

脉搏信号检测仪的设计与实现

Design and Implementation of the Detector for Beating of Heart

郑争兵

(陕西理工学院物理与电信工程学院,陕西 汉中 723003)

摘要: 根据人体脉搏信号特征提出了一种基于透射式光电效应的脉搏检测系统。该系统以 AT89S51 微处理器为核心,基于光电脉搏传感器 HKG-07A 并配合外围芯片构成硬件结构。AT89S51 用来实现脉搏数据的处理, HKG-07A 用来完成人体的脉搏信号采集和调理,控制液晶芯片 1602 和语音芯片 ISD1420 分别用来显示脉搏频率和播报脉搏数。测试结果表明,该系统能够实时、准确地播报当前的脉搏数;当人体脉搏次数低于 50 次/min 或高于 120 次/min 时,语音提示报警信息。

关键词: 光电传感器 单片机 虚拟仪器 测量精度 脉冲信号

中图分类号: TN92

文献标志码: A

Abstract: In accordance with the characteristics of human pulses, the detecting system based on transmission type photoelectric effect for beating of heart is proposed. With AT89S51 microprocessor as kernel, the system hardware is structured based on photoelectric pulse sensor HKG-07A and composed of peripheral chips. Data processing of human pulses is implemented by AT89S51, and signal acquisition and conditioning of human pulses are conducted by HKG-07A, then the LCD chip 1602 and voice chip ISD1420 are controlled to display and broadcast the beatings of heart. The test result shows that the system precisely broadcasts current numbers of human pulses in real time, and gives audio alarm information when the beating numbers are below 50 or above 120 per minute.

Keywords: Photoelectric sensor Single chip machine Virtual instrument Measurement accuracy Pulse signal

0 引言

随着我国社会老龄化的到来,城市中大量独居老人的健康监护问题越来越突出。心血管疾病作为老年人疾病中比例较高的病症,许多病情较轻的病人由于未及时进行检查,错过了宝贵的诊治机会,导致病情加重,严重者可能引起中风甚至危及生命^[1]。因此,预防此类疾病对老年人的健康具有重要意义。

根据中医理论,脉搏信号波所呈现出来的形态、强度、速率和节律等方面的综合信息,能反映出人体心血管系统中许多生理疾病信息;对脉搏波形特征参数进行科学合理的检测、诊断、分析,可以更有效地预防此类疾病^[2-3]。考虑到脉搏检测装置的简易操作性和便携性,提出了一种基于光电传感器的脉搏检测仪。试验测试结果表明,该仪器在家居护理领域具有较好的应用前景。

1 硬件设计

脉搏检测系统由光电传感器、单片机 AT89S51 系

修改稿收到日期: 2011-12-22。

作者郑争兵(1980-),男,2007年毕业于西安交通大学信息与通信系统专业,获硕士学位,讲师;主要从事嵌入式系统的设计与应用、智能检测方面的研究。

《自动化仪表》第 33 卷第 11 期 2012 年 11 月

统和 PC 监测终端组成,其系统结构图如图 1 所示。

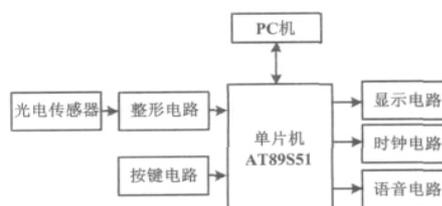


图 1 脉搏检测系统结构图

Fig. 1 Structure of human pulse detecting system

脉搏信号经过集成光电传感器得到数字信号,然后对数字信号进行整形,去除干扰后送入 AT89S51 单片机进行处理。单片机可实现测频显示功能、语音提示报警功能和与 PC 机终端数据的交互功能。按键电路用来完成相关功能的选择。PC 机具有简易的操作监控软件,其对采集的数据进行分析、显示并保存相关数据,从而完成对系统功能的测试。

1.1 光电脉搏传感器

脉搏传感器是脉搏检测系统的重要组成部分,其基本功能是将切脉压力和桡动脉搏动压力物理量转换成便于测量的电信号量。脉搏传感器的精度、灵敏度、抗干扰能力及安装方式决定了脉搏测量精度,因此,采用合肥华科电子技术研究所开发的光敏元件 HKG-

07A 作为脉搏传感器。整个传感器的结构简单、可靠性高、抗干扰能力强。该结构采用透射式接收光的方式^[4-5] 利用特定波长红外线对手指血管末端血液微循环产生的血液容积变化量进行检测,得到脉搏信号波形。

