

四轴飞行器多功能无线遥控器设计

卞玉丽

(厦门工学院 电子信息与电气工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要:四轴飞行器因其结构简单和飞行性能优越而成为无人机领域的研究热点。作为一个典型的多变量、非线性系统,在开发过程中其控制参数的取值需反复多次调整,开发一种可扩展、具有多种参数输入方式,同时集数据显示于一体的多功能遥控器显得十分必要。基于 STM32F103C8T6 单片机、方向摇杆、电位器、陀螺仪、OLED 屏以及无线串口等模块以及 FreeRTOS 操作系统,开发一个用于四轴飞行器参数设定与显示的遥控器,通过该遥控器能够设定及显示飞行器的 P、I、D 控制参数、运行方向、油门等,可极大方便四轴系统的开发调试。

关键词:四轴飞行器;无线遥控;STM32;FreeRTOS

DOI:10.11907/rjdk.161950

中图分类号:TP319

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2016)008-0110-03

0 引言

四轴飞行器有 4 个对称旋翼的直升机,具有能垂直起降、结构简单、操作方便、机动灵活的优点,成为近年来研究的热点^[1]。在开发时有 4 个电机需要控制,控制器的参数需要反复调整,最直接的方法就是每改变一次控制参数就烧写一次程序,但这样非常低效、繁琐。于是有人开发出了基于 PC 机的调试软件,该类调试软件不但可以设定控制参数,还可以实时显示飞行器的各种状态信息,极大方便了开发过程,但这种方案比较适合开发前期初步调试参数时,后期测试就不大方便,因为需要携带电脑,同时通过 PC 机设定参数及时性也稍差。虽然市面上有商业遥控器在售,但这些遥控器大多只可以设定参数而无法显示飞行器信息,设定参数的摇杆及按钮的数量及功能较为固定,同时传输协议大都不公开,不便于用户进行二次开发、扩展。文献[2]开发了一个包含四路摇杆的遥控器,但只可输入参数无法显示参数,使用起来较为不便。文献[3]中设计的遥控器具有摇杆、电位器、按键输入,以及 LCD1602 显示功能,但 LCD1602 功耗高、显示信息有限,同时该遥控器没有惯性器件无法通过捕获手的姿态来控制飞行器。本文基于 STM32F103C8T6、摇杆、电位器、按键、OLED、陀螺仪、无线串口等模块设计一个用于开发、调试四旋翼飞行器的多功能遥控器。

1 系统结构

整个遥控器以 STM32F103C8T6 单片机为核心,同时

包含两路摇杆输入、四路电位器输入、若干个按键、一个集陀螺仪及加速度计于一体的 MPU6050 以及一个 OLED 显示屏。两路摇杆用来设定飞行器的前后、左右运动,四路电位器中的三路用来设定 P、I、D 的控制参数,一路用来设定油门。MPU6050 用来以另一种方式设定飞行器的前后、左右运行,到底采用摇杆输入还是电位器输入由飞控 MCU 决定。OLED 屏用来显示设定参数的具体值,无线串口作为信息传输的通道。系统结构如图 1 所示。

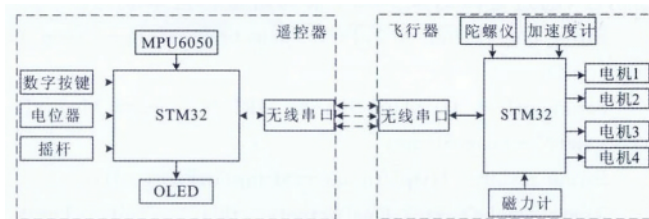


图 1 系统结构

2 基于 FreeRTOS 的程序设计

对于简单的程序可以采用前后台的方式设计,但前后台系统的实时性不好,且可扩展性及可维护性较差,于是本系统的设计引入了操作系统。应用于嵌入式系统领域的操作系统往往称为 RTOS(实时操作系统),这是因为在嵌入式系统对系统的实时性大都有一定要求。RTOS 种类繁多,而 FreeRTOS 以免费、结构简单、对硬件要求较低脱颖而出,官方文档显示在 2011—2015 连续 5 年的调查中 FreeRTOS 都处于领先的地位^[3],因而本文也基于 FreeRTOS 构建整个系统。

