

梯形图与指令表互译算法的设计与实现

何敏佳, 张 燕

(广州数控设备有限公司, 广东 广州 510530)

摘 要: 梯形图由于其形象直观、简单易用、易于掌握等特点, 成为可编程控制器的主要编程语言, 但其不能被可编程控制器识别, 也不能在可编程控制器内部直接运行。此时就需要将梯形图转化为可编程控制器能够识别的语言。而指令表是一种类似于汇编语言的文本语言, 简洁高效、较容易被解释执行, 在可编程控制器内部解释执行的即为指令表或者指令表的变体。所以, 实现梯形图与指令表的互译就尤为重要。文中利用树型结构这个中间工具, 使用遍历扫描的方法, 实现了将梯形图转化为指令表的算法设计。

关键词: 梯形图; 指令表; 互译算法; 树型结构; 遍历法; 节点

中图分类号: TM571.61

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)11-0208-03

Translation Algorithm Design and Implementation of Ladder Diagram and Instructions Table

HE Min-jia, ZHANG Yan

(GSK CNC Equipment Co. Ltd, Guangzhou 510530, China)

Abstract: Ladder-diagram for its image intuitive, easy-to-use, easy-to-grasp features, becomes PLC's main programming language, but it can't be recognition, also cannot be run directly within the programmable logic controller. At this point you need to translate ladder diagram into PLC can identify language. And instruction table is a textual language similar to assembly language, because it is simple and efficient, more easily interpreted, interpreted in the PLC within the general instruction sheet or instruction sheet is a variant. Therefore, to achieve the translation of the ladder and instruction list is especially important. In this paper, the tree structure of this intermediate tool and traverse scanning method used to achieve the ladder into the instruction table algorithm.

Key words: ladder diagram; instructions table; translation algorithm; tree structure; traverse scanning; node

0 引 言

可编程控制器(PLC)是一种专为在工业环境下应用而设计的,其数据传送、数据比较、数据运算及其通信功能的完善,使得 PLC 能适应各种工业生产过程控制的要求,从而成为工业生产过程控制领域的主流产品之一^[1]。

PLC 以用户需要为主,采用先进微型计算机技术,具有可靠性高,编程简单,使用方便,通用性好,在线修改能力强,设计,施工,投产试制周期短、容易维护等特点,成为当今数控技术、工业机器人、过程流程控制等领域的主要控制设备。

PLC 的逻辑控制是用一定的语言或程序表达式描

述控制任务,并传送至 PLC 进行执行的,且 PLC 的主要应用对象也是工程技术人员,所以,PLC 的程序设计语言一般采用面向现场、面向问题的控制型语言,简单直观,能够直接表达被控对象的动作及输入输出关系^[2]。

PLC 的程序设计语言由传统继电控制电气线路变换而来,包括顺序功能图、梯形图、功能块图、指令表、结构文本等,而其中的梯形图由于其信号流向清晰、形象直观、简单易用等特点,成为 PLC 的主要编程语言^[3]。但是,梯形图不能被 PLC 识别,也不能在 PLC 内部直接运行,所以将梯形图转化为 PLC 能够识别的语言是解释执行程序中必不可少的一个步骤。通过人工编译转换,工作量大,费时费力,且遇上较为复杂的梯形图还容易出错,所以,设计一种能将梯形图转化为可视、规范的指令表序列的方法,将会大大提高开发效率、提升开发质量。

文中以梯形图设计规则和指令表编程规则为前提,进行了梯形图与指令表互译算法的设计与实现。

收稿日期:2011-04-22;修回日期:2011-07-27

基金项目:科技重大专项(2009ZX04009-015)

作者简介:何敏佳(1963-),男,MBA 工商管理硕士,经济师,工程师,研究方向为数控技术及机床数控化改造设计、数控系统企业管理;张 燕(1984-),女,助理工程师,研究方向为数控系统及项目管理。

1 梯形图与指令表

1.1 梯形图

梯形图是在继电控制系统电气原理图上开发出来的一种图形语言。它沿用了继电器、接点、串并联等术语和类似的图形符号,信号流向清楚、简单、直观、易懂、易被现场电气人员掌握^[4]。梯形图的设计规则如下:

- 1) 梯形图按照从左到右、从上到下的顺序原则进行绘制^[5],此顺序也是 PLC 在一个扫描周期内扫描程序的顺序,每一个与线圈相连的支路构成梯形图的一个逻辑行。
- 2) 触点应该画于水平支路上,而不应该画于垂直支路上^[6]。
- 3) 当出现几条支路并联的情况时,以串联触点数量的多少为依据,串联触点多的先画,即安排在上面。
- 4) 当出现几条支路串联的情况时,以并联触点数量的多少为依据,并联触点多的支路安排在左面。
- 5) 同一个触点不能有双向电流通过^[7]。
- 6) 在同一个程序中,触点的使用次数不受限制,但一个线圈只能使用一次,不得重复使用^[8]。

