

基于 PIC 的静脉点滴输液监视提醒装置

杨明杰¹, 于敏², 高响响¹

(1. 闽南理工学院 电子与电气工程系, 福建 石狮 362700;

2. 西安交通大学 电气工程学院, 西安 710049)

摘要: 基于 PIC 单片机研制了一种静脉点滴输液用监视提醒装置, 配套一次性点滴输液器使用, 实现了静脉点滴输液全过程的智能化准确监测与报警, 减少了病人和陪护人员的顾虑; 详细介绍了装置的系统结构和功能特点, 给出了硬件设计原理和 PIC 单片机的软件设计流程图; 基于试验测试波形的分析, 点滴速度允许范围为 12~160 drop/min; 试验表明, 所研制的静脉点滴输液用智能监视提醒装置具有监测准确、安全可靠、操作简便及结构简单等特点。

关键词: 静脉输液; 点滴输液; 单片机

Monitoring and Warning Device for Intravenous Transfusion Based on PIC

Yang Mingjie¹, Yu Min², Gao Xiangxiang¹

(1. Department of Electronic and Electrical Engineering, Minnan University of Science and Technology,

Shishi 362700, China; 2. School of Electrical Engineering, Xian Jiaotong University, Xian 710049, China)

Abstract: Monitoring and warning device for intravenous transfusion is developed based on PIC microcontroller. It supports the use of disposable infusion set to realize the intelligent accurate monitoring and alarm for whole process of intravenous infusion, which can allay misgiving for the patients and caregivers. System structure and function characteristics of the device are introduced in detail, then hardware design principle and the flow of software for PIC is given. Dropping speed range allowed is 12 to 160 drop/min based on the analysis of experiment detecting waveform. The experiment shows that: intelligent monitoring and warning device for intravenous transfusion has the characteristics of accurate monitoring, safety and reliability, easy operation, simple structure.

Key words: intravenous transfusion; drop transfusion; microcontroller

0 引言

医院广泛采用一次性使用点滴输液器将输液瓶的药液输入人体静脉, 输液时药液的滴速要合适, 药液滴完时应及时更换新的输液瓶或完成输液, 以免人体的血液回流到输液器。人为查看点滴的方式, 给病人或陪护人员增添了顾虑, 浪费了时间, 容易因疏忽而影响输液治疗。因此, 有必要对点滴输液过程进行自动监测和报警。

根据文献查阅, 目前已有的输液报警器, 大致采用以下几种方案: (1) 通过测量输液瓶的重量来确定药液是否输完的方案^[1]; (2) 药液接触式的方案^[2]; (3) 通过在输液瓶上放置红外对管的方案^[3]; (4) 将点滴罐封闭在红外线检测报警装置内部的方案^[4]。这些方案存在以下不足: 有的无法识别药液的滴速, 准确性差; 有的无法对因管路阻塞引起的点滴异常及时报警, 可靠性差; 有的存在接触药液的安全隐患; 有的拆装困难。综上所述, 现有的输液报警器在准确性、安全性、可靠性及操作方便性等方面存在不足, 难以推广使用。

本文设计了一种静脉点滴输液的监视报警装置, 使点滴输液更加安全、放心, 减少了病人和陪护人员的顾虑^[5]。解决了

现有的输液报警器在准确性、安全性、可靠性、操作方便性、便携和经济性等方面存在的不足^[6-8]。

1 系统结构和功能特点

静脉点滴输液用智能监视提醒装置的系统结构如图 1 所示, 由红外发射和接收电路、信号调理电路、PIC 单片机、点滴同步指示灯、报警提醒扬声器、低压隔离电源构成。左侧的红外发射电路发出一束红外线, 向右正中透过输液器点滴罐的

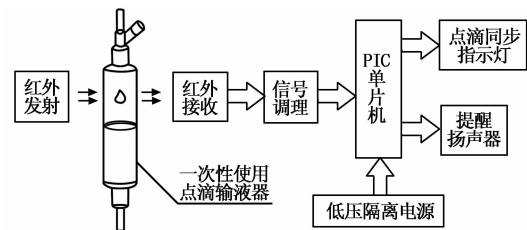


图 1 系统结构图

上半部分, 由红外接收电路将接收到的红外光转换为电压信号, 经信号调理电路进行电压信号的放大和调理, 送至 PIC 单片机的输入引脚进行信号识别; 当输液器的点滴罐中有药液滴下时, 此时红外光受到反射和散射, 使红外接收电路的恒定电压信号产生脉冲, 经信号调理电路处理后, 送给 PIC 单片机一个电压脉冲信号, PIC 单片机通过执行程序实现脉冲信号的可靠识别, 并驱动点滴同步指示灯闪烁一次, 同时驱动提醒扬声器模拟发出微小的滴水声“嗒”; PIC 单片机通过执行程序对

