最先进、功能最强大的 32 位定点 DSP 芯片之一,它不仅具有数字信号处理的功能,而且有强大的嵌入式控制功能,非常适合我们做 NURBS 的插补运算。

触摸屏选用日本 Digital 公司 GP77 系列的 GP37W2-BG41-24V。该触摸屏有强大的监视功能,是一种连接人类和机器(PLC)的人机界面。可以用数据、曲线、图形、动画等各种形式来反映 PLC 的内部状态,存储器数据,从而直观反映工业控制系统的流程、走向。它不仅具有控制功能,还具有强大的数据处理功能,可以存贮配方数据,实时采样数据和历史报警信

息,可简化 PLC 的控制程序。

## 2 Modbus 协议

### 2.1 Modbus 通信协议

#### 2.1.1 Modbus 协议简介<sup>[5]</sup>

Modbus 是 Modicon 公司于 1979 年开发的一种通讯协议。它是一种开放的、标准的、免收许可费的网络通讯协议,在工业自动化控制器和测控仪表中被广为应用。目前 Modbus 协议已经成为我国工业自动化网络协议规范的国家标准之一。Modbus 协议支持使用 RS232、RS422、RS485 串口作为物理接口。Modbus 协议包括 ASCII、RTU、TCP 等。Modbus 的 ASCII、RTU 协议规定了消息、数据的结构、命令和就答的方式,数据通讯采用“主-从”方式,主端发出数据请求消息,从端接收到正确消息后就可以根据主设备查询提供的数据作出相应反应,发送数据到主端以响应请求,实现双向读写。

#### 2.1.2 Modbus 常用功能代码及其功能说明

Modbus 协议具有强大的功能码<sup>[6]</sup>,可能的代码范围是十进制的 1...255。当然,有些代码是适用于所有控制器,有些是应用于某种控制器,还有些保留以备后用。

系统中我们使用最常用的两种功能代码:显示插补结果时用功能代码 03(读取多个寄存器的值),控制电机运动时用功能代码 06(写单个寄存器的值)。

## 3 触摸屏对系统控制的实现

### 3.1 总体设计思想

本系统要实现的功能是用触摸屏通过 DSP 控制电机运动状态,并将 DSP 插补的结果显示在触摸屏上。因此,把系统的软件分为 DSP 与触摸屏的通信和触摸屏对运动状态的控制两大部分。通信部分用 Modbus 协议实现,而控制部分是在 DSP 的内存中开辟一定数量的单元与触摸屏映射实现。GP77 系列触摸屏不允许用户直接对其编程,通过设置触摸屏的通信模式和地址等参数,它就会按照 Modbus 协议输出数字序列。所以软件设计的重点在能否正确按 Modbus 协议正确解析触摸屏输出的数字序列并及时回复响应。

### 3.2 触摸屏工作原理与界面设计

GP 触摸屏是替代传统的控制面板和键盘的智能化操作显示器。对 GP 界面的设计采用其自带的一款

基于图形编程的软件,对 GP 的设计其实就是对 GP 内存存储器的分配。GP 内的存储器分为两种,一种是线圈,一种是寄存器,线圈只占一个位,通过功能码 01 来读取其状态,在触摸屏中主要通过位开关对其操作,如复位,反转等。而寄存器是占 16 位,通过功能码 03 来读取其状态,可以读取一个或多个保持寄存器中当前的二进制值。在触摸屏中通过位开关可以操作寄存器其中的每一位,通过按开关可以对其相加,相减等。本项目中触摸屏的主要界面将寄存器显示和主要操作开关置于同一界面,操作控制和效果显示直观,主界面如图 3 所示。

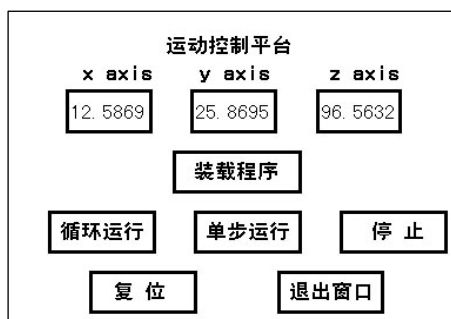


图 3 触摸屏主界面设计图

图 3 中 x axis 对应数据框显示的就是寄存器地址为 400006 中的内容,而 400006 中的内容是与 DSP 中的内存是相对应的,通过 Modbus 协议的传输,当 DSP 中的数据改变,这里显示的内容也就相应改变。由于 Modbus 协议对浮点数的处理比较复杂,我们在显示的时候采用了一个小技巧,就是从 DSP 传输过来的其实是整数,我们再对触摸屏中寄存器中的数进行相除操作,这样就达到了我们想要的显示效果。

