

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2004380

一种基于 Lora 无线局域网的智能型医用 点滴监护系统设计与实现*

熊强强^{1,3} 尹建平^{1,3} 曾美琳^{1,2} 徐文磊¹ 李柯^{1,3}

(1.南昌蛋讯电子科技有限公司 南昌 330029; 2.江西工业贸易职业技术学院 南昌 330038; 3.南昌理工学院 南昌 330044)

摘要: 针对采用 ZigBee 等传统无线技术的医用点滴监护系统存在数据传输距离有限、系统功耗高等诸多问题,设计了一款基于 Lora 技术的低功耗医用点滴监护系统。按照实现的功能不同可将整个点滴监护系统划分为 3 个部分,各个部分之间通过 Lora 无线网络实现数据交互。其中检测端的核心器件为红外光电传感器,其将获取的点滴速度和药液余量一方面通过 Lora 无线网络发送给手持端,另一方面通过语音播报和液晶显示传达给病人,检测端还负责接收手持端和后台端发送来的病人信息。手持端接收检测端发送来的信息,护士根据接收的信息实时监测病人的点滴情况,手持端还负责将病人信息发送给后台端。后台端负责全方位监测病人和护士情况。实测结果表明,所设计的医用点滴监护系统具有较强的抗干扰能力,能够实现数据远距离传输,不仅功耗低,而且便于组网,具有广泛的应用前景。

关键词: STM32 单片机; Lora 模块; 无线传输; 点滴监护; 数据采集

中图分类号: TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Design and implementation of an intelligent medical drip monitoring system based on Lora wireless LAN

Xiong Qiangqiang^{1,3} Yin Jianping^{1,3} Zeng Meilin^{1,2} Xu Wenlei¹ Li Ke^{1,3}

(1. Nanchang Dan Xun Electronic Technology Co., Ltd., Nanchang 330029, China; 2. Jiangxi Vocational Technical College of Industry Trade, Nanchang 330038, China; 3. Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330044, China)

Abstract: The traditional wireless monitoring system based on ZigBee has many problems, such as limited data transmission distance and high power consumption. A low-power medical monitoring system based on Lora technology is designed. According to the different functions, the whole monitoring system can be divided into three parts, each part realizes data interaction through Lora wireless network. The core device of the detection end is the infrared photoelectric sensor, which sends the acquired dropping speed and liquid medicine margin to the hand-held end through Lora wireless network on the one hand, and to the patient through voice broadcast and LCD display on the other hand, and the detection end is also responsible for receiving the patient information sent from the hand-held end and the rear end. The backstage end is responsible for monitoring patients and nurses in an all-round way. The experimental results show that the medical drip monitoring system designed in this paper has strong anti-interference ability, can realize data long-distance transmission, not only low power consumption, but also easy to network, and has a wide range of application prospects.

Keywords: STM32 single chip microcomputer; Lora module; wireless transmission; drip monitoring; data acquisition

0 引言

在病人输液过程^[1]中,由于病人入睡或者医护人员没有及时处理经常导致输液结束后没有及时拔针出现血液回

流,同时输液过慢或过快也会引起病人不适,由此可见依赖于人工监视和人为调节的输液过程存在较大的改进空间。虽然目前已经出现了基于 ZigBee 技术的医用点滴监护系统,但由于检测精度不高、无法调节点滴速度、数据传输距

