

可编程网络型运动控制卡的设计与实现*

林晓海¹, 郑力新²

(1. 华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021;

2. 华侨大学 工学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 设计出采用以太网接口代替传统 PCI 接口的网络型运动控制卡, 可以支持多个运动控制卡共享同一台主机, 降低了成本。提供较为丰富的硬件资源, 结合辅助开发软件, 以十分直观的方式可对运动控制卡的资源进行配置。同时, 提供基于 FreeRTOS 操作系统的多任务开发软件框架, 使得开发人员可以专注于运动控制流程的开发。

关键词: 可编程; 网络型; 运动控制卡

中图分类号: TP29

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)02-0031-04

The implementation of programmable network-based motion control card

Lin Xiaohai¹, Zheng Lixin²

(1. The College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;

2. College of Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 361021, China)

Abstract: A kind of motion control card based on Ethernet interface instead of the traditional PCI interface is designed, which allows multiple motion control cards to share a host, so that the costs of motion control systems are reduced. Rich hardware resources and develop assistant software are provided, making configurations of the resources of the movement control card are very intuitive. At the same time, the provided multiple tasks software framework based on operating system FreeRTOS allows developers to focus on the development of the movement control process.

Key words: programmable; network-based; motion control card

当今运动控制卡多采用 PCI 接口作为运动控制卡与 PC 进行数据传输的接口, 造成用户即使仅仅使用较少部分 PC 资源, 也必须配备一台 PC 或工控机, 未使用的 PC 资源不仅带来浪费的问题和维护上的麻烦, 也不利于系统的小型化。使用以太网接口代替传统 PCI 接口可以实现几个运动控制卡共享同一台主机, 不但可以降低成本, 同时便于运动控制卡集中管理^[1]; 随着运动控制的发展, 越来越多的机械设备厂商希望能够提供一个通用的可编程环境, 以方便对该领域较为熟悉的人员来完成编程任务。基于上述的两点需求, 本文设计出一款可编程网络型运动控制卡, 并给出软硬件的实现过程。

1 系统整体结构

图 1 为该系统的整体结构。通过对 PLT 格式的文件进行解析产生用于拟合运动轨迹的微小

线段的顶点坐标, 这些数据并没有将实际的运动特性考虑在内, 因此必须在辅助开发软件内对这些数据进行前瞻规划、加减速控制, 使得在满足系统实际运动特性的前提下更高速、更顺畅地加工。辅助开发软件将预处理后的加工数据通过以太网接口传送到运动控制卡, 并存



图 1 系统的整体结构

* 基金项目: 泉州市科技计划项目(2011G74)

硬件纵横

Hardware Technique

4 多任务软件框架

为了减轻开发人员的开发难度,在 FreeRTOS 的上层创建了多任务的软件框架,如图 7 所示。



图 7 多任务的软件框架

在该框架中创建了 6 个默认的任务,分别是:数据包解析任务、存储器管理任务、暂停任务、停止任务、回零任务、运行任务。开始时存储管理任务、暂停任务、停止任务、回零任务和运行任务都在等待相应信号量而挂起。

辅助开发软件通过以太网接口将数据传送到运动控制卡,每个数据包由数据包类型、数据包内容所组成,数据包解析任务通过解析数据包类型码来分别发送不同的信号量唤醒不同的任务。存储管理任务是板上 2 MB Flash 存储器进行写的守护任务,负责存储器的读入,任何任务需要读存储器都需要请求该任务来完成,同时在写存储器时不允许任何任务读存储器,从而避免读到无效数据。

暂停、停止、回零,运行任务的功能是通过抢占机制来实现的,各个任务的优先级分配如表 1 所示^[5]。当系统正在运行时如果发送暂停命令,由于暂停优先级比运行任务优先级高,所以会抢占运行任务的优先级。其他的优先级分配也是按照这个原则,其中在没有执行回零操作时优先级设置为 5 是为了能够抢占运行、暂停、停止这些任务的运行;而在执行回零过程中,将优先级降低为 2 是为了能够在回零过程中被暂停和停止。图 8~图 11 分别是运行任务、暂停任务、回零任务和停止任务的流程图。

表 1 优先级分配表

任务	优先级
存储器读写	8
以太网数据收发	7
运行任务	1
暂停任务	3
停止任务	4
回零任务	执行回零操作前优先级为 5, 执行回零时优先级为 2

在系统运行过程中有时需要接收外围设备的输入信号,例如在一些设备中存在一些按钮,运动控制卡需要接收这些按钮信息,并对这些按钮的相应函数进行编

程,例如调用暂停信号量来唤醒暂停任务,此时这个按钮就具备了暂停功能;又如在运动过程中可能需要给电磁阀一个触发信号来执行对外围设备的控制等,这部分就是可编程 IO 功能^[6],可编程输入引脚连接到 ARM 的中断引脚中,当有外部输入时触发中断,进而调用外部中断服务函数,因此只需在中断服务代码中编写相应的程序就可以实现对应的功能。下面是连接设备暂停按钮的中断服务函数:



图 8 运行任务

程,例如调用暂停信号量来唤醒暂停任务,此时这个按钮就具备了暂停功能;又如在运动过程中可能需要给电磁阀一个触发信号来执行对外围设备的控制等,这部分就是可编程 IO 功能^[6],可编程输入引脚连接到 ARM 的中断引脚中,当有外部输入时触发中断,进而调用外部中断服务函数,因此只需在中断服务代码中编写相应的程序就可以实现对应的功能。下面是连接设备暂停按钮的中断服务函数:



图 9 暂停任务

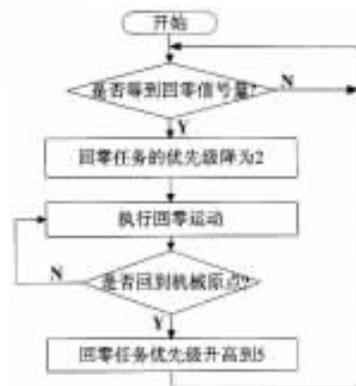


图 10 回零任务

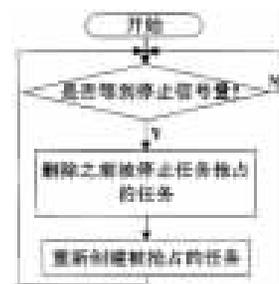


图 11 停止任务

```
void Suspend_IRQHandler(void)
{
    if(EXTL_GetITStatus(EXTL_Line0) != RESET)
    {
        xSemaphoreGive(SuspendCMD);
        EXTL_ClearITPendingBit(EXTL_Line0);
    }
}
```

可编程输出功能是通过软件中断来实现的,在运行任务中可以调用软中断指令,使得程序转到软件中断服务程序中。在转入软件中断服务程序之前,开发人员需给出触发引脚编号、脉冲模式或电平模式、电平类型等信息,需要使用如下的 MC_PO 类型来创建一个结构体变量,并对这个结构变量的对应成员变量赋值。为了实现多个引脚同时输出,在软件框架中定义了 16 个 MC_PO 类型的变量,每个变量对应一个可编程输出引脚的信息,同时创建一个 16 个元素的数组 MC_PO_Pins[16] 用于存放需要输出的引脚的标志。在软件中断服务程序中通过查询这个数组来调用需要输出信号引脚对应的函数。这样就使得耦合性较低,软件框架结构更为清晰。

```
typedef struct ProgrambleOut
{
    short Pinnum;           //输出引脚编号
    short Type;            //类型:电平模式,脉冲模式
    union{
        short LowHigh;     //高电平还是低电平
        short PlusWidth;   //脉冲信号宽度
    };
} MC_PO;
```

开发人员需要调用可利用的函数库(ST公司提供的固件库函数以及系统已经封装好的 API 函数、FreeRTOS API 等)来编写运行任务。在运行任务中,需要完成的工

作是读取存储器中的数据,传到 FPGA 执行插补,由 FPGA 来输出给予驱动器的方向脉冲信号。同时编写希望响应的外部输入/输出的服务函数,这些函数借助已经编写好的软件框架就可以运行。

设计出一款可编程网络型运动控制卡,使用以太网接口作为数据传输接口,使得多运动控制卡可以共享同一台主机,结合辅助开发软件可以以直观的方式对板卡上的资源进行配置。同时将辅助开发软件集成到 Keil μ Vision4 中方便了开发过程,并建立了运行于 FreeRTOS 实时操作系统上的多任务软件框架,通过降低任务间的耦合性来使得框架结构更加清晰。

参考文献

- [1] 云利军,孙鹤旭,雷兆明,等.工业网络的发展及其在运动控制中的应用[J].微型机与应用,2005,24(9):4-6.
 - [2] 齐珊.多轴运动控制系统设计[D].天津:天津大学,2008.
 - [3] 谢辉.基于以太网的分布式运动控制系统研究与实现[D].大连:大连理工大学,2008.
 - [4] 李宁.ARM MCU 开发工具 MDK 使用入门 [M].北京:北京航空航天大学出版社,2012.
 - [5] BARRY R. Using the FreeRTOS real time kernel(A practical guide opened)[EB/OL].(2009-xx-xx)[2013-10-23].
<http://www.FreeRTOS.org>.
 - [6] 朱阁,郑力新,林晓海.基于 ARM Cortex-M3 的运动控制系统与算法设计[J].微型机与应用,2013,32(1):77-79.
- (收稿日期:2013-10-23)

作者简介:

林晓海,男,1987 年生,硕士研究生,主要研究方向:运动控制开发。

郑力新,男,1967 年生,硕士研究生导师,主要研究方向:机器视觉与智能控制。