图 3 中下面部分是几个字开关:“装载程序”,“循环运行”,“单步运行”等都是对寄存器进行字设置,即当触摸的时候把其对应地址的设为 255,再通过 Modbus 协议将其传送到 DSP 中,程序通过对相应内存中内容值的变化作出判断,运行不同的程序,控制电机。“退出窗口”是功能开关,触摸后运行画面切换功能,跳到前一画面退出。

### 3.3 DSP 软件设计

#### 3.3.1 DSP 与触摸屏的通信实现

DSP 接收触摸屏的一帧数据可以通过查询的方式或者用中断的方式实现<sup>[7]</sup>,但根据我们 DSP 运动系统

的要求主程序要保证高精度的运动控制,因而只能用中断的方式完成帧数据的接收。Modbus 的 RTU 模式规定:整个消息帧的数据流必须连续传输,帧与帧之间的间隔最小为传输 3.5 个字符的时间。这种帧的判断在主函数中用查询的办法很容易实现,但用中断方式就很难计算接收字符与下一字符间的时间。一种解决的办法是用定时器计时,dsp 收到一个字符时查看时间是否超时:不超时,复位计数变量,继续等待下一字节;若超时则认为帧结束。但这样会引出另外一个问题:帧的判断要等到下一帧开始才判断完成,严重影响程序的实时性。

我们的解决办法:如果定时器中断中判断数据超时,则马上启动 SCIA 的发送中断子程序,在该子程序中响应 Modbus 命令。这样就能在收到一帧数据后马上响应命令,而且是在低级别的中断中进行,不会影响定时器的插补运算。另外,通过设定定时器中超时时间的大小,可以控制触摸屏的刷新频率。具体的通信过程如图 4 所示<sup>[8]</sup>。

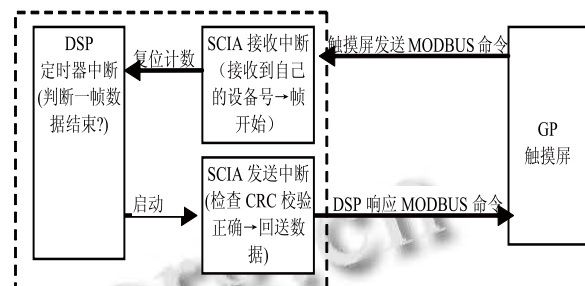


图 4 DSP 与触摸屏通信框图

#### 3.3.2 运动的控制与插补结果显示

触摸屏对 DSP 的控制是通过在 DSP 的内存中开辟一定数量的单元实现,使之与触摸屏单元相映射,同时也作为数据交换区使用。帧命令解析从数据交换区中读取需要的参数和命令,调用相应的功能模块,并将需要与外部(GP)交换的数据写入数据交换区。这样在触摸屏上点击“循环运行”的按钮时就好像直接给 DSP 上的运动变量“run”赋值 1,从而到达控制的目的。图 5 是触摸屏与 DSP 的内存映射。

运动的控制相当于触摸屏写 DSP 内存单元的过程,而插补结果的显示则相当于触摸屏读取 DSP 内存单元的过程。图 6 所示是前面描述的一个数据流过程,这样做的好处是:思路简单,增删功能方便。当要增

