

# Arduino 平台下的智能机器人玩具设计

金玉洁,王奥,龙慧

(长沙师范学院,湖南长沙 410100)

**摘要:**应用 Arduino 平台设计一款智能机器人玩具,硬件单元包括主控制器单元、电机驱动单元与交互装置硬件选取单元,软件模块包括 Arduino 开发环境配置模块、自然交互方式原则模块与自然交互应用模块。功能测试表明:与现有机器人玩具相比,本产品交互种类较多,交互响应时间较短,功能性强,适应范围广。

**关键词:**Arduino 平台;智能机器人;玩具;交互种类;响应时间

**中图分类号:**TP242 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0178-05

## Design of Intelligent Robot Toy Based on Arduino Platform

JIN Yujie, WANG Ao, LONG Hui

(Changsha Normal University, Changsha 410100, China)

**Abstract:** On Arduino platform, an intelligent robot toy is designed, whose hardware part includes the units of main controller, the motor drive and the hardware selection of interaction device, and the software module includes the Arduino development environment configuration module, the principle module of natural interaction mode and the natural interactive application module. Functional test results show that the new intelligent robot toys, compared with the existing robot ones, have more interaction types and shorter interaction response time, and are more functional and adaptable to wider scope.

**Keywords:** Arduino platform; intelligent robot; toys; interaction type; response time

## 0 引言

依据现有研究成果发现,游戏是儿童认知社会、学习知识的有效手段之一<sup>[1]</sup>。玩具是游戏的载体,不但能够带给儿童快乐,还能帮助儿童去探索、学习世界。在游戏过程中,构建儿童的思维体系,帮助儿童身心健康发展。儿童具备游戏本能,而玩具是打开儿童未知世界的钥匙,对儿童想象力、认知能力、思维逻辑能力的开发均起着至关重要的作用。

目前,儿童玩具正向着智能化、高科技方向发展。智能机器人玩具指的是借助传统玩具外形,安装高效电子器件的新型智能玩具设备<sup>[2]</sup>。相较于传统玩具,智能机器人玩具具备创新性、自学习性、反馈性等优势,能够在玩具与儿童之间建立更加亲密的联系,为儿童提供更加丰富的游戏体验。如基于信息技术和“互联网+”的儿童智能玩具<sup>[3]</sup>和陪伴型动画机器人玩具<sup>[4]</sup>等。由于控制器自身性能限制,现今市面上的智能机器人玩具存在着交互种类较少、交互响应时间较长的缺点,难以满足现今儿童成长的需求,故本文提出 Arduino 平台下的智能机器人玩具设计研究。

## 1 智能机器人玩具硬件单元设计

硬件单元是智能机器人玩具运行的基础与前提。本文依据儿童成长需求,设计智能机器人玩具硬件单元,其

主要包括主控制器单元、电机驱动单元与交互装置硬件选取单元三部分。

### 1.1 主控制器单元

随着 Arduino 平台应用范围的不断扩大,采用 Arduino 芯片实现智能机器人玩具的控制已经成为现今电子领域的重点研究问题之一<sup>[5]</sup>。Arduino 平台中硬件控制板丰富,故具备较好的控制性能。在 Arduino 平台应用过程中,Arduino 芯片选型至关重要。

依据智能机器人玩具设计需求,Arduino 芯片需要控制遥控、电机的正常运转,因此 Arduino 芯片 I/O 口最少 20 个。此研究选取 AVR 单片机制作与 Arduino 平台兼容的核心 Arduino 蓝核,其 I/O 口数量为 32 个,主频为 16 MHz,存储为 64 K Flash,AD 接口数量为 8 个,串口数量为 2 个,适合快速开发项目的应用。

Arduino 蓝核技术参数如表 1 所示。

表 1 Arduino 蓝核技术参数表

技术参数	数值	技术参数	数值
电压/V	4.5~5	CPU/bit	8
电流/mA	18.4	EEPROM/K	2
计数器/个	3	RAM/K	4
SPI/个	1	PWM/个	6
I2C/个	1		

