

doi: 10.7690/bgzdh.2020.06.022

基于创新教育的十六自由度视觉机器人

刘晓军¹, 刘 晓¹, 唐 闯¹, 李浩然²

(1. 中国石油大学胜利学院机械与控制工程学院, 山东 东营 257061;

2. 威海海洋职业学院, 山东 威海 264300)

摘要: 为满足机器人广泛应用的需求, 设计一款十六自由度的双足视觉机器人。依据仿生学原理, 通过对人类行走动作和视觉判断的分析, 确定机器人的外形及动作方式, 利用软件调用微控制器控制数字舵机的运行角度, 使机器人完成行走动作, 采用 STM32 对舵机进行控制, 将舵机控制参数导入机器人微控制器中完成机器人的实验调试。测试结果表明: 该机器人能准确完成编写的动作, 在行走中完成视觉判断。

关键词: 视觉机器人; 仿生学; 视觉判断; 舵机;

中图分类号: TP242 **文献标志码:** A

16 DOF Vision Robot Based on Innovative Education

Liu Xiaojun¹, Liu Xiao¹, Tang Chuang¹, Li Haoran²

(1. College of Mechanical & Control Engineering, Shengli College, China University of Petroleum, Dongying 257061, China; 2. Weihai Ocean Vocational College, Weihai 264300, China)

Abstract: For satisfying the robot wide application need, design the 16 DOF biped vision robot. According to bionics principle, ascertain the robot shape and action mode by analyzing human walking action and vision judgment. Use software to operate microcontroller to control operation angle of digital rudder and realize robot walking. Use STM32 to control rudder, and import the rudder control parameter into the robot microcontroller to complete the test debugging of the robot. Test results show that the robot can correctly realize compiling action, and realize vision judgment in walking.

Keywords: vision robot; bionics; vision judgment; rudder

0 引言

社交互动机器人(social interactive robots)是一种从事社交活动, 能够与人类或其他自主的实体进行互动的智能服务机器人^[1-3]。在科研领域, 对社交互动机器人的策略分析与设计有助于进一步研究人类行为及认知^[2]。在服务业中, 服务机器人的推广可以在人员密集场合下辅助信息交互, 减少人力开销^[2,4]。在教育和医疗产业中, 社交互动机器人通常以儿童(或患者)同伴的身份辅助教育(或治疗)全过程, 以提升学习(或治疗)效果^[5-7]。同时, 随着近年来体验经济时代的来临, 除了机器人提供的各种服务以外, 人们也越来越关注机器人能够带来的情感体验和背后的情感内涵^[8]。

十六自由度视觉机器人属于多关节类人机器人范畴, 目前是未来工业生产巡护、家庭娱乐服务开发的主要方向。随着技术的不断完善, 未来还可以用于餐饮服务、养老服务、医疗服务等场所。笔者使用数字舵机和铝合金支架搭建一款人形机器人。通过搭载高清晰度摄像头, 实时获取赛道图像, 通

过 OpenCV 进行图像处理, 拟定执行策略, 对处理之后的结果进行分类, 生成程序文件, 使机器人能根据程序做出连贯的动作。

1 机器人竞赛要求

视觉机器人比赛任务是: 在比赛场地上, 机器人从起点出发, 采用视觉识别自主巡线、自主动作、足式行走完成比赛任务。赛道中有颜色识别区(分别放置红、绿、蓝 3 种圆柱, 要求完成不同任务动作)、桥梁攀爬区和自主射门区。在最短时间内完成指定比赛任务, 且得分最高的队伍取得优胜。竞赛场地如图 1 所示。

