**机械与能源工程学院大创基地机器人队项目**

**仿生四足机器人-“漫游者”Ranger**

项目起止时间：2018.10.18-

项目负责人：黄紫岩1754214

项目组成员：刘常靖1751054

赵吉林1750437

张芮琦1752462

目录

[一、 项目概述 3](#_Toc531025409)

[1. 立项原因： 3](#_Toc531025410)

[2. 项目目标： 3](#_Toc531025411)

[3. 项目内容： 3](#_Toc531025412)

[4. 可能难点： 4](#_Toc531025413)

[5. 时间规划： 4](#_Toc531025414)

[6. 分工安排 4](#_Toc531025415)

[7. 文案内容 5](#_Toc531025416)

[二、 项目调研 6](#_Toc531025417)

[1. 调研分工 6](#_Toc531025418)

[2. 调研分类： 6](#_Toc531025419)

[3. 结果汇总 6](#_Toc531025420)

[4. 调研总结： 8](#_Toc531025421)

[5. Opencat 8](#_Toc531025422)

[三、 项目基本设计及制作计划 12](#_Toc531025423)

[1. 选用工具 12](#_Toc531025424)

[2. 外购部件 12](#_Toc531025425)

[3. 计划安排 13](#_Toc531025426)

[四、 应用原理及技术参考 14](#_Toc531025427)

[五、 机械部分设计 15](#_Toc531025428)

[六、 电控部分设计 16](#_Toc531025429)

[七、 制作过程记录 17](#_Toc531025430)

[八、 调试改进 18](#_Toc531025431)

[九、 总结提高 19](#_Toc531025432)

[十、 参考文献 20](#_Toc531025433)

## 项目概述

### 立项原因：

基地人才培养以比赛和项目作为磨砺人才的主要载体，以打造品牌为战略目标，旨在通过 系统培训、项目制作、团队交流、合作开发等方式培养有崇高理想、团队精神的高素质人才， 善于专研、富有创新能力科技创新人才，基础知识扎实、专长突出的全面复合人才。

我们参加选择这一项目主要目的在于，在项目开发制作过程中了解当前的仿生水平，学习先进技术，将已经学习的知识应用到实际。同时希望能仿制国内外的优秀机器人，及在其基础上进行一定的改进提升，并参加创新竞赛，与国内各高校的优秀队伍竞技。

### 项目目标：

以猫为仿生对象，设计并制作可以以多种步态灵活行走，并能够完成跳跃，奔跑，越障等复杂动作。利用传感器，编写控制算法，使其具有一定的自主平衡能力，实现略崎岖地面上的平稳行进，以及爬楼梯等活动。控制方式为通过WiFi遥控。

### 项目内容：

* + 1. 项目调研，了解当前仿真机器人水平，及可参考项目
    2. 参考已有项目进行仿制
    3. 仿生猫的机械结构设计
    4. 步态的规划设计，各种动作的仿真模拟
    5. 算法的设计及控制程序编写
    6. 实体的制作及电路组装
    7. 运行调试，改进提升
    8. 项目总结，文案撰写

### 可能难点：

* + 1. 仿制过程中可能基础不够，需要学习的知识技术多
    2. 实际制作过程中可能会出现，难以制作，材料不合适的情况
    3. 程序调试过程中可能会有较多bug
    4. 实际运行中由于各种原因，可能达不到预期效果

### 时间规划：

* + 1. 前期调研：10月，了解目前国内外仿生四足机器人水平，及相关科技文献
    2. 机械及电控设计：11-12月，对基本结构和驱动方式进行设计，并模拟调试
    3. 制作样品：1月，制作简单模型
    4. 程序编写：2-3月根据模型，进行程序编写调试
    5. 对机械结构，程序进行提升，调试。

### 分工安排

程序控制：黄紫岩 张芮琦 金锦

机械设计：刘常靖 赵吉林

### 文案内容

* + 1. 项目调研
    2. 基本计划
    3. 总体技术原理
    4. 各部分设计文件
    5. 开发过程记录文档
    6. 调试及改进记录
    7. 项目总结提高
    8. 参考文献

## 项目调研

### 调研分工

黄紫岩：产品调研

赵吉林，刘常靖，张芮琦：技术文件调研

### 调研分类：

* + 1. 产品视频
    2. 产品介绍
    3. 科技文献

### 结果汇总

参考机器人：

国内：宇树科技-莱卡狗

浙江大学-绝影

国外：波士顿动力公司-Spot SpotMini WildCat Bigdog Littledog

索尼-AIBO

麻省理工-Cheetah

费斯通-Bionickangroo

**参考文献：**

 Tails in Biomimetic Design: Analysis, Simulation, and Experiment-尾巴的仿生设计：分析，仿真及实验