第一作者简介:金玉洁(1985—),女,湖南常德人,副教授,硕士,研究方向为玩具设计。

由上述可知,Arduino 芯片具备 32 个 I/O 口,对其第二功能进行介绍,具体如表 2 所示。

表 2 I/O 口第二功能表

I/O 口	第二功能	I/O 口	第二功能
D0	接启动显示 LED	D17	I2C/SDA
D1	无	D18-D23	无
D2	INT2 外部中断 2	D24	ADC7
D3-D4	PWM	D25	ADC6
D5	SPI/MOSI	D26	ADC5
D6	SPI/MOSI	D27	ADC4
D7	SPI/SCK	D28	ADC3
D8-D9	RXD0,默认下载程序使用	D29	ADC2
D10-D11	INT0,串口 1 发射端口	D30	ADC1
D12-15	PWM	D31	ADC0
D16	I2C/SCL	D32	无

此外,Arduino 蓝核还具备扩展板,这是芯片发挥功能、扩展外围服务电路的关键。本文采用的是双电源 IC 供电方式,此种方式能够在 I/O 口短路后,保障 Arduino 芯片的正常作业,提升设计玩具的稳定性。

为了保证扩展板与其他版块的有效连接,将中间数据线接口转换为串口通信线,并且用户可以对任意 I/O 口进行自定义,为用户提供更加优质的服务<sup>[6]</sup>。

## 1.2 电机驱动单元

电机驱动是智能机器人玩具运行的关键硬件单元之一。若是使用扩展板驱动电机,需要单独对扩展板进行充电,较为复杂与混乱,故设计玩具以驱动芯片驱动电机。依据设计需求,电机驱动芯片有两种备选方案,一种是集成驱动芯片,其优势为电路简单、调试容易、故障率低等;劣势为内阻较大、利用率低、电流驱动能力有限等。另一种是 MOS 桥驱动芯片,其优势为负载能力强、可定制能力强、成本低廉等,劣势暂无。故设计玩具选取 L293D 驱动芯片作为电机驱动单元的核心。

L293D 驱动芯片实质上是一款高电流、4 通道高电压的芯片,主要承担着连接电机逻辑门输出与控制信号的责任<sup>[7]</sup>。常用 L293D 驱动芯片具备引脚数量为 16 个,具体如图 1 所示。

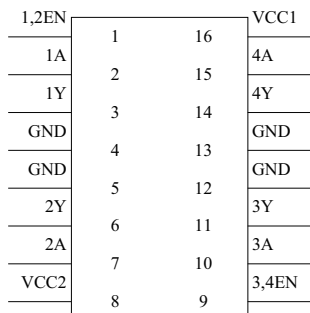


图 1 L293D 驱动芯片引脚示意图

L293D 驱动芯片峰值输出电流约为 1.2 A,连续输出电流约为 600 mA,电压范围约为 4.5~36 V。L293D 驱动芯片需要成对使用,能够同时驱动一个或者两个电机运转。L293D 驱动芯片驱动结构为“H”桥,结构简化图如图 2 所示。

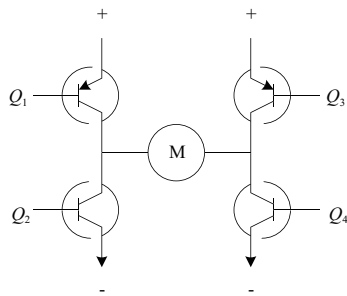


图 2 简化“H”桥结构示意图

如图 2 所示,当  $Q_1Q_4$  导通时,电流方向由左向右,电机按顺时针方向转动;当  $Q_2Q_3$  导通时,电流方向由右向左,电机按逆时针方向转动。由此可见,导通方式的不同决定着电机转动的方向。

## 1.3 交互装置硬件选取单元

自然交互是智能机器人玩具的主要功能,而交互装置硬件选取也是硬件单元中的关键。交互装置硬件主要由信号输入、信号处理与反馈输出三部分构成。其中,信号输入硬件主要包含温度传感器、湿度传感器、压力传感器、姿势传感器等,由于篇幅的限制不再对各种传感器进行详细描述。

