

# 嵌入式机电设备典型系统平台研究

张 军<sup>1</sup>, 尚 敏<sup>1</sup>, 卢 宁<sup>1</sup>, 吴晓阳<sup>2</sup>

(1. 广东科学技术职业学院 计算机工程技术学院, 广东 广州 510640;

2. 浙江大学 信息科学与工程学院, 浙江 杭州 310027)

**摘 要:**针对机电类产品技术含量低、无法满足现代工程需求的问题,研究了一种基于嵌入式技术的机电设备典型系统平台。该平台由工控组态软件开发的监控主机、蓝牙/GSM无线链路或RS232/485有线链路、以DSP处理器为核心的智能电机构成,详细介绍了基于组态软件的设计架构和改进型数字PID算法实施的伺服控制方式,同时研究了机电设备嵌入式操作系统的应用方案。运用这一系统平台,可以大大提高机电类产品的数字化、信息化和自动化程度,并为传统制造业的技术升级提供参考价值。

**关键词:**嵌入式系统;机电典型系统;平台研究

**中图分类号:**TP271<sup>+</sup>.4;TP391.8

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2010)04-0228-04

## Research of Electro-Mechanical Equipment Typical System Platform Based on Embedded Technology

ZHANG Jun<sup>1</sup>, SHANG Min<sup>1</sup>, LU Ning<sup>1</sup>, WU Xiao-yang<sup>2</sup>

(1. Computer Engineering Technical College, Guangdong Institute of Science and Technology, Guangzhou 510640, China;

2. College of Information Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** Introduce a new kind of typical system of electro-mechanical equipment. The system is based on embedded technology and aims at solving the problem - electro-mechanical products of low level fail in meeting demands of modern projects. The platform is composed of monitor hosts developed by the industrial configuration software, bluetooth/GSM wireless link or RS232/485 cable link and intelligent motor which takes DSP as the core. It describes the design architecture based on configuration software and the servo control mode with effective digital PID algorithm in detail, and also made a study of embedded operating system applications of mechanical and electrical equipment. With the application of this systematic platform, digitalization, information and automation of electro-mechanical products will be greatly improved. Its market prospect and extending value will show clear direction for the technical upgrade of traditional manufacturing industry.

**Key words:** embedded system; electro-mechanical typical system; platform research

## 0 引 言

国内众多制造企业,近年来却在经济和技术的腾飞中步伐缓慢,究其原因,其中最重要的一点是产品更新换代周期过长,技术含量尤其是智能化、信息化、数字化、自动化程度,与国外同类产品还有很大差距,出现不能满足工程需求,造成附加值低,无法应付激烈的

市场竞争,要想使制造企业走出目前的困境,对其进行政策扶持和体制改革是一种必行的途径,但如果同时对传统的机电产品进行深层次的技术升级,使产品本身在市场中占有稳定的一席之地,则企业必然会更快地得到发展的契机和活力<sup>[1]</sup>。

目前,信息技术的高速发展,正引发一场大规模的围绕IT技术(尤其是嵌入式技术)对各传统行业深层渗透应用的技术革命<sup>[2]</sup>。然而,当前国内的各种嵌入式智能化设备的开发,主要集中在高科技产品和家电方面<sup>[3]</sup>,例如掌上电脑、手持GPS卫星定位系统、数字电视、智能空调等等。传统工业方面却长期没被重视,国外通过封装嵌入式系统的智能化电机、水泵、变压器等设备,由于具有了远程监控,设备使用操作简单、运

收稿日期:2009-07-28;修回日期:2009-10-10

基金项目:广东省科技推广项目(2004b40201002);广东省火炬计划项目(2006B12601003);珠海市科技计划项目(PC20061041)

作者简介:张 军(1977-),男,广东始兴人,讲师,硕士,研究方向为嵌入式系统、机器人与计算机应用技术;尚 敏,教授,研究方向为自动控制及机电一体化技术。

转可靠,同类产品的价格要比国内的高出 1/3 到 1/2 , 有的甚至一倍还多,并且很受用户欢迎,而国内的传统工业制造业,由于产品功能单一,缺乏高科技附加值,产品利润和销量受到很大影响,已经面临着巨大的生存压力<sup>[4]</sup>。机电类产品的智能化、网络化、信息化、数字化将是目前国内企业走出困境的一条重要途径。研制一套适合机电产品和设备的嵌入式软硬件开发平台——“典型智能化机电设备的嵌入式系统”,作为嵌入式机电设备的开发及推广环境。

