

## Analysis of embedded systems based on digital technology

Liu Jia

Computer Science, Hubei University, Wuhan, Hubei, China

**Abstract:** In order to get to know the current situation and the trend of the development of the built-in system of numerical control technology, this passage makes an induction, a summary and a contrast to the current situation of the development of the built-in system of numerical control technology. It makes a contrast and an induction to the advantages, disadvantages and the scope of application of the several kinds of the present popular built-in systems. It makes a conclusion to the present mainstream hardware possessing units and the design structure of the basic hardware. These are helpful to further understand and know the hardware structure of numerical system. These are also the expectations to the outlook and the current situation of the development of the built-in system of the numerical control technology.

**Keywords:** embedded systems; CNC; real-time operating system

## 浅析基于数控技术嵌入式系统

刘佳

湖北第二师范学院计算机学院, 武汉, 湖北, 中国

**摘要:** 为了了解基于数控技术的嵌入式系统的发展现状以及发展趋势, 本文对目前关于数控技术的嵌入式系统的发展现状进行了归纳、总结和对比, 针对目前流行的几种嵌入式实时操作系统的优缺点以及适用范围进行了对比和归纳, 针对目前主流的硬件处理器以及基本的硬件设计架构进行了总结, 对于进一步的了解和认识数控系统的硬件架构有一定的帮助。对数控技术的嵌入式系统的发展前景和发展趋势有一定的期待和展望。

**关键字:** 嵌入式系统; CNC; 实时操作

### 一、数控系统的发展历史以及现状:

(1) 硬件数控阶段: 通过逻辑电路来实现对硬件电路的控制, 功能简单, 灵活性差、设计周期长、限制了进一步发展, 称为第一代数控。这种传统的数控技术是一个封闭体系结构系统, 硬件由硬件厂家生产构成, 各个厂家无可换新, 软件由专用软件构成, 无通用性, 和可移植性。

(2) 计算机数控系统的发展和完善阶段：由大规模的集成电路、半导体存储器、微处理器等构成的数控系统，在体系结构上设计更的柔性化、模块化，便于扩展和标准化。

(3) 高速高精度 CNC 的开发和应用阶段：CNC 具有高速的数据处理能力，32 位的 CPU 具有很强的数据处理能力，使得 CNC 系统进入了高速高精度的第八代。

(4) 开放式的 CNC 的开发与应用：开放式的系统结构使得数控技术具有更好的通用性、柔性、适应性、扩展性、并向智能化和网络化的方向发展。

(5) 国内的数控系统的现状：现在使用的数控系统大多是专用的封闭式的体系结构即系统的软件模块和硬件模块都是由各自的厂家自行设计，专用的，不兼容的，在系统集成的时候会出现兼容性问题，最新的硬件技术无法很快的应用到实际的设计之中，技术的发展与现有系统的兼容性问题尤为严重。

(6) 目前国际上的主流的开放式数控系统研究是美国的 NGC 计划、欧盟的 OSACA 计划、日本的 OSEC，很好的反应了国际开放式的数控系统研究的现状以及基本的发展趋势

(7) 目前国内主流的数控系统是基于嵌入式技术的、以大规模的集成电路微处理器为核心的计算机系统，可以解决系统的可移植、可靠性、性价比。国内嵌入式数控系统的发展主要是分为硬件部分的发展以及软件上的发展，将硬件和软件结合起来才可以实现嵌入式数控系统的全面的发展。

## 二、数控机床的组成：

数控机床主要的五大组成部分：(1) 信息载体 (2) 计算机数控装置 (3) 伺服系统 (4) 机床本体 (5) 检测反馈装置。计算机数控技术 (CNC) 是数控机床的核心，主要由以下几个部分组成：(1) 计算机系统 (2) 位置控制板 (3) PLC 接口板 (4) 通讯接口板 (5) 特殊的功能模块 (6) 相应的控制软件。主要是在应用软件部分的操作分为以下几个步骤：(1) 手工部分 (2) 命令语言 (3) 图形用户界面，目前最为流行的一种方式，可以很好的实现计算机和人之间的友好交互。