收稿日期: 2013-11-29; 修回日期: 2014-01-15。

基金项目: 泉州市科技计划重点项目(2012Z128)。

作者简介: 杨明杰(1983-), 男, 福建晋江人, 工学硕士, 主要从事测控仪器和自动化控制等方向的研究。

脉冲间隔进行计时，当脉冲信号超过一定时间没有到来，则驱动提醒扬声器进行报警，以提醒药液点滴已经停止或出现异常；若 PIC 单片机再次收到脉冲信号，则关闭报警声音，恢复正常监视状态，继续驱动点滴同步指示灯闪烁，并模拟发出微小的滴水声“嗒”；系统由低压隔离电源稳定供电。

智能静脉点滴输液监视提醒装置的功能特点：(1) 使用时将装置夹在输液器点滴罐的上半部分，只需通过电源开关接通或断开电源，即可进入开始或停止点滴输液监视；(2) 正常监视静脉点滴输液时，装置上的点滴同步指示灯，能实时、同步、准确地指示输液过程中每一滴滴下的药液，便于陪护人员随时查看，同时提醒扬声器模拟发出微小的滴水声“嗒”，既逼真反应点滴状态，又不影响病人休息；(3) 出现静脉输液异常时，若药液超过 5 s 没有滴下，说明药液已经输完或者不能正常输液，此时发出报警声且指示灯快速闪烁，提示医护人员进行处理，若药液已经输完，可使用一次性点滴输液器的流量调节器停止输液，或者，拔插输液瓶的穿刺器，更换下一瓶药液继续输液，此时输液器的点滴罐中又有药液滴下，则自动停止报警声并恢复监视；(4) 因装置只夹在输液器点滴罐的上半部分，既不影响人为直接查看药滴，也使得拆装简便。

2 硬件设计原理

红外光发射与接收信号调理电路如图 2 所示。电阻 R_1 、红外发光二极管 TD1 串联，构成红外光恒定发射光源；电阻 R_2 、红外接收二极管 RD1 串联，构成红外光接收与电压转换电路，经过极性电容 C2 滤除噪声后送至隔直通交电容 C1，得到交流脉冲信号，再经过由 R_3 、 R_4 、T1 组成的共射极放大电路进行放大，最后经过交流信号耦合电容 C3 得到能够识别的脉冲信号送至 PIC 单片机的输入引脚。

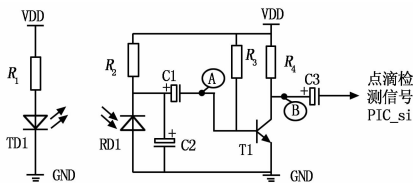


图 2 红外光发射与接收信号调理电路图

PIC 单片机输入输出接口电路如图 3 所示。PIC 单片机通过 PIC_si 引脚，对来自图 2 红外光发射与接收信号调理电路输出的点滴检测信号进行读取和识别；通过 PIC_out1 引脚控制发光二极管 LED1 闪烁，对点滴进行同步指示或报警闪烁；PIC_out2 引脚的输出经 R_5 、三极管 T2 构成的驱动电路，控制提醒扬声器模拟发出微小的滴水声“嗒”或报警声。

3 PIC 单片机的软件设计流程

在对信号进行实验测试与分析的基础上，采用 PIC 单片机通过执行预先设计的程序软件实现信号的识别和输出控制，主程序流程如图 4 所示。程序开始执行时，先初始化点滴红外接收引脚为输入功能、点滴同步指示灯和提醒扬声器的输出驱动控制引脚无信号，再初始化为无报警状态，即令标志位 flag=0；此后，开始读取并识别红外接收引脚的脉冲，如果有低电平到高压的脉冲跳变，说明此时有药液滴下；为了与药液滴下的时刻保持同步，插入了短暂延时，然后模拟发出微小的

