

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.03.013

# 分布式病房监测装置的设计

孙 晓, 胡威林, 吴吉平, 吴 上, 武宇龙

(湖南工业大学 机械工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 为了减轻医务人员的负担和保证病人的安全, 设计了一种分布式病房监测装置。该装置以无线通讯技术、光线折射/散射原理为基础, 实现病房输液监测的自动化和智能化。红外发射器(IR908)发射的红外线透过输液管, 被红外接收器(PT908)接收, 由于输液管中的药液变化会改变接收光线的强弱, 引起红外接收器的电压变化, 最后单片机对红外接收器的电压进行判断。实验结果表明: 该装置结构简单、可靠性高、成本低廉, 且能实现长时间的自动监测。

**关键词:** 分布式; 病房监测装置; 红外线; 半透明管; 单片机

**中图分类号:** TP277.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2015)03-0067-04

## Design of Distributed Monitoring Device for Wards

Sun Xiao, Hu Weilin, Wu Jiping, Wu Shang, Wu Yulong

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** In order to reduce the burden on medical staff and ensure the safety of patients, a distributed monitoring device for wards is designed. It realizes the automation and intelligence of the ward transfusion monitoring on the basis of the wireless communication technology and the light refraction and scattering principle. The infrared ray transmitted by infrared transmitter (IR908) is received by infrared receiver (PT908) through the infusion tube, the change of liquid in the infusion tube could alter the receiving light intensity which leads to the voltage change of the infrared receiver, and the SCM identifies the voltage of infrared receiver finally. The experimental results show that the device has simple structure, high reliability, low cost, which realizes the automatic monitoring for a long time.

**Keywords:** distributed; monitoring device for wards; infrared ray; translucent tube; single-chip microcomputer

随着社会的高速发展,人们的生活节奏越来越快,压力也随之增大,导致生活作息不规律,人们生病的几率越来越高。对于病人来说,输液是迅速缓解病情的一种有效途径。目前,输液过程都是通过病人或医务人员的人工实时监测,这增加了病人和医务人员的劳动强度。针对输液过程中出现缺液的情况,本文提出了一种分布式病房监测装置,利用红外线的光学原理来监测输液。该监测装置减少了医护人员的工作量,提高了输液的安全性。

## 1 监测装置介绍

### 1.1 监测装置的组成

分布式病房监测装置由主机和分机组成。1台主机最多可以配置99台分机,主分机之间采用无线射频传输数据(433 MHz)。主机一般由医院的科室掌管,不同的主机采用不同的系统码,以避免相互干扰。每个床位配置1台分机,床位号设置为2位拨码开关。当分机检测到输液完毕时,发出声光报

**收稿日期:** 2015-02-26

**项目基金:** 湖南工业大学研究生创新基金资助项目(CX1311)

**作者简介:** 孙 晓(1972-),男,湖南株洲人,湖南工业大学教授,硕士生导师,主要从事机电控制与计算机应用技术方面的教学与研究, E-mail: sxbug@163.com

警,并向主机发出射频信号。主机接收到信号后,发出声光报警,并显示床位号,便于护士查看。病房监测装置<sup>[1]</sup>结构如图1所示。

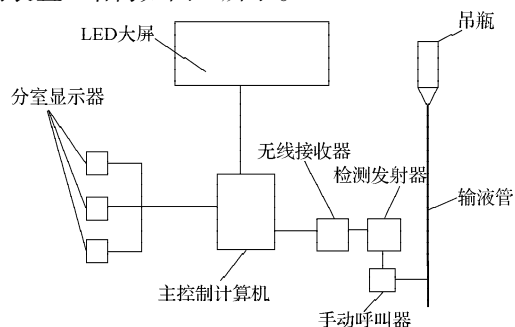


图1 分布式病房监测装置结构示意图

Fig. 1 The structure diagram of distributed monitoring device for wards

## 1.2 监测装置的工作原理

药水对红外线<sup>[2]</sup>的散射作用会导致接收端的红外线减弱,输出电压下降。因此,判断输液是否完毕的工作原理是:当输液管<sup>[3]</sup>的状态发生变化即从有水到无水(输液完毕)时,输出电压会显著升高。如果输液管为半透明管时,输出电压升高幅度为50%~100%。如果输液管为透明管时,输出电压升高幅度会大于等于100%。

判断输液是否完毕的具体方法如下:

1) 设置判决标准值  $U_0$ 。开机后,延时1s(该期间进行电池电压检测),控制红外发射管发射如图2所示的连续脉冲,连续采样5个红外接收管的输入数据<sup>[4]</sup>。如果该5个输入数据的绝对误差  $\leq 10\%$ ,则取其中值作为判决的标准,设为  $U_0$ 。如果该5个输入数据的绝对误差  $\geq 10\%$ ,则重新采样5个输入数据,直到合格为止。如果  $U_0 \leq 0.5\text{ V}$ ,则输出错误报警。