FreeRTOS 中的最基本单元是任务,整个系统应该由

作者简介:卞玉丽(1981—),女,福建厦门人,硕士,厦门工学院电子信息与电气工程学院助教,研究方向为嵌入式系统、机器视觉。

一个个独立的任务所构成,比如串口任务、模拟量采集任务、显示任务等。这里的任务其实相当于通用操作系统中的线程而非进程,因此各任务之间共享全局变量。任务就是动态执行中的函数,这样就需要与一个函数相对应,并且该函数的形式一般都是确定的,在 FreeRTOS 下任务对应函数的原型为: void TaskFunction(void * pParameter),即返回参数为 void,函数参数为指向 void 类别变量的指针。准备好函数后调用任务创建函数进行任务创建,创建方法为:

```
xTaskCreate( pvTaskCode, pcName, usStackDepth,
pvParameters, uxPriority, pxCreatedTask )
```

3 各模块程序设计

由于采用了 RTOS,因此整个系统由各功能相对较为独立的任务构成,主程序仅需依次创建各任务及信号量即可,系统软件结构如图 2 所示。



图 2 软件结构

3.1 模拟量采集任务

(1)STM32 ADC 结构与原理。STM32 ADC 模块工作原理如图 3 所示,STM32 处理器有两个 AD 转换器 ADC1 和 ADC2,每个转换器都有 16 个通道。每个 AD 的都是 12 位分辨率,最高转换速率可达 1MHz^[5]。同串口的结构一样,ADC 的结构和功能也较为复杂,同样很多功能平时较少用到,于是可以将其结构简化为框图。

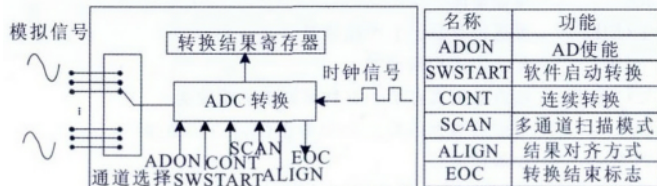


图 3 STM32 ADC 模块工作原理

相对于传统的 AD 转换器,比如 ADC0809、STM32 的 ADC 的许多功能设计得比较人性化,比如可以连续转换。在传统做法中 AD 转换的流程是:启动转换→等待转换结束→读转换结果,再次启动转换如此往复进行,而在 STM32 下只需将控制位 CONT 设置为 1,这样在一次转换结束后会自动启动下一次转换。另一个特色是可以逐次扫描转换多个通道,比如设置通道 4、通道 6、通道 3 进行扫描转化,这样当转换完通道 4 后不需要进行任何额外的设置硬件便会自动转换通道 6,再转换通道 3,要实现该功能仅需将 SCAN 置 1 即可。转换结果寄存器是 16 位的,而 ADC 是 12 位的,这样每次转换后的数字量就有靠右对齐与靠左对齐两种方式,当 ALIGN 被设置为 0 时靠

右对齐,为 1 时靠左对齐。启动转换的方式有很多种,可以设置为外部触发和软件触发。当选为外部触发时,对定时器的捕获事件、外部中断事件等都可以启动 AD 转换。但一般都选择软件触发,这样仅需将 SWSTART 设置为 1 即可启动转换。ADON 的功能不是启动一次转换,而是使能整个 ADC 模块,即当 ADON 为 0 时整个 ADC 根本不工作也就无所谓启动转换了,因此上述所有都设置完毕后必须置 ADON 为 1。当一次转换结束后硬件会置为 EOC,如果使能中断 EOCIE 则还会产生中断。

(2)模拟输入通道结构。本遥控器共用 6 个模拟通道,其中 2 个用来检测摇杆的位置以控制飞机的姿态,3 个用来设置飞行器的 P、I、D 参数,1 个用来设置油门。

