

文章编号: 2095-2163(2022)05-0132-05

中图分类号: TP368.1

文献标志码: A

# 基于 STM32 的六足机器人控制系统

杨泽玺, 李捍东

(贵州大学 电气工程学院, 贵阳 550025)

**摘要:** 在一些特殊的工作环境,例如:火灾、煤矿或具有辐射的场景,人工操作往往会有安全隐患。针对这个问题,本文采用 STM32F103C8T6 作为主要控制中心,向 PCA9685 发送舵机控制信息,PCA9685 为舵机驱动模块,直接控制舵机转动,同时机器人通过 HC-05 蓝牙模块,实现无线遥控功能,根据发送不同的指令,控制机器人不同的行走方式。通过 HC-SR04 超声波模块实现避障功能,JY901 姿态传感器实现机器人自动调平的功能。结果表明:机器人可以被无线遥控,进行前进后退、左转右转,以及左右横向行走。可以实现自动避障、自动调平等功能。

**关键词:** 单片机; 蓝牙遥控; 六足机器人; 自动避障

## Control system of hexapod robot based on STM32

YANG Zexi, LI Handong

(College of Electrical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**[Abstract]** In some special working environments, such as fires, coal mines or scenarios with radiation, manual operations often have safety hazards. In response to this problem, this paper uses STM32F103C8T6 as the main control center to send steering gear control information to PCA9685. PCA9685 is the steering gear drive module, which directly controls the rotation of the steering gear. At the same time, the robot realizes the wireless remote control function through the HC-05 bluetooth module. Different walking modes of the robot could be controlled according to the different sent instruction. The obstacle avoidance function is realized by the HC-SR04 ultrasonic module, and the automatic leveling function of the robot is realized by the JY901 attitude sensor. The results show that the robot can be wirelessly controlled to move forward and backward, turn left and right, and walk left and right laterally. It can realize automatic obstacle avoidance, automatic adjustment and other functions.

**[Key words]** MCU; bluetooth remote control; hexapod robot; automatic obstacle avoidance

## 0 引言

在面临一些不适合由人工探测的任务中,机器人人为此提供了一个两全其美的解决办法。从最初的轮式机器人,到后来的履带式机器人,再到现在十分热门的仿生机器人<sup>[1]</sup>,国内外的学者一直都在对机器人进行研究、并不断优化,移动机器人已经成为科技工作者关注的焦点,并多次被列入国家 863 重大课题<sup>[2]</sup>。当机器人面临未知的环境时,轮式机器人和履带机器人就变得不再适用,如果地形不平坦或者不规则,当其执行任务时就会受到许多限制。多足机器人则为探测这些未知地形提出了一个有效的办法,广泛应用在各行各业<sup>[3-4]</sup>。

本文以 STM32F103C8T6 作为主要控制中心,3 个定时器输出 18 路 PWM 波直接控制舵机,为机器人的动力来源,单片机为整个系统的神经中枢,控制

机器人协调行走。同时具有无线遥控功能,HC-05 蓝牙模块作为连接机器人和遥控器的通道,可以控制机器人的行走方式。六足机器人还搭载了一块 IMU,当机器人走在斜坡时,仍然能保持机器人水平,机器人前面有一块超声波探测器,可以实时检测前方是否有障碍物,并通过蓝牙模块将障碍物距离回传给控制端。

## 1 总体设计方案

蓝牙遥控六足机器人,是一个遥控装置,分为 2 个部分:机器人部分和遥控部分。其中,机器人部分以 STM32F103C8T6 单片机为控制核心,PCA9685 为舵机控制模块,HC-05 蓝牙模块作为连接遥控器和机器人的枢纽,遥控部分从蓝牙模块获得机器人的各项数据,并且同样以 STM32F103C8T6 单片机为控制核心,8 个独立按键作为人机交互的接口,发送

