

# Design of Simple Exercising Heart Rate Meter Based on the SON1303

Lingbin Zhou

Shaoxing Vocational & Technical College, Shaoxing Zhejiang  
Email sword\_zlb@sina.com

Received: Nov. 15<sup>th</sup>, 2017; accepted: Dec. 1<sup>st</sup>, 2017; published: Dec. 8<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

In order to adapt to the heart rate detection under the state of motion, using the low power consumption microcontroller STC11L01E as the control core, and using the performance excellent green photoelectric reflection sensor SON1303 to collect the heart rate signal, and through filtering, amplification, signal conditioning. Then send microcontroller to process, the heart rate data displayed on LED numeric tube after smooth anti-jamming algorithm and issue alarm signals when the heart rate is abnormal, the accuracy of heart rate was more than 98.5% under physical detection, so it's effective. The whole system is designed with low power consumption.

## Keywords

Exercising Heart Rate, Photoelectric Sensor SON1303, Heart Rate Calculate, Low Power Consumption

---

# 基于SON1303的简易运动心率仪设计

周灵彬

绍兴职业技术学院, 浙江 绍兴  
Email sword\_zlb@sina.com

收稿日期: 2017年11月15日; 录用日期: 2017年12月1日; 发布日期: 2017年12月8日

---

## 摘要

为适应运动状态下的心率检测, 以低功耗微控制器STC11L01E为控制核心, 采用性能优秀的绿光光电反射式传感器SON1303采集心率信号, 并通过滤波、放大、信号调理再送入微控制器处理, 设计平滑抗干扰算法得到的心率数据由数码管实时显示, 在心率失常时给出报警信号。经实物检测心率准确率达到98%以上, 可有效检测心率。整个系统采用低功耗设计。

## 关键词

运动心率, 光电传感器SON1303, 心率计算, 低功耗

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

心率是用来描述心动周期的专业术语,是指心脏每分钟跳动的次数。它是一项重要的人体机能指标,也是初步判断心脏及身体是否正常的指标。现有的心率仪主要适用于静态心率测量,大多采用成本较低的透射式光电器件作为心率信号采集器。而运动状态下因晃动、光线、皮肤差异等干扰因素导致测量误差大,甚至失效[1] [2] [3] [4] [5]。本心率仪就是一个可穿戴智能电子小设备。主要采用性能优越的绿光反射式光电传感器采集心率信号,可对静止或运动状态下心率进行较精准的监测,并对不同年龄心率特征的一般范围进行监测,当超出范围时给予声音警示。

脉搏为体表可触摸到的动脉搏动[6]。心脏的左心室周期性收缩将血液挤压流入主动脉,血流压力以波的形式从主动脉根部开始沿着整个动脉系统传播,这种波称为脉搏波。脉搏波所呈现出的形态、强度、速率和节律等方面的综合信息,作业医疗诊断的依据。身体正常时心率与脉搏是相等的,脉搏的测量更容易实现,因此测心率实质上就是测一分钟内的脉搏次数。

## 2. 光电容积法检测心率原理

本文主要讨论便携式较精确的检测方法。中医把脉只能粗略感知心率,且受主观经验与感觉影响大。医疗上通过测量心电图算出心率太复杂。目前脉搏波的测量方法常用的有光电容积法和压电式测量法。PVDF(极化的聚偏氟乙烯)压力传感器由于测压端面积较大[7],将产生位置相关性影响,且采用直接接触法还会产生一系列不利的影。故本文采用光电检测法。

光电法是基于郎伯-比尔(lamber-beer)定律,即物质在一定波长处的吸光度和他的浓度成正比,当恒定波长的光照射到人体组织上时,通过人体组织吸收、反射衰减后测量到的光强在一定程度上反映了被照射部位组织的结构特征。人体皮肤、肌肉、骨骼等非血液组织的光吸收量是恒定的,而静脉血的搏动相对于动脉血十分微弱可忽略,故定波长光源照射在体表的光强变化就反映了血容积搏动,如图1所示。

