

阵列电机的 ARM 测控与显示系统实现

施 威,原 亮,解双建

(军械工程学院 计算机工程系,河北 石家庄 050003)

摘 要:针对电机运动控制系统网络化的发展趋势,设计了一种基于 ARM 控制器和 CAN 总线的阵列电机测控与显示系统,使其中每个无刷直流电机除有通常调速范围大、功率损耗小的优点之外,亦能以步进方式直接进行角度输出,并在测控端通过图形方式直接进行调整和运行状况的观察。进而,就其结构、控制、总线等技术问题进行了深入的探讨,特别是对其图形用户界面的实现予以详尽描述。实践表明,由多个电机形成的电机阵列的同步控制能以较好的实时性和较高的可靠性和协同性完成特殊的控制要求。

关键词:阵列电机;ARM;CAN 总线;图形界面

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)06-0207-03

Implementation of Multi-Motor Control and Display System Based on ARM

SHI Wei, YUAN Liang, XIE Shuang-jian

(Department of Computer Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Targeting the development trend of networking of motor motion control system, designed a multi-motor motion control system based on ARM controller and CAN bus. Besides owning the advantage of wider speed-control and lower power-wasting, it can make direct current motor walking step by step. User can adjust the speed of motor through observing the state of system by GUI. Further more exhaustive description about the structure of system, communication of CAN bus is carried on in this article, especially the realization of GUI. Practice shows that this system consisting of multi-motor can provide satisfactory control with real-time adjusting, high reliability and coordinate.

Key words: multi-motor; ARM; CAN bus; graphical user interface

0 引言

随着现代工业变革的加速发展,以多电机协调运动为主要控制方式的阵列电机系统在工业领域中应用越来越广泛,控制精度与工艺要求也越来越高,已经成为机器人控制、生产线运行的核心技术之一。同时,也在制导平台、火炮与雷达的调整控制等军事应用领域显示出其无可替代的优势。因此,将现场总线应用同电机控制相结合以构成阵列电机的控制系统这一技术备受重视。国外的 Siemens、ORM EC Systems、Rexroth 等公司均有各自的分布式伺服系统产品推出。国内在该方面虽有研究,但相关的论文并不多,亦未形成系列产品^[1]。

一般而言,精确的定位控制多用步进电机^[2]予以

完成。然而,与同功率的无刷直流电机相比,步进电机控制复杂、造价较高,而且难以用于高速旋转的情况。文中设计并实现了一个由多个直流电机构成的阵列,称为“阵列电机”,以满足类似工业加工过程中的“多轴”运行方式,或是作为复杂装备中某些相互关联的运动环节中的动力系统。阵列电机在嵌入式环境下使用 CAN 总线技术进行系统的实时控制,令其中每一个电机单元既能够产生高速的旋转力矩,又能调整至步进工作方式。特别是通过较大速比的减速机构后,可以同时满足较大的功率输出和较高的定位精度指标。系统采用了 S3C6410 单片机和基于 WINCE 的 EVC++ 开发环境,以便在调试、控制和测量一体化的基础上,能够针对某型号移动平台的具体应用,从工程角度满足其人机交互、图形输出等诸多技术要求。

收稿日期:2011-10-14;修回日期:2012-01-17

基金项目:国家重点实验室资助项目(9140C8702020803)

作者简介:施 威(1988-),男,浙江金华人,硕士,研究方向为计算机应用技术;原 亮,教授,硕士生导师,研究方向为计算机体系结构、电磁仿生理理论与实现。

1 系统结构设计

构成阵列电机的无刷直流电机本身就既具有交流电机的结构简单、运行可靠、维护方便等优点,又具备

直流电机那样良好的动、静态调速特性^[3],应用极为广泛。因其包括电动机本体、转子位置检测传感器和电子换相电路^[4],结构自然远较一般电机复杂,而相应测控环节的技术要求更高。所以,整个系统需由控制终端、CAN 总线和电机节点三大部分构成,见图 1。