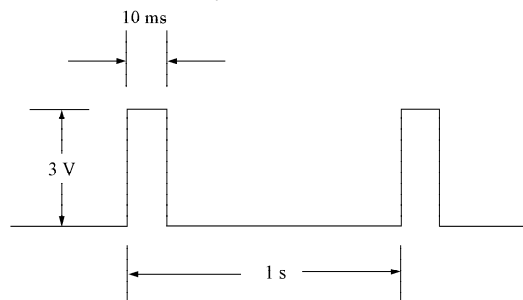


图2 红外线发射管的工作信号

Fig. 2 Work signal of Infrared transmission tube

2) 检测判决标准值  $U_0$  是否正确。如果连续3次检测到的输入信号  $U_1$  均为  $U_1 \leq 0.7U_0$ ,说明判决标准值  $U_0$  错误,则重复步骤1的工作。该步的意义是,开机后输液报警器的卡槽内可能是空的,也可能是无水输液管,也可能是有水输液管。空置时,输出电压最高;有药水时,输出电压最低<sup>[5]</sup>。因此,只有采

样到有水时的输出电压作为判决标准才正确。

3) 判断输液是否完毕。如果连续3次检测到的输入信号  $U_1$  均为  $U_1 \leq 1.3U_0$ ,表示输液完毕,发出声光报警,无线模块向主机发出输液完毕的报警信号。

## 2 监测装置设计

### 2.1 红外线发射器与接收器

#### 1) 红外线发射器

红外发射器(IR908)是一种光学发射器件,其波段范围为近红外,采用连续式的运转方式。通电后,单片机的1个I/O口输出红外线发射管的工作信号,要求高电平驱动电流  $\geq 5\text{ mA}$ 。如达不到,则增加外部驱动电路。

#### 2) 红外线接收器

红外接收器(PT908)的波段范围为远红外,采用连续式的运转方式和电激励式的激励方式。将单片机<sup>[6]</sup>的1个I/O口(带8位A/D转换)作为红外线检测信号的输入端。红外线发射器为高电平脉冲时,输入信号延时1ms开始A/D转换;高电平脉冲结束前1ms停止A/D转换。每个高电平脉冲期间,采样5次,A/D转换的时间  $\leq 1\text{ ms}$ ,将5次的A/D转换结果取中值(排序后,取中间值)作为输入信号,用来判断输液报警是否动作。

### 2.2 分机地址(床位号)设定

在产品定型中,可用下述3种方法设定分机地址(床位号):

1) 采用2位8421编码的拨码开关,地址范围为00~99,需占用单片机的8个I/O端口。

2) 采用4位8421编码的拨码开关,地址范围为0000~9999,需要占用16个单片机的I/O端口,如单片机的端口不够用,可考虑用硬件电路进行并行数据转串行数据。

3) 采用4个按键加LCD显示屏的方式。

### 2.3 分机声光报警

分机设有红、绿2个LED指示灯和蜂鸣器,用来指示不同的工作状态。不同工作状态如下。

1) 获取判决标准值  $U_0$  时,红、绿指示灯长亮,蜂鸣器不响。

2) 正常工作时,绿灯亮0.3s,灭1.7s。

3) 输液完毕时,红灯亮0.5s,灭0.5s闪烁,直至输液完毕的判决条件不满足或关闭电源,停止光报警。蜂鸣器响0.5s,停0.5s,报警时长为10s后自动关闭声音报警,或输液完毕的判决条件不满足时停止声音报警。

4) 电池电压不足时的报警方法,红灯长亮5s,

蜂鸣器连续响 5 s。

### 2.4 分机无线信号发射

分机向主机发射射频信号, 每次的发射周期 ≤ 10 ms (发射周期越短越好)。发射的信号应包括同步信号、系统码、分机地址码 (床位号)、分机工作状态 (正常或报警) 等。分机无线信号的发射方法具体如下:

- 1) 分机正常工作时, 每 5 min 向主机发射 1 次正常工作信号, 表明该分机工作正常。
- 2) 输液完毕时, 每 1 min 向主机发射 1 次报警信号。

## 3 实验分析

### 3.1 实验方法与实验过程

输液管直径为 3.5 mm, 分为半透明管 (磨砂) 和透明管 2 种。本文分别对 2 种输液管在有水和无水条件下进行了输出电压的监测。红外发射器与接收器位于输液管外侧不同的检测位置, 其不同的位置, 对红外线的影响不同。实验电路<sup>[4]</sup>如图 3 所示。