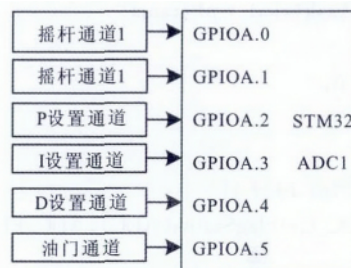


图 4 模拟通道定义

(3)ADC 初始化。将 ADC1 设置为连续、扫描转换,采用查询方式即不开启中断与 DMA 功能。基于库函数设置,具体程序如图 5 所示。

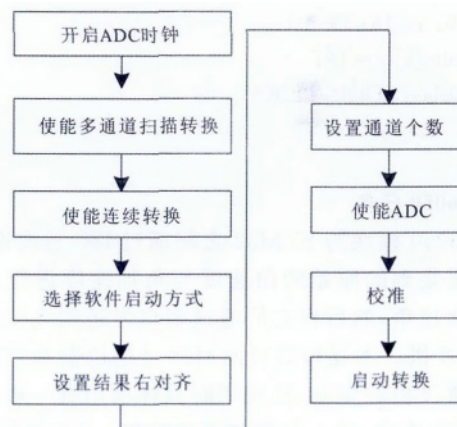


图 5 AD 转换流程

(4)ADC 任务。定义一个长度为 6 的 16 位无符号数组用来存放 6 路 AD 的输入,由于 ADC 已经设置为连续、扫描转换方式,因此在程序中仅需依次读转换结果并赋值给对应的变量即可。另外,为了增加稳定性,本文每采集 16 次转换结果后取平均值作为一次有效的输出。基于 RTOS 开发程序时由于各任务之间是并发的,因此访问全局数据时要保证排它性的访问以保证数据的完整性。采用信号量可以达到此目的,信号量有计数信号量、二值信号量、互斥信号量 3 种,它们的共同点是当数值大于 0 时代表资源可用,否则不可用。计数信号量可以表示的资源数大于 1,二值信号量与互斥信号量都只有 1 和 0 两种状态,当为 1 时资源可用,为 0 时资源不可用。保护全局

数据时一般用二值信号量和互斥信号量,它们的区别是互斥信号具有抗优先级反转等更加高级的特性,由于本系统任务不多,且每个信号量都只有两个任务访问不存在优先级反转问题,因此采用较为简单的二值信号量即可。

在 FreeRTOS 中二值信号量的使用分为 4 个步骤:①定义 SemaphoreHandle_t SemAnalog = NULL;②创建 SemAnalog = xSemaphoreCreateBinary();③获取 xSemaphoreTake(SemAnalog, portMAX_DELAY);④释放。xSemaphoreGive(SemAnalog); uint16 A_Results^[6]。

完整的 AD 采集任务程序如下(本系统的各个任务都是周期性任务,结构上具有一定相似性,为节省篇幅后文各任务都不再给出完整代码):

```
void AnalogTask(viod * pParams)
{
    int count = 0;
    while(1){
        count=0;
        for(i=0; i<16; i++){
            while( ! ADC_GetFlagStatus(ADC1, ADC_FLAG_EOC))
            ;
            xSemaphoreTake( SemAnalog, portMAX_DELAY);
            A_Results[count] = ADC1->DR;
            xSemaphoreGive( SemAnalog );
            count++;
        }
        for(i=0; i<16; i++){
            A_Results[i] /= 16;
            vTaskDelay(LOOP_TICKS)
        }
    }
}
```

3.2 MPU6050 任务

MPU6050 模块与 STM32 之间通过 I2C 总线连接,通过该模块采集到的原始的角速度与角加速度进行相应运算到 3 个欧拉角,然后将它们通过串口发送到飞行器上的 STM32 单片机。本遥控器可同时通过电位器和陀螺仪两种方式设置飞机的姿态,在使用时具体使用哪一种由飞控上的 STM32 决定,这大大增加了灵活性。3 个欧拉角用 3 个 16 位全局量表示,后面的发送任务将其转换为 6 个 8 位二进制数并发送。为了保护全局量,像模拟量采集任务那样定义一个信号量用来与发送任务之间协调同步。

