

小型无人飞机控制系统的飞行控制器设计

薛安国, 吕运鹏, 陈兴科, 胡博

(郑州大学 物理工程学院, 河南 郑州 450052)

摘要:利用单片机,采用PID控制算法,并通过结构化设计原则,设计了一种能够快速进行信息处理的无人飞机飞控器,该系统具有设计精练、可靠性高、开放性好等特点。

关键词:无人飞机;PID控制;飞行控制器

中图分类号:TP29 **文献标识码:**A

Design of flight control appliance used in minitype pilotless aircraft

XUE An-guo, LV Yun-peng, CHEN Xing-ke, HU Bo

(College of Physics Eng., Zhengzhou Univ., Zhengzhou 450052, China)

Abstract: A single chip flight control appliance of pilotless aircraft that can deal with message fastly is designed. Its system structure and PID control working principle are described. The system is concise, reliable and open.

Key words: pilotless aircraft; PID control; flight control appliance

0 引言

随着对空气动力学、飞行力学和自动控制方面认识的不断深入,特别是微电子技术的蓬勃发展,适应小型化要求的无人飞机自动控制设备越来越先进。无人飞机任务的日趋复杂化,对无人飞机性能的要求越来越高,不仅要求飞行距离远、高度大、续航时间长,而且要求无人飞机有高的飞行速度和大的载荷以及故障自诊断、故障自动返航等诸多功能。因此,飞行控制系统成为无人飞机设计的关键技术。由于无人飞机控制系统自身的结构比较复杂,并有火并系统、导航系统、电传操纵系统等其他机载设备与其关联,因此飞行控制器的控制项目较为繁多。传统的飞控器,使用传统配套的检测及处理设备,自动化程度低,操作繁琐,处理速度慢。鉴于此,笔者设计了以单片机为核心的小型无人飞机控制系统飞行控制器,以期克服上述缺点,提高信息处理的质量和效率。

1 系统功能

飞控器是以单片机为核心的计算机控制系统,其

功能是根据输入信息的含义决策输出信息,其输入信息主要是遥控接收机送来的指令信息,输出信息是控制及遥测显示信息。其主要功能有:1)保持飞机按制定高度稳定飞行;2)保持飞机按预定航线稳定飞行;3)控制飞机按给定的姿态角机动飞行;4)控制飞机按给定的航向角飞行;5)控制飞机按预定程序自主飞行;6)随着速度和高度变化自动改变控制系统;7)采集飞行状态参数,送至遥测发射系统;8)进行故障应急处理;9)完成飞机开关指令功能对任务设备的控制。其中1至5条是飞控器根据地面遥控指令切换不同控制模式来实现的,6至8条由飞控器自行完成。

2 系统结构及工作原理

由于俯仰/横滚角、舵面位置等信号是模拟信号,因此飞控器必须具有多路模拟信号的高精度采集能力。而磁航向传感器、气压高度传感器以及GPS和遥控遥测等外围单元的数据交换则采用了RS-232, RS-485或RS-422通信协议,因此飞控器要具有多串口的通信能力。同时系统要求一系列的电平输出/输入接口,舵机接收的信号形式是频率

信号,因此飞控器必须将控制参数以频率量的形式输出.飞控器的构成如图 1 所示,图中串行通讯接口板,可以采用 RS-485 或 RS-232 接口,主机板可以选择多片 8051 系列芯片(主要解决多输入多输出问题)^[1],也可以选择带 D/A, A/D 的具有 6 路以上输入(串口加并口)的高级芯片,特殊离散 I/O 板在至舵回路中,采用运算放大器 + 光耦驱动方式,至开关

控制中,采用光耦 + CMOS 光驱动方式.

遥控接收机送来的 6 位串行码,经 RS-232 串行接口送到单片机 SCI 的串行发送接口(RXD, TXD),SCI 根据遥测的指令与预先存入内部存储器的遥控指令编码表进行对照^[2],将与之对应的指令内容,送往或送出扩展口 74HCT373 或者 TCLK5628D/A 转换电路,去驱动 12 路开关通道和幅翼舵门、升降舵门及风门舵门.

