

# 邵阳职业技术学院

## 毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目：         六足机器人设计        

学生姓名：         刘家浩        

学    号：         201810300882        

系    部：         电梯工程学院        

专    业：         机电一体化技术        

班    级：         机电 1182        

指导老师：         雷俊琛        

二 0 二 一 年 六 月 一 日

# 目 录

一、设计的必要性.....	4
(一) 设计的目的和意义.....	4
(二) 设计的发展趋势.....	4
(三) 设计的内容.....	5
二、硬件结构设计.....	6
(一) 机器人机械结构.....	6
(二) 机器人运动原理.....	7
(三) 驱动装置选择.....	8
(四) 机器人实物图.....	10
(五) 无线通讯模块.....	19
(六) 单片机芯片.....	12
(七) 编码解码芯片.....	13
三、控制系统设计.....	14
(一) 上位机控制.....	14
(二) 基于无线的智能控制.....	16
四、成果.....	22
参考文献.....	23
致谢.....	24

# 六足机器人设计

## [摘要]

六足机器人有强大的运动能力，采用类似生物的爬行机构进行运动，自动化程度高，可以提供给运动学、仿生学原理研究提供有力的工具。六足机器人系统基于仿生学原理，采用六足昆虫的机械结构，通过控制 18 个舵机，采用三角步态和定点转弯等步态，实现六足机器人的姿态控制。本设计在此基础上独立设计和加工微型机器人的结构：部件 A、B 组足由特殊的驱动器接成机器人主体，并且以单片机为核心设计机器人的控制电路，实现了机器人的无限遥控、智能行走。

**[关键词]**六足机器人 运动学仿真 昆虫步态

# 一、设计的必要性

## （一）设计的目的和意义

比传统的轮式机器人有更好的移动性，它采用类似生物的爬行机构进行运动，自动化程度高，具有丰富的动力学特性。此外，足式机器人相比其它机器人具有更多的优点：它可以较易地跨过比较大的障碍（如沟、坎等），并且机器人足所具有的大量的自由度可以使机器人的运动更加灵活，对凹凸不平的地形的适应能力更强；足式机器人的立足点是离散的，跟地面的接触面积较小，因而可以在可达到的地面上选择最优支撑点，即使在表面极度不规则的情况下，通过严格选择足的支撑点，也能够行走自如。

因此，足式步行机器人的研究已成为机器人学中一个引人注目的研究领域，由于六足机器人强大的运动能力，可以提供给运动学、仿生学和机械构造原理研究有力的工具。在研究昆虫运动方式、关节承力、稳定姿态调整的过程中，可以运用本机器人对设想的虫体姿态、运动过程进行模拟，最大程度地接近真实，将理论和实践联系起来，从而更好地观察昆虫运动模式的优点，以及探究哪些现象能够运用到机械设计的实践中去。这对于以上学科的研究和探索都是十分有意义的。

在研究了昆虫步态的基础上，运用仿生原理，本设计借鉴相关资料，使用一种六足机器人机械结构设计的新思路，制作了基于这种设计思路的机器人。相信该机器人可以实现直线运动与转向运动的合理、有效结合，转向角度、角速度可控，直线行进步距、速度可调，行动灵活可靠。

## （二）设计的发展趋势

近年来为实现生产过程自动化，已有不少操作机器人广泛应用于生产过程，尤其是那些人力所限和人所不及的环境或危险场所，将是机器人进一步发展的应用领域。

日前，美军的蜂鸣机器人 (Mini-Drohne) 在巴基斯坦击毙了一名恐怖分子嫌疑人。在未来，这种昆虫型机器人有望成为战场上的主角。

在美国，军事科技研究一般拥有数亿美元的巨资作为后盾。美国国防部高级研究计划局 (DARPA) 常为各个大学和自由经济体的科研项目慷慨解囊。军方亦拥有独立的大型研究实验室，然而其大部分研究成果从未公之于众。尽管如此，目前披露的成果也足以令人惊叹不已，智能型战斗机器人、自动汽车、植入电脑芯片的动物等等令人联想起扣人心弦的科幻电影——这一切都有可能未来的高科技战场上大显身手。

目前，多足仿生机器人的研究基本上是基于模仿自然界中昆虫的运动步态（如蚂蚁）

来设计的，通常都会选择周期规则步态作为仿生多足机器人的步态规划依据。虽然该类多足仿生机器人的脚具有较大的自由度，但是其控制起来较为烦琐，并且不能精确的定位。

### （三）设计的内容

设计一种微型的六足机器人新结构，其结构设计如图1-1。

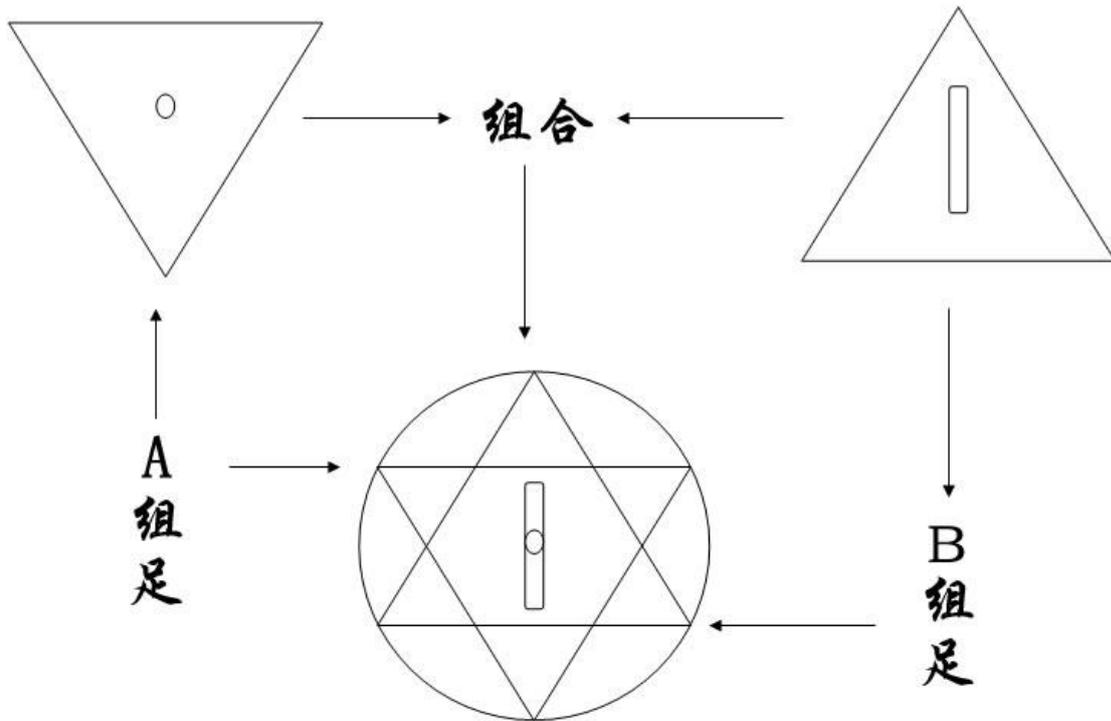


图1-1 机器人结构示意图

机器人模仿昆虫爬行的脚的运动方式，将6只足分为两组，每组3个等边分布在外接圆半径为 $R$ 的正三角形3个顶点上，机器人在行走过程中，两组足交替支撑。两组足中的任一组三足可独立支撑起整个机器人身体，机器人重心始终落在A组或B组三足的三角形区域内，因此在平面爬行中没有倾覆的危险。机器人具有独立的直行和转弯机制，二者可在各自的允许范围内以任意方式结合，这就使得机器人的爬行十分灵活。

本设计在此基础上独立设计和加工微型机器人的结构：部件A、B组足由特殊的驱动器接成机器人主体，并且以单片机为核心设计机器人的控制电路，实现了机器人的无限遥控、智能行走。

## 二、硬件结构设计

### (一) 机器人机械结构

图 2-1 是本设计设计和加工的微型六足爬行机器人的三维结构示意图。其中 2、4、6 分别为转动、竖直、水平驱动舵机，只要控制这三个舵机就可以控制上板和下板相对上下、前后、水平面转动。