## 三、针对嵌入式数控机床的发展以及现状：

### (1) 嵌入式系统的体系结构：

由以下四个部分组成：(1) 嵌入式处理器 (2) 嵌入式外围设备 (3) 嵌入式操作系统。 (4) 嵌入式的应用软件。通过修改、增加、减少数控系统的功能形成系列化的产品，提高系统的可移植性和实用性。

### (2) 硬件系统架构设计：

(1) 将系统划分为相应的功能模块：伺服传动模块 (2) 人机界面交互模块 (3) 代码解释模块 (4) 插补模块 (5) PLC 控制模块 (6) 网络通信模块控制。通过计算机数字控制 (CNC) 系统实现实时的多任务的调度，采用基于优先级抢占式的和基于时间片轮转调度的策略来实现不同的任务之间进行调度和处理。优先级的调度顺序：(1) 异常处理—中断发生时运行：优先级最高。(2) PLC 控制和伺服采样，较高的优先级。(3) 插补准备以及插补计算—较高的优先级。(4) 人机交互管理模块—网络通信的优先级最低。根据统一的接口标准化和统一的集成规范实现系统的集成，从而提高系统的灵活性、可靠性、安全性和开放性<sup>[1-4]</sup>。

### (3) 在嵌入式系统的设计中硬件主要的设计方式：

(1) 上位机硬件 (2) 下位机硬件 (3) 通讯硬件。主要是包括：嵌入式 CPU、CF 卡接口、内存、LCD 接口、USB 接口、以太网接口、键盘接口。外围接口板主要是包括：PLC 接口板、数控系统专用键盘接口、显示器、机床操作和控制面板。下位机中主要是包括运动控制卡和伺服接口板构成。通过通讯接口来实现上下位机的通讯。上位机的板卡主要是结构紧凑、功能强大、可以满足很多的功能需求以及功能扩展。下位机的特点是由嵌入式处理器直接控制运动卡，协调上下位机的控制和协作。(3) 在成本上考虑的是通过软硬件可裁剪实现紧凑性、高性能、低成本的数控产品。在选择的时候应该考虑运动控制卡的成本以及基本的功能的实现<sup>1</sup>。

### (4) 主流的处理器的：

(1) ARM 处理器、PowerPC、MIPS 等 (2) ARM 的特点以及使用 ARM 的原因：ARM 是 32

位 RISC 的处理器,性能好、体积小、成本低、可满足用户的开发需求。在数控系统中为了解决上下位机的通信使用 CAN 总线,提高系统的处理效率。

#### **(5) 数控产品在硬件方面的特点以及发展趋势:**

(1) 针对低成本的嵌入式数控系统,主要是使数控系统具有专用性、稳定性、可适应性、对于提高系统的竞争力上有很大的优势。(2) 针对数控系统开发的工具软件具有自己的知识产权。(3) 在通用计算机开发的平台上,将数控系统的功能软件化,提高系统的稳定性,同时降低成本。(4) 基于 CAN 总线研究,通过 CAN 总线简化系统结构,提高系统的可靠性和通用性,实现自动化和网络化<sup>[4-6, 11]</sup>。

#### **(6) 软件体系结构的设计:**

主要是针对嵌入式操作系统和嵌入式应用软件。对于数控系统而言最主要的是运动控制模块的设置,针对不同的机床工艺特点开发相应的应用软件以及相关的用户界面、加工程序的处理方法、各种加工的要求,提高系统的可靠性和可用性。同时需要使用嵌入式实时操作系统,通过嵌入式实时操作系统可以很好的处理和调度各种功能模块以及相关的需求。

#### **(7) 嵌入式数控系统在操作系统的发展趋势:**

嵌入式数控系统软件主要分为系统应用软件以及操作系统,针对嵌入式数控系统的特点主要是针对嵌入式实时操作系统。

主流的嵌入式实时操作系统: Linux、VXWORKS、PSOS、WINDOWCE、NNECULEUS、QNX、UC/OSII 操作系统,使用最为广泛的是 Linux 操作系统。VXWORKS 是一款强实时性的系统,对于系统的硬件调度、中断管理、实时任务通信以及实时系统的任务调度有很好的管理和调度功能。WinCE 不具备强实时性、源码不开放,不利于系统的移植。QNX 主要用于自动化控制领域,支持的软件一般,有一定的版权费用问题。PSOS 是由标准的组件组成,可裁剪的实时性操作系统,软件的成本高,对于新的软件的支持较少,无法满足嵌入式的系统的要求。Linux 由于是源码开放,对外免费、对于嵌入式系统硬件的支持很强,

