

文章编号:1007-1180(2010)11-0074-04

# 蓝牙技术在伺服控制系统中的应用研究

吴庆林, 王显军

(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:** 为减少复杂伺服控制系统布线, 增加系统布局的灵活性, 本文设计了利用蓝牙无线通讯技术实现部分信号传输的伺服系统, 并通过试验对其通讯能力进行了测试。结果表明, 该系统的传输误码率为 3.98 PPM, 平均传输延迟 $<20$  ms, 系统的可靠性高, 实时性好, 能够达到预期的设计目的。

**关键词:** 蓝牙; 无线通讯; 伺服控制系统

中图分类号: TN928

文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI 20102711.0074

## Study on Application of Bluetooth in Servo Control System

WU Qing-lin, WANG Xian-jun

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

**Abstract:** In order to reduce wiring complexity and increase layout flexibility of the servo control system, a servo system in which part of the signal transmitted by bluetooth wireless communication technology was designed. The ability of communication of the system was tested by experiment. The results showed that the system had a low error transmission rate, transmission efficiency and better real-time, achieving the design purpose.

**Keywords:** bluetooth; wireless communication; servo control system

### 1 引言

随着伺服控制系统功能的不断增强, 其结构也

变得越来越复杂, 为保证整个系统的协调运转, 伺服系统往往需要增加相应的主控单元, 由主控单元产生控制指令并传达给相应的执行单元完成控制任

务。而随着系统结构的复杂,功能单元数量不断增加,各个单元之间的连接和布线也不断增多。错综复杂的线缆给系统带来了诸多的不便,系统各个单元的相互位置、间隔距离都要受到线缆的制约和影响,尤其在电机带动的旋转设备中,线缆的缠绕问题常常需要进行额外的考虑和处理,给系统的设计布局带来了诸多不必要的麻烦。为解决这一问题,可以考虑使用无线通讯替代部分通讯线缆,从而达到减少系统布线难度的目的。

作为一种短距离无线通信协议,蓝牙技术<sup>[1-2]</sup>以其高速率、低功耗、低成本、方便灵活等特点在众多无线解决方案中脱颖而出。蓝牙在 10~100 m 的工作距离内可以很好地满足大多数数字设备的应用需求,如办公室、家庭、工厂车间等。由于工作在 2.4 GHz 的 ISM 开放频段,所以无须申请许可证,使用方便灵活;采用 1 600 跳/s 的快跳频技术,因而拥有很好的抗干扰能力;低功耗的省电工作模式使得蓝牙技术在众多电子设备中得到广泛应用。本文在简单介绍蓝牙技术的基础上,探索分析了蓝牙无线通讯在伺服控制系统中的应用。通过实验分析,认为蓝牙技术可以很好地服务于伺服控制系统,减少系统布线、实现远程控制。

## 2 蓝牙通讯模块与单片机简介

### 2.1 蓝牙模块 GC-06

GC-06 蓝牙模块支持 USB 接口、RS232 串口、Audio 语音口的无线通讯,不仅模块之间可以相互通讯,而且模块与目前市场上所有的蓝牙设备都可以进行相应的蓝牙数据通讯,应用范围广泛;附有高效板载倒 F 型射频天线,引脚采用 2.0 mm 双列直插排针,方便用户使用;采用 Flash 版蓝牙芯片,可自行开发各种应用软件,扩展性强。GC-06 蓝牙模块的主要性能参数为:

频段: 2.40~2.48 GHz

蓝牙协议: Bluetooth V1.2

功率等级: Class2 (+6 dBm)

工作电压: 2.7~3.3 V

端口: USB, RS232 串口(最大波特率为 1.4 Mbps),

Audio 音频口, 数字 IO 口 12 条, 两路模拟量输入

工作温度: -40~+105 °C

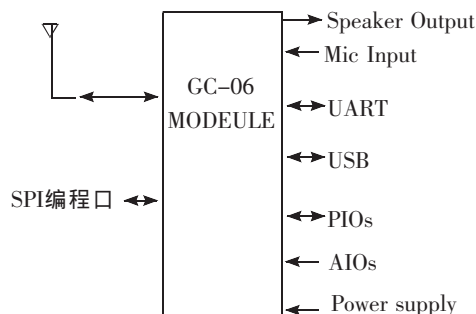


图1 GC-06的硬件框图

如图 1 所示, GC-06 主要具有以下功能单元:

#### (1) RS232 串行接口

由 UART\_RXD (11 脚)、UART\_TXD (12 脚)、UART\_RTS (13 脚)、UART\_RTS (14 脚) 组成, 串口波特率、起始位、停止位、奇偶校验位由编程设定, 最大波特率为 1.4 Mbps。