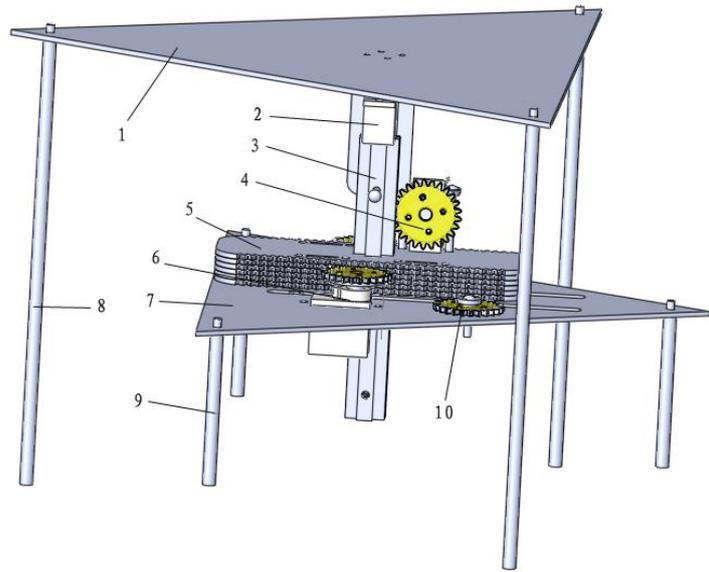


图 2-1 机器人机构图

- 1—上板
- 2—转动舵机
- 3—竖直移动排齿
- 4—竖直移动舵机和齿轮
- 5—水平移动排齿
- 6—水平移动舵机和齿轮
- 7—下板
- 8—上板足
- 9—下板足
- 10—水平定位齿轮

## (二) 机器人运动原理

机器人6只足分别均分布在两个等边三角形的顶点上。机器人在行走过程中，两组足交替支撑。两组足中的任一组三足可独立支撑起整个机器人身体，机器人重心始终落在A组或B组三足的三角形区域内，因此在平面爬行中没有倾覆的危险。

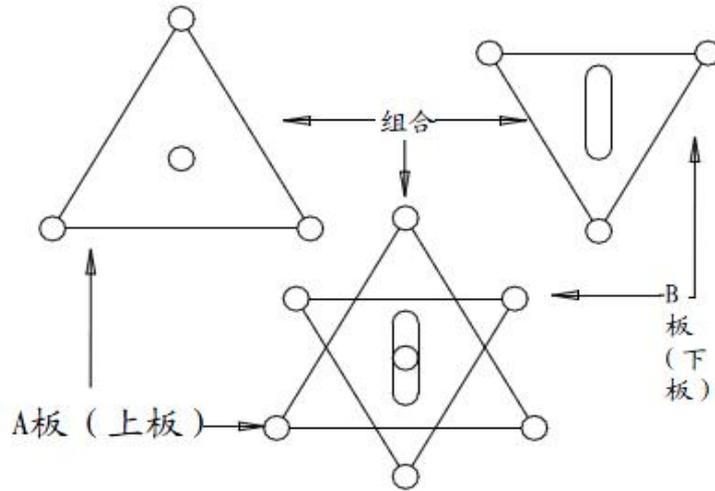


图 2-2 机器人组合图

如图2-3所示，通过上下两组脚的相互运动就可以满足机器人多方位移动的需要：即上下板前后相互交替着地实现前后运动；上下板以三角形中点为轴相互转动交替着地实现转弯运动。运动如图2-3及2-4所示。

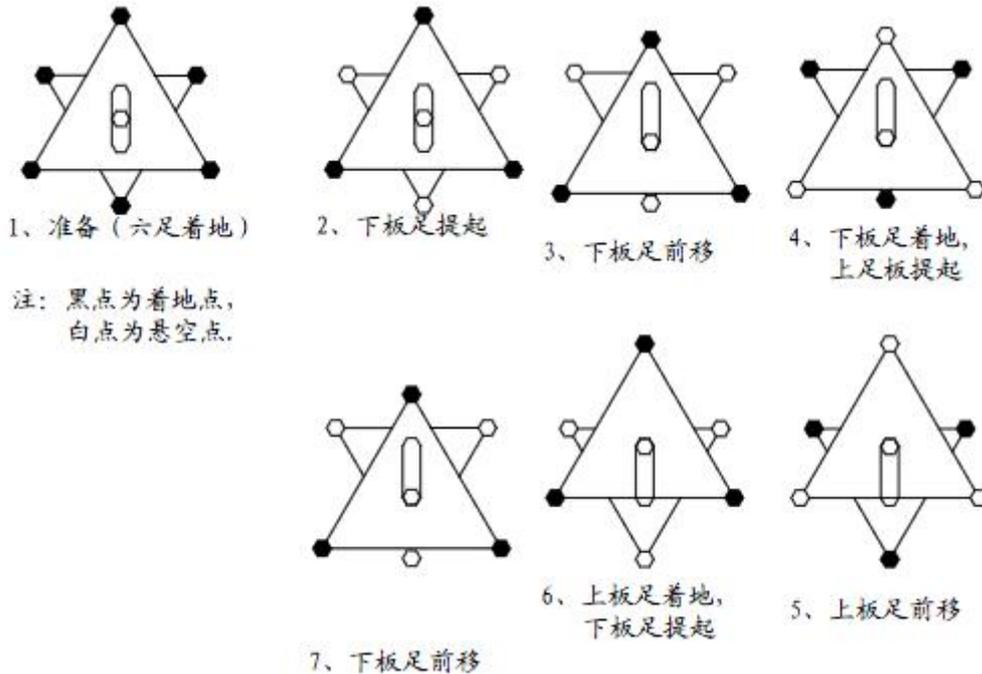


图2-3 机器人水平移动示意图

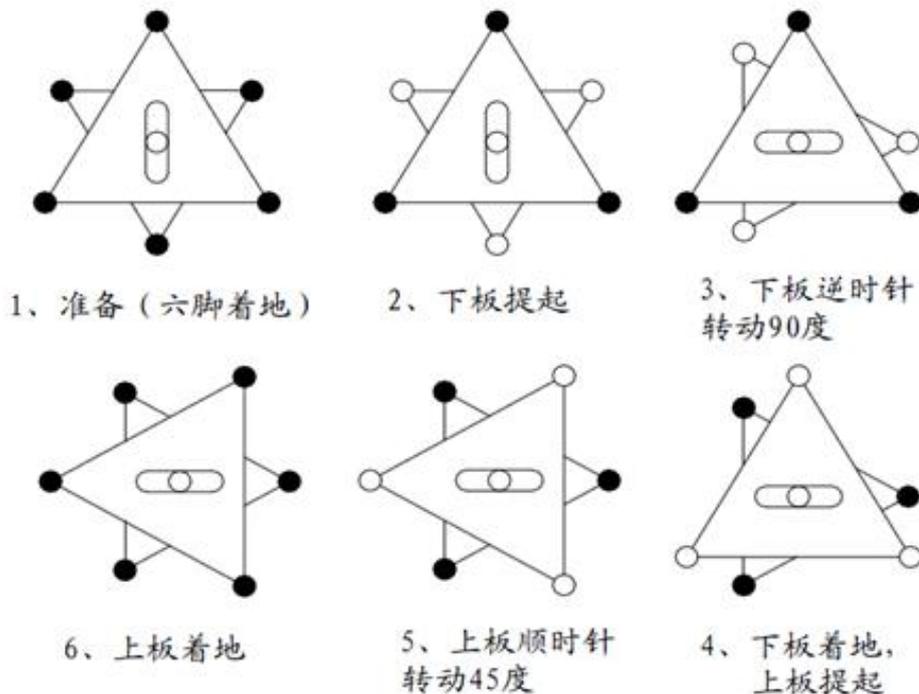


图2-4 机器人转动运动示意图

### （三）驱动装置选择

本次设计的微型六足爬行机器人采用了三个舵机分别对直线驱动器、转角驱动器以及垂直驱动器来进行精确控制。舵机是一种位置伺服的驱动器。它接收一定的控制信号，输出一定的角度，适用于那些需要角度不断变化并可以保持的控制系统。舵机定位精确、输出力矩较大、尺寸满足要求，作为本设计的力驱动部件十分理想。