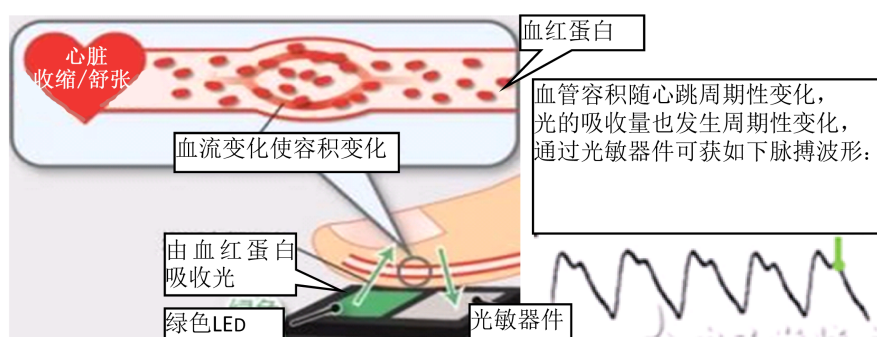


Figure 1. Principle schematic diagram of photoelectric detection pulse  
图 1. 光电式检测脉搏原理示意图

### 3. 选择光电式脉搏传感器 SON1303 [8]

光电式脉搏传感器主要由光源、光敏器件、信号调理控制电路构成。因采用不同的光敏元件而有多种实现方法。光敏元件主要有光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管和硅光电池。光敏元器件输出的电流极低易受到外界干扰，而且对后续的放大器的要求较高，故经光敏元件及后继的信号处理、放大、调理电路等构成的分立式脉搏采集电路较复杂，易受众多干扰，检测不稳定。集成脉搏传感器具有结构简单、无损伤、体积小、功耗低、可重复好等优点，故本设计选用反射式光电脉搏传感器 SON1303，符合运动心率仪可穿戴、便携、低功耗、精确可靠的要求。

SON1303 是一款超低功耗的心率传感器，适用于可穿戴式智能电子产品、手机、医疗器械等领域。为使检测更灵敏稳定，对光源和光敏元件协调设计，光源是波长为 570 nm 的双绿光 LED；光敏元件为高灵敏度光感 IC，接收端波长也匹配为 570 nm，且涂有对应波长的纳米涂层，故光源的波长落在光敏元件检测灵敏度较高的波段，比红光更能实现高感度测量。绿色 LED 和高科技纳米涂层环境光检查传感器组合封装入小型 COB 封装，内部集成一级放大器，比普通光敏器件性能与灵敏度更优，可自由灵活的测量身体部位。当光源发出的光照射在组织上，经反射后被光敏元件接收并将脉动的光强度信号转变为脉动的电信号。再对交直流信号分离，从而得到光电容积脉搏波(图 2)。

SON1303 具体特性如下：

- 1) 高集成度(双绿光 LED，绿光源信噪比、温漂、信号质量更好；高灵敏度光感 IC；前段运放 IC)
- 2) 超低功耗(<0.5 mA)
- 3) 尺寸很小(4 × 2 × 1.05 毫米)
- 4) 高灵敏度：无需晶振
- 5) 工作电压、电流：2.3 V~6 V；12 mA；
- 6) 输出电流： $I_o(\max) = 5 \mu\text{A}$
- 7) 均值电压为 3 V
- 8) 输出电压  $V_{out}$  取决于  $R_L$  和  $I_o$  的值：

