

文章编号: 1007-2780(2013)06-0943-05

空间相机调焦机构精度检测系统设计

许志涛^{1,2}, 龙科慧^{1*}, 刘金国¹, 吕世良¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: xuzhitao2008@126.com;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 针对某型号空间相机设计了一种调焦机构精度检测系统。从该型号相机调焦系统出发, 引出了调焦机构精度检测系统的设计, 分别从硬件结构和软件设计方面阐述了检测系统的设计思想, 重点介绍了步进电机转动步数设置用按键状态判断的方法, 详细描述了电机驱动信号的产生过程。并从可靠性着手, 给出了系统工作状态监测电路。实验证明, 调焦机构精度检测系统工作状态稳定, 可用于该型号相机调焦机构的精度检测。此外, 该系统经过修改后, 可用于其他型号相机调焦系统的检测, 具有可扩展性。

关 键 词: 调焦机构; 精度检测; 步进电机; 按键状态判断

中图分类号: V19

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132806.0943

Design of Focusing Mechanism Accuracy Detection System of Space Camera

XU Zhi-tao^{1,2}, LONG Ke-hui^{1*}, LIU Jin-guo¹, LV Shi-liang¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130033, China, E-mail: xuzhitao2008@126.com;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: In accordance with the focusing mechanism of a space camera, a focusing mechanism precision detection system was designed. It expounded the system designing method from the hardware and the software, introduced the key state judging method emphatically, which was used to set the motor's step counts, and described the motor drive signal generation process in detail. And from the reliability, a system state monitoring circuit was introduced. The experiments showed that the accuracy detection system of the focusing mechanism worked stably, and it could be used for the focusing mechanism precision detection. Furthermore, after being modified, the system can be used for precision detection of other cameras.

Key words: focusing mechanism; accuracy detection; step motor; key station judgement

1 引 言

随着空间技术的发展, 空间相机应用范围越来越广泛, 已成为获取地面信息的重要手段之一。民用方面可用于国土测绘、资源普查、城市规划和

自然灾害检测等; 军事方面可用于情报搜集、国防监测和目标指引等。发射前, CCD 靶面已按要求置于光学系统像面处。但是空间相机在发射过程中会受到冲击、过载振动等影响, 导致 CCD 靶面偏离原来的位置; 在轨运行时, 相机所处环境内压

收稿日期: 2013-03-18; 修订日期: 2013-05-29

基金项目: 国家 863 计划(No. 2008AA121803); 国家自然科学基金(No. 61108066)

作者简介: 许志涛(1987 —), 男, 博士研究生, 河南濮阳人, 主要从事图像处理及调焦控制方面的研究。

* 通信联系人, E-mail: long_kh@163.com

Fig. 3 Watching design of the system

狗定时器超时溢出,并发出复位脉冲使单片机复位。同时,发光二极管会闪亮一下,提醒操作人员本组测试数据无效,从而提高了系统及检测结果的可靠性。

3.2 软件设计

单片机程序主要完成的任务包括:判断 5 个按键的状态,并改变相应状态位的值;计算步进电机转动步数;产生电机时序信号。按键状态判断是在主函数中进行,步进电机转动步数的计算和驱动信号的产生在定时器 0 中断函数中进行。

3.2.1 按键状态判断

如果电机转动时按键操作能够影响相应的状态位,则电机转动会产生正反转颠倒、多步或丢步的后果,导致电机实际转动步数与预设值不符,所测精度不可靠。所以,按键状态判断只有在电机转动关闭后才能进行。按键状态判断程序为死循环,不断的依次判断 5 个按键状态,流程如图 4(a)所示。

以正转按键状态判断为例说明按键状态判断设计原理。按键按下瞬间,信号电平不稳定,容易产生抖动现象,采用延时 10 ms 的方法来消除抖动的影响。状态位改变次数与按键按下次数一致,所以只在按键弹起后才改变相应状态位,流程如图 4(b)所示。

