

基于单片机的星载相机调焦控制系统的设计与实现

Design and Realization of the Focusing System of Spaceborne Camera Based on Microprocessor

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所; 2.中国科学院 研究生院; 3.吉林省高速公路管理局) 吕世良^{1,2} 王晓茜³ 刘金国¹ 孔德柱¹ 武星星¹
LV Shi-liang WANG Xiao-qian LIU Jin-guo KONG De-zhu WU Xing-xing

摘要: 本文介绍一种星载航天相机调焦控制系统设计与实现。设计选用 80C32E 单片机作为调焦控制器,软件编程产生相序脉冲,驱动步进电机带动相机 CCD 焦平面运动,从而实现闭环和开环两种调焦功能。测试结果表明调焦控制系统性能稳定可靠,满足调焦精度 $8\mu\text{m}$ 技术指标要求。此调焦控制系统已经成功应用于在轨相机上。

关键词: 步进电机; 控制; 驱动

中图分类号: TP202 **文献标识码:** B

Abstract: In this paper a focusing system of spaceborne camera is introduced. Sequence pulses, produced by programming in 80C32E microprocessor, drive the stepper motor to realize focusing CCD plane. And both closed-loop control and open-loop control focusing is realized. The experimental result indicate that this focusing system is stable and the precision is less than $8\mu\text{m}$, which meet the technical requirement.

Key words: stepper motor; control; drive

1 引言

航天相机所处的运载和运行环境经常变化,如受冲击、过载、振动、压力、温度、距离等因素变化,可能影响相机光学系统中透镜的折射率、曲率半径、厚度、透镜之间的间隔、透镜材料内的应力、反射镜面变形、金属框架的伸缩等结果,而这些因素都会造成相机离焦。为使在上述的环境条件下,保证相机的成像质量,实时获得最佳分辨率图像,就必须对离焦进行补偿。为此本文设计一种基于单片 80C32E 机调焦控制系统。此控制系统在获取图像前后能自动检测焦平面位置,具有简单实用、成本低、可靠性高、精确性和快速性好等特点。调焦控制精度指标为 $8\mu\text{m}(3\sigma)$ 。

2 系统方案设计

借鉴国内外相机调焦控制系统研制的经验,在充分分析影响相机离焦的各种因素以及相机常用的各种调焦方案利弊的基础上,提出本文的调焦控制系统方案。相机的调焦控制系统分主份和备份两部分,以主份为来说明调焦控制系统构成:相机上位机、调焦系统控制器 80C32E、调焦控制驱动电路、调焦步进电机、调焦传动机构、直线运动机构、CCD 焦平面和调焦编码器组成。其中调焦编码器部分包括码盘及光电转换电路、粗码精码放大电路、整形、锁存、A/D 转换。方案总体结构如图 1 所示。

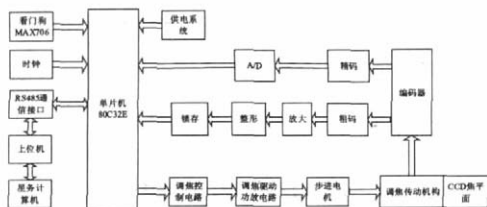


图 1 调焦控制系统结构图

工作过程: 调焦系统控制器 80C32E 接受上位机调焦命令和调焦参数,控制驱动步进电机带动 CCD 焦平面运动,调焦完成后采集并计算出编码器的位置信息反馈给上位机,上位机在把这些信息通过 CAN 总线送给星务主机作为地面遥测信息。

这种调焦控制系统方案可以实现以编码器位置量为输入的闭环控制方式,也可以实现以步进电机步数为输入量的开环控制方式。

3 80C32E 与上位机通信接口设计

调焦控制系统与相机上位机的通信采用一路全双工的 RS-485 总线。调焦控制系统与上位机通讯的拓扑结构如图 2 错误! 未找到引用源。所示。上位机控制器为 RS-485 总线的主接点、调焦控制器和其他控制设备为 RS-485 总线的从接点。接口芯片所采用的 LVDS 器件芯片为 MAX483。

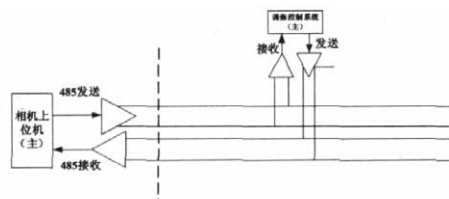


图 2 RS485 通讯拓扑图

4 系统硬件电路设计

电路设计原则: 在确保技术要求的前提下,尽量使结构紧凑,用件少、体积小、重量轻、可靠性高。控制器最小系统如图 3 所示。

控制与功率驱动电路如图 4 所示。电路中采用 $+5\text{V}(V_{cc})$ 和 $+12\text{V}$ 两路电源供电。 $+5\text{V}$ 为单片机控制部分供电, $+12\text{V}$ 为驱动和电机供电。功率驱动电路中步进电机绕组在通电后有蓄能作用,因此在每相断电后需有泻流保护回路,D21、D22、D23、D24

