

数智惠民

——基于树莓派的智能婴儿床系统

王莹, 程倩, 郭媛媛, 莫春燕, 赵曼毅

塔里木大学信息工程学院, 新疆 阿拉尔

收稿日期: 2024年11月29日; 录用日期: 2025年1月16日; 发布日期: 2025年1月29日

摘要

鉴于科技的持续推进, 智能家居在现代家庭中占据了重要地位。智能婴儿床系统作为智能家居的关键应用之一, 其目的在于运用智能化技术为婴儿打造更安全、舒适且便捷的睡眠环境。本文提供了一种基于树莓派的智能婴儿床系统设计方案, 该系统集成了环境监测、视频监控、智能报警和远程控制等功能, 能够为家长提供全方位的婴儿监护服务。其研究成果也较为明显, 我们通过实时监测装置和安全检测模块, 智能婴儿床能够实时监测婴儿的生理指标并在异常情况下及时报警, 确保宝宝安全。多样化的按键设计、多场景适用性和多模式助眠功能提升了使用的便捷性, 同时智能存储并分析宝宝数据。此外, 智能婴儿床还具备互动功能, 通过声音检测和远程操控实现父母与宝宝的互动; 提供早教资源; 且可与其他智能设备和服务互联, 搜集信息和友好的交互界面设计。通过对系统的设计, 实现了对婴儿床环境的实时监测和控制, 有效提高了婴儿的安全性和舒适度。

关键词

树莓派, 智能婴儿床, 智能家居, 环境监测, 视频监控

Digital Intelligence Benefits the People

—Intelligent Crib System Based on Raspberry Pi

Ying Wang, Qian Cheng, Yuanyuan Guo, Chunyan Mo, Manyi Zhao

School of Information Engineering, Tarim University, Alaer Xinjiang

Received: Nov. 29th, 2024; accepted: Jan. 16th, 2025; published: Jan. 29th, 2025

Abstract

In view of the continuous advancement of science and technology, smart homes occupy an important position in modern households. As one of the key applications of smart home, the smart crib

文章引用: 王莹, 程倩, 郭媛媛, 莫春燕, 赵曼毅. 数智惠民——基于树莓派的智能婴儿床系统[J]. 人工智能与机器人研究, 2025, 14(1): 164-172. DOI: 10.12677/airr.2025.141016

system aims to use intelligent technology to create a safer, more comfortable and convenient sleeping environment for babies. This paper gives a design scheme of an intelligent crib system based on Raspberry Pi. The system integrates environmental monitoring, video surveillance, intelligent alarm, and remote control functions, and can provide parents with comprehensive baby monitoring services. Its research results are also relatively significant. Through the real-time monitoring device and safety detection module, the smart baby crib can monitor the infant's physiological indicators in real time and give an alarm promptly in abnormal situations to ensure the baby's safety. The diverse button design, multi-scenario applicability and multi-mode sleep aid function improve the convenience of use. Meanwhile, it can intelligently store and analyze the baby's data. In addition, the smart baby crib also has an interactive function, realizing the interaction between parents and the baby through sound detection and remote control; providing early education resources; and being able to interconnect with other smart devices and services, gathering information and having a user-friendly interface design. Through the design of system hardware and software, real-time monitoring and control of the crib environment is realized, which effectively improves the safety and comfort of infants.

Keywords

Raspberry Pi, Smart Crib, Smart Home, Environmental Monitoring, Video Surveillance

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在家庭育儿的实践中，父母们总是希望能给婴儿提供无微不至的关怀与优质的成长环境，但现实却是照顾婴儿这件事常常让他们身心俱疲，花费大量时间精力不说，自身还会出现睡眠不足、承受巨大精神压力等情况。为了满足广大家庭对高质量育儿体验的渴望，解决这些实际存在的问题，智能育儿设备的研发显得尤为重要。本文基于树莓派具备的低成本且高性能的优势，联合先进的传感器技术以及数据处理算法，致力于开发一款适用于普通家庭的智能婴儿床系统，该系统能够按照婴儿的需求和喜好来调节环境参数，为婴儿打造更加惬意且贴合其个人需求的睡眠环境。

