

一种基于 ARM 的便携式心率监测仪的设计*

郑 诚,余珊南,祝永华,徐 进

(衢州学院 电气与信息工程学院,浙江 衢州 324000)

摘 要: 研制了一种新型的基于 ARM Cortex-M3 内核微处理器的便携式心率监测仪。详述了该仪器的硬件、软件设计和实机测试情况,其具有心跳波形实时显示、储存的功能。经初步测试,该便携式心率检测仪可以连续工作,功耗低、携带方便,能对心电信号进行实时的显示和储存,适合家庭使用,对心血管疾病的监护有重要意义。

关键词: 心血管疾病;ECG;便携式心率检测计;携带方便

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)05-0027-03

Design of a portable heart rate detector based on ARM

Zheng Cheng, Yu Shannan, Zhu Yonghua, Xu Jin

(School of Electrical and Information Engineering, Quzhou University, Quzhou 324000, China)

Abstract: The paper develops a new type of portable heart rate monitor, which is based on the ARM Cortex-M3 core microprocessors. The instrument's hardware, software design and the actual test conditions are introduced in detail. It has a heartbeat waveform storage function of real-time display. Preliminary test show that the portable heart rate detector can work continuously, has low power consumption, and easy to carry, capable of real-time ECG display and storage. It is important for monitoring of cardiovascular disease.

Key words: cardiovascular disease; ECG; portable heart rate detector; easy to carry

目前,社会人群正不断向着老龄化的趋势发展,心血管疾病发病率也逐年上升。心脏病的发作往往是随机的、短暂的,稍纵即逝,患者难以及时赶到医院进行心电图检查,从而影响到病因的及时诊断。传统心电图或动态心电图都是一种回顾性的被动检查,有时很难及时捕捉到有效心电图,而且体积较大,对病人来说,实时监护基本没有可能。因此,研发一种可以实时检测、储存心率的便携式心率监测仪有着重要的意义。监测仪可以随身携带,并对病人进行心率的实时监控、记录,以便有突发状况产生时能提供让医生能更快更好诊断病症的依据。

本便携式心率监测仪主要由信号采集、数据管理和数据管理 3 部分组成。心电信号采集部分由信号采集、滤波、信号放大和 A/D 转换几个部分组成。采集到微弱的心电信号后,通过滤波、放大得到有诊断价值的心电信号波形。然后将心电信号通过 A/D 转换,转换成数字

信号输入微处理器进行处理。信号采集部分主要功能是信号的采集、滤波、放大,应去除各种干扰的影响,如工频干扰和肌电干扰等。数据处理模块主要用来处理接收到的数据,然后按照一定的算法将其显示在液晶屏上,形成了良好的人机界面。而数据储存主要用于储存心跳的波形数据,将心跳的波形储存在 SD 卡中,并且可以连接到电脑上对心跳的波形进行分析,起到病症的诊断作用。

1 仪器设计要求

在心电信号的监测过程中,由于实际工作情况并非理想状态,监测信号中往往含有很强的背景噪声,这些背景噪声包括工频噪声、肌电噪声、呼吸波噪声、人体动作和电极极化等引起的各种随机噪声,心电信号存在的噪声降低了诊断的准确性。其中,对信号影响最大的是医疗仪器设备电源 50 Hz 工频干扰噪声。在许多情况下,其幅度之大以至于可能影响到系统的正常工作和医生对疾病的准确诊断。为了能准确去除外界干扰,得到

* 基金项目:2013 年浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划 2013R427014)

准确的心跳波形,整个系统应做到较大的共模抑制比、较大的放大倍数和合理的带通频率,低功耗的工作也是要达到的目标之一。

2 仪器硬件设计

2.1 右腿驱动电路

右腿驱动电路通常用于生物信号放大器,以减少共模干扰。心电图(生物信号放大器等)或肌电电路所发出的电子信号十分微小,通常只有几微伏。而由于病人的身体也可以作为天线能受到电磁干扰,特别是 50 Hz 的工频干扰,这种干扰可能会掩盖生物信号,使得信号难以测量。因此,可以通过添加右腿驱动电路用来消除干扰噪声。右腿驱动主要通过运算放大器反向放大来抑制人体带来的较大的工频干扰,只要运放的开环增益足够大,就能基本使人体电位保持零位。

2.2 前置放大电路

人体心电信号幅值小,频率低,不稳定,随机性强,易受干扰,所以对心电放大电路的设计要求较为严格。选择运算放大器时,必须从增益、频率响应、共模抑制比、输入阻抗、噪声和漂移等方面综合考虑。前置放大电路有较高的输入阻抗、适当的增益和较高的共模抑制比,可以有效抑制人体的共模电压和人体的各种活动带来的干扰。

