

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.10.014

# 基于单片机的立体药库控制方法设计

鹿红超,高志慧\*,魏 来

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院,北京 100191)

**摘要:**针对立体药库采用传统PLC控制方式时出现的编程复杂、扩展性差、成本高等问题,设计了以AT89C51单片机为核心、PC为上位机的小型分布式控制系统(DCS)。通过系统硬件及软件的设计实现了对多个执行机构的正反转、高低速和启停控制,以及对每个执行机构所出药品数量进行显示。同时介绍了PC与单片机的通信过程,采用RS232串口实现了PC与单片机的一对一通信。最后,对立体药库分别采用传统PLC控制方法和基于单片机的DCS控制方法进行了出药实验,分别随机运行1 000个不同的处方,分析了不同控制方法下系统的出药效率和稳定性。研究表明,采用单片机为核心的DCS控制比采用PLC控制平均出药时间少4.5 s,出错率低0.2%。系统通过采用单片机控制方案,克服了传统PLC控制的不足,提高了出药效率和系统稳定性,具有很好的扩展性。

**关键词:** 立体药库; PLC; 单片机; 分布式控制系统; 串行通信

中图分类号: TP271+4; TH39

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2013)10-1226-04

## Pharmacy store control system design based on microcontrollers

LU Hong-chao, GAO Zhi-hui, WEI Lai

(School of Mechanical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

**Abstract:** Aiming at the disadvantages of programmable logic controller (PLC) control system traditionally used in pharmacy store such as the complexity of programming, poor scalability, high cost and so on, a small distributed control systems (DCS) was designed, which used AT89C51 as the core and PC as the position machine. Then system hardware and software were presented to control several actuators motion as normal-reverse transfer, high and low speed, start and stop and display the number of drugs delivered by actuators. At the same time the communication process was introduced and RS232 serial port was adopted to realize one-on-one communication between PC and microchips. At last, a test running 1 000 different prescriptions randomly was done between the PLC control system and the DCS control system based on microchips and the efficiency delivering drugs and system stability were analyzed on different control methods. The results indicate that the time DCS control system used is 4.5 s less than that the PLC control system used and error rates is less than 0.2%. The control system based on microchips solves the deficiencies of traditional PLC control, improves efficiency and system stability, and has good scalability.

**Key words:** pharmacy store; PLC; microcontroller; distributed control systems (DCS); serial communication

## 0 引 言

对系统进行分布式控制逐渐成为工业控制领域中的主流。DCS<sup>[1]</sup>将系统的控制功能分散在各单个计算机上实现,当某台计算机出现故障时并不会导致系统其他功能的丧失,具有较高的可靠性。上层监控系统只需负责信息的处理,将处理后的信息与底层计算

机进行数据交换,而不需要实现底层机构的具体控制,控制结构简单,易于维护。

单片机<sup>[2]</sup>具有较高的可靠性以及处理功能强大、易于实现模块化等优点,常用在底层机构的控制上。在工业控制系统<sup>[3]</sup>中,PC机常作为上位机进行数据的处理和控制信息的交换,单片机作为下位机控制机构的运动及信息的采集,并将采集的信息作初步处理后

收稿日期: 2013-05-23

作者简介: 鹿红超(1989-),男,山东菏泽人,主要从事机器人与计算机控制方面的研究. E-mail:luhongchao2011@163.com

通信联系人: 高志慧,女,副教授,硕士生导师. E-mail:gaozhihui@buaa.edu.cn

发送至上位机进行进一步的处理。在上位机PC与单片机通信方式中,常通过RS232串口来实现PC与多个单片机的一对一通信<sup>[4]</sup>。

立体药库<sup>[5]</sup>是一种新型的自动化仓储系统,可以实现异形包装药品的自动存取。

本研究以多个单片机为底层控制单元,以上位机PC为上层信息处理系统,设计一种小型的DCS控制系统,以实现立体药库存取药品的运动。其中单片机外围电路由显示单元、控制单元、通信单元等组成。显示单元用来显示药品的出药数量;控制单元用来控制电机的正反转、高低速及启停运动;通信单元用来初步处理收集到的信息并将信息发送至上位机PC。上位机PC则对将收到的信息进一步处理判断,然后发送控制信息给下位机。