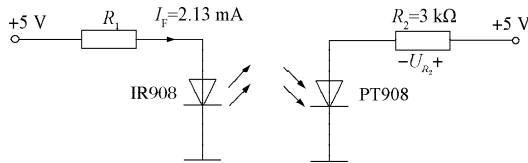


图3 实验电路图

Fig. 3 The diagram of test circuit

红外发射器与接收器的间距为 5.6 mm。由于外界光线 (自然光和日光灯) 对输出电压  $U_{R_2}$  的影响为 0.1 V 左右。在不屏蔽外界光线的影响下, 空置 (红外发射管与接收管之间为空气) 时,  $U_{R_2}=3.0$  V。红外接收器在半透明管和透明管不同位置的输出电压如图 4 所示。

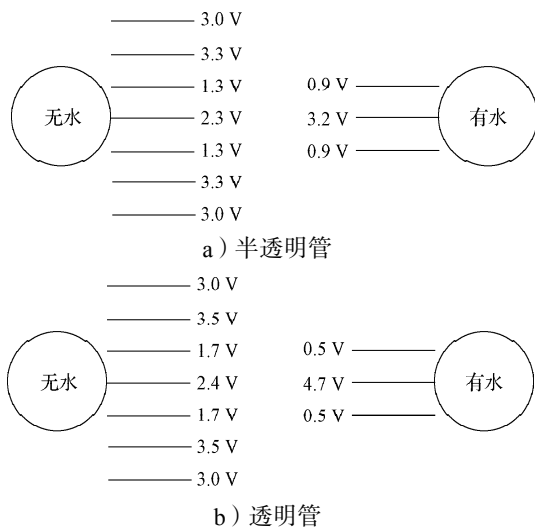


图4 输液管不同位置的输出电压

Fig. 4 Output voltages at different locations of infusion tube

由图 4 可知, 在输液管的边缘位置, 药水对红外线具有折射、散射作用, 使接收端信号减弱, 输出电压下降。因此, 本文利用上述原理来判断输液是否完毕。红外线发射接收器在输液管中的检测安装位置如图 5 所示。

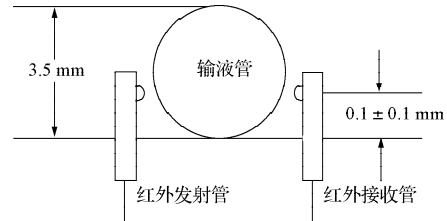


图5 红外线在输液管中的检测位置

Fig. 5 Infrared ray detection position in the infusion tube

### 3.2 半透明管实验

在电池电压  $U=3.0$  V, 发射电流  $I=3.66$  mA 的条件下, 根据以上分析得出, 需对半透明管在不同状态条件下进行 9 组药水监测实验。在无水半透明管、有水渍半透明管、有水半透明管 3 种情况下, 红外接收器的电压变化情况<sup>[5, 7]</sup>如表 1 所示。

表1 红外接收管的电压变化表

Table 1 The voltage change of infrared receiver V

编号	无水半透明管	有水渍半透明管	有水半透明管
1	2.10~2.54	2.05~2.45	1.28~1.61
2	2.22~2.45	2.09~2.41	1.40~1.59
3	2.25~2.56	2.21~2.56	1.19~1.43
4	2.15~2.38	2.08~2.51	1.30~1.60
5	2.12~2.61	2.10~2.48	1.31~1.64
6	2.31~2.61	2.25~2.55	1.08~1.45
7	2.12~2.40	2.14~2.39	1.23~1.61
8	2.27~2.50	2.19~2.55	1.06~1.29
9	2.15~2.55	2.12~2.43	1.31~1.57

由表 1 可知:

- 1) 不同输液管或者同一输液管的不同位置, 对红外线的散射作用不一样。这是由于输液管的管壁厚度不均匀, 输液管的圆度不一致所造成。
- 2) 对于不同输液管或输液管的不同位置, 以有水半透明管的输出电压为基准。当输液管从有水到无水状态变化时, 输出电压上升 48.4%~108.3%, 满足判决要求 (上升 30% 以上)。

## 4 功耗分析

### 4.1 电池供电分析

AAA 碱性电池<sup>[8]</sup>的电量一般在 450~600 mA · h, 电池电量的大小与放电方式有很大关系。如用 500 mA 对 7 号碱性电池 (双鹿) 放电到 1 V, 得到容量 400 mA · h, 但是用 10 mA 对其放电到 1 V, 可以得到容量 1 100 mA · h。因此, 7 号电池以小电流放电,

可以得到  $2\ 000\ \text{mA} \cdot \text{h}$  以上的容量。输液报警器的连续放电电流  $\leq 2\ \text{mA}$ ，间隙放电电流  $\leq 100\ \text{mA}$ （占空比  $\leq 1\%$ ），放电终止电压为  $1.3\ \text{V}$ 。按此工作方式，电池电量按  $400\ \text{mA} \cdot \text{h}$  计算。

