

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.029

基于 IEC 61131-3 的运动控制模块设计

金丽娟¹, 严 义^{1*}, 刘 罡²

(1. 杭州电子科技大学 计算机学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江陀曼精密机械有限公司, 浙江 新昌 312580)

摘要: 针对不同平台的运动控制编程语言不兼容问题, 使用了符合 IEC 61131-3 国际标准的运动控制功能块进行编程。当前基于梯形的运动控制功能块的开发仍是一个难题, 以 DSP-PLC 架构的电梯门机控制系统为基础, 提出了一种基于 IEC 61131-3 国际标准的运动控制模块的实现方法, 设计了一系列符合 IEC 61131-3 国际标准的运动控制模块。通过 DSP 实现了运动控制模块中的运动控制算法, 并将该模块内嵌于梯形图中, 从而达到了利用梯形图对运动过程进行控制的目的。对分别采用运动控制模块实现和梯形图实现的绝对定位算法进行了对比分析。研究表明, 采用运动控制模块的方法具有实现简单、生成代码量少等优点, 该运动控制模块实现方法适用于运动控制过程, 对减少重复开发、简化编程有较好的效果。

关键词: IEC 61131-3; DSP-PLC; 运动控制功能块; 运动控制模块

中图分类号: TP311 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0759-05

Design of motion control module based on IEC 61131-3

JIN Li-juan¹, YAN Yi¹, LIU Gang²

(1. College of Computer, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

2. Zhejiang TOMAN Precision Machinery Co., Ltd., Xinchang 312580, China)

Abstract: Aiming at the compatibility problem of motion control programming language on different platform, the motion control function blocks based on the IEC 61131-3 international standard were used to program. Currently, the development of motion control function blocks based on the ladder diagram is still a problem. Based on the elevator door machine control system of DSP-PLC architecture, a realization method of motion control modules was put forward and a series of motion control modules were designed in accordance with IEC 61131-3 international standard. The motion control algorithms were of motion control modules were realized by the DSP and the modules were embedded in the ladder diagram, so as to use the ladder diagram to control motion process. Absolute positioning algorithms were realized respectively by motion control module and ladder diagram were analyzed. The results indicate that the motion control modules are easy to realize and generate a small amount of code. The realization method of motion control modules is suitable for motion control process, can reduce duplication development and simplify programming.

Key words: IEC 61131-3; DSP-PLC; motion control function block; motion control module

0 引 言

以 IEC 61131-3 功能块概念为基础的运动控制功能块^[1]是 PLCopen 组织提出的通过 PLC 编程方式来进行运动控制程序设计的功能块。然而, 在相当长的一段时间内, 运动控制功能块在实现上并没有统一的运动控制编程语言标准。如文献[2]提出了采用数控领

域中的 G 代码或类 G 代码编程语言进行运动控制程序开发; 文献[3-4]提出了采用类 C、Basic 或 Pascal 等高级语言用于运动控制程序开发; 文献[5]提出了使用自定义的专用高级语言完成运动控制程序开发。这些语言实现的运动控制指令在不同平台中的功能并不完全相同, 导致了运动控制程序可移植性差的问题, 而运动控制编程语言的非标准化导致用户在使用

收稿日期: 2013-01-10

作者简介: 金丽娟(1988-), 女, 浙江东阳人, 主要从事智能与控制方面的研究。E-mail: jinlijuan19880126@163.com

通信联系人: 严 义, 男, 教授, 硕士生导师。E-mail: yybjyyj@163.com

不同运动控制语言进行运动控制程序开发时难度加大,用户不得不把大量的时间用在熟悉特定的运动控制编程语言上,导致程序开发效率不高。另一方面,G代码以及类C、Basic等高级语言的可读性较差,对编程者的知识水平要求较高。

因此,本研究提出采用IEC 61131-3标准^[6]的功能块编程语言作为运动控制编程语言,将运动控制编程和逻辑控制编程在PLC中无缝集成^[7],从而实现运动控制功能块的标准化。标准化后的功能块可以在不同平台间互相移植,极大地提高了运动控制程序的开发效率,减少了开发时间和成本^[8]。而且,运动控制功能块这种图形化编程方式拥有极高的直观性、易操作性以及可读性,从而降低了对编程者的受教育水平的要求。

