

# 基于 MSP430F448 单片机的平面五连杆机构控制系统的设计

王守志

(临沂师范学院 工程学院, 山东 临沂 276005)

**摘要:** 针对多自由度机构控制较为复杂的问题, 以平面五连杆机构为例, 用新型 MSP430F448 单片机设计了一种轨迹控制系统。该轨迹控制系统可以实现三个主要功能: 原动件按照指定规律运动、示教和轨迹输出。文中给出了单片机控制系统的原理及其结构。

**关键词:** MSP430 单片机; 平面五连杆机构; 示教; 轨迹控制

**中图分类号:** TH112.1; TP391.72 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-5276(2007)02-0070-02

## Design of Controlling Planar Five-rod Mechanism Based on MSP430F448 Single Chip

WANG Shou-zhi

(Engineering College of Linyi Normal University, Linyi 276005, China)

**Abstract:** Aiming at the complexity of controlling multi-freedom mechanism, this paper used planar five-rod mechanism as an instance to design a kind of locus control system, based on a new type MSP430F448 MCU. The control system can perform three main functions: the two input rods rotate at specified regulation, teaching and locus output. The paper also gives the principle and structure of the singlechip control system.

**Key words:** MSP430 singlechip; planar five-rod mechanism; teaching; locus controlling

## 0 引言

平面五杆机构是并联机构的一种, 它是单闭环机构, 具有结构简单、便于应用的特点。它不仅可以作为机器人的本体机构, 还可以作为机器人的部件使用, 如作为步行机器人的步行机构, 因此该机构得到了国内外很多学者的重视。平面五连杆机构的机构简图如图 1 所示。其中杆  $a$  和杆  $d$  是两个原动件, 点  $P$  是连杆  $b$  上的任意一点。对原动件  $a$ 、 $d$  的转动进行一定的控制, 可以使点  $P$  在工作区内以预设的速度、加速度实现任意形状的轨迹。

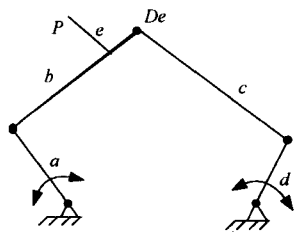


图 1 平面五连杆机构简图

## 1 平面五连杆机构控制电路设计

### 1.1 系统控制原理

对五连杆机构轨迹进行控制的目的是使其能够实现两个原动件匀速转动、示教和轨迹输出这三个功能。示教就是把人为的实际的轨迹及其运动规律记录下来, 并能够实现还原。这就需要有一定的传感装置把两个原动件的运动规律记录下来, 采用圆光栅编码器作为传感器, 可检测原动件的运动。平面五连杆机构的轨迹控制相当复杂, 仅由单片机控制很难完成。把单片机和计算机连接起来,

对五连杆机构进行联合控制, 可以发挥计算机的强大功能。轨迹输出就是指把计算机发出的轨迹控制信息送至单片机, 再由单片机进行最终的控制。根据具体的需要, 在平面五连杆机构的控制中选用了 MSP430F448 单片机。系统控制部分的整体结构如图 2 所示。

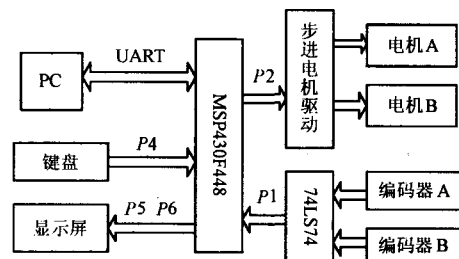


图 2 平面五连杆机构控制原理图

### 1.2 数据采集部件

由于要对原动件转动参数进行记录与分析, 需要使用转动参数采集装置进行数据采集。该控制系统中使用了两个圆光栅编码器。圆光栅编码器是用来测量转动参数的传感装置, 其内部由刻有铬线的圆形玻璃盘片以及一些光电元件组成, 外部输出是两个相位差为  $90^\circ$  的脉冲方波信号, 相位差与转动的方向有关, 而脉冲频率的高低由转动的快慢决定。得到两组脉冲信号后, 用 74LS74 就可以把相位差信号转化为方向信号。

### 1.3 执行部件

原动件的动力源由两个步进电机提供, 步进电机转动所需要的 PWM(脉宽调制) 信号可以由单片机产生, 但是会占用比较多的 CPU 时间。考虑到控制系统的实时性要求比较高, 而且单片机要控制较多的外设, 使用了步进电