以日本 FUTABA-S3003 型舵机为例，图 2-5 是 FUTABA-S3003 型舵机的内部电路。

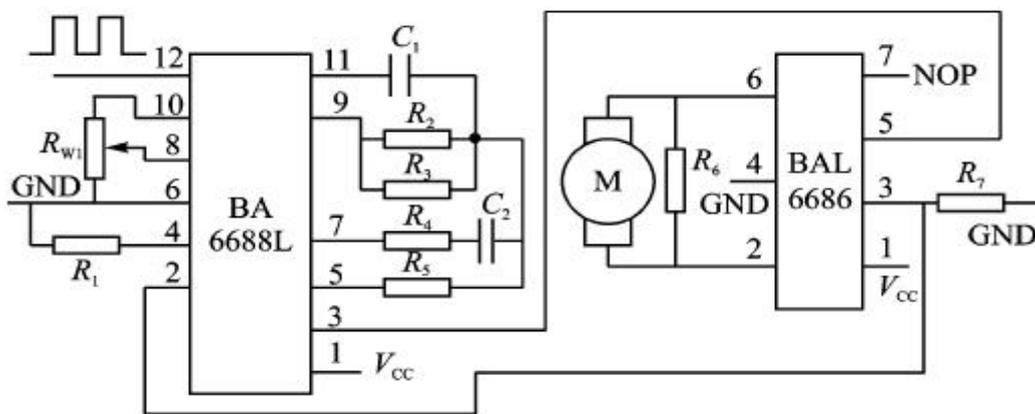


图 2-5 FUTABA-S3003 型舵机的内部电路

舵机的工作原理是:PWM 信号由接收通道进入信号解调电路 BA6688L 的 12 脚进行解调, 获得一个直流偏置电压。该直流偏置电压与电位器的电压比较, 获得电压差由 BA6688 的 3 脚输出。该输出送入电机驱动集成电路 BAL6686, 以驱动电机正反转。当电机转速一定时, 通过级联减速齿轮带动电位器 Rw1 旋转, 直到电压差为 0, 电机停止转动. 舵机的控制信号是 PWM 信号, 利用占空比的变化改变舵机的位置。

标准的舵机有 3 条导线, 分别是: 电源线、地线、控制线, 如图 2-6 所示。电源线和地线用于提供舵机内部的直流电机和控制线路所需的能源, 电压通常介于 4~6 V , 一般取 5 V, 以便给舵机供电的电源应能提供足够的功率。控制线的输入是一个宽度可调的周期性方波脉冲信号, 方波脉冲信号的周期为 20ms (即频率为 50Hz)。当方波的脉冲宽度改变时, 舵机转轴的角度发生改变, 角度变化与脉冲宽度的变化成正比。某型舵机的输出轴转角与输入信号的脉冲宽度之间的关系如图2-7所示。

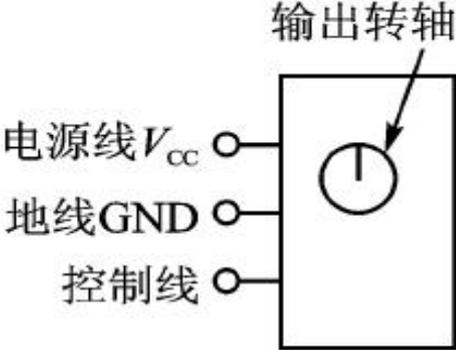


图2-6 标准舵机示意图

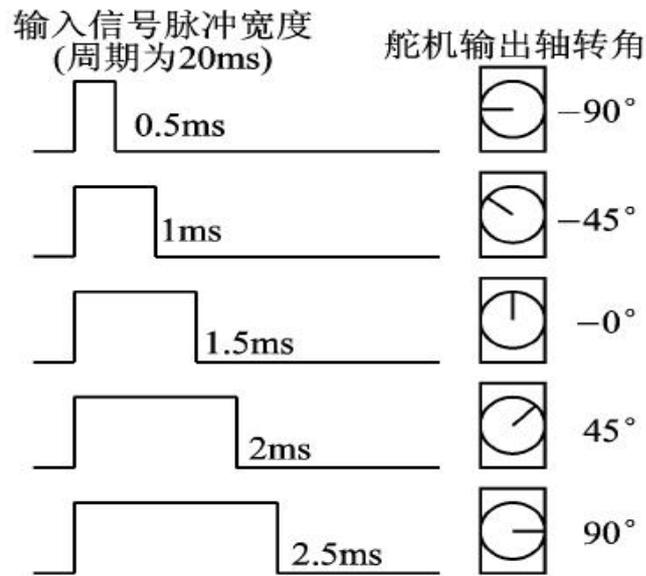


图2-7 舵机的输出轴转角与输入信号的脉冲宽度之间的关系

综合各方面考虑，选用的舵机为 TOWERPRO，型号为 SG90。

#### (四) 机器人实物图

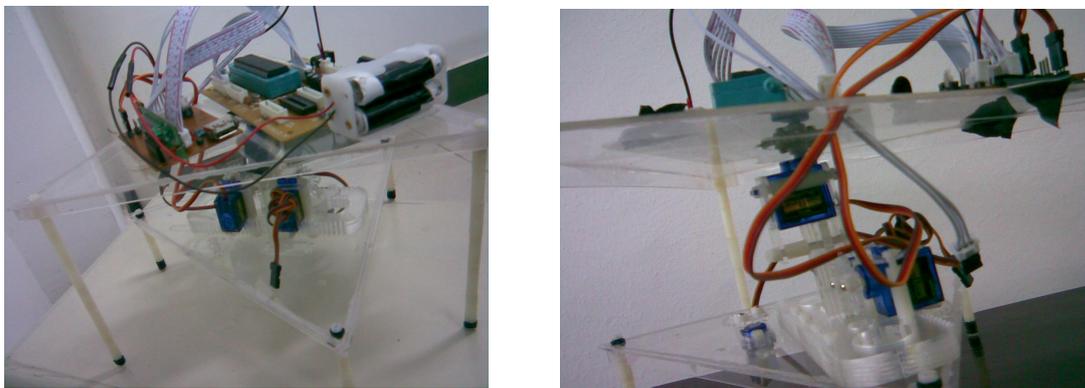
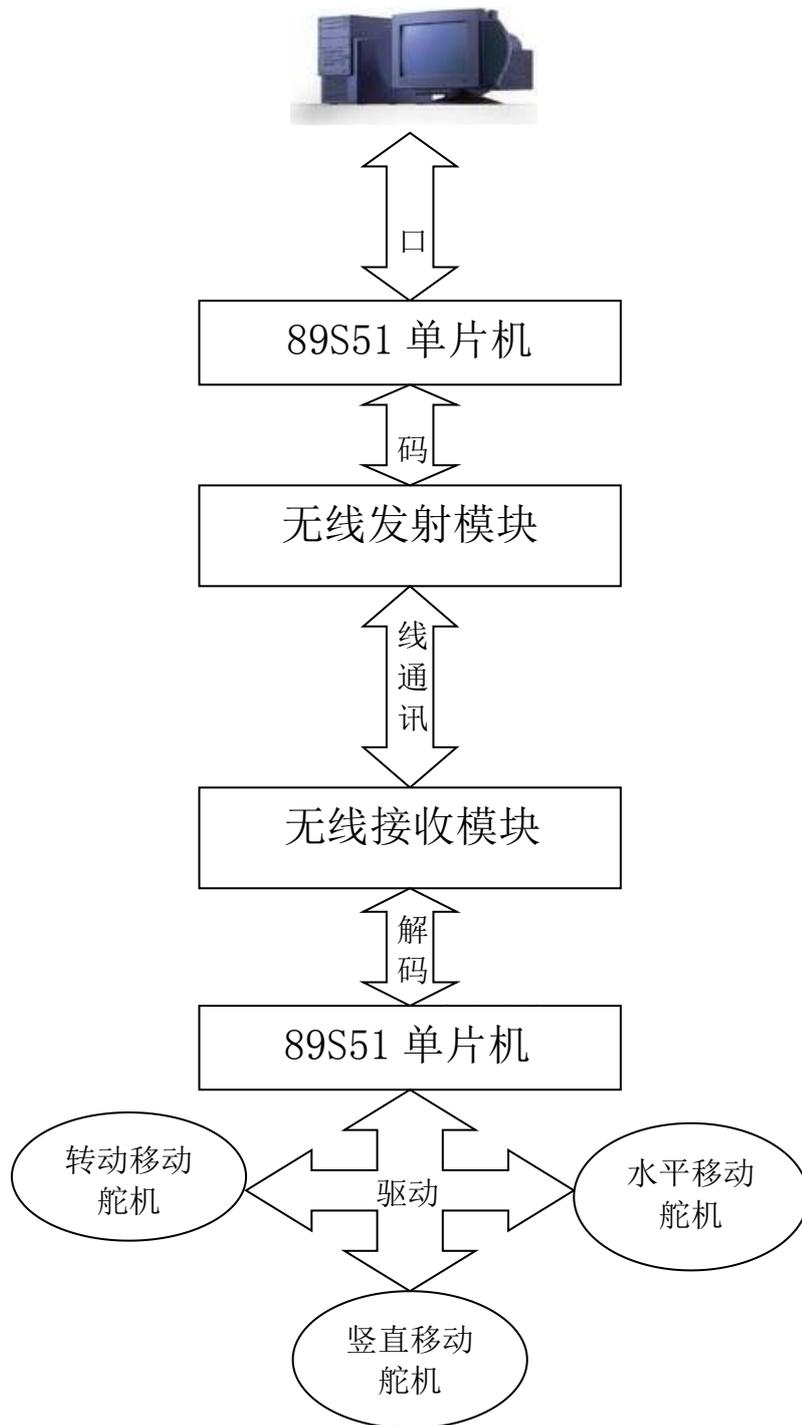


