

基于 MSP430 单片机的云台控制系统设计与实现

Design and Implementation of Pan-tilt Control System Based on MSP430 MCU

(南京理工大学) 吴益飞 李胜 蔡骅
Wu, Yifei Li, Sheng Cai, Hua

摘要: 为了满足当前监控领域中对高速、高精度球形摄像机的大量需求,提出了基于 MSP430 单片机及两相步进电机细分驱动芯片 A3977 的球形摄像机云台控制系统实现方案,并详细阐述了系统组成结构、软硬件设计。实践结果表明该系统具有调速范围宽、定位精度高、成本低及可靠性好等优点,具有良好的市场应用前景。

关键词: MSP430 单片机;云台控制;步进电机

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A

Abstract: In order to satisfy the great demands of high speed and high precision dome cameras in monitoring systems, the design and implementation of the dome camera pan-tilt control system is introduced, which is based on the MSP430 MCU and A3977. Meanwhile, the software and hardware design is presented in detail. The results show that this system has many advantages, such as high speed, high precision, low cost and stable. So it will have the good market application prospect.

Keywords: MSP430 MCU, Pan-tilt Control, Stepper Motor

1 引言

图像监控系统目前已广泛应用于银行、交通、商场、学校、智能小区等场合,它进一步提高了人们生产、生活的安全系数。为了实现灵活、高效的全方位监控,高速、高精度球形摄像机成为市场需求的热点,而云台控制系统对其性能的实现起着关键作用。云台控制系统主要包括两大功能:控制摄像机在上、下、左、右四个方向进行运动以达到控制摄像方向的目的;控制摄像机进行变焦、聚焦、光圈调整等动作以保证图像画面的清晰。目前市场上已存在少量这样的球形摄像机,但很大一部分来自国外或者台湾地区,致使其价格相对昂贵,影响了广大用户的采购欲望。因此开发价格相对低廉并具备高速、高精度特性的云台控制系统将拥有良好的市场应用前景。

根据目前市场需求,高性能云台控制系统一般应具备如下功能:(1)能完成水平 360°无限位连续旋转,转速最高可达 240°/s;(2)能完成 0~90°垂直方向平滑运动;(3)能完成 180°自动翻转;(4)可以记忆多达 60 个预置位、多条轨迹(每条轨迹最多可包含 16 个预置位);(5)能在由用户设定的任意两点之间进行低、中、高速水平和俯仰线扫。为了实现上述功能并基于性价比考虑,提出了由 TI 公司 MSP430F149、MSP430F123 单片机及 Allegro 公司高性能细分驱动芯片 A3977 作为核心单元的系统实现方案。

2 系统总体设计

系统总体组成框图如图 1 所示,为保证控制的实时性及准确性,采用了主、从单片机控制方案,其中主单片机主要负责实时接收来自于外部专用球形摄像机控制键盘发出的控制指令并进行指令解释,若是控制云台运动的指令,则由主单片机将此指令转发给从单片机,由从单片机完成对云台水平及俯仰两轴的控制;若是控制摄像机的指令,则由主单片机直接加以控制以实现摄像机进行变焦、聚焦及光圈调整等动作。从单片机功能相对简单,主要完成对两轴步进电机速度及位置的控制并记录当前两轴位置信息。同时,为便于球形摄像机组成 RS485 网络,系统中设计了球形摄像机地址选择器,最多可设定 255 个地址;为支持多个键盘通信协议,设计了协议选择器,最多支持 16 种协议。另外,为了保证用户通过键盘设定的预置位、轨迹、水平和俯仰线扫等数据在系统断电后不丢失,设计了存储器。

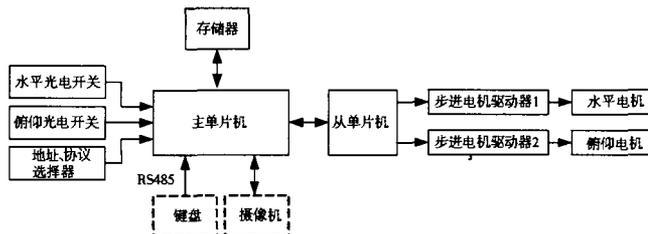


图 1 系统组成框图

3 系统硬件设计及实现

3.1 MCU 和存储器

吴益飞:教师 硕士

基金资助:江苏省博士后科研资助基金(0502027B)

