

基于集成心跳探测芯片的心跳测试仪研究

恩 德, 常瑞艳, 乔文涛, 任凤娟

(河南理工大学 电气工程与自动化学院, 河南 焦作 454000)

摘要: 研究了基于集成心跳探测芯片的心跳测试仪, 介绍了其组成部分, 即反射式红外传感器, 单片机和LED显示器。该研究主要是根据人体组织半透明度随着心脏的搏动改变这个原理(即当血液送到人体组织时, 组织的半透明度减小; 当血液流回心脏, 组织的半透明度增大), 由红外传感器探测这一变化, 通过专用集成电路将信号放大并利用, 从而获得心跳的频率。

关键词: 心跳测试仪; 心跳探测芯片; 红外传感器; 心跳频率

中图分类号: TH773

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)05-0035-03

The Study of Heartbeat Tester Based on Integration Heartbeat Detection Chip

En De, Chang Ruiyan, Qiao Wentao, Ren Fengjuan

(School of Electrical Engineering & Automation, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454000, China)

Abstract: Studies heart rate testers based on integration heartbeat detection chip and introduces other components of the testers such as reflective infrared sensor, single-chip and LED display. The study is mainly based on the principle which the semi-transparency of human tissue changes as the heart throbs. (that is, when the blood flows into the human tissue, the semi-transparency reduces, when the blood flows back to the heart, the semi-transparency increases). Detects the change by infrared sensors and amplifies the signal through ASIC, thus obtains heartbeat frequency.

Keywords: heart rate tester; infrared sensor; heartbeat detection chip; heartbeat frequency

0 引言

心跳是人类生命的基本特征, 表面上看, 心率似乎仅反映了心脏跳动的频率, 但实质上, 心率能较可靠地反映出人体心血管的机能状况; 同时, 由于心率对运动的刺激反应比较敏感, 能确切地反映身体负荷的不同变化。把目标心率与主观感觉运动负荷评估值(rating of perceived exertion, 简称RPE)结合起来评价运动员的机能状况会更客观^[1], 因此, 心跳频率检测对实际生活(包括医疗、体检、运动、测谎等方面)非常有价值。

心率检测基本实现原理有2大类: 1) 将多普勒雷达技术与高速信号处理技术相结合, 实现快速傅里叶变换和频率响应曲线很陡的滤波功能, 这样就可从杂乱的回波信号中提取出人体所特有的心率信号^[2]; 2) 由红外传感器作探测装置通过接触人体表面而获得心率信号, 随着心脏的搏动, 人体组织半透明度随之改变, 当心脏将血液推入动脉时, 血液组织的半透明度减低, 传输到光敏器件上的红外线变弱, 红外线接收器的输出信号较小, 从而实现心跳信号的取样。本文采用了反射式红外传感器, 在实际应用中只需将传感器接触身体任何部位即能达到探测效果。

收稿日期: 2009-07-15

基金项目: 河南省“十一五”教育科学规划课题(2008-JKGGHAGH-295), 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2009B480004), 河南省控制工程重点学科开放课题(KG2009-12)

作者简介: 恩 德(1962-), 男(蒙古族), 内蒙古通辽人, 河南理工大学教授, 博士, 主要研究方向为集成光学与传感技术, E-mail: ende@tju.edu.cn

1 心跳测试仪基本原理

心跳测试仪主要由信号获取单元和信号处理单元 2 部分组成。其中心跳非电量信号经过反射式红外传感器变成电量信号，此电量信号通过心跳探测芯片进行放大，2 级滤波，自适应迟滞比较最终输出数字信号，然后单片机对数字信号进行处理，计算出心跳频率，并通过 LED 显示，其基本原理如图 1 所示。

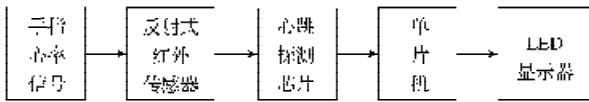


图 1 心跳测试仪基本组成框图

Fig. 1 Basic block diagram of heart rate tester

2 反射式红外传感器原理

将红外辐射能转换成电能的光敏器件称为红外传感器，它是红外探测系统的核心，其性能好坏将直接影响红外探测系统性能的优劣。选择合适的、性能良好的红外传感器，对于红外探测系统十分重要^[3]。