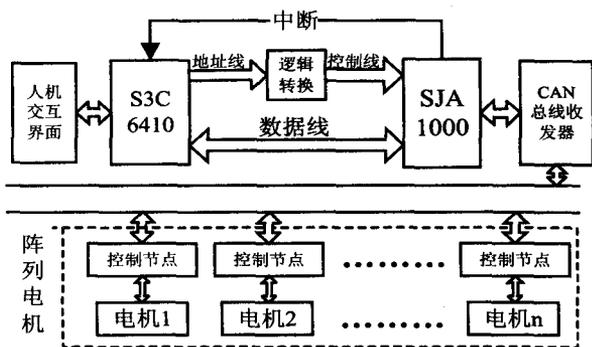


图 1 阵列电机控制系统结构图

1.1 基于 ARM 的测控单元

文中所述控制系统的核心芯片 S3C6410 是一款基于 ARM11 内核的微处理器,其主频达到 667 MHz,具有超高速微处理器总线架构(AMBA)、丰富的可扩展接口(AXI),支持多任务的优先级处理机制。可以使用 WindowsCE 等多种操作系统,实时性能好、通信能力强,可以支持十分出色的图形界面^[5]。然而,此类控制器并未内含 CAN 总线及相关协议。如果需要,必须自行开发。

1.2 系统中的总线结构

在民用领域大获成功的 CAN 总线技术具有可靠

性高、灵活性强和实时性好且性价比高等特点,现已经应用到一些武器装备系统中。将其拓展应用至阵列电机的控制领域中,亦有较大的军事和经济价值。在设备控制领域,CAN 总线具有突出的优势。CAN 为多主工作方式,网络上任一点可在任意时刻向其他节点发送数据并不分主从^[6];采用非破坏总线仲裁技术,具有先进的优先级判断能力;更重要的是 CAN 节点有识别永久性故障和短暂扰动的能力^[7]。因此系统选定 CAN 总线为底层通信网络,并通过内嵌 CAN 控制器的 Philips 的 P87C591 单片机^[8]和 82C250 收发芯片实现与 S3C6410 处理器的通信接口。

1.3 阵列中的电机节点

电机执行单元中采用了标准模块的概念进行设计。其硬件设计按照具体需求采用标准的硬件单元构成,以便于形成一个电机阵列。除此之外,系统功能、程序设计等方面亦均采用模块化的方式。这包括位置

控制、速度控制、电流控制、通讯管理、任务分解、插补运算以及常用的模拟、开关量的输入、输出和脉冲量的输出等功能模块。每种模块都有自己的接口参数和内含参数,各功能模块可以通过接口参数相互连接,形成不同的功能集合。各个电机单元间通过总线与终端挂接。用户通过终端输入控制信息,如转速、转向、运行方式等。控制信息通过 CAN 总线发送到各个电机节点,各个电机模块也可以通过 CAN 总线将目前的运行信息传送至终端,并显示给用户。

2 测控功能实现

对无刷直流电机而言,通过电气上的精确控制,将转子位置信息予以进一步的发掘和利用,可以使其既能像普通电机一样利用旋转方式进行动力输出,又能够像步进电机一样实现步进、点动^[9]。尽管此时转子的“步距”角度较大,但只要经过适当的机械系统减速,则不仅仅能够完成力矩放大,又可实现精确定位。

2.1 无刷直流电机的基本工作方式

系统中单个无刷直流电机均采用 3 个霍尔传感器来检测电机转子位置,随着转子转动,传感器产生相位相差 120 度的 S1, S2, S3 三路方波信号,如图 2 所示。