文献[9-10]对高性能DSP可编程逻辑控制平台进行了研究,并且在DSP平台上实现了PLC功能,完成了基于DSP内核引擎的DSP-PLC架构的设计。通过将DSP-PLC架构应用于电梯门机控制系统中,证明DSP-PLC构架的系统具有执行效率高、可靠性强、运算精度高和响应速度快等优点。

因此,笔者研究在基于DSP-PLC架构的电梯门机控制系统中,设计一系列符合IEC 61131-3国际标准的运动控制模块,将该模块内嵌于梯形图^[11-12]中,从而达到利用梯形图对运动过程进行控制的目的。

1 主、从结构分析

主、从结构系统^[13]如图1所示,由主、从CPU构成,所以运动控制过程需要由主、从CPU协调完成。主、从CPU之间通过总线进行信息交互。

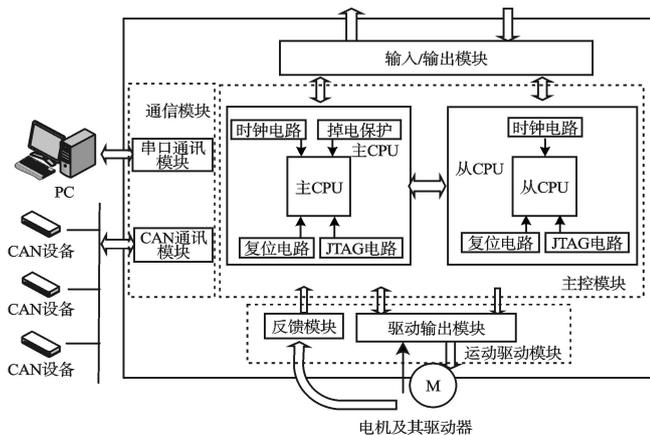


图1 主、从结构系统

主CPU在运动控制上的主要任务有:接收运动控制参数,并将其与从CPU进行同步;接收来自从CPU的PWM脉冲,以确定当前系统发送的脉冲数;接收来自外部的反馈信号;计算并判断当前的运动状态;对从CPU发送运动控制命令等。

从CPU在运动控制上的主要任务有:与主CPU同步运动参数;进行插补运算;执行运动控制输出,发送PWM脉冲;接收主CPU发送的运动命令,并改变相应的运动输出状态等。

主、从CPU之间采用紧耦合的体系结构模型,共享一个虚拟的存储空间。虚拟内存共享结构图如图2所示,CassMem就是两个CPU用于共享变量的虚拟存储空间,任何一个CPU对该内存空间的写操作都将同步到另一个CPU,实现内存的共享。

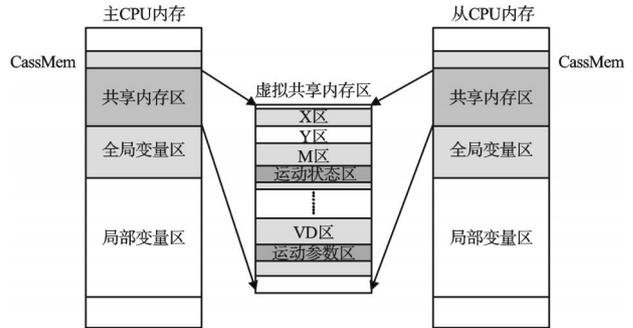


图2 虚拟内存共享结构图

2 DSP运动控制器

以DSP芯片为核心处理器的运动控制器^[14]如图3所示,其将PC机的信息处理能力、开放式特点与运动控制器的运动轨迹控制能力有机地结合在一起,具有信息处理能力强、开放程度高、运动轨迹控制准确、通用性好的特点。

