

湖北大学

# 四足蜘蛛机器人

2023 年湖北大学大学生电子设计大赛

江叔贤

2023-6-19

# 目录

- 引言： .....1
- 系统总体设计 .....1
- 硬件设计 .....2
  - Mpu6050： .....2
  - HC05 蓝牙模块： .....3
  - 原理图： .....4
  - 主要硬件： .....4
- 软件设计 .....5
- 思考与改进.....5

## 引言：

仿生机器人是一种具有生物学特性的机器人，这类机器人模仿生物的生理结构和动作行为方式进行工作。仿生机器人的设计都是源于自然界的动物，因此仿生机器人可以很快的适应复杂的环境，代替人类执行繁重危险的工作。如仿生麻雀机器人可以担任监测等任务。在众多种类的仿生机器人中，仿生蜘蛛机器人灵活度高、动作简单，使其在工业、军事、航空和紧急救灾等领域得到广泛应用。很多学者参与了仿生蜘蛛机器人的研究，开发出了六足爬行机器人。相对与六足机器人，四足爬行机器人控制方便、能耗低、制造工艺简单、设计成本低，并且可以完成六足机器人的大部分动作。

## 系统总体设计

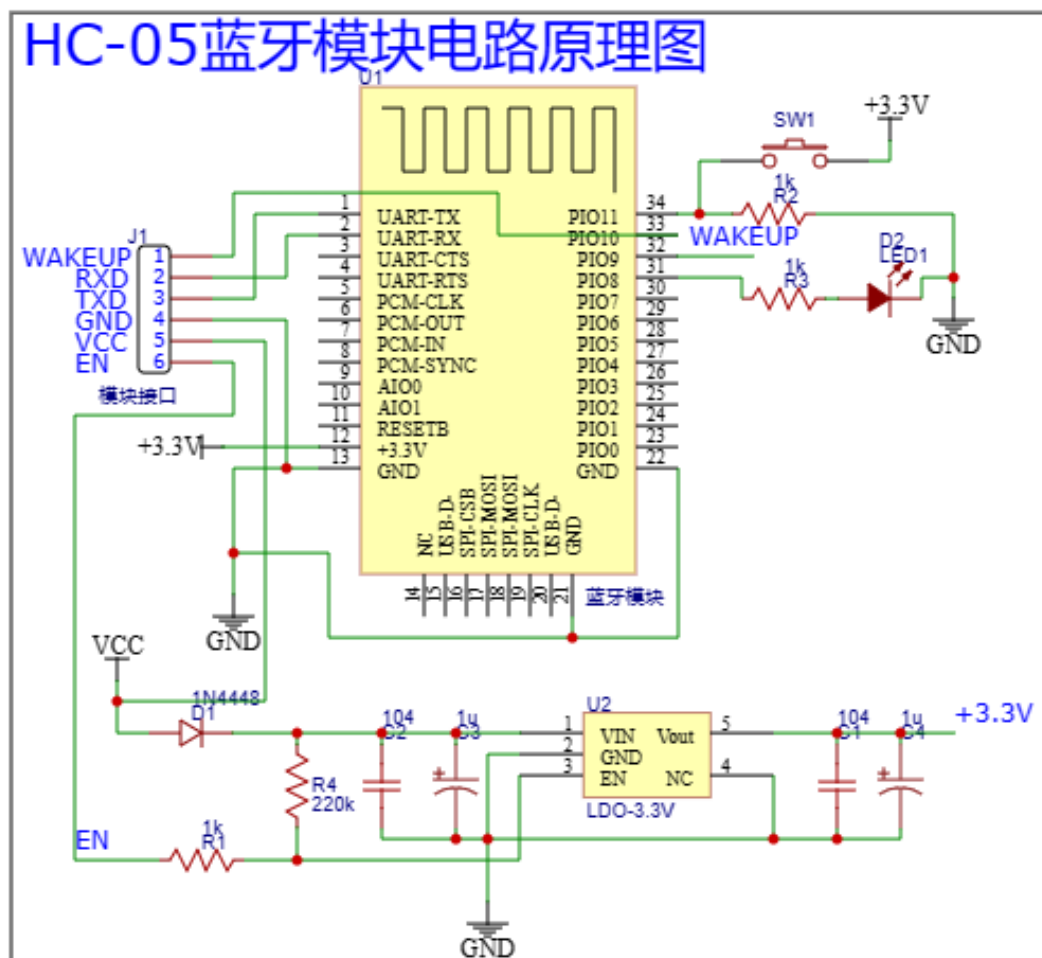
仿生仿生蜘蛛机器人的结构灵活，从结构机制来看，八足机器人很难根据其生理特征进行模仿，而相对于四足机器人，六足机器人的设计成本太高，功能提升效果不明显，能耗高。因此，本文设计了四足爬行机器人。四足爬行机器人的控制系统如图 1 所示。该系统采用 MSP430F5529 控制，由 4000mAh 的 5V 锂电池模块供电，采用 8 个舵机，4 足双自由度（后期可拓展至 3、4 自由度），搭配 mpu6050 陀螺仪进行倾斜度以及加速度监测，HC05 蓝牙模块作为无线通信控制，esp32cam 作为实时图传监测。