3.3 OLED 显示任务

OLED 模块通过 SPI 总线与 STM32 相连用来显示各设定参数的具体值。首先定义一个全局二维数组,需显示内容的各任务将数据首先写到该数组中,然后由显示任务负责周期性地数组输出到 OLED 上。由于任务的并发性以及显示数组的全局性,同样定义一个信号量对其进行保护,所有向 OLED 写数据的任务都应首先获取该信号量,访问完毕之后释放该信号量。

3.4 串口发送任务

(1)串口结构。STM32 的串口功能很强大,官方手册

上给出的结构图较为复杂^[4],不易看懂,但大多情况下使用的只是其最基本的数据收发功能,此时串口结构可简化为如图 6 所示。

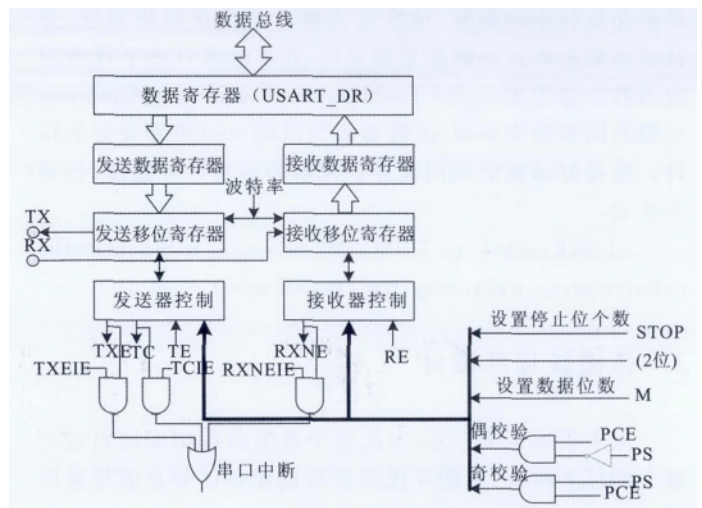


图 6 串口结构

与 51 单片机相类似,在 STM32 中用户可以访问的数据寄存器只有一个即 USART_DR,而事实上当发送数据时即向 USART_DR 写与接收数据即读时访问的是不同的物理寄存器。串口使用之前需进行一系列配置,包括数据位数、停止位个数、奇偶校验、波特率等,这些要通过各特殊功能寄存器中的配置位来设置,常用的配置参数及其意义如表 1 所示。

表 1 串口配置位

名称	功能
TXE	发送数据寄存器已空
TC	上次发送已经完成
RXNE	接收数据寄存器中有数据到来
UE	串口使能
TE	发送使能
RE	接收使能
TXEIE	发送寄存器已空中断使能
TCIE	发送完成中断使能
RXNEIE	接收数据寄存器中有数据到来中断使能
M	每帧的数据位数,0:8 位数据位,1:9 位数据位
PCE	校验使能
PS	校验选择,0:偶校验;1:奇校验
STOP	设置停止位的个数。00:1 位停止位;01:0.5 位停止位;10:2 位停止位;11:1.5 位停止位

(2)发送任务。一共有 9 个数据需要发送,每个数据占两个字节,再加上帧头 2 个字节以及最后的校验和,一帧数据共 21 个字节,具体分布如图 7 所示。

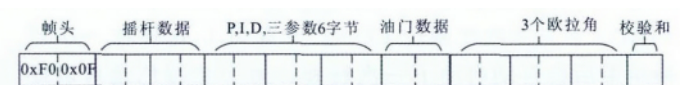


图 7 串口帧格式

串口发送任务首先构造一个由 21 个元素组成的 8 位数组,然后根据采集到的 6 个模拟量以及 3 个欧拉角得到 18 个待发送的 8 位数,再加上 2 个帧头以及校验和就构成了完整的发送数据。发送任务为周期性运行任务,每 20ms 运行一次,具体流程如图 8 所示。

基于 B/ S 模式的趣味运动会管理系统设计与实现

艾 静

(武汉设计工程学院 信息工程学院,湖北 武汉 430205)

