

# 基于 DSP 的无人机飞控系统的硬件设计

贾 杰,陈焕强

(南昌航空大学 信息工程学院,江西 南昌 330063)

**摘 要:** 为方便对无人机进行控制和管理,针对无人机性能指标、重量和体积要求,设计一种基于 DSP TMS320F28335 的飞行控制系统。

**关键词:** 无人机;TMS320F28335;飞行控制系统;PWM;RS-232

**中图分类号:** V249.1

**文献标识码:** A

## 0 引言

无人机常常被称作无人驾驶飞机(UAV)是诸多航空器中的一类。它们具有自带动力、远程遥控、自主飞行、单次或多次重复使用的特性。DSP 凭借其丰富的指令系统、高速高精度的计算处理效率及丰富的片内外设资源等优点,为在飞行控制系统(飞控系统)的应用推广提供了广泛的基础。介绍一种高精度度、扩展性高、微型化和低功耗的新型飞行控制系统的设计,并要求其具有稳定性、实时性、低功耗和嵌入性等特点。

## 1 系统结构

一个完善的无人机电子系统至少应具有 3 个构成平台:

- (1)地面监控系统,主导指挥和操控飞机航行。
- (2)无线电测试遥控系统,主要担任 GPS 数据处理和遥控遥测信息传递的工作,其在整个无线数据链路中的位置是位于地面监控系统和飞行控制器之间。
- (3)飞行控制器,实现传感检测、航行控制、摄像头云台管控和数据回传等功能。飞行控制器具体功能为:完成对无人机状态量的检测,包含航向角、气压高度、航行速度、姿态;航行控制信号输出,包含升降舵舵机操纵讯号、副翼舵机操纵讯号、发动机油门操纵讯号、云台操纵讯号;经过 RS-232 通信口与无线电测试遥控系统通信,获取地面的操纵讯号和 GPS 信号,并将无人机的状态信息回送到地上监控系统。

飞控系统通常有 3 种飞行控制模式,分别为手控模式、地面控制模式和自主飞行模式。其中,自主飞行模式智能化程度高,属于未来发展的趋势。这里采用自主飞行控制和地面控制相结合的方式,使系统既具有较高

的智能化又具有较强的可靠性。为方便管理和控制,需要设计飞控系统的管理界面和控制界面,如图 1 所示。

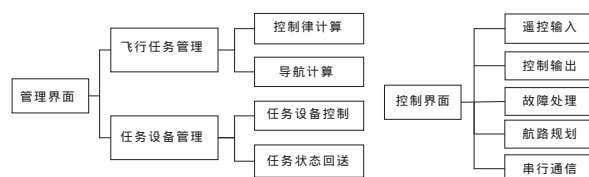


图 1 系统管理和控制界面

## 2 硬件设计方案

### 2.1 框架接口设计要求

飞行控制的目标主要是在航行任务中,通过控制无人机的姿态,引导飞机按照准确的航迹路线飞行,因此需要实时采集姿态航向遥测参数,再通过控制率算法数据解算,将控制量实时输出到执行机构,实现稳定、安全的控制目的。

垂直陀螺仪、三轴角速率陀螺、磁航向传感器等输出的是模拟信号,速度、高度传感器、GPS、遥控遥测台和地面检测等外部设备与微处理器的数据交换大多采用 RS-485、RS-232 通信协议,因此飞控系统要具备多串口的通信能力,包适串行通信口、非连续量接口(DIO)、SPI 总线接口、脉宽可调制接口(PWM)、AD 接口、DA 接口、Flash 接口和 RAM 接口等;由于 DSP 与外部传感器设备工作电压不同,因而飞控系统必须具备多类电平输出/输入接口,包括 RS-232 电压转换电路和 RS485/422 电压转换电路接口。

飞控系统硬件接口如图 2 所示。

### 2.2 主要功能模块实现

#### 2.2.1 多通道串口通信

因为 GPS 接收机 CJMCU-6M、空速传感器、气压高度传感器 GY-63-03、遥控、遥测台和地面检测设施对外接口都是串口,而 F28335 处理器自身仅提供 3 个串行通信接口,不足以实现飞控系统与多外设的通信需求,所以必须针对 F28335 进行串口扩展。F28335

**作者简介:** 贾杰(1972-),博士后,副教授,硕士生导师,研究方向为信息系统建模与仿真技术、测试技术与智能仪器。  
**收稿日期:** 2015-08-03

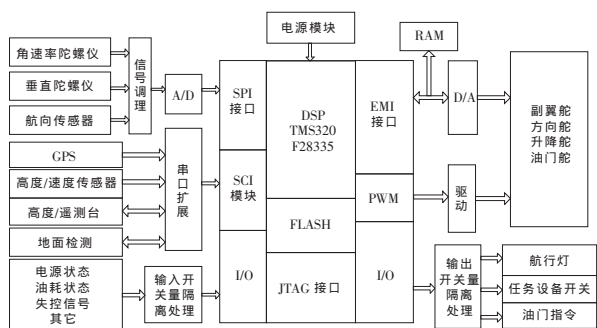


图2 飞控系统硬件接口

串口扩展模块可以由串口扩展芯片 GM8125 和 485 接口转换芯片实现。GM8125 可同时扩展出 5 个标准串行接口。根据外部管脚选取串口扩展方式:单通道任务方式和多通道任务方式。单通道任务方式下,子串口最高 Baud 值为 20Mbps;多通道任务方式下,子串口最高 Baud 值为 38400bps。

