

文章编号: 1671-7104(2005)06-0426-03

# 基于 MSP430 的生物反馈式人造肛门括约肌的系统设计

【作者】王永侃, 颜德田

上海交通大学精密工程及智能微系统研究所 (上海市, 200030)

【摘要】提出采用全新的生物反馈式人造肛门括约肌治疗直肠切除后肛门失禁病人的方案, 并已进入动物模拟试验阶段。

【关键词】直肠癌; 肛门失禁; 反馈; 括约肌; MSP430F1232

【中图分类号】TP273+.5

【文献标识码】A

## Design of an Artificial Sphincter System with Bio-Feedback Function Based on MSP430

【Writer】WANG Yong-kan, YAN De-tian

Institute of Precise Engineering &amp; Micro-System, Shanghai Jiaotong University, Shanghai

【Abstract】In this paper, we advance a new treating method for rectectomy postoperative anus incontinence, which is called "artificial sphincter system with biofeedback-function". The system simulates the function of human's sphincter and has entered into a stage of simulation experiments on animals.

【Key words】rectum cancer, anus incontinence, feedback, sphincter, MSP430F1232

肛门失禁虽然不是一种致命性疾病, 但却给患者日常生活带来了诸多不便。虽然目前临床上有多种常用治疗方法, 但均存在这样或那样的缺陷。在此背景下, 开发一种全新的治疗方法显得尤为重要, 于是我们提出了生物反馈式人工括约肌课题研究。

### 1 人体排便原理

在正常人体内, 排便主要由三种因素控制: 肛门括约肌能承受适当的压力, 可防止粪便从直肠流出; 直肠具有扩张和储存粪便的功能, 膨胀到一定的程度, 就有便意感发生; 直肠具有正常的感觉功能, 会将便意传达到大脑, 从而发生排便行为。人体直肠末端如图 1 所示。

### 2 系统设计原理

根据人体排便的过程, 我们采用了仿生的原理。本方案使用医用硅橡胶囊袋 (参见图 2) 代替人体括约肌, 将它环包在直肠末端。通过对囊袋注水与抽水, 代替人体括约肌承受适当压力的能力。在囊袋内放置

压力传感器, 代替人体神经对于排便请求的感应能力。由蜂鸣器代替人体对排便请求神经信号的感应; 由单片机对整个系统的控制代替人体在排便过程中的神经中枢的控制与处理能力。

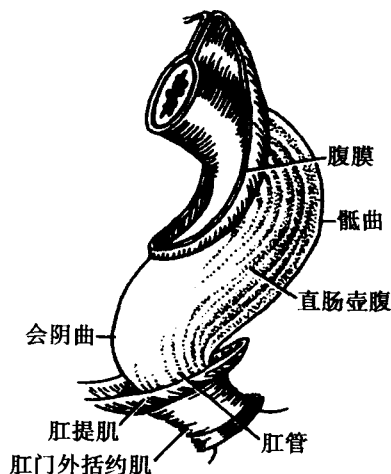


图 1 人体直肠末端示意图

Fig. 1. The diagram of the human rectum end

### 3 系统工作原理

通过外科手术, 将人造肛门括约肌围在近肛门的

收稿日期: 2005-07-31

作者简介: 王永侃, 硕士研究生, 研究方向: 检测仪器设备设计。

颜德田, 高级工程师, 硕士生导师。

肠管四周。将钳夹囊袋和受压囊袋注入适当的液体，并将钳夹导管和受压导管分别与微型液泵和压力传感器相连。通过调试，使微型液泵控制钳夹囊袋具有适当压力，防止肠道粪便流出，设定好排便提示信号的阈值。当系统通电启动后，默认将排便提示信号值作为阈值（也可手动设置新的阈值），此时传感器开始不停地传送肠道内由储粪引起的压力信号值，经过电路放大后，输入到单片机系统，由其内部A/D转换电路将模拟信号转换成数字信号，并由液晶显示器显示。同时单片机系统通过软件不断将输入压力值和设定的阈值之间进行比较，当监测到压力值达到阈值时，蜂鸣器发出提示声（相当于有便意），提醒病人要排便了。病人只需按一下开启按钮，单片机系统就控制微型液泵的电机反转，将钳夹囊袋中的液体抽出，相当于排便控制的肛门括约肌松弛进行排便。当排便结束后，病人只需按一下关闭按钮，单片机系统就控制微型液泵的电机正转，向钳夹囊袋中注入液体，相当于排便控制的肛门括约肌维持适当的压力，确保粪便不会流出。这样就完成了一次排便过程。此后，系统按以上过程循环工作，实现正常的排便控制。其排便控制的框图如图2所示。