信号采集后,通过仪用放大器进行一级放大。设计采用的仪用放大器为 B-B 公司的精密仪用放大器 INA118。INA118 通过在脚 1 和脚 8 之间外接电阻 R_g 来实现不同的增益,该增益可从 1~1 000 不等,电阻 R_g 的大小可由下式决定: $G=(50\text{ k}\Omega/R_g)+1$ 。其中, G 为增益,增益取在 10 左右,防止输出过大,影响电路稳定, R_g 取 2.8 k Ω ;且此时共模抑制比在 100 dB 左右,可以有效抑制 50 Hz 工频电带来的影响。

在信号进入 INA118 仪用放大器之前,先通过较大的电阻形成较大的阻抗,减小信号的失真,然后通过电压跟随增强心电信号的稳定和输出能力,再将处理过的心电信号送入仪用放大器。前级放大及右腿驱动电路如图 1 所示。

为了增强信号的准确性,信号的输入主要采用目前临床上广泛采用的银-氯化银电极,该电极具有电位稳定、可靠性好、低漂移和低噪声的优点,而且使用方便,无残留无污染。左手、右手、右腿分别通过电极连接到带有屏蔽线的导线,这样可进一步去除外部干扰对心电信号的影响。

2.3 带通滤波电路

常规心电信号的频带范围为 0.05 Hz~100 Hz,在此频带范围内包含了心电信号的主要能量部分。正常心电信号为毫伏级信号,对于干扰环境而言属于微弱小信号。因此,系统设计了带通频率为 0.05 Hz~150 Hz 的带通滤波电路,将心电信号的有用成分从采集到的信号中分离出。

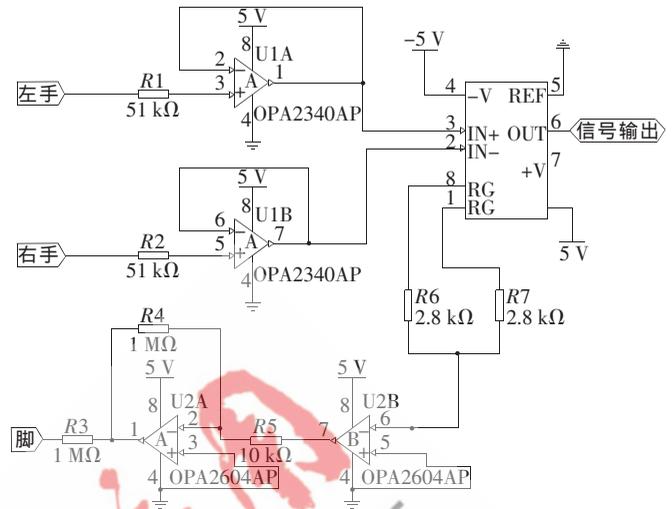


图 1 前级放大及右腿驱动电路图

本设计选取一个 10 μF 的电容和一个 3 M Ω 的电阻构成一个一阶无源高通滤波,主要滤除 0.05 Hz 以下的波形,去除一部分干扰。

选取一个 4.7 k Ω 的电阻和一个 0.22 μF 的电容构成一个一阶低通滤波,主要滤除 150 Hz 以上的频率。

高通滤波和低通滤波形成一个带通滤波,范围较广,可以滤除大部分的高低频干扰,通过带通滤波后的心电信号已经可以较好地观察到了。

2.4 后级放大电路

经过滤波后的心电信号虽然能被较好地观察到,但是还不能被微处理器很好地识别,于是还需进行后级多次放大。运放采用 OPA2604 高精度双运放,主要采用多次反向放大的方法放大心电信号。

先通过一次电压跟随增强输出能力,对前级电路呈高阻态状态,对后级电路呈低阻态,从而形成前后级电路的隔离。放大采用反向放大,多次进行放大倍数较小的放大,这样就能出来一个较为清晰的心电波形了。带通滤波+后级放大+加法电路图如图 2 所示。

3 系统程序设计

主程序由多个模块组成,多个模块按一定的时序构成了整个监测仪的主程序,流程如图 3 所示。

本系统技术指标为:(1)导联:标准 II 导联;(2)共模抑制比:大于 100 dB;(3)放大倍数:可调,500~2 000 倍;(4)通频段:0.05~150 Hz;(5)供电:直流 5 V,外部供电;(6)工作环境温度:0~50 $^{\circ}\text{C}$;(7)连续工作时间:24 小时以上;(8)支持 SD/MMC 卡存储。

4 系统整体性能及实用分析

系统通过实机测试和示波器显示测试两个方面来测试监测仪是否能很好地工作、放大和显示波形。实机测试和示波器显示结果分别如图 4、图 5 所示。通过测试发现,在实机上基本能看出和示波器上一样的波形,有较为满意的显示效果,并且人在运动时对波形干扰不