2 机器人硬件选型及设计

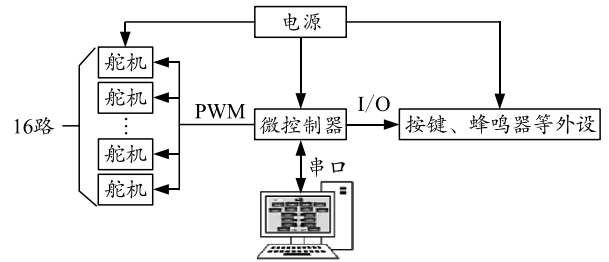
十六自由度视觉机器人的制作经过创意提案、初步设计、详细设计、制作调试 4 个阶段。视觉机器人需要完成视觉巡线、彩柱识别、桥梁穿越、报警、踢球等动作, 在机器人的选型与方案的确定上, 必须依靠机器人的运行状况分析确定。在所有硬件的选型中, 最关键的是机器人的视觉识别、外壳材

收稿日期: 2020-03-23; 修回日期: 2020-04-10

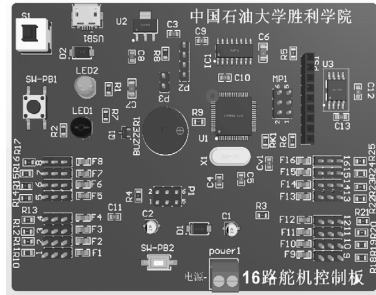
基金项目: 山东省本科高校教学改革研究项目(C2016M076)

作者简介: 刘晓军(1969—), 男, 山东人, 硕士, 高级实验师, 从事传感器技术、供配电技术等方面的教学研究。E-mail: 1274932468@qq.com。

料选择、电机种类以及主控芯片的选型。采用 USB WebCam 的 480P 高清晰度摄像头,能更加精确进行 AI 画面识别、图像识别、颜色识别和画面回传等功能。外壳采用铝合金材料,优点是不易磨损、强度较高且质量相对轻,缺点是加工难度大。采用 12 个 LDX-218 数字舵机和 4 个 LDX-227 数字舵机为驱动各自由度关节的电机。数字舵机特点是反应速度快,无反应区范围小,定位精度高,抗干扰能力强。经综合考虑,最终确定采用基于 Cortex-M3 ARM 内核的微控制器 STM32F103RBT6 作为行走主控制器,摄像头采集图像由树莓派 4B 进行处理。机器人系统框图如图 2(a)所示。