本系统所用单片机均为 TI 公司 MSP430 系列,其具有体积小、速度快、处理能力强及功耗低等优点,而且品种繁多。针对系统特点及性价比考虑,选用了具备丰富外围功能模块的 MSP430F149 作为主单片机。该 MCU 具备 60KB Flash,2KB RAM,多个 16 位定时器,两个通用串行同步/异步收发器 USART0 与 USART1 等功能模块。从单片机选用了功能模块相对少一些且价格低的单片机 MSP430F123,其具备 8KB+256B Flash,256B RAM,一个 16 位定时器,一个通用串行同步/异步收发器等功能模块。主、从单片机通过各自所带 UART 模块进行异步串行通信。

采用美国 Atmel 公司的 E2PROM 存储芯片—AT24C16 作为存储单元,其具有 2K 字节存储容量,并且它的数据接口符合 I²C 总线标准,进行读写操作非常方便。由于 MSP430F149 本身不具备 I²C 总线接口,故采用由两个普通 I/O 模拟 I²C 总线方式。

3.2 系统驱动方案

为实现系统所提性能指标,合理的电机选取及驱动电路设计显得异常重要。考虑到系统结构紧凑、体积小、重量轻及价格低等要求,最终采用由两相步进电机及相应高性能细分驱动器构成驱动机构。

3.2.1 步进电机选取

步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应角度位移的机电执行元件,它转动的角度与输入脉冲的个数成正比,转动的速度与输入脉冲的频率成正比。目前,比较常用的步进电机包括反应式、永磁式及混合式步进电机这三种。由于混合式步进电机综合了反应式和永磁式两者的优点,它具有输出转矩大、动态性能好、步距角小等优点,因此在很多高精度运动控制场合被广泛采用。本系统最终选用了步距角为 1.8° 的两相混合式步进电机作为执行元件。

3.2.2 细分驱动器设计

尽管步进电机具有快速启停、精确步进、直接接收数字量以及无累积误差等特点,但由于步进电机存在步距角较大、转速不够平稳以及低速振动等问题,限制了它在高精度场合下的应用。为了解决此问题,须进行步距角细分。步进电机步距角细分驱动的工作原理是:在每次输入脉冲时,绕组电流的幅值不是一次升到位而是分成阶级,逐个阶级的上升,即这里绕组电流不再是一个方波,而是一个分成 N 个阶级的阶梯波,则电流每升或降一个阶级时,转子转动一小步,当转子按照这样的规律转过 N 小步时,实际上相当于它转过一个步距角。本系统从结构简单、控制灵活角度出发选用了二相步进电机专用细分驱动芯片 A3977 来构成相应的细分驱动器。A3977 是一款 Allegro 公司新近开发出的专门用于两相步进电机的微步进电机驱动集成芯片,其内部集成了直接译码接口、正反转控制电路、双 H 桥驱动电路,输出电流最大可达 2.5A。A3977

通过其特有的译码器使其控制变得相当简单,最简单的步进控制只需“STEP”(步进)和“DIR”(方向)2 条输入线,输出由 DMOS 的双 H 桥完成。通过“STEP”脚简单的输入 1 个脉冲就可以使电机完成 1 次步进,省去了相序表、高频控制线及复杂的编程接口。步进方式可由 MS1 和 MS2 按不同的状态组合方式确定,从而方便地使电机工作在 1/8、1/4、1/2 和整步方式。A3977 外围电路连接图如图 2 所示。