$$V_{out(\max)} = I_{O(\max)} * R_L < V_{O(\text{SAT})}$$

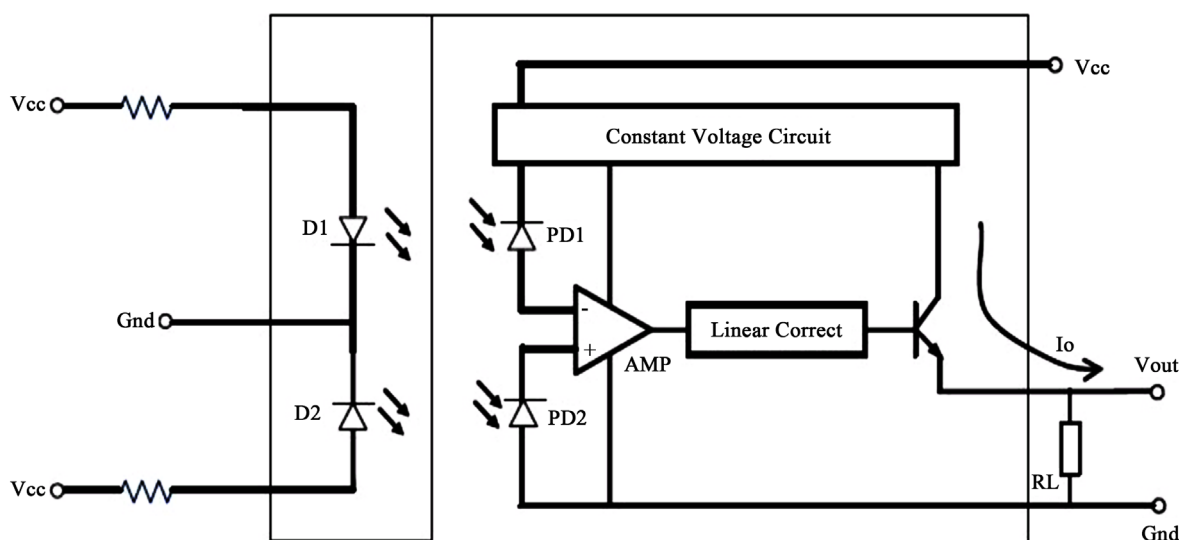


Figure 2. Internal circuit and peripheral conversion circuit of the SON1303

图 2. SON1303 内部电路及外围转换电路

## 4. 系统设计与测试

### 4.1. 系统框图

本运动心率仪的系统框图如图 3 所示。由反射式光电传感器检测到心率信号并处理后进行显示，包括即时显示和定时显示。本心率仪设 5 种模式，默认模式的检测范围为 50~150；其他模式为成人(60~100)、老人(55~65)、幼儿(90~100)、儿童(80~90)。当心率超过各模式的范围时通过声音报警 5 秒。存储功能也分按键即时存储和自动定时存储。查看功能也分即时查看、近期查看和定期查看。

### 4.2. 选择单片机 STC11L01E [9]

因系统可便携要求低功耗，并可掉电存储数据，外围接口所需引脚约 16，故选择 STC11L01E 单片机，它的特征如下：

电压：3.6~2.1 V

FLASH ROM：1 K；EEPROM：2 K；SRAM：256

定时器：2；UART：1

IO：16 (20-SOP 封装)