### 1 立体药库简介

立体药库主要用来实现异形包装药品的存取,它由前后排货架、储药盒、升降平台及升降平台上并排的10个执行机构组成。执行机构由单相交流电机提供动力,通过控制电机的正、反转实现货架上储药盒的取出与送回。在存取药品过程中,升降台运动到指定层,执行机构正转,将药盒取至升降台上,然后升降台运动到出药口所在层,执行机构继续正转,将药盒送至出药口,等待药品拿出;药品拿出后,药盒返回原来所在的位置,此时电机反转。该立体药库可以同时存取10个储药盒。其结构如图1所示。

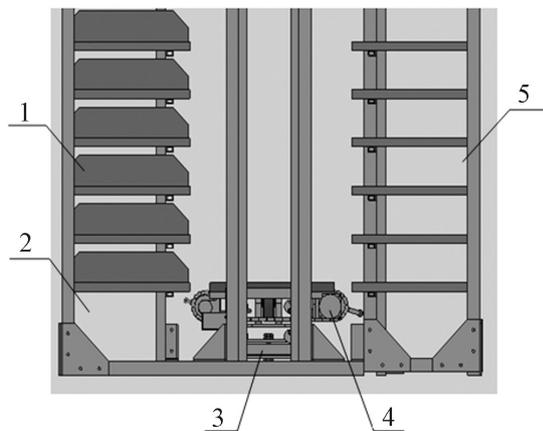


图1 立体药库结构

1—储药盒;2—后排货架;3—升降台;4—执行机构;5—前排货架

### 2 传统控制方法分析

在传统的控制方法中,系统一般是通过一个PLC<sup>[6]</sup>作为控制元件来对10个执行机构进行高低速、正反转和启停控制,以达到快速存取药品的目的。

系统控制结构如图2所示。

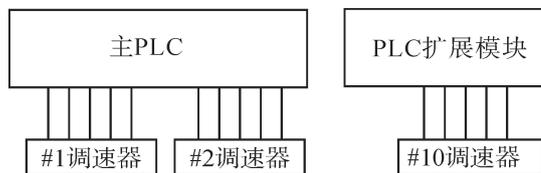


图2 PLC控制系统结构图

对于单相交流电机,系统一般通过调速器对其进行驱动控制。每个调速器在驱动执行机构正反转、高低速及启停的运动过程中需要至少5个I/O点,所以对于10个或更多的执行机构就需要PLC扩展较多的I/O模块。且在运动时PLC既需要控制10个执行机构的运动,又要采集10个执行机构的位置信息,且同时要对这些信息进行处理,这就增加了PLC运行的负担。当执行机构数量更多时,可能会导致PLC内部程序逻辑异常复杂,而且若某个执行机构出现故障时会导致整个控制系统无法使用。所以传统的控制方法灵活性差,控制复杂,成本高,难以实现立体药库模块化扩展<sup>[7]</sup>的控制需求。

### 3 多个单片机控制的硬件组成

由于单片机成本低廉,可靠性高,控制简单,常用来作为底层运动部件控制器。在该设计中,单片机外围电路由显示模块、通信模块、控制模块、信号采集模块等组成。多个单片机通过RS485总线与上位机PC进行通信。

#### 3.1 PC与单片机的连接

在该系统中,以上位机PC作为主站,多个单片机为从站,构成了一个小型的主从式集散系统。系统通过RS485<sup>[8]</sup>总线进行通信,PC使用转换模块将RS232信号转换为RS485信号。由于单片机数据信号电平为TTL电平,PC机与单片机通信时需要MAX487芯片进行信号电平转换。该通信方式可以对单片机的数量进行扩展,消除了I/O点数量的限制,最多可以驱动128个单片机。

