

文章编号: 2095-2163(2021)05-0213-05

中图分类号: TP368

文献标志码: A

# 智能输液监测系统设计

高伊慧, 刘忠富, 黄金秋, 刘曦, 寇耀文

(大连民族大学 信息与通信工程学院, 辽宁 大连 116600)

**摘要:** 随着物联网技术的不断更新迭代, 医用设备的智能化也逐渐走进大众的视野。本文设计的智能输液监控系统, 以 STM32F103RCT6 单片机为核心处理器, 对药液流速、温度、以及药液剩余量进行实时监控。当检测到异常情况, 设备会进行声光报警, 提醒患者或陪护人员, 同时系统也会通过 ZigBee 无线通信模块将监控的数据上传至上位机显示报警信息, 通知医护人员及时进行处理。从而达到对输液情况进行实时监控的功能。

**关键词:** STM32 微控制器; ZigBee; 传感器; 输液监控

## Design of intelligent infusion monitoring system

GAO Yihui, LIU Zhongfu, HUANG Jinqu, LIU Xi, KOU Yaowen

(College of Information &amp; Communication Engineering Dalian Minzu University, Dalian Liaoning 116600, China)

**[Abstract]** With the continuous update and iteration of Internet of things technology, the intellectualization of medical equipment has gradually entered the public's field of vision. Nowadays, in the process of infusion, medical staff or accompanying staff are required to check regularly to avoid accidents. The intelligent infusion monitoring system designed in this paper uses STM32F103 single chip microcomputer as the core processor to monitor the flow rate, temperature and residual amount of liquid medicine in real time. When the abnormal situation is detected, the device will give an audible and visual alarm to remind patients or caregivers. At the same time, the system will upload the monitored data to the upper computer through ZigBee wireless communication module to display the alarm information and inform the medical staff to deal with it in time. So as to achieve the function of real-time monitoring of infusion situation.

**[Key words]** STM32 microcontroller; ZigBee; sensor; infusion monitoring

## 0 引言

随着近些年物联网技术的进步以及智能化设备的飞速发展, 医疗设备的智能化逐渐成为医疗领域发展的必然趋势。现如今的输液设备都是由人工进行监护管理, 但在人工监护过程中极容易出现意外, 导致医疗事故的发生; 传统的人工监护方式也极大地增加了医疗成本, 并过量消耗了医护资源。因此, 对患者输液过程进行智能化实时数据监测具有重要意义。

国内外医疗领域研究学者均对医疗设备的智能化进行了研究设计。如, 文献[1]中对基于无线蓝牙静脉输液监控系统的研究和设计; Hagihghi Reza 也在 pub 期刊发表了《A miniaturized piezo resistive flow sensor for real-time monitoring of intravenous infusion.》一文, 详细阐述微型压阻流量传感器对于静脉输液监控系统设计中的作用<sup>[2]</sup>。

本文以 STM32 单片机为核心控制处理器的下

位机系统<sup>[3]</sup>, 选用多种类型传感器, 实时监测输液过程中的关键参数。其中包括药液流速、药液剩余量以及药液温度等; 数据采集后对数据进行分析, 判断数据是否在预先设定合理范围之内; 通过设计 ZigBee 无线通信接口, 实现检测参数出现异常时及时将信息传送给 PC 端上位机<sup>[4]</sup>, 从而实现输液异常情况的远程报警功能, 提醒医护人员及时到达输液现场对出现状况进行处理。

## 1 系统设计

智能输液监控系统主要由核心处理器、采集数据电路以及无线数据传输、报警处理控制等模块组成。软件部分主要是整体系统的逻辑架构并根据需求进行软件设计。并通过软件程序驱动硬件从而实现整个系统的正常运行。

本设计首先通过流速监控电路对流速进行检测; 药量监控电路对药液剩余量进行实时监控; 温度监控电路对药液温度进行实时监控; 在发生异常情

基金项目: 校级大学生创新训练项目(202012026541)。

作者简介: 高伊慧(2002-), 女, 本科生, 主要研究方向: 智能信息处理系统; 刘忠富(1973-), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 物联网技术。

通信作者: 刘忠富 Email: lzongfu@dlnu.edu.cn

收稿日期: 2020-12-08

况时下位机系统会通过声光报警形式进行报警,并显示实时监测数据;通过无线传输系统将报警信息发送至上位机,上位机对报警信息进行显示从而提醒医护人员及时进行处理。系统架构如图1所示。