收稿日期:2020-04-06

* 基金项目:2018 江西省高校教学改革研究课题(JXJG-18-25-3)、2019 江西省教育科学规划课题(19YB251)项目资助

• 10 •

离有限、系统功耗高等诸多问题,一直难以推广开来。为了改进上述问题,本文设计了一款基于Lora技术的医用点滴监护系统。

1 总体设计方案

本文设计的医用点滴监护系统^[1-3]工作原理如图1所示,该系统的控制核心选用STM32单片机。按照实现的功能不同可将整个点滴监护系统划分为如下3个模块,各个模块之间通过Lora模块^[4-7]实现无线组网。其中终端模块由分散于各个病床的检测端组成,各个检测端的核心器件为红外光电传感器,检测端获取到病人的点滴速度和药液余量后,一方面将上述信息通过液晶屏显示和语音通报两种方式传达给病人,另一方面通过Lora无线网络将其发送出去,同时检测端还负责接收发送过来的病人信息。汇聚模块由各个病床主管护士持有的手持端组成,手持端通过Lora无线网络接受到检测端发送来的病人点滴信息后,一方面通过上述信息实时监测病人输液情况,另一方面将这些信息继续通过Lora无线网络发送出去,同时手持端还负责将接收到的病人信息下发给手持端。监控模块主要是对病人输液情况和护士护理情况进行全方位监测的后台端,后台端接收手持端发送过来的病人点滴信息,根据上述信息提示护士即使实施相应护理。

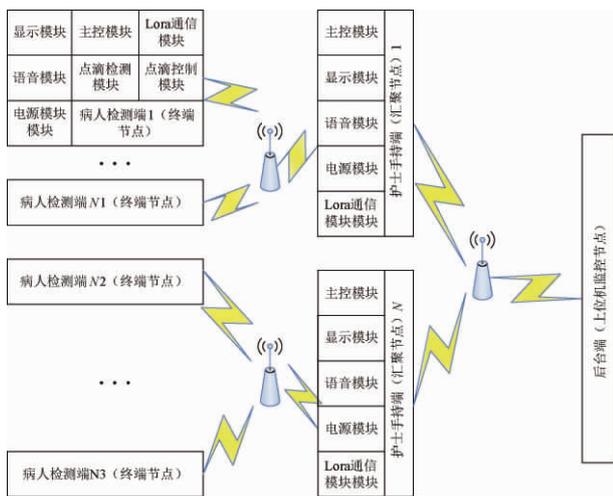


图1 系统工作原理

2 硬件设计

2.1 电源模块

医用点滴监护系统属于便携式医用设备,必须满足轻量便携的外观要求。因此其电源模块的核心器件也必须符合体积小、重量轻的条件,本文选用的是可充电式锂离子纽扣电池,具体型号为LIR2450^[8]。该电池的最大输出电压为4.1V,最小输出电压为3.2V,其额定容量不低于110mAh,同时不超过120mAh。上述指标完全能够满足

整个医用点滴监护系统工作稳定时的供电需求,能够为该系统提供长达3年的稳定电源供应。

2.2 点滴信号检测模块

点滴信号检测电路包括如下3个组成部分:光电检测电路的核心器件为红外对管,当下落的药液经过红外对管时,它会遮挡红外二极管的光线,导致光敏三极管进入截止状态,从而通过上拉电阻 R_3 输出高电平信号,该信号中存在很大的噪声干扰;滤波电路实现的功能是消除上述信号中的噪声干扰,该电路首先通过电容 C_4 进行隔直处理,接着利用电阻 R_5 、 R_{11} 、电容 C_5 消除高频噪声干扰,最后信号通过电阻 R_6 与电容 C_6 组成的低通滤波器进一步消除残留的噪声,滤波处理后得到的信号幅度很小,只有 μV 量级;放大电路核心器件为运放LM358,它将滤波处理后的信号进行放大与后续处理,电阻 R_{12} 和 R_{13} 共同决定了放大倍数。

2.3 单片机主控模块

单片机主控模块选用STM32F103作为核心控制器件。该单片机集成了ARM核Cortex-M3,位数为32位。该单片机具有丰富的存储器资源,包括128KByte的程序存储器和20KByte的数据器。由于具有高达72MHz的工作频率,该单片机的指令执行速度非常快。该单片机外设资源也会丰富,具有32个通用I/O口,它们除了用来完成信号的传输外,还可以用来控制外设。

