

# 一种航空相机调焦控制系统

## An aerial focusing control system

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 周磊 李葆勇 王志宏 龙科慧

ZHOU Lei LI Bao-yong WANG Zhi-hong LONG Ke-hui

**摘要:** 给出了一种航空相机调焦控制系统的实现方法。系统采用一片 51 微控制器完成四台相机的闭环调焦控制。整个系统有效的利用了 51 微控制器的硬件资源,减小了系统的体积。实验结果表明,系统的应答时间小于 1.2ms(系统要求 $<1.5\text{ms}$ ),调焦精度小于 $\pm 2\mu\text{m}$ ,满足系统( $<\pm 5\mu\text{m}$ )的要求。

**关键词:** 调焦控制; 闭环; 步进电机

**中图分类号:** TP273 **文献标识码:** A

**Abstract:** In this paper, we presented an aerial focusing control system based on single-chip computer. A MCS-51 compatible microcontroller was used to perform data acquisition and processing of photoelectric encoder, communication with top management system by RS-485, controlling of four closed-loop focusing systems. With the time-multiplexed bus, the entire system makes use of hardware resource of the microcontroller efficiently in controlling four stepper-motors. In our testing, the response time of this system is less than 1.2ms (Treq $<1.5\text{ms}$ ), and the precision of focusing meets our requirement.

**Key words:** focusing control; closed-loop; step motor

航空相机在执行对地观测任务时,需要精确的调焦控制系统实时调整光学镜头焦距以获得清晰的图像。由位置传感器与步进电机构成的闭环调焦控制系统能够快速、高效的通过单次调焦获得很高的调焦精度,因而被广泛的应用于航空航天相机、地面观测等系统中。航空相机调焦系统工作环境要求苛刻,在器件、体积、质量、可靠性等方面都有严格的限制。虽然传统的 51 单片机在速度及外设资源上无法与新型器件相比,但其环境适应性、可靠性和成熟度都能够满足航空航天应用的要求,因此其在航空航天调焦控制领域仍占有一席之地。本文介绍的航空相机调焦控制系统,使用一片 51 微控制器分时对四套相机闭环调焦系统进行控制,压缩了调焦控制系统的体积。在 1.2ms 内完成对相机主控系统的响应,具有较强的实用价值。该套调焦控制系统已成功应用于某大型项目的相机调焦控制系统中,并取得了良好的效果。

## 1 调焦控制系统的工作原理

相机调焦控制系统作为独立的模块是相机主控系统的一个重要部分。其主要任务是:

- (1) 通过 485 总线接收主控系统轮询指令并确定轮询目标相机;
- (2) 采集由光电轴角编码器给出的焦面位置信息并发送给相机主控系统;
- (3) 接收相机主控系统的调焦指令并驱动步进电机进行开环或闭环调焦。

调焦控制系统结构如图 1.1。

相机调焦控制系统由 485 通讯接口、微控制器、控制驱动电路、步进电机与调焦机构、光电轴角编码器等组成。四套驱动电路、步进电机及光电轴角编码器和一片 80C32 单片机构成四个闭环分别控制一号至四号相机。采用的绝对式光电轴角编码

器精度 100",分辨率为 80"。电机为混合式四相步进电机,按四相八拍方式工作,步距角为 0.9°。编码器和步进电机通过机械传动齿轮与调焦机构相连。调焦过程中,步进电机转动带动光电轴角编码器与调焦机构移动,通过光电轴角编码器的角度位置信息反映相机的焦面位置信息。