加一根轴的显示时，只要增加一个内存映射单元；同样，要减少一个控制的功能如去掉“单步运行”，把其对应的内存单元取消定义即可。

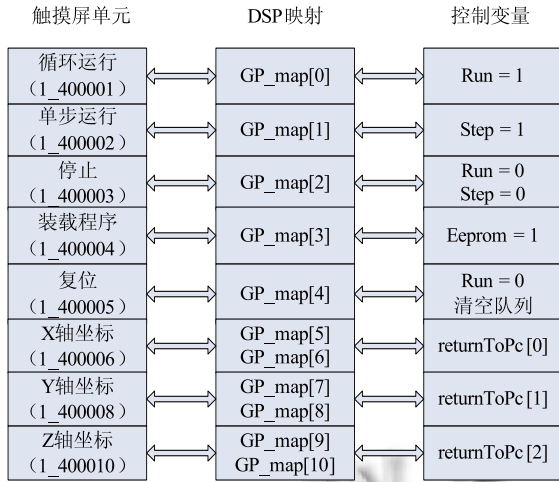


图 5 触摸屏与 DSP 的内存映射图

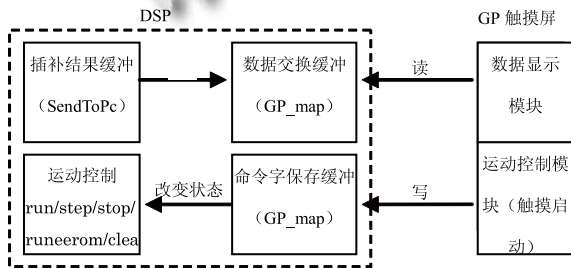


图 6 通信数据流

### 3.3.3 DSP 程序流程

DSP 的程序主要由三个模块组成<sup>[9]</sup>：1).SCI 接收中断程序；2).定时器中断程序；3).SCI 发送中断程序。各个模块的功能和实现如下：

(1) SCI 接收中断程序：接收串口的数据，一帧数据开始时先判断是否地址位等于自己的地址位，如果相等则置位标志位为帧接收状态，这样帧的下一位数据就可以直接保存到寄存器；如果地址位不相等，则丢弃数据包。

(2) 定时器中断程序：该部分主要是通过计算器来判读接收一帧数据是否结束，如果结束则启动 SCI 发送中断。

(3) SCI 发送中断程序：DSP 接收到完整一帧数据后调用该中断，在中断子程序中对帧的数据进行解析，并返回相应的数据帧给触摸屏。

## 4 实验测试结果

### 4.1 分步测试

在系统中触摸屏作为主设备，DSP 作为从设备，如果将二者直接连起来调试不容易观测串口的传输的数据，因而调试会比较困难。解决的办法是用 PC 作为中介，DSP 和 PC 先实现正确的 Modbus 协议通信，再和触摸屏联调。在 PC 上安装软件 modscan32 就可以通过 PC 的串口和 DSP 模拟 Modbus 通信，该软件能模拟 Modbus 协议的部分功能代码，最主要的是能观测到所有通信的数据。通过调试发现 DSP 能对 Modbus 的读写命令迅速回应，且回送的帧符合 Modbus 要求，这样就可以进行系统整体调试。

### 4.2 系统整体测试

触摸屏和 DSP 整体测试前要先通过 PC 的终端下载控制运动轨迹 G 代码到 DSP 控制卡的 E2prom，这样调试时触摸屏才能将 E2prom 的 G 代码读取到 DSP 的 RAM。整体测试包括两部分：系统基本功能测试和系统性能测试。

#### (1) 系统基本功能测试

在触摸屏上点击“装载程序”，DSP 从 e2prom 读取 G 代码到 RAM，触摸屏的各个坐标轴显示复位“0.00000”；点击“单步运行”，DSP 按照 RAM 的一段 G 代码进行插补运算送到电机，各个电机按要求运动一段后停止，运动过程中 X、Y 和 Z 轴坐标响应发生变化；点击“循环运行”，电机则走完完整的一个插补图形后才停止；在运动过程中点击“停止”，电机则走完当前段插补后停止运动；而点击“复位”，电机无条件马上停止，各轴坐标也复位为零。

通过测试表明，单步运行和循环运行能够精确执行，简洁的界面可以大大提高系统的控制效率。

#### (2) 系统性能测试

通过上面的测试，系统基本现实了基本功能。接下来我们对系统的性能进行测试。运动控制系统对系统的稳定性要求比较高，比如在运动的过程中要紧急停止，系统应能马上响应，不然可能出现严重的后果。对性能的测试我们是通过检测触摸屏在控制的过程中是否对电机的位置轨迹产生影响来实现。

