

[文章编号]1673-2944(2016)02-0029-05

基于最小方差法的脉搏频率测量系统研究

张开生, 权思敏

(陕西科技大学 电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

[摘要] 系统以嵌入式芯片 LPC2103 为控制核心, 采用**红外脉搏传感器 HKG-07A** 采集人体脉搏信号, 将采集到的信号经过放大电路处理之后传输至嵌入式芯片, 利用芯片内部的定时器计数短时间内脉搏跳动的次数, 通过求最小方差的方法计算人体每分钟的脉搏频率, 并将测量结果实时显示在数码管上。与传统脉诊方法相比, 该方法实时性强, 便于测试者使用。

[关键词] 脉搏频率; **脉搏传感器**; 最小方差; 嵌入式; 数码管

[中图分类号] TN21; TP368.2

[文献标识码] A

在我国传统中医学中, 脉诊是最具有特色的一种诊断方法, 它历史悠久, 内容丰富, 在中医诊断中占有极为重要的地位。然而, 通过脉诊判断出人体的脉搏频率及身体健康状况需要多年的不断学习与经验积累, 并且脉诊的测量结果不够直观^[1-2]。随着现代科学技术的不断发展, 特别是信号检测处理技术及计算机科学技术的飞速发展, 人们对人体脉搏信号的检测分析有了更加深入的研究。传统的脉搏频率测量是通过人体脉搏检测并计数, 从而得出人体每分钟的脉搏频率, 其测量结果不稳定, 误差大, 并且不直观。本系统采用的嵌入式芯片, 运算处理速度快, 实时性强^[3], 并且采用最小方差的方法测量脉搏频率, 可以将测量结果误差最小化。

1 系统设计

脉搏频率测量系统由红外脉搏传感器、信号放大电路、嵌入式芯片以及脉搏频率显示 4 部分组成。根据系统模块功能的不同, 系统的结构框图如图 1 所示。

(1) **红外脉搏传感器**: 将采集到的人体脉搏信号转换为相对应的模拟电压信号进行输出。

(2) 信号放大电路: 将脉搏传感器采集到的微弱的脉搏信号进行放大, 并将其传输到嵌入式芯片内部 A/D 转换器中, 以便于将脉搏信号转换为数字信号进行后续计算、处理。

(3) 嵌入式芯片: 嵌入式芯片是以 LPC2103 为核心, 它用来控制 A/D 转换器的相应寄存器对输入的脉搏信号进行从模拟信号到数字信号的转换^[4], 并利用芯片内部的定时器结合最小方差对数字信号进行定时计数处理, 从而计算出人体脉搏频率。

(4) 脉搏频率显示: 将脉搏频率计数、测量的结果实时显示在数码管上。

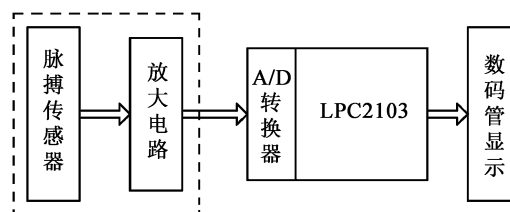


图 1 系统框图

收稿日期: 2015-10-28 修回日期: 2016-01-08

基金项目: 西安市科技局项目(CXY1343(6)); 榆林市科技局项目(2011K-29); 陕西省西安未央科技区项目(2012-03)

作者简介: 张开生(1963—), 男, 山西省运城市人, 陕西科技大学教授, 博士, 主要研究方向为嵌入式系统的应用; 权思敏(1991—), 女, 陕西省宝鸡市人, 陕西科技大学硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统及物联网的应用。

2 系统硬件设计

2.1 信号采集

脉搏传感器位于脉搏频率测量系统最前端,具有获取检测信号与转换信号的重要作用。由于压力类脉搏传感器主要是腕带式的,其输出的脉搏波形容易随着被测试人员的穿戴习惯而发生变化。系统采用**红外脉搏传感器**可以有效地避免这一问题,并准确地输出被测试者的脉搏波形。红外系列脉搏传感器检测人体脉搏波形的原理,是根据波长固定的红外线对人体血管末端血液微循环产生的血液容积变化的敏感特性,检测由于心脏的跳动而引起的被测试者指尖的血液容积发生相应的变化,采集到的脉搏信号会经过脉搏传感器内部的信号放大、调理等电路的处理。本系统采用的传感器型号为**HKG-07A**,其输出信号为反应指尖血容积变化的完整的脉搏波电压信号,该系列**红外脉搏传感器**主要用于临床上脉搏频率的测量、监测以及脉搏波形的病理分析。