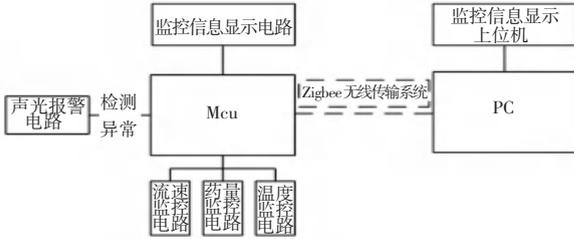


图1 系统设计框图

Fig. 1 System design block diagram

### 2 硬件系统设计

硬件系统由微处理器系统电路、数据信息采集电路、数据无线传输电路等组成。微处理器电路主要以STM32F103RCT6最小系统作为系统控制电

路;数据采集包括红外传感器及其外围电路,用来对输液过程中的流速进行实时监控;可悬挂式称重传感器及其外围电路进行药液质量的采集,从而实现药液剩余量的监控。温度采集由DS18B20温度传感器及外围电路组成,其作用为进行药液温度的实时检测。ZigBee无线传输电路和USB转TTL电路组成了无线传输电路,在出现异常情况时本系统会通过驱动此电路将报警信息发送到上位机。

#### 2.1 单片机最小系统电路

系统采用STM32F103RCT6作为主控芯片。该单片机是STM32系列单片机中的增强型,复位电路与单片机的NRST接口相连接。时钟振荡电路由2个组成:一个连接8MHz的晶振,可以使单片机在72MHz的震荡频率下满负荷工作,2个接口分别连接单片机的PD0和PD1端;另一个使用了32.768MHz的晶振,可以使单片机在极低的主频率下进行工作,从而降低使用功耗,2个接口分别连接单片机上的PC14和PC15端。单片机最小系统电路如图2所示。