医用点滴监护系统的单片机最小系统电路原理图,按照功能可划分为如下3个部分。

时钟电路通过管脚OSC_IN和管脚OSC_OUT与单片机相连,其核心器件为晶振,频率为12MHz,配合两个容值均为20pF的起振电容 C_9 和 C_{11} 一起使用。复位电路通过管脚NRST与单片机相连,其核心器件为复位按键S1,配合复位电容 C_{13} 和复位电阻 R_{16} 一起使用。进行单片机复位操作时,按下复位按键S1,保持复位信号持续时间超过2个时钟周期。电源电路为单片机提供工作电压,工作电压大小为3.3V,输入给单片机管脚VBAT、VDD_A、VDD_1、VDD_2以及VDD_3。

2.4 Lora通信模块

Lora无线技术^[9-11]具有较强的抗干扰能力,传输距离远,同时还具有功耗低的优点。该技术的另一大优势是便于组网。医用点滴监护系统选用的是收发一体Lora通信模块,具体型号为SX1278,采用TTL串口传输数据,共有32个频段,覆盖频率范围从410~441MHz,由于采用了先进的Lora扩频技术,相比常用的频移键控技术,信号穿透力和传输距离均提升了1倍以上。

在Lora通信模块的电路中,晶振电路与SX1278的管脚XTA和管脚XTB相连,为SX1278内部集成的两个PLL提供32MHz的参考时钟。该模块的使能信号由管脚NSS输入,该管脚与单片机管脚SX1278_CS1相连,当使能管脚的输入为低电平信号时,该模块被使能。该模块的复

位信号由管脚 NRESET 输入,该管脚与单片机的管脚 SX1278_RST1 相连,当复位管脚输入为低电平时,该模块被复位。该模块 SPI 通信总线的 4 个管脚分别与单片机对应管脚相连。

2.5 液晶显示模块

液晶显示模块选用 TFT-LCD 模块作为核心器件,具体型号为 BL14002。单片机通过其管脚 PB8 选通 BL14002,其管脚 PB0~PB7 分别与 BL14002 的数据管脚 D0~D7 一一相连。由于集成了一个 5 轴按键,BL14002 非常适合便携式设备使用,能够方便地控制液晶屏的光标位置。其中按键 UP 由单片机管脚 PB9 输出信号进行控制;按键 DOWN 单片机管脚 PB10 输出信号进行控制;按键 LEFT 单片机管脚 PB11 输出信号进行控制;按键 RIGHT 单片机管脚 PB12 输出信号进行控制;按键 SELECT 单片机管脚 PB13 输出信号进行控制。

2.6 语音模块

语音报警电路选用 ISD4004 芯片^[12-13]作为核心器件,为了实现语音播报提示,需要达到 3 W 的播放功率。按照实现功能的不同可将该电路划分为如下 3 个子电路:1)单片机控制电路,其中 ISD4004 芯片的选通管脚 CS 与单片机的管脚 PA0 相连;ISD4004 芯片的管脚 MOSI 与单片机的管脚 PA1 相连,用于输入放音地址;ISD4004 芯片的管脚 SCLK 与单片机的管脚 PA2 相连,用于输入串行时钟。2)语音录入电路,用于录制特定的呼救语音并保存到 ISD4004 芯片中,该芯片的同相输入引脚 ANA IN+ 和反相输入引脚 ANA IN- 与录音电路的对应引脚一一相连。3)语音播放电路,ISD4004 芯片通过音频输出管脚 AUD OUT 将需要播放的语音信号传输给功放电路,最后通过音箱播放选中的呼救语音信号。

2.7 点滴速度控制模块

点滴速度控制模块的核心器件是步进电机传动机构,通过步进电机控制输液器的偏心轮旋转来控制点滴速度。步进电机具体型号为 15BY20L01C,属于两相四线永磁式步进电机,其力矩完全符合传动机构的要求,而且外观上满足小巧轻量的条件,适合便携式的点滴监护系统使用。步进电机由 TI 公司生产的 DRV8833 芯片^[14-15]驱动,该芯片工作电压范围较广,最小为 2.7 V,最大为 10.8 V;该芯片的最大输出电流为 1.5 A,其两个输出通道既可以同时驱动两台直流电机,也可以用来驱动一个四线步进电机。

