

# 无人机飞行试验调试装置设计

张立华, 白 越

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘 要:** 设计了一种无人机飞行试验调试装置。利用 DSP、XBee Pro (无线模块) 和上位机等来实现上行数据的发送和下行数据的显示及存储。分析了调试装置各个模块的功能, 对该装置进行了硬件设计, 应用 CCS 和 VB 软件为开发平台, 对 DSP 串口通讯和调参软件等进行了相应的程序设计。对系统进行了调试, 结果表明, 调试装置很好地实现了系统所要求的功能。

**关键词:** XBee Pro; 无人机; 飞行试验; 调试装置

**中图分类号:** TP273      **文献标识码:** A

**DOI:** 10.3788/OMEI20112810.0061

## Design of Debug Equipment for Unmanned Aerial Vehicle Flight Experiment

ZHANG Li-hua, BAI Yue

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** Debug equipment for unmanned aerial vehicle flight experiment was designed. DSP, XBee Pro(wireless module), host computer and so on were used to realize the dispatch of up data, display and storage of down data. The function of every module of debug equipment was analyzed, the hardware design of the equipment was given. The program of DSP serial interface communication and debugging parameter software and so on were designed by CCS and VB exploitation platform. The whole equipment was debugged, according to the experimental data. The debug equipment can well realize the requested function.

**Keywords:** XBee Pro; unmanned aerial vehicle(UAV); flight experiment; debug equipment

## 1 引言

无人机是一种有动力、可控制、能携带多种任务载荷、执行多种任务并能重复使用的战术无人机,由于其零伤亡风险和高机动性等优势引起了各国军方的高度重视。本文主要研究与实现无人机飞行试验调试装置。通常情况下,当我们调试无人机时,如果需要更改高度等控制参数的值,可以用遥控器。由于遥控器的通道数有限,需要不断地改程序,把用到的参数映射到相应的遥控器通道,但总改程序也麻烦;也可以停止无人机运行,修改程序并重新烧程序后脱离仿真器,再上电运行,此种方式麻烦,浪费时间;还可以停止无人机运行,修改程序,无人机带着仿真器飞行,此种方式也麻烦,而且无人机带着仿真器飞行比较笨重,而且线短,不方便调试。通常情况下,当我们调试无人机时,如果直接用眼睛观察无人机的动作,不能精确地察觉到一些参数的细微变化,也就不能及时地对一些控制参数进行调整,而且不能对异常甚至危险的飞行情况及时报警,有可能产生如下后果:无人机飞行安全性降低,严重破坏无人机的机体结构,甚至坠毁。机载存储器通过飞行计算机可以将无人机在飞行过程中的实验数据记录下来,但只有当无人机降落地面后,才能读取该数据以了解某些参数的变化情况,如果无人机在飞行过程中的某些参数出现异常和失效等情况,我们将无法及时发现并应对;用串口线连接无人机与上位机,串口线影响无人机的飞行,不方便调试;另外,用现成的串口助手不能显示小数,也不能将数据存储下来,用于事后分析。

本文在上述通用调试方法的基础上,给出改进的调试装置,该装置由DSP、无线模块、电平转换模块和上位机及其上的调参软件组成。在调参软件处可更改控制参数,通过无线发到无人机上,省时,省事,方便调试;用两个无线模块1和2取代了无人机与上位机间的串口线,利于无人机飞行;通过上位机上的调参软件可以看到姿态等参数的细微变

化,也就能及时对姿态等控制参数进行更改,另外,该调参软件也能显示小数,还能将数据存储下来,用于事后分析。

## 2 主要设计思想和系统结构框图

本文目的是设计并实现无人机飞行试验的调试装置,本调试装置包括DSP、无线模块1、无线模块2、电平转换模块和上位机,其中DSP<sup>[1]</sup>和无线模块1安置于无人机上,系统结构如图1所示。无人机的姿态等信息从DSP发送到无线模块1,无线模块2接收到数据后经过电平转换模块,通过串口传到上位机,上位机中的调参软件就可以显示姿态等数据;在无人机飞行过程中,当需要更改姿态等控制参数时,在上位机的调参软件处可进行更改,经过电平转换模块到达无线模块2,无线模块1接收到数据后经串口传给DSP。