图2-8 机器人实物图

#### (五) 无线通讯模块

本设计为实现机器人的无线控制，分别设计了无线发射模块和无线接收模块。无线发射模块采用了串口通讯来传递上位机到机器人的信号，并经过单片机识别把信号通过编码芯片 PT2262 编码后进行无线发射，无线接收模块接受后通过解码芯片 PT2272 解码并把控制信号传输到单片机，识别后控制三个舵机实现机器人的移动和转向。



## (六) 单片机芯片

AT89S51 是美国 ATMEL 公司生产的低功耗, 高效能 CMOS 8 位单片机, 片内含有 4k bytes 的可系统编程的 Flash 只读程序存储器, 器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术生产, 兼容标准 8051 指令系统及引脚。它集 Flash 程序存储器既可在线编程 (ISP) 也可用传统方法进行编程及通用 8 位微处理器于单片机芯片中, ATMEL 公司的功能强大, 低价位 AT89S51 单片机可以提供许多高性价比的应用场合, 可灵活应用于各种控制领域。主要性能参数如下:

与 MCS—51 产品指令系统完全兼容

4K 字节在系统编程 (ISP) Flash 闪速存储器

1000 次擦写周期

4.0—5.5V 的工作电压范围

全静态工作模式: 0Hz—33MHz

三级程序加密锁

128×8 字节内部 RAM

32 个可编程 I/O 口

2 个 16 位定时/计数器

6 个中断源

全双工串行 UART 通道

低功耗空闲喝掉电模式

中断可从空闲模式唤醒系统

看门狗 (WDT) 及双数据指针

掉电标识和快速编程特性

灵活的在系统编程 (ISP—字节或页写模式)

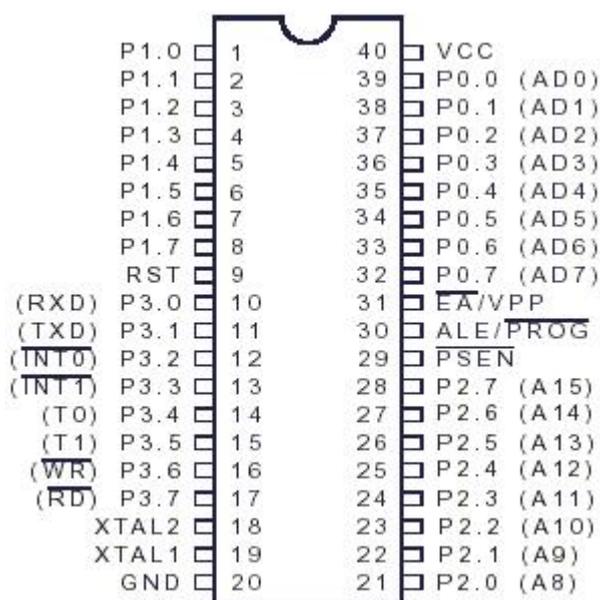


图 2-10 AT89S51 单片机

## （七）编码解码芯片

PT2262/2272 是台湾普城公司生产的一种 CMOS 工艺制造的低功耗低价位通用编解码电路，PT2262/2272 最多可有 12 位 (A0-A11) 三态地址端管脚 (悬空, 接高电平, 接低电平), 任意组合可提供 531441 种地址码, PT2262 最多可有 6 位 (D0-D5) 数据端管脚, 设定的地址码和数据码从 17 脚串行输出, 可用于无线遥控发射电路。

如图 2-19 所示, 编码芯片 PT2262 发出的编码信号由: 地址码、数据码、同步码组成一个完整的码字, 解码芯片 PT2272 接收到信号后, 其地址码经过两次比较核对后, VT 脚才输出高电平, 与此同时相应的数据脚也输出高电平, 如果发送端一直按住按键, 编码芯片也会连续发射。当发射机没有按键按下时, PT2262 不接通电源, 其 17 脚为低电平, 所以 315MHz 的高频发射电路不工作, 当有按键按下时, PT2262 得电工作, 其第 17 脚输出经调制的串行数据信号, 当 17 脚为高电平期间 315MHz 的高频发射电路起振并发射等幅高频信号, 当 17 脚为低平期间 315MHz 的高频发射电路停止振荡, 所以高频发射电路完全收控于 PT2262 的 17 脚输出的数字信号, 从而对高频电路完成幅度键控 (ASK 调制) 相当于调制度为 100% 的调幅。

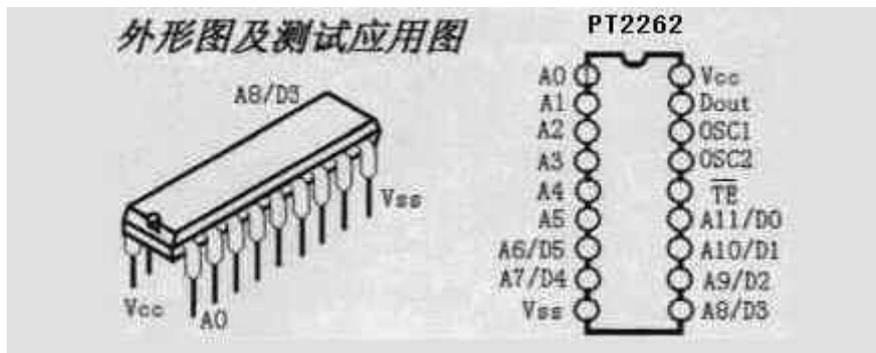


图 2-19 PT2262 示意图

## 三、控制系统设计

### (一) 上位机控制

#### 1. 程序语言及串口通讯

本设计在上位机（即计算机）上使用 VB 语言编写控制程序与人际交互界面，该语言是由美国微软公司于 1991 年开发的一种可视化的、面向对象和采用事件驱动方式的结构化高级程序设计语言，可用于开发 Windows 环境下的各类应用程序。它简单易学、效率高，且功能强大可以与 Windows 专业开发工具 SDK 相媲美。在 Visual Basic 环境下，利用事件驱动的编程机制、新颖易用的可视化设计工具，使用 Windows 内部的广泛应用程序接口 (API) 函数，动态链接库 (DLL)、对象的链接与嵌入 (OLE)、开放式数据连接 (ODBC) 等技术，可以高效、快速地开发 Windows 环境下功能强大、图形界面丰富的应用软件系统。

