

基于 Arduino 智能生理机能远距监测系统之创新设计 Innovative Design of Remote Monitoring System for Intelligent Physiological Function based on Arduino

陈希堦¹ 蔡文昌^{2*} 高文韬³
Xi-Yuan Chen Wen-Chang Tsai Wen-Tao Gao

摘要

本文研制开发了一种利用各种传感器进行采样的可穿戴式智能手环。基于 Arduino 系统，使用 ESP-12f-WIFI 将数据传输到互联网，使佩戴者的亲属可以实时监控佩戴者的各项指标，并实现报警功能。本项目实践将使佩戴者的亲属可以实时监测佩戴者的健康状况，并为被监测老人及婴孩用户在紧急情况下获得宝贵通报的时间，以防止意外发生，保障监测佩戴者健康及安全，进而降低照顾成本与照护人力问题。

关键词：可穿戴、手环、实时监控、警报

Abstract

In this paper, a wearable smart bracelet is developed using various sensors for sampling data. Based on Arduino system, ESP-12f-WIFI is used to transmit data to the Internet, so that the care-takers can inspect the indicators of the wearer at any time and the alarm function is realized. The practice of this project will enable the care-takers and family of the wearer to check the health status of the wearer in real time, and the information in time for the monitored elderly and infant users to obtain valuable notification in emergencies for preventing accidents, ensuring the health and safety of the wearer, and reducing the cost and manpower of care.

Keywords: Wearable, Bracelet, Real-time Monitoring, Alarm

1. 简介

根据 2020 年第七次人口普查结果，我国老年人口比例已达到 17.3%，这使得养老成为当代中国人不得不面对的痛点，而这个痛点催生了巨大的养老市场。然而，新冠肺炎疫情的爆发，使人们对医疗器械的关注达到了前所未有的高度；一大批在其他领域取得巨大成就的公司也进入了医疗器械行业，如华为、阿里巴巴、字节跳动等知名公司。华为作为第一个进入市场的公司，选择了可穿戴设备作为切入点，有迹象表明，下一个大风暴可能是便携式医疗设备。因此，我们设计了一款可穿戴智能检测手环，可以测量佩戴者的体温、血压和血氧，以此对配带者的生理状况进行实时监测。

¹ 厦门大学嘉庚学院机电工程学院电气及其自动化专业

² 厦门大学嘉庚学院机电工程学院教授 douglas@xujc.com*通讯作者

³ 厦门大学嘉庚学院机电工程学院电气及其自动化专业

* 本研究感谢厦门大学嘉庚学院大学生创新创业训练计划项目（立项编号：195）经费的支持

随着无线传感器技术的日益成熟，网络中各节点之间的信息传输和通信可更加方便、及时、有效地实时监测环境状态。目前传统的生理监测系统普遍价格偏高、操作繁琐、便携性差，为了方便人们更好的检测身体状况（王慧敏等，2019），应设计一种无线可穿戴、可以测量多种生理参数、不用很高心理负荷的生理监测系统。这种系统可以在被监测人员运动时，实时、连续、长时间地监测被监测人的各项身体参数，而且可以将多种身体数据进行无线传输。通过测试表明，该系统运行稳定、安全、可靠，并且能够准确、实时、连续地监测被测对象的生理状态。

基于人体生理数据的概念，借助 Arduino 的开发光源，低开发难度、低成本、低功耗设计了一套人体生理数据系统。每一种传感器作为数据采集的相关组件，将采集到的数据传输给 RFID 模块进行数据处理和传输。WIFI 模块，采用 ESP8266 芯片，实现多种物联网应用；蓝牙模块，利用蓝牙 HC05，实现短距离无线数据传输和传输。实现了各模块间信息的快速交换，也实现了遥控家居的智能生活方式（顾新萍，2019）。

我国的人体生理数据还处于发展阶段，还有相当大的发展潜力，具有计算速度快、功能齐全、开发简单等优点。以 Arduino 为核心开发，构建集空气净化、自动浇水、安防、心音信号采集为一体的人体生理数据系统，室内环境因子可通过相关传感器进行监测和采集（张梦瑶，2019；秦佳旺，2019）。WIFI ESP8266 模块将数据传输到数据处理中心，并给出相应的指令；家电接收到指令信息后，在系统硬件的驱动下，可以实现对家居的有效合理的控制。

而以 Arduino 为核心板块，结合微信 applet 和市场对人体生理数据的需求，构建了一个以 Arduino 为核心板块，联网物联网平台及相关模块的人体生理数据系统。该系统包括智能网关模块、无线传输模块和 Arduino 模块。系统硬件对环境信息进行采集，通过 Arduino 芯片和数据传输模块，将采集到的信息发送到服务器和各个接收设备；依托阿里云服务器保存数据，并将家电控制指令等相关信息发送至平台。