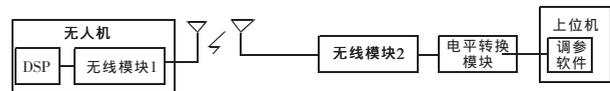


图1 系统结构图

## 3 基于XBee Pro的调试装置的硬件实现

调试装置硬件设计主要是指无线模块与上位机及DSP的硬件设计。

### 3.1 XBee Pro简介

以FreescaleMC1319x芯片组为核心、与ZIGBEE兼容的XBee Pro RF Module<sup>[2]</sup>提供了USB接口、RS-232接口及免费X-CTU测试软件。XBee Pro模块为即插即用方式,满足IEEE802.15.4协议标准,工作在2.4 GHz。XBee Pro体积小,功耗低,传输距离最大可达1 500 m,接口简单,容易使用。该模块还可以通过下载该公司最新的固件,使用户在原有硬件模块的基础上,得到最新的功能,为设计提供了极大的灵活性。

XBee Pro模块中集成有一个UART接口,其内部结构如图2所示。当串行数据通过DIN引脚进入

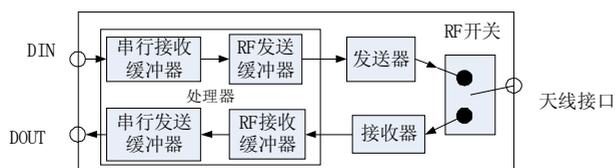


图2 XBee Pro模块UART内部数据控制流程图

XBee Pro 模块后，数据会先存储在串行接收缓冲器中，直到被发送器通过天线发送出去；当天线接收 RF 数据后，接收数据则先进入串行发送缓冲器，然后再串行送入主机中。XBee Pro 模块有 20 个引脚，其中引脚中的 VCC、GND、DOUT 及 DIN 用于与 RS232 接口的电路板引脚连接，DIN 引脚信号方向为输入，作为 UART 的数据输入，通常与处理器的 UART 发送端 TX 相连，DOUT 引脚信号方向为输出，作为 UART 的数据输出，通常与处理器的 UART 接收端 RX 相连。

### 3.2 DSP 与无线模块的硬件连接

本文中采用的 DSP 是 TMS320F38335，它是美国 TI 公司最新推出的 C2000 系列中的产品<sup>[3]</sup>，采用高性能静态 CMOS 技术，具有 150 M 的工作频率和 3 个

串行通信接口 SCI。DSP 的片内外设有多种通讯资源如 CAN、SPI 和串口等，但无线模块的资源有限，所以二者之间选择串口通讯。连接电路如图 3 所示，即 DSP 的发送脚 SCITXDB 与无线模块 1 的 DIN 连接，DSP 的接收脚 SCIRXDB 与无线模块 1 的 DOUT 连接，无线模块 1 与 DSP 的地连在一起，另外，无线模块 1 的 VCC 脚需要 3.3 V 的工作电压。

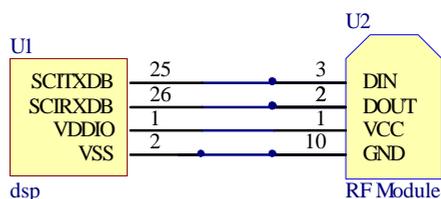


图3 DSP与无线模块1的连接电路图

### 3.3 无线模块与上位机的硬件连接

本文选用 MAX3232 芯片进行 XBee Pro 与上位机之间的 TTL 电平和 RS-232 电平的转换，MAX3232 电平转换器简单易用，3.3 V 电源供电，仅需外接几个电容即可完成从 TTL 电平到 RS-232 电平的转换，如图 4 所示。