2. 系统设计内容

2.1. 系统设计目标

基于树莓派的智能婴儿床系统主要围绕智能化控制、安全检测、睡眠辅助和数据分析记录四个方面展开，实现对婴儿床环境的实时监测和自动调节，记录婴儿生活数据的同时实现远程监控报警，能够对收集的数据进行溯源分析。首先，智能化控制，其是借助摄像头实现视频监控，方便家长随时查看婴儿状况，集成智能报警功能，遇异常能及时向家长发送报警信息，还提供远程控制功能，使家长可通过移动设备远程查看与控制婴儿床。其二是安全检测，能实时监测婴儿床的温度、湿度、声音等环境参数，同时检测婴儿心率，保障婴儿的健康与安全。其三为睡眠辅助功能，可依婴儿需求和喜好自动调节如温度、湿度这类环境参数，且具备音乐播放和摇篮功能，让宝宝在婴儿床中快乐舒适。其四在于数据记录和分析，既能实时记录婴儿睡眠时间、哭闹时长等数据并分析其状态是否正常，也可实时记录与分析婴儿心率是否正常。

2.2. 系统设计创新点

“数智惠民——智能婴儿床控制系统”具有多方面显著优势与功能：

① 智能化控制：传统婴儿床手动调节不便，此系统以树莓派微控制器为核心，集成多类传感器与执行器，达成床的角度、温度、湿度等智能化控制，可通过手机 APP 或遥控器远程操作，极大提升了便利性与舒适性，利于婴儿休憩与家长照看。

② 安全监测：相较于传统婴儿床无安全监测功能，该系统能远程监控床体状态，实时监测婴儿体温、心率、呼吸等生理指标，经传感器与树莓派采集处理数据，异常时及时警报，方便监护人掌控宝宝身体状况，保障其安全与舒适。

③ 睡眠辅助功能：因婴儿睡眠需求高，传统婴儿床辅助功能缺失影响睡眠质量，而此系统可依婴儿睡眠状态与需求自动调节床的高度与倾斜角度，且有自动摇床、定时摇床功能，有助于提升婴儿睡眠品质，减轻父母或监护人负担。

④ 数据记录和分析：传统婴儿床无法记录分析数据致监护困难，该系统创新地借助树莓派微控制器记录并分析婴儿睡眠数据与生理指标，父母或医护人员可通过手机 APP 或电脑软件查看，以便及时调整婴儿生活习惯与护理方式。

⑤ 技术新颖实用：系统具备自动报警功能，通过手机 APP、WiFi 模块实现远程通信，可设置心率、体温、声音报警值，TFT 液晶屏与手机 APP 同步显示信息；运用声音传感器检测哭声并模拟摇篮安抚婴儿，心率监测利用光电检测技术优势，还采用 DS18B20 温度传感器，便于父母或监护人及时知晓婴儿身体状态并调整。