本设计通过串口实现上位机与控制器的信号传递，串口即“串行通信”是指外设和计算机间使用一根数据信号线，数据在一根数据信号线上按位进行传输，每一位数据都占据一个固定的时间长度。这种通信方式使用的数据线少，在远距离通信中可以节约通信成本，当然，其传输速度比并行传输慢。相比之下，由于高速率的要求，处于计算机内部的 CPU 与串口之间的通讯仍然采用并行的通讯方式，所以串行的本质就是实现 CPU 与外围数据设备的数据格式转换（或者称为串并转换器），即当数据从外围设备输入计算机时，数据格式由位 (bit) 转化为字节数据；反之，当计算机发送下行数据到外围设备时，串口又将字节数据转化为位数据。

VB 语言中为设计者封装了一种控件以方便用户进行串口操作，该控件  即为 mscomm.vbx。mscomm.vbx 通信控件可直接从 vb 的 toolbox 中加入窗体 form，即可用其进行通信。

使用 MSCOMM 控件主要是通过事件来处理串行口的交互，即当数据到达时，控件的 OnComm 的事件就会来捕获或处理这些通讯事件。而 OnComm 事件也可以用来捕获和处理通讯错误。在实际应用中，一个 MSCOMM 控件就对应一个串行口，所以如果要处理多个串行口的话，必须有相应数量的控件与之对应。此控件的主要属性：

CommPort: 设置或者返回串行端口号

Settings: 用来设置和返回波特率，奇偶校验，数据位和结束位

PortOpen: 设置或者返回通讯端口的状态，也可以打开和关闭一个端口

Input: 从接受缓冲区里获取或删除数据

Output: 给发送缓冲区里写数据

## 2. 人机交互界面

上位机在整个系统中起着统筹发号施令的作用，它实现的功能为：根据操作员发出的直接命令或间接命令计算编译出传送给机器人运动的控制信号。图 3-1 是本设计的控制软件界面：

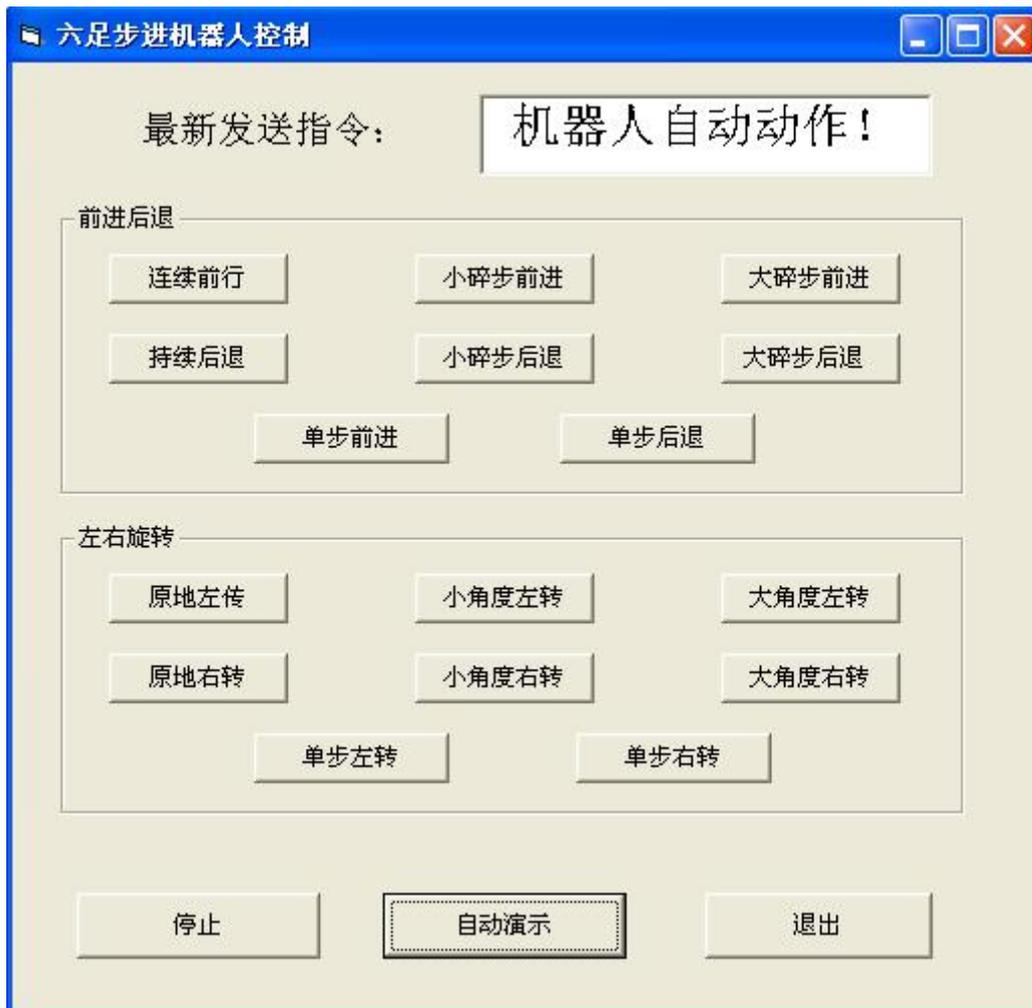


图 3-1 控制界面

## (二) 基于无线的智能控制

系统结构框如图 3-2 所示：

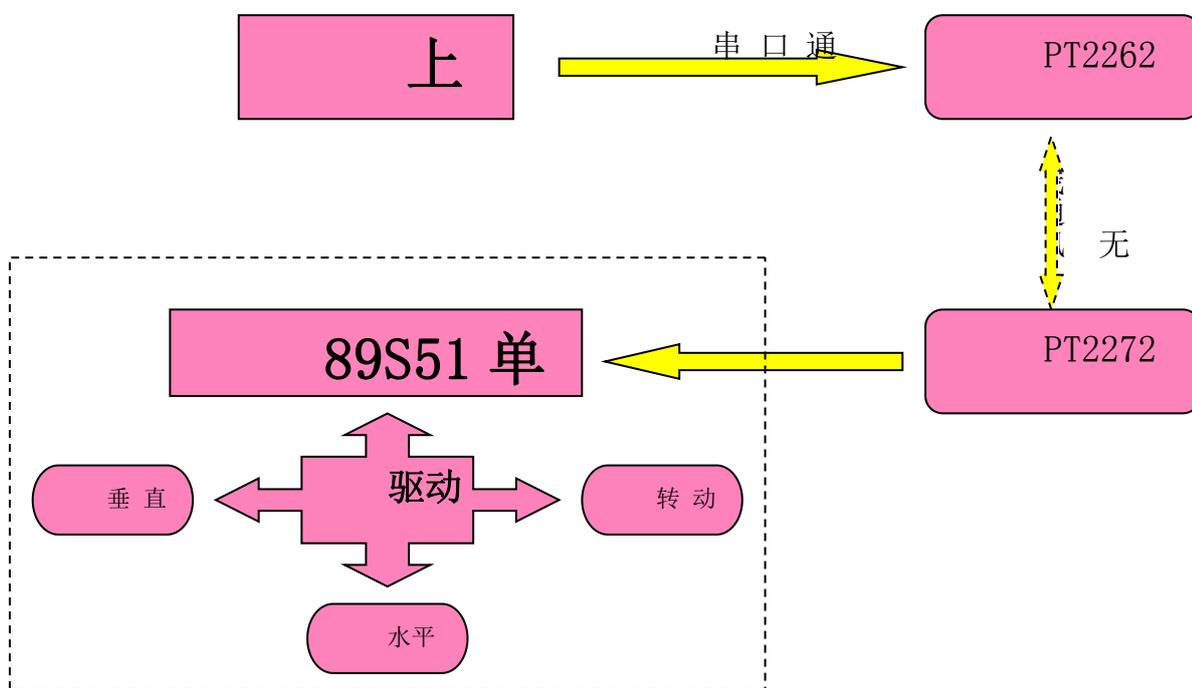


图 3-2 系统结构框图

### 1. 无线发射模块

无线发射模块主要由三部分组成：电平转换、89S51 单片机、编码芯片及其无线电发射, 如图 3-3:

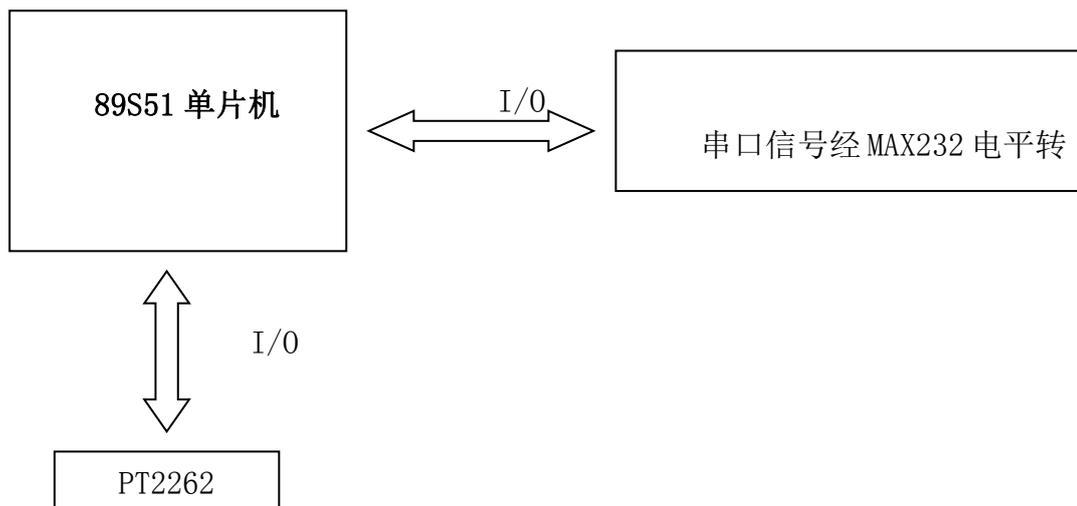


图 3-3 无线发射模块示意图

由于计算机串口信号的高低电平与单片机识别的高低电平是不相同的，所以本设计使用了芯片 MAX232 进行电平转化，以便单片机接收到来自计算机的 8 位（即一字节）信号。

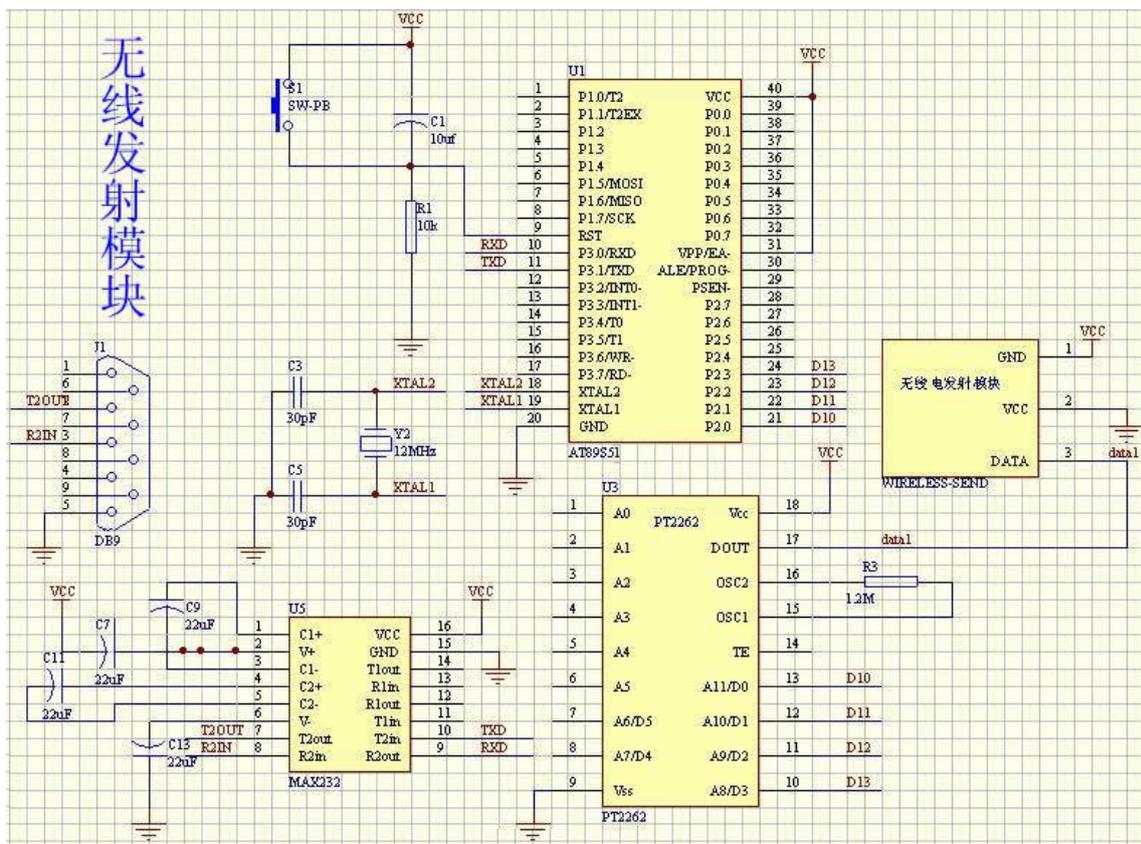


图3-4 无线发射模块电路图

表3-1 单片机I/O口分配

单片机 I/O 口分配	
P2.0	编码芯片 PT2262 的引脚 D0
P2.1	编码芯片 PT2262 的引脚 D1
P2.2	编码芯片 PT2262 的引脚 D2
P2.3	编码芯片 PT2262 的引脚 D3
P2.7	编码芯片 PT2262 使能端 TE
P3.0	串口通讯接收 RXD
P3.1	串口通讯发送 TXD

