

基于 EDB 的血液分析仪数据库管理系统设计

阎伟¹, 雷霞², 黄霖¹, 李宏^{1*}

(1. 宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211;

2. 宁波城市职业技术学院 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315100)

摘要: 针对当前血液分析仪数据库管理系统中存在的结构复杂、功能冗繁等弊端, 在采用 Windows CE 操作系统的 BK-500 系列 5 分类血液分析仪的基础上, 提出了一种利用 EDB (Embedded Database) 数据库设计血液样本数据库管理系统的方案。该方案将数据库管理系统与血液分析仪相结合, 建立了数据库模型, 并讨论了系统功能模块的设计、EDB 数据库开发等关键技术问题; 最后通过血液样本验证了该数据库管理系统的稳定性及可靠性。

关键词: 血液分析仪; 数据库管理系统; 嵌入式数据库

中图分类号: TP344

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2014) 02-0035-05

血液分析仪作为医疗电子的重要组成部分, 在临床医学中得到广泛应用。根据血液中的白细胞种类将血液分析仪分为 3 分类和 5 分类, 其中 5 分类血液分析仪指将血液样本中的白细胞分为淋巴细胞、中性粒细胞、单核细胞、嗜酸性粒细胞及嗜碱性粒细胞等 5 种。血液分析仪的主要功能是分析血液中各类细胞的参数指标, 借助于血液分析仪, 医师能为患者提供准确、及时的诊断, 有效地降低疾病误诊率。作为血液分析仪的组成部分, 数据库管理系统在血液样本的诊断、管理等方面发挥着重要作用^[1-3]。然而, 从目前主流血液分析仪产品看, 血液分析仪数据库管理系统存在以下弊端:

(1) 血液分析仪和数据库管理系统相互独立, 当血液分析仪处理完血液样本后, 将样本数据通过数据线传送至 PC 机上的数据库管理系统, 由数据库管理系统来完成对血液样本的处理及操作, 并存储在 PC 机的硬盘中, 这种相互独立的模式给使用者带来了诸多不便。

(2) 血液分析仪内部有简易地数据处理功能, 然而此数据处理功能难以高效地处理数量较多的血液样本, 同时此类血液分析仪在血液样本的管

理及维护方面存在着瓶颈。

针对上述血液分析仪数据库管理系统中存在的不足之处, 笔者在采用 Windows CE 操作系统的 BK-500 系列 5 分类血液分析仪的基础上, 设计了一种基于 EDB (Embedded Database) 数据库的数据库管理系统, 该系统具有可靠性高、稳定性好、复杂程度低、研发周期短以及可操作性强等优点。

Windows CE 是一个多硬件平台支持、抢先式、多任务、通信能力强、可裁剪的嵌入式操作系统, 在医疗设备、工业控制等领域具有广泛的应用^[4]。由于 BK-500 系列 5 分类血液分析仪基于 Windows CE 操作系统, 而 EDB 数据库作为 Windows CE 操作系统自带的一种数据库, 适用于嵌入式领域数据库管理系统的开发。

1 血液分析仪系统结构

应用库尔特原理检测细胞的血液分析仪是由控制系统、血细胞识别系统、血红蛋白测定系统、液路控制系统、电源系统以及机械执行系统等 6 部分组成^[5], 血液分析仪系统结构框图如图 1 所示。其中, 血细胞识别系统负责完成血细胞信号识别,

收稿日期: 2013-05-23.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省大学生科技创新项目 (2012R405033); 宁波大学实验研究项目 (SYJS-201201)。

第一作者: 阎伟 (1987-), 男, 安徽芜湖人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统。E-mail: yw_0520205036@sina.com

*通信作者: 李宏 (1961-), 男, 浙江宁波人, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统。E-mail: lihong2@nbu.edu.cn