摘 要:当前,趣味运动会在企事业单位逐渐普及,因运动项目比较新颖,项目参与人数也不确定,比赛规则与常规的田径运动会有很大区别,因而需利用网络技术开发趣味运动会管理系统。基于 JSP 技术、MySQL 数据库技术以 B/S 架构,设计并实现了一个基于 Web 的趣味运动会管理系统,着重阐述了系统需求分析、系统设计、系统实现等方面。灰盒测试表明,系统各功能运行正常,并具有一定的容错性。

关键词:趣味运动会;管理系统;B/S 模式;软件测试

DOI:10.11907/rjdk.161866

中图分类号:TP319

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2016)008-0113-03

0 引言

为提高人们的身体素质和调节人们的精神状态,加强人与人之间的情感交流,培育团队协作意识,丰富人们业余文化生活,调节社会感情,各级各类企事业单位开始重视群众体育活动建设^[1]。趣味运动将逐渐成为企事业单位加强员工之间交流,拉近同事之间距离,营造企业文

化,凝心聚力的重要方式。随着趣味运动会的普及,参与员工越来越多,项目形式越发多样,传统人工管理方式已难以适应趣味运动会管理需求。目前,国内外学者关于运动会管理系统的研究,主要集中在常规田径运动会方面,而针对趣味运动会的系统研究几乎没有^[2]。鉴于此,本文利用 JSP 技术、MySQL 数据库技术以 B/S 架构设计开发了一个基于 Web 的趣味运动会管理系统,以满足企事业单位群众体育运动需求。

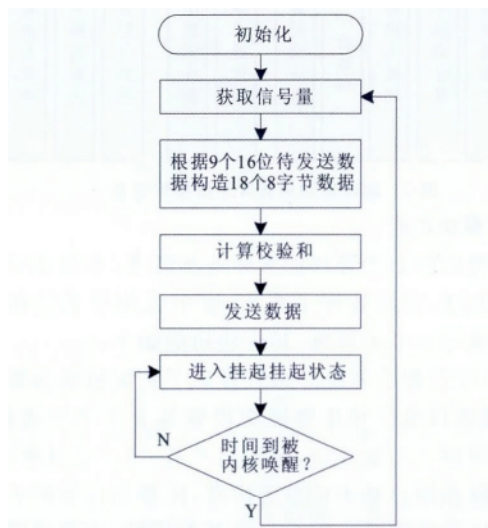


图8 串口发送流程

(3)串口接收模块。串口接收不属于遥控器的范畴,是飞控 MCU 的功能,此处仅简述其功能。当接收到遥控发送的数据时提取 P、I、D 以及油门等参数进行相应的闭环控制,同时根据发送过来的飞行方向数据调整飞机姿态

达到向指定方向运行的目的。

4 结语

本文基于 STM32 设计了一个多功能无线遥控器,该遥控器可以滑动变阻器设计飞机的 P、I、D 以及油门等控制参数,同时可以通过摇杆和姿态角控制飞机的运行方向,并且通过 OLED 屏将各种设定参数直观地显示出来,极大方便了飞行器开发的调试过程。

参考文献:

- [1] 刘峰,吕强,王国胜,等.四轴飞行器姿态控制系统设计[J].计算机测量与控制,2011(3):583-585,616.
- [2] 朱海荣,张鹤鸣,郭浩波.基于无线遥控技术的四旋翼飞行器控制系统设计[J].南通职业大学学报,2015(2):86-90.
- [3] 常国权,戴国强.基于 STM32 的四轴飞行器飞控系统[J].单片机与嵌入式系统应用,2015(2):29-32.
- [4] The market leading defacto standard and cross platform real time operating[EB/OL].<http://www.freertos.org/>.
- [5] ST MICROELECTRONICS. STM32 reference manual(RM0008)[Z]. 2010.

(责任编辑:孙 娟)

作者简介:艾静(1986—),女,湖北鄂州人,硕士,武汉设计工程学院信息工程学院助教,研究方向为软件工程与理论。