在本设计中，选用日本公司生产的反射式红外传感器 SG-105F，其内部结构如图 2 所示^[4]。其工作原理如下，根据图 2 加芯片外接电路，EMITTER 的方波从发光二极管的 Input 端输入，此时二极管的发光频率为方波频率，镜面反射二极管的红外线被光敏三极管接收，通过三极管的 Output 引脚输出相应的电压信号，并送至心跳探测芯片。为了使传感器将心率转化为电信号，此时可以用指腹按住器件，由于指腹反射红外线，此时传感器也处在工作状态。而指腹中的毛细血管会随着心脏的搏动舒张或收缩，这在一定程度上能影响反射的效率。这是因为人体组织的半透明度会随着心脏跳动而变化，当心脏将血液推入动脉时，血液组织的半透明度降低，因此能穿透手指的红外线变弱，红外线接收器的输出信号较小，反之，输出信号将增大。此时心率反映为三极管上的光强度周期性的变化，光敏三极管即可将它转化为电信号输出，这样心率信号就调制到了传感器输出信号上。

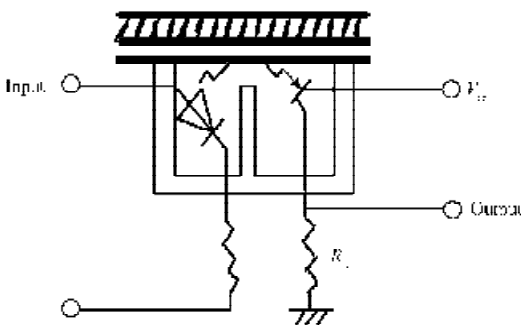


图 2 SG-105F 传感器内部结构

Fig. 2 Internal structure of SG-105F sensor

3 信号处理电路设计

3.1 心跳探测芯片的结构设计

反射红外传感器相对直射红外传感器对信号本身有放大作用，但是红外线传感器探测到的人体血液的变化仍然是相当微小的，所以应在信号前置电路中加入放大电路进行信号放大。经过放大的信号包含大量的噪声，必须加上适当的滤波器将此噪声滤除，通过滤波后的信号还不满足数字输入的需要，用比较器可以将信号转化为方波，需设计自适应迟滞比较电路。为了电路工作的稳定性，信号通路的电路都由基准源提供。这样就得到便于处理的数字信号。本文采用集成的心跳探测芯片，此芯片能完成对反射式红外传感器信号的放大、滤波等功能，最后输出数字信号。芯片的内部功能结构如图 3 所示。

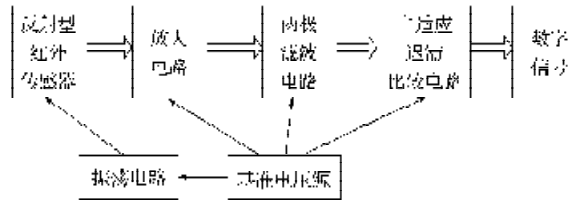


图 3 芯片内部功能结构图

Fig. 3 Structure of chip internal functions

3.2 心跳探测芯片引脚说明与应用电路

心跳探测芯片引脚说明如表 1。

表 1 心跳探测芯片引脚说明

Table 1 Pin description of Heartbeat detection chip

引脚符号	引脚含义	引脚符号	引脚含义
VDD	电源输入正端	A1IN	第一运放输入
VSS	电源输入负端	A1O	第一运放输出
HPLOUT	信号输出	A2IP	第二运放正端输入
HIEN	开关端	A2IN	第二运放负端输入
RVD	稳压源	A2O1	第二运放输出 1
EMIT	振荡输出	A2O2	第二运放输出 2
DDT	检测输入	A3IN	第三运放负端输入
SENSI	传感器输入端	A3O	第三运放输出
CAP1	传感器偏置电容	A4IN	第四运放负端输入

心跳测试仪由 SG-105F 传感器的 Output 端输出心率模拟信号，此信号被送入心跳探测芯片的 SENSI 引脚，在芯片内部经过放大、滤波、整形等处理后通过 HPLOUT 引脚输出标准数字信号，送入 AT89S52 单片机进行处理。此芯片采用的是有源滤波器，须外接少量的电阻与电容才能实现其功能，芯片工作的外围电路如图 4 所示。

4 控制电路设计

心跳测试仪采用 AT89S52 单片机作控制器，其外

围电路由复位电路、振荡电路、电源电路和LED显示电路组成。由红外传感器产生的信号经心跳探测芯片处理后输出串行的数字信号, 此数字信号通过AT89S52单片机的外部中断引脚输入进行处理, 计算出心跳频率, 然后送入LED进行显示。