3 软件设计

医用点滴监护系统的软件开发平台是 IAR 集成开发环境下,开发语言是 C51 语言。

3.1 点滴数据采集子程序设计

点滴数据采集子程序流程图如图 2 所示,该程序实现的功能控制传感器采集点滴数据,然后通过滤波算法有效过滤传感器采集数据中存在的二次杂波。

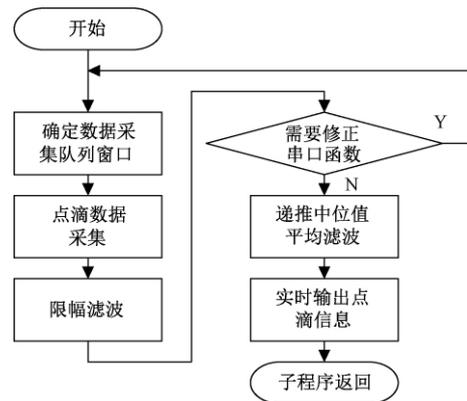


图 2 点滴数据采集子程序流程

在正常的采样状态下,相邻两次采样得到的数据差别较小,如果采样数据队列中出现差别较大的两个相邻采样数据,则表明采样过程出现问题,为了不影响后续数据处理效果,需要通过滤波算法过滤掉异常数据。该程序中使用的滤波算法是自适应滤波算法,其中第 n 次采样的队列窗口大小用 W_n 表示,设定的 W_n 的调整步长用 m 表示,如果满足 $n \% m = 0$ 这一条件时,需要调整 c 的大小。如果采样数据队列中异常数据较多,为了尽可能过滤掉异常数据,需要增大 W_n 大小从而抑制干扰信号;如果采样数据队列中异常数据较少时,为了降低运算量,需要减小 W_n 大小,从而提升算法运算速度。

接下来进行递推中位值平均滤波,首先剔除采样数据队列中的最大值和最小值,接着计算剩下的 $W_n - 2$ 个点滴采样数据的算术平均值,将该平均值作为最终的实时点滴数据,并基于该平均值更新历史保存的点滴数据平均值。

3.2 无线通信子程序设计

无线通信子程序包括发送数据子程序和接收数据子程序。SX1278 发送数据子程序流程图如图 3 所示,该子程序运行后首先进行各项初始化配置,除了完成 SX1278 芯片的时钟、Flash 等的初始化外,还设置了载波频率扩频因子、带宽发送功率等通信参数。初始化工作完成后就开始循环发送数据,为了降低功耗,每组数据发送成功后 SX1278 芯片即切换到休眠模式,等待新的发送数据。

SX1278 发送数据时,第一步将待发送数据写入到该芯片的 FIFO 中;然后配置该芯片的 RegOpMode 寄存器,使其从休眠模式切换到发送模式;数据发送后,根据该芯片 RegLrqFlags 寄存器的 TxDone 位数值判断数据发送是否成功。

SX1278 接收数据子程序的流程图如图 4 所示。该子程序开始运行后,首先完成接收模式的初始化设置,然后判断目前采用的接受模式。如果采用的是单一接收模式,当定时查询发现接收通道内出现所需的前导码后即开始接收数据。如果采用的是连续接收模式,当接收的前导码长度与 SX1278 芯片 RegPreambleMsb 寄存器和 RegPreambleLsb