2.3. 系统设计技术

基于树莓派的智能婴儿床系统的设计所运用的技术主要包括以下几个方面：

① 嵌入式系统技术：使用了树莓派微控制器作为床控制系统的核心。这个微控制器具有高性能和低功耗，适合嵌入式系统。

② 使用各种传感器，包括温度传感器、湿度传感器、声音传感器、心率传感器、运动传感器等，可以实时监测婴儿和环境的状态。

③ 通信技术：支持 Wi-Fi、蓝牙或其他通信协议，以便远程访问和控制。

④ 嵌入式软件开发技术：有复杂的嵌入式软件，包括实时操作系统(RTOS)和应用程序，用于控制床上的各项功能。

⑤ 用户界面设计技术：开发了直观易用的智能手机 APP 或网络界面，以供父母远程控制和监测。

⑥ 数据安全和隐私技术：强调数据加密和安全性，以保护用户的隐私。

⑦ 电源管理技术：系统采用高效的电源管理技术，以确保系统的能效和长时间运行。

⑧ 可扩展性技术：系统应具备可扩展性，以便未来集成更多功能和服务。

2.4. 系统总体设计

2.4.1. 系统总体架构

基于树莓派的智能婴儿床系统总体架构如图 1 所示。该系统主要由树莓派控制单元、传感器模块、监控模块、报警模块、通信模块和移动应用端等部分组成。

树莓派(Raspberry Pi)是一款高性能的微型计算机控制单元，作为整个系统的核心，负责接收传感器模块和摄像头模块的数据，并进行处理和分析，树莓派还负责控制报警模块和通信模块，实现报警信息的发送和远程控制的接收；传感器模块用于实时监测婴儿心率，婴儿哭声以及婴儿床环境参数，包括温

度、湿度等；摄像头模块用于实现视频监控功能，让家长能够随时查看婴儿的情况；报警模块用于在检测到异常情况时，及时向家长发送报警信息；通信模块用于实现树莓派与移动应用端之间的数据通信，实现远程控制和查看功能[1]。移动应用端则作为用户交互的接口，让家长能够方便地查看婴儿床环境参数、视频监控画面和报警信息，并进行远程控制操作[2]。

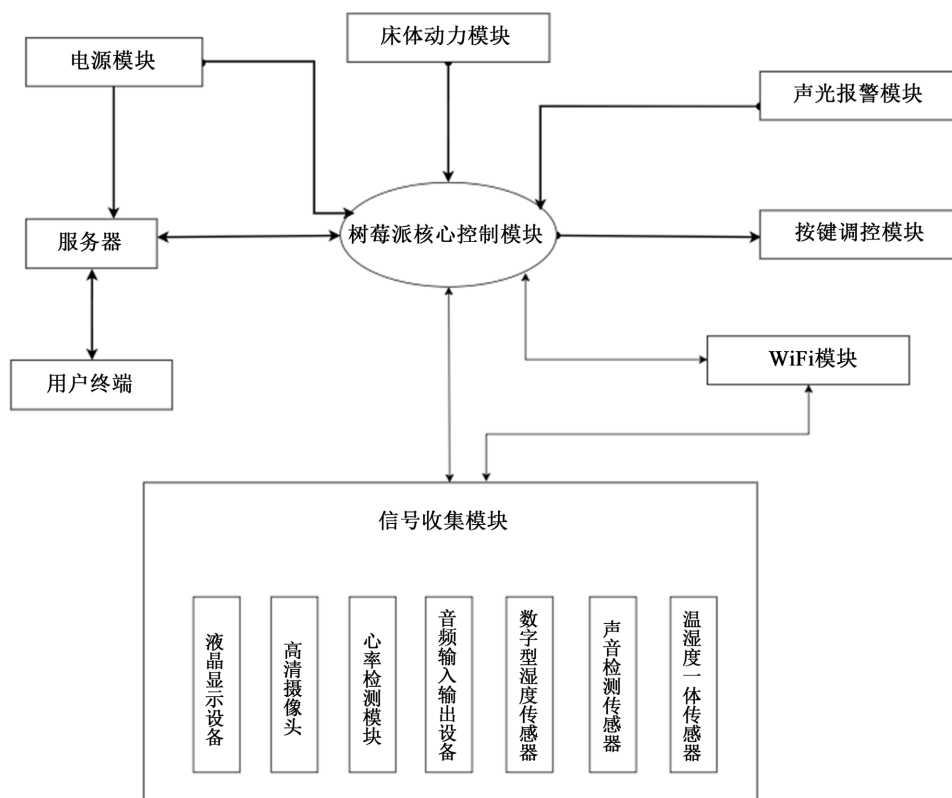


Figure 1. Overall system architecture diagram

图 1. 系统总体架构图

2.4.2. 系统工作流程

基于树莓派的智能婴儿床 APP 系统结构图如图 2 所示。首先，系统启动后，树莓派控制单元开始初始化，包括加载必要的程序和配置参数等[3]。然后，传感器模块和摄像头模块开始工作，实时监测婴儿床环境参数和视频画面。树莓派控制单元接收传感器模块和摄像头模块的数据，并进行处理和分析。当检测到异常情况时，树莓派控制单元会触发报警模块，向家长发送报警信息。同时，家长可以通过移动应用端查看婴儿床环境参数、视频监控画面和报警信息，并进行远程控制操作。

