

单片机在武器火控系统模拟器中的应用研究

段海滨¹, 王道波²

(1. 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院 北京 100008; 2. 南京航空航天大学自动化学院 南京 210016)

【摘要】针对武器火控系统模拟器的数学模型,提出了一种将单片机用于武器火控系统模拟器设计的新方案。单片机控制器负责按键识别、限位信号以及位置速度信号的数据处理;单片机监控器可对模拟器的各类故障保护信号进行检测判别并将相应信息上报工控机;单片机软件采用了模块化设计思想。仿真实验表明,该武器火控系统模拟器具有很高的控制精度,系统功能完善、可维护性好。

关键词 单片机; 武器火控系统; 模拟器; 工控机; 故障监控; 模块化设计

中图分类号 TP273 文献标识码 A

Application and Research of Single Chip Microcomputer in Weapon Fire-Control-System Simulator

DUAN Hai-bin¹, WANG Dao-bo²

(1. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics Beijing 100083;
2. College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing 210016)

Abstract This paper focuses on the mathematical model of weapon Fire-control-system simulator. A new scheme for designing the weapon fire-control-system simulator with single chip microcomputer is proposed. The single chip microcomputer controller takes charge of processing position & velocity data, limitation data and keystroke identification. The single chip microcomputer monitor is to detect failure protection signals and transfer them to IPC. The idea of modularization design is adopted in the single chip microcomputer software. The experimental results show that this weapon fire-control-system simulator achieves a high control precision with easy operations and perfect functions. This simulator has completed many key simulation tasks for many kinds of Weapon Fire-control-system..

Key words single chip microcomputer; weapon fire-control-system; simulator; industrial personal computer(IPC); failure monitoring; modularization design

武器火控系统是控制、计算、电子、光学、通信等高新技术的综合体^[1],它由武器控制设备、瞄准/显示设备、光电搜索设备和火控传感器等各种光机电设备组成,能够综合完成飞行引导、目标识别、目标搜索、瞄准、攻击和机动规避等功能。模拟器是一种可在地面进行半实物仿真和测试的硬件设备。武器火控系统模拟器可在实验室环境内实时地复现装有武器火控系统的飞行器在空中飞行时的动力学特性和各种飞行姿态,其性能的优劣直接关系到仿真实验的逼真性和置信度。本文研究设计了一种用于武器火控系统做地面仿真实验的模拟器。该模拟器的内框、中框和外框分别模拟武器火控系统的滚转、俯仰及方位三个自由度的运动姿态,可为武器火控系统的研制和改进提供重要技术参数。

收稿日期: 2003-09-03

作者简介: 段海滨(1976-),男,博士,讲师,主要从事计算机控制和智能进化计算等方面的研究。

1 控制系统

1.1 数学模型

建立武器火控系统模拟器的数学模型是对其控制系统进行设计的必要前提。在对被控对象理论分析的基础上, 可建立其数学模型^[2~4]:

$$\begin{cases} G_1(s) = K_m / (L_a s + R_a) \\ G_2(s) = \left[\frac{1}{J_m} (s^2 + \frac{D_L}{J_L} s + \frac{K_{12}}{J_L}) \right] / \left[(\frac{D_m}{J_m} + \frac{D_L}{J_L} + 1) s^2 + (\frac{K_{12}}{J_m} + \frac{K_{12}}{J_L} + \frac{D_m D_L}{J_m J_L}) s + \frac{(D_m + D_L) K_{12}}{J_m J_L} \right] \\ G_3(s) = K_{12} / (J_L s^2 + D_L s + K_{12}) \end{cases}$$

式中 J_m 为力矩电机的转动惯量; J_L 为负载的转动惯量; U_a 为力矩电机的电枢电压; L_a 为力矩电机的电枢电感; R_a 为力矩电机的电枢电阻; K_m 为电磁力矩系数; D_m 为粘性阻尼系数; D_L 为框架的粘性阻尼系数; K_{12} 为力矩电机和框架的耦合刚度。武器火控系统模拟控制器的设计是以此模型作为被控对象。武器火控系统模拟器的数学模型结构可用图1表示。图中, U_r 为参考指令电压; θ_m 为力矩电机的转角; θ_L 为负载的转角; K_e 为力矩电机的反电势系数; K_p 为功率放大器的放大倍数。

