

文章编号: 1671-7104(2005)05-0346-03

以 MIT-BIH Arrhythmia Database 为标准数据源的心率不齐的 ECG 模拟信号发生器

【作者】 王颖, 张勇, 方祖祥

复旦大学电子工程心脏起搏与电生理实验室 (上海, 200433)

【提要】 利用单片机控制 DAC 输出的方法, 将 MIT-BIH Arrhythmia Database 中的标准化心率失常数据通过可控增益的 DAC 输出, 供医疗仪器测试使用。数据以 FAT 格式存储在 SM 卡中, 方便数据库的更换。**【关键词】** MIT-BIH 心律失常数据库; FAT; SM 卡 (Smart Media Card)**【中图分类号】** R318.6**【文献标识码】** A

An Arrhythmia ECG Analog Signal Generator Using Standard MIT-BIH Arrhythmia Database

【Writer】 WANG Ying, ZHANG Yong, FANG Zu-xiang

Electrophysiology & Pacing Lab, Department of Electronic Engineering, Fudan University, Shanghai

【Abstract】 Microchip MSP430F149 is used to control DAC to attain an amplification-controllable analog output of data of MIT-BIH Arrhythmia Database which is useful in testing medical machines. Data are written into Smart Media (SM)Card with Fat Format to make convenient the replacement of database.**【Key words】** MIT-BIH Arrhythmia Database, FAT, SM card (Smart Media Card)

早在1975年, MIT就与Boston's Beth Israel Hospital开始合作进行心率失常的分析和相关研究, 并于1980年完成 MIT-BIH Arrhythmia Database。这个数据库为心率失常诊断仪器提供了标准的测试源。MIT-BIH Arrhythmia Database 包括 48 条各半小时长的数据记录, 分别来自 BIH Arrhythmia Laboratory 在 1975-1979 年所采集的 47 个样本, 其中有 23 条是从 4000 条 24 小时连续记录的 ECG 记录中随机选择的。这 4000 条记录中约 60% 来自波士顿贝丝以色列医院的住院病人, 约 40% 来自 Boston's Beth Israel Hospital 的门诊病人。考虑到那些出现可能性比较小但对临床诊断有重要意义的心率失常现象, 少量的随机样本并不能很好地反映这些症状, 为此又从同一数据源中精心挑选了 25 条比较典型的记录来弥补^[1]。

现在 MIT-BIH Arrhythmia Database 已经成为许多国家的标准测试源, 而在我国目前仍没有该数据库的模拟信号源, 本文的设计弥补了这一空白, 大大方便了众多心率失常诊断仪器测试的需要。

1 设计原理

本系统利用单片机和 DAC 共同组成的系统以获得 MIT-BIH Arrhythmia Database 记录中的模拟输出和同步输出两种不同幅度的信号: 小信号 (原始数据幅度, 约 3 mV) 用于输入心电监护系统和体外除颤器等医疗器械, 以检测其性能; 大信号 (DAC 还原的波形, 约 600 mV) 可供用示波器上作显示对比。值得一提的是小信号的输出幅度可以通过按键选择为原始信号的一倍、两倍、四倍、八倍输出, 方便不同器械的输入需要。本系统采用 SM 卡作为存储介质, 数据以 FAT 格式存储, 以便于通过普通读卡器更新数据库。Flash Memory 单片机的应用, 使得程序更新更为方便。此外, 还采用 LCD 点阵屏显示选中的 ECG 条