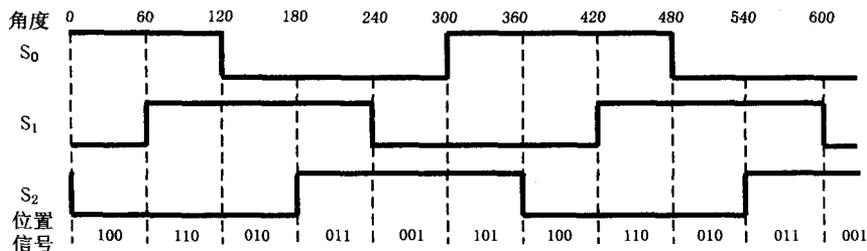


图 2 传感器输出信号

通过上述三路方波,可以按其数字逻辑规律分为 6 种逻辑状态。即每一周期内电机能有 6 个换相点,每变换一次逻辑状态,转子转动 60 度^[10]。

2.2 无刷直流电机的步进方式实现

为清楚说明其原理,特将换相逻辑简化成原理图,这同在 CPLD 中用 VHDL 方式实现效果等价,但在描述时显得更加直观简洁。如图 3 所示, S0, S1, S2 经过固定逻辑组件产生与其真值相对应的 6 路逻辑(对应 6 个换相点)。除使用 PWM 信号对换向控制信号 M5、M4、M3 进行调制外,另加一个全局封锁信号 CNO。若 CNO 信号置“0”通过与门及触发器(图 3 中未画出)将 M0~M5 这 6 个输出信号全部封锁,转子将“锁定”于当前的位置;若 CNO 信号拉高时,转子下一步位置信息可以传送到电机控制输入端。基于这一原理,只需要顺序对其进行“开启”,就能使无刷直流电机工作于“步进”方式。

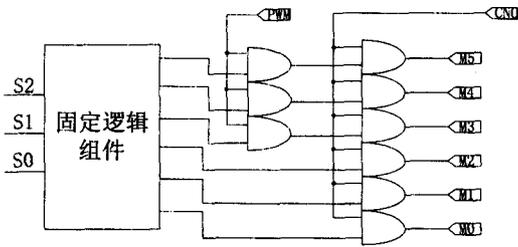


图 3 CPLD 中真值表的逻辑实现

在实验系统中,采用四通公司型号为 57BL-0730N1-LS-B-000 的无刷直流电机。转子为 5 对极,其电角度为 60°的换相点对应于“一步”为 12°的机械定位角度。本系统通过 100 : 1 的机械减速机构直接驱动负载。电机的最高转速为 3000 转/分,若不考虑转动惯量等因素,减速驱动后负载可在 1 秒钟内转过 180°(即 3000 密位)的扫描范围。况且,在低速运行和不考虑轮系齿间回差的情况下,其定位角度为 0.12°。该精度远较普通步进电机所具有的 1.8°定位精度高。

2.3 总线挂接技术

CAN 总线挂接技术一般包括两大方面问题,一是上位机与 CAN 总线的通讯挂接,二是下位机与 CAN 总线的通讯挂接。如前所述,阵列电机控制系统采用以 S3C6410 为核心的手持式终端作为上位机。下位机即是电机及控制节点,包括 CAN 总线控制和收发器^[11]。在这里主要介绍下位机与 CAN 总线的通讯挂接。下位机作为 CAN 总线的从节点,主要负责两项功能:一是当手持式终端请求数据时,将从节点采集的数据和状态等信息传送给终端;二是执行终端反馈的控制调节信号及用户选择电机转动功能,如转动功能选择信号、电机转向等。主程序的软件流程如图 4 所示。

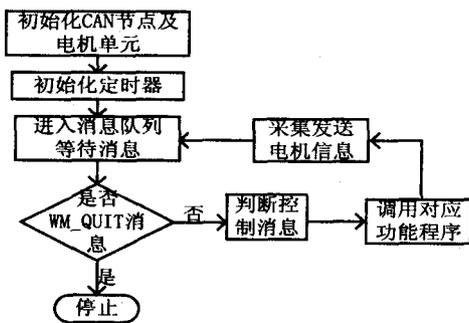


图 4 主程序流程图

3 显示系统实现

人机界面设计关键是协调处理好界面显示、数据通信。区别于 PC104、DSP 等嵌入式芯片的基于 C 语言和汇编的代码编写,WinCE 平台下的应用程序开发工具 Embedded Visual C++4.0 继承了桌面 PC 软件开发特性,面向对象的 C++语言和丰富的界面设计元素