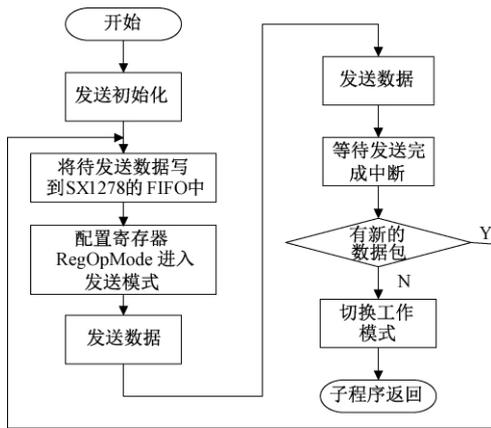


图3 SX1278发送数据子程序流程

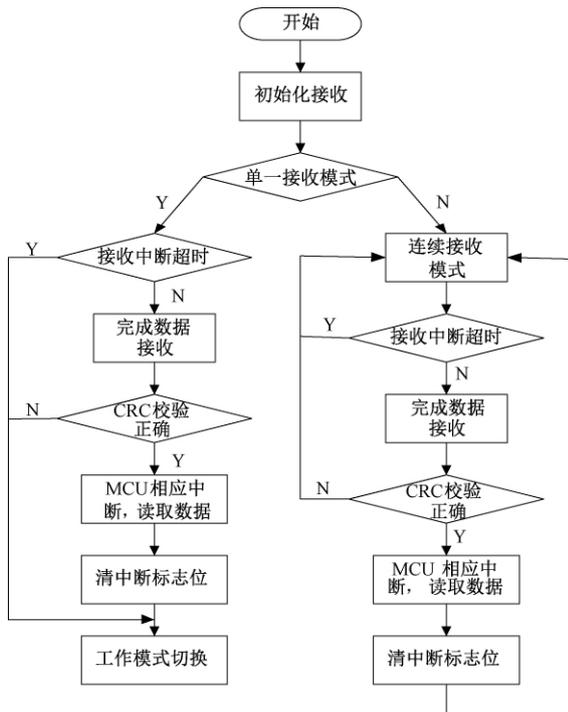


图4 SX1278接收数据子程序流程

寄存器所设定的前导码长度一致时,开始接收数据。

3.3 监控主机软件设计

手持端与后台端利用Lora技术实现数据交互,采用的是自定义的协议栈。通过模块化设计,后台监控主机运行调度算法实时显示报警信息与病人点滴信息,同时维护护士信息。监控主机软件采用触摸屏作为人机交互界面,用户体验良好,不仅可靠性高,而且便于维护、易于扩充。监控主机软件具有设置、进入、退出等功能。

4 系统测试

为了验证医用点滴监护系统的实际运行效果,搭建了

如下测试环境:包括3个检测端点,1个手持端以及1台后台监控主机,它们之间利用Lora技术实现数据交互。串口波特率设置为9600 bit/s,通过串口发送数据给检测端,测试检测端的信息显示功能运行情况。无线收发模块的射频中心频率设置为470 MHz,其发射功率设置为20 dbm,在室外和室内两种场景下测试手持端与采集端之间的有效传输距离。室外场景为空旷街区,室内场景为以一层楼梯口为起点的楼栋内。每种场景均测试了大量的数据收发,每次下发数量为100的数据包。测试使用的实物如图5所示,测试结果如表1和2所示。

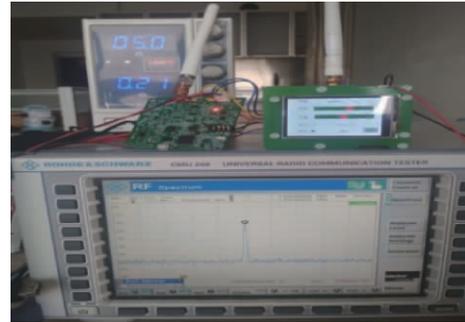


图5 通信核心板实物

表1 空旷街区测试结果

| 数组 | 距离/km | 接收数据包 | 丢包率/% |
|----|-------|-------|-------|
| 1 | 0.22 | 100 | 0 |
| 2 | 0.83 | 100 | 0 |
| 3 | 1.27 | 97 | 3 |
| 4 | 1.69 | 94 | 6 |
| 5 | 2.16 | 89 | 11 |
| 6 | 2.48 | 61 | 31 |

表2 楼宇内测试结果

| 数组 | 测试场景 | 接收数据包 | 丢包率/% |
|----|------|-------|-------|
| 1 | 2层 | 100 | 0 |
| 2 | 3层 | 98 | 2 |
| 3 | 4层 | 91 | 9 |
| 4 | 5层 | 87 | 13 |
| 5 | 6层 | 83 | 17 |
| 6 | 7层 | 75 | 25 |