2. 工作原理

本文设计的产品是一款智能手环，配有触摸屏、光学传感器、红外脉冲传感器、温度传感器等组件。该系统利用氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白对特定光的反射率和吸收率不同，通过光学传感器发出不同波长的光源。经过一系列的计算，系统实现了对佩戴者血氧饱和度的实时监测，并将检测结果显示在手环的屏幕上。红外脉冲传感器，使用特定波长的红外线的血管终端产生的血液微循环血流量变化敏感的特点，将检测信号放大，调整和其他电路处理，计算出脉搏率，获得脉冲数据。该温度传感器通过热感元件检测人体的温度变化，从而实现对人体温度的检测。

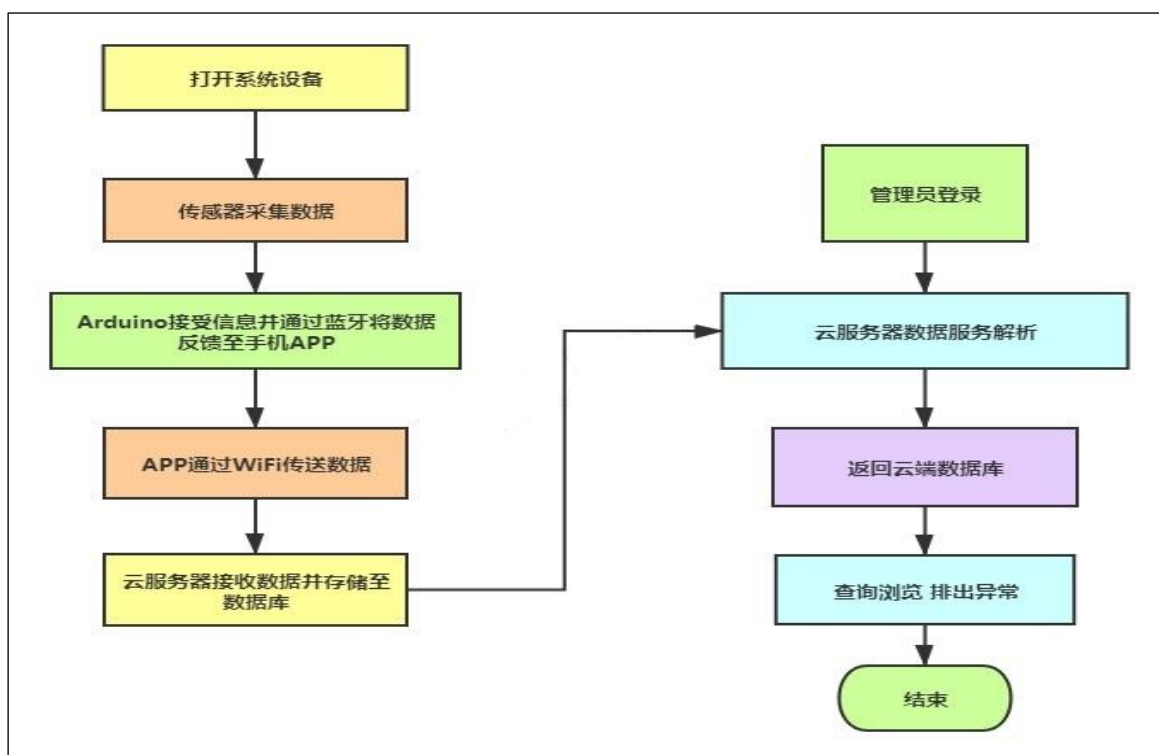
3. 系统总体设计

该系统主要分为两部分。一部分是基于 Arduino 和 ESP-12f 为核心模块的硬件设计，另一部分是基于云服务器的服务器设计。人体各个传感器模块将监测并采集的数据传输到 Arduino 电路板，然后通过 ESP-12f 模块，使用 WIFI 或蓝牙以 2.4G 频段上传数据到手机移动端；与此同时，生理数据将上载至云端储存，使得用户和他的家人通过实时监控应用佩戴者的身体状况。如果佩戴者的身体出现异常，配带者的家人将立即得到警报，以避免任何危险。基于本产品是通过使用 WIFI 和蓝牙模块将检测到的生理数据发送至云端，经过协商，我们选择了 ESP-12f WIFI 模块和蓝牙 4.0 模块。传感器检测到数据后，通过这两个模块按照预先编译好的程序，将数据发送到云端，手机会自动同步云端实时更新的数据。流程如图 1 和图 2 所示。