为显示终端软件开发提供了保障^[12]。

3.1 基本功能实现

为实现电机转动频率的多样性,系统设计相对应的几个功能模块,主要完成两个功能:

- ①通过总线控制器向电机模块发送控制命令;
- ②通过总线接收器获得电机运行参数并显示给用户。

通过点击数字控件选择电机转动功能号,同时调用其对应功能程序,并且将电机正在运行的模式显示给用户,控制简单、监测直观。

3.2 运行状态显示

这一部分设置成独立的线程,专门负责定时接收电机运行参数并显示在手持终端上。显示的信息包括电流波形、转速、转向等,方便用户能够通过交互界面很直观地了解电机运转信息。因其程序编制难度相对较大,特作简要介绍如下:

①缓冲区建立。

实现背景显示程序有 2 种方法:一种是在视图类的 Onpaint 函数里面把画好的位图背景“粘贴”在屏幕上,较为多用;另一种方法则是创建设备环境,建立相应缓冲区,先把位图放在缓冲区,然后粘贴到屏幕上,但技巧性较强。经过比较,选择了后者。因为这种方法既可以把欲粘贴的位图画得美观一些,又避免了频繁地刷新背景。具体实现代码如下:

```

m_dcLine. CreateCompatibleDC(&dc);
m_bitmapLine. CreateCompatibleBitmap(&dc, rectClient. Width(), rectClient. Height());
m_dcLine. SelectObject(&m_bitmapLine);

```

②波形显示。

为实现波形显示的平滑和流畅,在每个窗口区域设定曲线上点的总数为 100 个。当少于 100 点时,定时从缓冲区读入数据并向窗口区添加;当点数大于 100 时,删去先前所显示的全部点,然后对其进行横向平移(相当于在坐标系上沿 X 轴左移一个单位)。最后重复点数少于 100 时的步骤将曲线进行重绘。由此,亦有效解决了波形显示的平滑性以及因窗口不断刷新带来的屏幕闪烁问题。

```

if (m_pointCount <= 100)
{
    m_2Draw. AppendPoint(m_pointCount,
        25+Receiver/1000);
    buffer[m_pointCount-1] = Receiver;
}
else
{
    for(i=1;i<=100;i++)

```

(下转第 213 页)

中断处理函数通过读取 ISQ 寄存器的内容,来判断触发中断的事件类型以采用不同的处理手段。中断处理函数主要处理像发送事件、接收事件、缓存事件、接收数据包丢失或计数发送数据包碰撞计数等事件。

3 网络功能

文中设备网络驱动程序在 AKAES3C2440 集成开发平台上实现,由于网络功能的频繁使用,文中采用了将驱动程序静态编译进内核的方式,以减少模块插入所带来的麻烦。将编译生成的内核映像文件烧写到开发板上,再次启动开发板。设置目标板的 IP 地址为 192.168.1.100,在 Linux 开发环境下的主机终端的 IP 地址设置为 192.168.1.21。然后在开发板上执行 ping 192.168.1.21,在 Linux 环境下的主机上执行 ping 192.168.1.100,检测网络。如果两边都能 ping 通,则网络功能实现,说明开发板实现了网络传输功能。

4 结束语

文中在研究嵌入式系统的基础上实现了其以太网接口的开发,基于 S3C2440 的嵌入式平台,作为 ARM 的主流产品,不论从功能、价格还是应用前景上都好于现在所使用的单片机系统,有更广泛的使用领域。在现有功能的基础上,可以把该系统嵌入到其他系统中,实现更多的功能,具有很好的发展前景。