信号处理需要依据智能机器人玩具的实际负载与精度进行适当地、科学地选取,此研究利用 Arduino 平台相关开发板来设计相应信号处理硬件。

反馈输出是自然交互部分的关键构成成分之一,直接影响着用户的体验感觉。反馈输出硬件主要包含声音信号输出、光信号输出、电信号输出等。

交互装置硬件选取并没有固定的标准,存在着一定的变化性,但信号输入、信号处理与反馈输出三个部分缺一不可,只有同时包含三个部分,才是一个完整的自然交互装置系统。

利用上述过程完成了智能机器人玩具硬件单元的设计与选取,但是依然无法实现智能机器人玩具的稳定运行,故以设计硬件单元为基础,设计智能机器人玩具软件模块。

## 1.4 硬件整体结构原理

通过对各种硬件的整体结构原理和系统比较分析,在最初的设计阶段,智能故事机的设计定位是交互性强的玩具设计,并着重强调了亲子游戏或多个小朋友参与的寓教于乐的设计理念。基于这一设计理念,对游戏 W 和故事机进行了一些新功能的设计。对新产品设计中的故事机设计元素、解决功能元素、系统整体元素、产品关键技术元素、专用资源分析、新产品设计方案比较分析,研究确定故事机的合理性能,从中选择最佳方案。

## 2 智能机器人玩具软件模块设计

本文设计的智能机器人玩具软件模块包含 Arduino 开发环境配置模块、自然交互方式原则模块与自然交互应用模块三部分。

### 2.1 软件模块功能

该系统包括语音识别模块功能、蓝牙模块、LCD 显示模块、电机驱动模块、按键模块和最小系统,多串口 STC12C5A60S2 单片机作为系统主控芯片。利用 ASRM08-A 语音控制模块实现语音交互功能,识别精度高。通过 HC-06 蓝牙串口通信模块,单片机与移动电话端的 APP 应用程序进行通信,以控制机器人的移动。通过蓝牙模块将机器人的运动指令发送到单片机,如前进、后退、旋转、加速、舞蹈等,通过单片机将控制指令发送到电机驱动模块,控制机器人的运动。LCD 模组主要负责互动过程中的指令显示及其他与娱乐、教学相关的界面显示。

### 2.2 软件系统的整体组成与流程

程序软件设计的组成与流程,如图 3 所示。在程序开始时根据外部开关的状态选择了串口 1 和串口 2 状态。在选择串口 1 进入蓝牙控制模式后,主控机器人前进、后退和转向,选择串口 2 进入语音识别模块。使用已有的语音模式识别检测软件完成语音识别测试。

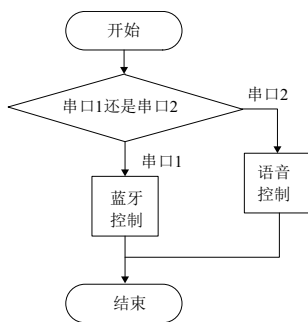


图 3 系统软件总体流程图

### 2.3 Arduino 开发环境配置模块

Arduino 平台实质上是一款开源硬件设计平台,其配套的软件设计平台为 Arduino IDE,也是 Arduino 蓝核的编译器,编写语言为 Java。

Arduino IDE 是智能机器人玩具软件开发的关键平台。首先应该依据串口类型配置相应的驱动程序,驱动程序安装完成后,在控制面板中即可看到安装完成的端口号。另外,进入 Arduino 平台,在工具栏中选取对应的板子以及端口号,在板子与端口号配置完备后,对软件代码进行编写、调试与下载。

### 2.4 自然交互方式原则模块

自然交互方式原则主要分为三种,详细描述如下:

原则一 以用户为中心,即将用户行为与感受考虑在智能机器人玩具设计的整个过程中<sup>[8]</sup>。在现今智能机器

人玩具设计领域中,用户体验主要包含感官体验、娱乐与教育、情感体验与互动体验;

原则二 多模态交互,即设计玩具中多种感官通道融合的交互方式,也是自然交互方式的最大特点。智能机器人玩具自然交互的要点为多感觉通道、交互双向性、隐式性与非精确性等;

原则三 智能感知,即利用多种传感器对使用者及其周边环境进行实时的感知,为自然交互提供全面信息以及多维度感知能力。智能感知是智能机器人玩具实现自然交互性的关键和基础。