资料来源：本文自行整理

图 1. 智能生理机能远距监测系统原理图



资料来源：本文自行整理

图 2. 智能生理机能远距监测系统流程图

根据一系列相关实验数据，项目编写了基于 Arduino 系统的程序来设置各种数据的安全范围和报警条件。如果检测数据超出安全范围，手镯就会报警；一段时间后，如果没有响应，系统会将告警信息发送到远方亲人的手机上。

4. 硬件总体设计

4.1 ESP8266-12f模块

ESP8266-12f 模块具有功耗低，体积小的特点，不仅配有 3.3V 直流电源，支持通过传输，而且无严重丢包现象，价格低廉。此外该模块的内部电路已经设计好，可以直接用相应的 SDK 编程，是一种超低功耗的 WIFI 直通模块；此外它还是移动设备和互联网应用的专用模块，能够将用户的物理设备连接至 WIFI 无线网络，进而实现 Internet 功能。



图 5(a). 脉动传感器结构图

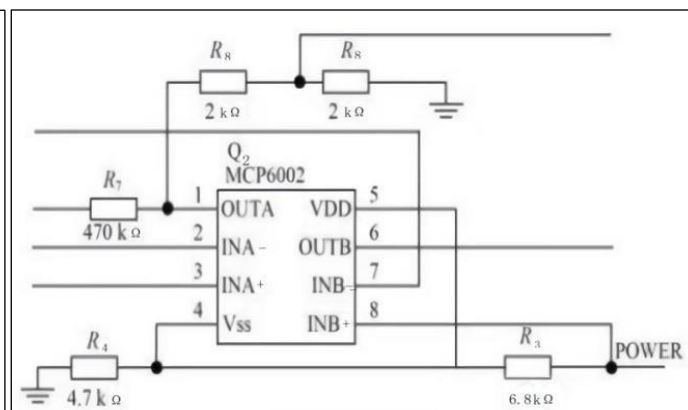


图 5(b). 脉搏波数据放大模块工作原理图

4.4 温度传感器

温度传感器是一种能够感温的仪器，通过对物体的接触，将温度转化输出信号或转变为易于测量和记录的物理参数。温度传感器主要由温度显示器以及温度传感元件两部分构成，其中温度传感元件的作用是用来感知温度，并将其转换为电信号活，以便于测量的物理参数；而经过电路处理后，将转换成相应的温度并显示于温度显示器上⁴。



图 6(a). 温度传感器结构图

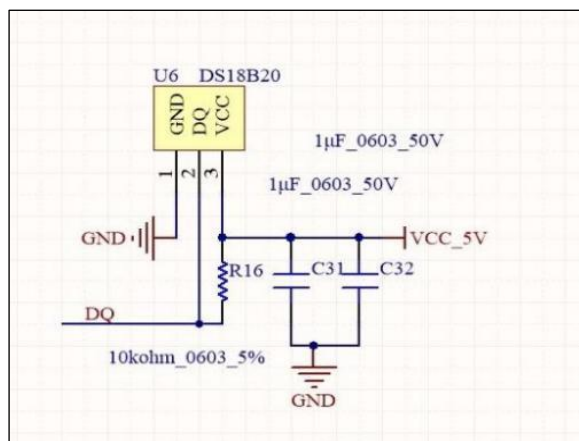


图 6(b). 温度传感器电路图

资料来源：CSDN 常见测温传感器及电路原理图

5. 系统硬件及软件设计

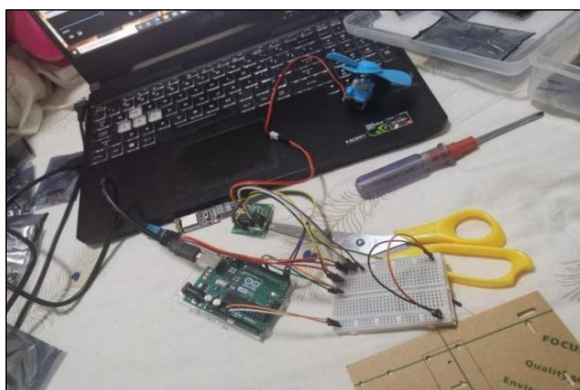
5.1 系统硬件展示

人体生理数据系统包括树莓派和 Arduino Uno 作为核心控制器，树莓派作为家庭的中央控制器，Arduino 负责老年人或婴儿人体进行体温、心率、血压和血氧饱和度等生理参数传感器的采样，WIFI 模块 ESP8266 利用 Arduino 控制板采集的数据，在 Android 手机 APP 上实时人体监测。