 Design Principles for Highly Efficient Quadrupeds and Implementation on the MIT Cheetah Robot-高效率的仿生四足设计原则及在MIT cheetah上的应用

 Design Principles for Energy-Efficient Legged Locomotion and Implementation on the MIT Cheetah Robot-节能足式运动的设计原则及在MIT cheetah上的应用

 Variable-speed Quadrupedal Bounding Using Impulse Planning: Untethered High-speed 3D Running of MIT Cheetah 2-用脉冲规划实现的可变速四足跳跃：MIT cheetah2的无绳（好像这意思）高速3D奔跑

 The MIT Super Mini Cheetah: A small, low-cost quadrupedal robot for dynamic locomotion-MIT超小型猎豹：一个小型，低成本的灵活运动的四足机器人

 Robot locomotion on hard and soft ground: measuring stability and ground properties in-situ-在硬软地面上的机械运动：对原地的稳定性及地表性质的测量

 Proprioceptive Actuator Design in the MIT Cheetah: Impact Mitigation and High-Bandwidth Physical Interaction for Dynamic Legged Robots-MIT cheetah中的本体感受执行器的设计：用于动力有腿机器人的冲击减缓和高带宽的物理方面的互动（并不知道是不是这意思）

 Optimization of Surface-Mount Permanent Magnet Synchronous Machines for Low Duty-Cycle, High-Torque Applications：表面安装的永磁同步电机的低占空比，大扭矩的优化

 Policy-Regularized Model Predictive Control to Stabilize Diverse Quadrupedal Gaits for the MIT Cheetah-用于稳定MIT cheetah的不同步态的（？？不知道什么意思）规划的模型预测控制方法

**参考项目**：https://create.arduino.cc/projecthub/petoi/opencat-845129

<https://www.hackster.io/RzLi/petoi-nybble-944867>

[https://create.arduino.cc/projecthub/RzLi/petoi-nybble-944867?ref= platform&ref\_id=424\_trending\_\_\_&offset=4](https://create.arduino.cc/projecthub/RzLi/petoi-nybble-944867?ref=%20platform&ref_id=424_trending___&offset=4)

Twitter ID: Opencat @PetoiCamp

Project Hub ID: Rongzhong Li (李荣仲)

### 调研总结：

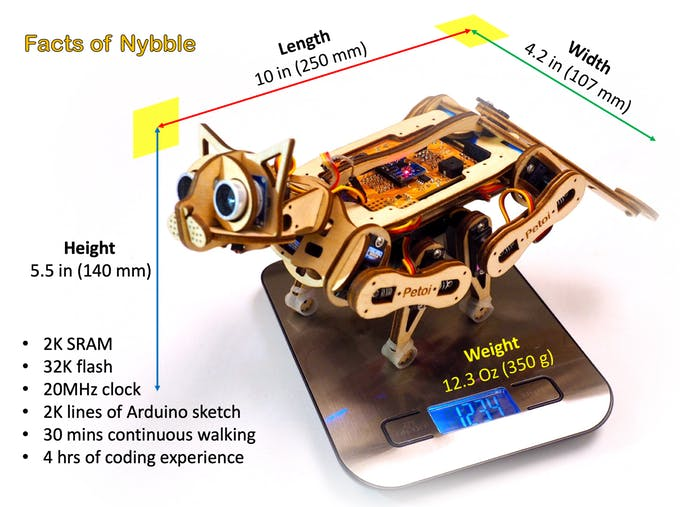
最终选定MIT cheetah及李荣仲开发的opencat/petoi nybble模仿对象，结合两者功能优点，计划做出小型仿生猫。

### Opencat

#### 项目综述

Opencat是一个可以自行编程，易于控制的机器猫，由李荣仲开发，主要利用arduino进行步态控制，raspberry-pi进行高级的ai控制。该机器猫可以实现各种基本步态如对角迈步，自平衡，自动爬起等，还可与人及其他机器猫进行交互。用舵机驱动，结构采用3d打印。