3. 系统可行性分析

3.1. 研究现状对比分析

基于树莓派这一单板计算机所设计的智能婴儿床与现有的如基于 Arduino 或专用硬件平台的婴儿床项目相比，树莓派提供了更强的处理能力和更丰富的接口支持，使得本项目能在不增加太多成本的前提下，集成更多功能并保持高效的数据处理能力。并且在传感器这一方面，使用多传感器(体温、心率、声音等)集成避免多个设备同时工作的复杂性和不便利性，如相较于 BabyMonitor 系列，具备更高的集成度和兼容性。特别是在环境监测和婴儿生理参数检测的准确性方面，采用了先进的传感技术，提高了监测

的准确度和实时性，由此而来的较简单的阈值报警系统相比，本项目的预警系统能更准确地识别复杂的健康状况，提供更为个性化的护理建议。

总的来说，此系统具有集成化优势，减少成本效益且提高了用户体验，并且具备多平台兼容性，软件应用不仅支持 Android 和 iOS 平台，也考虑了不同设备和操作系统之间的适配问题，确保所有用户都能有良好的使用体验。

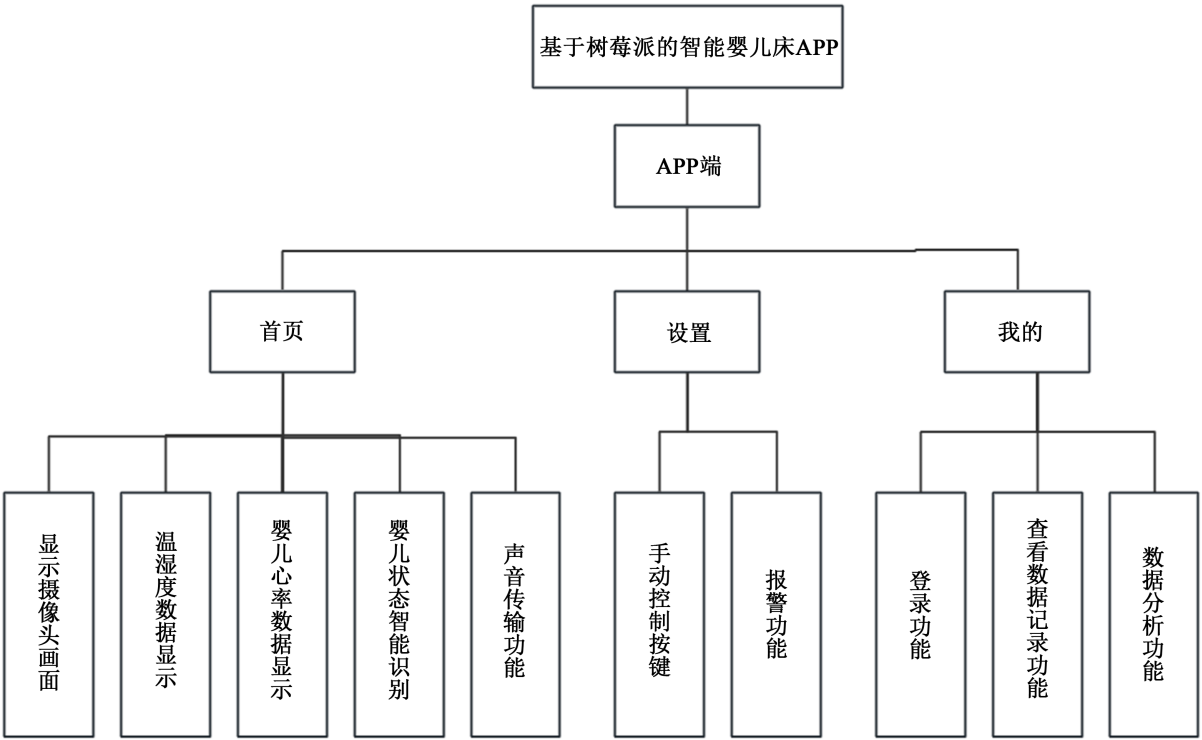


Figure 2. APP system architecture diagram
图 2. APP 系统结构图

3.2. 研究价值体现

随着智能家居的普及，家长对智能监控和看护系统的接受度逐渐提高。基于树莓派的系统易于操作和定制，能够满足不同家庭的需求；在增强亲子互动方面，此类系统不仅关注安全监护，还可以集成教育和互动功能，如语音交流、故事播放等，促进亲子关系，满足家长对儿童教育的期望。

本系统能够有效监测婴儿的健康状况并及时预警，帮助父母及时发现并处理可能的健康问题，这对于提高新生儿的健康管理质量和降低婴幼儿死亡率具有重要意义。特别对于新手父母，夜间频繁地喂养和照料会大大影响他们的休息和生活质量。本系统提供的自动监测和预警可以大大减轻他们的负担，改善生活质量。通过收集和分析大量的婴儿健康数据，不仅可以为个别家庭提供定制化的护理建议，还可为儿童健康研究提供有价值的数据支持。

经济实惠的树莓派方案有望吸引大量家庭用户，相比于商用儿童看护产品基于树莓派的系统在硬件成本上较低。树莓派的价格通常在几百元人民币，且开源软件减少了软件开发成本，且树莓派的开源特性使得系统的维护和升级成本较低。开发者和用户可以根据需要进行功能扩展，而不需要依赖特定的商业服务提供商。随着家庭安全意识的增强和对儿童教育的重视，儿童看护系统的市场需求不断增长。