收稿日期: 2004-09-03**作者简介:** 王颖, 硕士研究生; 张勇, 硕士研究生; 方祖祥, 教授, 博士生导师, 本刊编委

研究与论著

目号、输出波形对应的时刻以及MIT对输出波形的注释等内容。

主菜单、幅度子菜单和条目子菜单分别如图1-1、1-2、1-3所示。

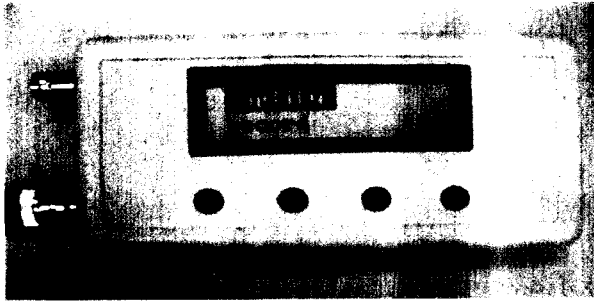


图 1-1 主菜单
Fig.1-1. Main menu

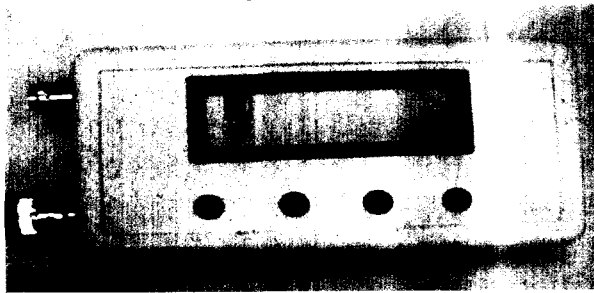


图 1-2 幅度子菜单
Fig.1-2. Amplitude submenu



图 1-3 条目子菜单
Fig.1-3. Record submenu

系统框图如图2所示。单片机根据按键输入的命令选定输出的记录序号和所需幅度，从SM卡读入数据并通过DAC和抗迭混滤波输出，同时在LCD上显示对应的时间以及记录序号和注释等相关信息。

2 系统硬件设计

本系统是袖珍式系统，使用一节七号电池供电，要求元件功耗较低，因此采用TI公司的MSP430系列单片机作为主控芯片，考虑到需要较大的RAM作为缓存，选用MSP430F149。同样，基于低功耗的要求，DAC使用TI公司的TLV5636，该芯片是12位串行输

入的高速D/A转换器件，通过单片机IO口电平的高低控制DAC的选中以及数模转换过程。由于DAC的输出不够平滑，因此用截止频率为100Hz的四阶Butterworth低通滤波器来滤去由DAC产生的量化噪声。与外界接口采用同轴电缆接口，可以方便地与示波器和各种心电图监护仪器连接。

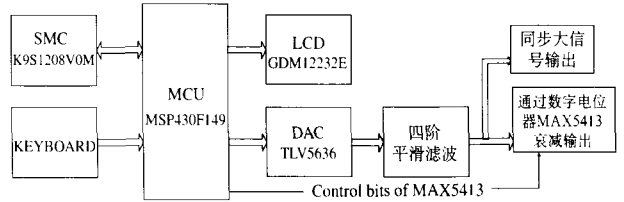


图 2 系统框图

Fig.2. The system's block diagram

3 系统软件编写

系统工作主要由单片机控制完成，软件主要分以下几个工作模块：键盘控制、SM卡的读写控制、DAC的读写控制、LCD的显示控制。主程序循环查询键盘输入，根据输入值跳转到相应子程序。

3.1 主程序流程图

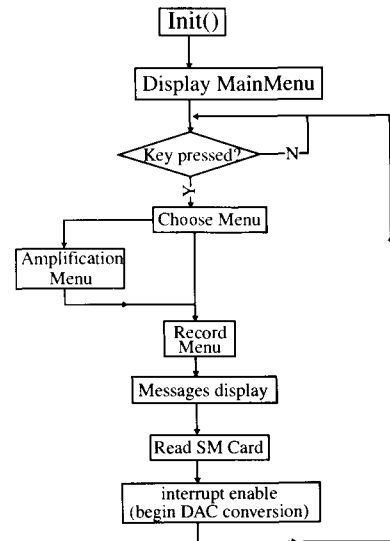


图 3 主程序流程图

Fig.3. The flow chart of the main program

主程序循环等待按键中断，根据键值判断输出幅度和所选条目，确认后开始读SM卡并通过中断控制DAC进行模数转换。

3.2 SM卡读写控制

整个系统的难点就在于对SM卡中FAT格式数据的读取。我们选用三星公司的64M SM卡，型号为K9S1208V0M，其数据组成见图4^[2]。

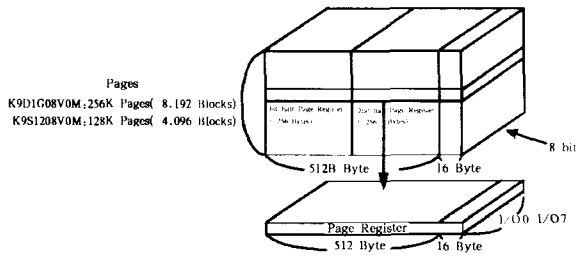


图4 SM卡数据组成

Fig.4. Array organization of the SM Card

表1 数据结构

Tab.1. Array Organization

	1 Page	1 Block	1 Device
K9S1208V0M	528 Byte	528 Byte×32 Pages	528Byte×32Pages ×4,096 Blocks

通过单片机直接对SM卡寻址,通常访问的是物理地址,而SM卡中按照FAT格式存储的数据是按照逻辑地址来分配空间的,这就要求必须找出物理地址与逻辑地址的对应关系。根据三星公司的资料知每1024个 physical block对应一个 logical zone 的1000个 logical block,而在每个block内, logical与physical的page是顺序对应关系。每个physical page中的528 byte数据中,前512 byte存放数据,后16 byte存储附加信息,具体如表2所示^[3]。