Nybble为其改进版，基本控制及驱动没变，结构采用木制积木拼插的方式，美观且减轻重量。另外增加了减震以及学习能力。



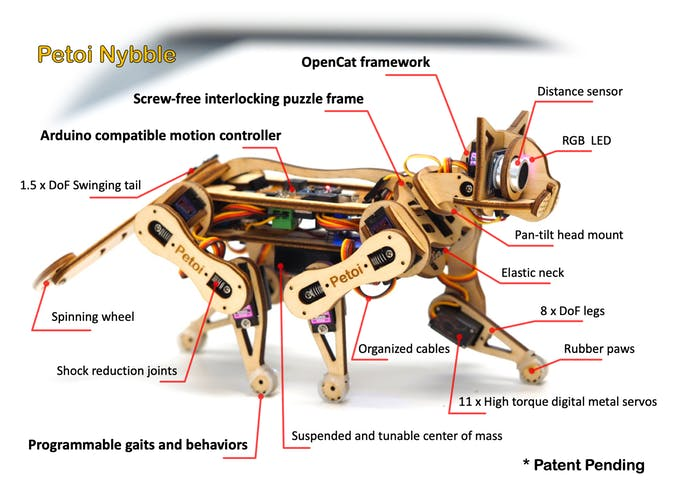
本项目主要仿制该项目，参考其代码及结构。

#### 功能实现

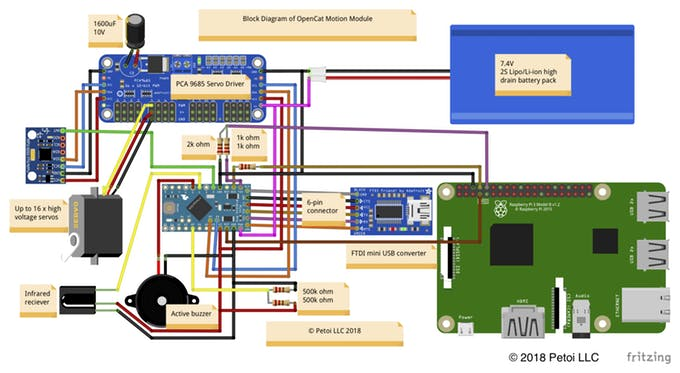
Arduino：储存有步态控制程序等其他“本能动作”，听从于树莓派的高级命令或人的远程控制。参数：32KB，16MHz

Raspi：ai控制，让opencat具有自己运行的能力，并且具有通讯功能，并处理各种传感器信号。

机构：总共12个自由度：包括腿部共八个自由度，头部两个自由度，尾部两自由度，共需11个舵机。腿部，颈部都有弹簧进行减震，以保护元件等。尾部有一个自由的关节用于平衡。整体框架加工可以采用激光雕刻。其中还有可调整的质量中心。