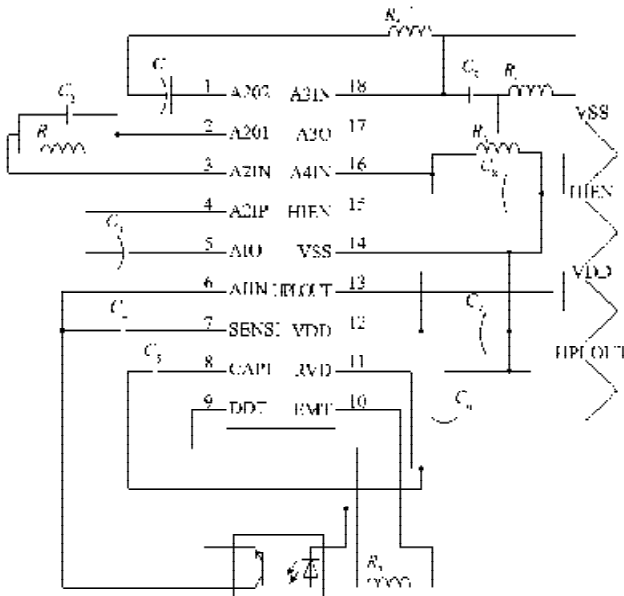


图4 芯片外围电路图

Fig. 4 Peripheral circuits of chip

5 软件设计

将心跳探测芯片的输出端接AT89S52单片机^[5]的T₁引脚, 将定时器/计数器T₁设置在计数状态, 将定时器/计数器T₀设置在定时状态, 为了提高测量精度, 采用软件编程^[6]实现40 s精确计时。当定时器T₀开始定时, 启动计数器T₁, 让T₁随着外部计数脉冲负跳变时, 计数器值增加1; 当定时达到40 s时, 关闭计数器T₁, 取出总计数值, 并让T₁复位且计算出心跳频率, 最后送LED显示, 具体流程如图5所示。

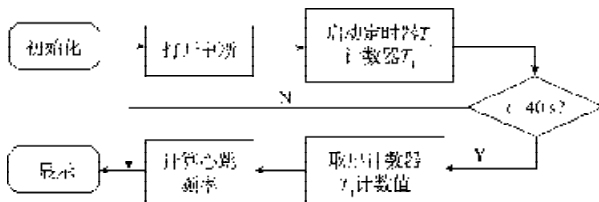


图5 中断服务流程图

Fig. 5 Flow chart of interrupt service

6 系统功能性测试结果

由于测试仪的关键技术在于心率信号的获取、放大、滤波和整形, 所以只做了功能性测试, 省去控制部分的电路测试。实验时在心跳探测芯片的HPLOUT

引脚接入1个发光LED, 在测试时观测到LED有规律的闪烁, 当心率加快时其闪烁频率同时加快, 在1 min内LED发光次数与实际心跳次数比较, 其测试值处于实际值的98.6%~103%之间。

7 结语

基于心跳与脉搏的关系, 利用集成心跳探测芯片并结合反射式红外传感器、单片机等, 设计了一种心跳测试仪。该心跳测试仪克服了传统机械式和透射式测试仪使用时操作步骤复杂的缺点, 本测试仪只需把指腹放于传感器表面即可, 具有操作方便、计数自动化、廉价等优点, 适合批量生产。

参考文献:

- [1] 刘光辉, 易学, 林梦飞. 心率监测在体育运动实践中的运用[J]. 河北体育学院学报, 2004, 18(1): 18-20.
Liu Guanghui, Yi Xue, Lin Mengfei. Application of the Heart Rate Monitors in Sports Practice[J]. Journal of Hebei Institute of Physical Education, 2004, 18(1): 18-20.
- [2] 胡海峰, 徐德文, 高晓光. 基于DSP和MMIC的车载微波探测雷达研究与设计[J]. 计算机测量与控制, 2004(3): 257-259.
Hu Haifeng, Xu Dewen, Gao Xiaoguang. Study and Design of In-Car Microwave Radar System Based on DSP+MMIC [J]. Computer Automated Measurement & Control, 2004(3): 257-259.
- [3] 何勇, 王生泽. 光电传感器及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 236-238.
He Yong, Wang Shengze. Photoelectric Sensor and Its Application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 236-238.
- [4] Kodenshi Corp. SG-105F Datasheets[EB/OL]. [2005-12-18]. www.kodenshi.co.jp/seihin/pdf/photoin/photointerrupter-ref/SG105.
- [5] 余发山. 单片机原理及应用技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
Yu Fashan. The Microcontroller Principle and Application Technology[M]. Xuzhou: China University of Mining Press, 2003.
- [6] 马忠梅, 籍顺心, 张凯, 等. 单片机的C语言应用程序设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
Ma Zhongmei, Ji Shunxin, Zhang Kai, et al. SCM's C Language Application Programming[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2007.

(责任编辑: 李玉珍)