

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.10.039

基于 MIMIC 数据库的多参数数据 D/A 回放系统 *

张春游 赵捷[△] 李大鹏 陈甜甜 尹文枫 安佰京 张军建

(山东师范大学物理与电子科学学院 山东 济南 250014)

摘要:文中分析了 MIMIC 多参数智能监护数据库存储文件的识读方法,该数据库公开发表于 PhysioNET,还研究及基于 STM32 和 DAC8568 的多参数数据 D/A 回放系统,包括系统硬件工作原理和系统软件工作原理。MIMIC 多参数智能监护数据库的数据文件对于变异性较大的生理参数采用连续采样的方式,而对于相对稳定的生理参数采用周期采样的方式,因此,多参数数据各信号的抽样频率不同。系统首先通过 VC++ 编程读取一个多抽样频率数据并在 PC 机上显示其波形,然后经过 D/A 硬件设备进行 D/A 转换后使用示波器输出其波形,实现输出的波形与原始的波形能同时回放。系统可作为模拟信号源,为远程多参数生理监护仪的研制奠定了基础。

关键词:MIMIC 多参数数据库;多抽样频率数据;D/A 转换;STM32;DAC8568

中图分类号:TP312, TN919.34, R318.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)10-1961-04

Multi-Parameter Data D/A Redisplay System Based on MIMIC Database

ZHANG Chun-you, ZHAO Jie[△], LI Da-peng, CHEN Tian-tian, YIN Wen-feng, AN Bai-jing, ZHANG Jun-jian

(College of Physics and Electronics Shandong Normal University, Jinan, Shandong, 250014, China)

ABSTRACT : The paper analyzes the MIMIC Multi-Parameter intelligent monitoring database storage file's reading method, the database is published in PhysioNET. The paper also describes a multi-parameter data D/A redisplay system based on STM32 and DAC8568, including the working principle of the system hardware and the working principle of the system software. The MIMIC Multi-Parameter intelligent monitoring database's data file for the large variability of physiological parameters use continuous sampling, and the relatively stable physiological parameters use periodic sampling. Therefore, Multi-parameter data for each of the signal sampling frequency is different. Firstly, the system through VC++ programming to read more than one sampling frequency data, and display its waveform in the personal computer. Secondly, after the D/A conversion of the D/A hardware equipment, using oscilloscope output its waveform. The output waveform with the original waveform can be playback simultaneously. The system can be used as an analog signal source, and laid the foundation for the development of remote multi-parameter physiological monitor.

Key words: MIMIC Multi-Parameter Database; More than one sampling frequency data; D/A conversion; STM32; DAC8568

Chinese Library Classification(CLC): TP312, TN919.34, R318.6 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)10-1961-04

前言

人体的生命指征包含心电、呼吸、血压、血氧饱和度和体温等生理参数,通过对多生理参数信号的处理分析可以有效地预测各种慢性疾病^[1]。标准多参数信号数据库同一文件里各信号的抽样频率不同,这对科研人员如何利用多抽样频率数据及研究开发相关的医疗设备非常重要。临床实际采集的多参数信号很难有效地利用在项目研究中,可利用国际上公认的标准多参数数据库通过计算机模拟仿真,评估多参数智能监护系统或算法的有效性^[2]。

MIMIC 数据库^[3]公开发表于 PhysioNET^[4,5],不仅包含多导心电图数据,还同步记录了其他生理信号,例如连续的脉搏图、心肺内压及周期采样的心率血压和呼吸^[6]。文中开发的多参数

数据 D/A 回放系统基于 VC++6.0 平台,可对多参数数据进行波形浏览、实时回放和区间数据保存等,还可为多参数生理监护仪的信号源输出生理信号,用于计算机仿真和算法的验证。

1 多参数数据库文件识读

MIMIC 数据库的数据文档对同步采集的生物电信号、血流动力学信号及其它各项生理参数进行了记录^[7],精心选择所监护对象,每一次监护记录时间都超过几十个小时,真实地反映了病人生理状况的变化。数据库记录的存储格式是“212”,包括头文件、数据文件、标记文件等文件^[8]。数据文件对于变异性较大的生理参数采用连续采样的方式,对于相对稳定的生理参数采用周期采样的方式^[9]。

1.1 头文件的识读(*.hea 文件)

* 基金项目:山东省自然科学基金(ZR2010HM020);济南市自主创新项目(201102005)

作者简介:张春游(1988-),男,硕士,主要研究方向:智能数字信号处理与传输

△ 通讯作者:赵捷,电话:13066031690, E-mail:zhaojie286@gmail.com

(收稿日期:2013-10-12 接受日期:2013-11-10)

