

基于 FPGA 控制的输液系统设计

杨志成,张利霞,闫贵琴,樊晓兵

(北京联合大学 生物化学工程学院,北京 100023)

摘要:介绍了一种以 FPGA 为核心的多功能输液系统的设计方法。该系统具有键盘操作、点滴检测、点滴速度控制、余液显示、语音通信和报警等功能。采用光纤传感器检测点滴速度,用容栅传感器检测余液量,用步进电机及其配套装置控制点滴速度。实验证明,检测与控制等性能达到设计要求。

关键词: FPGA;点滴速度控制;光纤传感器;容栅传感器;语音通信

中图分类号: TP29

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)20-0087-03

A transfusion-surveillance-control system based on FPGA

YANG Zhi Cheng, ZHANG Li Xia, YAN Gui Qin, FAN Xiao Bing

(Biochemical Engineering College, Beijing Union University, Beijing 100023, China)

Abstract: This paper introduces a transfusion-surveillance-control system method which uses FPGA as its core. This system possesses functions such as keyboard operation, liquid drop detection, liquid speed control, remainder liquid display, speech communication and alarm, etc. Specifically, it uses infrared sensors to detect liquid drops, capacitive sensors to detect liquid speed and stepper motor and accessories to control liquid speed. Through testing, the functions of this system all reach the design demands.

Key words: FPGA; transfusion-surveillance-control; liquid speed control; infrared sensor; capacitive sensors; speech communication

目前,医院输液现场一般是人工控制和监视,但输液速度和输液量是一个很难准确把握的值,护士通过转动输液器上的手动轮来控制输液速度,并通过肉眼观察估计速度,而且输液过程中,医护人员一般不能全程陪护,会给病人和医务人员带来许多安全隐患和不便^[1-5]。本文设计了一种集输液控制、显示、报警、语音通信等多种功能的输液控制系统。

1 系统总体设计

输液监控系统原理如图 1 所示,包括 FPGA 控制器、点滴速度检测、余液体积检测、执行机构、键盘控制、LCD 显示、语音通信(发送与接收)以及 RS232 总线转换等部分。

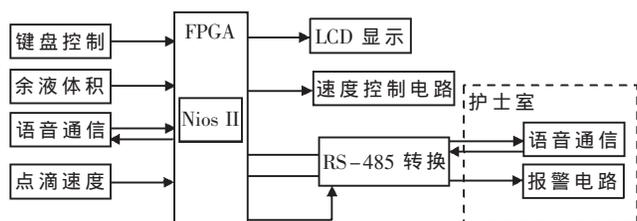


图 1 输液监控系统原理图

输液控制与语音通信是本文的主要研究内容,也是本系统稳定性和可靠性的根本保证。根据系统要求,设计中以 FPGA 为控制器,以光纤传感器和容栅传感器为检测机构,以步进电机为执行机构。为了安全和方便,利用 RS232 总线增设了语音通信和输液完成自动报警等功能。

2 硬件部分

2.1 控制器硬件设计

控制器主芯片采用 Altera 公司的型号为 APEX 系列的 FPGA 芯片,芯片型号为 Cycl-one II EP2C35F672C6。FPGA 芯片采用 90 nm 的低功耗设计,672-Pin FineLine BGA 封装,内置 35 个内嵌 18×18 乘法器、475 个用户管脚、4PLLs、205 个差分通道(比 c8 高出一倍的主频,可以达到 400 MHz)典型值 100 万门,最大值约 160 万门。主处理器采用 Altera 公司的 32 位 Nios 软核处理器,与传统的嵌入式处理器相比,Nios II 处理器更加灵活。该芯片具有定制特性,可以根据自身的系统要求、性能要求和成本要求进行定制。系统总线采用 AVALON 总线标准。另外系统具有 RS232 串行通信口、键盘 PIO、LCD 显

技术与方法 Technique and Method

示等外围扩展功能,便于系统的进一步开发,缩短系统的开发周期,降低系统的开发成本^[6]。

2.2 键盘控制

为了操作方便,系统采用键盘操作。设备履行一种双向同步串行协议,接口中最重要的4根线是数据线、地线、电源线和时钟线。在键盘内部,有一个专门负责扫描按键的处理器,它能检测出某个键被按下或者按下后被释放,并根据按键的类型产生相应的扫描码。键盘发送的扫描码有通码(Make)和断码(Break)两种类型。当键盘上的一个键被按下时,键盘会根据按键类型产生一段通码;当键盘上的一个键按下后被释放时,键盘会根据按键类型再产生一段断码。此处理器为每个按键分配了唯一的通码和断码,这样主机通过查找唯一的扫描码就可以测定是哪个键被按下或释放。具体方法是启动 Quartus II,建立一个名为 ps2_keyboard.qpf 的工程,选择器件,创建文本文件并编写代码,以接收来自键盘的扫描码,要求对不同的按键做出响应,为器件进行输入输出管脚分配,完成后对工程进行编译。