#### 4.2 输 1 瓶药液所需电量分析

假设输 1 瓶药液（ $150\ \text{mL}$  药水）的时间为  $1\ \text{h}$ ；输液完毕后，报警时间为  $5\ \text{min}$ 。各单元电路的耗电量如表 2 所示。

表2 各单元电路的耗电量

Table 2 The power consumption of each unit circuit

单元电路名称	电流 /mA	耗电量 / ( $\text{mA} \cdot \text{s}$ )
红外线发射器	3.63	141.6
红外线接收器	0.81	31.6
LED 红灯	1.16	191.4
LED 绿灯	1.12	621.6
无线发射模块	100	56.0
蜂鸣器	25.0	132.5
单片机及外围电路	休眠: 0.05 唤醒: 2	907.0

由表 2 可知，所有单元电路的耗电量为  $2\ 081.7\ \text{mA} \cdot \text{s}$ ，即约  $0.58\ \text{mA} \cdot \text{h}$ 。因此，1 对 7 号南孚 AAA 碱性电池可以输液的数量约 1 379 瓶。

## 5 结语

本文基于点滴看护的繁琐与安全性，设计了一种分布式病房监测装置。分布式病房监测装置由主机和分机组成。该装置以无线通讯技术、光线折射/散射原理为基础，采用将接收光线强弱转化为输出电压的变化，通过单片机控制，实现病房输液监测的自动化和智能化。最后，利用制造的样机在接收和发射器不同监测位置和输液管不同状态条件下进行测试实验。测试结果表明，本监测装置能实现远距离多分机发送报警信号，监测过程中，未出现错误报警情况。该装置结构简单、可靠性较高、成本低廉，可以满足各医院对于点滴监控的要求。

#### 参考文献:

[1] 黄建清, 王卫星, 姜 晟, 等. 基于无线传感器网络的水产养殖水质监测系统开发与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 183-190.  
Huang Jianqing, Wang Weixing, Jiang Sheng, et al.

Development and Test of Aquacultural Water Quality Monitoring System Based on Wireless Sensor Network[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(4): 183-190.

[2] 张志勇, 郭天天, 卢焕章. 红外传感器自身效应仿真研究[J]. 统仿真学报, 2007, 19(3): 601-604.  
Zhang Zhiyong, Guo Tiantian, Lu Huanzhang. Simulation Study of Inherent Effects of Infrared Sensor[J]. Journal of System Simulation, 2007, 19(3): 601-604.

[3] 康平利, 邢志强, 姜玉春. PVC 输液管吸附硝酸甘油作用的研究[J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 2009, 36(3): 273-275.  
Kang Pingli, Xing Zhiqiang, Jiang Yuchun. Determination of PVC Transfusion Tube Adsorption to Nitroglycerin[J]. Journal of Liaoning University: Natural Sciences Edition, 2009, 36(3): 273-275.

[4] 秦曾煌. 电工学[M]. 7版. 北京: 高等教育出版社, 2010: 35-101.  
Qin Zenghuang. Electrotechnics[M]. 7th ed. Beijing: Higher Education Press, 2010: 35-101.

[5] 汤 涌, 仲悟之, 孙华东, 等. 电力系统电压稳定机理研究[J]. 电网技术, 2010, 34(4): 24-29.  
Tang Yong, Zhong Wuzhi, Sun Huadong, et al. Study on Mechanism of Power System Voltage Stability[J]. Power System Technology, 2010, 34(4): 24-29.

[6] 林雪梅, 彭佳红, 姚志成. 单片机多机通信协议的设计[J]. 微计算机信息, 2006, 22(5): 24-26.  
Lin Xuemei, Peng Jiahong, Yao Zhicheng. The Design of the Protocol of Multi-Computer Communication Among Single-Chip Micro-Computers[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(5): 24-26.

[7] 汤 涌, 林伟芳, 孙华东, 等. 考虑负荷变化特性的电压稳定判据分析[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(16): 12-18.  
Tang Yong, Lin Weifang, Sun Huadong, et al. Analysis of Voltage Stability Criterion Considering Load Characteristics [J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(16): 12-18.

[8] 于志豪, 常 龙, 张瑞雪, 等. 锂电池动力电源单体电池电压检测系统设计[J]. 电源技术, 2014, 38(5): 832-834.  
Yu Zhihao, Chang Long, Zhang Ruixue, et al. Design of Cell Voltage Detection System for Li-Ion Battery Dynamical Power[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2014, 38(5): 832-834.

(责任编辑: 邓 彬)