1 系统构成

“典型智能化机电设备的嵌入式系统”是一套完整的、可靠的嵌入式软硬件的开发平台,将为一系列机电产品和设备的技术升级及改造发挥先导作用。

应用这一开发平台,对传统机电产品进行智能化、信息化、数字化,即将具有一定功能的芯片(如能够实时测量压力、温度、流量、电流、电压等物理量)加入到产品中<sup>[5]</sup>,将采集到的物理量记录通过有线或无线方式传输到本地或远程的服务器,由该服务器进行数据处理,并通过服务器中的专家诊断系统来进行故障诊断或预先报警,并给现场发回警报和处理故障的方法,将极大地提高传统机电产品的性能,使产品的技术含量大大增加。

如图 1 所示,智能机电设备典型系统平台由监控主机,蓝牙、GSM/GPRS 以及 CDMA 无线通信链路或 RS232/485 有线链路、智能电机(控制器、功率驱动、控制对象、反馈回路)组成。其中监控主机通过有线/无线链路发出相关指令、接收电机状态并实时显示;嵌入式控制器 TMS320F2812 是智能电机的核心,通过接收上位机发送的命令,同时比较反馈回来的信号,实现指定的控制算法,产生控制对象的输入信号;功率驱动部分负责电机的能源供给,将控制器输出信号放大为直接作用在电机上的信号;反馈回路主要由光电编码器组成,将高精度的电机角位置信息回馈给控制器,实现对电机的控制,从而产生“智能化电机”的效果。

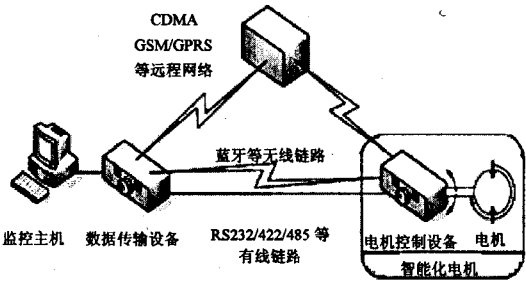


图 1 智能电机典型系统平台基本结构

1.1 监控主机

监控主机选用性能高档的通用计算机,利用工控

组态软件、Visual C++ 6.0 共同开发的可视化智能机电软件平台,主要用于数据处理、通讯、系统控制、实时显示、修改和保存环境参数、查询打印等,交互界面良好,使用方便,具备了电机产品上位机软件基本监测、控制的通用性。

1.1.1 基于组态软件体系架构

在嵌入式机电控制系统的设计过程中,一个明显的特征就是系统的功能正逐渐从机械部分向软件部分过渡,过去很多由机械系统实现的功能现在都通过控制软件来实现。这在一定程度上对系统的控制软件提出了更高的要求,除了具备复杂的功能、高实时性和高可靠性,往往还要求具有一个好的框架或体系结构,使得能够实现快速开发和软件可重用<sup>[6]</sup>。

目前,运用组态软件进行控制系统设计开发的方案越来越多,日趋成熟。组态软件指操作人员根据应用对象及控制任务的要求,配置(包括对象的定义、制作和编辑,对象状态特征属性参数的设定等)用户应用软件,完成系统硬件与软件对话、建立现场与监控层沟通的人机界面软件平台。国外流行的组态软件有 In-Touch, IFIX, WinCC, Citect 等,国产工控组态软件则以组态王、力控为代表,经过比较,该系统选择组态王 Kingview 作为软件开发平台,其可靠性高、编程简单、实时性好、人机界面直观大方,同时开发周期短,系统便于维护、扩充、升级等。

Kingview 具有强大的画面显示组态功能和良好的开发性,配有实时数据库,支持 DDE(Dynamic Data Exchange)和 OPC(OLE for Process Control)等协议,能与数百种硬件设备通信以及多种应用软件互连、交换数据,拥有严密的系统安全防范性,保证整个系统的可靠运行<sup>[7]</sup>。