#### (2) USB 通用串行口

由 USB+(9 脚)、USB-(10 脚) 组成, 可以与计算机 USB 接口直接相连, 支持 USB2.0 协议, USB 口不使用时悬空。

#### (3) Audio 语音口

输出由 SPEAK+(3 脚)、SPEAK-(4 脚) 组成, 为平衡输出, 可以直接驱动耳机; 音频输入由 MIC+(6 脚)、MIC-(5 脚) 组成, 为平衡输入, 外接麦克风时, 需要给麦克风加偏压。音频口不使用时悬空。

#### (4) 数字 IO 口

由 PIO0~PIO11 组成, 这些口都是多功能输入输出口, 由应用软件编程设定。数字 IO 口在芯片上电时, 默认设置成弱下拉的输入口, 不使用时悬空。

#### (5) 模拟量输入口

GC-06 包含两个 8 位模数转换输入口: AIO0 (8 脚)、AIO1 (7 脚), 一般用于电池电压的监测。

#### (6) SPI 口

SPI 口由 SPI\_CSB (33 脚)、SPI\_CLK (35 脚)、

SPI\_MISO (34 脚)、SPI\_MOSI (32 脚) 组成, 专门用于软件开发的编程口。当应用软件由 SPI 口载入到芯片的 Flash 后, 模块就可以在用户的目标板上运行。

从 GC-06 的硬件组成来看, 其具有比较强大的功能和良好的可开发性。我们的主要目的是利用其通讯功能在主控与伺服控制器间传递指令和信息, 因此, 我们这里主要使用其 UART 串口功能。要实现 UART 串口通讯, 就需要利用单片机与蓝牙模块相连接, 对蓝牙模块接收发送的数据进行处理。

如图 2 所示为 GC-06 蓝牙模块的外形尺寸和引脚定义图, 我们通过其 RXD (引脚 11)、TXD (引脚 12)、RTS (引脚 13)、CTS (引脚 14)、GND (引脚 17) 和 VCC (引脚 18) 与单片机相连进行数据的收发。具体连接方案将在后面的章节进行介绍。

## 2.2 C8051F020 单片机简介

C8051F020 是由 Silicon Labs 出品的一款低电

压、高性能、完全集成的混合信号系统级 MCU, 它采用高密度、不容易丢失存储技术, 并且能够与 CIP-51 内核的单片机兼容; 片内含有 8 位中央处理器和闪烁存储单元; 具有 64 个数字 I/O 引脚; 真正 12 位、100 ksp/s 的 8 通道 ADC; 两个 12 位 DAC; 64 K 字节可在系统编程的 FLASH 存储器; 可寻址 64K 字节地址空间的外部数据存储器接口; 硬件实现的 SPI、SMBus/I2C 和两个 UART 串行接口; 5 个通用的 16 位定时器; 5 个捕捉/比较模块的可编程计数器/定时器阵列; 片内看门狗定时器、VDD 监视器和温度传感器。因此, C8051F020 单片机具有强大的功能和广泛的应用领域。

## 3 系统结构设计

### 3.1 系统构成

如图 3 所示, 本系统主要包括以下几个组成部分: 主控系统负责控制指令的产生; 单片机负责处理指令信号; 蓝牙负责信号收发; 伺服单元执行控制指令。

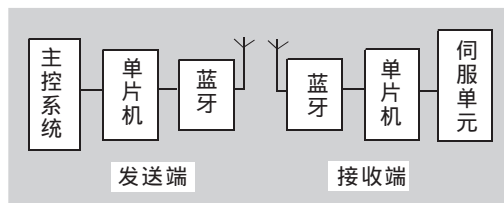


图 3 系统原理图

如图 4 所示, 单片机通过 UART 接口与蓝牙模块连接<sup>[3-4]</sup>。单片机的 RXD 和 TXD 端分别接蓝牙模块的 TXD 和 RXD 端; 至于 CTS 和 RTS 信号端, 一般来说, 由于单片机与蓝牙模块相距不远, 不接 CTS 和