PC与单片机串行通信的连接框图如图3所示。

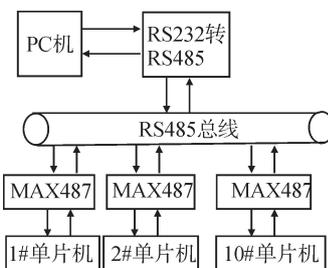


图3 PC与单片机通信连接框图

#### 3.2 单片机外围电路组成

##### 3.2.1 显示电路

显示电路主要显示所出药品的数量,主要由两个七段共阴极数码管和译码器74LS240,反相译码器ULN2003组成,显示电路如图4所示。

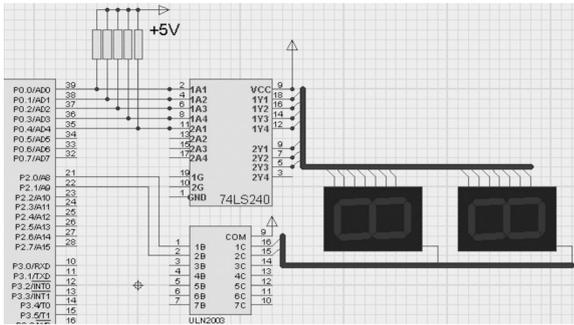


图 4 显示电路

LED 数码管采取共阴极接法,数据显示为动态显示方式。输入位经译码器译码后输出相应位驱动 LED 数码管。数码管的位选信号由单片机的 P2.0~P2.1 输出,ULN2003 译码后选通相应的数码管,高电平有效。

### 3.2.3 通信电路

通信电路用来与上位机进行通信。由于单片机输出信号为 TTL 电平,而通信过程中所需电平为 RS485 电平,研究者需要通过 MAX487 将 TTL 电平转换为 RS485 电平才能与实现与上位机的数据交换。通信电路如图 5 所示。

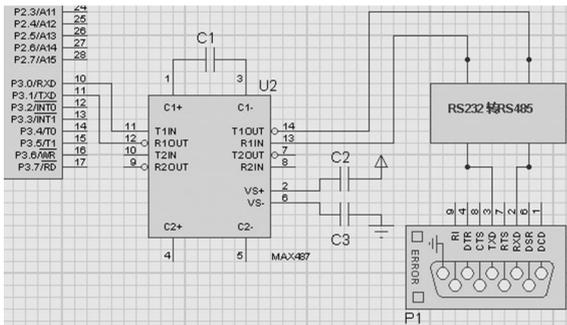


图 5 通信电路

### 3.2.4 控制电路

控制电路用来控制单相交流电机的高低速、正反转和启停运动<sup>[9]</sup>。在该设计中,由于单相交流电机的速度随着驱动器输入电压的增加而增加,而驱动器输入电压的值是通过改变驱动器上的电阻来实现的,系统通过输入不同的电阻值来改变单相交流电机的速度。该设计通过单片机输出位 P1.0~P1.2 控制继电器的通断来实现对驱动器的控制。继电器 1 常开触点接驱动器开关输入点实行电机的启停运动,继电器 2 的常闭触点和常开触点接不同的输入电阻值控制电机的高、低速,继电器 3 的常闭触点和常开触点接 CW 及 CCW 输入端实行对电机的正、反转控制。

### 3.2.5 传感器输入电路

传感器用来检测储药盒所在的位置,并将该位置信息传入到单片机进行进一步的处理。传感器输入信号为开关量,输入引脚为 P2.4~P2.5。单片机通过检测引脚电平的变化判断传感器是否感应到信号并做