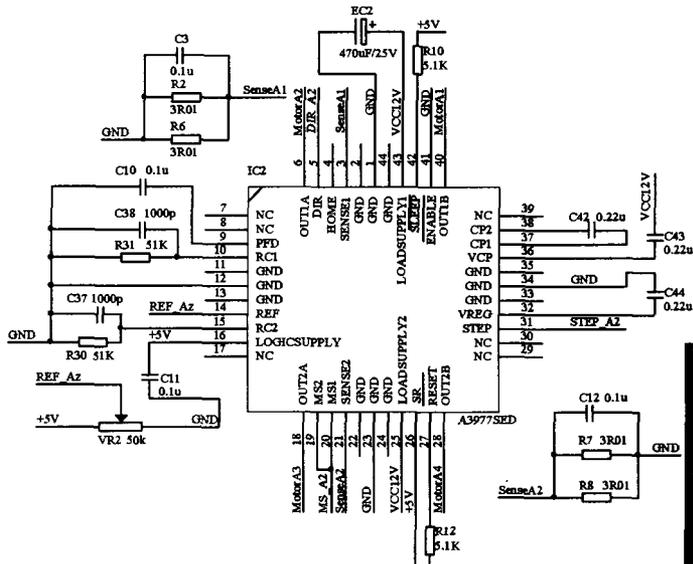


图 2 A3977 外围电路连接图

3.3 通信接口电路设计

3.3.1 主单片机与专用键盘控制器通信接口

系统中使用的专用控制键盘采用的是 RS485 接口规范,而单片机串口是 TTL 电平规范,为此须设计电平转换电路。考虑到可靠性及低功耗,系统采用 MAXIM 公司的 MAX3485 来实现 RS485 差分电平与 TTL 电平的转换,其与单片机 MSP430F149 之间的连接电路如图 3 所示。

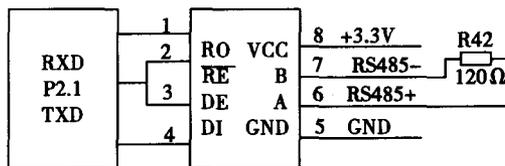


图 3 采用 MAX3485 构成的 RS-485 半双工通信电路

3.3.2 主单片机串口扩展

主单片机一方面需和键盘通信,另一方面还需和从单片机及摄像机之间进行通信,这使得主单片机须具备 3 个串行通信接口,而 MSP430F149 本身只含两个 UART,因此就需要对其中 1 个串口进行扩展。经综合考虑,主单片机的 UART1 单独用于和键盘进行通信,UART2 经由模拟多路开关 CD4052 分别与从单片机和摄像机串口相连实行串口分时复用。

4 系统软件设计

系统软件包括主单片机软件与从单片机软件两

部分。考虑到软件开发效率及可维护性,软件采用模块化结构进行设计,用C语言编写程序代码,开发工具使用IAR Systems公司的IAR Embedded Workbench,它集成了编辑、编译、链接、下载与在线调试(Debug)等多种功能,使用方便,并具备高效的C语言编译能力。

主单片机软件由如下功能模块组成:(1)与键盘通信模块;(2)与从单片机通信模块;(3)摄像机控制模块;(4)数据存储模块。图4是主单片机程序流程图。

从单片机软件由如下功能模块组成:(1)与主单片机通信模块;(2)步进电机控制模块;(3)云台两轴位置记录模块。图5是从单片机程序流程图。

4.1 键盘命令解释模块

这一模块的主要任务是完成对键盘命令的解释,由于系统兼容多款键盘通信协议,为了减少代码数量,同时也为了方便以后软件升级,系统设计了多协议转换方法,也即先将所用多种协议指令统一转化成系统本身制定的一款协议指令,然后系统基于该款指令进行处理。

