

脉搏信号采集及无线监测系统的设计

王建军, 安鹏, 苏树兵, 张海涛

(宁波工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要:本设计以 Freescale 系列单片机为核心, 利用脉搏传感器、信号处理电路、nRF24L01 无线模块、显示模块等组成一个脉搏无线检测系统。阐述了各个模块的选型与工作原理, 特别的说明了无线模块的配置流程和注意事项, 并编写了相应的驱动程序。经过测试, 系统整体性能良好, 符合系统需求, 并留有相关的接口供未来升级使用。

关键词:脉搏传感器; 无线; nRF24L01; Freescale

中图分类号: TN919.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-7109(2012)04-0071-06

引言

脉搏信号是人体生命及健康表征的重要信号之一, 在中医诊断中起着重要的作用。现代医学对将人体脉搏信号转化为电信号进行测量和分析, 使中医的脉象有了一个客观的分辨标准, 便于揭开脉诊现代科学本质, 为预防和治疗疾病提供参考。

本系统采用压电传感器采集脉搏信号, 通过前置放大电路对脉搏信号进行放大及整形, 在 AD 采集后送入单片机内进行后级处理并无线传输, 接收端可以方便灵活地接收脉搏信号并根据情况判断是否需要报警或者进行下一步处理。整个系统体积小, 用户可以随身携带, 而且不受时间、地点限制, 将患者与医疗服务端建立连接, 通过无线传输, 实时地将用户的脉搏值反馈给医生, 用户一旦出现状况, 便能及时得到有效的诊断治疗, 在家庭保健工程与医学中具有重要意义。

1 系统结构及工作原理

整个系统分为发射机和接收机两部分, 如图 1 所示。发射机安置于被检测对象处, 通过脉搏传感器采集同步于人体脉搏的脉冲信号, 接着对信号放大整形电路, 由单片机来完成脉冲数-脉搏值的转换、数据处理、控制 nRF24L01 无线发射等工作。接收机收到信号后根据情况判断是否需要报警或者进行下一步处理。

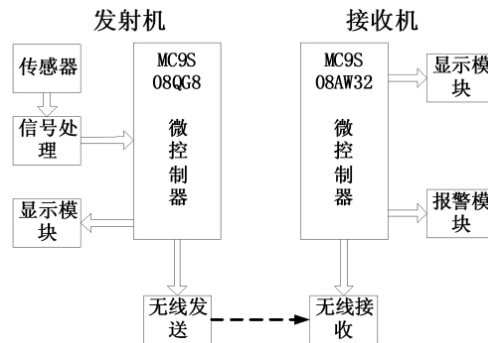


图 1 系统结构框图

收稿日期: 2012-06-03

作者简介: 王建军, 男, 宁波工程学院电信学院 093 班学生; 指导老师, 安鹏, 男, 宁波工程学院电信学院副教授。

发射机首先使用传感器对脉搏信号进行采集,然后信号经过处理后用MC9S08QG8单片机进行计数,计数完成后,本地显示模块实时显示当前值,并且将其通过无线模块进行发送;接收机无线模块进行接收,接收完成后控制显示模块对当前值进行显示,若心率值在正常范围,则不报警,若心率值不正常,则报警。本方案主要设计对象是无线和信号处理,通过软、硬件结合实现。下面对外围模块进行逐一介绍。

2 系统模块

2.1 主控 MCU

发送部分微控制器选用 Freescale 系列的 MC9S08QG8, 它具有 60KB 的片内在线可编程 FLASH 存储器, 带有块保护和安全选项的 2KB 片内 RAM, 片内存储器资源已经足够, 不需要扩展^[2]。内置 WatchDog (看门狗), 一旦发生死机能有效重启。在接受部分微控制器选用 Freescale 系列的 MC9S08AW32, 由于本设计主要应用于医疗, 对抗干扰、可靠运行等方面有着更高的要求。此芯片属于汽车级芯片, 能在这样的应用场合发挥它独特的抗干扰而稳定运行的能力。

2.2 脉搏传感器

脉搏信号的准确提取是为基于脉搏波的生理病理诊断提供客观的依据, 其精度往往影响脉搏信号处理和分析结果^[2]。脉搏传感器分为以下 4 类: 压电式脉搏传感器、光电式脉搏传感器、图像脉搏传感器、半导体应变式脉搏传感器^[4]。

本设计是为了对心率进行测量, 所以光电式传感器在本设计中首先被排除, 因为光电式脉搏传感器的干扰比较大, 而且光电式传感器不便于佩带。由于利用心电电极对人的心率进行测量, 测量过程中人会有汗液产生, 电极的佩带也不方便, 而且市场上的心电电极多为一次性的, 使用并不是十分方便, 人体的生物电要对多点进行检测才能获得较准确的脉搏信号, 所以本设计采用压电式脉搏传感器。