1.2 指令表

指令表是用特定指令书写的一种助记符编程语言,类似于计算机的汇编语言。指令由三段组成:序号、指令字符和数据。序号是指令在内存中存放的顺序代号;指令字符是指令的助记符号,一般用英文单词的缩写字母表示^[9]。数据则是执行该指令所选用的继电器号,或通道号,或定时器/计数器设定值,或一些常数。指令表程序键入简单,编程方便灵活,但一般较难阅读,且其中的逻辑关系很难看出^[10]。所以设计时一般使用梯形图语言进行编程。

1.3 梯形图与指令表

通过对梯形图设计规则的研究,可以看出,各种操作指令用梯形图的图形符号来表示就是梯形图的编程过程,操作指令之间的逻辑关系用梯图图形符号的串并联关系、位置及顺序关系来表示。

串并联关系梯形图见图 1,其指令见表 1。

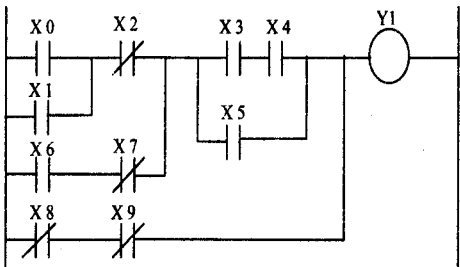


图 1 串并联关系梯形图

梯形图中每个图形符号的逻辑关系可用数据结构中的“树”来表达,以此来反映梯形图的层次结构,所

以说梯形图可以看做多个树型结构的集合。

表 1 梯形图的指令表

地址	指令	操作数	地址	指令	操作数
00	LD	X0	08	OR	X5
01	OR	X1	09	ANB	
02	ANI	X2	10	LDI	X8
03	LD	X6	11	ANI	X9
04	ANI	X7	12	ORB	
05	ORB		13	OUT	Y1
06	LD	X3	14	END	
07	AND	X4			

梯形图中的图符可以抽象成一个类,也就是一个节点对象的类^[11]。

```
class CElem
{
private:
    int nXPos,nYpos; // 节点的位置
    bool bBDown; // 节点后面是否有向下线
    bool bUP; // 节点前面是否有向上线
    char szName[10]; // 该图符对应的指令名称
    int nID; // 图符的索引号
    .....
}
```

除了上述的节点对象类,还需一个反映梯级层次的类,能够包含一个梯级所有的节点。因为梯级是树型结构,所以给这个类取名 CBinTree。此类中提供了一些函数,用以对梯级各节点的扫描,并最终构造出树型结构。

```
class CBinTree
{
    .....
public:
    INT ScanElem(); // 扫描图符
    BOOL IsDown(); // 判断是否为节点向下线
    BOOL IsUp(); // 判断是否为节点向上线
    .....
}
```

2 梯形图与指令表互译

2.1 根据梯形图构造树型结构

步骤一:根据梯形图的绘制原则进行从上至下、从左至右的扫描,先判断节点的位置,若节点后面没有向下线,就一直扫描,直至扫描到有向下线时停止^[12],并记录向下线的位置以及扫描的节点,若扫描的节点数量有多个,则将每两个节点建立一个 AND 节点,此节点即为两个节点的父节点,父节点继续参与梯形图的扫描,若遇第三个节点,则此父节点就作为新 AND 父节点的一个子节点。以此类推,如图 2 所示。

步骤二:从当前的下一行,向下线的位置开始向左

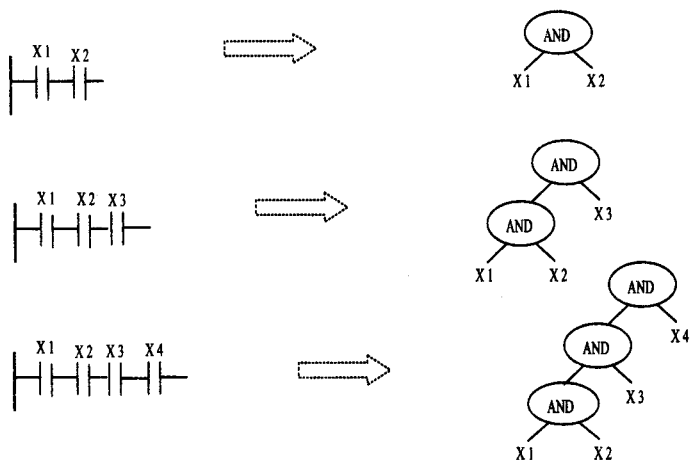


图 2 构造树型结构

扫描,若遇到节点,记录节点的位置,并建立一个 OR 节点,然后继续向左扫描,直至扫描到节点前有向上线时停止。若扫描过程中,节点的左边没有元件,则说明向下线连接的为节点右边的元件,此时也需要建立一个 AND 父节点,成为右边并联块和已扫描过的子节点的父节点^[13]。若扫描过的节点数量有多个,则按照步骤一中建立 AND 父节点,依次类推。