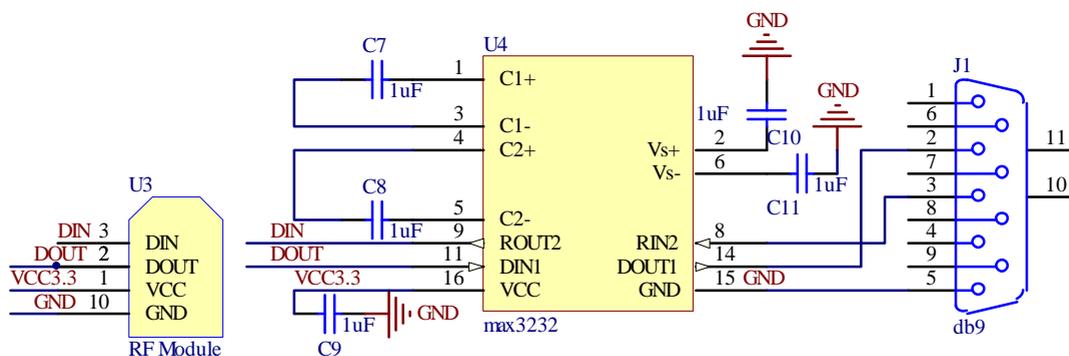


图4 无线模块与上位机的连接电路图

## 4 调试装置的软件设计

调试装置的软件设计包括调参软件、DSP 串口通讯和 XBee Pro 的配置，分别采用 VB、CCS 和 X-CTU 实现。

### 4.1 调参软件

上位机的调参软件采用 Visual Basic 6.0 编程，VB<sup>[4]</sup>支持面向对象的程序设计，具有结构化事件驱动编程模式，并可以使用无限扩增的控件，方便做出

良好的人机界面。建造 Visual Basic 的应用程序的第一步是创建窗体，然后在创建的窗体上绘制构成界面的图像。在该系统中采用 VB 自带的 MSComm 控件来完成上位机和无线的通信，上位机通信的初始化程序如下：

```
Private Sub Form_Load ()
    MSCComm1.CommPort = 1
    MSCComm1.Settings = "9600,n,8,1"
    MSCComm1.InputMode = 1
End Sub
```