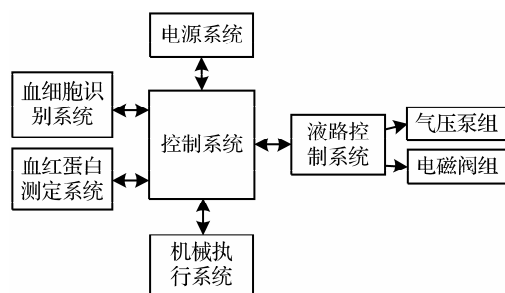


图1 血液分析仪系统结构框图

并根据细胞的大小实现统计分类；血红蛋白测定系统主要测量血液中的血红蛋白含量，其参数值反映了人体组织的新陈代谢水平；液路控制系统保证血细胞的精确测量，是血液分析仪液体流动的控制核心；电源系统负责保障血液分析仪的用电需求；机械执行系统完成从样本吸收到参数检测前的所有机械操作，该系统包括仪器中各类机械装置，如血液进样探针、液体定量器、液体混匀器等；控制系统负责对上述几个系统的协调与控制，是血液分析仪的核心部分。

笔者以 BK-500 系列 5 分类血液分析仪为基础，其控制系统以 ARM 微处理器为核心，不仅负责完成了内部数值计算及参数分析，而且协调其他功能模块的有序运行。控制系统硬件设计集成了 SDRAM、Nor Flash 等存储器，保证了稳定运行 Windows CE 操作系统，同时提供了充足的程序和数据存储空间^[6]。LCD 显示屏和触摸屏提供了丰富的人机交互方式，简化了复杂的操作流程；USB、UART、JTAG 和网络接口等提升了血液分析仪扩展性能，并且支持鼠标、键盘、打印机等设备。控

制系统结构框图如图 2 所示。

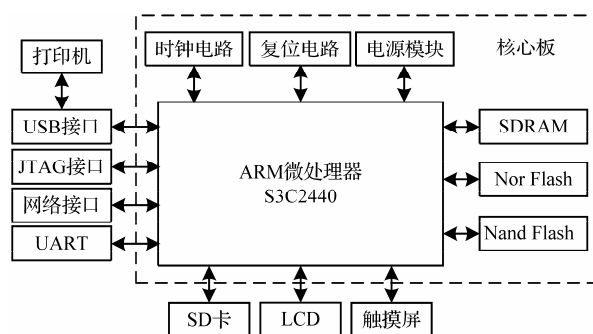


图2 控制系统结构框图

2 嵌入式数据库管理系统设计

2.1 系统概述

随着计算机技术及集成电路技术的发展，嵌入式技术日渐普及。近几年来，嵌入式数据库管理系统作为一项新的数据管理技术得以兴起。该技术以日趋完善的嵌入式数据库技术为基础，针对嵌入式设备的自身特点，实现对嵌入式设备上数据的管理^[6]。

与传统的大型数据库系统相比，嵌入式数据库管理系统不仅需要承担对数据库的维护，保证数据库的安全性和可靠性，而且还要适应嵌入式设备的存储空间较小等特定的环境。因此，传统的大型数据库系统并不适用于嵌入式设备，必须依据嵌入式设备的自身特点有针对性地设计相应的数据库管理系统。