4. 系统硬件设计

基于树莓派的智能婴儿床系统硬件设计实物图如图 3 所示。树莓派单片机系统作为整个系统的核心控制器，负责协调各个模块的工作；TFT-LCD 液晶显示器用于显示儿童当前的心率和报警值，单位是心率/分钟，选择分辨率为 800×480 的 TFT 液晶屏，以提供清晰的显示效果；按键模块包括设置、加、减三个按键，用于设置心率的上下限报警值，选择机械键盘或者触摸屏作为输入设备；DHT11 温湿度传感器作为数字温湿度传感器，含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器能够同时测量温度和湿度两个参数[4]；红外传感器 ST188 用于实现心率的测量；监控模块采用摄像头进行实时观测婴儿状态，通过图像识别技术进一步保障婴儿的安全，选择高清摄像头，并使用 OpenCV 等图像处理库进行图像识别；声音传感器(模拟量)用于检测儿童哭声，当哭声大于报警值时电机转动模拟摇篮床，选择灵敏度较高的麦克风作为声音传感器；步进电机用于模拟摇篮床的摇晃动作，以安抚婴儿的情绪，选择适当功率和转速的步进电机；物联网 WiFi 模块 ESP8266 用于实现与手机 APP 的通信，将测到的心率和温度数据发送到手机，并通过手机设置报警值，选择支持 STA 模式的 ESP8266 模块；电源模块为整个系统提供稳定的电源供应，选择适配器或者电池供电方式[5]；最后根据实际需求，设计合适的外壳和支架，以便于安装和使用各个模块。同时考虑散热和防护措施，确保系统的稳定运行。



Figure 3. Hardware design physical image

图 3. 硬件设计实物图

5. 嵌入式系统软件开发

5.1. 树莓派程序设计

树莓派程序接收分析数据是整个程序的核心，在系统设计中选择了 Python 语言作为树莓派程序的主要编程语言，因为它具有语法简单、易于学习、库函数丰富等优点。

① 传感器数据采集与处理：通过读取 DHT11 温湿度传感器和红外传感器的数据，计算出当前的温度、湿度、婴儿心率和声音分贝；将数据保存到本地文件中，并通过通信模块发送到云端服务器；使用 Python 的 Adafruit_DHT 库来读取 DHT11 传感器的数据，并使用适当的算法来计算心率和声音分贝。