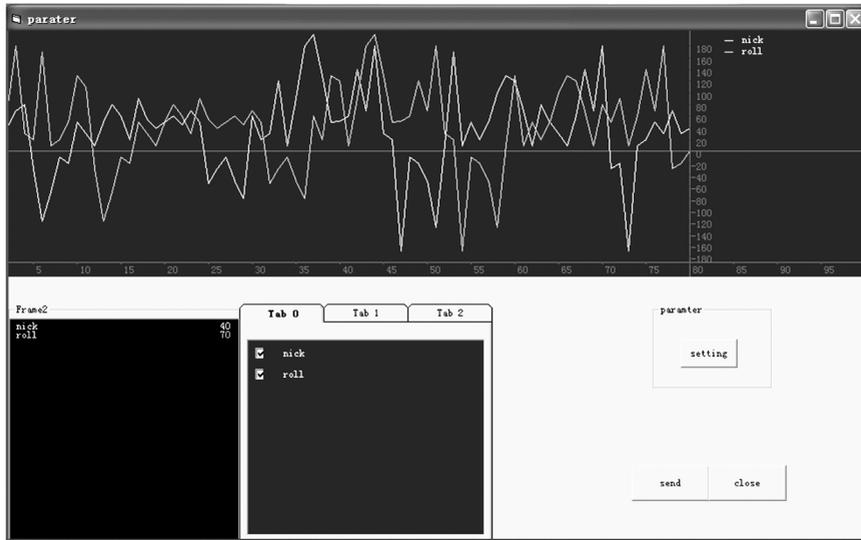
MSComm1.PortOpen = True

MSComm1.RThreshold = 1

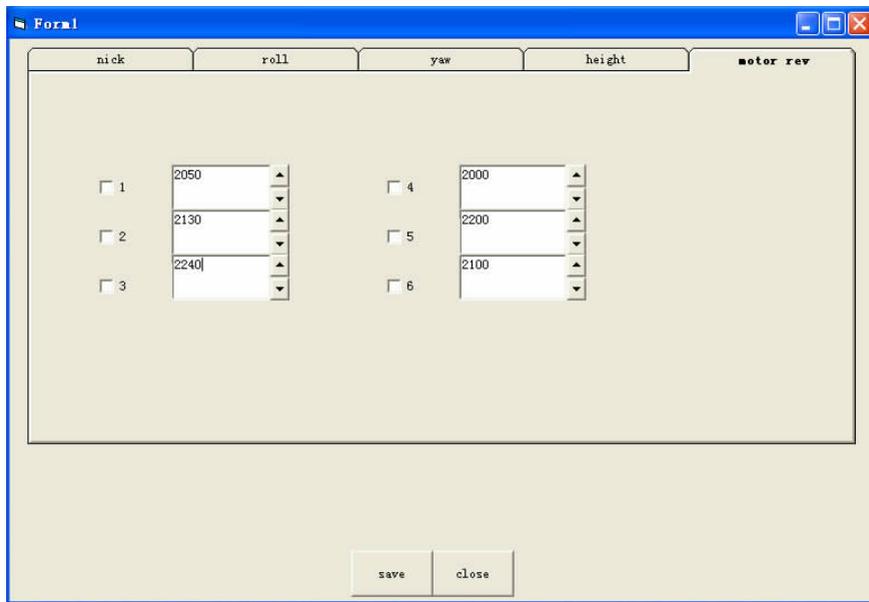
End Sub

调参软件下行数据界面可以显示无人机传过来的姿态等变量数值以及随时间变化曲线, 如图 5 (a)

所示。单击该界面的 setting 按钮, 就进入上行数据界面, 如图 5 (b) 所示, 通过该界面可以设置俯仰、滚转和高度等控制参数以及电机转速等, 改完数据后单击保存按钮, 再点关闭, 回到下行界面, 点发送, 上行数据就通过无线模块 1 和 2 传给无人机。



(a) 下行数据界面



(b) 上行数据界面

图5 调参软件界面

#### 4.2 DSP 串口通讯

28335 具有 3 个串行通信接口 SCI<sup>[5]</sup>, SCI 支持在 CPU 和其他使用标准不归零制 NRZ 格式的异步外设

之间进行串行数据通信。SCI 的接收器和发送器各有一个 16 级深度的 FIFO, 这样可以减少空头服务, 它们还有各自独立的使能位和中断位, 都可以在半双

工通信中独立操作，或在全双工通信中同时进行操作。为了数据的正确性，SCI对接收的信号进行间断检测、奇偶校验、超时和帧错误检测。通过一个16位的波特率选择寄存器，可以选择多种波特率。初始化串行口过程是：使帧格式满足通信协议的要求，设置波特率为9 600 bps，打开串口接收中断，并使能串行口，串行口的初始化程序如下：

```
void scib_init ()  
{  
    ScibRegs.SCICCR.all =0x0007;  
    ScibRegs.SCICTL1.all =0x0003;  
    ScibRegs.SCICTL2.all =0x0003;  
    ScibRegs.SCICTL2.bit.TXINTENA = 1;  
    ScibRegs.SCICTL2.bit.RXBKINTENA =1;  
    ScibRegs.SCIHBAUD =0x0001;  
    ScibRegs.SCILBAUD =0x00E7;  
    ScibRegs.SCICTL1.all =0x0023; }  
}
```

在串行口初始化完成后，只需对数据发送缓冲器 SCITXBUF 和数据接收缓冲器 SCIRXBUF 进行操作即可。如果要发送数据，无论何时，只要把数据写入到SCITXBUF就会产生发送中断。如果要接收数

据，只要 DSP 接收到完整的帧就会产生中断，然后在中断程序中把 SCIRXBUF 的内容读出即可。DSP 在执行其他任务的同时能及时上传数据和接收上位机数据，28335 采用中断发送、中断接收方式，下面以发送为例，流程图如图 6 所示。