脉搏信号经过放大、调理电路,幅度调整、基线调整电路输出同步于脉搏跳动的数字脉冲信号 **光电脉搏传感器 HKG-07A** 的输出信号波形如图 2 所示。

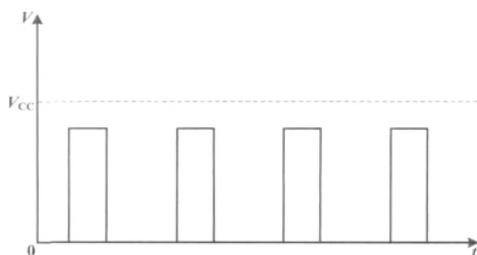


图 2 输出信号波形

Fig. 2 Waveform of the output signal

1.2 整形电路设计

经过实际测试发现,输出的脉冲信号并不理想,不利于单片机采集处理,可能会造成较大的误差^[6]。因此,在 **HKG-07A** 输出的信号后加入整形电路,将脉搏传感器输出的信号作为一级电压比较后输出,使之成为一个波形、幅值都适当的信号,便于后续电路的处理。该电路采用高精度单片运算放大器 OP07,OP07 工作在开环状态,通过调整电位器改变比较电路的阈值电压。当输入电压大于阈值电压时,输出 +5 V 电压;当输入电压小于阈值电压时,输出 0 V 电压。此时整形后的输出电压满足 AT89S51 单片机的要求。

1.3 语音电路和时钟电路设计

语音电路主要是对单片机处理脉搏信号得到的脉搏频率进行播报,并对非正常的脉搏频率范围的情况进行报警。时钟电路主要用来实时显示当前的时间状态。为了保证电路的简单可靠,采用集成化的语音芯片 ISD1420 和时钟芯片 DS1302。具体电路如图 3 所示。AT89S51 单片机的 P₀ 口连接地址输入端 A₀ ~ A₇,利用 P_{3.7} 以脉冲触发的方式控制 ISD1420 的放音键 PLAYE,使器件即进入放音状态。为了使扬声器连接端 SP-、SP+ 的输出音频信号能够可调,利用音频功率放大器 LM386 放大电压信号^[7]。LM386 的 1、8 管脚增加外接电阻和电容,可将电压增益调为任意值。本电路采用 1、8 管脚悬空,此时 LM386 工作在固定放大倍数 20,通过改变电位器 R₃ 的值来改变放大的输入信号^[8]。

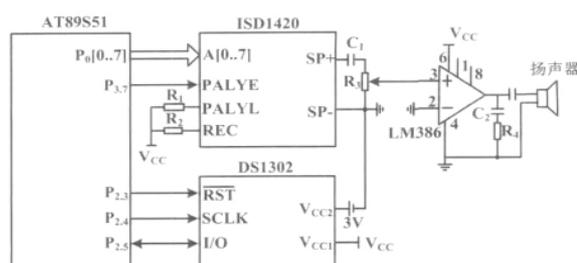


图 3 语音电路和时钟电路

Fig. 3 Voice circuit and clock circuit

DS1302 是美国 DALLS 公司推出的一种高性能、低功耗的实时时钟芯片,可以提供秒、分、时、日、星期、月和年等信息,可以自动调整当月天数(30 天或 31 天)且具有闰年补偿功能。AT89S51 采用 SPI 三线接口与 DS1302 进行同步通信^[9]。P_{2.3} 连接复位/片选线 RST,通过把 RST 输入驱动置高电平来启动所有的数据传送;P_{2.4} 连接串行时钟线 SCLK,控制数据的输入和输出;P_{2.5} 连接双向数据线 I/O,实现数据的传输。为了保证 DS1302 在工作时的低功耗,采用了双电源供电(主电源和备用电源):V_{cc1} 为主电源,接 V_{cc};V_{cc2} 为备份电源,接两节干电池。当 V_{cc2} > (V_{cc1} + 0.2) V 时,由 3 V 电池向 DS1302 供电,当 V_{cc2} < V_{cc1} 时,由 V_{cc1} 向 DS1302 供电。

2 软件设计

2.1 主程序设计

主程序流程如图 4 所示。

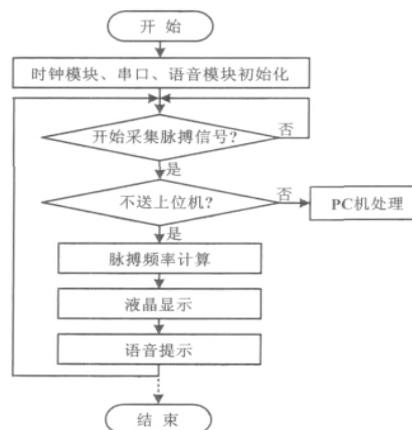


图 4 主程序流程图

Fig. 4 Flowchart of the main program

单片机 AT89S51 主要完成各部分硬件的协调、相关控制工作以及对脉搏频率计数工作。系统设置两个按键来完成功能的选择:其中一个按键用来启动脉搏信号采集,另一个按键用来传送采集的脉搏信号给 PC 机。

系统上电后,首先进行整机初始化处理,主要包括时钟芯片 DS1302、语音芯片 ISD1420、串口控制参数的设定。接着判断脉搏数据采集按键是否开启,如果是,执行下一步,否则一直等待。然后判断送上位机按键是否开启,如果是,通过 RS-232 串口将数据传给 PC 处理,否则执行单片机处理程序,即脉搏频率的计算子程序、显示子程序和语音提示子程序。利用 PC 机处理脉搏信号是为了更便于验证检测系统的正确性以及扩展系统的灵活性功能。在整个程序设计过程中,脉搏频率的计算子程序和语音提示子程序是设计的关键。