同时针对不同的硬件平台以及相关的应用软件的支持很好,可以很好的移植以及相关的挂平台操作,系统内核的稳定性强。经过改进之后的 Linux 操作系统内核精简、高性能、稳定的特点,良好的多任务的支持、适用于多种体系架构、如 X86、ARM、SPARC、MIPS 等。可伸缩、可扩展、外设接口统一,通过应用程序的方式对外实现统一的接口,为应用程序提供统一的设备接口,为应用程序的扩展提供了接口。同时价格低廉源码开放、结构灵活、适用范围广、技术文档完善,便于用户的二次开发。通过 VFS 对外提供统一接口实现多种文件系统的支持。Linux 操作系统: 优缺点: 分析研究: RTLinux 操作系统的实时性研究设计,完成实时的任务调度机制。主要要点在于构架任务调度的主要的架构、实现人机交互环境、G 代码编译器、运动控制实时模块实现接口标准化、通用化的特点。最终在 Linux 平台下实现嵌入式系统的调度功能。在实现嵌入式数控系统中,重点之一是任务的调度,重点之二是针对相应的硬件来编写相应的设备驱动代码,通过编写驱动程序来实现对相应的设备的系统调度。通过使用 CAN 总线来实现系统的容错能力、提高系统的可靠性以及系统的纠错能力,RTLinux 针对的是软实时性较高的系统,当系统对硬实时性要求较高的时候不适合使用,而且在添加实时任务调度器的时候会出现算法复杂,系统的冗余增加、不便于移植等特点,只适用于实时性要求不高的数控系统。UC/OSII 操作系统具有多任务特性,将界面、文件系统、译码、伺服等功能单独的完成,便于项目管理、增强系统的可靠性。但是 UCOSII 在处理系统的中断处理函数的时候注意设置中断处理函数的优先级,在中断处理函数中很多的系统函数无法使用,对于一些在中断函数中才能完成的语句,必须解决在中断中系统函数无法调用的问题,这样在中断函数中才能很好的处理完成各种功能。适用于实时性要求较高的系统,主要是针对硬实时性较高的系统,在移植性和扩展性上很有优势,最主要的是开源、免费、降低了系统的成本。

由于嵌入式数控系统是一种软硬件结合

的体系结构主要是基于实时操作系统和 ARM 处理器为核心构建的系统,强调实时性、可确定性、低功耗、低成本。针对非实时的操作系统如 RTLinux、Windows NT、RTAI 等,在这些系统的基础上进行实时扩展主要是添加实时任务调度器来实现实时性的特点,加强系统对实时任务的调度和处理能力。但是由于添加实时任务调度器使得整个系统过于庞大,不便于移植和扩展,为跨平台移植、维护和功能扩展留下了隐患。UCS0II 是针对嵌入式微处理器的硬实时多任务内核操作系统,主要特点是便于移植、跨平台性强、可裁剪、可扩展、实时性强、源码开放。针对高精度加工的数控系统,系统的伺服周期短,硬实时性要求高、通过实时性扩展的 Linux 或者 Windows 操作系统无法满足要求,只有通过硬实时性强的 UCOSII 操作系统来实时响应外部中断,在实时性的任务调度和中断处理上实现硬实时的特点,同时通过基于优先级抢占和时间片轮转调度的策略来实现对任务的优先级进行排序,实现高优先级的任务得到 CPU 的控制权。通过分析对比可以得出当系统所要求的硬实时性很高的条件下可以选择 UC/OSII 操作系统,当系统所需的硬件实时性要求不高,并且可以通过软实时来实现实时任务调度的时候可以采用 RTLinux 或者 Wince,但是用于跨平台移植的时候可以采用 RTLinux,主要是由于 Wince 的源码对外只开放了一部分,在跨平台移植的时候会出现各种问题,同时系统的稳定性也无法得到保证<sup>[3, 7, 9, 10, 12]</sup>。