为泻流二极管 BZG3F。

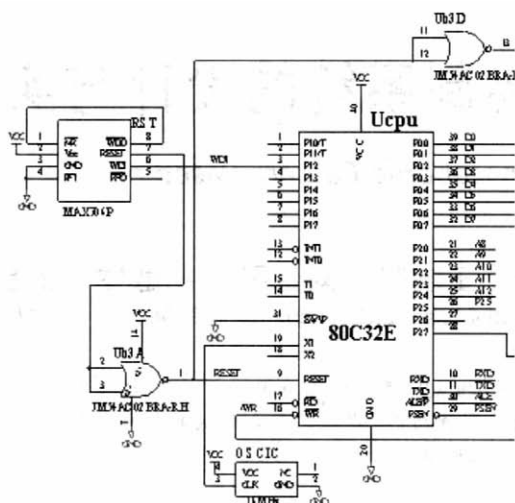


图 3 控制器最小系统图

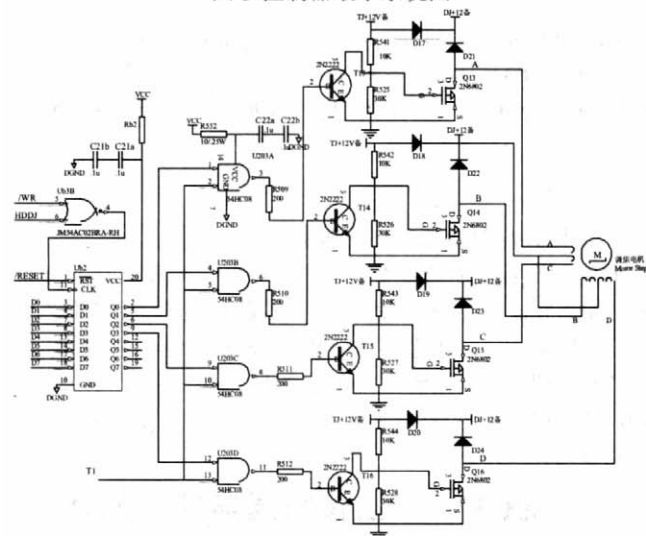


图 4 步进电机控制驱动电路图

5 步进电机及控制原理

步进电机做为相机调焦的执行元件,其特点是快速起停能力强、精度高、转速容易控制、工作稳定、可靠性高。综合尺调焦尺寸大小、步进电机质量、输出力矩和转速范围等限制因素,选定航天级 42BYG020G 型四相步进电机。该电机保持力矩为 $1.7 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, 定位力矩为 $0.15 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, 质量 0.24 kg 。步进电机采用 12 V 电源供电, 静态相电流为 0.6 A , 4 相 8 拍驱动方式下, 步距角为 0.9° 。

步进电机的励磁绕组的接线方式如图 4 所示。对步进电机采用并行控制方式,通过软件指令使 80C32E 产生四相相序脉冲,由 P0 口低四位输出,经锁存器 SN54HC273N 锁存,80C32E 再向外部地址 8000H 写相序数据,通过逻辑控制电路和功率放大驱动电路,四相脉冲接到步进电机 A 相(对应 P0.0)、B 相(对应 P0.1)、C 相(对应 P0.2)和 D 相(对应 P0.3)绕组上。以四相八拍方式控制步进电机转动励磁顺序如表 1 所示。对步进电机 A 相、B 相、C 相、D 相绕组按照表 1 施加相应高低电平时序,四相绕组产生的脉冲波形如图 5 所示。通过电磁感应产生力矩使步进电机转动从而带动 CCD 焦平面前后运动。

表 1 调焦步进电机正反转励磁顺序表

线圈				励磁顺序	
A相	B相	C相	D相	正转	反转
1	0	0	0		
1	1	0	0		
0	1	0	0		
0	1	1	0		
0	0	1	0		
0	0	1	1		
0	0	0	1		
1	0	0	1		

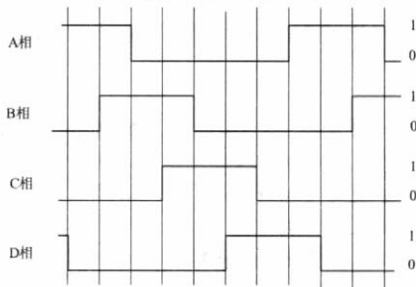


图 5 四相脉冲波形图

从左向右为正转的脉冲波形，从右向左反转的脉冲波形。
CCD 焦平面运行快慢由四相脉冲频率决定。

6 软件设计

相机调焦控制系统上电或看门狗复位后调焦控制器的软件首先执行系统自检及初始化功能,然后进入一个无限循环,等待 RS485 总线接收中断的发生。当接收到完整的数据帧后,解析接收到的上位机指令并进入相应的处理程序。若解析出为调焦指令,则 RS485 总线中断跳出后,调用调焦子程序按照上位机发给的参数执行调焦指令,并调用编码器子程序计算出当前码值,把当前焦面位置发送给上位机。

调焦步进电机控制子程序主要完成:

- 电机停止转动时,使驱动级的 MOSFET 处于截止状态;
- 将电机相序以数据表的形式存于程序存贮中;
- 通过查表获取电机相序,控制电机转动;
- 电机转动后保存相序状态值,电机再次转动时接续该值,以免产生丢步或抖动。

电机控制程序流程如图 6 所示。

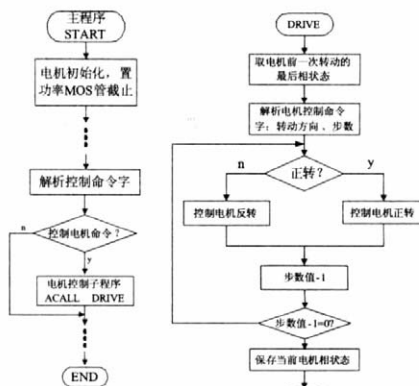


图 6 控制程序流程图

主要控制程序代码编制介绍如下:

电机初始化:

DRV INI: MOV DPTR,#8000H: 电机地址