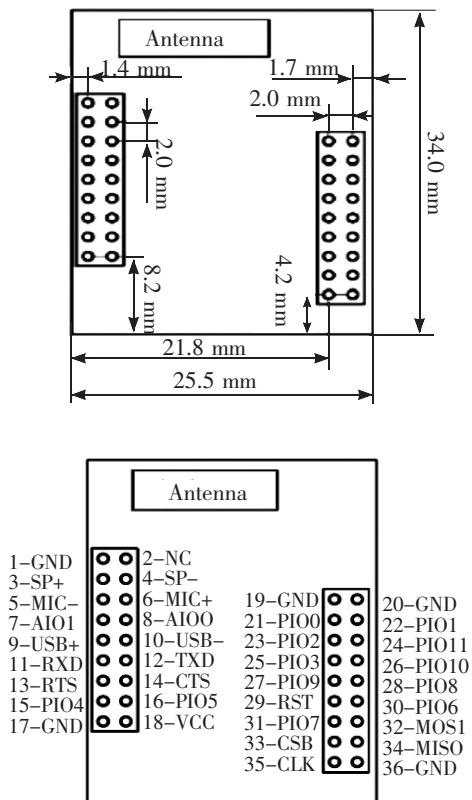


图 2 GC-06 的外形尺寸与引脚定义图

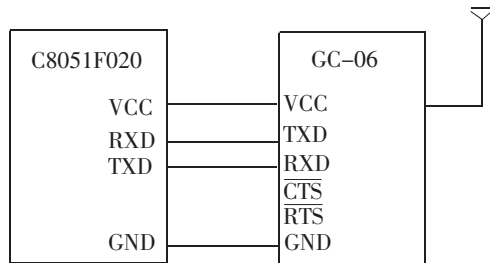


图 4 单片机与蓝牙连接原理图与电路图

RTS 信号进行流量控制,也可保证数据的可靠传输。  
图 5 为蓝牙模块与单片机连接的实物图。



图5 单片机与蓝牙连接实物图

## 4 软件设计

本方案中我们利用单片机的中断方式来执行数

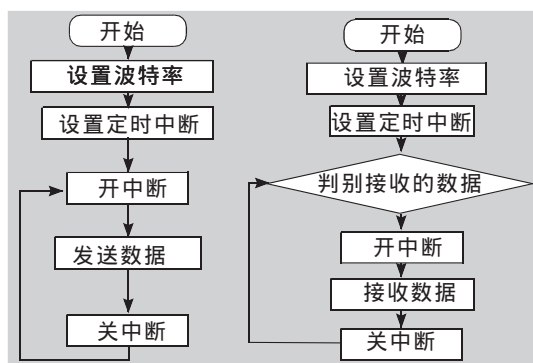


图6 数据收发流程图

据的收发<sup>[5-6]</sup>。如图 3 所示,主控系统将数据交给单片机后,单片机触发中断将数据传递给蓝牙,蓝牙模块之间通过无线通讯实现数据的传递,再通过单片机中断接受数据给伺服单元,最终由伺服单元完成指令。图 6 给出了数据收发的流程图<sup>[7-8]</sup>。

## 5 测试结果与分析

我们对所设计的系统进行了实测实验,测试条件如下:主控单元和伺服单元相距 20 m,且放置于不同的房间,主要障碍为三堵砖混墙;测试时间 10 h;传递数据为主控发出的控制指令和伺服单元的反馈信息;同时进行双向收发。测试得到的结果为:在连续测试的 10 h 内共收发数据 180 万帧(20 ms 发送一帧),每帧数据为 14 字节,因此共收发 201.6 Mbits,其中传输错误为 803 bits,误码率为 3.98 PPM;平均传输延迟<20 ms。结果表明,该系统的错误率较低、效率高且实时性好。因此,该系统设计合理,能够实现伺服系统中主控单元与伺服单元之间的无线传输,达到减少系统布线的目的。为进一步提高系统可靠性和稳定性,增强系统的传输能力,可通过加入数据校验算法、提高蓝牙的波特率来实现,这将是我们的下一步的研究重点。

## 参考文献

- [1] 严紫建,刘元安. 蓝牙技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2002.
- [2] 金纯,许光辰,孙睿. 蓝牙技术[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [3] 丛延奇,刘诗笺,刘英莉. 基于 MCU 实现蓝牙与 PC 机之间 HCI 层传输[J]. 电子技术应用,2004,3(2): 15-19.
- [4] 马兴,梁剑,陈前斌. 基于 HCI 协议层的蓝牙技术应用开发[J]. 重庆邮电学院学报,2002,14(4): 78-82.
- [5] 赵文博,刘文涛. 单片机语言 C51 程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [6] 刘文涛. 单片机语言 C51 典型应用设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.
- [7] 求是科技. 单片机典型模块设计实例导航[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [8] 徐爱钧,彭秀华. 单片机高级语言 C51 应用程序设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003.

作者简介: 吴庆林(1980-),男,汉族,黑龙江嫩江县人,博士,助理研究员,2009年于中国科学技术大学获得博士学位,主要从事机电控制、伺服控制的相关研究。E-mail: wuql@mail.cicomp.ac.cn