步骤三:若当前行的下一行还有向下线,则以当前行的下一行作为当前行进行扫描,递归进行步骤二。

步骤四:节点的排列顺序,左子节点优先级高于右子节点,即最先扫描到的节点作为新建父节点的左子节点^[14]。

根据上述四个步骤,可建立起梯形图的树型结构,如图 3 所示。

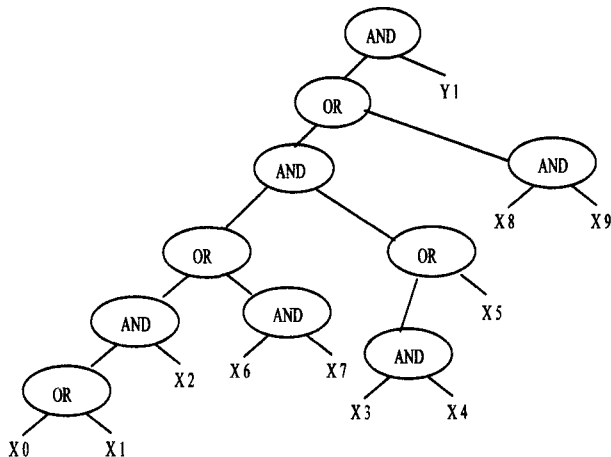


图 3 梯形图 1 的树型结构

由上图 3 可看出,树型结构的 AND 节点和 OR 节点,分别代表了左子树和右子树的串并联关系,很好地表现了图符之间的逻辑关系。

2.2 树型结构转换为指令表

经过扫描,建立起树型结构后,需将树型结构转化为指令表,此时使用后序遍历法,以构造树型结构时的顺序为依据,先访问树型结构的叶子节点,后访问树型

结构的根节点,先访问左子节点,后访问右子节点^[15]。

对树型结构(图 3)进行后序遍历后,得到的原始指令见表 2,由于树型结构只是表示梯图图符的逻辑关系,不代表具体的指令含义,所以表 2 与梯形图逻辑关系推导得出的指令表(表 1)有一些不同之处。如:指令的含义存储在对象 CElem 的 szName 成员数据中,若指令 LD X1 后面为 AND 或 OR 指令,则可将两条指令合并为一条指令(AND X1 或 OR X1);若遇到两个并联块的串联或者两个串联块的并联,则可将指令改为 ORB 或 ANB^[16];若指令表的最后一条指令为 AND 节点,是树型结构的根节点,不代表任何实际意义,可将其舍去。以表 2 为例,可将 01、02 号地址的指令合并为 OR X1;可将 07、08 号地址的指令合并为 ORB;可将 13、14 号地址的指令合并为 ORB;;可将 17、18 号地址的指令合并为 ORB;可将 20 号地址的指令舍去。

表 2 遍历图 3 所得的原始指令表

地址	指令	操作数	地址	指令	操作数
00	LD	X0	11	AND	
01	LD	X1	12	LD	X5
02	OR		13	OR	
03	LD1	X2	14	AND	
04	AND		15	LD1	X8
05	LD	X6	16	LD1	X9
06	LD1	X7	17	AND	
07	AND		18	OR	
08	OR		19	OUT	Y1
09	LD	X3	20	AND	
10	LD	X4			

由上述的实例可知,梯级结构需先经过扫描,再进行编译,并检查其是否有语法错误,若有语法错误,编译窗口会显示提示的错误信息,若没有语法错误,则通过了编译,此时就通过预先设计好的算法将梯图先转化为树型结构,然后对树型结构进行后序遍历,即可得出指令表,最后稍作修改和优化就完成了梯图到指令表转换。

3 结束语

利用树型结构这个中间工具,实现了将梯图转化为指令表的算法。转化以梯级为单位,采取从左至右,从上至下的扫描顺序构造树型结构,然后对树进行后序遍历得到指令表。

参考文献:

[1] Lee G B,Han Zandong, Lee J S. Automatic generation of lad-

5.2 伺服系统的调试

通过 Q172HCPU 进行伺服参数的设定,调整电机的转动惯量等参数,使伺服电机工作在最佳特性曲线上。由于本系统中平台是一个钢性的结构,所以必须保证三台电机每时每刻都保持在同一个水平面上,防止出现机械冲突,引起电机的过载。采用了自动参数调整模式 1,只需要调整其响应性就可以了。