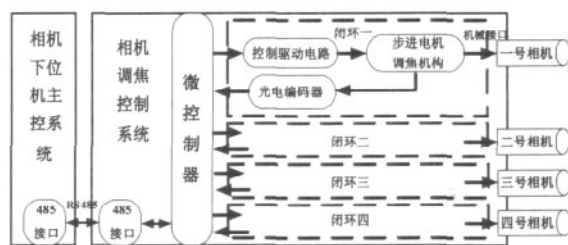


图 1.1 相机调焦控制系统结构示意图

## 2 调焦控制系统硬件

相机调焦控制系统硬件分为编码器数据采集与处理、微控制器与通讯接口、步进电机驱动电路三部分。硬件结构如图 2.1。

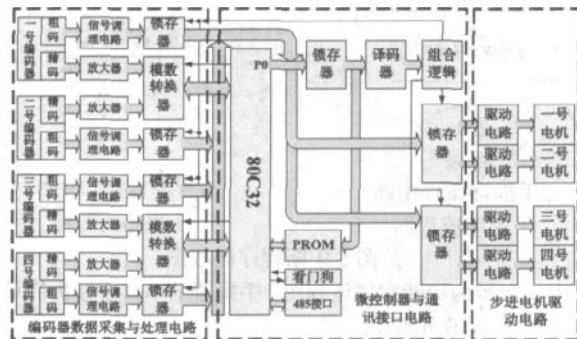


图 2.1 硬件结构示意图

### 2.1 编码器数据采集与处理电路

编码器八路粗码信号由信号调理电路处理后锁存至微控

制器 P0 口,信号调理电路由放大器与比较器组成;精码信号经放大和模数转换后由 80C32 的 P1 口串行读入。

## 2.2 微控制器与通讯接口电路

485 通讯接口电路采用两片 MAX483 实现数据的接收与发送。微控制器 80C32 及其外围电路构成调焦系统的控制核心。外扩 8KB 抗辐射 CMOS 型 PROMHS1-6664H。P0 口作为复用的数据口接收四台编码器粗码数据输入并输出四台步进电机的驱动控制字。读选通信号  $\overline{RD}$  与写选通信号  $\overline{WR}$  用来选择 P0 口数据的流向。编码器粗码及电机控制数据锁存器分别配置了不同的外部数据地址。对地址的译码控制 P0 口数据的来源。系统软件通过对外部数据地址的读操作采入编码器粗码数据,写操作输出步进电机驱动控制字。两片 A/D 转换器 TLV2548 的串行时钟输入端 SCLK、串行数据输入端 SDI 及串行数据输出端 SDO 由 P1 口的三根口线分时复用;P1 口的其他口线分别控制两片 A/D 的片选  $\overline{CS}$  及转换启动控制端  $\overline{CSTART}$ 。微控制器外围电路如图 2.2。

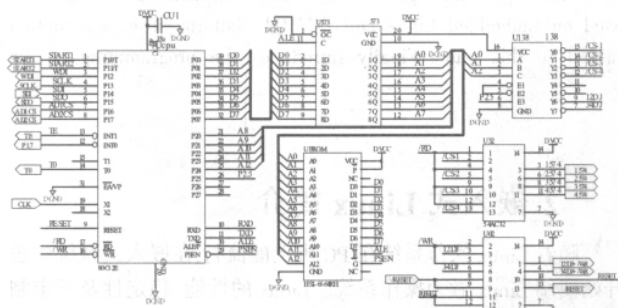


图 2.2 微控制器及外围电路原理图

## 2.3 步进电机驱动电路

步进电机驱动电路的功率管采用 MOS 型场效应管 2N6802,开关晶体管 2N2222 控制各相电流的通断。双功率管串联保证了当某个功率管损坏时,电机各相绕组不会直接与地短路。电机驱动电路如图 2.3。

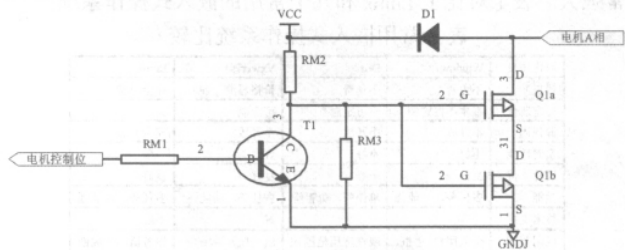


图 2.3 电机驱动电路原理图

# 3 调焦控制系统软件

调焦控制系统软件分为 485 总线通讯模块、编码器位置信息采集与处理模块、数据解析模块和调焦控制模块。软件处理流程如图 3.1。

调焦控制系统完成系统上电自检及初始化后进入主循环。当接收到 485 总线上的命令数据后,根据数据帧解析结果进入遥测模式、编码器轮询模式或调焦模式。在遥测模式中,调焦控制系统将自检状态、调焦状态等信息发送给主控系统;在编码器轮询模式中,调焦控制系统根据轮询对象(一号、二号、三号或四号编码器),采集并发送编码器位置信息;在调焦模式中,根据指令对控制对象(一号、二号、三号或四号步进电机)进行开环或闭环调焦。在开环调焦中,调焦控制系统根据开环调焦指令中的调