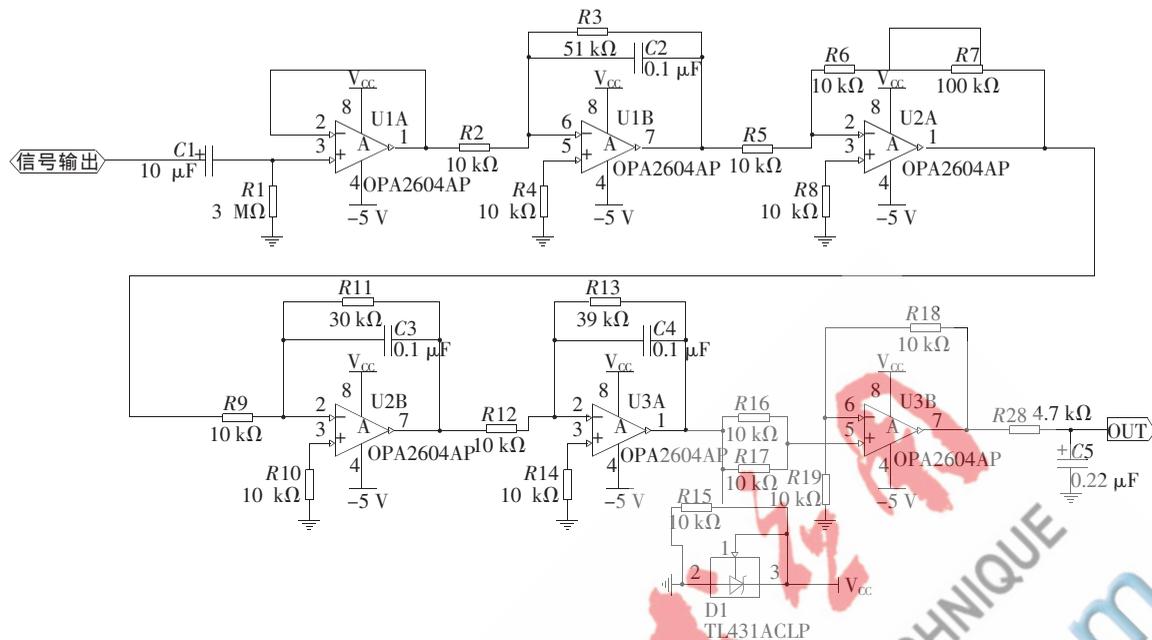


图2 带通滤波+后级放大+加法电路

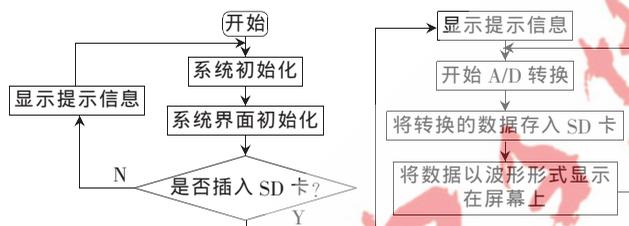


图3 系统主程序流程

大,可实现随身携带、随时测量。数据储存也能完成,无数据丢失的现象。可连续长时间检测、储存,达到了系统对心跳波形的长时间监控、显示和储存的要求。



图4 实机测试图



图5 示波器显示实测图

本设计针对便携式心率监测仪对个人和家庭应用中的重要意义,设计提出了一种低功耗、便携式的心率监测仪,能够完成心率的监测,储存功能。

本文设计了便携式心电仪的数据采集部分,设计了相关的滤波电路,有效抑制了心电检测中的干扰和噪声,增强了心电信号的有用成分。在模拟信号处理中,采用右腿驱动电路及带通滤波器,提高了系统抗干扰能力。数据处理部分将A/D转换的心电数据实时显示在LCD上,并存储到SD卡中。采用NXP公司基于ARM Cortex-M3核的微处理器LPC1768,因为ARM能兼顾到高性能、低功耗、低价格及小的芯片尺寸。本设计在元件

选择和设计中充分考虑低功耗的要求。

本文设计的便携式心电仪基本达到了预期目标,用示波器观察数据采集部分各个阶段的波形,证明模拟电路能完成相应功能。通过整机调试,系统运行良好,心电信号波形无失真。

但是该设计仍有许多需要提高的地方。系统的抗干扰能力应该进一步提高,而信号采集和放大部分的功耗还有待降低。降低了功耗,系统的性能会更进一步。

系统中未加入数据分析的部分。未来还会加入数据分析的程序,将采集到的数据与标准的心电信号进行对比、分析,来判断心电波形的好坏,做到早发现、早提醒,减少了病人的风险。

还可结合无线网络,将采集到的数据直接提交到医院供医生分析和对重症病人实时监控,大大增加了病人的安全性,这也是未来心率检测仪的一种发展趋势。

参考文献

- [1] 王桂莲.心电图电极[J].数理医药学杂志,2007,20(4):541-543.
- [2] 彭飞武,熊平,蔡晓珠,等.论心电信号检测中的噪声与干扰及其消除方法[J].医疗卫生装备,2007,28(9):72-74.
- [3] 徐灵飞,向平.基于C8051F021的便携式心电监视[J].微型机与应用,2005(2):36-38.
- [4] 杨昌金王涛.精密低功耗仪表放大器INA118及其应用,国外电子元件,2000(6):14-15.

(收稿日期:2013-10-11)

作者简介:

郑诚,男,1993年生,专科,主要研究方向:自动化。