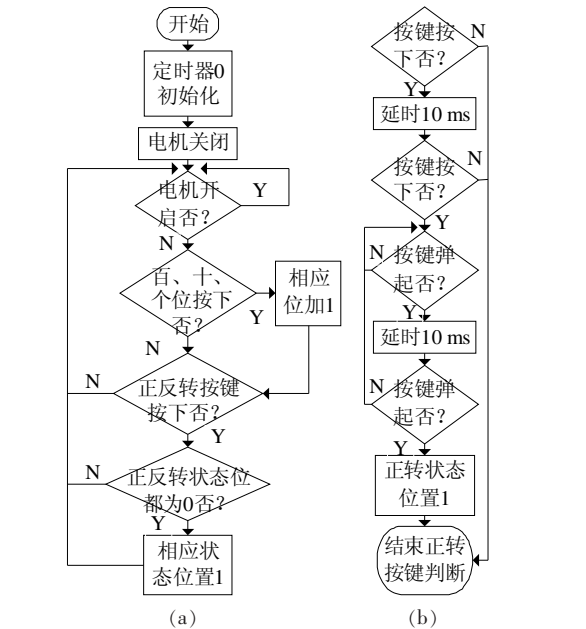


图 4 单片机流程图。(a)主函数流程;(b)按键判断。
Fig. 4 Flow chart of MCU. (a) How chart of the main function;(b)Key judgment.

3.2.2 步进电机驱动信号产生

步进电机工作方式是四相八拍,控制模型如表 1 所示,其中“1”表示通电,“0”表示不通电。在单片机程序中建立元素个数为 8 的查表数组,将每拍对应的 4 相信号按照“ABCD”的形式组合到一块,并作为一个元素存入查表数组。

步进电机转动时,工作频率一定,而该工作频率由各拍变更频率决定,采用定时器 0 控制信号变更频率。定时器溢出中断以后,在定时器中断处理函数中产生并改变驱动信号,流程如图 5 所示,其中,ge、shi 和 bai 分别存储个位、十位和百位按键按下的次数。

表 1 步进电机控制模型

Table 1 Controlled model of step motor

相	拍							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	1	1	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	1	0	0
D	0	0	0	0	0	1	1	1

单片机 AT89C51 的定时器 0 不是自动重装载,所以在定时器 0 溢出后需要在中断处理函数中对其重新赋初值,由电机工作频率 F 可求得该初值为:

$$T_0 = 2^{16} - \frac{f}{12F}$$
 (1)

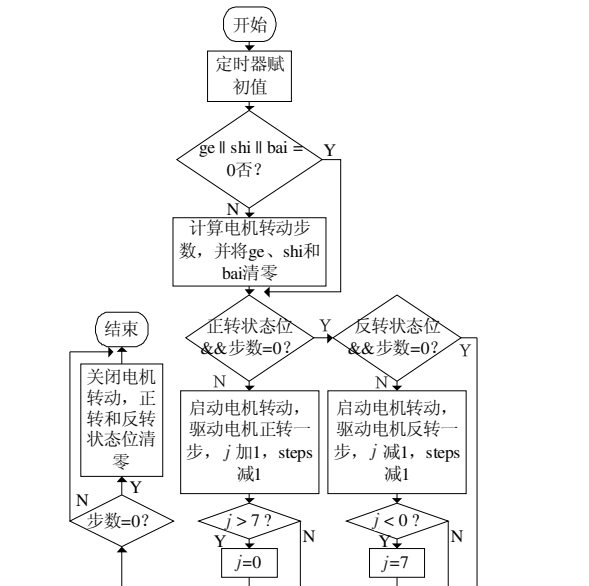


图 5 定时器 0 中断处理函数流程图
Fig. 5 Flow chart of timer 0 interrupt function

其中, f 是晶振的震荡频率。

如果个位、十位和百位寄存器有一个不为 0, 则说明已经对电机转动步数进行了设置, 由式(2)计算出电机转动步数, 并存入静态变量 steps。

$$v_{\text{steps}} = v_{\text{steps}} + v_{\text{bai}} \times 100 + v_{\text{shi}} \times 10 + v_{\text{ge}} \quad (2)$$