串口通讯使用的波特率为 2400，而单片机是通过定时器来同步接收串口通讯。

89S51 单片机有专门用于存放串口数据的寄存器以及指示串口接收完成与否的状态字，编程如图 3-5。

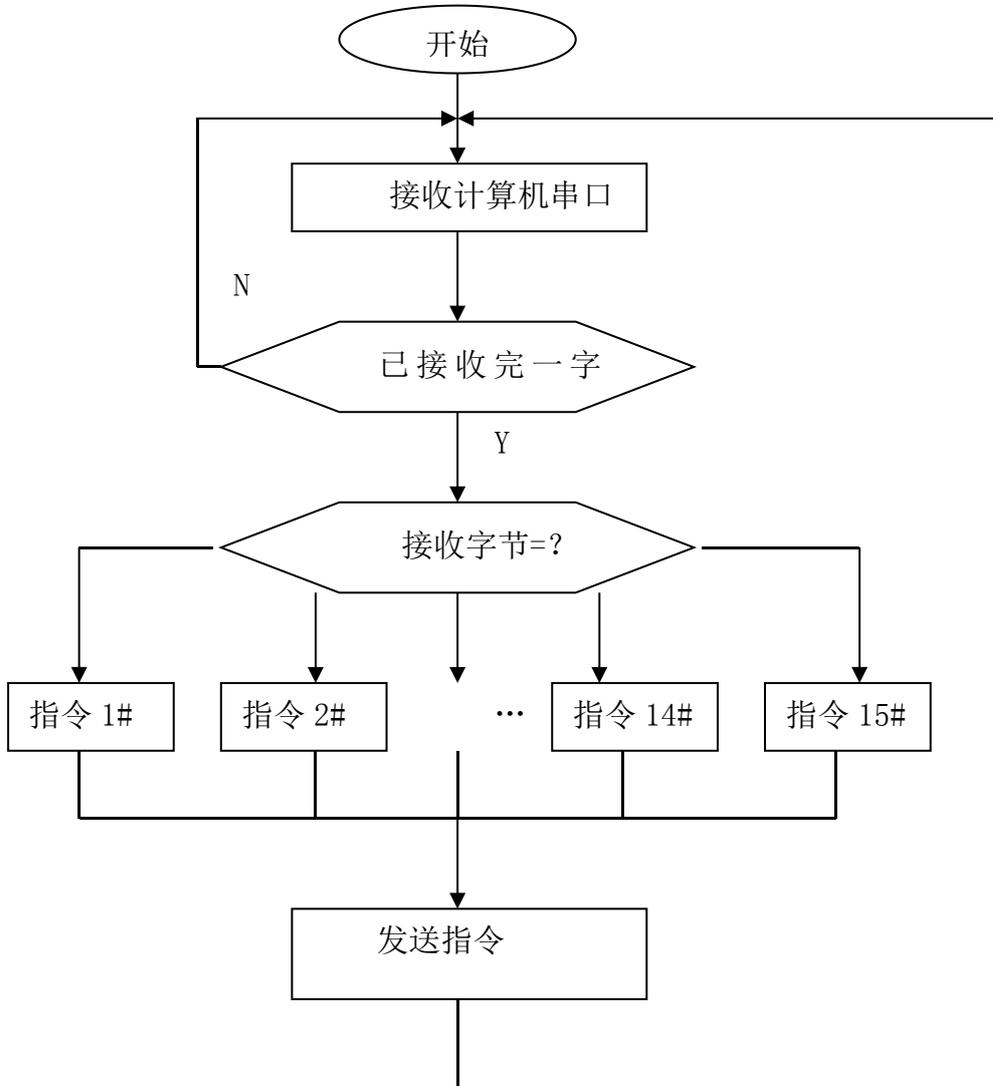


图3-5 发射模块程序流程图

## 2. 无线接收模块

无线接收模块也主要由三部分组成：解码芯片及其无线电接收、信号运放、89S51 单片机，如图 3-6。

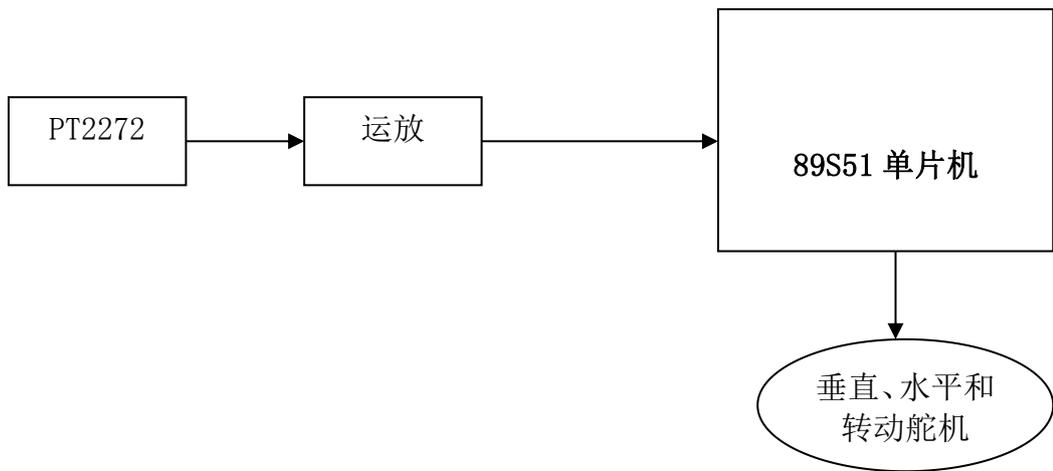


图 3-6 无线接收模块示意图

鉴于使单片机信号接收更加稳定，特别在解码后对信号进行放大，以便信号能够正常被识别。电路如图 3-7 所示。

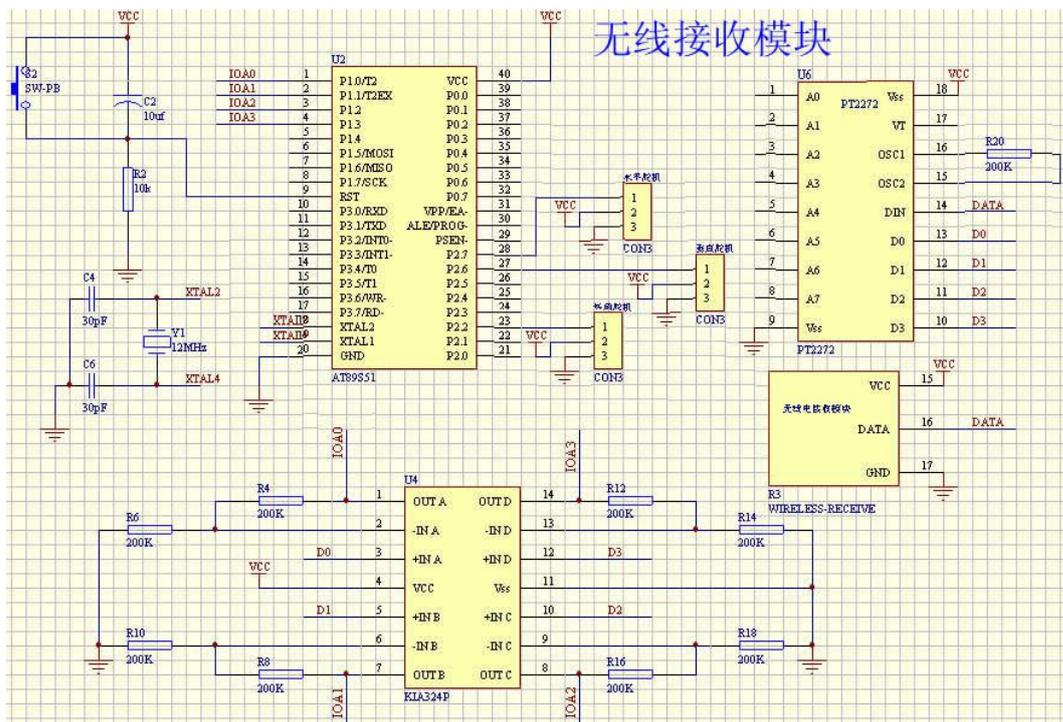


图 3-7 无线接收模块电路图

表 3.2 单片机 I/O 口分配

单片机 I/O 口分配	
P1. 0	经放大的解码芯片 PT2272 信号通道 D0
P1. 1	经放大的解码芯片 PT2272 信号通道 D1
P1. 2	经放大的解码芯片 PT2272 信号通道 D2
P1. 3	经放大的解码芯片 PT2272 信号通道 D3
P2. 2	转动舵机控制线
P2. 6	竖直舵机控制线
P2. 7	水平舵机控制线

单片机的晶振频率为 12M，一个时钟周期为 12 个晶振周期，正好是 1/1000 ms，计数器每隔 1/1000 ms 计一次数。以计数器 1 为例，先设定脉宽的初始值，程序中初始为 1.5ms，设定计数器计数初始值为 c，并置输出 p22 为高位。当计数结束时，触发计数器溢出中断函数，就是 void timer0(void) interrupt 1 using 1，在子函数中，改变输出 p22 为反相（此时跳为低位），在用 20000（代表 20ms 周期）减去高位用的时间 c，就是本周期中低位的时间， $c=20000-c$ ，直到定时器再次产生溢出中断，重复上一过程。