图 2 为基于 Kingview 软件体系架构,图形组态子系统模拟现场机电设备环境建立控制流程图,同时对控制流程图中控制对象进行属性设置和参数设定,并结合数据库中的部分控制系统数据完成系统组态,

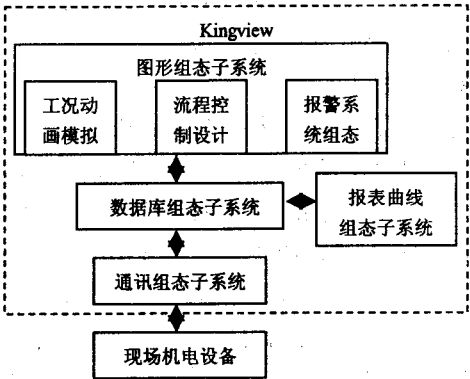


图 2 基于 Kingview 软件体系架构

以文件方式或数据库方式进行存储;通讯组态子系统按照给定的通讯协议完成组态后,把数据文件或数据库中的参数传送到现场机电设备;现场设备运行起来之后,又可以对其进行数据采集,由通讯子系统传到数据库子系统,采集的实时数据既可以用于控制流程图实时监控和报警、动态趋势显示、也可以把它保存到历史数据库中作为报表组态子系统进行组态的数据源。通过控制流程图进行在线监视,能够按照控制要求对机电设备实时控制,以使整个控制系统达到最佳运行状态。

### 1.1.2 软件平台设计

Kingview 是整个上位机软件的核心,它由工程管理器、工程浏览器、画面运行系统三部分组成,通过策略和画面组态实现对机电设备的监视和控制,具有动态画面、事件触发、报警、趋势、报表输出、历史数据存储等功能,同时运用 Visual C++ 6.0 编写了控制程序和组态软件通信,这种利用 DDE 技术把 Visual C++ 和组态王两者有效结合起来的编程方式,更大发挥它们各自优势,获取了令人满意的效果。图 3 为系统平台的数据流,VC 程序是 Kingview 与智能电机沟通的桥梁,它通过 DDE 协议完成与组态王的通信;并通过串口访问蓝牙、GSM 等通信链路模块与智能电机进行通信。

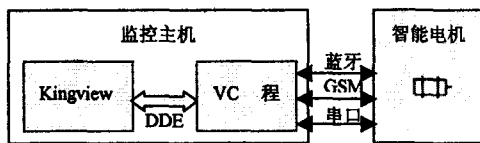


图 3 数据流向图

利用 Kingview 进行上位机软件开发是基于各种组态子系统来设计人机交互界面的过程,根据实现的功能以及 Kingview 基于组态画面设计编程的特点,将软件平台的功能划分为登录画面、监控主画面、单机详细画面、属性画面、历史趋势曲线画面、实时数据报表画面、报警画面、系统菜单画面、主工具栏画面以及版权信息画面一共 10 个画面,如图 4 所示为这些画面组织的使用显示的层次和控制的流程。

### 1.2 智能电机

智能电机通过数据接收,数据分析处理,产生输入信号,驱动电机以正确的方式运行,达到控制电机的过程。如图 5 所示,它由主控制器 TMS320F2812 以及外围接口电路(包括通信模块、键盘/显示电路、驱动与反馈电路等)构成。外围接口电路的设计根据不同的应用领域而不同,作为通用电机平台的研究,这里主要介绍主控制器模块,实施的控制算法以及嵌入式操作系统  $\mu C/OS-II$  应用架构分析。

#### 1.2.1 主控制器 TMS320F2812

主控制器是基于 TMS320C2xx 内核的定点数字信号处理器,器件上集成了多种先进外设,功能强大,运行速度快,具有强大的事件管理能力和嵌入式控制功能,特别适用于有大量数据处理的测控场合<sup>[8]</sup>,如工业自动化、电力电子技术应用、智能电机、马达伺服控制系统等。同时,F2812 有很高的运算精度(32 位)和系统的处理能力(达到 150MIPS),16 通道高性能 12 位 ADC 单元提供了两个采样保持电路,可以实现双通道信号同步采样,完全满足高性能数字化通用电机控制平台对主控芯片的要求。

