

一种单片机通讯处理中断的新方法

A New Method of the Communication Interrupt Processing

(1.中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所空间一部;2.中国科学院研究生院) 杨东军^{1,2} 方伟¹

YANG Dong-Jun FANG Wei

摘要:在MCU的中断被触发时,一般直接在中断处理函数里完成要执行的指令,但当遇到执行时间较长的指令时,例如上位机控制电机转动,如果仍然在中断处理函数中执行,则需要占用大量中断处理时间,对MCU的及时响应产生一定的影响。本文借鉴Linux系统的中断处理思想以及FPGA状态机思想,提出了一种利用状态机进行当前状态判断的方法。在中断处理函数里,对占用指令周期短的命令可直接在中断处理函数里执行,而对于占用时间长的命令,只做接收,处理过程放在主函数里执行。实验证明,这种方法可有效提高系统的响应性,同时方法简单,容易掌握。

关键词:中断处理; MCU; 状态机; 电机控制

中图分类号: TP368

文献标识码: A

Abstract: When the MCU interrupt triggered, the instructions are executed in the interrupt processing functions normally. However, when the instructions execution time is longer, such as the electric machine control by the PC, if the instructions are still executed in the interrupt processing functions, this will use more interrupt processing time, and the system can't trigger the interrupt immediately. Base on the methods of interrupt processing of the Linux system and the state machine method of the FPGA, it gives a new method to judge the present state using the status machine in this article. In the interrupt processing function, the short time instructions can execute in the interrupt processing function directly, but to the long time instructions, just as receiver, and the instructions can process in the main function. Experimental verification, this method is simple and easy to learn, and improves the system response.

Key words: interrupt processing; MCU; state machine; electric machine control

技术创新

1 引言

在相敏绝对辐射计光辐照度测量系统中,在串口控制电机控制快门开关的同时,需要同步进行光辐照度测量采集、温度测量和计数器的同步触发。在编写单片机串口通信控制时,为了能及时响应上位机对底层硬件系统的控制,不使用轮循法,而采用了将串口的接收设为中断的方式。当上位机发送电机转动的命令时,在接收中断函数里直接处理,等电机转动完毕后,再继续执行光辐照度采样、温度测量及定时器同步触发。这样的做法虽然保证了系统的执行,但却耗用了大量的时间,使得电机串口控制和光辐照度采集及温度测量不能同步,满足不了系统的要求。

本文利用MCU有别于FPGA的特点同时还具有硬件编程统一思想的特点,将状态机和系统软件中断处理思想结合起来,提出了一种在MCU中实现对系统串口通信中断处理的新方法。应用结果表明:该方法明显提高了系统的响应度,简化了系统的调度机制,实现过程切实可行。

2 系统工作原理

在较高级的处理器里面大多都有操作系统来完成系统中断的处理分配,比如ARM中的Linux系统、DSP中的DSP/BIOS系统等。它们都使用了一种称为是软中断处理机制,以Linux为例,Linux中的软中断机制用于系统中对时间要求最严格以及最

重要的中断进行使用。在系统设计过程中,由于中断上下文不能处理太多的事情,而且中断需要快速的返回,否则很容易导致中断事件的丢失,这就产生了一个问题:中断发生之后的事务处理由谁来完成?在前后台程序中,由于只有中断上下文和一个任务上下文,所以中断上下文触发事件,设置标记位,任务上下文循环扫描标记位,执行相应的动作,也就是中断发生之后的事情由任务来完成了,但由于任务上下文采用扫描的方式,实时性不能得到保证。在Linux系统和Windows系统中,这个不断循环的任务就是本文所要讲述的软中断机制。在Windows中处理耗时的中断事务称之为中断延迟处理,在Linux中称之为中断下半部,显然中断上半部处理清中断之类十分清闲的动作,然后在退出中断服务程序时触发中断下半部,完成具体的功能。

而有限状态机是在FPGA里应用最广的一种编程思想,因为状态机更符合硬件工作机制,有限状态机(FSM)是一种算法思想,简单而言,有限状态机由一组状态、一个初始状态、输入和根据输入及现有状态转换为下一个状态的转换函数组成。其结构如图1所示:

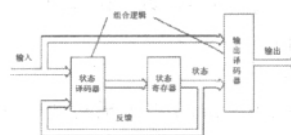


图1 状态机的结构示意图

3 实现方法

通常在编写串口中断处理函数时,经常以下面方式进行。假

杨东军:在读博士 实习研究员

基金项目:基金申请人:杨东军;项目名称:相敏绝对辐射计关键技术研究;基金颁发部门:吉林省科技厅(20090117)

定系统正常工作时为一个数据采集动作,并通过串口上传至上位机,而上位机可能会根据需要将硬件系统执行电机转动及发送一段脉冲动作,串口中断接受上位机发送命令和系统主程序如下。