另外还有：看门狗、内置复位、内部低压中断、掉电唤醒专用定时器、5 个掉电唤醒外部中断等。

### 4.3. 信号检测与处理电路

信号检测电路如图 4 所示。在其内部已对信号做一级放大，最高幅值约为：

$$V_{out(MAX)} = I_{O(MAX)} * R_L = 5 \mu A * 30 K = 150 mV$$

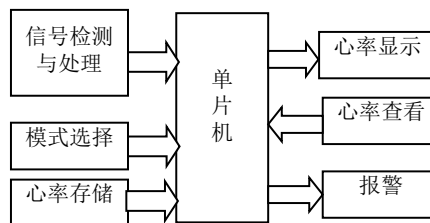


Figure 3. Block diagram of heart rate detection system  
图 3. 心率检测系统框图

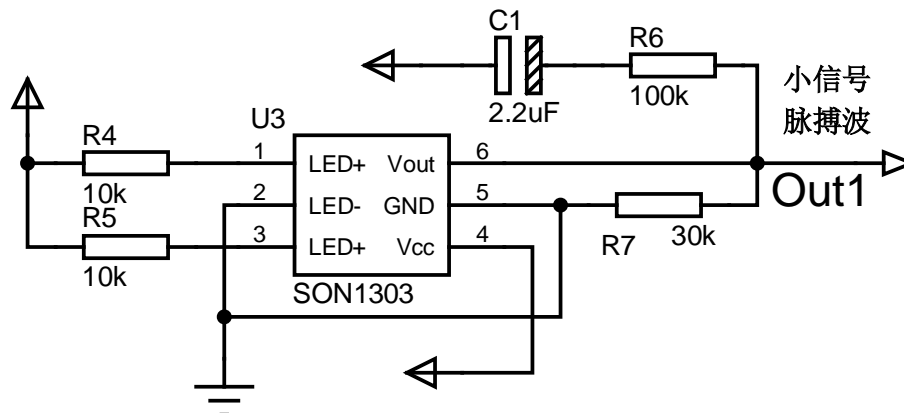


Figure 4. Heart rate signal detection circuit based on SON1303  
图 4. 基于 SON1303 的心率信号检测电路

此脉冲信号非常微弱，且频率很低(如脉搏 50 次/分钟为 0.78 Hz，200 次/分钟为 3.33 Hz)，还伴有各种噪声干扰，故该信号经过如图 5 电路处理，包括 C4 隔直流、二级放大变换为正弦波、再经三级整形滤波放大为方波。图 5 中的发光管是心率的指示灯，随心脏率动闪烁。图 5 的信号处理电路封装为 SON3130，工作电压范围从 2.1 V 到 5.5 V (配合心率监测电路时通常为 3 V 供电)，提供 1 MHz 的频率带宽，工作电流可低至 60 微安，偏置电流为 10 PA，配合 SON1303 心率传感器可达到非常低的功耗。

#### 4.4. 控制系统电路

主要控制部分电路如图 6 所示[10]。图 6 中的信号输入端与图 5 右上角“输出方波端连接”。

#### 4.5. 软件设计与流程

系统整体流程如图 7 所示。主要环节及处理方法如下：

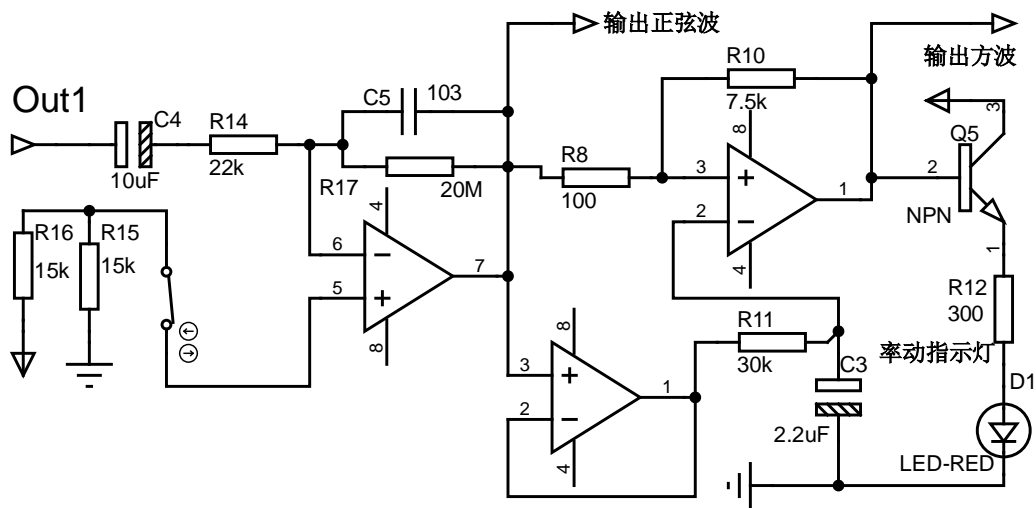


Figure 5. The schematic diagram of subsequent signal processing circuit  
图 5. 后继信号处理电路原理图