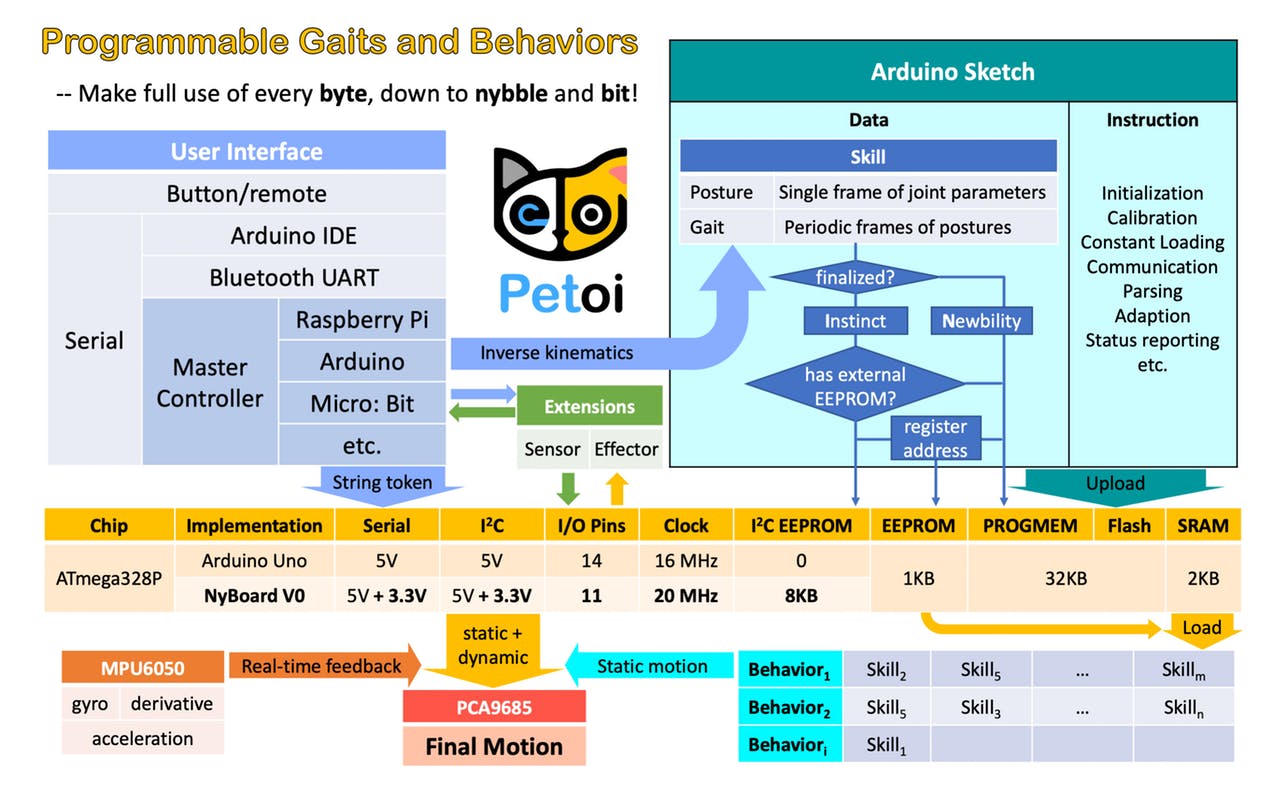


电路元件：除两块控制板以外nybble还包括很多嵌入式模块包括，16路PWM舵机驱动版，WIFI模块-ESP8266，超声波测距模块-us-100，电子陀螺仪-GY-521 MPU6050模块，红外无线遥控模块。



#### 代码分析

工作流程



**人机交互：获得命令**

远程控制-红外遥控

串口通讯：蓝牙-通用异步收发器？

上层控制：树莓派/Arduino/micro：bit？

（同时获得并处理传感器及效应器返回的信号）

**基础运动控制：arduino控制&反向运动学计算**

分析获得命令：姿势（某一组关节角度数组）/步态（周期性循环的几组数组）-**从仿真模拟中获得**

经过一系列判断后（应该是用于节约空间提高运算速度）将命令存入某一内存？

**实时运动控制：静态+动态运动学？**

Mpu6050包括陀螺仪，加速度测量等实时返回运动数据，结合已存储的既定运动数据进行计算。最终数据输入pca9685，完成动作。

**具体架构**

Opencat的动作：

* static posture（姿势：一组关节角度数据）
* periodic motion（运动：一系列关节角度数据组）。

两者共同组合构成opencat的 skill（技能）。

Skill

* 开发者编写的程序代码-instinct（本能：主要为一些基本的posture及motion），储存在external i2c EERPOM中（带电可擦可编程读写存储器，存储于该位置的数据可以一直保存，修改程序也不会影响）
* 使用者编写的代码-newbility存储在PROGMEM（即flash ROM中，每次导入新程序会冲掉原程序）

本组也可采用这种方法将调试无误的代码存入EERPOM

执行过程（貌似更新后不用skilllist了，不过可以借鉴）

* Skilllist（继承于Qlist类）用于存放instinct及newbility，可以返回名称及地址？存于arduino自带的EERPOM中
* Behavior list（同上）用于存放按照时间顺序的一系列skill，由一些参数触发。决定了skill的顺序，速度，重复次数及间隔时间
* Motion类-利用skill中已经保存好的参考数据来创建实际motion对象来存放角度数组。该部分存在SRAM中（静态随机存取存储器，即程序运行时产生的变量的存放位置）由于arduino的SRAM很小故一般只生成一个motion。

## 项目基本设计及制作计划

### 选用工具

MATLAB：仿真模拟

Arduino IDE：arduino编程

Github Desktop：文件及代码管控

SolidWorks：3D建模

### 外购部件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 采购项目 | 型号 |  | 其他材料 |
| arduino | nano |  | Longer servo screw（与舵机配套的） |
| 树莓派 | 3 model b |  | compression spring（弹簧） |
| 舵机驱动板 | 16路PWM |  | Torque spring（变扭弹簧） |
| 舵机 | MG92B |  | Extension spring（拉伸弹簧） |
| 舵机  电池+智能充 | sg90 |  | Flat self-tapping screws (various)（自攻螺丝） |
| 18650 |  | Rivets (various)（铆钉） |
| 电池盒 | 18650 |  | 面包板 |
| WIFI模块 | ESP8266 |  | 杜邦线 |
| 红外无线遥控套件 | 黑色红外遥控器+接收板 |  | 舵机延长线 |
| 蜂鸣器 |  |  | 跳线 |
| 超声波测距模块 | us-100 |  | 螺栓螺母 |
| 散热片 |  |  | 垫圈（平，弹簧） |
| 3m双面胶 | 黑 |  | 雪糕棍 |
| 开关 | MSS-22D18G2(2P2T) |  | 木板 |
| 电磨笔 | 套餐 |  |
| 电子陀螺仪 | GY-521 MPU6050模块 |  |

### 计划安排

2018.11.25本组目前处于第一期

计划完成：

基本步态仿真

基本步态程序编写

简易模型制作

基本人机交互

预计一期完成时间：2018.1

## 应用原理及技术参考

## 机械部分设计

## 电控部分设计

## 制作过程记录

## 调试改进

## 总结提高

## 参考文献