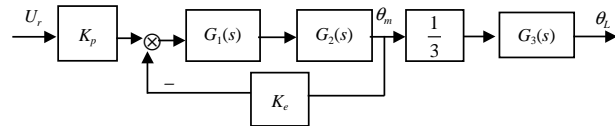


图1 武器火控系统模拟器的数学模型方框图

1.2 控制系统原理结构

武器火控系统模拟器的控制系统的总体结构如图2所示。

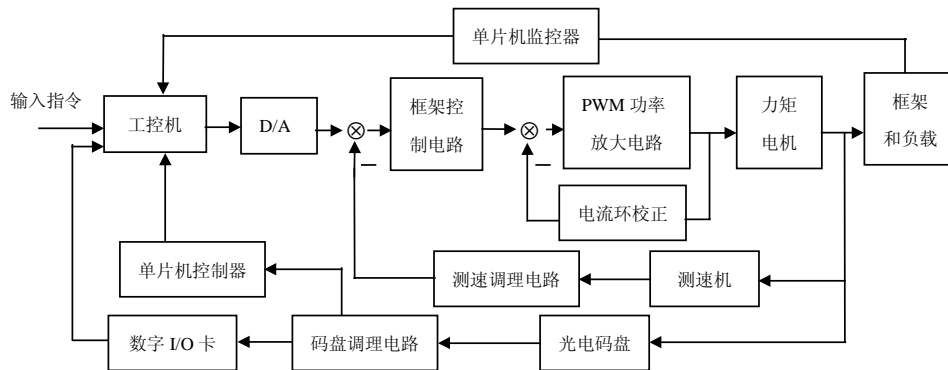


图2 武器火控系统模拟器控制系统总体结构图

力矩电机的脉宽调制功率放大器采用了电流环校正控制, 通过框架控制器内的模拟控制电路完成电机的速度控制回路的闭环控制, 模拟器的位置环回路中, 位置反馈元件采用了高精度增量式光电码盘, 经码盘调理电路后可获得0.000 1°的转角分辨率。这种三闭环控制结构可以有效地提高模拟器控制系统的伺服精度, 增强了模拟器的鲁棒性和可靠性, 满足了模拟器实际运行时各种工作状态的要求。

1.3 单片机硬件配置框图

武器火控系统模拟器的单片机控制系统采用AT89C52作为控制芯片, AT89C52含有8 KB闪速可编程/擦除只读存储器的8位CMOS, 是一种低功耗、高性能的微控制器。模拟器的单片机控制系统配置框图如图3所示^[5], 其中单片机控制器负责码盘计数读入、按键信号读入判别、限位信号选择读入、数据处理以及位置速度信号显示并送工控机工作; 单片机监控器负责完成模拟器故障保护信号的监测判别、点亮故障保护灯报警并将相应故障信号上报工控机。

工控机主要负责模拟器的控制律解算和各种状态信号的综合处理。这三个核心控制模块可实现将武器火控系统导引头载体的方位、俯仰和滚转的指令转换成模拟器三个框架的机械转角指令, 控制模拟器跟踪指令, 并对各种故障保护信号做出及时有效的处理, 从而构成一个可靠的半实物仿真环境。

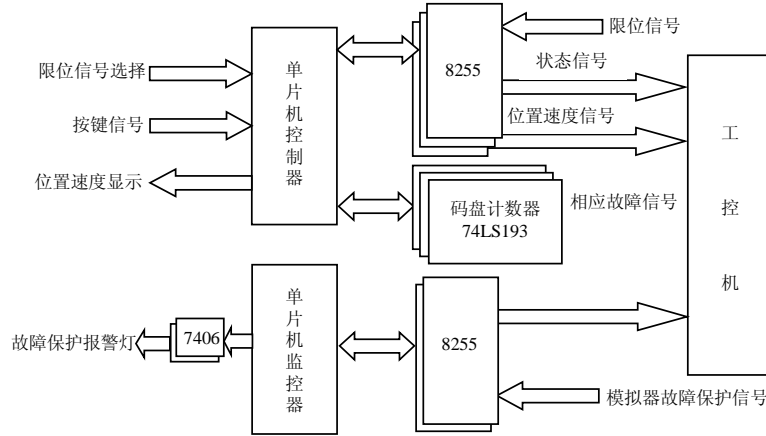


图3 武器火控系统模拟器单片机硬件配置框图

2 单片机软件设计

武器火控系统模拟器的单片机软件采用了模块化设计思想，其优点是思路清晰、通用性强、便于调试。软件模块由主程序、中断处理模块、控制运算模块、故障监控保护模块、按键处理模块、显示模块等组成。它们可采集其三个框架的位置、速度、按键、越位、故障保护等信号，并联合工控机对武器火控系统模拟器进行综合控制。