机驱动器,简化了单片机的工作,单片机只需提供方向信号和简单的脉冲信号即可。

1.4 输入和反馈部件

键盘是对实验台操作的人机交互接口。实现键盘的方法很多,该实验台中采用了行扫描法对按键进行识别。作为信息反馈的显示装置采用了 2×16 的液晶字符显示屏。

2 智能控制及软件设计

2.1 匀速转动控制

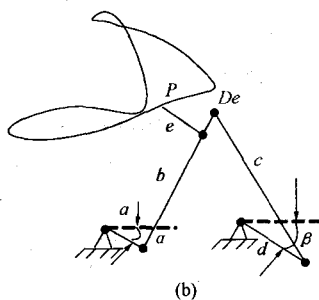
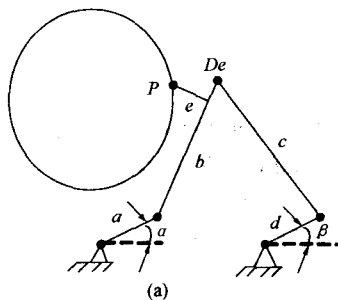


图 3 匀速转动轨迹图

表 1 轨迹图参数

轨迹图	中心距	a	b	c	d	e	De	初始角 $\alpha/(^\circ)$	初始角 $\beta/(^\circ)$	$\omega_1:\omega_2$
图 3(a)	120	60	120	120	60	32	16	0	0	1:1
图 3(b)	120	40	112	120	48	32	16	90	90	1:-3

2.2 轨迹记录软件设计

编码器每转过一定的角度,就输出一个脉冲信号,它根据输入的转速变化,输出一系列宽度不同的脉冲信号。每两个相邻脉冲信号之间的时间间隔就表示编码器转过一定角度所花的时间。单片机采集来自编码器输出的脉冲后,对采集到的信息进行处理与加工,并以一定的格式传送到计算机,可由计算机以文件形式保存或者进行分析。

MSP430F448 片内的 TimerA 有三个捕获/比较寄存器,分别为 CCR0、CCR1 和 CCR2。其中 CCR0 工作于比较模式,用来检测定时器的计数值,防止因长时间没有转动信号而使定时器溢出;CCR1 和 CCR2 工作于捕获模式,用来记录每两个相邻脉冲直接的时间间隔。他们通过各自的控制寄存器进行配置,都工作于中断模式,CCR0 单独使用一个中断,CCR1 和 CCR2 共用一个中断。中断程序采集到数据之后,并不是把数据直接从串口发送出去,而是送入缓冲区。因为串口的发送需要一定的时间,如果不采用缓冲的方法,可能会使采集到的数据因来不及发送而出错。主程序的功能是把中断程序送入缓冲区的数据通过串口发送给计算机。程序流程如图 4、图 5 和图 6 所示。

2.3 轨迹的输出

轨迹的还原和输出通过片内定时器实现,定时器工作于比较模式,使用一个捕获/比较寄存器和一个中断。计

这个功能的目的是使五连杆机构的两个原动件按照设定的角速度匀速转动。对步进电机的转速控制是通过改变驱动步进电机的脉冲的频率来实现的,脉冲频率越高,电机转速越快。反之亦然。

系统加电复位后,原动件起始角归零,从键盘输入两个原动件的角速度和起始角,步进电机就根据输入的参数开始匀速转动。轨迹的运动特性与原动件角速度有关,而轨迹的形状只与两个原动件的角速度比和起始角有关。图 3 是两个原动件匀速转动产生的轨迹的实例。表 1 是相关的参数。

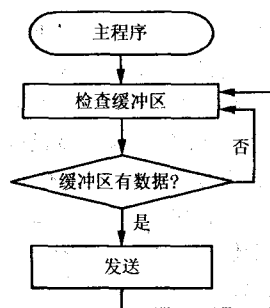


图 4 记录功能主程序流程图

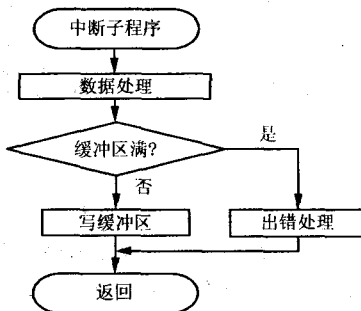


图 5 CCR0 中断子程序流程图

算机和单片机都需要编制相应的程序才可实现轨迹的输出 (下转第 121 页)