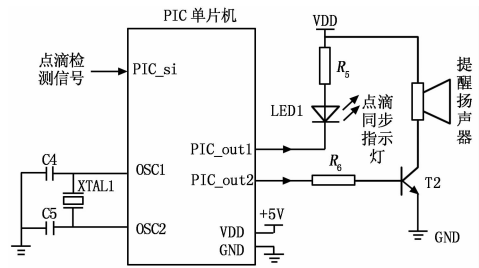


图 3 PIC 单片机输入输出接口电路图

滴水声“嗒”，同时点滴同步指示灯短亮一次，从而实现逼真反应点滴的声音和状态；另外，如果没有脉冲跳变，则执行超时检测子程序。

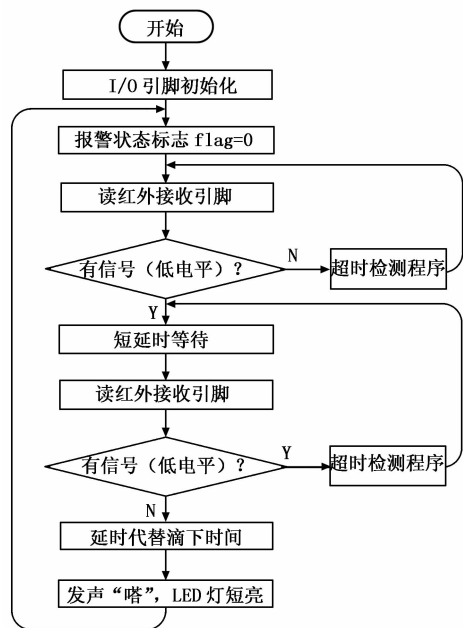


图 4 主程序流程图

超时检测子程序的流程如图 5 所示，若处于无报警状态 (flag=0)，且药液超过 5 s 没有滴下，说明药液已经输完或者不能正常输液，此时发出报警声且指示灯快速闪烁，并设置进入报警状态，令标志位 flag=1，达到持续报警提醒的目的；若已经处于报警状态了 (flag=1)，则发出持续的报警声，且指示灯快速闪烁。

4 试验结果与分析

临床上进行静脉点滴输液，最常见的是使用透明塑料材质的一次性点滴输液器，且药液通常呈无色透明，若红外光发射与接收信号调理电路（如图 2）能够准确、可靠地检测到点滴罐中滴下每一滴透明药滴，则对其他非透明或有色透明的药滴也应当能够准确、可靠检测。因此，将无色透明药液的静脉点滴输液作为本监视报警装置的测试对象，电压波形测量的示波器的型号为 GW instek GDS-1052-U，点滴速度允许范围为： $>12\text{drop}/\text{min}$ （即要求两药滴滴下的时间间隔 $T_{\text{pulse}} < 5\text{ s}$ ）。

当点滴输液速度为 $70\text{ drop}/\text{min}$ ($T_{\text{pulse}} = 0.85\text{ s}$) 时，示波器从红外光发射与接收信号调理电路中的测试点 A（见图

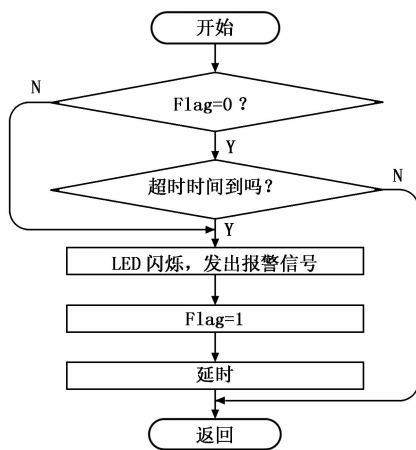


图 5 超时检测子程序流程框图

2), 测得的红外接收的光电转换电压波形序列如图 6 所示, 可见, 在药滴速度固定的情况下, 检测到光电转换的电压波形比较稳定、整齐, 周期约为 0.85 s; 局部放大后的单个光电转换电压波形如图 7 所示, 其中: 正脉冲幅值约为 0.09 V, 时间宽度约为 6 ms; 负脉时间拖尾较长, 幅值约为 0.34 V。由此并根据电路结构进行分析, 可推知透明的药液滴下时对红外光路的作用过程是: 首先起主要作用的是液滴边界的反射遮挡作用, 随后起主要作用的是液滴中心的透射聚焦增强作用。因此, 为了第一时刻能够检测到液滴边界对红外光路的反射遮挡作用, 识别光电转换后的正脉冲是关键, 才能够保证点滴同步指示灯的闪烁能够实时、准确反应点滴过程, 该信号再经后续的调理电路放大。