② 摄像头视频处理：通过调用 OpenCV 库函数，实现摄像头的视频捕捉和处理功能；将捕捉到的视频画面保存到本地文件中，并通过通信模块发送到云端服务器[6]；同时，可以通过移动应用端查看实时视频监控画面；使用 OpenCV 库中的 cv2.VideoCapture() 函数来捕捉视频，并使用 cv2.imwrite() 函数来保

存视频帧。

③ 报警信息处理：当检测到异常情况时，如温度过高或过低、湿度过大或过小、婴儿离开床、婴儿心率不正常以及声音过大等，树莓派会触发报警模块，向家长发送报警信息；同时，还可以通过通信模块将报警信息发送到家长的手机上；使用 Python 的 `smtplib` 库来发送电子邮件报警信息，或者使用其他通信方式(如 SMS)来发送短信报警信息。

④ 网络通信处理：通过 Wi-Fi 模块实现树莓派与云端服务器之间的数据通信；接收来自云端服务器的远程控制指令，并根据指令执行相应的操作；同时，还可以将传感器数据、视频监控画面和报警信息等数据发送到云端服务器；使用 Python 的 `socket` 库来实现网络通信，或者使用更高级的库如 `requests` 来进行 HTTP 请求。

⑤ 用户界面设计：设计一个简单的用户界面，允许用户通过按键设置心率的上下限报警值；使用 Python 的 `tkinter` 库来创建图形用户界面，或者使用其他适合嵌入式系统的 GUI 库。

⑥ 多线程处理：系统需要同时处理如数据采集、视频处理、报警处理和网络通信等多个任务，需要使用多线程技术来提高系统的响应速度和效率；使用 Python 的 `threading` 库来实现多线程处理。

⑦ 电源管理：考虑系统的电源管理，确保在电池供电模式下系统能够正常运行；可以使用树莓派的 GPIO 引脚来监测电源状态，并在电量不足时进行相应的处理。

5.2. 移动应用端设计

移动应用端作为用户交互的接口，旨在让家长能够方便地查看婴儿床环境参数、视频监控画面和报警信息，并进行远程控制操作。在本系统中，我们选择了 Android 平台作为移动应用端的主要开发平台，因为它具有用户群体广泛、应用生态丰富等优点。

移动应用端设计主要包括以下几个部分：

① 用户登录与注册：实现用户的登录和注册功能，确保只有合法用户才能访问系统。同时，还可以记录用户的登录状态和权限信息，以便进行后续操作。

② 数据展示与查询：通过从云端服务器获取传感器数据、视频监控画面和报警信息等数据，将这些数据展示在移动应用端上。同时，还可以提供日志数据查询功能，让家长能够方便地查看历史数据。

③ 远程控制功能：提供远程控制功能，让家长能够通过移动应用端对婴儿床系统进行远程控制操作。如调节温度、湿度等环境参数，查看实时视频监控画面等。

④ 报警信息推送：当接收到来自云端服务器的报警信息时，移动应用端会及时推送报警信息到用户的手机上，提醒用户注意。

6. 实验测试

项目进行到目前为止，我们已完成了多个阶段的原型测试。下图 4、图 5 为智能婴儿床系统 app 的软件测试图。

通过在实际环境下进行实验，收集了大量反馈信息，发现了一些可以进一步优化的地方，例如在某些极端环境下(如温度过高或过低的情况下)，传感器的准确性可能稍有偏差，正在进行优化；此外，由于系统中涉及多个模块的联动，有时会出现短暂的延迟现象，正在进一步调试以确保响应速度更加敏捷。