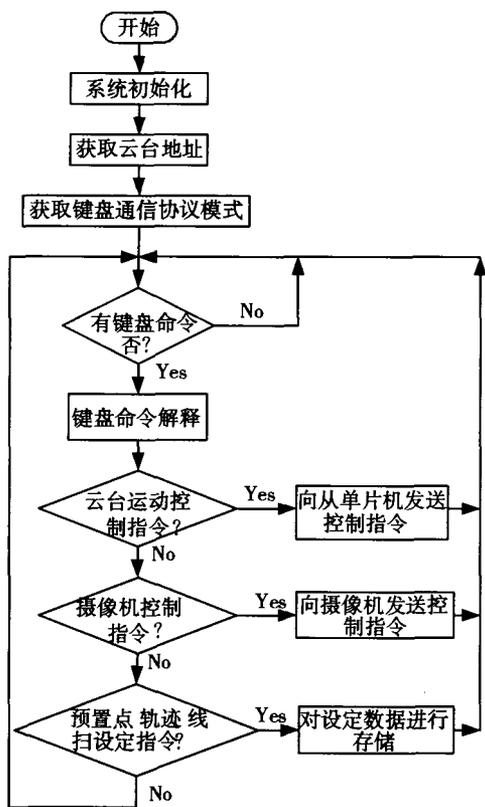


图4 主单片机程序流程图

4.2 主、从单片机通信模块

主、从单片机之间采用115200bps波特率进行异步串行通信,为了确保两者之间通信的可靠性,特制定了两者之间的通信协议。

主单片机向从单片机发送的数据帧格式如下:

帧头	数据1	数据2	数据3	数据4	数据5	数据6	数据7	校验和	帧尾
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

其中,帧头用0xaf表示,帧尾用0xfa表示。数据1表示方向命令,例如:0x01(向上),0x02(向下),0x10(向左),0x20(向右)。数据2表示水平运动速度等级,数据3表示俯仰运动速度等级。数据4与数据5共同表示水平位置,数据6与数据7共同表示俯仰位置。校验和由数据1至数据7这7个字节作异或运算得到。

从单片机向主单片机发送的数据帧格式如下:

帧头	数据1	数据2	数据3	数据4	数据5
----	-----	-----	-----	-----	-----

其中,帧头用0xaf表示,帧尾用0xfa表示。数据1与数据2共同表示水平位置,数据3与数据4共同表示俯仰位置。校验和由数据1至数据4这4个字节作异或运算得到。

4.3 步进电机加、减速控制

为提高控制系统性能,即在提高运行速度的同时使步进电机不失步、不过冲从而保证定位精度,步进电机应采用变速控制。目前,国内外步进电机采用的加、减速曲线有如下三种:(1)梯形曲线;(2)S形曲线;(3)指数形曲线。由于步进电机的电磁转矩与转速的关系接近指数规律,所以采用指数加、减速曲线是最佳选择。本系统采用了指数形加、减速曲线,程序实现时首先将加、减速曲线离散化,将离散所得的转速序列所对应的定时常数序列做成表格存储在单片机的Flash中,在程序运行时,使用查表方式设定定时常数。

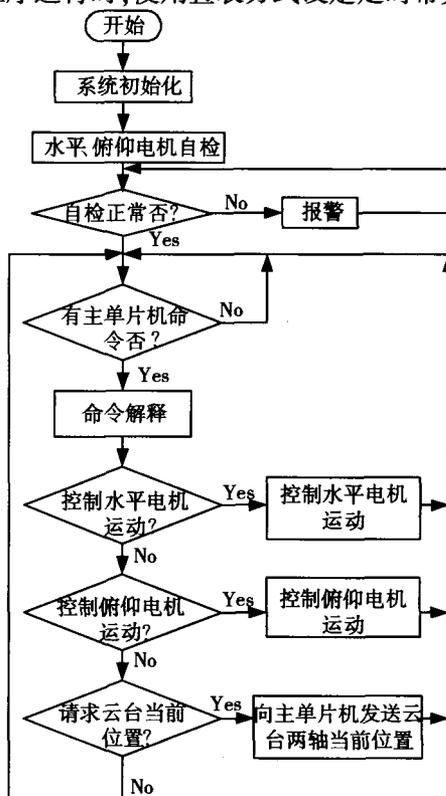


图5 从单片机程序流程图

5 结束语

采用双单片机结构进行系统设计,大大降低了系统功能模块之间的耦合度及软件开发的复杂度,同时通过采用高性能细分驱动芯片 A3977 并配以合适的加、减速控制方案,使得最终设计出的云台控制系统具有高速、高精度、成本低及可靠性好等优点。目前,原理样机已实现并满足所提出的性能指标要求,同时也可预见该系统将拥有广阔的市场前景。

本文作者创新点:首次采用由 MSP430F149 和 MSP430F123 形成双 MCU 结构作为球形摄像机云台控制系统的核心处理单元;基于高性能细分驱动芯片 A3977 设计了相应的两相步进电机细分驱动器;为了兼容多款键盘通信协议,设计了多协议处理转换方案;为了确保主、从单片机之间通信的可靠性,制定了相应的通信协议。

参考文献:

[1] 魏小龙编著. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.