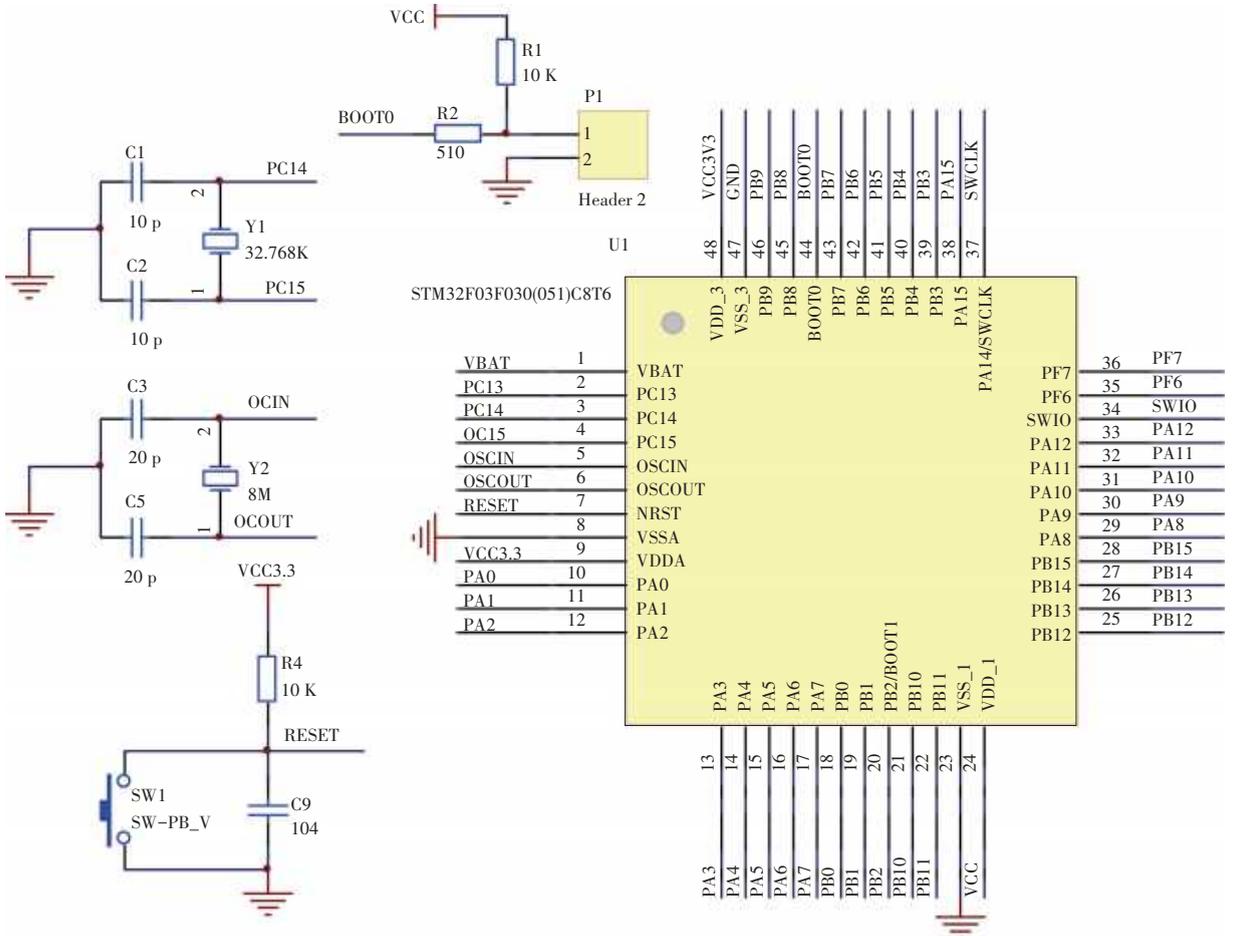


图2 单片机最小系统电路

Fig. 2 Minimum system circuit of single chip microcomputer

## 2.2 药液温度监测电路

药液温度测量模块选用的是数字传感器 DS18B20。该传感器与单片机之间的通信协议为单总线传输协议,并且只有一个数据端口与单片机的 I/O 相连接,向单片机直接传输数字信号。由数据芯片使用手册中得知,本模块采用 5 V 电源进行供电,并且外围电路相对简单,只需要外接 10K 的上拉电阻便可以对温度进行测量<sup>[5]</sup>。

## 2.3 药液滴速监测电路

药液滴速检测采用红外传感器,其工作原理是:通过传感器内部的红外发射二极管不断地发射红外

线,在液滴滴落的瞬间会将红外线反射回来;同时,传感器本身也会对光进行检测,如果没有接收到反射回来的红外线,系统不进行处理,否则模块的输出引脚会产生高低电平转换。在正常检测液滴滴速时,系统通过检测 2 个上升沿的时间差来算每滴液滴的滴速(即 2 次液滴的时间间隔)。VCC 和 GND 分别接 3.3 V 电源和 GND;单片机的 PC5 接口为本模块外接的数据传输端口。在接受到红外线反射后,信号会被电路中的放大器进行放大,通过滤波、检波和整形等步骤输出检测信号<sup>[6]</sup>。红外无线传感器的内部原理如图 3 所示。