功能测试：系统各项功能(如数据收集、处理、报警系统等)的稳定性和准确性测试，确保每项功能都能在不同环境下稳定运行。

性能评估：评估系统处理数据的速度和准确度，确保系统能够在实时条件下准确反映婴儿的健康状况。

用户体验测试：邀请目标用户群体参与测试，收集用户反馈，进一步调整系统以满足用户需求。

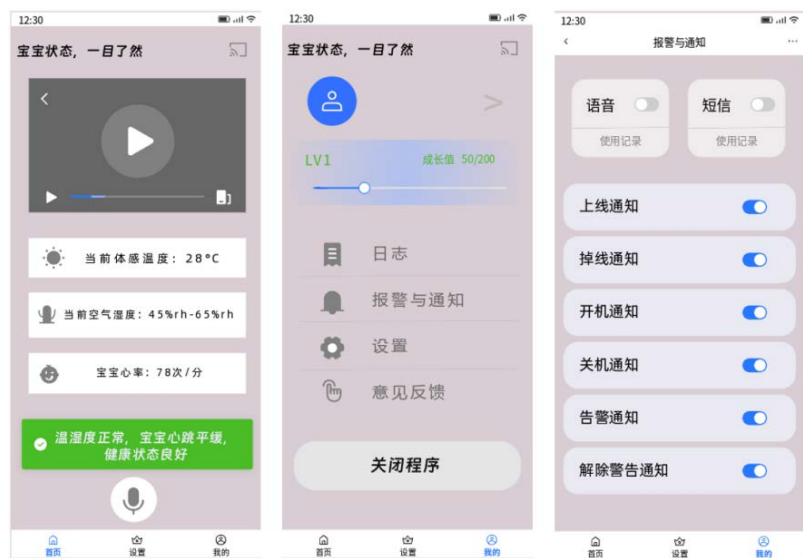


Figure 4. Software testing figure 1

图 4. 软件测试图 1



Figure 5. Software testing figure 2

图 5. 软件测试图 2

7. 结论

本项目的设计以婴幼儿市场的实际需求，基于树莓派低成本且高性能的优势，结合先进的传感器技术和数据处理算法开发一款适用于普通家庭的智能婴儿床系统。集成多种传感器和硬件，能够实时监测婴儿的体温、心率、呼吸频率等关键健康指标，实现远程监控的同时对收集到的数据进行分析，可以根据这些数据为父母提供科学的护理建议[7]。远程监控的实现，父母可以通过智能设备 APP 进行远程查看，提高了护理的便利性和效率。更重要的是可以设置预警和报警功能，当数据达到阈值，能够将检测到的情况通知父母，确保能够迅速采取措施，有效预防可能的健康风险。这些功能的实现增强了产品的安全性与便捷性，对于促进新生儿健康成长具有重要意义，同样地减轻了父母的压力负担，增强家庭稳定性。

和幸福感，实现科技惠普。

总之，基于树莓派的智能婴儿床系统作为一款创新性的智能家居设备，在提高育儿效率、减轻家庭负担方面表现出色，具有广阔的市场应用前景和社会价值。未来我们将继续优化改进该产品，力求为用户提供更加完善周到的服务体验。

基金项目

大学生创新训练项目“数智惠民——基于树莓派的智能婴儿床系统”。

参考文献

- [1] 杜宝强, 朱传奇, 武涛. 基于物联网的智能婴儿床远程监控系统[J]. 物联网技术, 2023, 13(2): 7-10.
- [2] 陈亚男, 陈雨璐, 林晓琴, 林建平, 丁神锋. 一种智能婴儿床看护器系统设计[J]. 中国科技信息, 2023(24): 73-75+79.
- [3] 赵远飞, 马天宇. 基于树莓派 4B 的智能 Ai 音箱设计[J]. 家电维修, 2024(10): 10-12.
- [4] 孙涛, 王春柳. 基于 STM32 的智能看护婴儿床[J]. 现代信息科技, 2020, 4(24): 174-177.
- [5] 刘明昊. 多功能婴儿床设计[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2021.
- [6] 罗婷婷, 张利强, 周谊, 陈林. 基于树莓派的婴儿监护设计与实现[J]. 山西电子技术, 2022(6): 12-14+18.
- [7] 张媛媛. 基于用户体验的智能婴儿床设计[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2022.