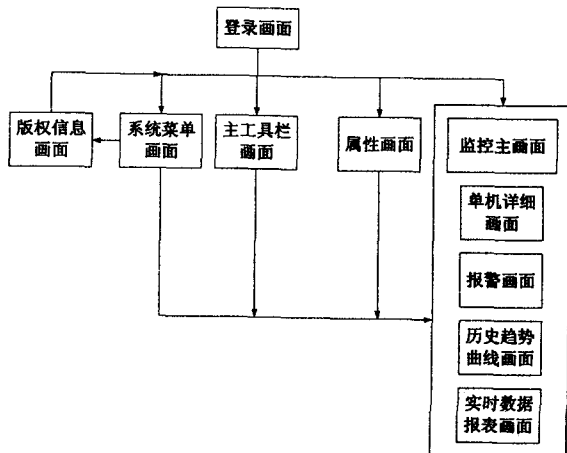


图 4 软件设计画面组织的层次与流程

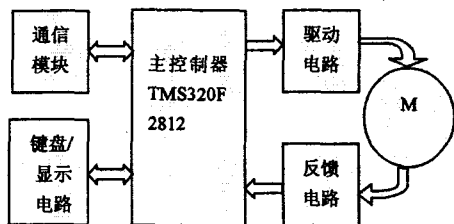


图 5 智能电机组成框图

#### 1.2.2 数字 PID 算法

实现对电机的闭环伺服控制,其关键在于采用适当的算法,现在普遍采用改进型数字 PID 控制算法<sup>[9]</sup>。

数字控制实质是一种采样控制,它根据采样时刻的偏差值来计算控制量<sup>[10]</sup>,将传统的模拟 PID 进行近似变换,得到离散数值型 PID 的控制算法如下:

$$u_i = k_p [e_i + \frac{T}{T_I} \sum_{j=0}^i e_j + \frac{T_D}{T} (e_i - e_{i-1})] + u_0 \quad (1)$$

式(1)中  $k_p$ —比例系数;  $T_I$ —积分常数;  $T_D$ —微分常数;  $u_i$ —第  $i$  个采样时刻的输出值;  $e_i$ —第  $i$  个采样时刻的系统输出偏差,即 PID 调节器的输入值;  $e_{i-1}$ —第  $i-1$  个采样时刻的系统输出偏差;  $u_0$ —开始进行 PID 控制时的原始控制值。

式(2)为位置式 PID 控制算法,通过两个相邻采样

时刻值相减可得出增量式 PID 控制算法公式:

$$\Delta u_i = u_i - u_{i-1} = k_p [e_i - e_{i-1} + \frac{T}{T_I} e_i + \frac{T_D}{T} (e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2})] \quad (2)$$

电机控制是实时性很强的快速控制,控制算法要尽可能缩短计算时间<sup>[11,12]</sup>,而式(2)每次要做四则运算,次数繁多。为提高运算速度对式(2)稍加整理可得式(3):

$$\begin{aligned} \Delta u_i &= k_p [e_i - e_{i-1} + \frac{T}{T_I} e_i + \frac{T_D}{T} (e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2})] \\ &= k_p [\Delta e_i + \frac{T}{T_I} e_i + \frac{T_D}{T} \Delta^2 e_i] \\ &= k_p \Delta e_i + k_p e_i + k_D \Delta^2 e_i \end{aligned} \quad (3)$$

同时 F2812 的高速处理能力确保采样周期  $T$  足够小,保证了计算的精确度,使得被控制过程与实际十分接近。

### 1.2.3 $\mu C/OS-II$ 应用

基于嵌入式操作系统的工控智能终端设备的开发应用已屡见不鲜,操作系统可对整个系统及所操作的部件、装置等资源进行统一协调、指挥和有效控制。 $\mu C/OS-II$  是源码公开的实时多任务操作系统,具备足够的稳定性和安全性,其移植工作简单, $\mu C/OS-II$  的具体介绍和移植过程请见参考文献[13]。