出相应的动作。

## 4 PC 与单片机的通信设计

在 PC 与单片机通信的过程中,PC 作为主站,启动并控制每一次通信<sup>[10-11]</sup>。多个单片机作为从站,接收主站发送的信息并做出应答。每个单片机都有一个不同的站号,PC 通过发送不同的站号来选择所需要的单片机。

在单片机的初始化过程中,本研究首先置 SM2 为 1,使单片机可以实现多机通信。单片机工作于通信模式 2。由于 PC 不能像单片机一样发送第九位数据 TB8,这就需要 PC 发送的第 9 位奇偶校验位具有 TB8 位的功能,才能实现 PC 与多个单片机一对一的通信。所以本研究在 PC 发送地址时强制奇偶校验位为 1,而在发送数据时强制奇偶校验位为 0。

PC 与单片机的通信过程如下:

- (1) PC 首先向单片机发送地址信息。
- (2) 单片机接收到 PC 发送的地址信息后,执行串口通信中断程序,与自己的从站地址相比较,若发送的地址与从站地址相同,则返回地址应答信号并置 SM2 为 0;若不同则退出中断。
- (3) 当 PC 接收到单片机发送的地址应答信号后,判断该应答信号是否正确,若正确则开始发送数据,否则继续发送地址信息。
- (4) 单片机接收到数据信息后,执行串口中断服务程序,并发送数据应答信号,并置 SM2 为 1。
- (5) 当 PC 接收到正确的数据应答信号后,继续选择下一个单片机,并发送信息。

## 5 运行结果分析

本研究对立体药库分别采用 PLC 控制和基于单片机的 DCS 控制两种控制方案进行模拟出药实验,分析两种控制方案下系统的出错率及平均运行时间。其中,出药总时间为:

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3$$

式中:  $T_1 = t_1 + t_2 + \dots + t_i + \dots + t_n$ ,  $t_i$ —单个处方正常运行出药的时间,  $T_1$ —试验所有处方正常运行总时间,  $T_2$ —系统故障后排除故障的总时间,  $T_3$ —人工操作总时间。

单个处方出药平均时间为:

$$T_a = T_s / n$$

式中:  $n$ —处方总数。

试验过程如下:

- (1) 对立体药库分别采用传统 PLC 控制和基于单片机的 DCS 控制进行运行实验。由上位机向控制系统随机发送 1 000 个处方,其中每种处方含 5 种药品。

(下转第 1254 页)

- [3] 王瑞艳,赵建平,梁志珊. 基于PLC的变电站电压无功综合控制系统[J]. 电力自动化设备,2003,23(4):31-33.
- [4] 毕秀梅,马英庆. 一种新型静止无功补偿装置[J]. 电力自动化设备,2009,29(8):140-142.
- [5] 肖振锋,袁容湘,刘晓蕾,等. 超小型智能复合开关的研制[J]. 电力自动化设备,2010,30(1):119-122.
- [6] 王 飞,米增强. 基于控制器局域网的模块化低压无功补偿装置[J]. 电力自动化设备,2009,29(6):98-101.
- [7] 王晓明. 无功补偿装置的现状和发展趋势[J]. 应用能源技术,2006(4):31-32.
- [8] 张 伟,隋青美,常天英,等. 基于71M6515H和双CPU的智能动态分相无功补偿控制器[J]. 继电器,2007,35(10):56-58,63.
- [9] 温建民. 牵引变电所智能过零投切补偿系统的研究与开发[J]. 电力自动化设备,2006,25(5):75-78.
- [10] 王 雷,厉吉文,丁学真,等. 一种新型低压无功补偿装置[J]. 电力自动化设备,2001,21(12):32-33.
- [11] 钟 庆,张 尧,芮冬阳. 配电网自动无功补偿装置研制[J]. 电力自动化设备,2007,27(2):71-74.
- [12] 汤 毅. 面向对象的配电网无功补偿配置优化算法研究[J]. 机电工程技术,2012,41(10):55-58.
- [13] 林海雪. 电力系统的三相不平衡[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [14] LEE San-yi. Online reactive power compensation schemes for unbalanced three phase four wire distribution feeders [J]. *IEEE Trans on Power Delivery*, 1993, 18(4): 1928-1965.
- [15] 王茂海,孙元章. 通用瞬时功率理论在三相不平衡负荷补偿中的应用[J]. 中国电机工程学报,2003,23(11):56-59.

