**基于Arduion的心率检测器设计**

唐太龙 黄建民 张思宇 徐董枧 谭学鑫 李爽

**摘要**：**设计了能够实时检测人体心率的便捷式检测器，该检测器以Arduion UNO R3开发板为核心，由Pulse Sensor心率传感器感应采集心率数据，通过在Arduion IDE上的编程控制数据采集，旋转电位器，调节合适的电压，在由电路中获取与输入电压经对数据的处理换算后将结果显示在LCD1602A液晶显示屏上，显示数值每隔1s更新一次，从而达到实时检测的目的，其中Pulse sensor 传感器采用了峰值波长为515nm的LED，具有灵敏度高，信号幅度很小的特点。**

**关键词：Arduion；Pulse Sensor心率传感器；心率测量**

**1引言**

**近**

十年来，心血管病死亡是城乡居民首位总死亡原因，每5例的中国人死亡中就有2例死于心血管病，其实，大部分的早期心脏病发作和中风都是可以预防的。除了保证良好的生活习惯，最关键的就是早发现早治疗。心慌、胸闷、头昏或晕厥这些看似不起眼的症状，很有可能都是心脏发出的求救信号，而大部分人都因为大意错过了最佳治疗时机。人每一次脉搏的搏动，都代表一次有效的心脏跳动，每分钟心脏跳动的次数就是心率。心率是最直接反映我们心脏健康的标志。心脏是血液泵出的动力，也是各器官系统以及整个身体正常运行的保证。由于心脏疾病的复杂性，多次检查以排除干扰因素是非常必要的。除了到医院检查，对于心血管疾病高风险人群，长期持续监测心率可建立预防的第一道防线。通过连续准确的心电监测和分析，及时发现心脏活动异常表现，为患者赢得宝贵的就诊和干预时间。该检测器测量心率方便，并在显示屏上显示，需要注意的是，印有心形的一面才是与手指接触面，在测量时要避免接触布满元件的另一面，否则会影响信号准确性。

**2总体设计方案**

本文设计的心率实时检测器主要有4该模块：Arduion控制模块、Pulse Sensor心率传感器模块、显示模块、Processing软件模块，其中Arduion控制模块为重要部分。图1所示即为本检测器的系统框图。其中Arduino开发板为检测器的核心，负责控制传感器和数据处理，可选择USB供电，将手指放在接触面上，由心率传感器采集到相关的数据之后，交由Arduion中已编译的程序进行整合处理，最后由Arduion发送指令给显示模块，最终的检测结果数据由LCD1602A显示屏输出显示。如果要显示脉搏波形可在Processing软件模块显示。

LCD1602A

显示屏

Arduion UNO

Pulse Sensor

心率传感器

、

Processing

显示软件

**图1 系统框图**

**3硬件模块设计**

**3.1Arduion控制模块**

Arduino生态中包括多种开发板、模块、扩展板。其中UNO R3是最适合入门且功能齐全使用量最多的Arduino开发板，图2为正版Arduion UNO R3开发版。

电子设备的屏幕

低可信度描述已自动生成

**图2 Arduion UNO R3开发版**

Arduino UNO是一款基于ATmega328P微控制器的开发板。它有14个数字输入/输出引脚（这些引脚中有6个引脚可以作为PWM输出引脚），6个模拟输入引脚，16 MHz石英晶振，USB接口，电源接口，支持在线串行编程以及复位按键。用户只需要将开发板与电脑通过USB接口连接就可以使用。表1为Arduino Uno R3的硬件资源配置说明。

**表1 Arduino UNO R3的硬件说明**

|  |  |
| --- | --- |
| 工作电压 | 5V |
| 输入电压（推荐） | 7~12V |
| 输入电压（限制） | 6~20V |
| 数字l/O引脚 | 14（其中6个提供PWM输出） |
| PWM数字l/O引脚 | 6 |
| 模拟输入引脚 | 6 |
| 每个l/O引脚的直流电流 | 20mA |
| 3.3V引脚的直流电流 | 50mA |
| 闪存 | 32KB，其中0.5KB引导加载程序使用 |
| SRAM | 2KB |
| EEPROM | 1KB |
| LED\_BUILTIN | 13 |

