

嵌入式智能排泄系统的设计

李鲁彬, 黄琮轩

(暨南大学 信息科学技术学院, 广东 广州 510632)

摘要: 介绍了一种基于 AT89C52 单片机嵌入式智能人工肛门的设计方案。这种智能人工肛门主要包括单片机控制模块、压力检测模块、超声检测模块和报警模块四部分。压力检测模块不断检测人工肛门肠腔内部的压力变化, 并将信号传递给单片机。单片机处理来自压力检测模块的压力信号, 当压力超出一定数值时, 单片机启动超声检测模块。超声波发射模块发射超声波, 并被肠壁另一侧的超声接收模块接收。超声波穿过肠腔内容物, 将会产生一定的衰减, 速度会发生变化。通过测量超声波经过肠腔内容物的时间, 能够得到超声波通过肠腔内容物的平均速度, 而超声波通过不同物体的速度是不同的, 从而大致判断肠腔内容物的物理性质, 为患者提供不同级别的警告信息。

关键字: 嵌入式; 人工肛门; 超声波; 压力

中图分类号: TP309

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)04-0096-03

Design of an embedded intelligent artificial anus

Li Lubin, Huang Congxuan

(College of Information Science and Technology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: This paper introduces a design of intelligent artificial anus that based on the single-chip microcomputer AT89C52. This artificial anus mainly include four parts: the MCU module, the pressure detection module, the ultrasonic detection module and the alarm module. The pressure detection module continuously detect the changes of the pressure that comes from the internal enteric cavity of the artificial anus, and pass the changes signal to the MCU module. The MCU deals with the signals that from the pressure module and starts the ultrasonic detection module when the pressure exceeds a certain value. Then the ultrasonic transmitter transmit ultrasonic waves, the ultrasonic receiver receives ultrasonic waves on the other sides of the intestine wall. When the ultrasonic waves pass through the enteric cavity contents, it will cause some attenuation and the waves speed will changes. If we gets the time that ultrasonic waves passes through the enteric cavity contents, we can calculate the average speed that ultrasonic wave passes through the enteric cavity contents so that we approximately can judge the physical property of the enteric cavity contents and provides the warning information to the patient.

Key words: embedded; artificial anus; ultrasonic wave; pressure

直肠癌是我国常见的恶性肿瘤之一, 目前我国直肠癌的发病率和死亡率呈上升趋势, 手术切除仍是直肠癌的主要手段^[1]。现在大多采用 Miles 手术(即腹会阴联合切除术)^[2]。术后将肠道的出口外置于腹部, 即腹部造瘘术。腹部造瘘术给患者的生活带来诸多不便, 于是我们提出原位人工肛门^[3]的再造肛门方案。人工肛门是替代切除了的或已丧失扩约功能的自然肛门, 模拟肛门生理功能的一种人工器官, 是一切严重肛门失禁的最终解决方案, 与药物治疗、手术修补相比有不可替代的作用。

1 智能型人工肛门总体设计方案

人工肛门是一个人造器官, 它的肠壁是一种纳米材料。超声波发射器和超声波接收器紧贴贴在肠壁两侧。人工肛门底端是一个肠道开合开关, 一般处于闭合状态。肠道开合开关内部表面有一个压力传感器, 用于检测肠腔内部的压力变化。当有排泄物时, 需要打开肠道开合开关。

智能人工肛门的物理模型如图 1 所示。

本文设计的智能人工肛门由四个模块构成: 压力传感器探测模块、超声传感器探测模块、报警模块以及单

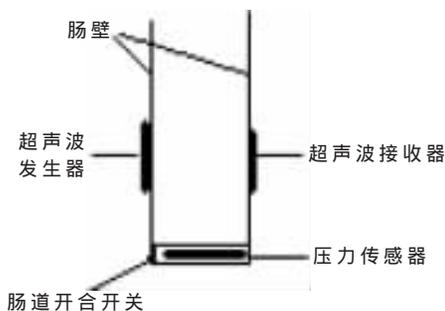


图1 智能人工肛门物理模型

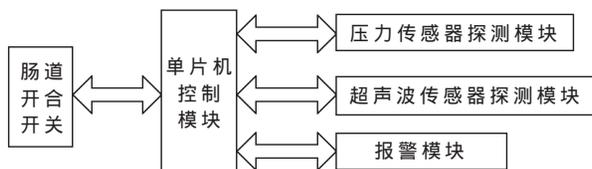


图2 智能人工肛门模块

片机控制模块,如图2所示。压力传感器分析肠腔压力变化,超声传感器探测模块分析肠腔内容是气体、液体、固体。如果是气体,微处理器会自动驱动水泵工作打开肛门排出气体,如果是液体或固体,将会启动报警系统,提醒患者,等待患者的下一步指令。