头文件说明了与它关联的数据文件的属性信息,存储方式为 ASCII 码字符,至少包含一个记录行,通常还有技术规范行和信息注释行^[10]。下面以 MIMIC 数据库 03700001 的 03700001.hea 文件^[11]内容进行说明:

03700001 3 125 75000 11:27:45 14/08/1994

03700001.dat 212x4 2963.77/mV 12 0 835 23953 0 MCL1

03700001.dat 212 12.84 (-1605)/mmHg 12 0 -705 -1744 0 ABP

03700001.dat 212:4 2000 12 0 -404 -10208 0 RESP

该头文件第一行为记录行,依次记录了信号的名称 03700001、信号数量 3、最低采样频率 125、最低采样数 75000、采样开始时间 11:27:45、采样开始日期 14/08/1994。第二至第四行是技术规范行,每个信号的存储文件名 03700001.dat;存储的格式为“212”(x4 代表该信号的采样频率为 125x4、采样点数为 75000x4;:4 代表该信号采样频率仍为 125、采样数仍为 75000,但采样时间不同);DAC 增益分别为 2963.77/mV、12.84 (-1605)/mmHg 和 2000,默认的单位为 mv;ADC 分辨率均为 12;第一采样点的值均为 0;校验数分别为 835、-705、和 -404;三个信号的导联名称分别为 MCL1、ABP、RESP。信息注释行每行的开头以“#”开始,一般在文件的最后,本文件无信息注释行^[12]。

1.2 数据文件的识读(*.dat 文件)

系统实现了对多参数数据库数据存储格式为“212”和“16”的识读。数据文件是按二进制存储的信号原始数据,“212”格式的数据文件中每三个字节为一组存储两个采样值,将第 2 个字节的低四位左移 8 位加上第 1 个字节即为第一个采样值,将第 2 个字节的高四位左移 4 位加上第 3 个字节即为第二个采样值,以此类推所有采样值都是按照此方式存取。“16”格式的数据文件中每两个字节存储一个采样值,将第 2 个字节左移 8 位加上第 1 个字节即为第一个采样值,以此类推所有采样值都是按照此方式存取^[13]。而每个信号的采样值是按照抽样频率的不同则取法不同,在 03700001 的头文件:三个信号存储格式处的字符分别为“212x4”、“212”、“212:4”,三个信号的抽样频率之比为 4;1;1,那么其数据文件存储的采样值以六个为循环周期,前 4 个采样值为第一个信号的采样值,第 5 个采样值为第二个信号的采样值,第 6 个采样值为第三个信号的采样值。“16”格式的数据文件每个信号的采样值取法与“212”格式相同。

以 03700001 的 03700001.dat 文件为例进行说明,用 BinV-

iew 软件显示 03700001.dat 的十六进制内容片段如图 1 所示:

十六进制方式	0	5	10	15	20	25	30	35
00000000	43	33	6F	85	33	85	3F	ED
00000001	33	9B	DC	33	DC	86	ED	46
00000002	DC	DC	33	F2	BE	ED	22	F2
00000003	F2	33	F2	E4	ED	00	F2	33
00000004	34	F2	FB	DD	E1	DC	33	DC
00000005	B0	08	DE	C7	85	33	85	59

图 1 03700001.dat 的十六进制显示片段

Fig.1 The display of 03700001.dat in hex

按照“212”格式从第一个字节读起,每三个字节为一组表示两个采样值。由 03700001 的头文件 03700001.hea 可知三个信号的抽样频率之比为 4;1;1,以三组数据为一个循环周期。前三组十六进制值则分别为“43 33 6F”、“85 33 85”、“3F ED 6C”,即前六个值则分别为 0x343、0x36F、0x385、0x385、0xE3F 和 0xD6C,第一至第四个值分别是第 1 个信号的第一至第四个采样值,第五个值是第 2 个信号的第一个采样值,第六个值是第 3 个信号的第一个采样值。后面以三组数据为一个循环周期依此类推,分别表示了三个信号的采样值。

2 系统硬件工作原理

首先上位机应用程序通过 USB2.0 不断向 STM32 发送数据,然后使用 SPI 把硬件设备 USB 端点接收缓存接收到的数据不断发送到 DAC8568 的寄存器中,DAC8568 在定时器的触发下完成 D/A 转换,最后在示波器上显示出模拟信号^[14]。D/A 回放硬件结构框如图 2 所示:

系统硬件采用基于 Cortex—M3 内核的新型 32 位微控制器 STM32F103RCT 作为主控芯片,工作频率高达 72MHz,内部集成了 RAM、USB2.0 全速设备接口等丰富的外设^[15]。USB 外设接口实现了 USB2.0 全速总线和 APB1 总线间的接口,为 PC 主机和微控制器实现通过共享 USB 端点缓冲区传输数据提供了符合 USB 规范的通信连接。由于 STM32 芯片内部集成了 USB 外设,只需设计 USB 接口电路,就可以实现 STM32 芯片的 USB 通信设计^[16]。

DAC8568 是 8 通道 16 位 DAC,输出电压量程为 2.5V,使用多功能三线式串行接口,工作时钟速率高 50MHz,该系列的 2ppm/°C 内部参考与外部参考相比,还可大幅节省空间与成本^[17]。本系统 D/A 硬件模块使用了 2 个 DAC8568 芯片,D/A 转换分

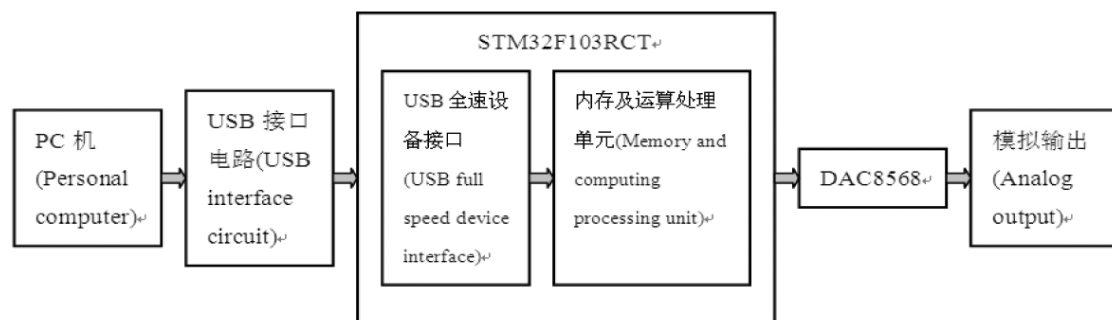


图 2 D/A 回放硬件结构框图

Fig.2 Hardware structure diagram of D/A redisplay

分辨率高达 16 位,输出通道高达 16 个。16 位 16 通道 D/A 转换 电路图如图 3 所示:

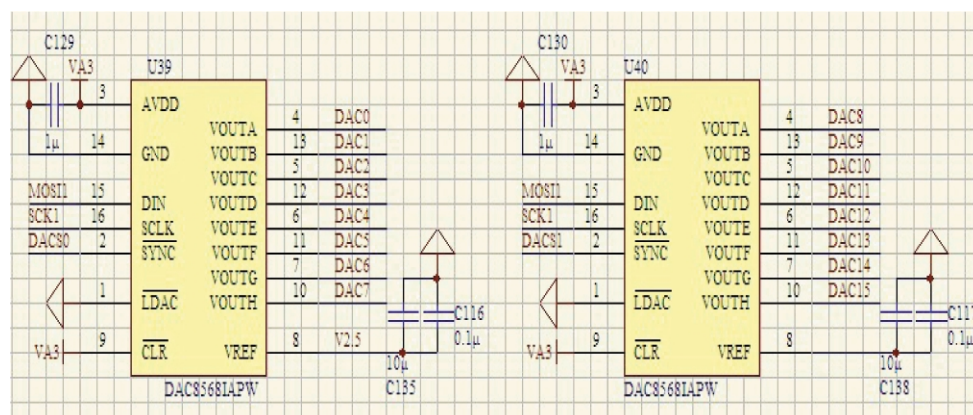


图 3 16 位 16 通道 D/A 转换电路图

Fig.3 D/A conversion circuit diagram

3 系统软件工作原理

系统软件基于 VC++6.0 MFC 框架,由文件管理模块、实时回放模块、设置模块、区间管理模块和属性模块 5 个模块构成^[18]。文件管理模块负责读取 MIMIC 多参数数据库文件,转化多抽样频率数据的格式;实时回放模块负责把选择的信号数据

发送到硬件设备中,完成数据的 D/A 回放,上位机利用多线程技术实时同步显示 D/A 转化的数据波形;设置模块负责调整波形幅度和时间宽度;区间管理模块负责选定回放区间起点和终点,保存区间数据;属性模块负责显示文件的基本属性^[19]。系统软件的功能模块结构图如图 4 所示:

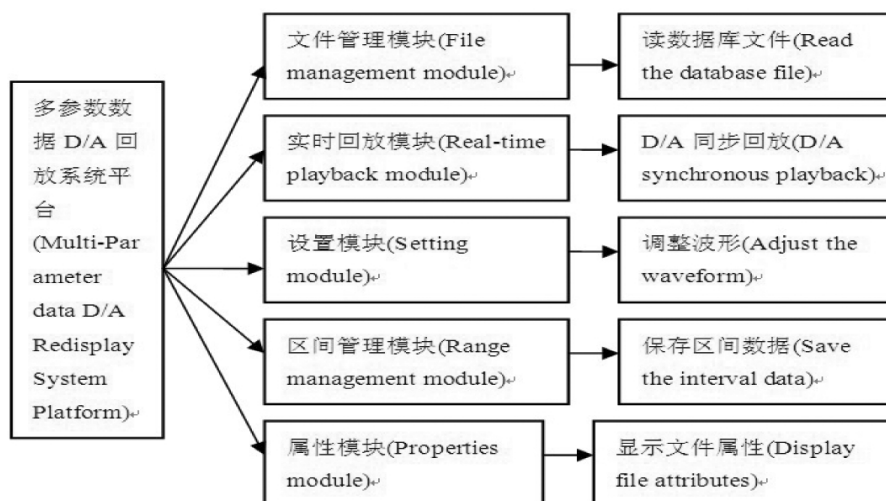


图 4 系统软件的功能模块结构图

Fig.4 Functional block diagram of the system software

实时回放模块:上位机程序读取 MIMIC 数据库的文件并显示原始波形,下位机通过硬件设备完成 D/A 转换后在示波器上同步回放出模拟信号。因示波器只能同时显示 2 个信号的

波形,可通过硬件设备选择不同的通道将波形分开显示。03700001 在 PC 机上的原始波形如图 5 所示,在不同时间下 1、2 通道信号和 1、3 通道信号示波器回放波形如图 6 所示:



图 5 03700001 在 PC 机上的原始波形

Fig.5 The original waveform of 03700001 in PC

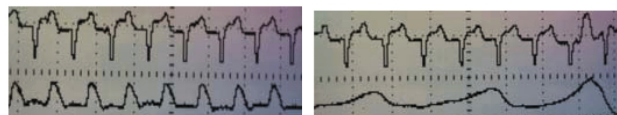


图 6 1、2 和 1、3 通道信号示波器回放波形

Fig.6 The 1,2 and 1,3 channel signal oscilloscope playback waveform

区间管理模块:要回放有研究价值的不同的波形区段,通过区间菜单下的区间截取选定和区间数据保存来完成。区间截取选定是在原始波形上通过双击鼠标左键截取区间起点,双击鼠标右键截取区间终点;区间数据保存是把当前选择的数据保存在原始数据所在目录下^[20]。将 03700001 通过区间截取和数

据保存后将其命名为 111111, 自动生成 111111.hef 文件和 111111.data 文件。打开 111111 文件, 111111 在 PC 机上的原始波形如图 7 所示:

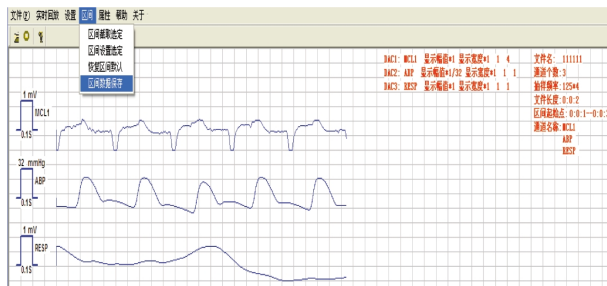


图 7 111111 在 PC 机上的原始波形

Fig.7 The original waveform of 111111 in PC

属性模块: 在屏幕右上侧显示打开文件的设置属性和基本属性。设置属性包括选择的信号名称、幅度和时间的调整、DAC 放大倍数和抽样频率的放大倍数; 基本属性包括文件的文件名、信号个数、最大抽样频率和区间起始时间点等。对比图 5 和图 7 的 03700001 和 111111 的属性模块可知两者的区别仅在于文件名、文件长度和区间起始时间点。

4 结语

基于 MIMIC 数据库的多参数数据 D/A 回放系统, 对多参数数据的 D/A 回放取得了不错的运行效果。实现了对 MIMIC 数据库文件的波形浏览、实时回放等功能, 还可作为多参数信号源提供给监护仪等处理系统进行仿真试验, 为远程多参数生理监护仪的研制奠定了基础, 在医学研究中将有广阔的应用前景。

参考文献(References)