串行口 0:与 GPS 接收机相接,接受 GPS 数据,运用 RS-232 标准规范,Baud 值为 9600;串行口 1:遥控信道,与遥控接收机相连,接受上行通道传输的遥控信息,下传飞机状态数据信息,执行 RS-232 标准规范,Baud 值为 9600;串行口 2:与地面监测设备相连接,使用 RS-232 规范标准,Baud 值为 9600;串行口 3:通过 GM8125 扩展,与高度传感器和速度传感器相连接,采用 RS-485 规范标准,Baud 值为 9600。

2.2.2 A/D 转换

角速率陀螺仪、磁航向传感器 GY-273 磁通传感器、垂直陀螺仪 TAROT ZYX-S 版等输出的模拟信号由于电压特性不同,所以首先经信号调理模块处理,然后通过 RS-232 接口送往 DSP。DSP 片本身内含 16 通道 12 位 ADC,足以满足系统通道数和精度的要求,不必再外扩其它 ADC 器件。ADC 转换时间为 80ns,能迅速实现 ADC 转换,输入电压量程为 0~3V,内置两个采样保持电路,能将采样的模拟量保持到转换完成。这些飞行姿态和高度速度数据,是飞控系统对无人机工作系统状态进行监控的基础。此外,信号还要通过编码反馈到地面检测设备,以便监控人员参考。

2.2.3 信号调理

信号调理模块功能包括模拟量的输入、输出通道调理。模拟量的输入即传感器的输出,不同的传感器的电压值不一样,因此需要对其进行电平转换。此外,传感器信号的工作频率一般为 10Hz 以下,因此需要对电路中的高频干扰信号进行滤波处理。设计一个二级调理电路,一级为巴特沃斯滤波,截止频率 10Hz;二级为电平转换电路,根据输入、输出电压比值确定电阻等参数。模拟量的输出,同样会受高频干扰,需要设

计与输入端相同的滤波电路,此外再增加射极跟随电路,提高信号驱动能力。

2.2.4 频率信号的输出

控制伺服执行机构的是四个舵机,航行过程中要求四个舵机必须同时相互呼应,并且彼此之间不能有时间延迟。F28335 的 6 路可设置为高精度的 HRPWM,可以用来输出 PWM 信号,不需要再额外扩展接口芯片。TMS320F28335 芯片根据控制律算法,解算出各个舵面的控制量,然后经驱动输出到四个舵机,提高了实时性。依照舵机的工作方式和控制精度的要求,设置任务模式,实现舵机工作条件,既减少硬件的扩展,降低软件的消耗,又提升精度和工作效率。

2.2.5 数字 I/O 口输出

系统通过 TMS320F28335 I/O 口输出开关量,为避免内部电路受影响,经过光耦隔离、TTL 驱动放大实现工作设备开关、航行灯、回收装置等设施的控制。采取片上通用 I/O 口经锁存器驱动后输出,既提升输出指令的驱动能力,又可以避免系统指令出现误动作。

3 控制效果及结论

以 F28335 为主芯片的飞控与以 LF2401 为主芯片的控制效果比较如表 1 所示。

表 1 以 F28335 为主芯片的飞控与以 LF2401 为主芯片的控制效果比较

	以 LF2401 为 CPU 的飞控系统	以 F28335 为 CPU 的飞控系统
计算速度	ADC 转换 5 通道,时间为 500ns	ADC 转换 16 通道,时间为 80ns,多为中断方式查询
实时性	40MIPS 实时解算速率低,时延大于 200ms	150MIPS 实时解算速率快和监控显示,时延小于 200ms
可靠性	一般的断电保护措施	增加状态监控和断电隔离保护、故障诊断

该无人机飞行控制系统具有重量轻、集成度高、计算速度快、实时性强、可靠性强的特点,极大地满足无人机对飞控系统高准度、轻型化、低投入的要求。

参考文献

[1] 潘银松,刘艳,王攀峰,等. 基于 DSP 的无人机飞控系统的研究[J]. 电子测量技术,2014,(07):53-56  
[2] 李侦. 基于 dsp 的无人飞行器飞行控制系统设计[J]. 微处理机,2010,(4):125-128  
[3] 罗秋凤,高振,李勇. 基于 DSP28335 双核飞控计算机的实现[J]. 太赫兹科学与电子信息学报,2014,(01):123-126  
[4] 孙雪,安敬蕊. 无人直升机飞行控制系统的设计与实现[J]. 电子设计工程,2013,20:91-93  
[5] Chaoji Chen, Na Zhao,Hongtao Jin,etal. Design and Implementation of the Servo Control System Based on DSP [J]. Computer and Information Science,2010,34