针对室内环境监测系统复杂性高、交互性低的问题，设计了一种基于阿里云物联网平台的简易远程室内监测系统。这种系统可以利用 Arduino 单片机，对室内环境进行监测，并监控、反馈环境信息，达到了设计的需求。

⁴ 资料来源：EEPW：温度传感器原理

设计并研究了一种能够实时监测人体体温、心率、氧饱和度等生理参数的智能健康助手监测系统。采集这些生理参数的电路被重新优化并集成在电路板上，使用 Altium Designer 软件设计了电路图。为了便于携带和采集，系统还配备了独立的电源模块和无线传输模块，可以进行长距离的无线通信。上位机使用 LabVIEW 作为显示软件，显示采集到的生理参数和个人信息数据，上位机同时将采集到的数据存储到数据库中。该系统还可以确定一个人是否处于健康状态。数据库中存储的数据还包括个人信息、时间信息和健康状态信息。



资料来源：本文自行整理

图 7(a). ESP8266 实验过程图

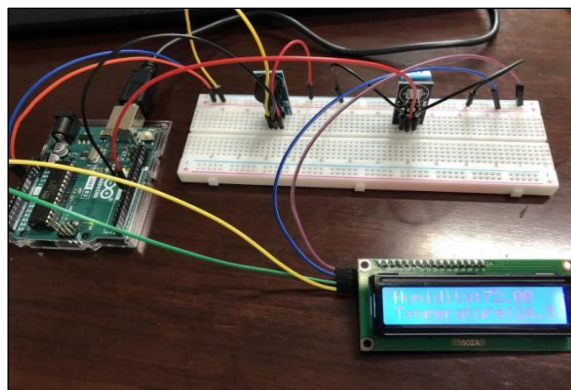


图 7(b). 温湿度传感器结合 lcd 屏实验过程

5.2 Arduino程序设计

关于 Arduino Uno 的程序设计，我们选用开发软件是 Arduino IDE，基于 Java 软件进行开发，而且需要在 PC 上配置 JDK 环境。这种程序的开发页面主要分为两部分，分别为代码编辑区和菜单栏工具区。Arduino IDE 本身就有专用的调用函数，所以可以引入这个包来读取数据。首先介绍 MLX90615 头文件；然后调用 setup 来初始化系统变量；其次，设置串口的速度。这里我们设置频率为 9600Hz，对应的程序为“Serial. Begin(9600)”；随后我们对 MLX90615 进行初始化，以头文件的条约方式开启程序，通过 mlx.Temperature 函数，mlx.Heartrateh 函数以及 mlx.Bloodpresure 函数分别读取温度，心率和血压；最后需要通过 loop 函数接收各个身体数据。

5.3 控制与反馈交互软件程序设计

我们使用 app 作为控制主板运行和连接 WIFI 的程序。先通过微信公众号将主板与 app 进行绑定，然后通过手机将 app 连接上 WIFI，同时 app 会运行使主板也连接上 WIFI。此程序也可以控制主板上的各个传感器，我们使用 app 将控制信号发送给主板，使传感器运行，测量生理数据；测量后的数据也会反馈回 app，我们通过 app 通过端口地址将数据传输到云端服务器上。

5.4 云端服务器接收程序设计

我们采用的 oneNET 云端服务器。在开发之前，我们首先需要安装 Tomcat 以及 JDK 环境；安装后我们可以获得一个公网的 IP，这使开发难度有所降低。

程序的核心是封装接口，“socket 接口”。我们通过绑定的端口地址，将接受的程序以字符串的形式读取出来，传输到云端服务器中的表格之中，是我们能够明确的看到数据。

6. 系统功能测试

在成功搭建整个系统后，我们对系统的各项功能进行测试。通过多种传感器对人体的生理数据进行测量，其数据发送到 Arduino 主板上；随后通过 ESP-12f 模块上传至云端服务器，并发送到手机的 app 上，给老年人、婴幼儿及他们的家人们带来了极大的便利和安全保障。

我们给本产品接上电源后，可以看到指示灯一一亮起，主板开始工作；将 Arduino 主板通过串口用数据线连接到电脑上，如果可以采集主板所发出的指令信号，说明硬件的电路接入成功，硬件连接实物图如图所示。我们接下来进行服务器测试，当云端服务器运行后，接收到传感器所传来的身体信息；通过函数截取所需要的信息进行调用，得到我们所需的生理数据，然后将所有的生理数据统计在表中，如表 1 所示。

表 1. 不同年龄段的人在不同时间段的生理数据

	青年人			中年人			老年人		
	心率	体温	血压	心率	体温	血压	心率	体温	血压
上午	80	36.5	140/70	75	36.9	135/75	60	36.4	130/81
下午	86	36.4	150/68	69	36.6	155/76	57	36.7	158/72
晚上	92	36.4	155/72	80	36.8	159/80	68	36.5	160/84