焦步数和调焦方向驱动步进电机转动;在闭环调焦中,调焦控制系统采样对应编码器位置信息并根据目标位置计算调焦步数和调焦方向进行闭环调焦。

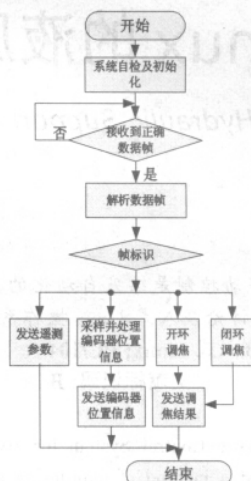
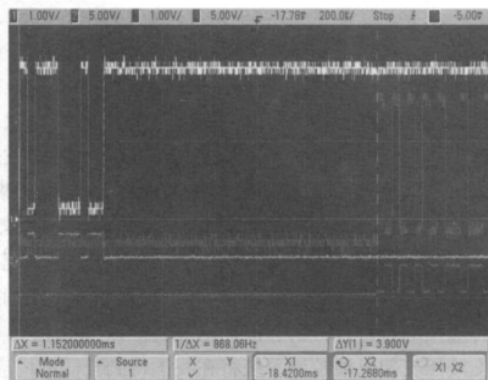
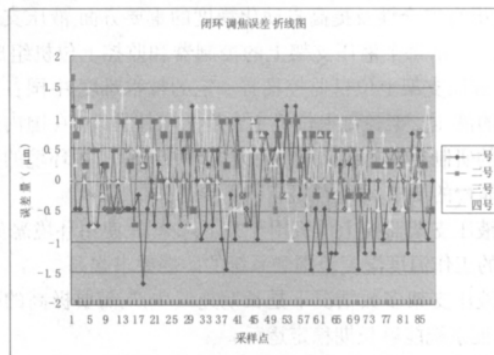


图 3.1 调焦控制系统软件处理流程图

## 4 试验结果及结论



a. 调焦控制系统数据应答时间



b. 闭环调焦误差统计图

图 4.1 试验结果

试验测试结果显示,此调焦控制系统在 1.152ms 内完成编码器数据采集及数据通讯任务。四套闭环调焦控制系统的调焦数据应答时间基本一致。图 4.1b 纵坐标为闭环调焦目标值与实际值之差,横坐标为采样点数,可以看出调焦系统闭环调焦误差量在  $\pm 2\mu\text{m}$  之间,满足系统小于  $\pm 5\mu\text{m}$  的要求。

本文介绍的调焦控制系统资源利用率高、系统体积小、结构简单、可靠性好。适用于航空航天等工作环境要求苛刻的场合,具有较强的实用价值和可推广性。(下转第 143 页)



我们将上述特征提取过程对整幅图像进行处理,可以得到目标的多特征的提取,如下:

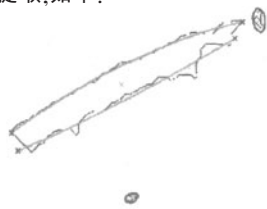


图9 声纳图像多特征提取

## 5 结束语

本文以 Tritech 公司的 Seaking DST 双频数字机械扫描式前视声纳作为机器人的视觉探测系统,基于前视扫描声纳的成像特点与数字图像处理的相关技术,讨论了声纳原始图像生成与预处理过程,深入的研究了基于图像内容的水下目标分类特征提取技术,内容涉及到声纳信号处理、声纳图像生成与显示、声纳图像预处理、声纳图像目标分类特征提取等。提出了适用于声纳图像的各种算法和思想,实验效果较好。

### 参考文献

- [1]李霞.声视觉成像与信息处理技术研究.[硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2001.
  - [2]李启虎.声纳信号处理引论.北京:海洋出版社,2000.
  - [3]涂望明,魏友国,施少敏. MATLAB 在数字图像处理中的应用.微计算机信息.2007,2-3:299-300.
  - [4]夏良正.数字图像处理.南京:东南大学出版社,1999.
  - [5]章毓晋.图像分割.北京:科学出版社,2001.
  - [6]梁光明,刘东华等.二维 Otsu 自适应阈值分割算法的改进.自动化技术与应用,2002,5:43-45,47.
  - [7]严学强.数学形态学方法在水声图像预处理中的应用研究.[硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨船舶工程学院,1995.
- 作者简介:王一童(1983-),女(汉族),山东潍坊人,中国海洋大学电子系研究生,硕士,主要从事数字图像处理研究;何波(1971-),男(汉族),山东青岛人,中国海洋大学电子系,副教授,主要从事水下机器人研究。

**Biography:**WANG Yi-tong (1983-),Female,(Han),the WeiFang of Shandong Province,Ocean University of China,Graduate student,Master,Research area: Digital Image Processing.