2.2 信号预处理

在系统硬件电路中,最主要的是对脉搏信号进行处理的放大、调理电路,其主要作用是把红外脉搏传感器采集到的微弱的脉搏信号调理为满足嵌入式芯片 LPC2103 内部的 A/D 转换要求的信号。由于红外脉搏传感器采集到的脉搏信号电压幅度范围为 0 ~ 600 mV,而嵌入式芯片 LPC2103 内部的 A/D 转换器的输入电压范围是 0 ~ 3.3 V^[4],为了达到芯片的转换要求,需要把脉搏信号放大到合适的范围,即把脉搏信号放大 5 倍。

信号放大电路主芯片选用的是 Analog Devices 公司的 AD8553,电路图如图 2 所示。

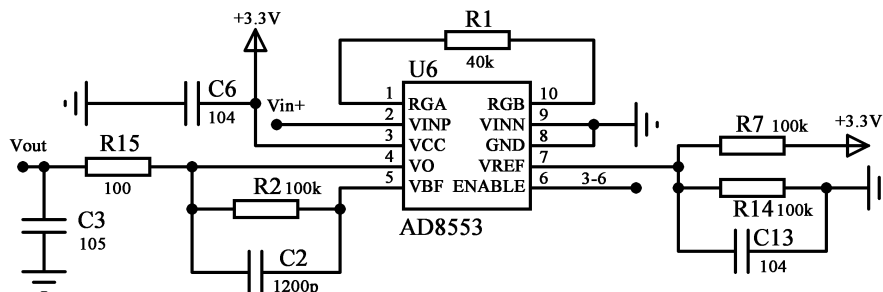


图 2 AD8553 电路图

2.3 显示电路

脉搏频率显示电路采用 7 段共阳数码管实时显示脉搏频率的测量结果,数码管由 8 个发光二极管组成,当发光二极管被点亮时,会显示相对应的数字。数码管采用 8 位串行输入/并行输出芯片 74HC595 驱动,数码管显示分为 3 部分,右边两位为定时器每 10 s 测量到的脉搏频率,中间一位为每 10 s 计数的次数,左边 3 位为经过最小方差法计算得出的人体每分钟脉搏跳动次数。显示电路如图 3 所示。

3 系统软件设计

3.1 信号采集

由于**HKG-07A**脉搏传感器采集到的脉搏信号为模拟信号^[5],因此在数据采集过程中首先需要将模拟信号转换为嵌入式芯片 LPC2103 可处理的数字信号,芯片内部集成有一个 10 位的 A/D 转换器,因此可将采集到的数据直接送至嵌入式芯片,在其内部完成 A/D 转换。

在进行脉搏信号采集的时候,需要选择适当的采样频率。即选用的采样频率大小与单位时间内 A/D 转换器完成转换的次数有关,并且单位时间内采集的数据量与采样频率成正比,当采样频率提高,相应地,单位时间内采集到的数据量也会增加,这虽然提高了原始信号的准确性,但同时也增加了系统的计算量。相反,若采样频率太低则会造成原始信号的失真或偏差较大^[6-9]。由于系统采用的**红外脉搏传感器 HKG-07A**输出波形为脉冲波形,根据波形的高低电平跳变可以判断出脉搏跳动次数。系统设置以每 10 s 为一个定时周期,定时计数每 10 s 采集脉搏频率,将其存放在数组中并实时显示在数码管上。