笔者根据 BK-500 系列血液分析仪开发的整体需求，从患者信息、医师信息、样本信息以及质控

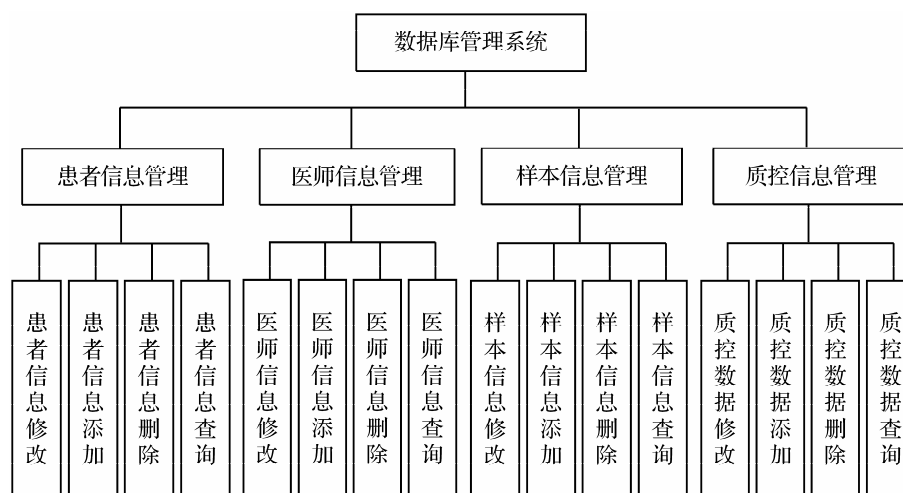


图3 系统总体功能设计

信息等4个方面构建血液分析仪数据库管理系统。该系统主要用于对患者的样本信息进行管理,当医师获取患者的血液样本后,通过血液分析仪提取并处理患者血液样本信息,并将这些样本信息通过一定的形式存储在数据库中,由数据库管理系统对这些样本信息进行修改、查询、添加以及删除等功能的操作。

2.2 系统总体功能设计

系统的总体功能包括对患者信息、医师信息、样本信息以及质控信息等的修改、添加、删除以及查询,这些功能已能够很好地满足医疗机构的实际需求,系统总体功能设计如图3所示。

2.3 系统功能模块的设计

从模块上划分,数据库管理系统共包括患者信息模块、医师信息模块、样本信息模块以及质控信息模块等4个模块。这4个模块相辅相成,功能上互补,共同构成系统整体。以下介绍具体模块。

2.3.1 患者信息模块

患者信息模块主要记录了患者在医疗机构治疗期间的相关信息,通过该模块,医师可以方便地查询到患者的相关信息,为患者后续治疗提供可靠的依据。

2.3.2 医师信息模块

医师信息模块包括了医师个人信息、科室编号、科室名称以及检验编号,通过该模块可以快捷地查找到医师的信息。

2.3.3 样本信息模块

样本信息模块包括了血液样本的工作模式、管架号以及样本的23个参数值等。在数据库管理系统中,样本的序号具有唯一性,根据样本的序号可以快速找到患者的全部信息。

2.3.4 质控信息模块

血液分析仪在长时间工作后会产生一定的误差,这种误差将导致错误或不可靠的分析结果。因此,通过质控物来检测这种可能存在的误差,及时掌握血液分析仪当前运行状态。

3 EDB 数据库设计

3.1 EDB 数据库模型

从图3所示的系统总体功能设计可知,对于基于BK-500系列血液分析仪的嵌入式数据库管理系

统来说,其数据库并不需要具备高性能的事务处理及复杂的查询能力,但可靠性及易维护性必须要得以保证,否则整个系统存在崩溃的可能性。

根据上述要求,笔者选择了EDB数据库用于血液分析仪数据库管理系统的开发,EDB数据库作为Windows CE操作系统内置的一种嵌入式数据库,较传统的大型数据库ODBC、SQL等具有实时性好、系统开销小、体积小等特点,能够高效地处理数据集合,支持一般的事务操作,拥有多种灵活的数据类型,很好地满足了系统的要求。

EDB数据库是整个血液样本数据库管理系统的基础,对系统所涉及的各种数据进行统一而有效的管理,为医师诊断患者病情提供数据服务,为患者提供报表输出,为系统的安全稳定运行提供有力的保障。为从抽象层面反映数据库中各模块之间的联系及逻辑功能,系统采用最常用的E-R图来描述EDB数据库模型,如图4所示。