如图2所示,键盘总是产生时钟信号,从键盘发送到主机的数据在时钟信号的下降沿被读取。键盘的扫描码发送给FPGA,这些扫描码包含在键盘发送到主机的数据帧中。每个数据帧包括1位起始位(总是低电平)、8位数据位(即扫描码,从低位开始发送)、1位奇偶校验位(奇校验)和1位结束位(总是高电平)。



图2 键盘发送扫描码给主机的过程仿真图

2.3 传感器

点滴速度检测采用在茂菲氏滴管的中部外侧安装一个光纤传感器。因为光电传感器的红外接收管很容易受到外界光线的干扰,并且它的直径一般在2mm以上,体积较大,安装不方便。光纤传感器测量端口面积小,可以做到直径1mm以内,药液点滴时分辨率高。液滴经过时利用液滴对光线的“遮挡”使光纤接收管的接收的光束发生变化,再经过电路处理得到点滴的速度脉冲,再将这种速度脉冲采集信息发送给控制器。为了防止输液速度过快而产生点滴连续流,设计了上下分别安装两个检测光纤,从而避免了少计脉冲数而产生错误的处理结果。如图3所示,电路X为光纤输出电压波形,Y为光纤输出电压波形。一般情况下,点滴离散时只有X计数,点滴连续时XY同时计数,这种方法既安全又稳定可靠。点滴离散时,XY只有一个高电平,或门C1产生的信号作为D锁存器Q1的控制端只允许X产

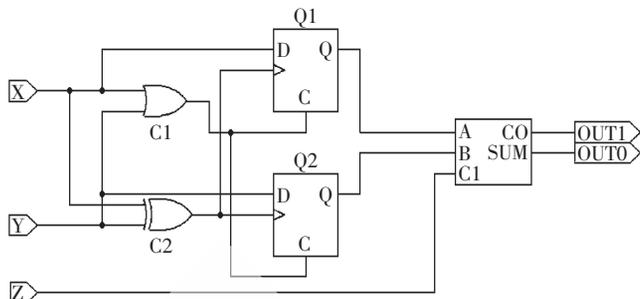


图3 传感器信号处理图

生的正脉冲通过,而D锁存器Q2因为C1作用时Y信号尚在低电平,信号被屏蔽,Q2输出低电平,门电路在计数器中作加法运算。点滴连续时XY同时输出高电平,D锁存器Q2也在计数。OUT0是输出,OUT1是进位,Z是控制端输入。

余液体积检测采用直线式容栅传感器,安装位置如图4所示。固定容栅安装在输液系统底座上,滑动容栅安装在输液系统步进电机带动的丝杠的螺母上,丝杠转动使螺母产生水平移动,测量原理如同游标卡尺,这种传感器响应速度快、量程可以达到1m,误差小于0.01mm^[7]。余液体积检测通过滑动容栅移动的距离乘以容器室的截面积而得出。

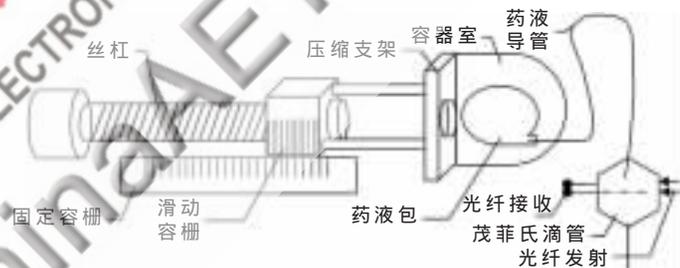


图4 控制系统结构图

2.4 执行机构

输液速度控制采用的控制机构由步进电机、丝杠、螺母、压缩支架、容器室组成。步进电机在FPGA的控制下进行正反转动,丝杠转动使螺母产生水平移动,压缩支架安装在螺丝上,压缩架压缩容器室,药液包因容器室体积变小而收缩,药液从输液管输出,通过调整步进电机的步进速度,达到控制输液速度的目的。

2.5 语音通信

立体声CODEC芯片WM8731是一个高性能、低功耗的24位音频立体声接口,被广泛应用于各种便携式音乐播放器中。该芯片可以分别设置音频ADC和DAC的采样率,包含microphone-in、line-in和line-out接口,WM8731用PC接口与FPGA连接。

语音发送接收要有一个合适的波段,本文选定为15.6MHz。让软件生成一个锁相环变频模块,AUDIO_DAC_ADC.v需要一个15.6MHz的时钟,调用FPGA上的锁相环(PLL)资源,让软件生成这个模块的.v文件,然后在de2_top.v中添加这个模块。