### 4.3 XBee Pro 配置

XBee Pro 模块的命令配置是指在将 XBee Pro 模块装配到目标板之前，将其通过 RS232 接口连到电脑上，用计算机上免费的 X-CTU 软件进行命令参数的配置，这些命令参数包括波特率和组网方式设置等，配置的结果保存于 XBee Pro 模块内非易失性存储器中，简单方便。XBee Pro 模块自带 ZIGBEE 协议栈的程序，只需要通过程序来改变模块的参数即可实现组网通信。本文中用到 2 个 XBee Pro 模块，下面对每个模块进行配置。

应用 X-CTU 软件，进入模式配置选项，选择与模块相对应的型号 XBP24，在功能设置中选择模块的功能，在此，将 1 号模块配置成协调器，再配置其他如 RO 和 BD；用同样的方式配置 2 号模块，功能设置为路由器；将无线模块 1 和 2 配置成单播模式，即无线模块 1 的 DH、DL 分别等于无线模块 2 的 SH、SL，无线模块 2 的 DH、DL 分别等于无线模块 1 的 SH、SL。

## 5 结 论

提出了一种用于无人机飞行试验的调试装置，利用 DSP、无线模块和上位机等来实现上行数据的发送和下行数据的显示及存储。对整个系统进行了软硬件的调试，该装置不但能以曲线和数值的形式将下行数据变量实时显示并存储，而且能通过软件改变俯仰等控制参数，结果完全达到了要求。该装置构成简单、可靠性高、操作容易，利用该装置可缩短无人机控制系统的开发周期。

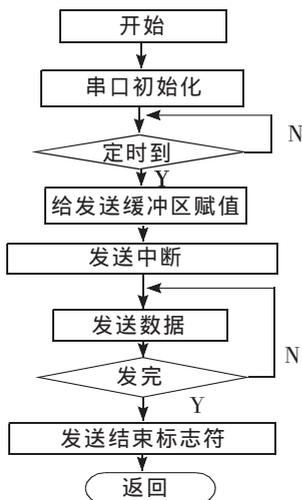


图 6 DSP 串口发送流程图

## 参考文献

- [1] 恽肇乾. 嵌入式系统硬件体系设计[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2007.
- [2] 王静霞. 一种与 ZigBee/802.15.4 协议兼容的 RF 模块 XBee/XBee-Pro 及其应用[J]. 电子工程师, 2007, 33(3): 24-27.
- [3] 万山明. TMS320F281x DSP 原理及应用实例[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2007.
- [4] 刘炳文. Visual Basic 程序设计教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] Texas Instruments Incorporated. TMS320x2833x, 2823x Serial Communications Interface (SCI) Reference Guide (SPRUZF5A) [M]. Dallas, Texas: Texas Instruments Incorporated, 2008.

作者简介: 张立华 (1984-), 女, 汉族, 吉林长春人, 硕士, 研究实习员, 2010年于哈尔滨工程大学获得硕士学位, 主要从事嵌入式系统和自动控制等方面的研究。E-mail: zhanglihua8488@163.com。

## 《发光学报》

## ——EI核心期刊 (物理学类; 无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于1980年创刊, 曾于1992年, 1996年, 2000年和2004年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”, 并于2000年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自1999年; 美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自2000年; 美国《剑桥科学文摘社网站》自2002年; 日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自2003年已定期收录检索该刊论文; 2008年被荷兰“Elsevier Bibliographic Databases”确定为源期刊; 2010年被美国“EI”确定为源期刊。2001年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中, 《发光学报》被评为“双效期刊”。2002年获中国科学院2001~2002年度科学出版基金“择重”资助。2004年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大, 主要反映本学科专业领域的科研和技术成就, 及时报道国内外的学术动态, 开展学术讨论和交流, 为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》自2011年改为月刊, A4开本, 144页, 国内外公开发行。国内定价: 40元, 全年480元, 全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用, 踊跃投稿。

地 址: 长春市东南湖大路3888号

电 话: (0431) 86176862, 84613407

E-mail: fgxbt@126.com

国内统一刊号: CN 22-1116/04

国内邮发代号: 12-312

邮 编: 130033

http://www.fgxb.org

国际标准刊号: ISSN 1000-7032

国外发行代号: 4863BM