(266100 中国海洋大学) 王一童 何波

(Ocean University of China, 266100, China) WANG Yi-tong HE Bo

通讯地址:(266100 山东青岛崂山区松岭路 238 号中国海洋大学信息科学与工程学院电子系) 王一童

(收稿日期:2009.06.03)(修稿日期:2009.09.03)

### (上接第 43 页)

本文作者创新点:一、使用一片 51 微控制器分时完成四路编码器数据采集处理及四路电机的调焦控制,响应速度快,减小了系统的体积。二、系统结构简单,可靠性好,配合机械部分能达到较高的闭环调焦精度。

### 参考文献

- [1]胡君,吴伟平.光学成像遥感器调焦控制电路仿真测试.光学精密工程,2007,Vol.15 No.10
- [2]李朝青.PC 机及单片机数据通信技术.北京:北京航空航天大学出版社,2002.

学出版社,2002.

[3]高士杰,竺晓山,吴志勇,陈涛.基于 TMS320F240 控制步进电机的调焦系统设计.微计算机信息,2005,12-2:63-64,120.

作者简介:周磊(1982-),男,新疆昌吉州人,汉族,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究实习员,硕士,毕业于吉林大学测试计量技术及仪器专业,主要研究方向为传感技术及光电传感器。

**Biography:**ZHOU Lei (1982 - ),Male,Xinjiang,Han,Changchun Institute of Optics,FineMechanics and Physics,Chinese Academy of Sciences,Master,Graduate from Measuring and testing technology and instruments of JinLin University, Research area is Sensor Technique and Photoelectric sensor.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 周 磊 李葆勇 王志宏 龙科慧

(Changchun Institute of Optics,Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

ZHOU Lei LI Bao-yong WANG Zhi-hong LONG Ke-hui

通讯地址:(130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号长春光机所光电传感室) 周 磊

(收稿日期:2009.06.20)(修稿日期:2009.09.20)

### (上接第 81 页)

#### 作者创新点:

- 1、采用 UML 做流程设计、XML 做无线持久数据支持
- 2、应用面较其他系统更全的功能支持
- 3、采用现在流行的 GPRS 服务,利用 WebService 提供数据更新、XML 站点数据下载与地图数据下载

### 参考文献

- [1]范晓平,UML 建模实例详解,清华大学出版社,2005(10).
- [2](美) Mike O'Docherty 著,面向对象分析与设计(UML 2.0 版),清华大学出版社,2006(4).
- [3](美)Martin L,Shoemaker 著,UML 实战教程,清华大学出版社,2006(2).
- [4]傅曦 齐宇 徐骏,Windows Mobile 手机应用开发,人民邮电出版社,2005(6).
- [5]董济农 罗蕾,移动终端信息提取方法的研究,计算机系统应用,2004(1).
- [6]叶裴雷 宋述波,一种基于 UML 的软件体系的设计与研究[J].微计算机信息,2009,02-3:276-277.

作者简介:李传之(1982-),男(汉族),江苏连云港人,本科,宿迁学院教师,南大网络安全工程师,主要从事 C#、嵌入式程序开发的研究。

**Biography:**LI Chuan-zhi (1982 - ),male (Han), Lianyungang, Jiangsu Province, who, Graduate student, Suqian College teachers, Nanjing University Network Security Engineer,Mainly engaged in C #, Embedded Development Research.

(223800 江苏宿迁 宿迁学院现代教育技术中心) 李传之

(223800 江苏宿迁 宿迁学院计算机科学系) 陈 勇 蔡 浩

(Modern Education Technology Center, Suqian College 223800,China) LI Chuan-zhi

(3Department of Computer Science, Suqian College, Suqian 223800,China) CHEN Yong CAI Hao

通讯地址:(223800 江苏省宿迁市黄河南路 399 号宿迁学院现代教育技术中心) 李传之

(收稿日期:2008.09.20)(修稿日期:2008.10.23)