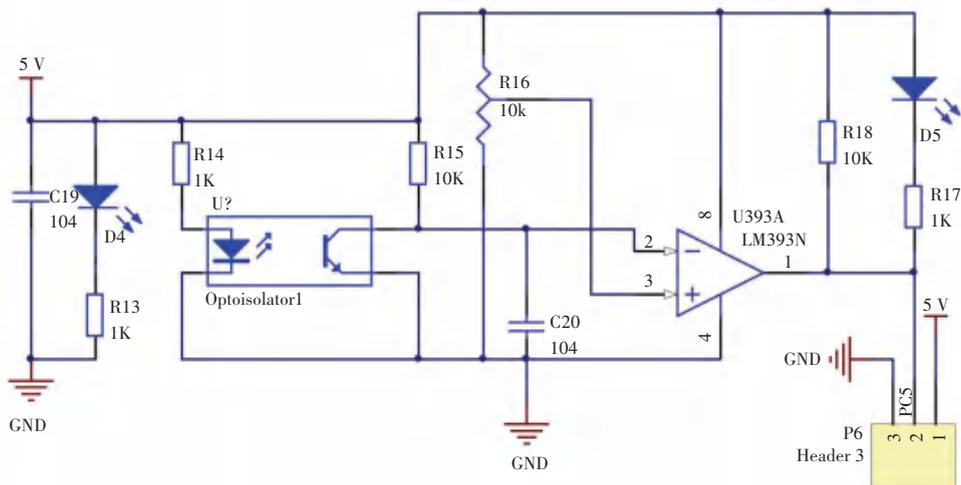


图 3 光耦红外传感器原理

Fig. 3 Principle of opt coupler infrared sensor

## 2.4 药液质量监测电路

利用悬挂模式称重传感器组成的测量电路,测出药液的重量信号,由差动放大器电路把传感器输出的模拟信号进行一定倍数的放大,然后送 A/D 转换电路中。由 A/D 转换电路把接收到的模拟信号转换成数字信号后,单片机会对药液质量进行监控,如果药液量低于设定量的 5%,则会通过无线模块进行报警。HX711 称重模块使用 5 V 电源进行供电。与单片机的接口连接为:PD\_SCK 引脚接单片机 PA11 引脚,DO<sub>out</sub> 接单片机 PA12 引脚。硬件原理如图 4 所示。本模块的工作原理为,在 U5 元件部分通过 E<sup>+</sup>、E<sup>-</sup>、S<sup>+</sup>、S<sup>-</sup>与电阻式称重传感器相连接,采集到的重量信号通过电路图中的放大器对采集信号进行放大,并由 HX711 片进行处理从而得到模拟重量信号<sup>[7]</sup>。

## 2.5 无线数据传输电路

本系统在无线数据传输部分采用了以 CC2530

作为板载芯片的集成 ZigBee 无线收发模块。ZigBee 无线通信模块支持点对点通信、点对多通信,同时也支持组网功能<sup>[8]</sup>。

ZigBee 无线通信模块电路由 CC2530 芯片及其外围电路组成,通过串口与微控制器之间进行通信,故将本模块的 TXD 和 RXD 引脚连接到主控制器的 PA10 和 PA9 引脚。本模块采用 3.3 V 电源进行供电,其损耗较低,可节约用电成本。无线传输的接收端采用 USB 转 TTL 与 PC 端进行数据的接收。无线传输模块电路如图 5 所示。

## 2.6 电源电路

由于系统无功率较大的传感器,主控芯片采用 5 V 电源电路进行供电。考虑到本设备的简易性,故采用锂电池供电。因系统中部分传感器使用 3.3 V 电源,在进行电源设计时,使用 ASM1117 芯片作为 5 V 转 3.3 V 电路设计的处理芯片。