串口中断接收上位机发送的命令代码如下:

```
void uart_rx(void) interrupt 4 {
    unsigned char tmp;//暂时存放串口数据 ?
    if(TI0) //如果是发送中断 ,则不做处理
    { ;//TI0 = 0;//不做任何动作,直接返回 }
    else if(RI0)//如果串口有字符接收进来
    {
        tmp =SBUF0; //将串口数据接收进来
        switch(tmp){
        case motor:
            motor_driver(tmp);//电机转动函数
            break;
        case pulse:
            pulse_tx(tmp);//发送脉冲命令
            break;
        default:break;}
        RI0 = 0;//清除中断标志
    }
}
```

系统主函数如下:

```
void main(void){
    Init_MCU();//系统初始化
    int data;
    while(1)
    {
        data = Read();//进行数据采集的执行
        uart_tx(data);//将数据发送出去
    }
}
```

由这段程序可以看出,在执行电机控制命令时是无法进行脉冲发送命令的,因为电机执行占用了中断处理,在系统没有退出当前中断之前,系统是不能再次进入该中断的。于是利用上面的介绍,将软中断处理方法和状态机思想应用在 MCU 编程中,修改上面的程序。

static unsigned char state_machine = Read; //定义一个全局变量做为状态机指示位

```
void uart_rx(void) interrupt 4{
    unsigned char tmp;//暂时存放串口数据 ?
    if(TI0) //如果是发送中断 ,则不做处理
    {?;//TI0 = 0;//不做任何动作,直接返回}
    else if(RI0)//如果串口有字符接收进来
    {
        tmp =SBUF0; //将串口数据接收进来
        switch(tmp){
        case motor:
            state_machine = tmp;//将电机转动命令传给状态机
            break;
        case pulse:
            pulse_tx(tmp);//发送脉冲命令
            ?
            state_machine =Read;//当前状态重置为
```

read

```
break;
?default:
state_machine=Read;//当前状态重置为 read
break;}
RI0 = 0;//清除中断标志
?}}
void main(void)
{
    Init_MCU();//系统初始化
    int data;
    ?while(1)
    {
        switch(state_machine)
        {
        case motor:
            motor_driver(tmp);//电机转动函数
            state_machine = Read;//当前状态重置为 read
            break;
        case Read:
            data = Read();//进行数据采集的执行
            uart_tx(data);//将数据发送出去
            state_machine=Read;//当前状态重置为 read
            break;
        ?default:
            state_machine=Read;//当前状态重置为 read
            break;
        }
    }
}
```

该程序的状态机描述如图 2 所示:

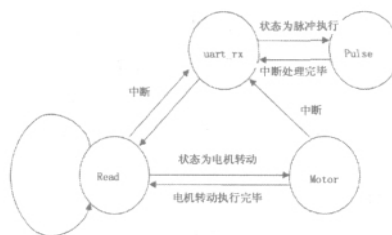


图 2 系统状态机图

4 实验结果及结论

利用文中方法,相敏绝对辐射计光辐照度测量系统实现了温度测量、定时器同步触发、电机控制以及电机行程测量采集等功能,明显提高了系统的响应度,简化了系统的调度机制。另外,该方法也同样适用于其它中断处理程序,方便系统调度。

本文作者创新点: 本文结合状态机和系统软件中断处理思想,提出了一种在 MCU 中实现对系统串口通信中断处理的新方法,明显提高了系统的响应度,简化了系统的调度机制。

作者对本文版权全权负责,无抄袭。

参考文献

- [1]杨东军,方伟,叶新等.绝对辐射计参数测量的实现[J].计算机测量与控制,2009,17(10):1892-1894.
- [2]汪龙祺.基于单片机控制的增益自动转换设计[J].微计算机信息,2007,6-2:89-91.

(下转第 46 页)

计特征化处理、关联规则数据挖掘、孤立点分析数据挖掘等。数据属性概化处理通过将各部门数据集通过概念分层和属性归纳形成不同层次需求的数据,满足数据挖掘上卷和下钻的要求;数据汇总统计特征化处理完成数据的均值、方差、中位数等计算,保证趋势分析和基准数据产生的需要;关联规则数据挖掘分析测试质量的任务关联、软件质量的研制单位关联、软件问题规则关联等,从而形成具有决策意义的关联规则描述;孤立点分析数据挖掘用于发现测试项目中出现异常的行为数据,包括测试质量偏离严重、测试分析极度不充分、测试用例设计过少或者过大以及软件缺陷率过高的测试项目。

数据挖掘的结果用多种形式显示给用户,包括查询/报表、统计图形、规则表示和基准数据集。查询/报表显示不同层次的数据挖掘结果,粒度可调;统计图形用直方图、饼图、线图等形式显示出统计挖掘的结论;规则表示用形式化的方式描述挖掘出的特征或模式;基准数据集直接用数据结果描述挖掘出的有用数据,主要包括万行测试项数、万行用例数、万行缺陷数、代码复杂度、缺陷消除率等数据结果。