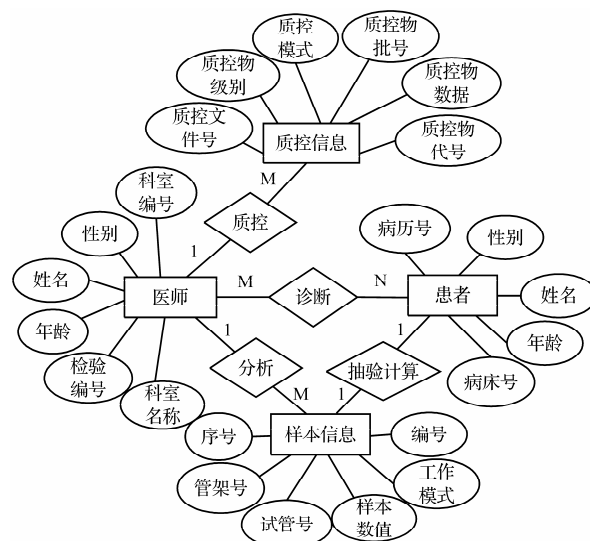


图4 数据库模型的E-R图

3.2 EDB 数据库的实现

EDB数据库的基本思路是:加载一个数据库卷,然后在加载的数据库卷中打开或创建基本表,接着完成对基本表的操作,最后关闭基本表、卸载数据库卷。在上述过程中需要使用的函数分别为CeMountDBVolEx、CeCreateDataBaseEx、CloseHandle和CeUnmountDBVol。Windows CE操作系统提供了强大的函数功能,降低了EDB数据库的开发难度。

3.3 基本表结构设计

基本表是EDB数据库操作的核心,同时基本

表的创建和删除也是 EDB 数据库中最基本的操作之一,EDB 数据库的其他操作都是在基本表成功创建的基础上进行的。

基本表采用二进制格式存储,其基本结构包括 3 个部分。(1)表头控制信息,从表的起始地址开始共 15 个字节,记录了表的相关信息;(2)字段信息;(3)数据记录区,数据记录有序地进行排列。数据库管理系统通过读取基本表表头结构的相关信息后,就可以计算得到某条数据记录所在的地址,从而找到相关的数据^[7]。

血液样本数据库管理系统的 EDB 数据库共包括患者信息基本表、医师信息基本表、样本信息基本表以及质控信息基本表等 4 个部分。

(1) 患者信息基本表,记录了患者的相关信息,基本内容见表 1。

表 1 患者信息基本表

字段名	数据类型	字段长度	可否为空	说明
strName	lpwstr	32	not null	姓名
bSex	Bool	4	not null	bSex=0, 男 bSex=1, 女
dwAge	dword	16	not null	年龄
wBedNo	Word	8	null	病床号
llCaseNo	longlong	32	null	病历号

(2) 医师信息基本表,记录医师的相关信息,基本内容见表 2。限于篇幅,其他表格不一一列出。

表 2 医师信息基本表

字段名	数据类型	字段长度	可否为空	说明
strDocName	lpwstr	32	not null	姓名
bDocSex	bool	4	not null	bDocSex=0, 男 bDocSex=1, 女
dwDocAge	dword	16	not null	年龄
wLabID	lpwstr	32	not null	科室编号
strLabName	lpwstr	32	not null	科室名称
wTestID	word	8	not null	检验编号

3.4 基本表操作的算法优化

EDB 数据库对基本表中的记录主要进行读写、查询等操作,以查找符合条件的血液样本为例,最基本的方法为访问整个数据库卷,将整个数据库卷的信息都读入内存,这种方式对于多达数十万条血液样本而言是无法接受的,会耗费较长的时

间,且处理器会被长时间地占用。因此,为了提高查找效率,可以通过以下方法来进行相关的算法优化。

方法 1 利用 EDB 数据库提供的从当前位置开始查找指定的值的相关函数(CEDB_SEEK_VALUEFIRSTEQUAL)、根据特定记录对象 ID 来查找血液样本的相关函数(CEDB_SEEK_CEOID)等 11 种查找记录的方式进行查询^[8]。