[编辑:洪炜娜]

(上接第1228页)

(2) 记录每个处方正常运行的起始时间和终止时间,求出单个处方运行的时间 $t_i$ 。

(3) 对系统出现故障未能正常出药的处方,记录该处方的出药时间。出药时间包括系统出现故障及排除故障的时间。

(4) 记录每次处方出药后人工取药的时间,求出人工操作的总时间 $T_3$ 。

(5) 统计出不同控制方式下所有处方出药的总时间和处方出错数量,求出处方平均运行时间和出错率。

统计结果如表1所示。

表1 处方结果统计表

方案	处方总数	处方出错数量	出错率/(%)	处方平均时间/s
PLC控制	1 000	5	0.5	23
单片机DCS控制	1 000	3	0.3	18.5

结果表明:系统采用基于单片机的DCS控制提高了系统的稳定性,使系统出错率比采用传统PLC控制低0.2%;同时该控制方法提高了系统的出药效率,处方平均时间比传统PLC控制少4.5 s。

通过分析可知,在上位机向单片机发送药品信息的过程中,系统采用基于单片机的DCS控制,只需将处方中药品所在的位置信息分别发送到各自的单片机,各单片机收到信息后则并行完成执行机构的运动控制及位置信息的采集等动作,并将采集后的信息发送至上位机进行进一步的处理,单片机之间互不影响。而系统采用传统PLC控制时,当上位机向PLC发送药品的位置信息后,PLC需要控制多个执行机构的运动,同时对各机构的位置信息进行采集并进行相应处理。随着执行机构增加,它们之间的逻辑关系也会更加复杂。这就增加了PLC的运行负担,降低了系统的稳定性。所以系统采用基于单片机的DCS控制,大

大提高了系统的稳定性和运行效率。

## 6 结束语

该设计构建了一个小型的DCS系统,即多个执行机构的运动分别由各个单片机控制完成,而单片机只需将运动信息与PC进行数据交换,避免了直接由一个PLC控制多个执行机构出现的编程复杂、可靠性低等弊端,提高了出药效率。同时系统可以根据需要扩展最多128个执行机构,提高了系统的灵活性。该方法操作简单、成本低廉,可以与调速器集成实现模块化控制。

## 参考文献(Reference):

- [1] 程武山. 分布式控制技术及应用[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [2] 赵建领. 51系列单片机开发宝典[M]. 2版. 北京:电子工业出版社,2012.12.
- [3] 张德江. 计算机控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
- [4] 董国增. MCS-51单片机接口及应用实验和训练指导[M]. 2版.北京:机械工业出版社,2009.
- [5] 赵雪峰. 自动化药房关键技术研究[D]. 北京:北京航空航天大学机械学院,2010.
- [6] 霍 罡. 欧姆龙PLC应用系统设计实例精解[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
- [7] 吴秋明,和卫星,陈晓平. 基于RS485总线的PC与多单片机间的串行通信[J]. 微计算机信息,2006(23):143-145.
- [8] 王锦标,等. 计算机控制系统[M]. 2版.北京:清华大学出版社,2011.
- [9] 牛宗超,徐 森. 基于M051的单相交流异步电机调速控制系统设计[J]. 电工研究,2012(10):64-65.
- [10] 童奇波,仇荣刚. RS485通信在隔膜纸成型插入机中的应用[J]. 轻工机械,2011,29(4):47-50.
- [11] 吴兴中,欧青立. 一种PC与单片机多机RS232串口通信设计[J]. 国外电子测量技术,2009,28(1):74-76.

[编辑:李 辉]