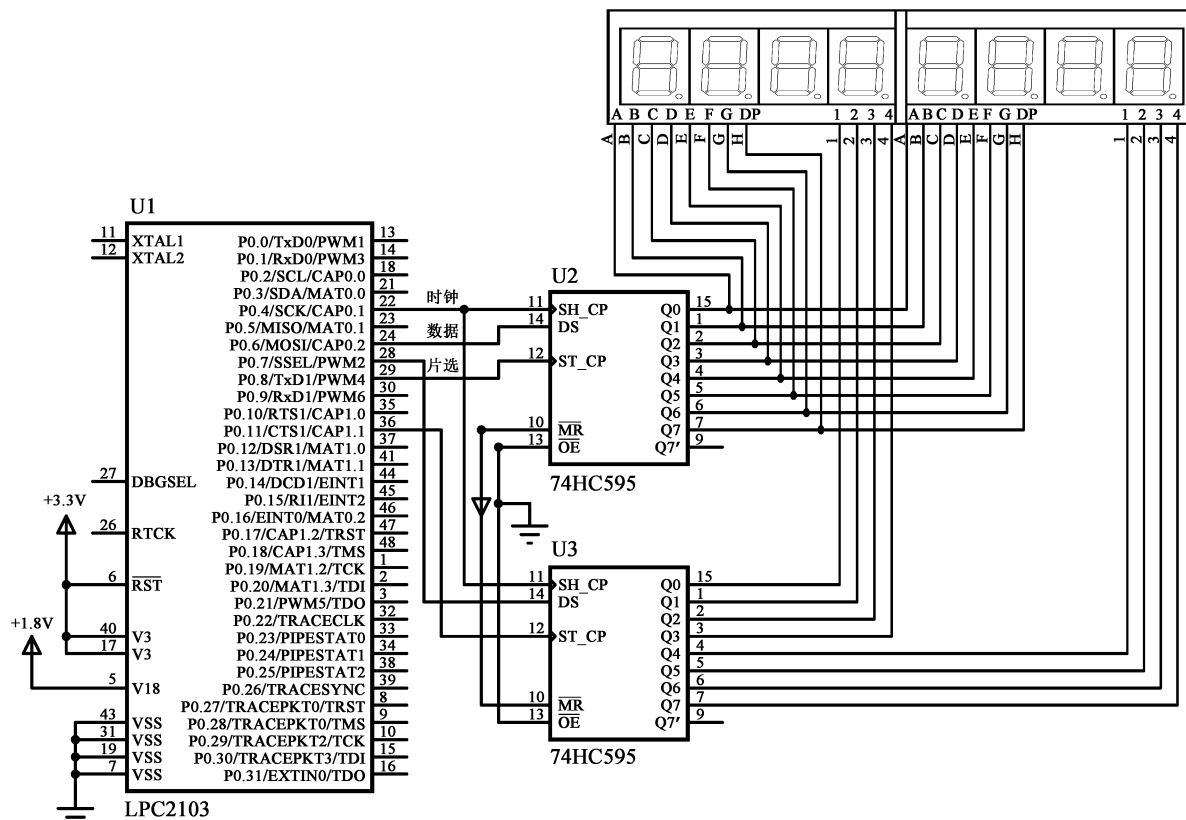


图3 显示电路

3.2 最小方差算法

为了避免脉搏传感器松动或者测量时间不够而造成对脉搏信号进一步分析和处理产生错误的影响,则必须在脉搏信号处理过程中消除这些不良影响。系统根据脉搏信号的形态变化规律采用了最小方差的方法对脉搏信号进行计算处理,该方法具有数据处理速度快,实现简单,计算结果误差小的特点,可以很大程度上消除外界环境对脉搏信号产生的干扰,使得系统测量结果更加准确。

系统将每 10 s 内定时计数得到的脉搏频率数存放在一个数组内,再依次将数组内连续的 6 个数据求总和,当数组内连续 6 个数据中有 2 个以上的数据为 0,则该 6 个数据舍弃,否则求取这 6 个数据的平均值,将平均值与数组内连续 6 个数据进行比较,得到偏差最小的一个数据。

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2, \text{ 其中 } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i。$$

根据最小方差得出采集到的脉搏数据与平均值偏离程度最小的数据,记录其数组下标,将该测量数据乘以 6,所得数据即为人体每分钟脉搏频率。

3.3 算法流程图

系统所设计的最小方差算法程序流程图如图 4 所示。设计思路是根据嵌入式芯片内部的定时器定时 10 s 读取红外脉搏传感器采集到的人体脉搏频率数据,并将其存放在数组中,当数组内达到 6 个数据时,即定时为 1 min 时,判断数组内数据为 0 的个数是否大于 2,若多于 2 个,则 6 个数据全部舍弃;若小于 2 个,则对 6 个数据求取平均值,并求取数组内与平均值偏差最小的一个数据,将该数据乘以 6,即可得到人体 1 min 的脉搏频率。