**作者简介:** 杨泽玺(1997-),男,硕士研究生,主要研究方向:控制工程;李捍东(1966-),男,教授,硕士生导师,主要研究方向:计算机控制、嵌入式系统。

**通讯作者:** 李捍东 Email:Xdli1@gzu.edu.cn

**收稿日期:** 2021-11-21

行走指令。系统框图如图 1 所示。

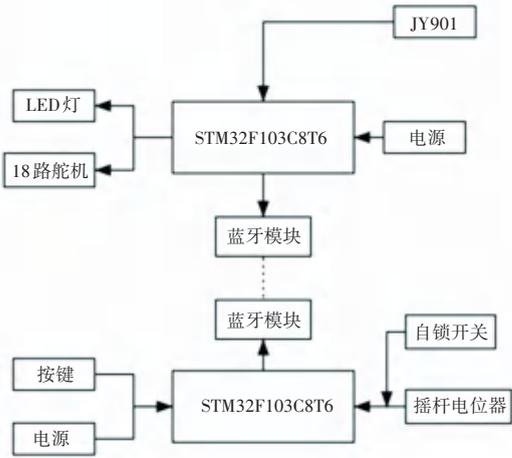


图 1 系统设计框图

Fig. 1 System design block diagram

## 2 硬件部分设计

蓝牙遥控六足机器人主要包括以下模块: STM32F103C8T6 单片机主控制器最小系统模块、蓝牙模块、电源模块、摇杆电位器、JY901 模块, 现对重要部分进行阐释分述如下。

### 2.1 蓝牙通信模块

HC-05 蓝牙模块设计原理如图 2 所示。HC-05 蓝牙模块是一个主从一体的模块, 在模块与模块配对或者模块与手机配对的时候, 只需要单片机通过串口发送数据即可, 在本次设计的六足机器人上, RXD 和单片机的 PA9 连接, TXD 和单片机的 PA10 连接。在遥控器上, RXD 和单片机的 PA1 连接, TXD 和单片机的 PA2 连接。GND 和 VCC 分别与电源地和电源正连接。

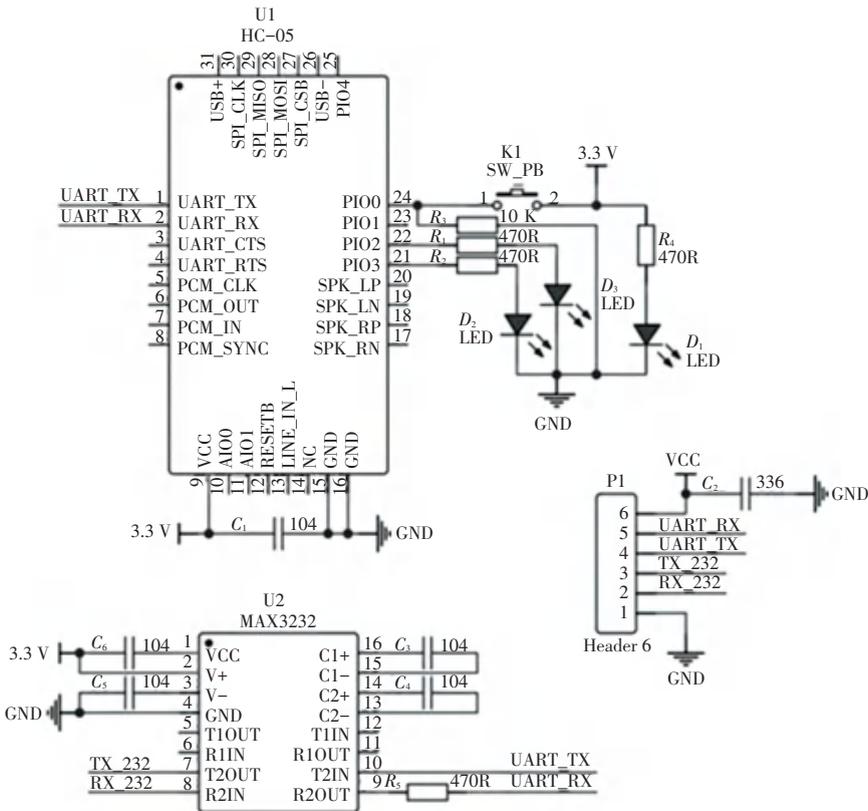


图 2 蓝牙通信模块

Fig. 2 Bluetooth communication module

### 2.2 摇杆电位器

摇杆电位器在许多遥控器中得到了普及应用。在拨动摇杆时, 可以改变电位器的电位值, 电位值发生变化时, 单片机的 ADC 可以检测到是否发生变化, 电位值输出的是模拟量, 而单片机通过 ADC 将