经过实验效果分析和比对, 本设计中采用了 **HK-2000 系列的脉搏传感器**, 该系列的传感器采用高度集成化工艺将力敏元件 (PVDF 压电膜)、灵敏度温度补偿元件、感温元件、信号调整电路集成在传感器内。它具有抗干扰能力强、灵敏度高、过载能力强、性能稳定、一致性好、使用寿命长等优点^[5]。

HK-2000A 型脉搏传感器 输出同步于心脏搏动的脉冲信号, 可以用于脉率数据的实时采集。

2.3 信号放大整形模块

由于脉搏传感器输出端信号的幅值太小, 导致 AD 采样困难, 因此需要对信号进行放大整形。

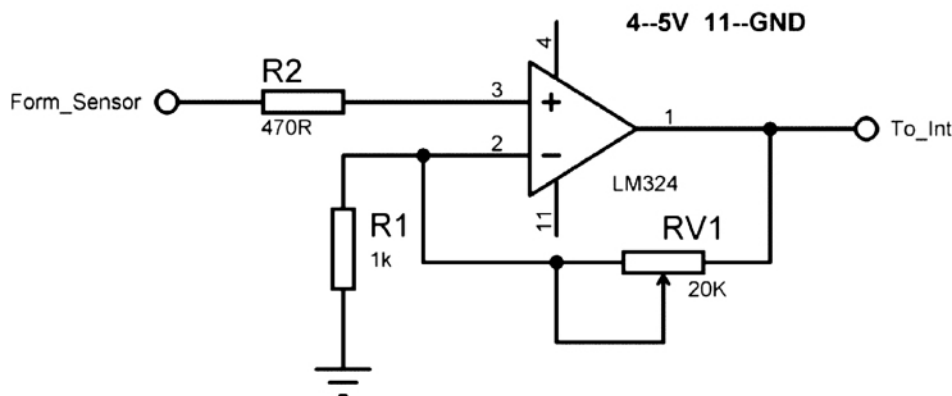


图2 信号放大整形模块

为了节约成本,同时也为了电源设计方便,采用单电源供电的运放。因此设计中采用 LM324 运放来对信号进行放大。LM324 是四运放集成电路,采用 14 脚双列直插封装。它内部包含四组带有独立真

差动输入运算放大器,LM324 具有短路输出、真差动输入级、单电源工作(3 伏至 32 伏)、静态功耗小、价格低廉等优点,因而被广泛应用于各种电路中。

该模块的输出接至单片机中断口,当有信号进入时,即有一个正脉冲时,中断被触发,然后定时记录次数,经过折算后将一分钟的脉搏值计算出来后,将它显示在显示模块上,然后通过无线模块将这个数据发送出去。

2.4 无线模块

2.4G 无线模块工作在全球免申请 ISM 频道 2400M-2483M 范围内,实现开机自动扫频功能,共有 50 个工作信道,可以同时供 50 个用户在同一场合同时工作,无需使用者人工协调、配置信道。同时,可以根据成本考虑,选择 50 米内、150 米、600 米多种类型无线模块。2.4G 无线模块的功耗更低,在相同的传输距离的情况下(相比于蓝牙),2.4G 模块的价格也更低,因此在设计采用了 2.4G 的无线模块。

在本系统中无线芯片选择了 nRF24L01,它是一款单片射频收发器件,工作于 2.4GHz-2.5GHz ISM 频段。内置频率合成器、晶体振荡器、功率放大器、调制器等功能模块,并融合增强型 ShockBurst 技术,其中通信频道和输出功率可通过程序进行配置。nRF24L01 功耗低,在-6dBm 的功率发射时,工作电流只有 9mA;接收时,工作电流也只有 12.3mA,多种低功率工作模式(掉电模式和空闲模式)使节能设计更方便^[6]。