### 2.5 自然交互应用模块

所设计的智能机器人玩具中,自然交互应用主要包含语音交互、手势交互、穿戴交互与情感交互等,由于篇幅的限制,本文仅针对情感交互模型进行详细描述。

利用 BP 神经网络来创建设计玩具的情感交互模型。设定 BP 神经网络输入层节点数量为 4,分别代表 4 种情感值(高兴、悲伤、惊讶与厌恶),节点输入范围为 $[0,1]$ ,输出层节点数量与涵义与输入层相同,但输出量取值范围为 0 或者 1,描述某种情感是否被激活。

为了加快 BP 神经网络的训练速度,以此来降低设计玩具的响应时间,设置动量系数  $\alpha$  为 0.5,初始步长  $\eta$  为 0.4,BP 神经网络总误差计算公式如下:

$$E_{\text{RME}} = \alpha \sqrt{\frac{|E - E_p|}{\eta}} \quad (1)$$

其中: $E$  表示 BP 神经网络的实际输出; $E_p$  表示 BP 神经网络的目标输出。

BP 神经网络训练样本设置为 20 组,由于篇幅的限制,只对其中部分进行展示,具体如表 3 所示。

表 3 部分 BP 神经网络训练样本表

情感输入	情感输出	情感状态
(0.3,0,0,0)	(0,0,0,0)	平静
(0,0.5,0,0)	(1,0,0,0)	高兴
(0,0,0.7,0)	(0,1,0,0)	悲伤
(0,0,0,0.5)	(0,1,0,1)	悲伤+厌恶
(0,0,0.5,0)	(0,0,1,0)	惊讶
(0,0,0,0.3)	(0,0,1,0)	惊讶
(0.7,0,0,0)	(1,0,1,0)	高兴+惊讶
(0,0.3,0,0)	(1,0,0,0)	高兴
(0,0.5,0,0)	(0,1,0,0)	悲伤
(0.5,0,0,0)	(0,0,0,0)	平静

通过 BP 神经网络误差计算可知,当隐含层节点数量为 4 时,BP 神经网络总误差为 0.361 916;当隐含层节点数量为 5 时,BP 神经网络总误差为 0.359 574;隐含层节点数量为 6 时,BP 神经网络总误差为 0.366 202。故确定 BP 神经网络隐含层节点数量为 5,最小神经网络误差取值为 0.3。

通过上述硬件单元与软件模块的设计,实现了智能机器人玩具的运行,为儿童提供更加优质的智能机器人玩具,帮助儿童健康成长。

### 3 实验与结果分析

为了验证本文设计的 Arduino 平台下的智能机器人玩具与现有玩具之间的差距,设计如下对比实验。

#### 3.1 设计玩具自然交互方式

以用户需求为主,设计玩具的自然交互方式,具体如下表 4 所示。

表 4 玩具交互方式表

类型	玩具功能	交互方式
音乐	播放音乐	听觉/认知
语音	故事	听觉/认知
	问答	听觉/认知/语言
视觉	知识库	视觉/认知
	表情	显示高兴、厌恶等表情
动作	做出鼓掌、点头等动作	视觉/触觉/认知