2.1 主程序

主程序主要负责89C52内部RAM、I/O口、8255、堆栈指针、内部定时器等处理单元的初始化。

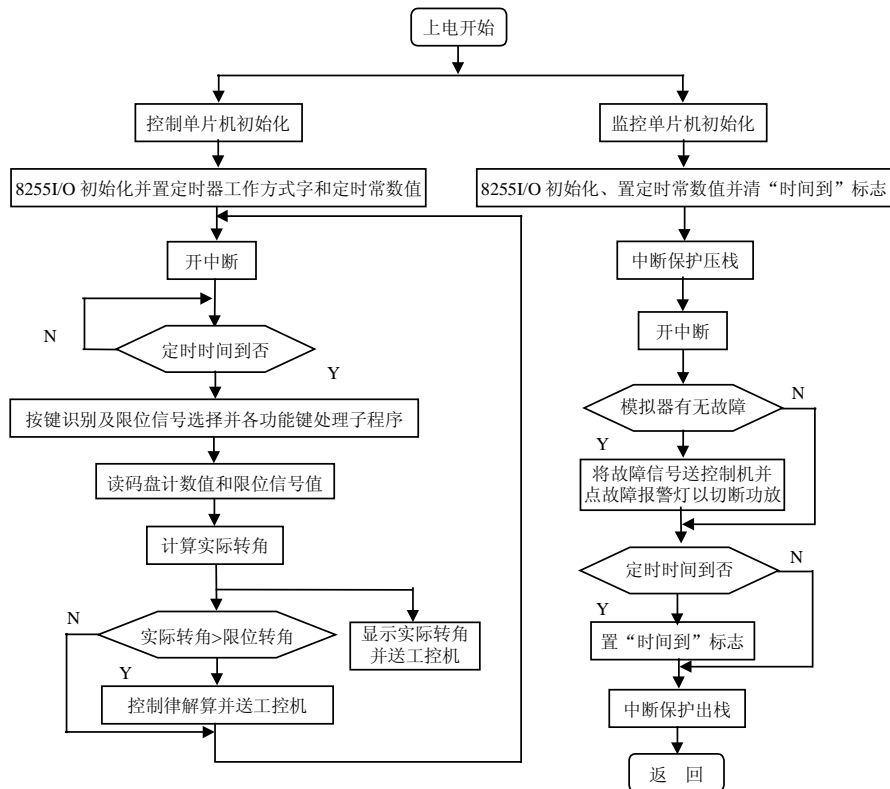


图4 武器火控系统模拟器单片机程序流程图

2.2 中断处理模块

中断处理模块主要负责武器火控系统模拟器的中断处理, 每1 ms采样一次。

2.3 控制运算模块

控制运算模块主要负责角位置和角速度的解算, 软件中采用了数字增量式比例-积分-微分(Proportional-Integral-Differential, PID)算法和前馈变参数补偿技术, 从而保证武器火控系统模拟器的动态性能及静态指标要求。

2.4 故障监控保护模块

故障监控保护模块主要负责武器火控系统模拟器运行过程中过压、欠压、过流、功放故障等非正常状态的检测, 并上报工控机以作出相应保护处理。

2.5 按键处理模块

按键处理模块主要负责武器火控系统模拟器的启动、停止、复位、限位拨码等按键信号的采集, 并根据相应按键状态转至相应子程序处理。

2.6 显示模块

显示模块主要负责武器火控系统模拟器实际运行位置、速度、按键状态的显示。该模块以中断方式工作, 累计中断计数10 ms则更新一次显示的数据, 从而保证显示清晰、稳定。

3 仿真实验

在该武器火控系统模拟器上, 通过对某型直升机武器火控系统进行仿真实验, 并存取实验结果。图5a是正弦波给定时的模拟器的实时运行曲线; 图5b是三角波给定时的模拟器的实时运行曲线。

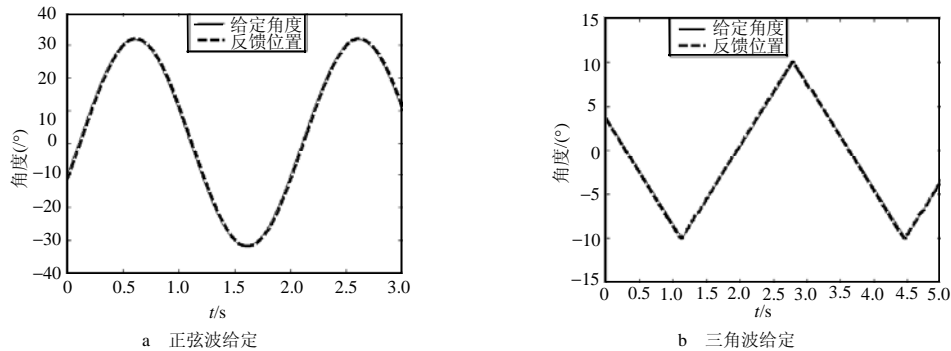


图5 武器火控系统模拟器的含实物仿真实验曲线

由仿真实验结果可见, 该模拟器系统的幅值跟踪误差和相位跟踪误差均很小, 对输入信号的动态响应很快, 系统的鲁棒性很强, 具有很高的控制品质。

4 结论

本文所设计的武器火控系统模拟器的性能指标达到了各项设计要求, 经过实际运行, 模拟器功能完善, 安全保护可靠, 可维护性好, 性能稳定, 操作方便。

参 考 文 献

- [1] 张 安. 航空武器火控系统总体技术研究[J]. 电光与控制, 2001, 8(3): 13-16
- [2] Yue X, Vilathgamuwa M, Tseng K J, et al. Modeling and robust adaptive control of a three-axis motion simulator[A]. Proceedings of the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting[C]. Chicago, 2001, 1: 553-560
- [3] 李智铭. 三轴飞行仿真测试转台频带拓宽技术研究[J]. 航天控制, 2000, 18(3): 10-15
- [4] 段海滨, 王道波, 尧放哉. 武装直升机火控系统仿真转台的控制系统设计研究[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(7): 1 567-1 570
- [5] 李 华. MCS-51系列单片机实用接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993

编辑 漆 蓉