(上接第 209 页)

```
m_2Draw.DeleteFirstPoint();
for(i=0;i<=98;i++)
buffer[i]=buffer[i+1];
uffer[99]=Receiver;
for(i=1;i<100;i++)
m_2Draw.AppendPoint(i,25+buffer[i]/1000);
}
```

其中 Receiver 定义为从总线收发器接收的数据,以数组的形式表示。

4 结束语

文中设计实现的阵列电机控制系统利用了 CAN 总线实现对无刷直流电机的“步进控制”,其结构精巧、工作可靠。同时,设计并完成了—个较为典型的电机阵列人机交互界面,美观大方、交互性强。可以实际应用于具有多点、相关、交互特征的复杂控制系统。因此具有较大的实用与研究价值。

参考文献:

[1] 敖庆荣,袁坤.伺服系统[M].北京:航空工业出版社,

参考文献:

- [1] 庄晓燕,周森鑫.工业控制以太网协议实现研究[J].计算机技术与发展,2009,19(12):244-247.
- [2] 姜余祥,周小龙.基于 ARM 的嵌入式网关设计与实现[J].计算机科学,2010,37(9A):38-41.
- [3] 吴国庆.对等网络技术研究[J].计算机技术与发展,2008,18(7):100-103.
- [4] Samsung Electronics. S3C2440A 32-Bit CMOS Microcontroller User's Manual, Revision 1[M]. [s.l.]; Samsung Electronics, 2004.
- [5] 黄国刚,陈明,许海岗,等.基于 CS8900A 的工业级嵌入式网络接口实现[J].计测技术,2005,25(1):16-18.
- [6] 郭建磊.基于 S3C2440 和 Linux 的嵌入式网络驱动程序开发[D].青岛:青岛大学,2009.
- [7] 俞露.基于 ARM 的嵌入式系统硬件设计[D].杭州:浙江大学,2003.
- [8] 刘森.嵌入式系统接口设计与 Linux 驱动程序开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [9] 杨路.基于 CS8900A 以太网驱动程序的设计[J].微计算机信息,2009,25(23):61-63.
- [10] Yaghmour K. Building Embedded Linux Systems[M]. USA: O'Reilly, 2003.
- [11] Schulze B. Embedded test offers unique value for serial I/O[M]. [s.l.]; Agilent Technologies, Inc., 2007:25-29.
- [12] 孙天泽,袁文菊,张海峰.嵌入式设计及 Linux 驱动开发指南—基于 ARM9 处理器[M].北京:电子工业出版社,2005.

2006.

- [2] 欧海平.基于 SOPC 的步进电机的减速 PWM 控制器 IP 核设计[J].机电工程,2011,28(6):708-711.
- [3] 张深.直流无刷直流电动机原理及应用[M].北京:机械工业出版社,1997:2-13.
- [4] 刘刚,王志强,房建成.永磁无刷直流电机控制技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2008:3-10.
- [5] Samsung Electronics Co. The S3C6410A 32bit RISC Microprocessor User Manual[M]. [s.l.]; [s.n.], 2006.
- [6] 王姜博.CAN 节点通讯及处理的程度测试设计[J].计算机技术与发展,2011,21(6):189-192.
- [7] 阳宪惠.现场总线技术及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999:3-17.
- [8] Philips Semiconductors. P8XC591 Single-chip 8-bit microcontroller with CAN controller[S]. 1999.
- [9] 周永学.电子鼓手的计算机控制系统实现[J].科学技术与工程,2007,7(13):3114-3117.
- [10] 褚杰,原亮,赵强,等.基于 TMR-EHW 的高可靠性电机控制系统[J].计算机工程,2009(23):7-9.
- [11] 微软公司. Microsoft Windows CE Communication Guide[M]. [s.l.]; Microsoft Press, 1998.
- [12] 汪兵,李存斌. EVC 高级编程及其应用开发[M].北京:中国水利水电出版社,2005.