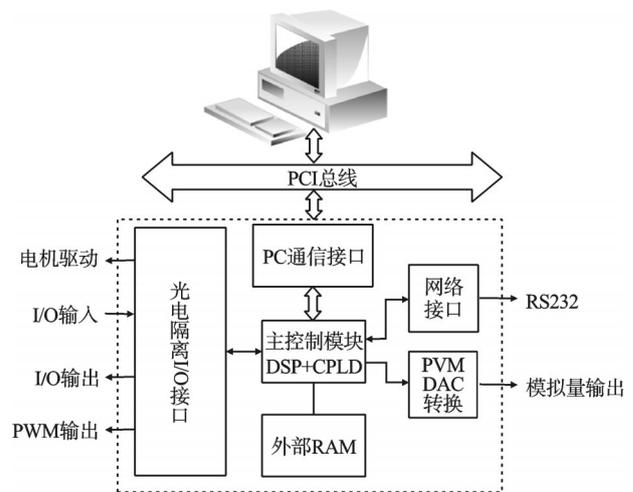


图3 DSP运动控制器

基于DSP的控制器系统是一个单片系统,因为整个系统控制所需的各种功能都可由DSP来实现,从而可以大幅度缩小系统体积,减少外部元器件个数,增加系统可靠性。另外,由于各种功能都通过软件编程来实现,目标系统升级容易,扩展性和维护性都很好。同时,DSP的高性能使系统既可满足那些要求比较低的场合,也可以满足那些对系统性能和精度要求

较高的场合。

总之,基于DSP芯片构成的运动控制器是运动控制系统实现技术的发展方向。本研究将运算高速、功能强大的DSP应用于开放式运动控制器中,构成一种高精度、高速度、多轴控制、体积小、集成度高的运动控制系统,具有广阔的应用前景。笔者以DSP运动控制器为研究对象。

3 MC_MoveAbsolute 模块介绍

运动控制功能块分为单轴、多轴和轴组3类,从功能上划分,运动控制功能块又可分为管理类功能块和运动类功能块两类,管理类功能块用于读写运动参数和状态等,运动类功能块的作用是驱动单轴、多轴和轴组的运动。

MC_MoveAbsolute 运动控制模块的图形化表示如图4所示,MC_MoveAbsolute 绝对定位模块是典型的运动控制功能块,该功能块的作用在于通过给定的速度、加速度、减速度、加加速度和方向参数,控制轴完成目标位移。

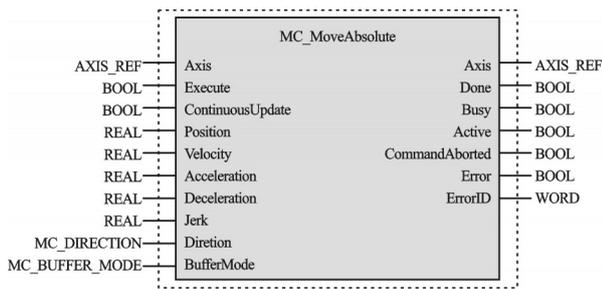


图4 MC_MoveAbsolute运动控制模块的图形化表示

MC_MoveAbsolute 模块中输入/输出参数的详细信息如表1所示。

4 MC_MoveAbsolute 模块实现过程

运动控制功能块的执行分为参数配置与状态监控模块和运行处理模块两部分。这两个模块在两个相互独立执行周期内运行,其中参数配置与状态监控模块只负责参数的配置及状态的读取和写入,而驱动运动的功能由运行处理模块实现。

管理类功能块只运行在参数配置与状态监控模块中,而运动类功能块既在参数配置与状态监控模块中执行,又在运行处理模块中执行,这样就在软件层面保证了功能块输入/输出控制的实时性。

本研究以MC_MoveAbsolute 为例,对单轴运动类功能块的实现给予详细描述。

其处理流程如图5所示:

- (1) 读取输入引脚参数值。
- (2) 对输入参数的合法性进行判断,这一判断过

表1 MC_MoveAbsolute 模块中输入/输出参数

输入/输出变量			
B	Axis	AXIS_REF	轴参数信息结构体
输入变量			
B	Execute	BOOL	上升沿启动
E	ContinuousUpdate	BOOL	为true时:参数值可实时修改。
B	Position	REAL	运动到指定的位置(可正可负)
B	Velocity	REAL	最大速度值(不一定达到)
E	Acceleration	REAL	加速度值(为正)
E	Deceleration	REAL	减速度值(为正)
E	Jerk	REAL	加加速度值(为正)
B	Direction	MC_DIRECTION	数值类型(1-4: 正方向、最短路径、负方向、当前方向)
E	BufferMode	MC_BUFFER_MODE	定义轴行为:异常中断、缓冲、混合
输出变量			
B	Done	BOOL	最终到达指定位置
E	Busy	BOOL	功能还未完成
E	Active	BOOL	表示功能块正在控制轴的动作
E	CommandAborted	BOOL	被另一命令中止
B	Error	BOOL	表示出错
E	ErrorID	WORD	识别错误类型