依据用户(儿童)喜爱的动漫形象,将智能机器人玩具外观设置为白色,取名为小白智能机器人玩具,其外观设计如图 4 所示。

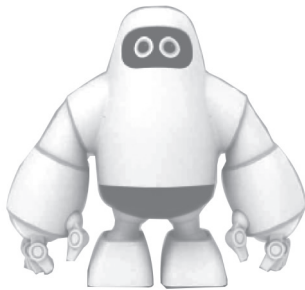


图 4 小白智能机器人玩具示意图

语音交互是设计玩具的核心功能,故制定完备的语音自然交互模型,如图 5 所示。

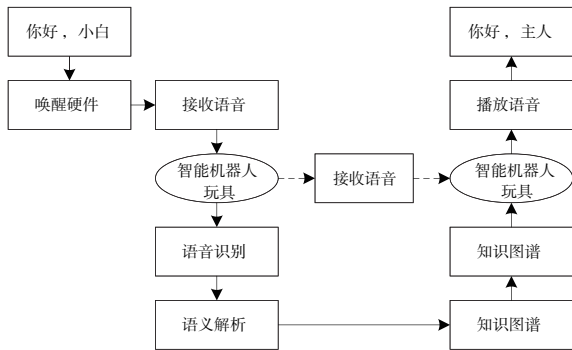


图 5 语音自然交互模型示意图

#### 3.2 设计玩具调试连接图

设计玩具调试连接是保障实验顺利进行的基础与关

键,主要是指将驱动芯片、Arduino 板子、遥控手柄、电源模块等进行接线,这也是调试的最后一个步骤,如图 6 所示。

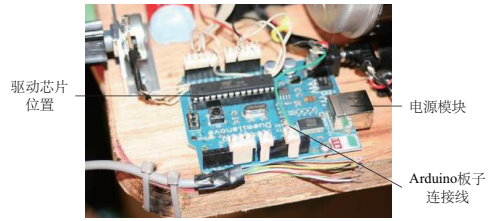


图 6 设计玩具调试连接示意图

#### 3.3 实验结果分析

采用传统的基于信息技术和“互联网+”的儿童智能机器人玩具与本文设计的智能机器人玩具进行功能测试,通过交互种类的多少与交互响应时间来反映设计玩具的基本性能。

通过实验获得不同机器人玩具的交互种类数据如表 5 所示。

表 5 交互种类数据表

交互种类	本文设计的智能机器人玩具	传统的智能机器人玩具
语音交互	有	有
手势交互	有	无
穿戴交互	有	有
情感交互	有	无

如表 5 所示,相较于传统的智能机器人玩具,本文设计的智能机器人玩具的交互种类更多,可实现语音、手势、穿戴和情感四方面的交互。

通过实验获得不同机器人玩具的交互响应时间数据如表 6 所示。

表 6 平均交互响应时间数据表

实验次数/次	本文设计的智能机器人玩具/ms	传统的智能机器人玩具/ms
10	10.23	23.56
20	12.45	20.15
30	9.56	19.58
40	10.01	25.48
50	10.26	25.71
60	11.23	20.90
70	10.58	23.26
80	11.45	25.13
90	11.20	19.45
100	10.04	18.56

如表 6 数据显示,本文设计的智能机器人玩具的交互响应时间数据范围为 9.56 ms ~ 12.45 ms,传统的智能机器人玩具的交互响应时间数据范围为 18.56 ms ~ 25.71 ms。相比之下,本文设计的智能机器人玩具的交互响应速度

更快。

上述实验结果显示:与传统的玩具相比较,本文设计的智能机器人玩具交互种类较多,且交互响应时间较短,充分证明其基本功能更优。

### 4 结语

本文基于 Arduino 平台设计了一种新的智能机器人玩具,增加了玩具的交互种类,缩短了玩具的交互响应时间,为儿童提供更全面、良好的游戏体验,也为儿童发展与成长提供更加优质的服务与帮助。

#### 参考文献:

[1] 朱定局. 人工智能的文艺梦想和机器人的未来[J]. 华南师范大学学报(社会科学版),2019(5):183-188,192.  
 [2] 程洛林,徐伟,龙天南,等. 适用于学龄前儿童智能陪伴玩具

的 APP 交互设计研究[J]. 家具, 2019, 40(2):71-77.

[3] 黄群,李君梓. 信息时代下的儿童智能玩具设计研究[J]. 包装工程,2020,41(10):150-156,174.  
 [4] 陈思宇,姚立纲,徐业良,等. 陪伴型机器人陪伴功能的设计与实现[J]. 机械制造与自动化,2020,49(3):142-146.  
 [5] 卢宇,薛天琪,陈鹏鹤,等. 智能教育机器人系统构建及关键技术——以“智慧学伴”机器人为例[J]. 开放教育研究, 2020,26(2):83-91.  
 [6] 李建勇,刘雪梅,王泽. 家庭陪伴机器人的仿人上肢设计及肢体交互[J]. 机械与电子,2020,38(8):66-70.  
 [7] 潘亚林,李思琪,童慧,等. 儿童与智能服务机器人交互体验评价方法综述[J]. 人类工效学, 2019, 25(4):74-79.  
 [8] 胡天林,李继芳,罗锦才,等. 基于 Arduino 的移动机器人实训平台设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(12):108-111,117.