资料来源：本表文自行整理

7. 对智能监测方面的思考

针对室内环境监测系统复杂性高、交互性低的问题，设计了一种基于阿里云物联网平台的简易远程室内监测系统。这种系统可以利用 Arduino 单片机，对室内环境进行监测，并监控、反馈环境信息，达到了设计的需求（吕琪，2020）。

有一种能够实时监测人体体温、心率、氧饱和度等生理参数的智能健康助手监测系统。采集这些生理参数的电路被重新优化并集成在电路板上，使用 Altium Designer 软件设计了电路图。为了便于携带和采集，系统还配备了独立的电源模块和无线传输模块，可以进行长距离的无线通信。上位机使用 LabVIEW 作为显示软件，显示采集到的生理参数和个人信息数据，上位机同时将采集到的数据存储到数据库中。该系统还可以确定一个人是否处于健康状态。数据库中存储的数据还包括个人信息、时间信息和健康状态信息（赵警，2020）。

可穿戴健康监测系统通常由手持设备、服务器和智能家居组成。Arduino 负责数据的采集、发送、接收和处理。用户可以通过终端系统，随时查看并控制数据监测系统；还可以使用终端设备，设定生理数据监测时间段。智能家居系统的设计，可以把各种数据信息做到最有效的全面管理与控制（康烨等，2020）。

目前国内已有环境监测系统，采用 DHT11 温湿度传感器、光敏传感器、声传感器构成检测环境指数的基本要素，实现对温湿度、环境光、噪声的快速实时检测，才能轻松掌握自己的环境。随着无线传感器技术的日益成熟，网络中各节点之间的信息传输和通信将更加方便、及时、有效地实时监测环境状态（黄宁与陈乙德，2019）。

目前传统的生理监测系统普遍价格偏高、操作繁琐、便携性差，为了方便人们更好的检测身体状况，应设计一种无线可穿戴、可以测量多种生理参数、不用很高心理负荷的生理监测系统。这种系统可以在被监测人员运动时，实时、连续、长时间地监测被监测人的各项身体参数，而且可以将多种身体数据进行无线传输。通过测试表明，该系统运行稳定、安全、可靠，并且能够准确、实时、连续地监测被测对象的生

理状态（王瑞祥与杨定成，2020）。

8. 结语

本次设计主要面向老年人或婴儿，对这些群体进行体温，心率和血压的监测；通过 WIFI 的形式，或者是蓝牙，在智能手机上面进行显示，这样的形式就能够保证能够看到更加清晰的界面，并且关于健康的数据还能够绘制成曲线。本项目在进行设计前，合力搜集和挑选合适的传感器模块和数据传输设备，并进行了 Arduino 系统方面的相关培训。设计期间，组员分工合作，一方面对传感器灵敏度和模块设计方面进行了测试与实验，另一方面对各个模块进行编程，使其实现相应的功能。最后，全员通力合作对系统进行优化改进，实现了相关数据的采样和传输，证明了其可行性。随着整个行业的高速发展，此设计的高实用性、经济性以及方便性能在市场中脱颖而出，相信未来应该会有更好的前景。

参考文献

1. 王慧敏、督静雯、那天力（2019）。基于 Arduino 的微型人体生理数据系统设计与实现。现代计算机，28，97-100。
2. 顾新萍（2019）。基于微信小程序的人体生理数据控制系统设计与实现。山东省：青岛大学。
3. 张梦瑶（2019）。基于 Arduino 人体生理数据及健康监测系统设计。辽宁省：沈阳师范大学。
4. 秦佳旺（2019）。家庭脉搏血氧饱和度的监测及其分析。内蒙古自治区：内蒙古大学。
5. 吕琪（2020）。基于阿里云 IOT 的简易远程室内环境监测系统。网络安全技术与应用，11，57-58。
6. 赵警（2020）。基于多传感器信息融合的健康辅助监测技术。北京：北京化工大学。
7. 康烨、仝志民、孙浩楠、赵乃辰（2020）。基于二维码的穿戴式健康监护系统。科技创新导报，17(7)，154-155。
8. 黄宁、陈乙德（2019）。基于 Android 及 Arduino 的可穿戴式生命体征检测系统。现代计算机，28，92-96。
9. 王瑞祥、杨定成（2020）。基于 Arduino 的智能环境监测系统的设计与制作。科学技术创新，2，88-89。

收稿日期：2021-07-25
责任编辑、校对：连月霞、杨雅芬