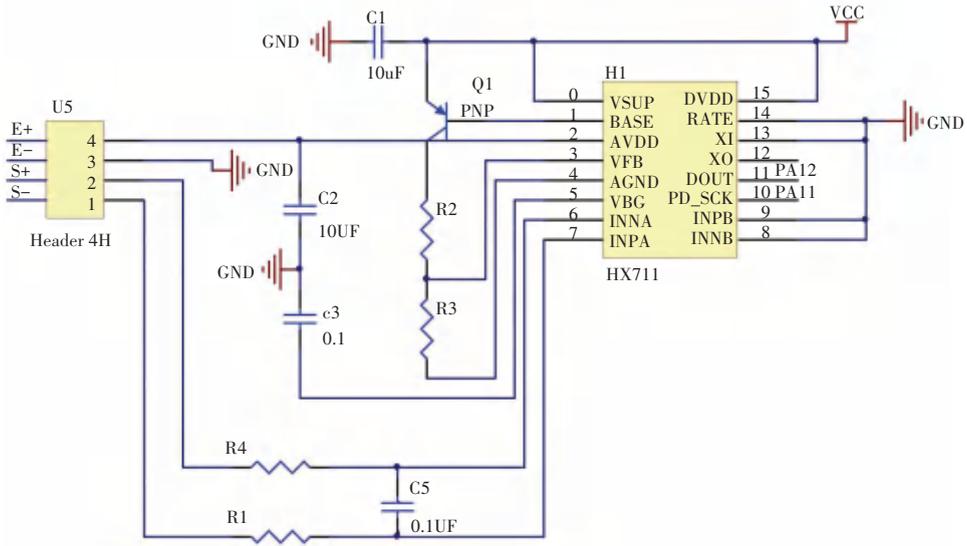


图 4 HX711 称重传感器原理

Fig. 4 Principle of HX711 load cell

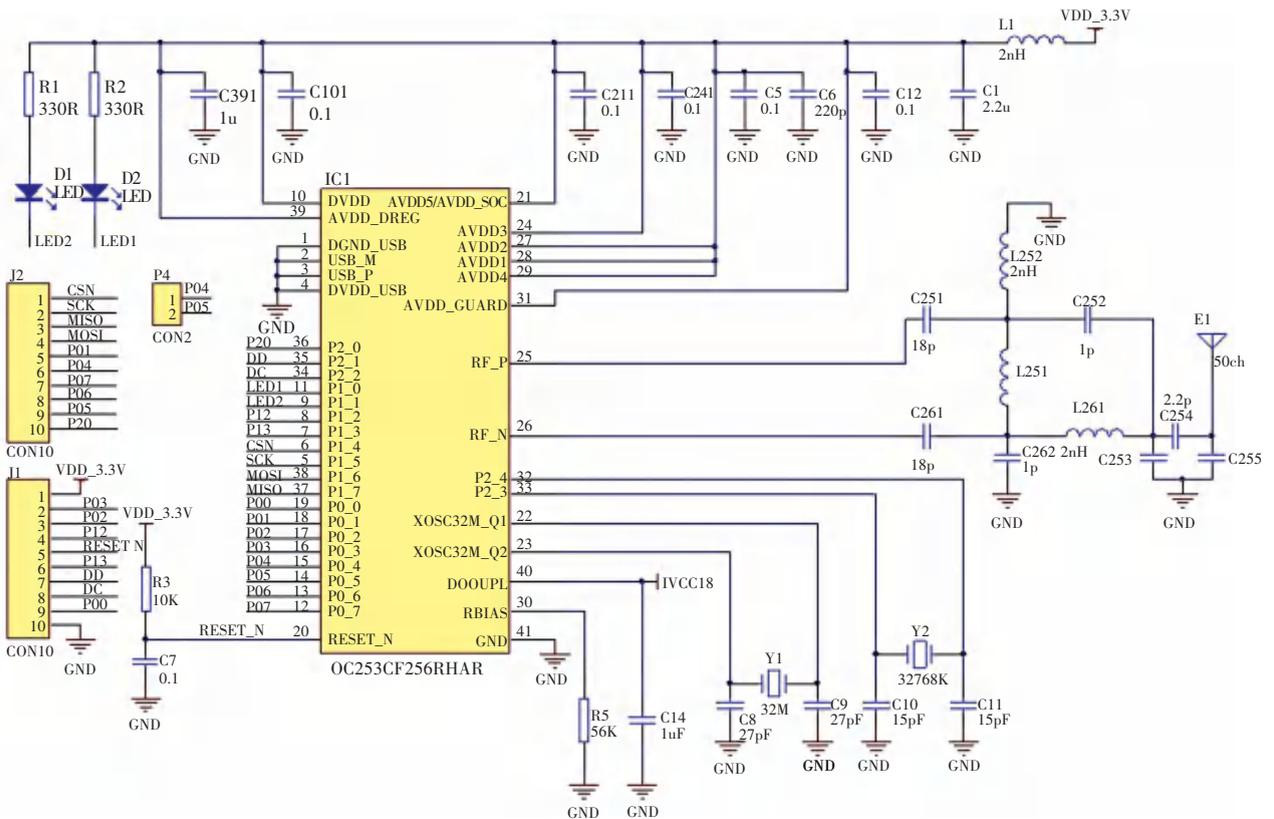


图 5 ZigBee 无线传输模块电路

Fig. 5 ZigBee wireless transmission module circuit

### 3 软件系统设计

系统软件主要由下位机软件和上位机软件设计两部分组成。下位机软件包括：数据采集程序、无线收发程序、系统数据处理程序；上位机主要由界面软件程序组成。系统中主要将下位机程序下载到

STM32F103RCT6 单片机中运行，从而实现下位机的数据采集、数据处理等功能。上位机主要实现在 PC 端显示下位机采集到的信息以及报警信息等。下位机中的程序主要使用 C 语言进行编写，C 语言是结构化编程语言，可降低软件程序的耦合性，从而实现各个模块的单独调试，以及各个模块的单独运行不

会产生互相干扰的情况。上位机界面主要通过C++编程语言进行编写。

### 3.1 下位机软件架构设计

系统下位机的软件开发以 windows10 作为操作系统平台,使用 Keil uVision5 集成开发环境完成开发工作。下位机软件中主要实现的功能是数据采集、数据处理、报警信息处理等功能。主程序工作流程如下:

(1)程序启动后首先检查无线模块连接是否正常。正常连接情况下,对传感器传输数据进行接收。

(2)将传感器所采集到的数据传到微处理器中,实现数据分析及处理,将数据处理后显示在显示屏幕上。

(3)对数据的合理情况进行检查。合理则继续检测,否则启动声光报警程序和无线报警程序。

①温度检测。首先进行传感器初始化检测,完成通过传感器的 ROM 指令,读取采集数据并对高低位数据进行整合,输出温度数值。

②药液滴速检测。首先检测红外传感器初始化是否完成,完成后通过传感器内部电路发射红外线,而后检测反射红外线,如果检测到反射红外线则进行输出接口的高低电平转换。

③液体质量检测。检查初始化是否完成,如果监测未完成初始化,则对初始化循环监测。初始化完成后通过监测电阻应变化的变化程度,计算质量信号的变化,并通过内部电路对质量信号进行放大,最后输出重量的模拟量信号。

### 3.2 上位机软件架构设计

上位机软件以 Windows10 作为操作系统平台,采用 QT 图形化界面开发软件完成开发工作。

上位机主要作为下位机检测数据的实时接收,以及报警信息接收软件。其主要实现串口信息接收、十六进制数据接收、文本数据接收、以及保存接收数据到指定文件等功能。

## 4 系统调试

在整体系统调试过程中,分别进行了监测数据正常与不正常(故障注入)情况下的测试。在进行故障注入测试时,会正常报警,下位机通过声光进行

报警。由图6和图7中可进行对比,在剩余药液为0%,滴速为0时报警灯被点亮。

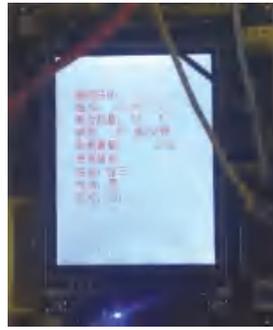


图6 无异常现象

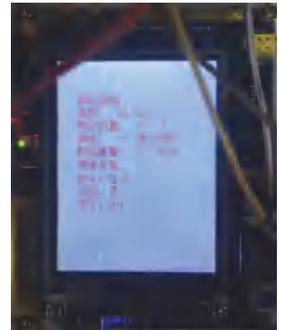


图7 有异常现象

Fig. 6 No abnormal phenomenon Fig. 7 Abnormal phenomenon

## 5 结束语

本文所设计的智能输液监测系统以 STM32F103RCT6 单片机为处理器作为控制端,通过 ZigBee 无线通信模块进行监测信息的实时发送和报警信息的传输。以 PC 端上位机作为信息接收终端。从而实现整个系统的数据监测、信息传输、以及异常情况报警等功能。该系统的应用不仅提高了医护人员的工作效率,而且也极大地避免了医疗事故的发生。经检测验证,系统具有一定的研究和应用价值。

## 参考文献

- [1] 刘玉忠,严荣国,赵伟兵,等. 基于无线蓝牙的静脉输液监控器的设计[J]. 电子测量技术,2019,42(21):21-26.
- [2] HAGIHGHI R, RAZMJOU A, OROOJI Y, et al. A miniaturized piezoresistive flow sensor for real-time monitoring of intravenous infusion[J]. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 2019(3):1-9.
- [3] 李水峰,袁仲鸣,陈文奕,等. 基于 STM32 智能医疗输液监控系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2018,26(5):62-65.
- [4] 康冰,林智远,汪鹏,等. 基于 ZigBee 的静脉注射智能远程监控系统[J]. 吉林大学学报(信息科学版),2016,34(2):186-191.
- [5] 陈仁,霍建振,张丰,等. 智能无线输液监控系统设计[J]. 电子制作,2020(9):24-26,33.
- [6] 叶盈,姚碧君,应静君,等. 智能化实时监控在输液安全中的应用研究[J]. 中国实用护理杂志,2019(23):1815-1818.
- [7] 付华,黄嵩,丁柏闻,等. 基于 ZigBee 技术的输液监控系统的设计与实现[J]. 压电与声光,2013, 35(5): 756-758,762.
- [8] 马将,杨昆,文字桥,等. 重症监护病房输液监护系统的研制[J]. 实验室研究与探索,2013,32(9):43-46.