表2 备用区域结构

Tab.2. Spare Area Configuration

Byte No.	Contents	Byte No.	Contents
512	User Data Area	520	ECC Area-2
513		521	
514		522	
515		523	Block Address Area-1
516	User Status Area	524	
517	Block Status Area	525	ECC Area -2
518	Block Address Area-1	526	
519		527	

我们可从byte518、519中的数据得出该physical page对应的logical address,从而建立物理地址-逻辑地址的对应关系表,这样就可以通过FAT表提供的逻辑地址查到对应的物理地址来读出所需数据,从而实现地址的映射转换。具体流程图见图5。

本程序主要完成寻址、显示、读SM卡数据到RAM中缓冲等功能,DAC的转换控制在中断中完成。单片机根据原数据的采样频率控制DAC的中断频率,输出模拟量。

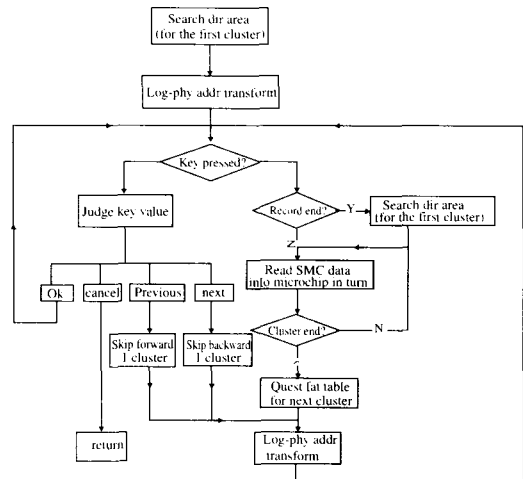


图5 SM卡模块流程图

Fig.5. SMC module flow chart

4 对MIT数据的预处理

由于MIT-BIH Arrhythmia Database中的数据采样频率为360 Hz,而ECG的频谱主要分布在100 Hz以下,因此结合单片机的工作速度把数据文件转化为250 Hz的采样频率,并把数据文件和注释文件合并到一个文件里。每个word的bit0-bit10为ECG数据,bit11-bit16为注释字符,这样只需要通过对一个文件的读取便可以同时得到数据与注释。

5 结论

系统调试已经完成,能够通过按键控制得到不同record条目的不同幅度的输出,在输出同时支持时间跳转功能,操作员可以通过按键向前或向后以一分钟为单位直接跳到所需的时间处,使查询更加方便。样机如图6所示。尺寸约为13×6.5×2cm 重量约为0.158kg

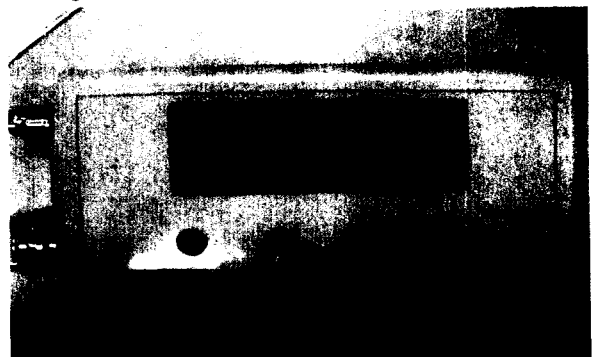


图6 样机

Fig.6. The generator's prototype

系统输出波形如图7-1所示,图7-2显示的是作

通过高频放大、混频转换为中频信号,再中频放大,信号经解调还原为视频信号,最后视频信号由图像采集卡采集进入计算机。经实验,该无线传输装置可发送、接收视频信号距离达2 m以上,而且接收到的信号很清晰,满足设计要求。

1.3.2 数字信号传输方式

CMOS图像传感器的图像输出为数字方式时,可采用数字无线发射接收模块传送信号。如果CMOS图像传感器的图像输出为并行数字信号,由于数据量很大,信号发射装置将很复杂,也难以微型化。因此采用串行数据发送方式为宜。