压力传感器探测模块:利用压力传感器测量到肠腔的压力变化时,马上给单片机发出信号并分析压力的大小,通过单片机模块来判断排废物的紧急程度。

超声波传感器探测模块:单片机发出启动超声波传感器时,555芯片便产生40kHz的高频振荡脉冲,进入超声波发射器,超声波发射器发生40kHz的超声波,超声波穿过肠腔,发射后的回波或衰减后的超声波被超声波接收器接收后的微弱信号经放大电路放大,包络检波电路优化信号波形,剔除干扰低频成分信号,得到所需要的高频信号,最后经A/D转换到达单片机。

单片机控制模块:单片机实时控制压力传感器探测模块和超声传感器探测模块,处理来自A/D转换器的压力数字信号和超声波接收模块的数字信号。根据这些数字信号判断物质的状态和排泄的紧急程度,从而通知病人做出不同的反应。

报警模块包括一个蜂鸣器和一个发光二极管。发光二极管发光时,代表着肠腔内有排泄物。而蜂鸣器的响声则代表着排泄的紧急程度,响声越响则排泄越紧急。整个系统的流程图如图3所示。

2 压力传感器探测模块

压力传感器探测模块所要实现的功能是对肠壁压力的实时检测,即模块必须实现根据已有的肠壁压力数据,对比判断肠道内部所受压力的强度,从而得到紧急级别。当到达一定的级别后应启动超声检测,以判断肠道内容的状态,为使用者提供更丰富的信息。压力检测模块如图4所示。

包围在肠腔四周的压力传感器不断地将肠腔内部

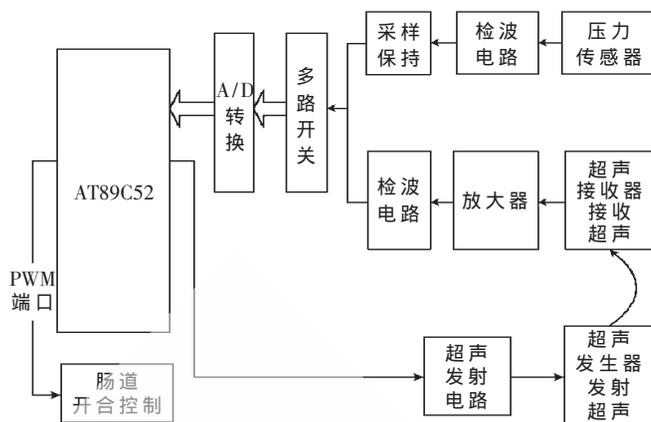


图3 系统流程图

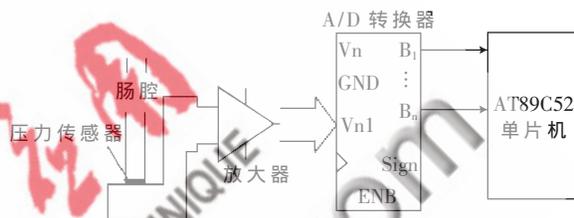


图4 压力检测模块图

压力转换为电信号,然后经过放大器和A/D转换传送到单片机进行处理。

3 超声传感器探测模块

超声波是一种振动频率高于声波的机械波,具有频率高、波长短、绕射现象小、方向性好、能够成为射线而定向传播等特点^[4]。超声波碰到杂质或分界面会产生显著反射形成回波,碰到活动物体会产生多普勒效应^[5]。以超声波作为检测手段,就要产生超声波和接收超声波,完成这种功能的装置就是超声波传感器。利用超声波传感器检测,迅速、方便、计算简单,易于实现实时控制且测量精度能满足要求。随着计算机软、硬件技术及信号处理技术的飞速发展,超声波在成像无损检测、测距、超声清洗、无损探伤、医疗等领域获得了非常广泛的应用。超声波穿过不同介质时,其速度 v 是不同的^[6]。

由于肠腔宽度 H 是固定的,可以通过测量求得。如果能求得超声波通过肠腔的平均速度 v ,就能推断出肠腔内容是空气、液体还是固体。所以提出了图5所示的物理模型。

单片机启动超声波发射模块,并同时启动计时功能。这时超声波从肠壁1进入,在肠壁1处有部分波被反射回来,即部分回波反射1,同时在穿过肠腔内部时会产生一部分衰减,到达肠壁2时部分波被反射,即部分回波反射3。超声波接收模块在肠壁2处接收到穿过肠腔的超声波,即部分波4,立即向单片机传递信号,单片机停止计时功能,这时可以得出超声波穿过肠腔的时间 t 。