其转化成数字量, STM32 的 ADC 是 16 位的, 所以最大值是 4 096, 将采集的数字量除以 40.96, 那么摇杆的变化值便在 0~100 之间, 同时数据也比较稳定, 也更利于判断摇杆的拨动情况。摇杆电位器的设计原理如图 3 所示。

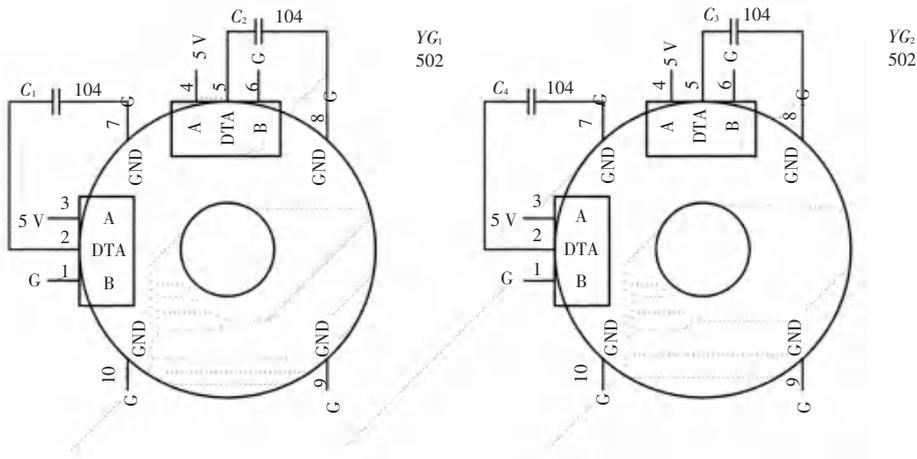


图3 摇杆电位器原理图

Fig. 3 Schematic diagram of rocker potentiometer

### 2.3 JY901 姿态传感器

JY901 是一个姿态传感器,该传感器的核心芯片是 MPU6050,可以输出姿态角度、角速度、加速度等参数。JY901 模块就是在此基础上增加了其他硬件,该模块可以通过串口直接输出姿态角度、角速度、加速度等姿态参数。该模块可以通过上位机修改模块的输出数据、波特率等参数。本次六足机器人的设计中,获得姿态角这个参数,通过 STM32 的控制就可以使机器人在不同地形下保持水平姿态,研发实现的程序将会在后面的软件设计中进行分析讨论。

## 3 软件设计

### 3.1 主体程序设计

在机器人部分,先接通系统电源,单片机开始运行,进行系统初始化,包括串口配置、GPIO 配置、PCA9685 配置等。系统程序运行流程如图 4 所示。

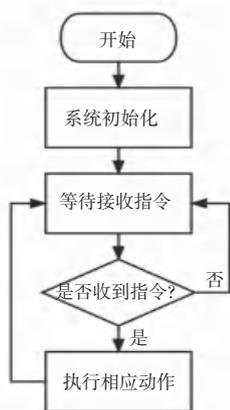


图4 机器人运行流程图

Fig. 4 Robot operation flow chart

在遥控部分,当接通电源后,单片机对串口、ADC 以及按键进行初始化,初始化完成后进入主循

环。主循环中,不断进行按键扫描和 ADC 检测,读取按键值和 ADC 值以后,将这些数据整理为数据帧,然后发送。系统程序运行流程如图 5 所示。



图5 遥控运行流程图

Fig. 5 Remote control operation flow chart

### 3.2 软件模块程序设计

#### 3.2.1 JY901 姿态调整模块

JY901 输出的姿态角是通过串口输出的,在使用模块之前,应该将模块通过上位机修改波特率为 115 200,让模块的波特率和单片机 USART2 的波特率一致,修改完成后开始数据传输。JY901 每帧输出的数据格式为:

0x55 0x51 Roll\_L Roll\_H Pitch\_L Pitch\_H Yaw\_L Yaw\_h TL TH SUM

其中,0x55 为数据的帧头。当单片机接收到 0x55 时,就表明接下来的 10 个数据是有效数据,程序中创建一个容量为 11 的数组。当串口接收到 0x55 时,将接下来的数据逐一存到数组中,接收完成后,将判断数组的第二位是否是 0x51:如果是,则数组里面的数据为有效数据;如果不是,则清空数组重新接收。数据解析流程如图 6 所示。