3 系统应用实例

我们利用 AESTM,从 2006 年起开始收集装备软件的动态测试度量数据,主要包括代码规模行、功能项数、测试用例数、未执行用例数、未通过用例数、软件问题数等。并利用这些数据开展了测试项目质量控制的聚类分析,以此进行测试项目的质量控制。表 1 列出了对 16 个测试项目的聚类分析结果。分析的方法是首先对原始数据进行极差无量纲化处理,然后进行主成分分析,得到的特征值向量为 $[2.64, 1.7, 1.2, 0.2, 0.07, 0.01]$,选取前 3 个主成分对项目数据利用 K 近邻法进行聚类,得到 4 类。通过对各类的实际分析发现,类 4 所包含的成员只有 1 个项目,并且多次分类的结果均将该项目聚为了单独的一类,说明该项目为离群项目,需要重点关注,其主要原因是该项目的被测软件确实存在比较大的问题,导致万行问题数过大。经过实际系统分析,类 1 大多为指挥系统,主要为 Windows 程序,类 2 为武器系统,主要为嵌入式程序,类 3 为侦察装备,其中既有嵌入式程序,也有 Windows 程序,实际分析结果表明聚类有效。从该表中看出类 1 和类 2 的万行用例数基本相当,但类 3 的缺陷发现率比较高,这是否说明类 3 中的项目成效最高呢?但经过考察表明其中很多测试用例的编写不符合测试用例明确化的准则,而是大多用例采用不确定性的描述所致。对类 2 的万行用例数和缺陷发现率分析表明,类 2 的万行用例数偏大,缺陷发现率偏低。类 1 中的项目缺陷发现率适度,万行用例数也没有明显偏离,经查该类项目基本为中心的高级测试师组成的测试组完成的,因此可以将类 1 的万行用例数及缺陷发现率做为对指挥系统测试的基准数据,以此对中心测试项目进行质量控制。

表 1 测试项目聚类分析

	类 1	类 2	类 3	类 4
类成员数	3	6	6	1
规模行	59	17	13	8
用例数	1974	1035	441	678
问题数	204	60	96	361
万行用例	33	61	34	84
万行问题	3	4	7.3	45

4 结论

AESTM 的开发和应用,不仅促进了测评中心完成软件测评项目的效率,同时集成的数据挖掘接口为测评中心开展装备软件特性的分类研究以及装备软件测试的基准数据的确定奠定了基础。今后的工作是进一步收集更多的装备软件动态测试数据,同

时将一些典型的软件静态度量工具如 Testbed、Macabe、Logiscope 等集成到测评管理系统中,收集软件的规模、复杂度、节点数等静态度量,以此进一步研究软件静态度量与软件缺陷的关系。

本文作者创新点:采用 DCOM 开发了可满足多人协同、可进行数据挖掘服务的软件测评管理系统,解决了追踪关系链定义、文档双向生成等关键技术。

作者对本文版权全权负责,无抄袭。

参考文献

- [1] Davis G. Managing the Test Process. In: Proc. of Intl. Conf. on Software Methods and Tools, 2000. 119~126
- [2] Hefner R H. Collaborative Test Management. In: Proc. of the 26th Annual NASA Goddard Software Engineering Workshop, 2001
- [3] 李敏. 数据挖掘在辅助决策系统的研究 [J]. 微计算机信息, 2004, 20(5): 96~97
- [4] 江伟等. Vagu 聚类分析在模式识别中的应用 [J]. 微计算机信息, 2007. 11~1: 209~210

作者简介: 陈策(1975-),男(汉族),山西万荣人,南京理工大学博士研究生,北京特种机电研究所工程师,主要研究方向:软件工程、软件测试、模式识别。

Biography: CHEN Ce (1975-), male (Han ethnic), Wanrong, Shanxi, PH.D. student of Nanjing University of Science and Technology, Engineer of Beijing Institute of Special Machine and Electricity, Major: Software engineering, software testing, datamining.

(290014 江苏 南京 南京理工大学计算机科学与技术学院) 陈 策 赵春霞

(100012 北京 北京特种机电研究所) 陈 策

(School of Computer Science, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210094, China) CHEN Ce ZHAO Chun-xia

(Beijing Institute of Special Machine and Electricity, Beijing 100012, China) CHEN Ce

通讯地址: (100012 北京市安定门外北苑 1 号院 5 室) 陈 策

(收稿日期: 2010.06.22) (修稿日期: 2010.09.22)

(上接第 12 页)

[3] 杨东军, 方伟, 叶新等. 太阳辐射监测仪遥测信号采集系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(9): 1851~1853.

[4] 杨东军, 方伟, 叶新. 太阳辐射计自动跟踪系统的设计 [J]. 微机计算机信息, 2009, 25(8-1): 16~17.

作者简介: 杨东军(1979.8-),男,汉族,光学工程专业,在读博士,中科院长春光机所实习研究员,主要从事微弱信号监测及太阳辐射计量领域的研究; 方伟(1965.1-),女,汉族,中科院长春光机所研究员,博导,主要从事空间辐射计量研究。

Biography: YANG Dong-jun (1979.8-), male, Han, optical engineering profession, doctoral candidate, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, practices research worker, Mayor Research field: weak signal detect and Solar Radiation Measurement.

(130033 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所空间一部) 杨东军

(100039 中国科学院研究生院) 杨东军 方 伟

通讯地址: (130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号空间一部 330 房间) 杨东军

(收稿日期: 2010.07.14) (修稿日期: 2010.10.14)