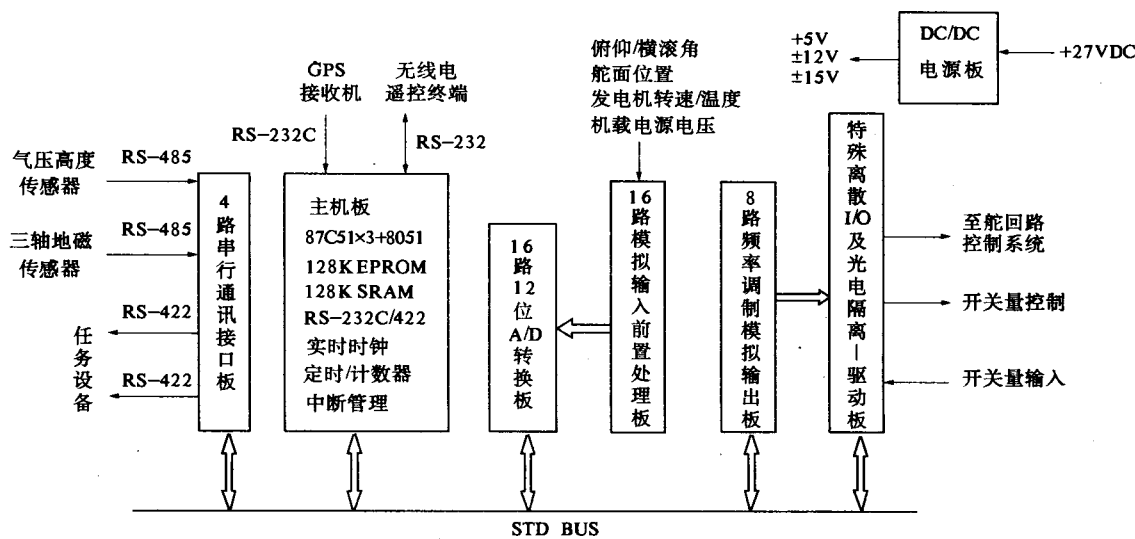


图 1 飞行控制器基本组成

飞行控制器包括 4 个反馈回路:以垂直陀螺仪构成的反馈回路构成飞行姿态稳定与控制的内回路,是飞行控制系统的核心控制回路,无人机的左右拐弯、爬升、俯冲飞行是由内回路给定相应参考姿态角来实现的;以航向传感器信号作为反馈信号,送到无人机的横向控制通道上,构成飞行航向控制的外回路;以高度传感器的输出信号作为反馈信号,送到无人机的纵向控制通道上,构成飞行高度控制的外回路;以 GPS 接收机接收到的无人机位置和飞行速度信息,通过信息综合后,反馈到横向控制通道上,进一步提高飞行轨迹的控制精度^[3].

3 软件设计

3.1 PID 控制算法

从飞机的数学模型可知,飞机无论纵向还是横向运动议程都是十分复杂的高级系统,但是可以将其简化为二阶惯性环节同时带有滞后时间不大的滞后环节系统.此时采用 PID 控制技术是一种较好的方法.

PID 基本算法为:飞控器的输出与输入(误差)成正比,与输出的积分成正比和与输出的导数成正比这三个分量之和,其连续表达式为

$$U = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

PID 控制器的性能决定于 K_p , T_i , T_d 这 3 个参

数,为了将上述控制规律用单片机实现,必须进行离散化,即以数字形式的差分方程替代连续系统的微分方程,可表示为

$$\begin{aligned} p(n) &= K_p \{ e(n) + \frac{T_n}{T_i} \sum_{i=0}^n e(i) + \frac{T_d}{T_n} [e(n) - e(n-1)] \} = \\ &= K_p e(n) + \frac{K_p}{T_i} T_n \sum_{i=0}^n e(i) + K_p T_d \frac{1}{T_n} [e(n) - e(n-1)] = \\ &= K_p e(n) + T_n K_i \sum_{i=0}^n e(i) + K_d \frac{1}{T_n} [e(n) - e(n-1)] \end{aligned}$$

K_p , T_n , K_i , K_d 值通过仿真及实验确定.

3.2 软件设计

软件设计遵循结构化设计的原则,采用模块化设计方法,使程序调试方便,扩充简单.系统监控程序是系统主程序,它主要完成系统自检、初始化操作、系统状态一致性检验和系统控制主流程.流程图如图 2 所示.定时中断服务程序实现系统的时钟协调以及与时钟有关的运算、处理和控制在功能,它是利用 8051 内部的定时器 0 来实现的.在该模块中,主要完成传感器输入信号的刷新、PID 调节运算、信号采集及转换、遥测数据编码等,流程图如图 3 所示.

测控终端程序及测控中断服务程序是利用 8051 的外部中断 0 及外部中断 1 实现的,主要完成遥测码接收、解释和发送^[4].