注:B(Basic)—基本变量(必须包含);E(Extended)—扩展变量(可选)。

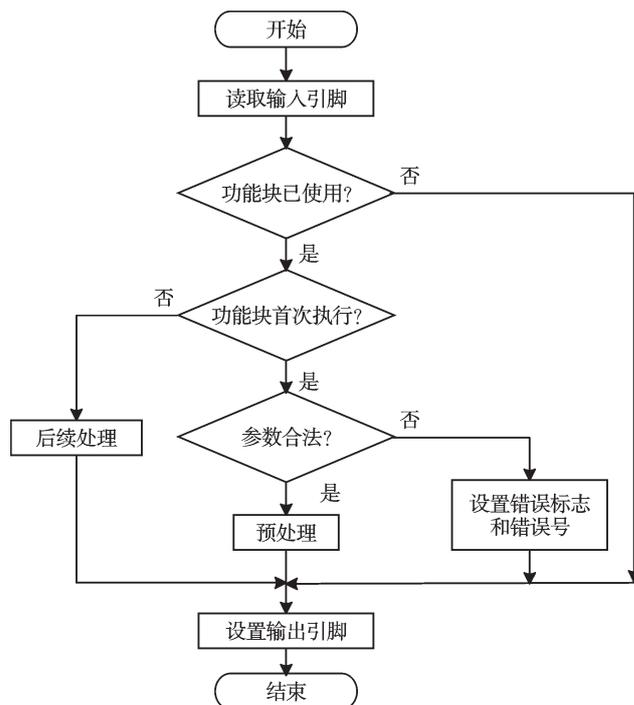


图5 运动类功能块处理流程图

程包括以下部分:系统运行是否已使能,方向参数对应方向是否已使能,轴号 Axis 是否超过存在,输入参数位移、速度、加速度、减速度和加加速度等运动参数是否小于零,是否介于极限参数之间。如果出错,则设置错误标志位 Error 和错误号 ErrorID。

(3) 如果输入参数合法,则设置目标参数,包括目标位置、速度、加速度、减速度和加加速度等,然后进行功能块执行处理。

这一处理分为功能块首次运行的预处理和功能块后续执行的处理:

① 预处理。预处理是指对运动参数的预处理,即根据输入的运动参数预先判断能否实现既定的控制目标,即判断运行条件能否满足。如果能,则将轴的目标工作状态置为相应状态,运行处理模块根据这一状态调用相应处理函数进行运行处理,以驱动轴按照运动参数进行相应运动。否则,根据错误信息将错误标志位 Error 置1,将错误号 ErrorID 置为相应的值。

在预处理完成之后,参数配置与状态监控模块将用户对功能块输入的运动参数以及预处理中计算出的运动参数通过交互接口交给运行处理模块,运行处理模块启动轴的运行控制,实现包含速度、位置和状态等下一运动点信息的计算及控制输出的功能,并在该计算过程中设置轴的实际位置、实际速度、实际加速度和实际减速度。

② 后续处理。判断是否已到达目标位置,如果已到达,则功能块功能执行结束,done 置1;否则,done 置0,并继续执行以下处理:判断该功能块是否被后续执行的功能块打断,即在该功能块运行结束前,该功能块所驱动的轴是否又同时被其他运动类功能块所驱动。如果被打断,则置输出引脚标识 CommandAborted 为1,否则为0。

(4) 设置输出引脚参数值。

绝对定位功能块在运行处理模块中的实现通过调用 MC_MoveAbsolute 所处的工作状态的运行控制函数完成,该函数对轴的运行加速度、减速度、速度和位置等运动相关参数进行计算并将位置和速度存入单轴点队列中,并在计算过程中对运行状态和速度状态等状态信息进行实时切换。参数配置与状态监控模块读取轴当前的运行状态参数,并将状态写入到该功能块的输出引脚,以使用户观察和使用。