表1和2均表明丢包数目随着传输距离的增大而增加。室外场景下,2.15 km的传输距离内,数据丢包率不超过12%。室内场景下,1~5层之间都能实现良好的数据传输效果。

系统功耗测试采用了最简单的串联电流表法。测试表明系统运行在低功耗模式时,相比于正常工作模式,其电流相大幅下降。

系统测试结果表明,该医用点滴监护系统具有较强的抗干扰能力和较高的稳定性,能够实现远距离通信,并且整个系统功耗较低。

5 结 论

本文将 Lora 无线技术应用到医用点滴监护系统中,后台端与检测端和手持端与之通过 Lora 无线网络实现数据交互,实现了后台端对手持端和检测端的全面监测。该系统实现了数据收发模块和检测端的硬件电路设计和软件程序设计。实测结果表明,该系统工作稳定,能够实现远距离的数据传输,不仅功耗低,而且便于组网。该系统非常符合医用点滴监护系统的需求,并且成本较低,具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 徐正平,许永森,孙超,等.可识别载波的红外遥控自主学习模块研究与设计[J].自动化仪表,2014,37(12):93-98.
- [2] 熊强强,尹建平,徐文磊,等.一种基于 onenet 云平台的老人安全监控系统设计与实现[J].工业仪表与自动化技术,2019,29(6):55-58.
- [3] 蒋萍花,张楠.数据采集系统串口通信的设计与实现[J].国外电子测量技术,2015,38(6):139-142.
- [4] 熊强强,李柯,曾美琳,等.一种基于 ARM 的无线便携式空气质量检测仪的设计与实现[J].国外电子测量技术,2018,37(8):89-93.
- [5] 李宗卿,刘忠富,吴学富.无线智能家居舒适度测控系统[J].国外电子测量技术,2016,35(11):103-107.
- [6] 熊强强,尹建平,姚卫国,等.一种智能型腕带式心率检测以的设计于实现[J].国外电子测量技术,2020,39(2):88-92.
- [7] 卢庆林.基于单片机 MPS430F 的无线通信系统设计[J].国外电子测量技术,2014,33(12):74-77
- [8] 熊强强,裴慧琴,奚建平,等.一种智能无线多点温度监控系统的设计与实现[J].国外电子测量技术,2017,36(5):55-58.
- [9] 熊强强,曾美琳,李柯,等.翻转课堂在电工电子学课程教学中的应用[J].南方农机,2019,50(16):36.
- [10] 李庆,张娅.基于 LD3320 语音识别专用芯片实现的语音控制 [J].自动化与仪表,2016(6):59-61.
- [11] 曾美琳,熊强强,李柯.基于大数据环境下智慧图书馆个性化需求服务体系研究[J].河南图书馆学刊,2019(9):90-91,97.
- [12] 熊强强,李丽英,齐志艺,等.一种基于 WiFi 环境下的简易 LED 照明系统设计与实现[J].电子测量技术,2017,40(8):231-234
- [13] 任浩,刘士兴,刘光柱.施工升降机防坠安全器远程检测系统设计[J].电子测量技术,2020,25(4):163-167.
- [14] 熊强强,曾美琳,李柯,等.基于高职院校图书馆的虚拟阅读社区模型构建[J].电脑知识与技术,2019,15(16):226-228.
- [15] 陶晓伟,杨风暴,刘哲.一种基于容积卡尔曼的标签多伯努利滤波方法[J].国外电子测量技术,2019,14(6):1-6.

作者简介

熊强强,工学硕士,高级工程师,主要研究方向为新型传感器及其多目标数据融合技术。

E-mail: xqqxqqxqq4228@126.com

尹建平,工学硕士,高级工程师,主要研究方向为光电检测及其数据处理技术。

曾美琳,教育硕士,高级工程师,主要研究方向为网络化测试系统与现代仪器。

徐文磊,工学硕士,正高级工程师,主要研究方向为计算机视觉与智能检测及其诊断技术。

李柯,工学博士,副教授,主要研究方向为强电磁干扰环境下电子对抗系统仿真。