系统的工作过程就是在  $\mu C/OS-II$  内核的管理下,根据就绪态任务的优先级来运行程序,且始终执行最重要的任务。在设计中将系统功能分割成几个部分,按照各部分完成任务的重要性来确定任务的优先级。

该系统按照其所能实现的功能可以分为七个任务,其优先级从高到低依次为建立任务的任务、初始化任务、监控任务、异常情况处理任务、通信任务、系统键盘扫描任务、显示刷新任务,再加上两个系统本身所固有的空闲任务、统计任务(空闲任务的优先级最低,其次为统计任务),系统的任务总数为九个。

主程序的任务主要是初始化操作系统和建立一个建立任务的任务,并启动多任务。显示刷新任务和键盘扫描任务伴随操作系统启动而运行,其它用户应用任务建立在系统主任务基础上,主要通过调用系统服务函数完成操作,系统任务、用户应用程序任务通过  $\mu C/OS-II$  消息队列机制完成任务间通信。

## 2 结束语

嵌入式机电设备典型系统平台具备机电类产品系统构成的通用性,面向制造业产品的技术更新具有很

强的产品设计参考价值及推广性,将其成功运用于发电厂的供水泵工况必须严格掌握,作到实时监控,否则会造成严重的后果。嵌入式技术与机电设备的结合可以做到对机组多台给水泵进行本地实时控制<sup>[14]</sup>,同时在线监控多台机组泵的流量、扬程、震动噪声、油温、进出口压力、电机转数、电机电流等物理参数,以及实现临界指标的报警,系统可能出现问题的故障点的提示(专家诊断系统),若超过预警线系统自动停机,避免故障扩大,并能在计算机数据库中存储设备历史运行状态,从而实现控制、报警等功能,另外可以将历史数据输出、打印。

而对于系统平台缺乏的网络功能,今后将进一步完善硬件设计;同时  $\mu C/OS-II$  没有文件管理等功能,人机界面也较差,也将改善选用 linux 提高整个系统平台的管理控制功能及软件友好性。

### 参考文献:

- [1] 崔竞松,向永谦,彭 蓉.基于 MDA 思想的嵌入式机电控制器设计框架[J].计算机工程,2006,32(19):239-241.
- [2] 赵玉章,郭文强,韩莉英.小型嵌入式机械监测系统的研制[J].计算机工程与应用,2007,43(35):111-113.
- [3] 李 辉,张 浩,石 磊,等.重矿设备嵌入式控制系统的设计与开发[J].计算机工程,2008,34(3):261-262.
- [4] 张希元,赵 海,孙佩刚,等.普适计算环境下的嵌入式设备监控模型[J].计算机工程与应用,2007,43(18):27-29.
- [5] 刘 忠,李 伟,彭金艳,等.位置伺服系统的单神经元 PID/CMAC 控制研究[J].计算机工程与应用,2008,44(7):220-222.
- [6] 余 波,何 为,王 平,等.基于嵌入式系统的远程多参数监护系统[J].计算机工程,2008,34(6):252-254.
- [7] 严盈富,罗海平,吴海勤.监控组态软件与 PLC 入门[M].北京:人民邮电出版社,2006.
- [8] 苏奎峰,吕 强,耿庆峰,等.TMS320F2812 原理与开发[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [9] 李国栋,王孟效.模糊免疫 PID 控制器及其在苛化过程中的应用[J].计算机工程,2009,35(1):218-220.
- [10] 陈伯时.电力拖动自动控制系统[M].第2版.北京:机械工业出版社,2007.
- [11] 刘国联,谭冠政,何 燕.基于改进人工免疫算法的 PID 参数优化研究[J].计算机工程与应用,2008,44(19):84-86.
- [12] 张兴华,李 伟,周刘喜.一种 PID 参数整定的粒子群优化算法[J].计算机工程与应用,2007,43(33):227-229.
- [13] 陈是知. $\mu C/OS-II$  内核分析、移植与驱动程序开发[M].北京:人民邮电出版社,2007.
- [14] 关 永.苛刻环境嵌入式智能监测平台研究[J].计算机工程,2006,32(20):247-249.