3 系统软件设计

软件设计思想:采用模块化的分层次设计方法,将软件功能由多个实现单一功能的子程序实现。通过调用不同的子程序,实现了复杂功能控制。这样便于调试、修改和移植。

3.1 发射机软件

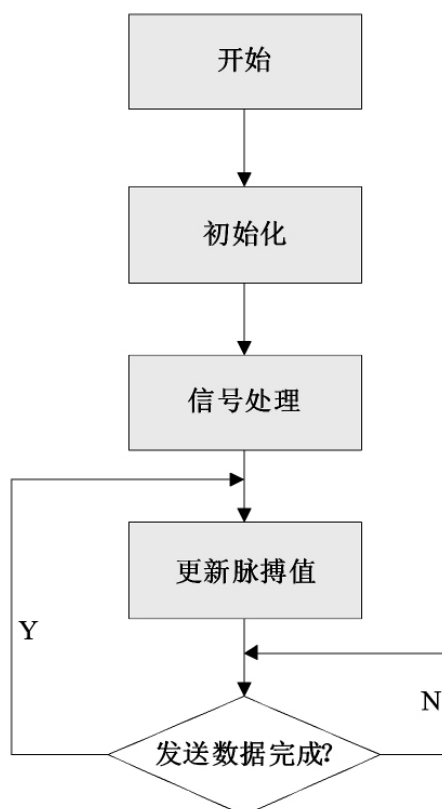


图3 发射机系统及信号处理

发射机软件包括了 MCU 初始化,脉冲计数,数据发送。其中脉冲计数利用了 MCU 的外部中断和定时器来实现。编写了 nRF24L01 的底层驱动,只要调用相关的功能函数就能完成脉搏数据的发送。

在无线发射的时候与接收机建立了一种了应答机制。

3.2 接收机软件

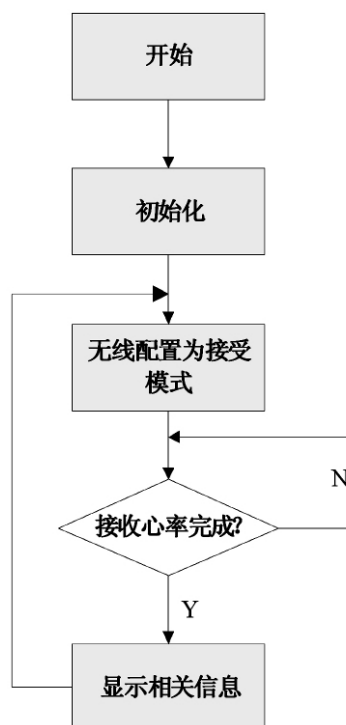


图4 接收机及显示

接收机软件包括了 MCU 初始化,数据接受和 LCD 显示。利用 LCD1602 显示脉搏次数和其它信息,利用软件建立了一种报警机制,脉搏次数超出正常值就提醒用户。

3.3 脉搏信号采集

HK-2000A 型脉搏传感器输出同步于心脏搏动的脉冲信号。通过定时器的中断服务程序设计,定时器定时 5ms,进入中断是 num1 加 1,即可换算出一分钟的脉搏值,公式如下:

$$\frac{5 \times \text{num1}}{1} = \frac{60 \times 10^3}{X} \quad (1)$$

其中 X 即为脉搏值。

脉搏换算的关键程序如下:

```

void interrupt18 KBI()
{
    b[w] = 12000 / num1; //脉搏值的换算及存储
    w++; //存储单元累加
    if(w==6) //当 w=6 时清 0
        w = 0;
    num1 = 0; //把 num1 也清 0
    PTAD_PTAD2 =~ PTAD_PTAD2; //引脚输出取反
    KBISC_KBACK = 1; //清楚中断标志位
}
  
```

为了使取得的值更加准确,对采集到的脉搏值使用中值滤波,由于是在中断中处理数据,因此当没有测量时,显示的一直是最后一次采集到脉搏值。

4 系统测试

4.1 脉搏正常情况

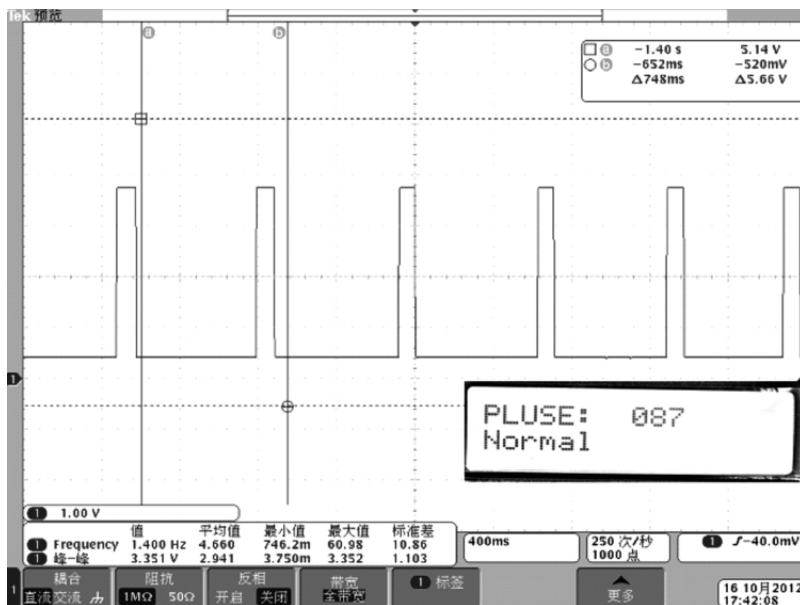


图 5 脉搏跳动次数正常情况

正常脉搏范围是 60-100 次每分钟,利用示波器采集系统输出波形,见图 5,波形的占空比均匀,周期是 1.400Hz,换算之后就是 $1.4 \times 60 = 84$,本系统采集到的脉搏次数是 87 次,属于正常的情况,在液晶上显示脉搏正常。