收稿日期:2021-03-17

(上接第 134 页)

0.009 MPa;先导阀弹簧刚度为 50 N/mm 时,其阀口开启压力峰值为 1.525 MPa,最终稳定压力为 1.491 MPa,压力超调量为 0.034 MPa。即随着先导阀弹簧刚度增大,最终稳定压力值、压力超调量有增加的趋势,但增加幅度小,主阀入口达到峰值压力的响应时间基本不变,但达到稳定压力的响应时间逐渐缩短。

#### 5) 主阀弹簧容腔体积对阀动态特性影响分析

利用 AMESim 批处理功能对主阀弹簧容腔体积进行研究分析,设定主阀入口容腔体积分别为 0.000 5 L、0.001 0 L、0.001 5 L、0.002 0 L、0.002 5 L,仿真得到不同阀弹簧容腔体积下主阀进口处压力曲线如图 7 所示。

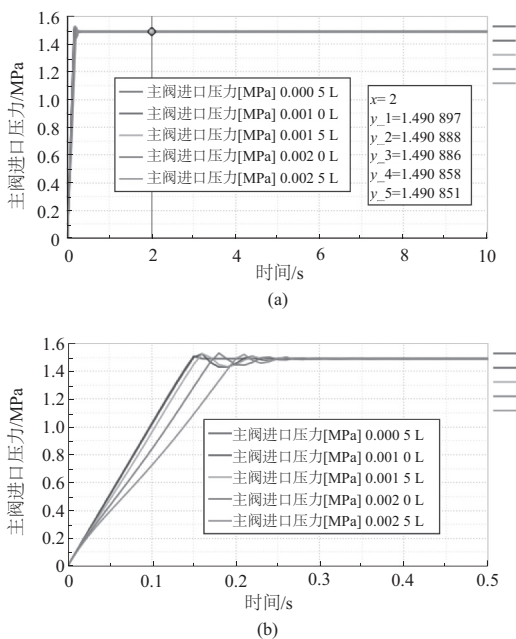


图 7 不同主阀弹簧容腔体积下先导式安全阀进口处压力及局部放大曲线

从仿真结果可以发现:随着主阀弹簧容腔体积的增加,最终稳定压力值、压力超调量基本保持不变,分别为 1.491 MPa和 0.03 MPa,但主阀入口达到峰值及稳定压力的响应时间延长,主阀弹簧容腔体积由 0.000 5 L 增加到 0.002 5 L 时,响应时间由 0.16 s 延长至 0.22 s。

### 3 结语

以电站锅炉用 AF46Y-25 先导式安全阀为例,利用 AMESim 仿真软件建立了仿真模型并进行仿真研究。研究表明:阻尼孔通流面积、先导阀及主阀弹簧刚度对阀的压力超调量、稳定压力及达到稳定压力的响应时间影响较大,而对主阀入口达到峰值压力的响应时间影响较小;主阀弹簧容腔体积对主阀入口达到峰值及稳定压力的响应时间影响较大,对压力超调量、稳定压力影响较小。

#### 参考文献:

[1] 陈莉. 电站锅炉的热力计算与(火用)分析应用程序[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2004.  
 [2] 方学锋,蔡文生. 先导式安全阀动作原理及应用失效分析[J]. 化工机械,2010,37(4):493-495.  
 [3] 张辉. 先导式安全阀失效启跳分析及处理[J]. 石油化工腐蚀与防护,2017,34(6):61-64.  
 [4] 郑积泉,蒋威,陈宗杰,等. 先导式安全阀试验与回座失效分析[J]. 液压与气动,2019(11):69-72.  
 [5] 徐学文,张洪信,赵清海. 基于 AMESim 的轴向柱塞泵柱塞组件动力学分析[J]. 机械制造与自动化, 2020, 49(5): 123-126.  
 [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 28778—2012 先导式安全阀[S]. 北京:中国标准出版社,2013.

收稿日期:2021-02-03