[2] 王晓明编著. 电动机的单片机控制. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.

[3] 崔光照,曹祥红,张华. 基于 MSP430 单片机的智能型复费率单相电表设计[J]. 微计算机信息, 2006, 5: 21-23.

作者简介:吴益飞,男,汉族,硕士,1979年9月,南京理工大学自动化学院助教,现从事运动控制、嵌入式系统设计方面的教学和科研工作。E-mail: wuyifei0911@163.com. 李胜(1976-),男,博士,主要研究领域:移动机器人、网络控制。蔡骅(1966-),男,副教授,主要研究领域:系统工程及智能控制与智能系统。

Biography: Wu, Yifei, male, born in 1979, master, research in Motion Control and Embedded System. Li, Sheng, male, born in 1976, doctor, research in Mobile Robot and Net Control System. Cai, Hua, male, born in 1966, associate professor, research in Systems Engineering and Intelligent Control.

(210094 南京理工大学自动化学院)吴益飞 李胜 蔡骅
(Department of Automation, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 21094) Wu, Yifei Li, Sheng Cai, Hua

通讯地址:(210094 江苏省南京市南京理工大学自动化学院)吴益飞

(投稿日期:2005.11.10)(修稿日期:2005.12.11)

(接 81 页)的分析计算表明:当要求无错判时(错检断丝根数为 0),断丝定量准判率为 95%;当允许错判 1 根时(错检断丝根数为-1, 0, 1),断丝定量准判率为 100%,因此,符合工况要求。同时,报警系统也对断丝进行了实时报警。

6 结论

钢丝绳检测系统要求的检测速度为每秒 0~2000

个数据,本套装置完全可以胜任,同时保证了测量的精度。该装置可以按指定的格式存入数据,并且动态的检测移动存储器中是否有同名的文件,并自动添加文件,可以在无人工干预的情况下实现多次检测,使用起来极为方便。同时,报警系统可以对断丝进行实时报警,方便了实时处理。

该装置把 USB 标准应用到了钢丝绳检测体系中去,适应了计算机的发展潮流,具有携带方便、操作快捷、成本低廉、存储容量大等优点,效果良好,应用前景广阔。

表 1 实验分析结果

错检断丝根数	第一组	第二组	统计
-2	0	0	0
-1	2	2	4
0	48	47	95
1	0	1	1
2	0	0	0

参考文献:

[1] 邵高平. 通用串行总线(USB)及其开发方法[J]. 微计算机信息, 1999

[2] USB Host 解决方案. 北京:北京先锋博创科技发展有限公司, 2003

[3] 郑玉墙,等. MAXIM 热门集成电路使用手册. 北京:人民邮电出版社, 1998

[4] Dallas Semiconductor. DS1302 Trickle Charge Timekeeping Chip [EBOL]. <http://www.maxim-ic.com.2000-07-09>

[5] 何立民. 单片机应用系统设计. 北京:北京航空航天大学出版社, 1993

[6] 王士元. C 高级实用程序设计. 北京:清华大学出版社, 1998

作者简介:肖立中(1981-),男,汉,博士生在读,检测技术与自动化装置专业,学生。邵志清(1966-),男,汉,教授,博士生导师,主要从事软件设计、开发和验证方法,网络信息服务技术等方面的研究。

Biography: Xiao, Lizhong(1981-), Male, Han, Candidate for Doctor, Detection Technique and Automatic Device, Student, E-mail: lyexp@163.com.

(200237 上海华东理工大学信息科学与工程学院)肖立中 邵志清

通讯地址:(200237 华东理工大学 919 信箱)肖立中

(投稿日期:2005.11.1) (修稿日期:2005.12.11)