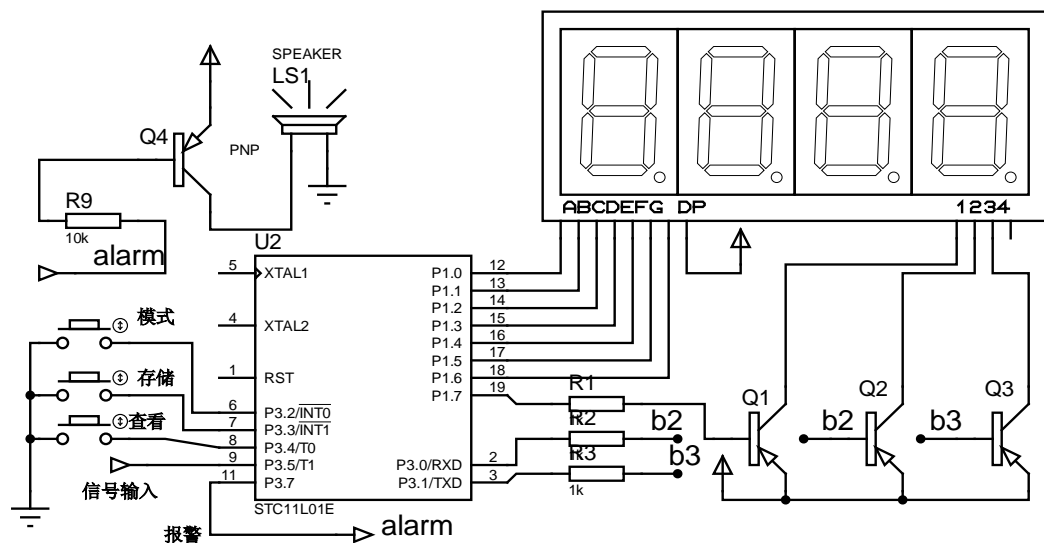


Figure 6. Schematic diagram of heart rate control  
图 6. 心率控制部分电路原理图

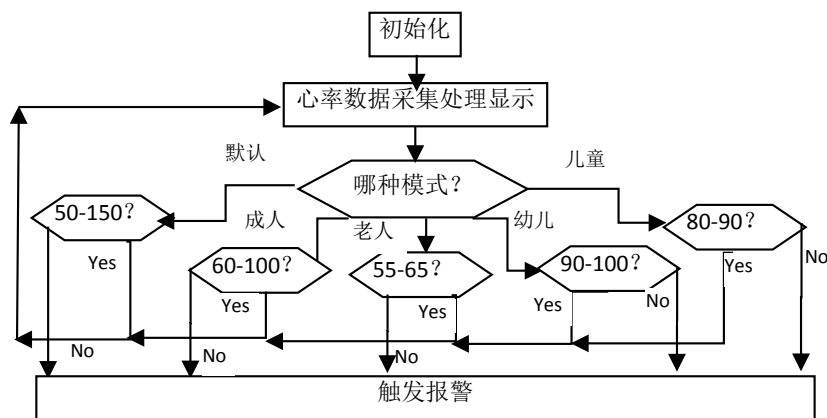


Figure 7. Flow chart of simple heart rate control

图 7. 简易心率仪控制流程图

1) 模式切换: 在外中断 0 的服务程序中作出模式标识数据, 以供在主程序中判断模式并执行相关程序。

2) 心率存储: 数据存储在单片机内部 EEPROM 中, 分自动和按键存储。a) 自动定时存储: 每天固定 7 点自动进行心率数据监测存储, 每周日 12 点依次显示存储的七天的的心率数据, 并通过声音提醒用户查看。b) 按键存储: 在外中断 1 的服务程序中完成, 存储当下及接下来的 10 分钟的心率值, 每分钟记录一个值。

3) 查看心率: 通过 T0 (设计为外中断用) 中断服务程序完成。并联共阳数码管的显示通过定时中断扫描完成。为省电, 显示器不显示, 第一次按“查看”键时才显示此刻的心率值。第二次按“查看”可查看最近 10 分钟的心率数据。第三次按“查看”键, 可查看一周定点的 7 个心率值。