机器人开机连接蓝牙后处于待机状态（趴下），通过按下相应指令按钮，实现站立、趴下、前进、转弯、稳定模式，可通微调实现特定情况特定模式。

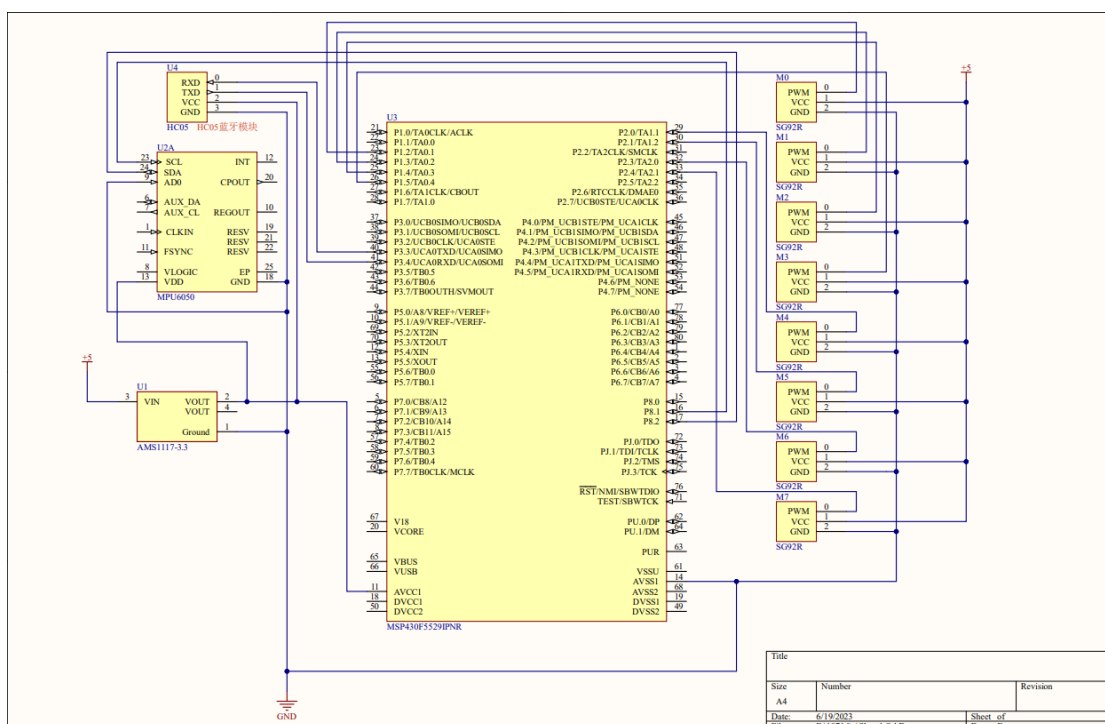


Part / Item	MPU-6000	MPU-6050
VDD	2.375V-3.46V	2.375V-3.46V
VLOGIC	n/a	1.71V to VDD
Serial Interfaces Supported	I <sup>2</sup> C, SPI	I <sup>2</sup> C
Pin 8	/CS	VLOGIC
Pin 9	AD0/SDO	AD0
Pin 23	SCL/SCLK	SCL
Pin 24	SDA/SDI	SDA

HC05 蓝牙模块：



原理图:



### 主要硬件:

### 1. MSP430F5529 主控

MSP430F5529 具有丰富的 IO 口资源，最多可发出 14 个 PWM 波，支持 IIC 通信。

## 2. HC05 蓝牙模块

工作电压：HC-05 模块的工作电压为 3.3V，可以通过外部电源或串口供电。

通信距离：HC-05 的通信距离一般在 10 米左右，可以通过外接天线或信号放大器来增强信号强度和通信距离。

通信速率：HC-05 模块可以支持多种波特率，最高可达到 1382400bps。

AT 指令：HC-05 模块支持 AT 指令集，可以通过串口发送 AT 指令来配置模块的参数，例如蓝牙名称、波特率、PIN 码等。

连接模式：HC-05 模块可以工作在主机模式和从机模式下，可以通过 AT 指令进行切换。

### 3. MPU6050 姿态解算

三轴加速度计分辨率为 16 位, 量程可选择  $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 、 $\pm 16g$ 。