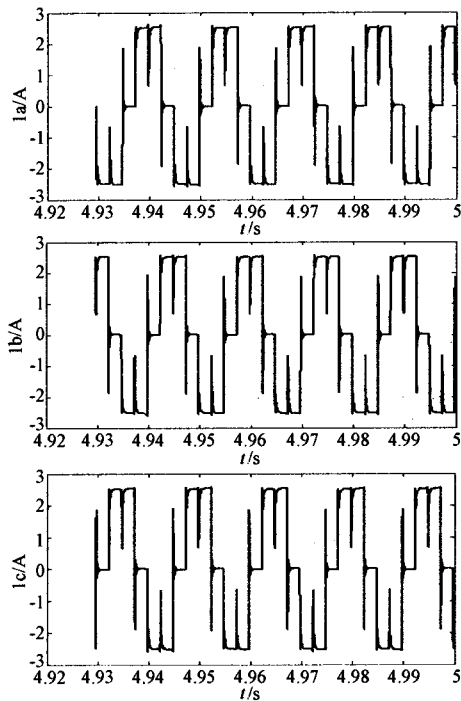


图 11 三相电流波形 ( $T_L = 11\text{N}\cdot\text{m}$ )

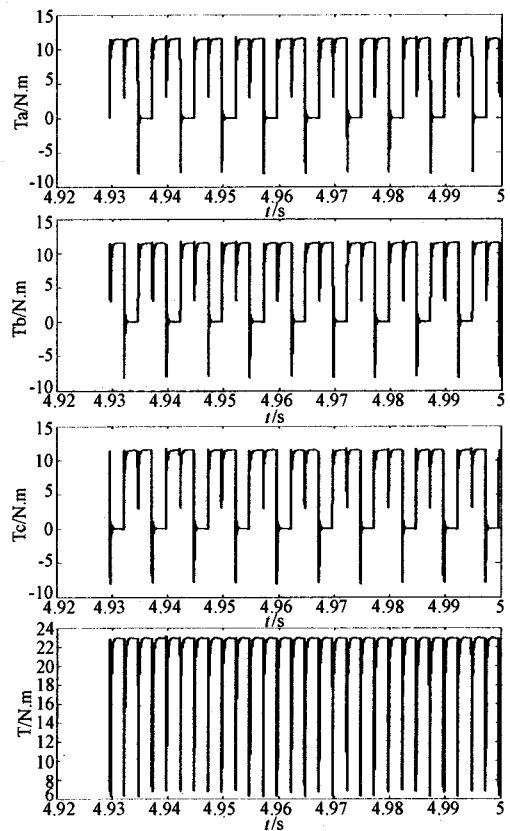


图 12 三相转矩及总转矩波形 ( $T_L = 11\text{N}\cdot\text{m}$ )

- [2] 王宏华. 新型交流电动机及控制技术系列讲座(3) 永磁无刷电动机[J]. 机械制造与自动化, 2004, (3): 90-93.
- [3] 王宏华. 新型交流电动机及控制技术系列讲座(4) 永磁无刷电动机控制[J]. 机械制造与自动化, 2004, (4): 105-109.
- [4] 张 琛. 直流无刷电动机原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [5] 相 蓉, 周 波. 基于 SIMULINK/PSB 的电励磁双凸极电机系统的建模与仿真[J]. 电机与控制学报, 2003, 7(2): 96-102.
- [6] 王志萍. 直接驱动洗衣机无刷直流电机设计和分析方法研究[D]. 南京: 东南大学, 2000.

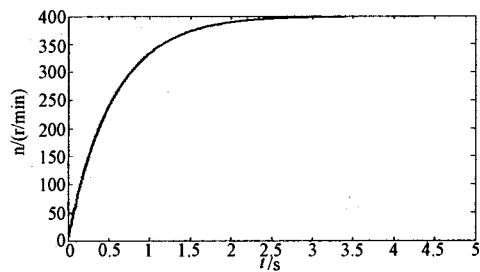


图 13 转速波形 ( $T_L = 11\text{N}\cdot\text{m}$ )

收稿日期: 2006-11-14

(上接第 71 页)

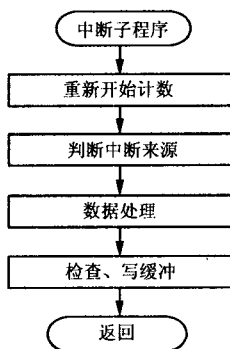


图 6 CCR1 中断子程序流程图

出功能。MSP430 通过 USART 口把脉冲间的时间间隔、电机的转动信息和方向信息从 PC 机读入, 并开始计数器的计数, 计数结束后, 由中断程序输出步进电机的驱动信息。通过计算机的计算再对五连杆进行控制, 而且其控制

是相当灵活的, 比如可以实现两个原动件按正弦规律角速度转动、按指定的函数规律转动等。

## 4 结束语

MSP430F448 单片机控制系统与计算机相结合, 在对五连杆机构轨迹的控制中, 实现了原动件按指定规律转动、示教和任意轨迹控制的功能, 并达到了较好的效果。

### 参考文献:

- [1] 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [2] 华大年, 等. 连杆机构设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [3] 张立勋, 等. 机电一体化系统设计[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1992.

收稿日期: 2006-10-30