**3.2** **Pulse Sensor心率传感器模**

Pulse Sensor是一款用于心率测量、脉搏波形测量和HRV分析的光电反射式模拟传感器。将其佩戴于手指、耳垂等处,通过导线连接可将采集到的模拟信号传输给 Arduion并转换为数字信号,再通过单片机的简单计算后就可以得到心率数值,Pulse Sensor是一款开源硬件，非常方便二次开发。表2为Pulse Sensor传感器参数说明。

**表2 Pulse Sensor传感器参数说明**

|  |  |
| --- | --- |
| LED峰值波长 | 515nm |
| 供电电压 | 3.3~5V |
| 检测信号类型 | 光反射信号（PPG） |
| 输入信号类型 | 模拟信号 |
| 信号放大倍数 | 330倍 |
| 输出信号范围 | 0~VCC |
| 电流大小 | 4ma |
| 分辨率 | 1bpm |

传统的脉搏测量方法主要有三种：一是从心电信号中提取；二是从测量血压时压力传感器测到的波动来计算脉率；三是光电容积法。前两种方法提取信号都会限制病人的活动，如果长时间使用会增加病人生理和心理上的不舒适感。而光电容积法脉搏测量作为监护测量中最普遍的方法之一，其具有方法简单、佩戴方便、可靠性高等特点。光电容积法的基本原理是利用人体组织在血管搏动时造成透光率不同来进行脉搏测量的。其使用的传感器由光源和光电变换器两部分组成，通过绑带或夹子固定在病人的手指或耳垂上。光源一般采用对动脉血中氧和血红蛋白有选择性的一定波长（500nm~700nm）的发光二极管。当光束透过人体外周血管，由于动脉搏动充血容积变化导致这束光的透光率发生改变，此时由光电变换器接收经人体组织反射的光线，转变为电信号并将其放大和输出。由于脉搏是随心脏的搏动而周期性变化的信号，动脉血管容积也周期性变化，因此光电变换器的电信号变化周期就是脉搏率。根据相关文献和实验结果，560nm波长左右的波可以反映皮肤浅部微动脉信息，适合用来提取脉搏信号。本传感器采用了峰值波长为515nm的绿光LED，型号为AM2520，而光接收器采用了APDS-9008，这是一款环境光感受器，感受峰值波长为565nm，两者的峰值波长相近，灵敏度较高。此外，由于脉搏信号的频带一般在0.05~200Hz之间，信号幅度均很小，一般在毫伏级水平，容易受到各种信号干扰。在传感器后面使用了低通滤波器和由运放MCP6001构成的放大器，将信号放大了330倍，同时采用分压电阻设置直流偏置电压为电源电压的1/2，使放大后的信号可以很好地被单片机的AD采集到。整个心率传感器的结构如图3。

滤波电路

放大电路

光感受器

绿光LED

**图3 心率传感器结构图**

**3.3 显示模块**

本设计液晶显示器选用了LCD1602A，其为环保型液晶显示模块，用的是PCF8574驱动版，LCD1602A字符型液晶显示模块是专门用于显示字母、数字元、符号等的点阵型液晶显示模块。分4位和8位数据传输方式。提供5x7点阵+游标的显示模式。提供显示数据缓冲区DDRAM、字符发生器CGROM和字符发生器CGRAM，可以使用CGRAM来存储自己定义的最多8个5x 8点阵的图形字符的字模数据。提供了丰富的指令设置:清显示;游标回原点;显示开/关; 游标开/关;显示字符闪烁;游标移位;显示移位元等。提供内部上电自动复位电路，当外加电源电压超过+4.5V时，自动对模块进行初始化操作，将模块设置为默认的显示工作状态。表

3为LCD1602A资源配置说明，图4为PCF8574驱动版原理图。

**表3 LCD1602A资源配置说明**

|  |  |
| --- | --- |
| 逻辑工作电压 | 4.8~5.2V |
| LCD驱动电压 | 3.0~5.0V |
| 工作温度 | -20~+70 |
| 储存温度 | -30~+80 |
| 工作电流（背光） | 24.0mA |