(a) 视觉机器人电路系统



(b) 视觉机器人成品电路

图 2 视觉机器人电路系统与成品电路

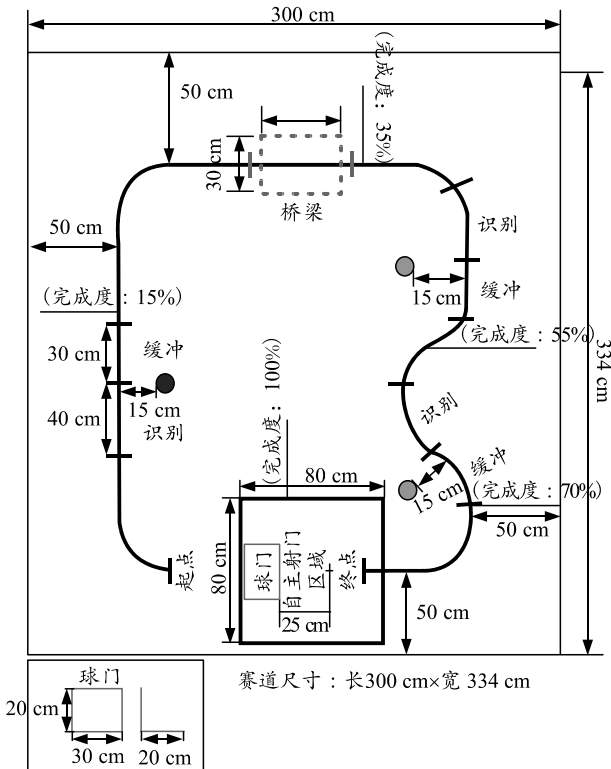


图 1 竞赛场地

图 2(a)所示的机器人电路系统,经 Altium Designer 分别设计各部分原理图和 PCB,最终成品电路如图 2(b)所示。如图 3 所示,成品电路主要包括电源、控制所需必要的外设和舵机控制接口 3 部分。如图 3(a)所示,机器人电源采用 S2 锂电池供电的方案,根据主控制器和舵机的电源电压等级,分别采用 LM2596 和 ASM1117 进行稳压。同时,因机器人采用人工启动方式,所以设立一个按键开关作为启动的开关;另外,通过 STM32 的 ADC 接口,当电源电压低于某个电压值时,蜂鸣器会处于报警状态,提醒应该更换电池或充电,电路设计如图 3(b)。舵机控制采用如图 3(c)接口与微控制器 I/O 进行连接,通过软件调用微控制器定时器产生 PWM 波形,从而控制数字舵机的运行角度,进而使机器人完成行走动作。

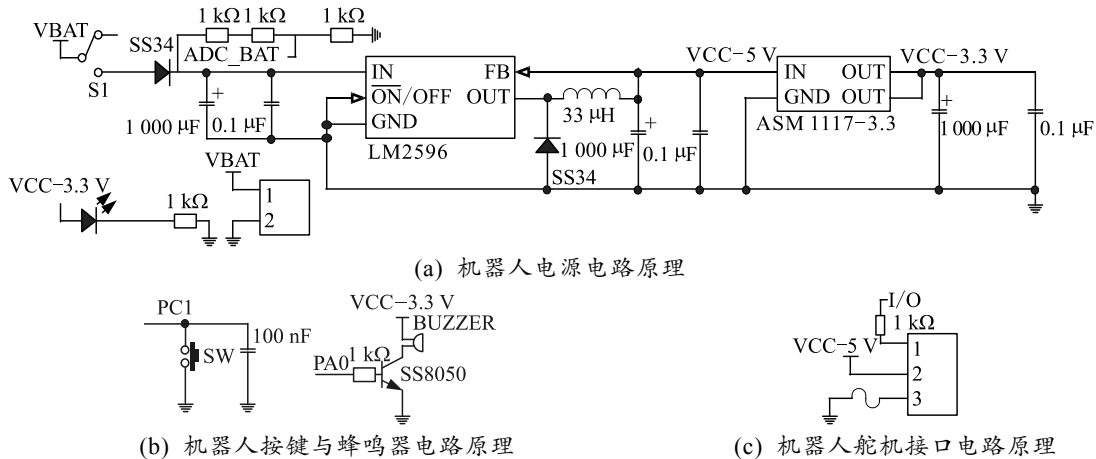


图 3 舞蹈机器人部分电路原理

3 机器人控制软件设计

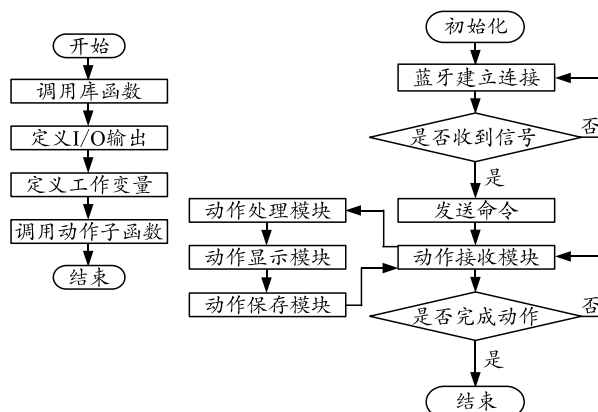
机器人控制软件是整个机器人最重要的部分，由上位机软件和机器人微控制器控制软件 2 部分构成。上位机软件主要用于调试阶段的机器人步态规划，通过上位机中的图形界面先为机器人步态进行设定，在机器人动作编程完毕后将动作数组数据导入至机器人中。机器人微控制器软件主要完成跟踪任务，即读取上位机软件的数据并据此生成控制信号控制舵机，以驱动机器人的关节。上位机软件流程如图 4(a)所示。上位机初始化，与下位机用蓝牙建立连接，连接后对下位机的动作接收模块发送各种动作命令，下位机收到信号后，对上位机的命令进行动作处理，包括动作处理、动作显示、动作保存，上位机结束发送命令，过程结束。