在触摸屏上反复对电机发送“运行”、“停止”、“复位”等命令，测试电机能否及时响应和观测运动轨迹是否发生偏离。通过测试我们发现电机的运动轨迹正常，能对触摸屏的各种命令及时响应，而且通过对 DSP

定时器中计数超值值的设置可以控制系统的反应灵敏度。

图 7 是采集步进电机的 QEP 脉冲获取电机的位置信息的 Labview 平台。

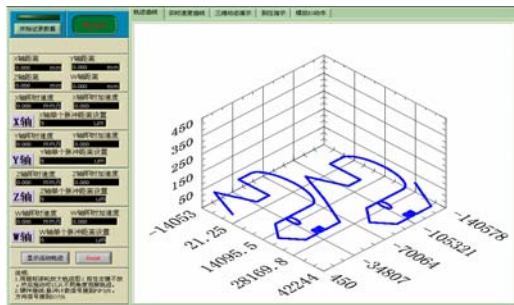


图 7 运动位置轨迹采集平台

## 5 总结与展望

实验证明：采用 GP 触摸屏作为开放式运动控制器的人机界面，具有自观、简洁、鲜明的特点，控制器能够稳定迅速的对触摸屏的命令做出正确的响应。当前，人机界面技术已经应用于更广泛的领域，渗透到了生产与生活的每个细节中去，成为现代化的潮流、人性化的体现。我们的 GP 触摸屏还有很大的开发空间，可以进一步增强它对数控系统的操作控制和相关数据的图形显示功能，并有良好的可移植性，能够应

用于其它的自动化设备系统中去，实现更可靠有效的人机信息交互。

## 参考文献

- 1 周竟. 数控机床的应用与发展. 装备制造, 2010, (4): 131-132.
- 2 朱毅然. 数控机床控制面板设计中的人机界面研究[硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- 3 季鑫源. GP 触摸屏扩展串口通信设计. 现代电子技术, 2010, (5): 145-146.
- 4 李喜东, 刘波涛, 刘刚. ModbusRTU 串行通讯协议在工业现场的应用. 自动化技术与应用, 2005, 24(7): 37-40.
- 5 崔鹏. 基于 MODBUS 协议智能控制系统设计. 山西电子技术, 2010, (3): 24-25.
- 6 Modbus over serial line specification & implementation guide V1.0. [2004-10-11]. <http://www.Modbus-IDA.org>
- 7 徐凤亮, 王宜怀. 嵌入式 Modbus/TCP 网关的设计与实现. 电子技术应用, 2010, (3): 104-106.
- 8 MARWEDEL P. Embedded System Design. 北京: 科学出版社, 2007.
- 9 文小玲, 余飞, 等. 基于 Modbus 协议的串口通信软件设计. 湖南工业大学学报, 2008, 22(6): 100-102.

(上接第 121 页)

出并设计了适用于超声检测数据的二维小波压缩方案。利用实际获取的核电站超声检测数据对算法进行了验证，试验结果证明了该方案中压缩算法的有效性。同时，对一维和二维小波压缩算法进行了对比分析，结果表明了二维小波压缩效率高，适合工程应用，有助于进一步推动超声检测技术的应用，同时也适用于其他检测技术海量数据的压缩与存储。

## 参考文献

- 1 Cardoso G, Saniie J. Data compression and noise suppression of ultrasonic NDE signals using wavelets. IEEE ultrasonics sympos-jum, 2003: 250-253.
- 2 闫浚, 阙沛文. 管道超声检测系统中数据压缩算法的实现. 计

算机测量与控制, 2007, 15(6): 717-719.

- 3 张维蕴. 超声检测信号压缩算法的研究[硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2005.
- 4 李雪. 超声检测系统中信号降噪算法与缺陷的人工神经网络识别方法的研究与实现[硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2006.
- 5 郭彬彬. 小波分析在电能质量扰动信号去噪与数据压缩中的应用[硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2006.
- 6 费铭微, 乐全明, 张沛超, 郁惟镛, 王忠民, 章启明, 周岚. 电力系统故障录波数据压缩与重构小波基选择. 电力系统自动化, 2005, 29(17): 64-67, 97.