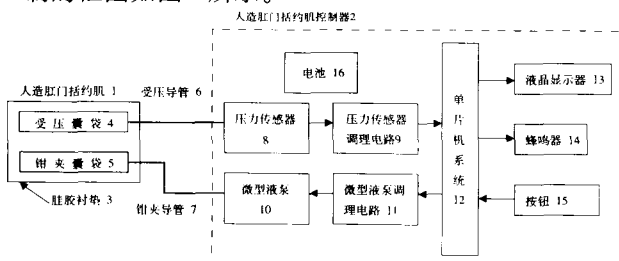


图2 排便控制框图

Fig.2. The block diagram of defecation controlling

#### 4 系统元件选取

由于考虑到本系统的便携性，所有元件的选择总体上都遵从结构紧凑、体积小和低功耗的原则，因此本项目所有元器件采用了贴片式封装。

##### 4.1 仪表放大器 AD623AR

本项目采用AD623AR仪表放大器作为后级放大。其主要特点为低功耗，高精度，并且具有良好的直流特性，符合本项目的开发要求。

##### 4.2 单片机 MSP430F1232

本项目采用了TI公司的MSP430系列单片机。这是一款超低功耗类型的单片机，特别适合于电池应用的场合或手持设备。超低功耗、较小的体积和从睡眠状态唤醒时间短等是其主要的特点。此外，28个引脚

为以后进一步研究留出足够空间。因此，就目前情况而言，我们认为该芯片是较适合此项研究的。

它是一个16位的精简指令构架，大量的工作寄存器和数据存储器（目前最大的RAM为2KB），其RAM单元也可以实现运算。在运算速度方面，MSP430系列单片机能在8MHz晶体的驱动下，实现125ns的指令周期，完全能够满足本项目的需要。

另外，内部集成了ADC10高速模数转换器的MSP430F1232芯片，能满足精度较高（10位）、速度快和软件编写简洁的A/D转换要求。

##### 4.3 传感器 PT14

在本项目中，我们采用了高灵敏度和高稳定性的PT14扩散硅力敏电阻全桥型压力传感器。与传统的金属丝式应变计相比，这类传感器取消了应变电阻与基底之间的胶接，使滞后、蠕变和老化现象大为减少，而且也改善了导热性能。

##### 4.4 液晶显示模块

本系统显示采用三星公司的KS0066U点阵式液晶驱动器，工作电压为2.7V~5.5V，可以驱动16个公共口和40个段。在本系统中，选择了8位进行数据传送，显示时选择了两行显示的方式。

本系统的显示功能，能使病人直观地时时了解自身情况，便于寻找排便规律，具有人性化的特点，因此非常实用。

#### 5 系统软件实现

系统通电后，首先进行单片机和液晶显示器的初始化，随后液晶显示器开始显示当前的压力值。接着系统进入主循环，即判断当前压力值是否超过阈值。如果压力值超过了阈值，则发出警报，接着判断是否有中断。如果没有中断，返回主循环。如果有了中断，则判断是进入设置阈值的程序或是调用电机正反转程序。为了保护电机避免因为连续两次向同一方向转动而损坏系统，我们设置一个变量R5。初始给予R5赋值为1（OffH），此时关反转中断，即只允许电机正转；当按键被按下后，R5取反（R5=0），关正转中断，即此时只允许电机反转。电机在每转动一次后，R5取反一次，即关闭了再次让电机同方向转动的中断。