2.2 脉搏频率计算程序

正常人体脉搏信号的频率为 60~80 次/min,一般情况下其频率为 1 Hz 左右,属于低频信号,所以在设计中采用周期测量法^[10]。利用单片机内的 16 位定时/计数器 T_0 ,对以单片机内的标准机器周期 T_b 计数。将被测信号的周期作为信号闸门,由程序控制开关对机器周期进行计数得 n ,因此被测信号周期为 $T = T_b \times n$,每分钟跳动次数 $f = 60/T$ 。对于 12 MHz 晶振, T_b 为 1 μ s,16 位定时/计数器 T_0 的最大定时时间为 65 535 μ s,因此在 1 min 内会产生溢出。对此,采用定时器中断方式计算脉搏频率值,即在一个脉搏周期内,隔一段时间 T_1 ($T_1 < 65\ 535$) 产生 1 次中断,总共产生 n_1 次中断。

此时:

$$f = \frac{60}{T_1 n_1} \quad (1)$$

为了使脉搏跳动次数误差不超过 1 次,要求定时器周期 T_1 不超过 1/60 s。为方便计算,取 $T_1 = 1/2^7$,可以得到定时器 T_0 的 $T_{H0} = 1EH$ 、 $T_{L0} = 84H$ 。

2.3 语音提示程序的设计

语音提示是对每次计算的脉搏频率进行报数并提示用户是否正常。例如:当前的脉搏频率为 90 次/min,语音提示的内容是:脉搏频率为 90 次/min,偏高,请就医。对于要播放的语音信息需要对其进行录音,单片机负责 ISD1420 的分段放音控制。因此,必须先使用专用的 ISD1420 编程软件对要录制的语音信息进行分段存储。单片机通过搜索的方式为每段语音的地址信息建立相应的信息表,并根据要放音的内容,查询地址信息表获取地址,通过对 ISD1420 的 8 位并行地址线播放不同的信息。地址输入端 $A_0 \sim A_7$ 的有效值范围为 00000000~10011111,这表明最多可被划分为 160 个存储单元,可录放多达 160 段语音信息。每段地址长 0.125 s,共能录音 20 s。

《自动化仪表》第 33 卷第 11 期 2012 年 11 月

3 测试结果及分析

为了更好地测试系统的性能,在 PC 机上使用虚拟仪器图形编程软件 LabVIEW8.6,开发了人机交互界面软件。该软件通过与 AT89S51^[11-13]的串行通信,对接收到的脉搏数据实时显示其波形图和心率值,具有保持数据和回放数据的功能,并且能够改变串口的传输参数。为了验证测试脉搏频率数据的正确性,将软件测试的结果与单片机测试的结果进行比较。比较结果显示,采用这两种测试方法得到的结果相同。当人体脉搏次数低于 50 次/min 或高于 120 次/min 时,LCD 液晶显示当前脉搏次数,语音提示“偏低,请就医”信息或者“偏高,请就医”信息。

4 结束语

本文提出的脉搏检测系统方案,由于采用集成度高的光电式传感器和单片机系统测量脉率值,电路简单、成本低廉、操作方便,能够完成脉搏次数的显示和语音提示功能。该装置非常适合个体使用,可以实时、方便地提醒用户的身体健康状况,在家庭监护领域具有较好的实用价值。

参考文献

- [1] 郭兴明, 张科, 吴宝明. 多生命参数监护仪用检测电路[J]. 电子技术应用, 2000, 26(2): 35-36.
- [2] 罗志昌, 张松, 杨益民. 脉搏波的工程分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 卢超. 脉搏检测实验装置的研制[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(9): 41-42.
- [4] 李秀农, 汪国强. 光电式脉搏传感器及其组成的血压测量仪[J]. 电测与仪表, 1998, 38(35): 38-39.
- [5] 李晋华, 杜宇慧. 光电脉搏仪的设计[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(8): 99-100.
- [6] 陈正涛. 微弱信号相关检测技术综述[J]. 科技广场, 2006(7): 111-112.
- [7] 刘沛. 基于 ISD1420 的语言报警器设计[J]. 现代电子技术, 2004(12): 19-20.
- [8] 任致程. 语音录放和识别集成电路应用与制作专例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999.
- [9] 王晨光, 孙运强. 串行时钟芯片 DS1302 在温度测量记录仪表中的应用[J]. 电子测试, 2008(12): 65-68.
- [10] 舒方法, 石俊. 基于 PVDF 压电薄膜的脉搏测量系统研究方法[J]. 压电与声光, 2008, 30(1): 124-125.
- [11] 马志梅, 籍顺心, 张凯, 等. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 3 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [12] 刘滨. 单片机 C 语言 windows 环境编程宝典[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [13] 田希晖, 薛亮儒. C51 单片机技术教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

79