5 实验结果

5.1 使用 MC_MoveAbsolute 运动控制模块实现绝对定位

使用运动控制模块实现绝对定位的梯形图如图6

所示,该梯形图中使用了 MC_MoveAbsolute 运动控制模块,系统可以根据输入参数值控制电机的“加速—匀速—减速”运动。

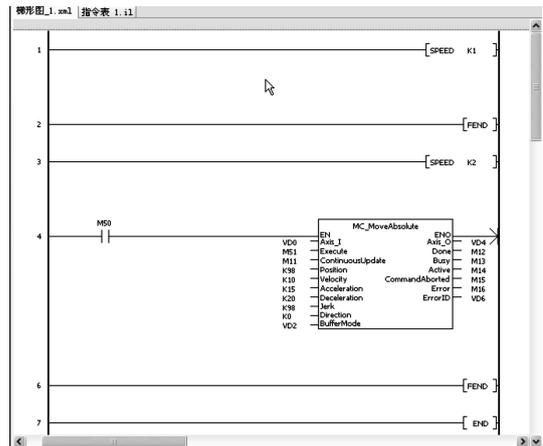


图6 使用运动控制模块实现绝对定位

5.2 使用普通梯形图实现绝对定位

绝对定位的梯形图代码如图7所示,右边的注释语句为对应的功能注释。该普通梯形图核心语句共有18条,整个代码主要使用数据传送指令(MOVW)、加法指令(ADDW)、减法指令(SUBW)、无符号区间比较指令(ZCPW)、无符号比较指令(CMPW)。

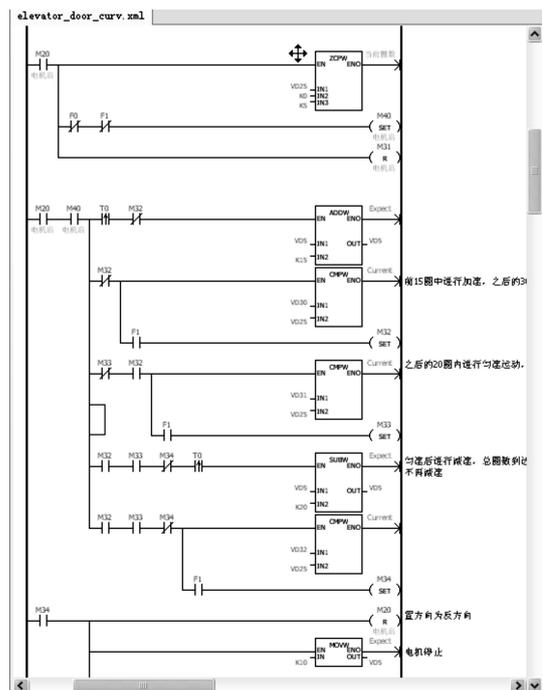


图7 使用普通梯形图实现绝对定位

5.3 MC_MoveAbsolute 运动控制模块与普通梯形图实现方法对比分析

本研究从梯形图大小、数据内存空间、可读性对分别采用运动控制模块实现和普通梯形图实现的绝对定位算法进行对比分析,其对比结果如表2所示。从表2中可以看出,基于运动控制模块实现的绝对定

位算法,相比普通梯形图实现方法,减少了代码量,并占用更少的数据内存空间。此外,运动控制模块具有更好的可读性。

表2 绝对运动控制算法的普通梯形图和运动控制模块实现方法对比

实现方式	梯形图大小 /KB	数据内存空间 /B	可读性
运动控制模块	11	16	精简,可读性较好
梯形图	78	19	冗长,可读性一般

6 结束语

以DSP-PLC架构的电梯门机控制系统为基础,笔者提出了一种基于IEC 61131-3标准的运动控制模块的设计与研究方法,并对分别采用运动控制模块实现和梯形图实现的绝对定位算法进行了对比分析。实验结果表明:采用运动控制模块的方法具有实现简单、可读性好、生成代码量小等优点。

在下一步的研究中,可以设计更复杂的符合IEC61131-3标准的运动控制模块,从而方便工业上的运动控制过程。

参考文献(References):

- [1] 张丕鑫. 基于PLCopen的运动控制功能块研究与实现[D]. 大连:大连理工大学机械工程学院,2011.
- [2] 田永中. 开放式数控系统中G代码编译器的设计与研究[D]. 乌鲁木齐:新疆大学机械工程学院,2010.
- [3] 陈东. 嵌入式运动控制器高级语言设计与实现[D]. 济

南:山东大学机械工程学院,2005.