三轴陀螺仪分辨率为 16 位, 量程可选择  $\pm 250^{\circ}/s$ 、 $\pm 500^{\circ}/s$ 、 $\pm 1000^{\circ}/s$ 、 $\pm 2000^{\circ}/s$ 。

内置 DMP（数字运动处理器），可实现数据处理和姿态解算。

内置温度传感器，可实现温度测量。

工作电压范围为 2.375V 至 3.46V，低功耗设计，适合电池供电应用。

支持 I2C 数字接口，通信速率可达 400kHz。

#### 4. SG92R 伺服电机

系统采用 SG92R 伺服电机作为驱动机器人的主要动力。其工作扭矩 2.5kg/cm 重量为 15g, 使用温度在  $-30^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。转动角度  $180^{\circ}$ , 工作电流 0.02A, 属于数码舵机类。相比于 SG90 重 0.2g, 但是其扭矩, 死区锁定, 减速组等远远优于 SG90, 因此机器人系统采用了 SG92R。

#### 5. ESP32CAM

价格低廉, 且支持 WiFi 通信, 作为摄像模块图传至局域网。

成本考虑: 以上材料总成本在百元以内。

## 软件设计

1. 软件设计采用 CCS/IAR 作为 MSP430F5529 前端开发, Arduino 作为 ESP32CAM 前端开发。

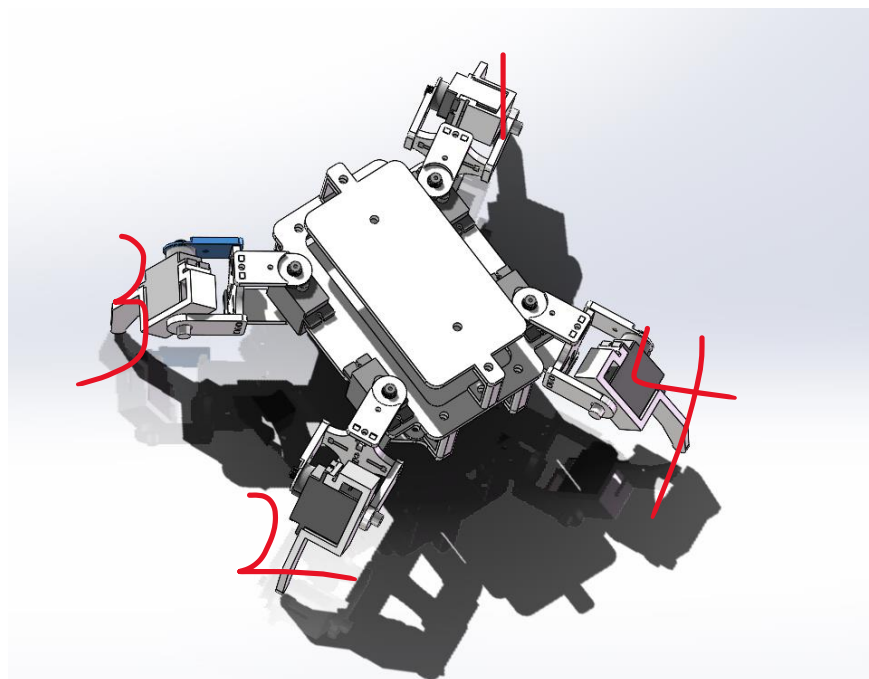
#### 2. 步态规划

四足蜘蛛的步态设计需要考虑多种因素, 包括机器人的体型、重心位置、地形情况、速度等。基本原理是通过合理的步态设计, 使机器人的重心始终保持在支撑面上, 从而保证稳定性。

采用三角形步态, 两组对称的支撑腿交替着行走。(如下图顺序)

优化参数: 限制于 3D 打印模型以及拼装导致重心偏移, 需多次调整参数优化步态。

3. 反馈: 通过 mpu6050 测定倾斜、加速度参数, 并于串口/蓝牙 打印。



## 思考与改进

1. 3D 建模瑕疵有待改进, 增加腿部长度, 拓展自由度至 3 自由度, 此时可形成机械爪结构用以抓捕物体。
2. 提高美观度, 设计时应留有线槽, PCB 打板减小占用空间。

3. 扩展摄像头功能，如物体、RGB 识别。
4. Mpu6050 算法有待改进，后期可加入 PID 算法控制减少抖动。
5. 步态算法可以扩展更多模式以适应不同的复杂地形。

四足机器人已经在工业、军事上显现优势，并且得益于人工智能的快速发展，使其可以进行更加复杂的动作甚至是深度学习，波士顿动力的 9 款机器人更是做到了许多令人称叹的成就，在稳定性与拓展学习上都有很大的发展。人工智能作为一个发展趋势，智能机器人将会在未来取得举足轻重的地位，而四足机器人相比于轮足机器人而言，将在探测、执行危险任务、复杂地形的物资搬运、救灾等领域大放光彩。