5.3 系统联调

系统联调的工作流程为选择手动模式—手动上升至工作位置—切换至自动模式—自动下降至初始位置—自动上升至工作位置—切换至手动模式—手动下降至初始位置^[12]。

6 结束语

文中主要是利用三菱电机 FA 工控产品,实现了对自升式海洋钻井平台模型的控制。由于条件限制,对机械模型的设计进行了大胆创新,采用卷扬机带动平台在三根桩腿上升降,很大程度上节省了经费开支。控制部分利用三菱 Q 系列 PLC 的多 CPU 控制功能,QPLC CPU 和运动 CPU 共同控制伺服系统,实现了对平台的精确控制。实现的基本功能有平台的自动/手动升降和锁紧控制。

参考文献:

[1] 田海庆,李德堂.胜利开发三号采油平台液压升降系统设

计[J].石油矿场机械,2004,33(6):80-82.

- [2] 谭跃,邱赤东.自升式海洋平台自动平衡控制的研究[J].大连海事大学学报,2000,26(2):95-97.
- [3] 孙永泰.自升式海洋平台齿轮齿条升降系统的研究[J].石油机械,2004,32(10):23-26.
- [4] 方彦军,胥军.Profibus-DP 高速现场数据通信网络的组建[J].工业仪表与自动化装置,2005(3):44-47.
- [5] Yu H, Feng Z J, Wang X Y. Nonlinear control for a class of hydraulic servo system[J]. Journal of Zhejiang University Science, 2004, 5(11): 1413-1417.
- [6] Fernando M, Agustin J, Al-Hadithi, et al. The fuzzy Kalman filter state estimation using possibilistic techniques[J]. Fuzzy sets and systems, 2006, 157(16): 2145-2170.
- [7] 刘长年.液压伺服系统优化设计理论[M].北京:冶金工业出版社,1989.
- [8] 牛标,张代远.可监控智能液位控制器系统设计[J].计算机技术与发展,2010,20(7):188-191.
- [9] 魏泓宇,田青.基于 Profibus-DP 和工业以太网的典型污水处理自动控制系统[J].天津科技,2007(5):62-65.
- [10] 夏小华,高为炳.非线性系统控制及解惑[M].北京:科学出版社,1993.
- [11] Oke S A, Charles-Owaba O E, Johnson A O, et al. A fuzzy safety control framework for oil platforms[J]. International Journal of Quality Reliability Management, 2006, 23(5): 564-582.
- [12] 刘洪涛,黄海. PLC 应用开发[M].北京:电子工业出版社,2007.

(上接第 210 页)

- der diagram with control Petri Net[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2004(2): 245-252.
- [2] 章德平.软件 PLC 开发平台的设计与实现[D].武汉:武汉理工大学,2007.
- [3] 王兆义.可编程控制器教程[M].北京:机械工业出版社,1993.
- [4] 郭荣佐,郭进,杨扬. PLC 构成 PROFIBUS 网络原理及应用[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2004,14(10):97-99.
- [5] 葛芬,吴宁.基于 AOV 图及二叉树的梯形图与指令表互换算法[J].南京航空航天大学学报,2006(6):754-758.
- [6] 朱兆斌,赵东标.软 PLC 中梯形图向指令表转化的实现[J].机械与电子,2008(12):61-64.
- [7] 黄晶晶,陈文蓁,叶军君,等.基于二叉树的 PLC 梯形图转化为指令表的算法[J].现代电子技术,2010(4):125-127.
- [8] 毕辉,程良鸿.关于软 PLC 梯形图向语句表转换方法的研究[J].微计算机信息,2007(25):63-65.
- [9] 陈辉,李坚强,裴海龙,等.基于梯形图语言的软 PLC 技

术研究与实现[J].微计算机信息,2006(25):266-268.

- [10] 姚远,丑武胜,陈友东,等.软 PLC 编程开发系统的设计和实现[J].组合机床与自动化加工技术,2006(6):14-17.
- [11] 吴倩,陶亦亦,陆春元.基于 XML 的软 PLC 语言编辑系统的设计与实现[J].机械制造与自动化,2007(2):100-102.
- [12] 裴锋,蔡启先,郭森,等.梯形图与指令表互换算法的研究[J].广西工学院学报(自然科学版),2010(3):42-45.
- [13] 崔小乐,周卓岑.可编程控制器的梯形图语言与语句表语言的互换算法[J].微电子学与计算机,2000(1):26-30.
- [14] 石锐,周雷,杨正益.软 PLC 梯形图到语句表转换新策略的研究[J].计算机工程与应用,2010(18):244-248.
- [15] 潘勇.数控系统中梯形图编程软件的研究及实现[D].武汉:武汉理工大学,2005.
- [16] 傅亮,胡飞虎,刘乐,等.基于串并联归并的 PLC 梯形图向指令表转换算法[J].计算机工程与应用,2009(27):72-74.