- [4] 董红丹. 单片机数控系统软件及运动控制语言的设计与研究[D]. 西安:西安理工大学机电工程系,2007.
- [5] 夏露露. 基于运动控制器的运动控制语言的设计[D]. 济南:山东大学机械工程学院,2007.
- [6] 王明武,张士勇,陈应舒. IEC61131-3编程语言的现状与发展[J]. 陕西:陕西理工学院机械工程学院,2010.
- [7] SUNDER C,ZOITL A,MEHOFER F,et al. Advance use of PLCopen motion control library for autonomous servo drives in IEC61499 based automation and control systems [J]. *Elektrotechnik und Informationstechnik*, 2006, 123(5):191-196.
- [8] MASSEY N,ENGINEER S. PLCopen motion control: Reducing development time and cost with standardized motion programming [EB/OL]. [2008-05-19]. <http://www.e-driveonline.com/whitepapers/B&R2.pdf>.
- [9] 严义,朱旭燕. 基于DSP的PLC运动功能的研究[J]. 机电工程,2011,28(7):818-822.
- [10] 朱旭燕. 高性能DSP可编程逻辑控制平台的研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学计算机学院,2010.
- [11] 郭书杰. 软件PLC梯形图编程系统的研究与实现[D]. 北京:中国科学院研究生院,2010.
- [12] 林惠标,焦志刚. 基于带抑止弧Petri网的PLC梯形图设计方法[J]. 机电工程技术,2011,40(4):73-75.
- [13] 卢冠军. 一种多核嵌入式PLC运动控制系统的研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学计算机学院,2011.
- [14] 闫莎莎. 基于DSP+CPLD的多轴运动控制器平台设计及单轴伺服运动控制算法研究[D]. 杭州:浙江大学环境工程学院,2010.

[编辑:李辉]

(上接第758页)

参考文献(References):

- [1] 李黎,付宇卓,汪宁. SoC芯片中关键路径的优化方法研究[J]. 微电子学与计算机,2006,23(4):141-145.
- [2] 王琪. 半定制集成电路的设计[J]. 信息技术与标准化,2006(5):31-35.
- [3] BAI Fu-jun,GAO Zhi-qiang,XU Yi,et al. A Watermarking Technique for Hard IP Protection in Full-custom IC Design [C]//IEEE International Conference on Communications, Circuits and Systems Proceedings. kokura:[s.n.], 2007:1177-1180.
- [4] 刘志哲. 一种使用Advance MS的全定制加法器加速设计[J]. 微电子学,2010,40(4):566-569.
- [5] PILATO C,FERRANDI F. A Fast Heuristic for Extending Standard Cell Libraries with Regular Macro Cells [C]// IEEE Annual Symposium on VLSI. kefalonia:[s.n.],2010:

23-28.

- [6] 卢俊. 高性能的标准单元库设计[J]. 航空计算技术,2007,37(3):85-93.
- [7] 曾宪恺,郑丹丹. 基于标准单元库扩展的快速乘法器设计[J]. 计算机应用研究,2012,29(5):1778-1781.
- [8] RABAEY J M,CHANDRAKASAN A. Digital Intergrated Circuits-A Design Perspective [M]. 2nd ed. Beijing. Press of Tsinghua University,2004.
- [9] 杨东. 基于逻辑功效模型的数字电路延迟估算与优化[J]. 微处理器,2010(5):21-27.
- [10] LEE C Y. An algorithm for path connections and its application [J]. *IEEE Transactions on Electronic Computer*, 1961,EC-10(3):346-365.
- [11] 李训根,罗小华. 标准单元工艺参数提取工具的设计及实现[J]. 微电子学与计算机,2007,24(6):12-15.

[编辑:李辉]