4.2 脉搏不正常情况

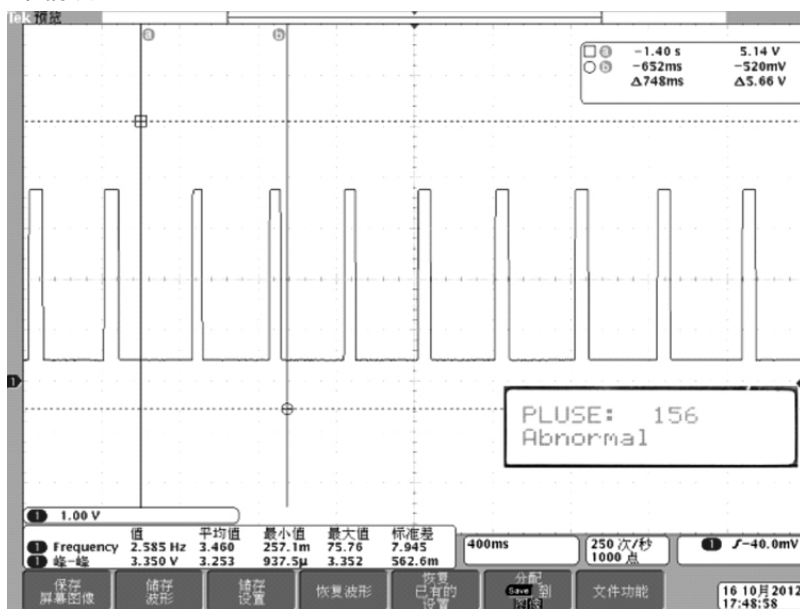


图 6 脉搏跳动次数异常情况

见图 6,系统输出波形的周期为 2.585Hz,换算之后为 $2.585 \times 60 = 155$,本系统采集到的脉搏次数是

156次,属于不正常的情况,液晶上显示脉搏跳动次数异常。

5 结束语

本文所述的脉搏无线监测系统调试完成,整个系统的指标基本符合设计要求。经过长期使用测试,测出的脉搏值与实际相比,基本正确。在本设计中使用了脉搏传感器和无线收发模块,有效降低了系统软硬件的复杂度,缩短开发周期。在主控芯片上,出于设计安全性的考虑,选用汽车级的飞思卡尔系列单片机,提高了系统的稳定性。使用的无线模块支持多信道通信,便于未来产品的组网升级。

参考文献:

- [1]张镜人,杨天权,郑秀春. 脉搏波的线化理论对正常人桡动脉脉图和脉象的分析. 中国生物医学工程学报.1987(3):168-173.
- [2]邵贝贝,龚光华等. 单片机认识与实践[M]. 北京航空航天大学出版社,2006.
- [3]卢超. 基于 HK-2000A 脉搏传感器的睡眠定时器[J]. 传感器与微系统,2007(12):81-83.
- [4]刘迅雷,刘志强. 田径运动员心率变异性正常值及其重复性的研究[J]. 北京体育大学学报,2005(3):41-43.
- [5]HK-2000 系列集成化脉搏传感器[EB/OL]. 合肥华科电子技术研究所,2004.
- [6]安鹏. 基于 SOPC 技术的医用呼吸机主控系统设计[J]. 电子产品世界,2008(6):86-89.

Design of Pulse Signal Collection and Wireless Monitor System

WANG Jian-jun , AN Peng , SU Shu-bing , ZHANG Hai-tao

(Ningbo University of Technology, Ningbo, Zhejiang, 315016, China)

Abstracts: This design, with Freescale serial microcontroller as the core, constitutes a pulse wireless detection system using the pulse transducer, signal processing circuit, nRF24L01 wireless module and display module. The paper discusses each module selection and working principle with the focus on the configuration process and the precautions of wireless module and draws up the corresponding driver program. The system, being tested, has been proven excellent in the performance, well satisfying the needs of the users.

Keywords: Pulse sensor; wireless; NRF24L01; Freescale