#### (8) 针对嵌入式应用软件的特点:

基于嵌入式操作系统的主要的操作包括以下几个方面(1)完成输入输出设备的驱动编写(2)实现人机交互界面(基于 QT 的人机交互界面的设计)(3)实现与底层设备之间进行通信(主要包括编译、控制、驱动)。(4)将基本的功能完成之后实现移植,在数控系统中完成相应的功能。针对嵌入式系统设备驱动来编写基于图形界面的的应用软件,实现人机交互、控制相关的硬件设备实现交互。数控系统中基于人机交互,实现安全、高效的完成任务,人机交互主要是通过图形用户界面来显示的[9-10]。

#### 结束语:

通过本文的论述可以得知,基于数控技术的嵌入式系统是一门综合性的学科,是由多种技术融合共同促进其发展的,同时随着各种技术的高速发展,出现数控技术是一种必然趋势。虽然在目前数控技术的发展还不够完善,但是随着科学技术不断的发展,我相信数控技术会得到很好的发展,对于很好的学习其他学科的优点,综合到对应的技术中,从而加快数控技术的发展。随着数控技术的发展又能很好的促进国民经济的发展,对于企业的发展提供了便利条件,有利于企业的快速发展。同时广泛使用的机电一体化技术也会逐步的完善,进一步发展。

#### References

- [1] Bing-Wei Gao, Shaojun Peng, Han Guihua, electro-hydraulic servo system fuzzy switching position and force control method, Int. J. Motor and Control, Vol.18, No.5, pp. 99-104, 2014.
- [2] Wang Xiang, Design Portable 429 bus tester Wince platform ,Int. J. Based on electromechanical product development and innovation, , Vol.27 , No.3 , pp.137-138 , 2014.
- [3] Zhang Ying, Yi Jinhua, Zhang Xiaoyu , study based on embedded Linux Users upper limb rehabilitation robot system , Int. J. Electronic technology, Vol.5, No.40, pp.14-17, 2014.
- [4] Chenrong Jun, Yu Xiangyun, Tan HungZhou, S3C6410-based wireless environmental monitoring system for remote electronic technology, Int. J. Electronic technology, Vol.5, No.40, pp.143-146, 2014.
- [5] Liu Shi Wei, ARM-based passenger counting system for wireless communications applications, Int. J. electronic world, No.6, pp. 21, 2014.
- [6] Tao Mabo. Research and design ARM variable pulp wind turbine electrical controlsystems , Int. J. Based electronic world , No.06, pp.39-40, 2014.
- [7] Standard Hong, Cai Jian Yong, suitable for database query technology embedded devices ,

Int. J. Computer system applications, Vol.23,No.5,pp.116-119, 2014.

[8] Liu Zhibin, Zhang Jian, support embedded system and its application in high-precision crystal oscillator analysis, Int. J. Computer system applications, Vol.23 , No 5, pp.222-227, 2014.

[9] Yangyou Bo, Fu Kun, Wu Qing, Liu Xu, SQLITE database migration on the UC / OSIII operating system , Int. J. Computer system applications, Vol.23, No 5, pp.236-240, 2014.

[10] Yan Li Zheng, Yang Yang, Li Peng , based QT electrical measuring instrument calibration system interface ,Int. J. Computer system applications, Vol.23, No.5, pp.241-244, 2014.

[11] He Wei, He Fei, Gu Ming, Coordination of distributed embedded systems software and hardware simulation platform, Int. J. Computer Engineering and Design, Vol.35, No. 5, pp.1607-1611, May 2014.

[12] Song Lihua, war Ying, Jianyang, Zhangxin Lei, Baoshi Kun, strategy design and implementation of embedded systems based S3C6410 sleep and wake, Int. J. Computer Engineering and Science, Vol.36, No.5, pp.790 - 796, May 2014