之后, 将百位、十位和个位寄存器清零, 避免重复计算。其中, v_{steps} 、 v_{bai} 、 v_{shi} 和 v_{ge} 分别表示 steps、bai、shi 和 ge 等 4 个变量的大小。

正转状态位和转动步数都不为 0 时, 开启电机转动, 并发送电机时序信号驱动电机转动一步, 然后将查表数组拍索引值 j 加 1, 设置的转动步数 steps 减 1。其中, j 的取值范围是 0~7, 超出范围后, 重新赋初值。反转工作方式与正转相同, 不同的是电机每转动一步, 拍索引值 j 减 1。

步进电机转动结束之后, 要将正反转状态位全清零, 同时关闭电机转动, 从而使单片机能够再次对按键状态做出判断, 进入下一个转动周期。

4 实验数据及结果分析

如果步进电机的实际转动步数与其预设值相一致, 则该检测系统是可靠的, 可用于相机调焦机构的精度检测。测试检测系统可靠性时, 将步进电机和光电编码器通过减速比为 1:1 的传动机构相连接, LED 实时显示编码器的角度位置信息, 通过编码器的旋转角度可以计算出步进电机的实际转动步数, 可靠性测试结构如图 6 所示。其中, 步进电机步距角为 0.9° , 编码器分辨率和精度分别为 $79.1''$ 和 $100''$ 。编码器的旋转角度与步进电机的转动步数成正比, 两者关系由式(3)决定:

$$\theta = \frac{0.9^{\circ} \times v_{\text{steps}}}{79.1''} \quad (3)$$

其中, θ 为编码器的旋转角度, v_{steps} 为步进电机转动步数的预设值。

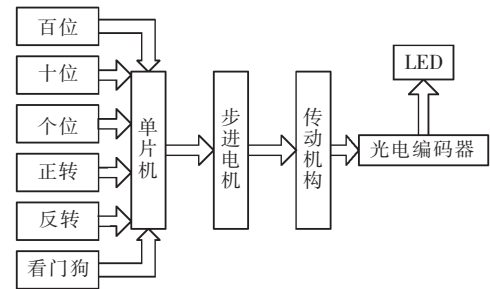


图 6 精度检测系统测试结构
Fig. 6 Detection parts of accuracy detection system

由式(3)可计算出步进电机每转动一步, 光电编码器角度位置变化 41 个码值, 所以编码器角度位置变化实测值与理论值相差 41 个码值之内, 即可认为步进电机的实际转动步数与其预设值一致, 即检测系统是可靠的。

测试时, 通过按键设置步进电机的转动步数和转动方向, 然后由单片机发送信号, 驱动步进电机带动编码器旋转。结束转动后, 读取编码器的角度位置信息, 计算角度变化, 并与理论值进行比较。设置不同的步数及旋转方向, 多次测量编码器的旋转角度, 测量数据如表 2 所示。

表 2 调焦机构精度检测系统测试结果

Table 2 Detection results of focusing mechanism accuracy detection system

电机转动步数	编码器角度位置变化		
	理论值	实测值	实测值与理论值之差
6	246	249	3
−6	−246	−247	1
56	2 294	2 299	5
−56	−2 294	−2 291	3
136	5 571	5 565	6
−136	−5 571	−5 570	1

由表 2 数据可知, 编码器角度位置变化实测值与理论值的偏差均在 41 个码值之内, 所以转动时, 电机不存在多步和丢步的现象, 系统是可靠的, 设计符合要求, 能够用于调焦系统的检测。