程序流程图如图 3-8 所示。

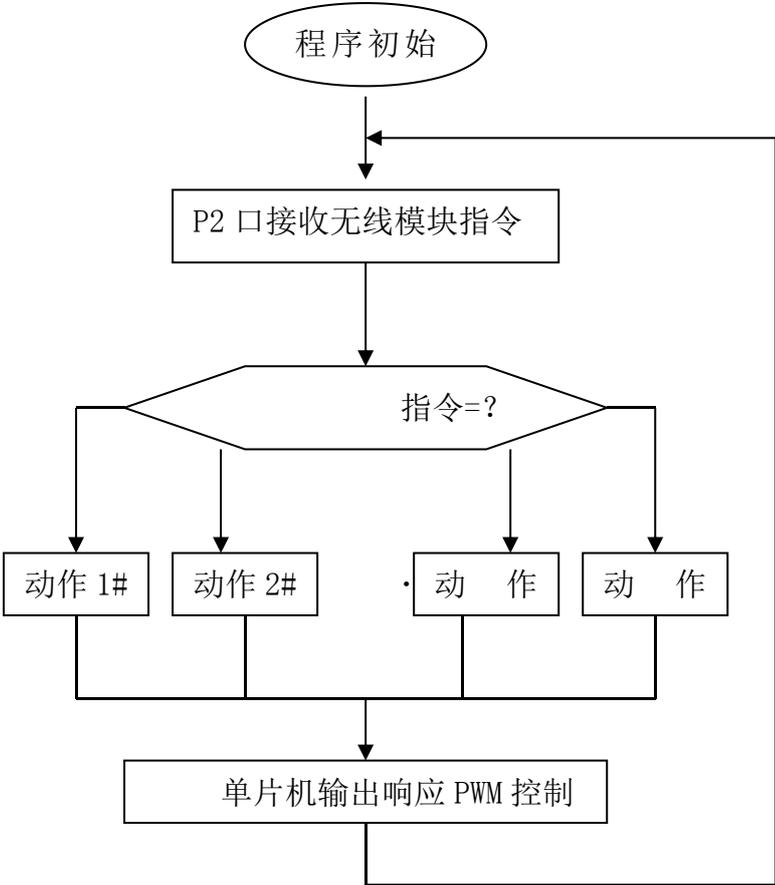


图3-8 无线接收模块流程图

## 四、成果

根据上述原理和设计方案，最后完成了六足机器人的制作，实物如图4-1所示。

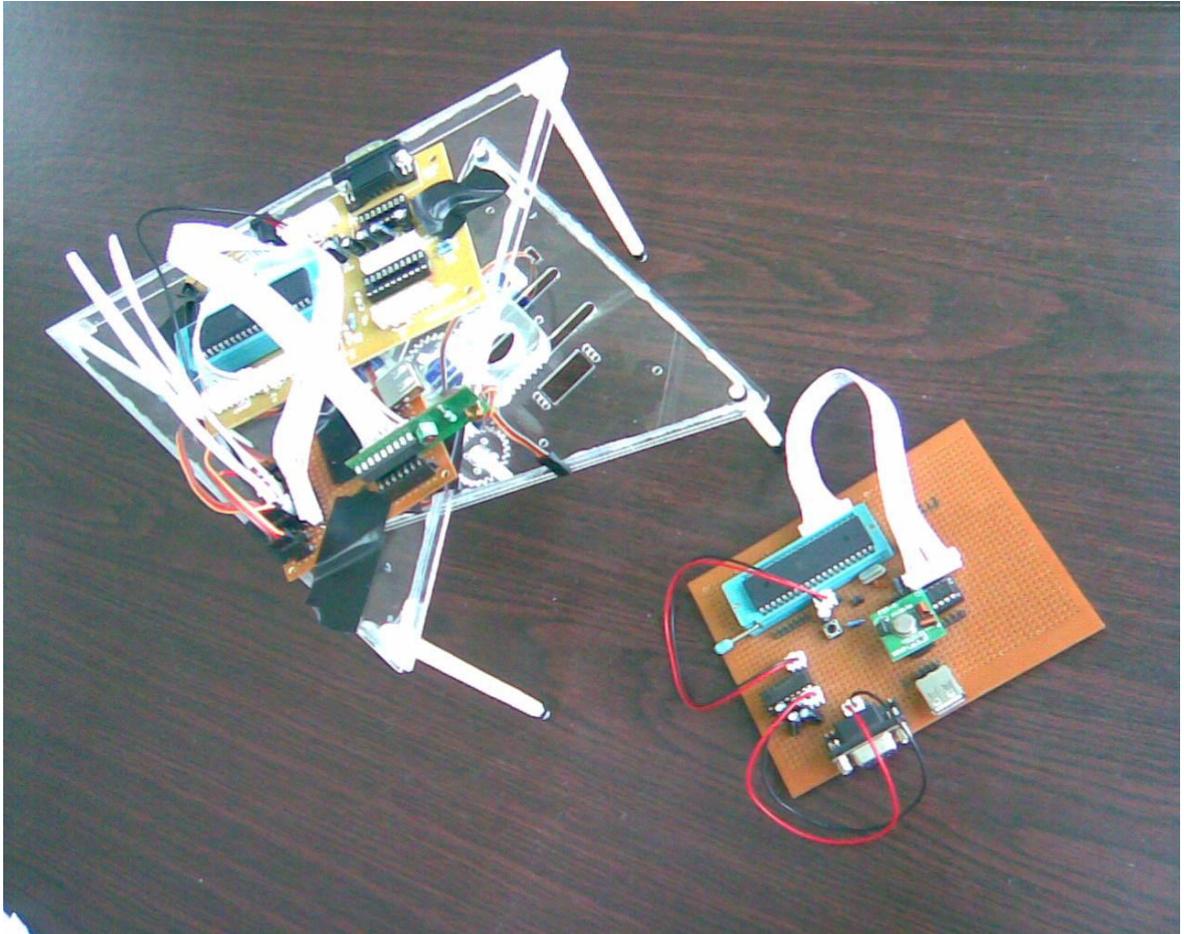


图 4-1 机器人实物图

控制结果表明：无线控制效果稳定，机器人能在单片机控制下自动完成一系列指定动作。机器人可以实现直线运动与转向运动的合理、有效结合，转向角度、角速度可控，直线行进步距、速度可调，行动灵活可靠。但转弯不够精准，原地转一圈后不能严格继续原来的行进方向；行进距离也不能严格保证，不能精确地直行指定的距离。分析其原因主要是：零件的加工精度不够，如齿轮的中心距不能严格保证，导致齿轮与齿轮、齿轮与齿条啮合不理想，进而在每一步产生误差。

## 参考文献

- [1] 谢冬福, 罗玉峰. 六足农业机器人并联腿结构与位置分析[J]. 机械传动. 2020(06)
- [2] 曹维清, 熊一帆. 六足机器人爬楼步态的力学仿真分析[J]. 现代制造工程. 2019(10)
- [3] 白颖, 蒋庆斌, 莫莉萍, 孙超, 王松. 六足仿蜘蛛机器人的结构与仿真分析[J]. 机电工程. 2019(07)
- [4] 樊启润, 唐彪, 孙开鑫, 万美琳, 卢仕. 六足仿生机器人的设计与实现[J]. 计算机测量与控制. 2019(05)
- [5] 张陈曦, 吴胜权, 何永, 傅春萍. 仿生步行机器人腿部八连杆机构轨迹优化[J]. 机械传动. 2018(06)
- [6] 李满宏, 张明路, 张建华, 张小俊. 六足机器人关键技术综述[J]. 机械设计. 2015(10)
- [7] 谭民, 王硕. 机器人技术研究进展[J]. 自动化学报. 2013(07)
- [8] 卢展, 蒋刚, 李晨, 留沧海. 六足机器人腿部损伤的容错行走研究[J]. 机械设计与研究. 2020(01)
- [9] 郭天祥. 51 单片机 C 语言教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015: 11-12.
- [10] 张庄双. 经典实用电路大全[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014: 162-163.
- [11] 夏涛. C 语言程序设计[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2012: 4-4.
- [12] 刘同法. 单片机 C 语言编程基础与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2015: 8-15.
- [13] 李朝青. 单片机原理及接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013: 38-39.
- [14] 甄成方, 苏淑静. 无线传感器网络的时间同步技术研究[J]. 传感器与微系统, 2013, 32(10): 49-50.
- [15] 朱红, 刘景萍. 微机原理与接口技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011: 36-86.

## 致谢

在我的毕业设计将要完成之际，我要衷心感谢我的指导老师雷老师。在进行的过程中，雷老师以饱满的智慧、渊博的知识给予我启示和教诲，在我遇到难题时给予我许多帮助，让我的毕业设计能够顺利的进行，在这里对他的精心指导和帮助表示衷心的感谢。

三年大学专科的学习生活即将结束，回顾在电梯工程学院学习的这段日子里，这里浓厚的学习氛围和良好的科研环境给我留下了深刻的印象，各位老师严谨治学的工作精神，同学们的勤奋好学和团结互助的学习态度在我将来的人生中都是一种教育。我非常庆幸自己能在这个充满朝气的集体中生活和学习。谢谢！