不难看出，本系统是以A/D转换并且不停地与阈值比较大小为主循环。

软件流程示意图如图3所示。

#### 6 传感器标定及动物器官模拟实验

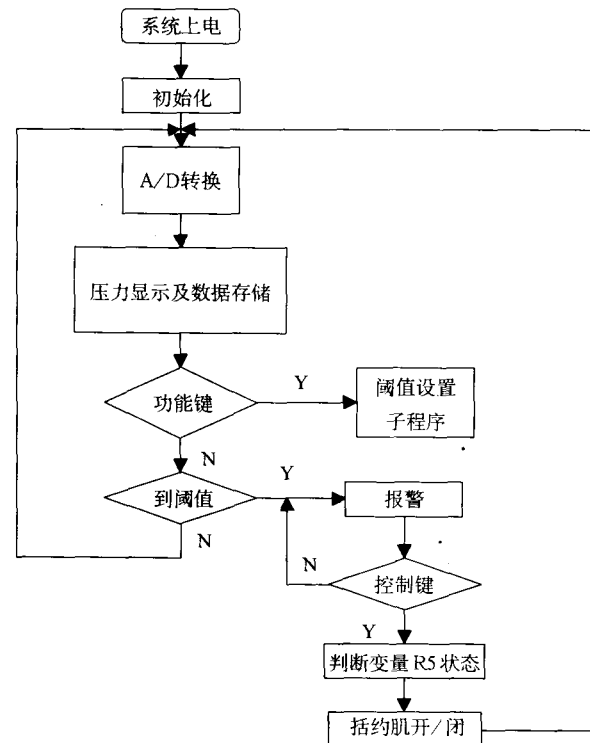


图3 系统软件流程图

Fig.3. The flowchart of the system's software

在进行动物器官模拟实验前，先标定了传感器示数，使其能够直观且精确地显示实际压力值。通过对传感器调理电路的反复调试（框图模块9），我们确定了AD623AR仪表放大器的放大倍数，且标定数据如下：

显然，此时压力值和液晶示数有着良好的线性关系，且比例为1:1。

在动物器官模拟实验时，选用了猪大肠作为试验

表1 传感器数据标定

Tab.1. The rated values of the sensor's data

压力值 (Pa)	液晶示数
6860	6930
13130	13420
17740	17380
26360	26510
36750	36410
52830	53260
96980	97620

对象，目的在于测试该系统的钳夹能力。单就原理上而言，我们希望钳夹压力尽可能的大以达到密闭的效果，然后考虑到在实际中长期施加过大的钳夹力会引起直肠死坏，因此我们需要寻找适中的钳夹力。根据从多方面的了解，医学上较为合适的钳夹力在80-120mmHg范围之间，于是我们选用了略微低于该范围下限的10KPa作为钳夹力（约和76mmHg）。通过反复实验证明，该系统密闭效果良好，已完全能够达到人体括约肌的压力维持和防止漏粪的能力。

### 7 结束语

目前，本项目正在积极地与医院合作，已进入了动物实验阶段。同时，我们的研究工作也正在向着第二代的方向进行中。我们坚信，我们的努力一定能够为肛门失禁患者带来福音。

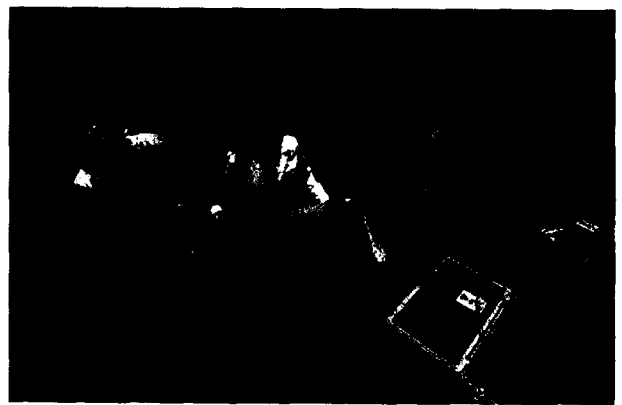
#### 参考文献

- [1] 魏小龙.MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例.北京航空航天大学出版社, 2002
- [2] MSP430x1xx Family User's Guide, Texas Instruments, 2003
- [3] KS0066U 16COM / 40SEG DRIVER & CONTROLLER FOR DOT MATRIX LCD, Samsung Electronics
- [4] www.lierda.com

[上接第425页]



在老师的指导下学生在模拟机器人身上练习复苏操作



在机器人模拟病人身上作接生练习，产妇和胎儿的尺寸与真人一样。

(客容)