

**本科毕业设计（论文）**

题 目 两轮自平衡机器人小车设计

学院名称 物理与电子信息学院

专业名称 电子信息科学与技术

年级班级 电科1303班

学生姓名 姚帅

指导教师 王国东

2017年 5 月

摘要：两轮自平衡小车具有体积小、结构简单、运动灵活的特点，适用于狭小和危险的工作空间，在安防和军事上有广泛的应用前景。本文在总结和归纳国内外对两轮自平衡小车的研究现状，提出了自己的两轮自平衡小车软硬件设计方案，本小车使用STM32F103RCT6作为主控MCU，使用三轴陀螺仪、三轴加速度传感器MPU6050来检测车身与重力方向的倾斜角度和车身轮轴方向上的旋转加速度，然后利用传感器自带的DMP进行姿态解算，得到欧拉角。就可以获得传感器当前的姿态。我们取其中一个维度的欧拉角作为数据输入到基于STM32设计的PID控制器处理后，MCU经过处理通过IO口控制电机的前进与后退，来使机器人小车能保持平衡。由于MPU6050传感器存在温漂和积分误差，不能有效可靠反应车身状态。因此，软件使用了互补滤波算法将传感器数据融合，结合传感器的动态响应特性，得到一个优化的角度值。最后通过实验对本方案的可行性进行验证。

关键词：PID 互补滤波 STM32F103RCT6 姿态融合 MPU6050 DMP

**Two-wheeled Self-balancing Robot**

YaoShuai

**Abstract:** The two wheeled vehicle has the advantages of small size, simple structure, flexible movement characteristics, suitable for narrow and dangerous work in the security space, and has a wide application prospect in the military. The two wheeled vehicle itself is a natural unstable, the dynamic equation of multi variable, nonlinear, strong coupling, time-varying. The uncertainty of parameters needed strong control to keep the balance. Based on summarizing the current research situation of the two wheeled self balancing vehicle, put forward their own self balancing two wheeled vehicle design scheme of hardware and software, hardware with tilt angle rotation acceleration of gravity direction gyroscopes and accelerometers to detect body the body and the axle direction, based on the PID controller designed by STM32 data through the control of motor, adjust the car, the car to the balance. Complementary filtering algorithm will gyroscope and accelerometer data fusion using software, combined with gyroscope fast dynamic response characteristics and long time stability of the acceleration sensor to get an optimized angle approximation. Finally, through the experiments verify the feasibility of self balancing vehicle hardware control scheme.

**Key Words:** PID STM32 Complementary-filtering Attitude-fusion

目 录

[1 前言 1](#_Toc356064482)

[1.1 研究意义 1](#_Toc356064483)

[1.2 国内外研究现状 1](#_Toc356064484)

[1.2.1 国外研究成果 1](#_Toc356064485)

[1.2.2 国内研究成果 1](#_Toc356064486)

[1.3 本文的研究内容 2](#_Toc356064487)

[2 两轮平衡车的平衡原理 2](#_Toc356064488)

[2.1 平衡车的机械结构 2](#_Toc356064489)

[2.2 两轮车倾倒原因的受力分析 3](#_Toc356064490)

[2.3 平衡的方法 3](#_Toc356064491)

[3 系统方案分析与选择论证 4](#_Toc356064492)

[3.1 系统方案设计 4](#_Toc356064493)

[3.1.1 主控芯片方案 4](#_Toc356064494)

[3.1.2 姿态检测传感器方案 4](#_Toc356064495)

[3.1.3 电机选择方案 5](#_Toc356064496)

[3.2 系统最终方案 5](#_Toc356064497)

[4 主要芯片介绍和系统模块硬件设计 6](#_Toc356064498)

[4.1 加速度传感器ADXL345 6](#_Toc356064499)

[4.2 陀螺仪传感器L3G4200D 8](#_Toc356064500)

[4.3 主控](#_Toc356064501)[电路 10](#_Toc356064501)

[4.4 电机驱动电路 11](#_Toc356064502)

[4.5 供电电路 11](#_Toc356064503)

[5 系统软件设计 12](#_Toc356064504)

[5.1 系统初始化 13](#_Toc356064505)

[5.2 滤波器 14](#_Toc356064506)

[5.2.1 低通滤波器 15](#_Toc356064507)

[5.2.2 互补滤波器 15](#_Toc356064508)

[5.3 PID控制器 17](#_Toc356064509)

[5.3.1 PID概述 17](#_Toc356064510)

[5.3.2 数字PID算法 17](#_Toc356064511)

[5.3.3 PID控制器设计 18](#_Toc356064512)

[6 硬件电路 19](#_Toc356064513)

[6.1 硬件制作与调试 19](#_Toc356064514)

[6.2 硬件调试结果 19](#_Toc356064515)

[6.2.1 姿态感知系统测试结果 19](#_Toc356064516)

[6.2.2 PID控制器测试结果 20](#_Toc356064517)

[7 结论 21](#_Toc356064518)

[参考文献 23](#_Toc356064519)

[附录 24](#_Toc356064520)

[致谢 26](#_Toc356064521)

# 1 前言

1.1 研究意义

应用层面的意义：自平衡机器人小车利用外界的重力和自身轮子的不断调整来使自身保持平衡，轻便快捷。自平衡机器人小车自身具有很高的平衡稳定性，因此驾驶者不必控制车的平衡，车体自身的平衡稳定性，使得原本由于平衡能力障碍而无法骑自行车的人群也同样可以驾驭。自平衡机器人小车方便轻巧，能够适应较多的复杂场合。由于各种优点，自平衡机器人小车近年来发展迅速，有许多科技公司投入到自平衡机器人小车的研究中。在将来，由于自平衡机器人小车更加环保，更加便捷，可能会越来越多地替代现在的汽车，自行车。

理论研究的意义：两轮自平衡机器人小车，由于重力的存在，本身在未工作状态时是一个不稳定的系统，需要自身的处理器不断控制电机，来保持自身的平衡状态。自平衡机器人小车本身是一个综合复杂的非线性系统，具有环境的感知、行为的控制与执行等多种功能，它的平衡依赖于微处理器读取传感器数据，在MCU内部通过软件对数据进行处理。然后控制电机的前进与后退，通过PWM控制电机速度，进而控制机器人小车的平衡。自平衡机器人小车拥有较为复杂的控制系统，虽然在宏观理论上原理较为简单，通俗易懂。但在实际产品开发中，要达到较为稳定，反应灵敏的效果，还需要较深入的理论研究与分析，因此自平衡小车也拥有很高的研究价值。

1.2 国内外研究现状

国外某些国家对自平衡机器人小车的研究要远远领先于我们，比如德国，美国，日本等国家。他们的研究水平已经很先进。不过近年来，我国越来越多的企业看到了其丰富的商业价值，自平衡机器人小车的发展也越来越迅速。很多科技公司都投入到这个领域，国内许多高校也越来越多地投入到对这方面的研究。

前言：

正文：

结论：

致谢：

参考文献：