4 系统测试分析

在最小方差算法设计完成之后,对系统进行测试。随机选择几位被测人员,将他们的拇指夹上红外脉搏传感器,读取被测人员的脉搏频率,通过嵌入式芯片 LPC2103 内部的定时器及最小方差算法分析、计算测量人体脉搏情况,并将测量、计算到的脉搏频率显示在数码管上。同时,将数码管上显示的计算

结果与同一被测对象的脉诊结果进行比较,选取其中的 5 次测量结果进行比较,具体比较结果如表 1 所示。从表 1 所列出的数据可以看出,采用最小方差的方法计算得到的脉搏频率与人工把脉所得脉搏频率误差在 4% 以内。

表 1 系统测试结果

测试对象	系统测量 /(次/min)	人工测量 /(次/min)	绝对误差 /(次/min)	相对误差 /%
测试者 1	92	90	-2	-2.2
测试者 2	128	129	1	0.7
测试者 3	78	81	3	3.7
测试者 4	90	90	0	0
测试者 5	76	78	2	2.6

注:当测试者处于安静状态时,成人的脉搏频率一般为 60 ~ 100 次/min。为了验证最小方差法的精确性,测试者 2 的脉搏频率为运动后得到的测量结果^[10-12]。

5 小 结

采用基于最小方差法的脉搏频率测量方法将脉搏检测技术与嵌入式技术结合起来可以长时间可靠、有效地检测人体脉搏,并准确地分析、计算出人体脉搏频率,以便于有效的对被检测者的身体健康状况做出评估。在实际测试中,数码管上可以实时显示被测者的脉搏频率,与人工把脉测量到的脉搏频率基本一样,显示了采用最小方差算法的优越性^[13]。本文设计的脉搏频率检测系统对人体脉搏变化具有较高的灵敏性,且具有对使用者的舒适度好、精确度高、易使用等特点,为医学上实时检测脉搏频率提供了一个良好的方法。

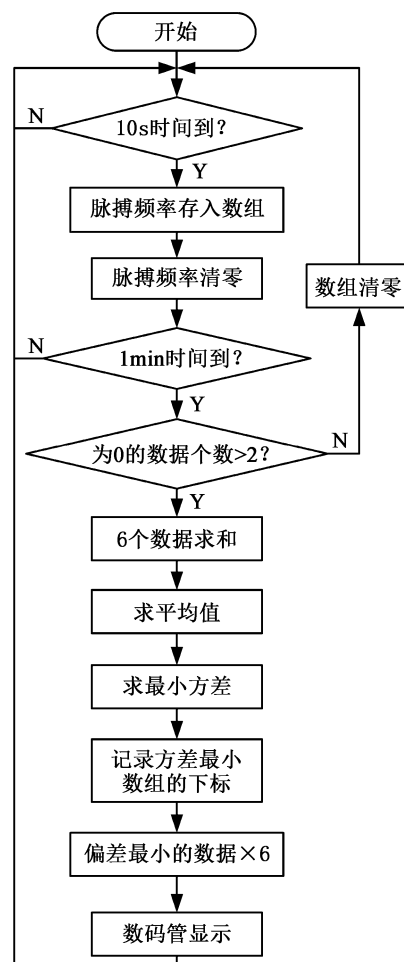


图 4 算法流程图

[参 考 文 献]