编码器角度位置变化实测值与理论值存在偏差的原因主要由以下几方面: 传动机构的减速比存在误差, 并不严格等于 1:1; 光电编码器存在误差。

5 结 论

针对某型号空间相机调焦机构设计了调焦机构精度检测系统, 分别从硬件结构和软件设计方面介绍了检测系统的设计思想, 从可靠性出发, 设计了系统工作监测模块。测量结果表明, 步进电机转动时, 编码器的角度位置变化实测值与理论值偏差在允许范围内, 电机的转动步数与设定步数一致, 所以设计的精度检测系统工作状态稳定, 所测数据可靠, 可用于该型号相机调焦机构精度的检测。将调焦机构精度检测系统的控制部分和

显示部分集成在同一块电路板上,减小了系统体积,便于携带,并降低了对测试环境的要求。另外,该精度检测系统经过改动之后,还可以用于其他型号相机调焦机构精度检测,具有可扩展性。

参 考 文 献:

[1] 王书新,李景林,刘磊,等. 大尺寸焦平面空间相机调焦机构的精度分析 [J]. 光学精密工程,2010,18(10): 2239-2243.

[2] 陈世平. 空间相机设计与试验 [M]. 北京:中国宇航出版社,2003: 27-28.

[3] 卢镔,颜昌翔,吴清文,等. 空间光学传感器环境适应性设计与试验 [J]. 中国光学与应用光学,2009,2(5): 364-376.

[4] 王智,张立平,李朝辉,等. 传输型立体测绘相机的调焦机构设计 [J]. 光学精密工程,2009,17(5): 1051-1056.

[5] 丁亚林,田海英,王家琪. 空间遥感相机调焦机构设计 [J]. 光学精密工程,2001,9(1): 35-38.

[6] 周磊,李葆勇,王志宏,等. 一种航空相机调焦控制系统 [J]. 微计算机信息,2010,26(5): 42-43.

[7] 孙莹,万秋华,余容红,等. 基于光电编码器的空间相机调焦控制系统设计 [J]. 半导体光电,2009,30(6): 970-974.

[8] 许志涛,龙科慧. 三线阵立体测绘相机调焦控制系统设计 [J]. 电子测量与仪器学报,2012,26(10): 899-903.

[9] 许志涛,龙科慧,刘金国. 基于 C8051F340 和 Labview 的编码器调试系统设计 [J]. 液晶与显示,2011,26(6): 789-794.

[10] 左洋,龙科慧,乔克,等. 航天编码器调试系统显示功能设计 [J]. 液晶与显示,2012,27(6): 795-799.

[11] 叶盛祥. 光电位移精密测量技术 [M]. 成都:四川科学技术出版社,2003.

[12] 孙莹,万秋华,王树洁,等. 航天级光电编码器的信号处理系统设计 [J]. 光学精密工程,2010,18(5): 1182-1188.



SI 词头

代表的因素	词 头 名 称		符 号	代表的因素	词 头 名 称		符 号
	英 文	中 文			英 文	中 文	
10 ²⁴	yotta	尧[它]	Y	10 ⁻¹	deci	分	d
10 ²¹	zetta	泽[它]	Z	10 ⁻²	centi	厘	c
10 ¹⁸	exa	艾[可萨]	E	10 ⁻³	milli	毫	m
10 ¹⁵	peta	拍[它]	P	10 ⁻⁶	micro	微	μ
10 ¹²	tera	太[拉]	T	10 ⁻⁹	nano	纳[诺]	n
10 ⁹	giga	吉[咖]	G	10 ⁻¹²	pico	皮[可]	p
10 ⁶	mega	兆	M	10 ⁻¹⁵	femto	飞[母托]	f
10 ³	kilo	千	k	10 ⁻¹⁸	atto	阿[托]	a
10 ²	hecto	百	h	10 ⁻²¹	zepto	仄[普托]	z
10 ¹	deca	十	da	10 ⁻²⁴	yocto	幺[科托]	y