$$H=vt \quad (1)$$

由于 H 是已知的, t 可以求得,这样就可以利用式

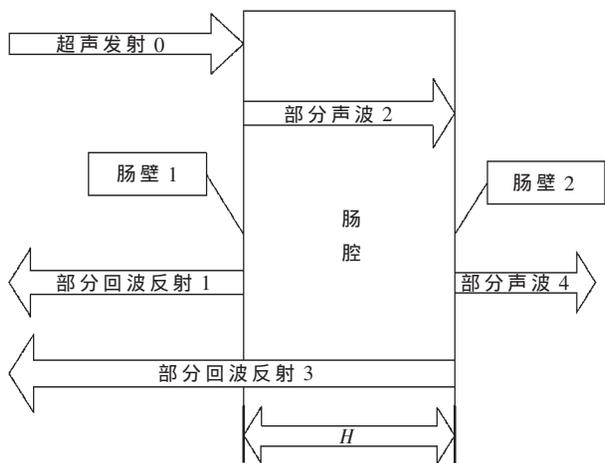


图 5 超声波模块逻辑模型

(1) 计算出超声波穿过肠腔的平均速度 v 。这时可以大致推断出肠腔的内容物是固体还是液体。其物理模型如图 6 所示。

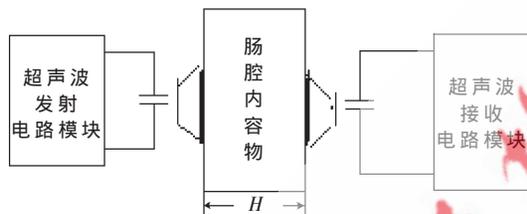


图 6 超声波模块物理模型

整个超声波探测模块的电路模型设计如图 7 所示。



图 7 超声波模块流程图

4 软件模块设计

单片机系统启动后，打开外部中断 0，监视来自压力检测模块的中断信号。压力检测模块不断检测人工肛门肠腔内的压力变化，当肠腔内的压力超过一定的数值时，将会触发中断。这时，为了判断肠腔内容物的性质，单片机会启动超声波发射模块发射超声波，并同时启动定时器和开启外部中断 1。超声波穿越肠腔内容物，将由另外一侧的超声接收模块接收。超声接收模块接收超声波后将会触发中断 1。单片机收到中断信号，关闭中断 1 并关闭定时器。单片机读取定时器数值，得到超声波穿越肠腔内容物的平均时间 t ，然后根据公式 $H=vt$ 处理数据得到超声波穿越肠腔内容物的平均速度 v 。根据 v ，可以判断肠腔内容物的性质。单片机将信息反馈给患者。患者根据肠腔内容物的性质来做出动作。如果患者

按下了控制按钮，单片机将会打开肠道开合开关，排出肠腔内的排泄物。

智能人工肛门的软件系统工作流程图如图 8 所示。

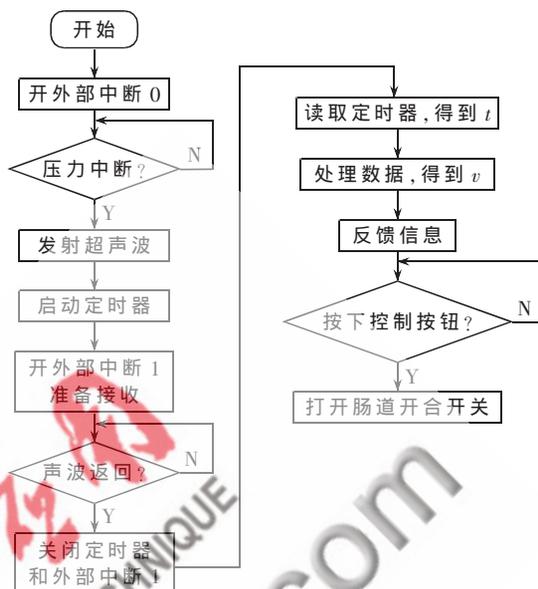


图 8 软件流程图

在设计本系统时，没有考虑电路的供电功耗、电路的体积大小、电子元件是否适宜植入人体等问题，完全从科研的角度来论证思路的可行性。再者，本设计不考虑肠腔内容物的流动性以及肠腔的宽度，在一定程度上理想化了系统的模型。本文针对目前直肠癌的治疗方式对病人所造成的伤害，将嵌入式技术应用其中，为弥补手术的不足提供了一种解决方案。

参考文献

- [1] 莫小军. 直肠癌的外科治疗方法及进展[J]. 当代医学, 2009, 15(22): 99-100.
- [2] 梁小波, 刘海义. 中国低位直肠癌根治术后会阴部原位人工肛门重建的回顾[J]. 结直肠肛门外科, 2009, 15(4): 213-216.
- [3] 凌保明, 陈洪缪, 陈达恭, 等. 原位人工肛门初步研究[J]. 中国康复, 1994, 9(4): 187-189.
- [4] 曹瑞, 包空军. 基于超声波传感器新技术的应用[J]. 机械与电子, 2009(3): 491.
- [5] 黄鸿, 吴石曾. 传感器及其应用技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008.
- [6] 来清民. 传感器与单片机接口及实例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

(收稿日期: 2010-09-24)

作者简介:

李鲁彬, 男, 1982 年生, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式应用与研究、数据仓库与数据挖掘。