[1] 聂茹. 基于单片机的脉搏测量计设计与实现[J]. 微处理机 2015, 36(2): 84-87.
 [2] 兰羽. 一种便携式脉搏测量系统的设计[J]. 电子测量技术 2013, 36(7): 71-73.
 [3] 戴义桥. 基于嵌入式的脉搏波监测系统的研究与设计[D]. 上海: 上海师范大学 2015.
 [4] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社 2005: 25-27.
 [5] 李晓媛, 孟昕元, 苏星, 等. 基于 HKG-07A 红外脉搏传感器的智能睡眠唤醒仪[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2015, 36(3): 30-33.
 [6] 麻芙阳. 人体脉搏检测方法研究及其应用[D]. 北京: 北京化工大学 2011.
 [7] 白国政. 基于 STC89C52 便携脉搏测量仪的研制[J]. 信息技术 2014, 38(8): 158-162.
 [8] 李宏恩, 周晋阳. 基于 AT89C51 单片机的脉搏测量仪设计[J]. 山西电子技术 2015(2): 3-5.
 [9] YIM Yun-kyoung, PARK K S. The Effect of Short-term Bed-rest on Radial Pulse in Healthy Subjects[J]. Journal of Acupuncture and Meridian Studies 2014, 7(3): 133-139.
 [10] 兰羽. 基于 HK-2000A 传感器的脉搏测量系统设计[J]. 自动化技术与应用 2013, 32(9): 118-120.
 [11] 余泽峰, 王军, 林艺文, 等. 基于 HKG-07B 传感器的人体脉搏信号采集系统设计及实现[J]. 传感器世界, 2013, 19(8): 24-27.
 [12] XIN Yi, QI Xiao-hui, QIAN Cheng-hui, et al. A Wearable Respiration and Pulse Monitoring System Based on PVDF Piezoelectric Film[J]. Integrated Ferroelectrics 2014, 158(1): 43-51.
 [13] 张霞. 基于嵌入式系统的脉搏信号检测与处理[D]. 兰州: 兰州理工大学 2011.

[责任编辑: 李莉]

Pulse frequency measurement system based on minimum variance

ZHANG Kai-sheng , QUAN Si-min

(College of Electrical & Information Engineering , Shaanxi University of Science & Technology ,
Xi' an 710021 , China)

Abstract: The embedded chip LPC2103 was used as the core in system , while the **infrared pulse sensor HKG-07A** was used to collect human pulse signal. The signal was transferred to the embedded chip after being processed in amplifying circuit , and the timer inside the chip was used for timing and counting the number of pulse signal in short time. Then the pulse frequency per minter was calculated by minimum variance and the measurement result was displayed real-time in digital tube. Compared with traditional pulse-taking method , this new method has the characteristics of strong real-time performance and precise measurement.

Key words: pulse frequency; pulse sensor; minimum variance; embedded; digital tube

(上接第 13 页)

Research on application of AVC technology in Shizuishan power system

ZHANG Bo¹ , YANG Peng¹ , LI Jing-ke¹ , DAN Wen-guo² , SUN Zhen-quan^{3 4}

(1. Shizuishan Electric Power Company , Shizuishan 753000 , China;

2. Ulanqab Power Electric Group Limited Company , Ulanqab 012000 , China;

3. Shaanxi Regional Electric Power Group Limited Company , Xi' an 710061 , China;

4. School of Electrical Engineering , Shaanxi University of Techology , Hanzhong 723000 , China)

Abstract: This paper expounds the regional automatic voltage control(AVC) system based on three-level hierarchical of voltage control theory firstly , and then introduces the control principle and system composition of AVC system , and finally analyzes the application effect of AVC system in Shizuishan power network. Based on the reactive power control of the power grid and the checkpoint , the method of automatic voltage control is presented , and the scheme of reactive power and voltage optimization and distributed control strategy are proposed. The effectiveness of automatic voltage control is verified in Shizuishan regional power grid. The voltage control scheme of AVC system , which can not only reduce the system loss and guarantee the system voltage quality , is a kind of effective project implementation plan.

Key words: automatic voltage control(AVC) ; reactive power mart; three-level hierarchical of voltage control

(上接第 23 页)

Appraisal and analysis of steel grid frame in the canteen

CHENG Hao¹ , ZHANG Bo² , ZHU Li-hua³

(1. Western Institute of Seismic and Building Design , Xi' an 710054 , China;

2. School of Civil Engineering and Architecture , Shaanxi University of Technology , Hanzhong 723000 , China;

3. School of Civil Engineering , Xi' an University of Architecture and Technology , Xi' an 710055 , China)

Abstract: Through on-the-spot evaluation of a power plant steel grid structure , security problems in several parts were discovered , such as bolt-sphere joints , support , bearing component part. Based on the actual testing data and construction drawings , the finite element analysis for whole structure was simulated by the finite element software SAP2000 , and structure bearing capacity calculation was carried. The reliability of grid structure was appraised and rated , and corresponding proposals to solve the problems of the structure have been given. Finally , the grid structure design , construction and testing work are proposed , which may be a reference for other similar projects.

Keywords: bolt-sphere joints; grid frame; test and appraisal; strengthening and suggestions