(下转第 100 页)

由以上 3 个步骤可得(取算子“+.”)

$$B_{k1} = W_1 \cdot (C_{k1}, C_{k1})^T$$

$$B_{k2} = W_2 \cdot (C_{k3}, C_{k4}, C_{k5})^T$$

$$B_{k3} = (C_{k6}, C_{k7})^T$$

B_{k1}, B_{k2}, B_{k3} 确定以后,可求出 $A_k = W \cdot (B_{k1}, B_{k2}, B_{k3})^T = (a_k^A, a_k^B, a_k^C, a_k^D)$, 以此可判断第 k 个成果关于总评语级别为 A, B, C, D 的评价程度;再将 A_k 代入公式 $F_k = (90, 80, 70, 60) A_k^T$, 即可求得总分 F_k (其中 90, 80, 70, 60 分别表示自行设定的总评等级别为 A, B, C, D 的代表分值)。

3 计算机操作

数学模型建立后,可编出相应的计算机程序及软件^[5],形成科技成果评价的支持系统(见图 1)。

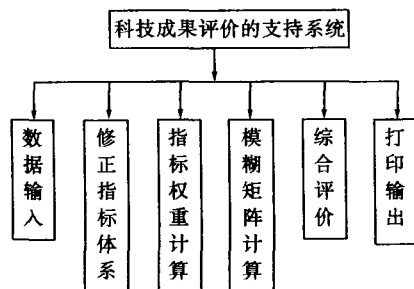


图 1 科技成果评价支持系统

评委只要给出各级因素的权重区间及末级因素的评语级别,计算机便可自动运算出被评成果的总得分,同时将所有被评成果的名称、名次、各项得分、总分统计出来^[6]。

4 结语

利用 Fuzzy 统计的方法建立了科技成果评价的数学模型,并编出了计算机操作软件。经实践检验,其操作简单,且结果具有更高的可信度,同时该方法还可延伸到其他方面的评价。由于评价中权重的确定是一个不断比较综合的过程^[7-9],因此在实际操作中要将数据反复磨合,逐步提高权重的合理性,使评价更加准确和完善。

参考文献:

- [1] 姜振寰. 软科学方法[M]. 哈尔滨:黑龙江教育出版社, 1994.
- [2] 吴彤, 李正风, 曾国屏. 基础研究评价与国家目标[J]. 科学学研究, 2002, 20(4): 343—347.
- [3] 刘作仪. 基础研究评价若干问题的认识[J]. 科学学研究, 2003, 21(4): 373—377.
- [4] 陈东升. Fuzzy 统计下的体育教学技能评价[J]. 数学的实践与认识, 2004, 34(3): 25—30.
- [5] 刘瑞新, 汪远征, 陈东升, 等. 二级 Visual Basic 语言程序设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [6] 段清堂, 李志强, 陈东升. 应用数理统计[M]. 北京:兵器工业出版社, 1999.
- [7] 王九云. 论知识产权保护层位的科学评价[J]. 中国软科学, 2000, 120(12): 61—64.
- [8] 唐炎钊. 区域科技创新能力的模糊综合评估模型及应用研究[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(2): 37—43.
- [9] 何宝民, 沙基昌. 海军技术院校科研总体实力评估及管理研究[J]. 科研管理, 2004, 25(2): 49—52.

(上接第 66 页)

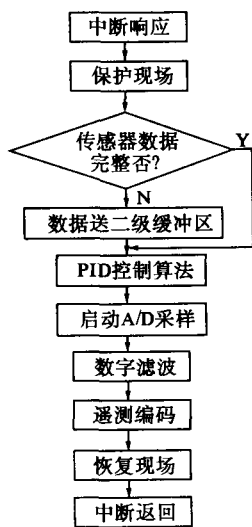
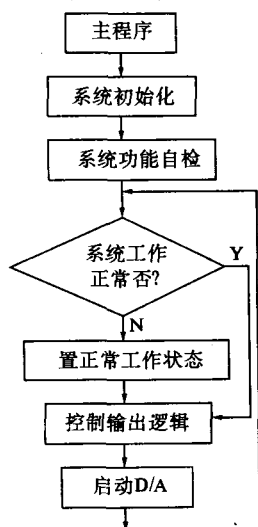


图 2 监控程序流程图 图 3 定时中断程序流程图

4 结语

该小型无人飞机控制系统的飞行控制器,结构清晰合理,成本低廉,功能强大,易于维护,与传统飞控器设备相比,优势明显。

参考文献:

- [1] 潘新民. 微型计算机控制技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 1988.
- [2] 何立民. MCS-51 系列单片及应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1990.
- [3] 郑仲明, 曹宪林, 张先永. 飞机导航设备自动测试系统[J]. 计算机自动测量与控制, 2000, 8(4): 46—48.
- [4] 涂诗美. 一种飞行器地面控制系统设计[J]. 计算机自动测量与控制, 2000, 8(3): 36—38.