控制器作为机器人的核心，控制着机器人的所有行动：一方面当机器上电后，单片机控制器自动复位，以确保程序在最初的位置，避免了程序跑飞的错误；另一方面当使用无线遥控器时，内部无线模块会给单片机发信号，模块由低功耗转变为开启并接受遥控信息，然后把接收到的信息通过串口发送到单片机，再由单片机执行相对应的命令。当单片机与上位机通信进行下载命令时；采用 UART 通信协议，将要传输的资料在串行通信与并行通信之间加以转换，作为把并行输入信号转成串行输出信号的芯片。单片机采用循环扫描的工作方式，不断检测新的动作、姿态、命令，最终完成动作的采集调整与整体运行。

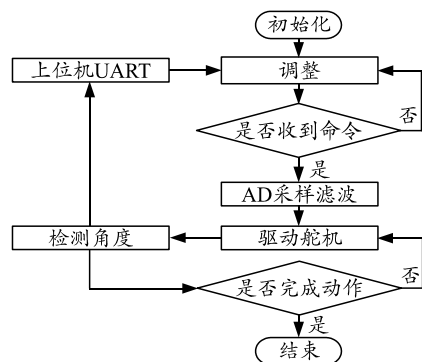
微控制器软件设计流程如图 4(b)所示。将外设控制模块、舵机控制模块和电源电压检测模块分开设计，从而保证其在多个机器人间的通用性和易维护性。其中，控制器软件核心部分为舵机控制，将 STM32 的定时器 3 配置为 PWM 模式，并传递定时器自动重装值与预分频数值，PWM 的频率与占空比均能实现可控。随后采用舵机控制核心函数，传入每路舵机的控制量，最终实现对各路舵机的分别控制。

颜色识别流程如图 4(c)，摄像头画面识别到黑线后，会将识别到的黑线分为 3 段，通过对比计算黑线每一段的位置，来判断线是偏左、偏右还是直的，然后调用机器人机体对应的动作进行左转、右转或者直行，从而实现巡线功能。当摄像头检测到油桶后，树莓派控制器会对识别到的画面进行处理，如果识别到红色，则调用机器人运行报警的程序；

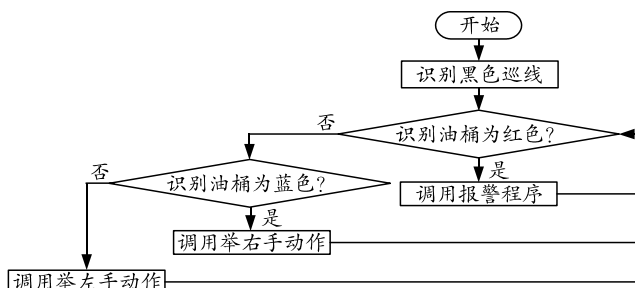
如果识别到绿色或者是蓝色，则调用机器人对应的举手动作。图像识别用 Python 开发。



(a) 上位机软件流程



(b) 微控制器软件流程



(c) 颜色识别流程

图 4 机器人软件流程

巡线部分：通过高清摄像头检测路线，使机器人始终沿规定路线行进。

颜色识别中，通过分辨出的不同颜色，从而执行不同的动作。

4 机器人调试与实验测试

笔者设计的机器人调试主要分机械结构调试和机器人步态调试。其中，对机器人机械结构的调试主要包括机器人外框架的调试和各舵机初始位置的调整，对机器人重心的调整是机器人机械结构调试和后续各动作的关键。首先，在外框架上通过对各设计组件长短的调整，来改变机器人的身高腿长以