- [1] 周炳坤, 张跃, 徐廷松. 远程多生理参数监护系统通信协议的研究[J]. 计算机工程, 2008, 34(18): 102-104
Zhou Bing-kun, Zhang Yue, Xu Ting-song. Research on Communication Protocol of Remote Multiple Physiological Parameter Monitoring System[J]. Computer Engineering, 2008, 34(18): 102-104
- [2] Zong W, Moody GB, Mark RG. Reduction of False Arterial Blood Pressure Alarms Using Signal Quality Assessment and Relationships between the Electrocardiogram and Arterial Blood Pressure[J]. Medical and Biological Engineering and Computing, 2004, 42:698-706
- [3] <http://www.physionet.org/physiobank/database/#multi>
- [4] GB Moody. The PhysioNet/Computers in Cardiology Challenge 2008: T-Wave Alternans[J]. Comput Cardiol, 2008, 2008: 505-508
- [5] GB Moody. The PhysioNet/Computers in Cardiology Challenge 2010: Mind the Gap [J]. Comput Cardiol, 2010, 37: 305-309
- [6] Moody GB, Mark RG. Integration of Real-Time and Off-Line Clinical Data in the MIMIC Database [J]. Computers in Cardiology, 1997, 24: 585-588
- [7] <http://www.physionet.org/physiobank/database/mimicdb/>
- [8] <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [9] 李炳南, 董名垂, 韦孟宇. 研究 MIMIC 多参数智能监护数据库[A]. 中国生物医学工程进展—2007 中国生物医学工程联合学术年会论文集(下册)[C]. 2007:1315-1318
Li Bing-Nan, Dong ming-chui, Wei Meng-yu. Research MIMIC multi-parameter intelligent monitoring database[A]. Biomedical Engineering Progress-2007 Biomedical Engineering Joint Academic Annual Meeting Proceedings (Volume) [C]. 2007:1315-1318
- [10] 宋喜国, 邓亲恺. MIT-BIH 心率失常数据库的识读及应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2004, 21(4): 230-232
Song Xi-guo, Deng Qin-kai. MIT-BIH arrhythmia database of reader-sand applications [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2004, 21(4): 230-232
- [11] <http://www.physionet.org/physiobank/database/mimicdb/037/>
- [12] 唐文涛. MIT-BIH 生理信号管理及回放系统[D]. 济南: 山东师范大学, 2009: 1-46
Tang Wen-tao. MIT-BIH Physiological Signal Management and Playback System[D]. Jinan: Shan Dong Normal University(In Chinese), 2009: 1-46
- [13] 李伟. 医用信号的管理及实时回放系统[D]. 济南: 山东师范大学, 2011: 1-47
Li Wei. The Management and Real-time Playback System of Medical Signal[D]. Jinan: Shan Dong Normal University(In Chinese), 2011: 1-47
- [14] 乔立岩, 吴江伟, 徐红伟. 数据采集卡 USB2.0 接口设计[J]. 电子测量技术, 2010, 33(1):57-60
Qiao Li-yan, Wu Jiang-wei, Xu Hong-wei. Designs of USB2.0 interface of data acquisition card[J]. Electronic Measurement Technology, 2010, 33(1):57-60
- [15] 邹进, 何乐生. 基于 ARM Cortex-M3 的 IIR 滤波器的实现[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(11):64-67
Zou Jin, He Les-heng. IIR filter implementation base on ARM CortexM3[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2011, 30(11):64-67
- [16] STM32F103xx firmware library.pdf. <http://www.st.com>
- [17] DAC8568 datasheet.pdf. <http://www.ti.com/>
- [18] 侯俊杰. 深入浅出 MFC 第 2 版 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1997: 87-165
Hou Jun-jie. Dissecting MFC 2nd Edition. Wu Han: Huazhong University of Science and Technology Press(In Chinese), 1997: 87-165
- [19] 王继奎, 赵捷, 唐文涛等. 基于 Visual c++ 的 MIT-BIH 心电数据管理系统的设计[J]. 现代生物医学进展, 2009, 9(10):1953-1955
Wang Ji-kui, Zhao Jie, Tang Wen-tao, et al. Design of MIT-BIH ECG Data Management System Based on Visual c++[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2009, 9(10):1953-1955
- [20] 朱晓磊, 赵捷, 张春云, 等. 基于 STM32 的 MIT-BIH 心电数据的 D/A 回放[J]. 现代电子技术, 2011, 34(20):60-62
Zhu Xiao-lei, Zhao Jie, Zhang Chun-yun, et al. D/A Redisplay Of MIT-BIH ECG Database System Based On STM32[J]. Modern Electronics Technique, 2011, 34(20):60-62