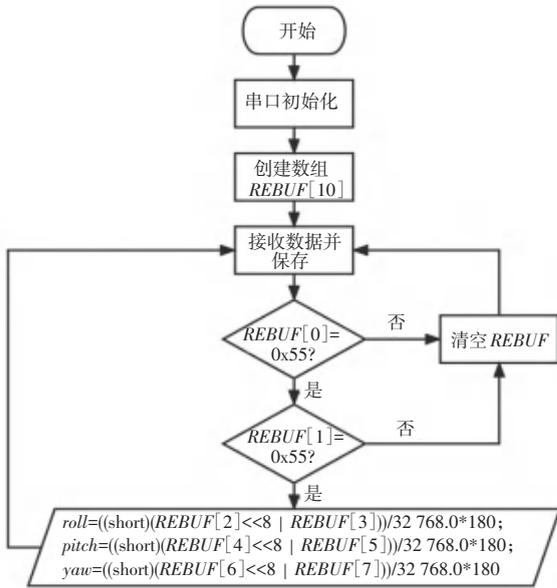


图 6 姿态调整流程图

Fig. 6 Attitude adjustment flow chart

单片机在成功接收 JY901 传来的姿态信息后,就可以知道机器人的当前姿态,当解析出数据  $roll$  小于  $180^\circ$  时,可以知道机器人是向左倾斜的;同样大于  $180^\circ$  时,机器人是向右斜的;当  $pitch$  大于  $0^\circ$  时,机器人是向后倾斜的;当  $pitch$  小于  $0^\circ$  时,机器人是向前倾斜的。根据这个反馈关系,可以将  $roll$ 、 $pitch$  作为舵机的输入参数,控制机器人腿的伸缩,让机器人在一定程度上保持水平状态,提高机器人的稳定性。

### 3.2.2 机器人避障模块

机器人避障的原理是超声波测距。机器人前方安装有一个超声波模块用于测距,而声波传感器的原理是测量从模块发送超声波经过反射再收到超声波这个过程的时间。在程序中,当需要测距的时候,单片机的一个指定 GPIO 口置高电平,触发超声波模块的发射信号,同时打开定时器开始计时,模块发射出超声波经发射接收后,模块的 echo 引脚会置高,该引脚会触发单片机的外部中断,在中断程序里将关闭定时器,获取时间,并计算出距离。

单片机在检测到前方障碍物的距离后,判断距离是否小于机器人最大的转弯距离,当距离小于一定值的时候,机器人左转,避开障碍物。避障程序流程如图 7 所示。

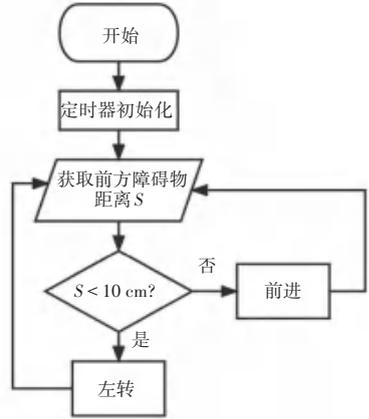


图 7 超声波避障模块

Fig. 7 Ultrasonic obstacle avoidance module

### 3.2.3 机器人与遥控器的通信

机器人与遥控器之间的通信是否顺畅是控制机器人的关键,遥控器与机器人之间的通信协议和单片机与 JY901 之间的通信协议类似,遥控器发送的每帧数据长度为 10 个数据,前两位数据为头。同样地,机器人接收数据时,当接收到  $0x55$  时,开始保存接下来的 9 个数据,再对其进行处理。将指定电位器的值处理为速度,或者舵机的角度控制的相关控制模式。遥控器接收机器人回传的数据的目的是验证数据发送是否成功,其接收方式和机器人接收遥控器数据的方式一样。

## 4 整体设计效果

本次设计完成后,六足机器人基本可以完成各项行走命令任务,例如:前进后退、左转右转、自主避障、姿态自主调节。功能上可以实现人机交互、即遥控功能。本次涉及的实物拍摄图片见图 8。



(a) 超声波避障模块

(b) 蓝牙通讯模块

(c) 六足机器人整体

图 8 实物拍摄图片

Fig. 8 Real shooting pictures