4) 心率计算: 经传感器采集与处理后的心率信号近似为方波的矩形波, 故可按数字信号处理, 检测该信号的周期, 便可计算出心率值。考虑到运动带来的干扰, 心率算法中加入滤除干扰脉冲的处理。心率信号接入单片机 T1 脚, 在程序中检测 T1 脚的电平, 此处检测 T1 的上升沿, 第一个上升沿便开始计时, 若脉宽 < 50 ms, 则认为是干扰, 重新检测; 为有效信号时, 等待第二个上升沿到来时停止计时, 这个时长便是心率周期。连续检测 8 个心率周期数据, 去最大、最小值, 再求平均数, 经计算便得到修正心率值。因心率是低频信号, 如 50~240 心率值对应周期是 1.2 s~250 ms, 而 51 内核的单片机一般最大定时值约 60 ms, 不能直接记录心率周期。故取基本定时值 5 ms 为计时单位, 则心率为 50 时只要记数 240 个 5 ms, 极限心率 240 时只要记录 50 个 5 ms, 即能保证计时精度也方便 8 位单片机的数据处理。

#### 4.6. 系统测试

本心率仪与医院的电子血压脉搏计及装有检测心率 APP 的手机参照比较, 结果如表 1, 可见实际误差在 2% 以内。

### 5. 结论

采用新型可穿戴的反射式光电传感器和后继的信号处理电路采集到了心率的方波信号, 经单片机控制系统处理后能正确显示出心率数值, 当心率值超出各模式下预设范围时能发声报警。应用单片机内的 EEPROM 还可存储、查看心率数据。经软件处理对即时心率、短期心率有一定过程性的监测, 起到一定的健康监护作用。本心率仪采用低功耗设计, 采用 3 V 电池供电即可, 经对比测试分析, 是性价比较好的便携式智能健康小装备, 准确率达到 98% 以上。

**Table 1.** System test data records and analysis**表 1.** 系统测试数据记录与分析

	心率 1	心率 2	心率 3	心率 4	心率 5	心率 6	心率 7
医院	53	62	76	83	110	136	151
手机	55	64	73	81	115	145	160
本心率仪 (误差)	54	63	75	82	110	135	153 默认模式下, 发声报警
	1.8%	1.6%	1.3%	1.2%	0	0.74%	1.3%

## 致 谢

感谢浙江省教育厅的项目资金支持!感谢学院领导和老师的帮助支持!感谢百度、知网等网络资源!感谢家人默默付出和支持。

## 基金项目

2015 年度浙江省教育技术研究规划课题, 项目编号: JB103; 2015 年度浙江省高等教育教学改革项目和课堂教学改革项目, 项目编号: kg2015799。

## 参考文献 (References)

- [1] 黄英, 屠苏. 基于太阳能供电智能心率检测装置设计[J]. 价值工程, 2017, 36(19): 139-141.
- [2] 黄金池, 张少煌. 一种基于光电传感器的指夹式脉搏检测装置[J]. 传感器世界, 2014, 20(6): 38-41.
- [3] 张先文, 等. 基于心冲击信号的心率检测[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2017, 57(7): 763-767.
- [4] 邱云翔, 蔡成林, 等. 基于北斗可穿戴式老人心率检测仪[J]. 电视技术, 2017, 41(2): 19-22, 92.
- [5] 张伟, 王革辉. 可穿戴设备中的心率检测技术[J]. 上海纺织科技, 2017(1): 12-15.
- [6] 漠人. 脉搏[EB/OL].  
<http://www.baike.com/wiki/脉搏>, 2017-07-10.
- [7] 岳晨飞. 基于 PVDF 的动态脉搏检测系统设计[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津工业大学, 2016: 7-9.
- [8] 松恩电子. SON1303[EB/OL].  
<http://www.soon-e.com/product/html/?122.html>, 2017-06-06.
- [9] 宏晶科技. STC11/10XX 系列单片机器件手册[EB/OL].  
<http://www.stcmcu.com/datasheet/stc/STC-AD-PDF/STC11F-10Fxx.pdf>, 2015-8-10
- [10] 张靖武, 周灵彬. 单片机原理、应用与 PROTEUS 仿真(第三版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014: 151-154.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)