表格

描述已自动生成

**图4 PCF8574驱动版原理图**

**3.4 Processing软件模块**

Processing是一种具有革命前瞻性的新兴计算机语言，它的概念是在电子艺术的环境下介绍程序语言，并将电子艺术的概念介绍给程序设计师。它是 Java 语言的延伸，并支持许多现有的 Java 语言架构，不过在语法上简易许多，并具有许多贴心及人性化的设计。Processing可以在Windows、MACOSX、MACOS9、Linux等操作系统上使用。目前最新版本为Processing 3.5.4。以Processing完成的作品可在个人本机端作用，或以Java Applets的模式外输至网络上发布。本设计方案将Processing与Arduion相结合，并在Processing软件上显示脉搏波形和心率数值。图5为测量的脉搏波形。

图片包含 图表

描述已自动生成

**图5 脉搏波形**

**4 Arduion控制模块设计**

软件部分的设计包括定义、初始化、数据读取、数据转换等，大部分功能模块和程序都是在Arduion IDE平台中完成的，另外小部分是在Processing软件中实现的。软件的流程图如图6所示。

开始

系统初始化

检测心率并记录

数字滤波

计算心率

串口输出

**图6 流程图**

Arduion 的核心程序主要是各传感器传入数据处理，串口的控制，数据的显示和一些其他的组成，最终在LED显示屏上显示数据。我们可以 将编写好的控制代码通过Arduino的IDE上传到控制板之后，关闭或者打开开关S，便会观察到LED的亮灭情况。

**5 制作与校准测量**

**5.1测试与调零**

为确保所有功能的完美实现，先在功能测试板上搭建电路，待基本功能测试正常后再进行实物制作，功能测试板搭建情况如图7所示，已包含所有元器件。图片包含 游戏机

描述已自动生成

**图7 功能测试与实物**

**5.2校准与数据测量**

本设计心率传感器为实时传出数据，每1s更新一次数据，图8为测的BPM（心率）数值。

图形用户界面, 文本, 应用程序, Word

描述已自动生成

**图8 BPM数值**

为了检测本设计测量的误差，将测得的数据与运动手环测量的数据做比较，汇出如图9所示，可以得出其数值结果误差小于±5%，

**图9 测量数据与实际数据对比.**

**6 结束语**

本文利用脉搏心率传感器、Arduino单片机和Processing平台设计了一款低成本、低功耗、操作简单、界面美观的脉搏心率检测仪，可以实现实时检测，检测时间间隔短，为每0.1s更新一次数据。将手指按压在传感器的白色区域上观察传感器输出的BPM(心率)，并和运动手环对比。通过上面实验可以看出，当传感器测量稳定下来时，测量结果还是相对准确的。但是传感器对于手指的轻微变化也会导致测量结果的扰动。下面是对测量中出现的异常情况时的推荐对策：（1）从手指第一次稳定接触传感器到输出稳定可靠的心率值，传感器算法需要大概8-20秒时间来稳定，请耐心等待。（2）测量过程中如果由于手指接触的不稳定导致数据出现波动，这时可以耐心等待几秒直至数据稳定下来，如果一直不能稳定下来，请将手指移开小片刻再放回传感器，让算法重新开始捕捉心率信号。（3）测量过程中如果算法一直不更新输出心率结果，这时可以将手指移开小片刻再放回传感器，让算法重新开始捕捉心率信号。在当前互联网+的模式下，尤其是网络技术高速发展推动虚拟仪器及其相关领域快速发展的情势下，本设计更加符合社会消费理念和广大消费者的生活需要。

[1] 杨丹，丁梦晓，郑磊.便携式脉搏血氧饱和度测量仪的研制［J］.微型机与应用，2015，34(22):92-95.

[2]吴素花.张永寿.基于虚拟仪器的心率检测[J].中国医学装备，2015(4):47-48.