技术与方法 Technique and Method

添加 AUDIO_DAC_ADC 模块过程为：

```
reg signed [15:0] audio_outR;
wire signed [15:0] audio_outL;
wire signed [15:0] audio_inL, audio_inR;
AUDIO_DAC_ADC u2 (//Audio Side
.oAUD_BCK(AUD_BCLK),
.oAUD_DATA(AUD_DACDAT),
.oAUD_LRCK(AUD_DACLK),
.oAUD_inL(audio_inL),//audio left data from ADC
.oAUD_inR(audio_inR),//audio right data from ADC
.iAUD_ADCDAT(AUD_ADCDAT),
.iAUD_extL(audio_outL),//audio left data to DAC
.iAUD_extR(audio_outR),//audio right data to DAC
//Control Signals
.iCLK_15_6(AUD_CTRL_CLK),
.iRST_N(1'b1));
```

2.6 液晶显示控制

显示器选用唯信诺公司提供的 OLED 有机发光显示器,分辨率 160×128,6.5K 色,用 16 位并行数据总线与 FPGA 相连。OLED 的控制芯片为 LGDP4216,OLED 供电电压 10 V~21 V,接口供电电压 2.2 V~3.3 V。显示区域大小可变,最大 160(RGB)×128 行,刷新率有 7 种,默认 90 Hz。

2.7 RS232 数据传送与报警

使用 MAX3232 电平转换芯片和 9 针 D 型连接器进行串口通信。由于系统是 3.3 V 供电,因此需要使用 MAX3232 进行电平转换。MAX3232 是 3.3 V 工作电源的 RS232 转换芯片。护士室 MAX3232 适配器端口装有三个 LED 灯分别用来显示执行状态、数据传送、报警。串口直接连接到 Cyclone II FPGA 上。MAX3232 芯片包含两组收发器,最大数据传输率 250 kb/s。报警功能主要是在护士室显示,绑定在传输模块上,当余液控制达到下限时发生报警。

3 软件设计

输液控制主程序主要由初始化模块和各功能模块组成,如图 5 所示。初始化模块主要完成对通信、中断、定时的初始状态设置。初态时,RS232 通信端口设置为接收状态,波特率设置为 19 200 b/s;各功能模块包含键盘控制、点滴速度检测、步进电机控制、数据显示、语音通信及报警等。

本系统广泛吸取了同类系统的优点,采用的测试方法、控制方法具有安全方便、节能、可靠等特点。本系统采用 Cyclone II 的 FPGA 进行开发,其键盘操作方便快捷,LCD 显示一目了然,语音通信及报警功能提高了医患人员的安全感。本系统充分利用了键盘 PIO、LCD 显示、ADC 和 DAC 音频接口、RS232 串行通信口等,缩短了系统的开发周期,降低了系统的开发成本。通过实验测试,系统各检测传感器、控制执行机构、显示、报警等功能正常,性能达到了设计要求。

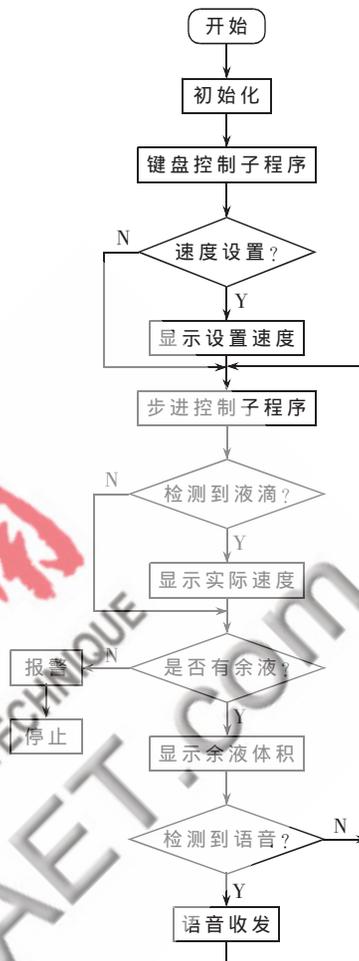


图 5 输液控制主程序流程图

参考文献

- [1] 蒋廷松.基于 AT89C52 的多功能输液监控系统的设计[J].微计算机信息,2008,25(2):34-36.
- [2] 李蕾,张晓蓉,庄汇文.一种输液检测报警装置的研制[J].医疗设备信息,2003,18(3):14-15.
- [3] 张益清,张阳,吕大伟.病人输液微机监控系统[J].计量技术,1995,39(7):16-18.
- [4] 张益清,吕大伟,张阳,等.病人输液情况微机监控集中显示仪[J].自动化与仪器仪表,1995,15(4):12-15.
- [5] 张益清,吕大伟,张阳,等.可用于病人输液情况自动监测和液滴监视系统[J].测控技术,1995,14(14):27-28.
- [6] Cyclone II EP2C35F672C6[EB/OL].[2010-04-20].www.parts.digikey.ca/1/3/cyclone-ii-ep2c35f672c6-fpga.
- [7] 梁森.自动监测技术[M].北京:机械工业出版社,2006:132-134.

(收稿日期:2010-04-26)

作者简介:

杨志成,男,1970 年生,实验师,主要研究方向:智能控制。

张利霞,女,1975 年生,硕士,讲师,主要研究方向:计算机控制。