以色列生产的一种图像传感器TC5740和光学系统组成一个摄像模块,长9 mm,宽7.9 mm,高为5.3mm,工作电压2.8 V,在QVGA(320x240)工作模式下功耗不到35 mW,满足微型化和低功耗的要求。

把图像传感器TC5740、TI公司生产的MSP430系列微处理器和无线数字传送模块MICREL505组合在一起,实现数字图像的串行无线发送,见图4。

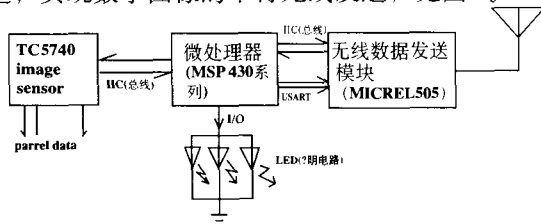


图4 数字信号的发射

Fig.4. Transmitting of digital signals

MSP430微处理器尺寸极小,大约 $5 \times 5 \text{mm}^2$,功耗仅有1mW。MSP430起着中心控制的作用,其一个重要的功能是通过I²C串行数据线对TC5740和MICREL505的功能寄存器进行设置。

TC5740有两种图像输出方式:并行数字输出和串行数字输出,这里主要利用TC5740的串行接口输出数据。TC5740本身也嵌入了微处理器,带有图像

处理和图像压缩功能。TC5740首先对采集到的图像进行压缩,生成JPEG格式文件,压缩比可以通过对功能寄存器的设置来实现;然后存入自带的SRAM缓存中,再通过I²C串行数据线将数据传送给MSP430, MSP430将收到的数据通过USART串行数据接口转送给MICREL505;最终通过MICREL505以无线的方式发送出去。

2 外壳封装

由于摄像药丸要进入人体,摄像药丸的外壳必须采用无毒塑料和胶粘剂封装。壳身采用聚丙烯T30材料,壁厚在0.2~0.3 mm左右,壳身的成型采用模塑加工中的吹塑工艺。摄像药丸头部的光学罩,采用透光材料,透明度高,壁厚大约0.5 mm。光学罩采用模塑工艺中的压塑工艺加工。最后,用无毒的胶粘剂对二者进行粘接。

3 结论

该系统可用于诊断多种原因引起的小肠内不明显出血:如动脉血管扩张、遗传性出血、毛细血管扩张、肿瘤、血管畸形等,可用于诊断小肠的吸收障碍、消化道溃疡、Crohn疾病、肠内肿瘤、不明原因的腹部疼痛等。特别是在诊断小肠内不明显出血方面,小损伤引起的出血,其它诊断仪器,如X线钡餐、计算机断层扫描技术、血管造影术等难以查明,而无线内窥镜检查系统可以检查到1mm大小的出血点。因此,无线内窥镜在胃肠道,特别是小肠疾病的诊断上,具有极高的临床使用价值。

参考文献

- [1] <http://www.microsystem.re.kr>. Intelligent Micro-system Center.Sculou,Korea.
- [2] <http://www.givenimaging.com> Given Imaging Ltd.
- [3] 张以谟.应用光学.机械工业出版社,1987
- [4] 杨宝清、宋文贵.实用电路手册.机械工业出版社,2002
- [5] Chirwa LC, et al. Electromagnetic radiation from ingested sources in the human intestine. 2nd Annual International IEEE_EMBS Special Topic Conference on Microtechnologies in Medicine & Biology. 2002, 5: 336

[上接第348页]

为对比的同一记录相同时间的原始波形。

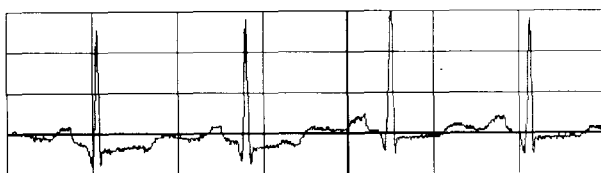


图7-1 系统输出波形(条目:100 时刻:12:11)

Fig.7-1. The system's output waveform(Record:100, Time:12:11)



图7-2 原始波形(条目:100 时刻:12:11)

Fig.7-2. The original waveform(Record:100, Time:12:11)

参考文献

- [1] <http://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/>
- [2] 64MB & 128MB SmartMediaTM Card
- [3] SmartMediaTM Format Format Introduction (Software Considerations)