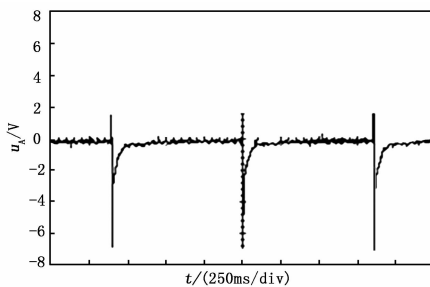


图 6 光电转换电压波形序列

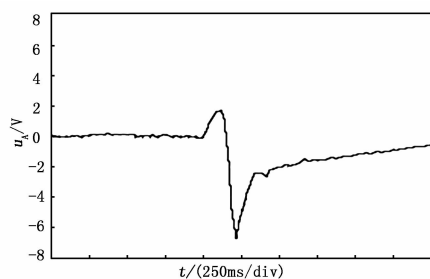


图 7 单个光电转换电压波形

当点滴输液速度为 63 drop/min ($T_{\text{pulse}} = 0.95 \text{ s}$) 时, 示波器从红外光发射与接收信号调理电路中的测试点 B (见图 2), 测得的信号调理后的电压波形如图 8 所示, 可见, 在药滴

速度固定的情况下, 红外光电转换电压信号经过共发射极电路放大后的电压波形, 由幅值约为 2.5 V, 时间宽度约为 6 ms 的负脉冲和幅值约为 2.8 V, 时间宽度约为 250 ms 的正脉冲构成。再经过交流耦合电容后, 可以得到足够幅值和时间宽度的脉冲信号供 PIC 单片机进行读取和识别。结合上述对测试点 A 的光电转换电压信号的分析, 可知: 为了第一时刻能够检测到液滴边界对红外光路的反射遮挡作用, 识别测试点 B 的负脉冲是关键, 才能够保证点滴同步指示灯的闪烁能够实时、准确反应点滴过程。

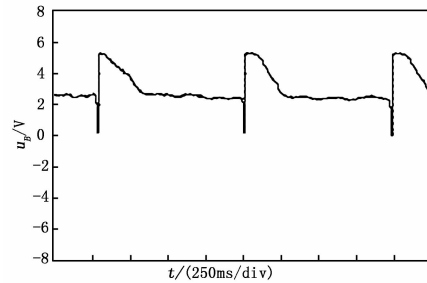


图 8 信号调理后的电压波形

依据电压测试波形图 8 可知, 脉冲允许的最短周期小于 $T_{\text{pulse}} = 250 \text{ ms}$, 可推知, 最高允许点滴速度不低于 160 drop/min, 因此, 点滴速度允许范围为: 12~160 drop/min。

5 结论

上述实验测试结果表明: 采用红外光发射与接收信号调理电路, 能够准确、可靠检测到一次性使用点滴输液器中滴下的透明药滴, 并通过 PIC 单片机软件的程序设计, 实现了点滴信号的正确识别、点滴状态的同步指示和速度异常或结束时的报警提醒功能, 点滴速度允许范围为: 12~160 drop/min。使用时操作简便, 只需将本装置夹在输液器点滴罐的上半部分, 接通电源, 就能自动智能监测; 另外, 装置不直接接触药液, 安全可靠, 电路结构简单, 易于推广使用。

参考文献:

- [1] 承伟, 承楠. 输液报警器 [P]. 辽宁: CN202044592U, 2011-11-23.
- [2] 袁侨英, 司良毅, 徐强, 等. 输液报警器 [P]. 重庆: CN101954131A, 2011-01-26.
- [3] 周明非, 刘延子. 自动输液报警器 [P]. 北京: CN1312462, 2001-09-12.
- [4] 金连河, 李光明, 冯华升. 医用点滴自动控制器 [P]. 广东: CN1736499, 2006-02-22.
- [5] 杨明杰, 许书洛, 高响响. 一种点滴输液监视报警器 [P]. 福建: CN102631724A, 2012-08-15.
- [6] 苏英, 赵士伟, 陈平. 基于 RTOS 的输液监控系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (8): 1039-1040, 1058.
- [7] 陈木斌, 吴星明. 基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的智能输液控制系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2007, 15 (3): 349-351.
- [8] 李致金, 吴文娟. 基于 SN8P1917 微控制器的输液无线自动呼叫系统 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (6): 1312-1315, 1318.