及重心位置；同时，调整各舵机的转角，从而找出使机器人能够平衡稳定站立的初始位置。在此基础上，对机器人进行步态动作规划和调整。步态动作规划是机器人稳定运动的基础，指机器人行走过程中其各组成部分运动轨迹，例如机器人脚掌摆动过程中整个脚掌在空中的轨迹，脚掌何时离开地面、何时落地等的规划。动作规划的目标是产生期望动作，即产生在某个动作周期中实现各动作的各关节的期望运动轨迹，并将其转换为各舵机的控制量。整个步态调试过程中，通过如图 5 所示上位机软件对每个单一动作分别设定机器人各舵机的控制参数（即影响各路定时器 PWM 高电平时长的数组），在每个动作写好后对各部分动作进行组合，最终将舵机控制参数导入机器人微控制器中，达到预期效果。

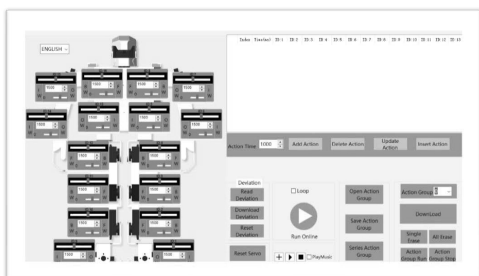


图 5 步态调试上位机软件界面

笔者设计的机器人成品如图 6，涉及机械、电子、通信、传感、机器人学、精密机构等多个交叉学科领域。该十六自由度视觉机器人在第十届、十一届山东省大学生科技节山东省智能技术应用设计大赛中均获一等奖。

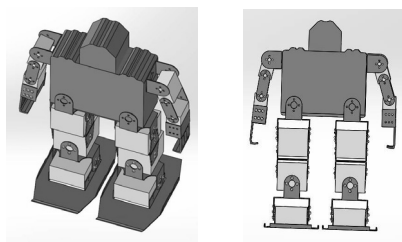


图 6 机器人成品

5 结束语

该机器人的主控芯片采用 STM32F103RBT6 作为机器人的主控制芯片，通过为主控芯片编写程序使主控芯片的 I/O 口输出特定频率和占空比的 PWM 波形，完成对数字舵机角度的控制，从而使机器人可以完成指定的动作。整个系统已经过上位机软件的调试，能准确地完成编写的动作，实现了最初的设计目标。

参考文献：

- [1] 邓卫斌, 于国龙. 社交机器人发展现状及关键技术研究[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(12): 163-170.
- [2] MICHALOWSKI M P, SABANOVIC S, KOZIMA H. A dancing robot for rhythmic social interaction[C]. 2007 2nd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 2007: 89-96.
- [3] FONG T, NOURBAKHSI I, DAUTENHAHN K. A survey of socially interactive robots[J]. Robotics and autonomous systems, 2003, 42(3/4): 143-166.
- [4] SEVERINSON-EKLUNDH K, GREEN A, HÜTTENRAUCH H. Social and collaborative aspects of interaction with a service robot[J]. Robotics and Autonomous systems, 2003, 42(3/4): 223-234.
- [5] KANDA T, HIRANO T, EATON D, et al. Interactive robots as social partners and peer tutors for children: A field trial[J]. Human-Computer Interaction, 2004, 19(1/2): 61-84.
- [6] SAERBECK M, SCHUT T, BARTNECK C, et al. Expressive robots in education: varying the degree of social supportive behavior of a robotic tutor[C]. Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, 2010: 1613-1622.
- [7] ROBINS B, DAUTENHAHN K, TE B R, et al. Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills?[J]. Universal Access in the Information Society, 2005, 4(2): 105-120.
- [8] 熊光明, 赵涛, 龚建伟, 等. 服务机器人发展综述及若干问题探讨[J]. 机床与液压, 2007(3): 212-215, 220.