方法 2 引入目前最好的一种排序方法——快速排序法,在基本表的数据记录中任意选取一个数据记录,把该数据记录称为基准元素,把小于等于基准元素的所有数据记录都移到基准元素的前面,把大于基准元素的所有数据记录都移到基准元素的后面,这样使得基准元素所处的位置恰好是排序的最终位置,并且把当前序列划分为前后两个子序列。接下来分别对这两个子序列重复上述的排序操作,直到所有数据记录都被移动到排序后它们应处的位置。该方法的高效率性体现在每一次数据记录的移动都是跳跃式的。

4 数据库管理系统性能测试

按照上述方法设计开发的血液样本数据库管理系统,已经在 BK-500 系列血液分析仪中得到应用。由于一个设计完善的血液样本数据库管理系统是血液分析仪稳定、可靠运行的保障,因此为了保障血液分析仪能够正常地工作,笔者对该系统的性能进行了综合测试。

以医疗机构提供的某位患者的血液样本为例,通过一系列的操作,数据库管理系统的删除、读

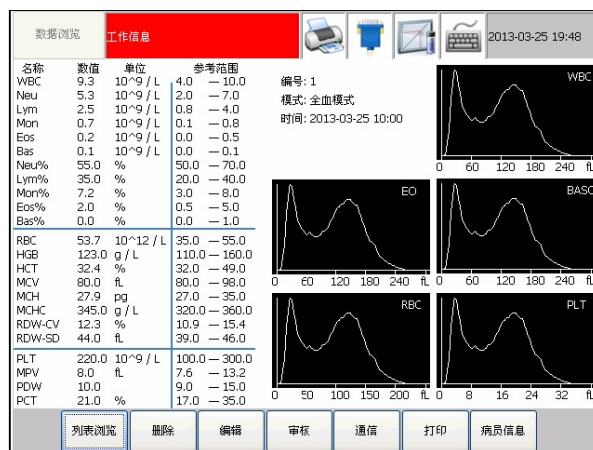


图 5 某条血液样本的 23 个参数值显示

写、查询等功能得到了成功的验证。同时,为了检验该血液样本的23个参数值能否在图表中正常显示,对该样本进行了测试,测试结果正确,如图5所示。

上述一系列的测试表明该数据库管理系统性能良好,能够很好地满足医疗机构的实际需求。

5 结语

采用EDB数据库设计技术,在基于Windows CE操作系统的BC-500系列5分类血液分析仪中,开发了血液样本数据库管理系统。同时对数据库管理系统的可靠性及运行时的稳定性等进行了验证,结果表明:本数据库管理系统能够满足大规模的血液样本数据处理需求,具有设计方便、操作简易等优点,达到了增强数据管理、缩短开发周期以及提高程序可维护性等目的。

参考文献:

[1] Perné A J, Hainfellner A, Womastek I, et al. Performance

evaluation of the sysmex XE-5000 hematology analyzer for white blood cell analysis in cerebrospinal fluid[J]. Archives of Pathology and Laboratory Medicine, 2012, 136(2):194-198.

[2] 别如志. F-820自动血球仪故障分析检修[J]. 医疗装备, 1998, 8:12-16.

[3] 潘军. AcT系列三分类血球仪维修故障分析[C]//青岛市医学工程第六次学术交流大会论文集. 青岛: 青岛出版社, 2004:154-157.

[4] 何宗键. Windows CE嵌入式系统[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006:25-26.

[5] 姜穗. 血细胞分析仪的工作原理及其近期发展[J]. 医疗设备信息, 2004, 4:30-33.

[6] 汪静. 基于文件系统的嵌入式数据库的设计和实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2001.

[7] 夏铭, 陆阳, 盛业兴. 基于ARM的EDB系统设计与实现[J]. 控制工程, 2007, 1:21-24.

[8] 汪兵. Windows CE嵌入式高级编程及其实例详解[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008:113-116.

EDB Based Design of Data Management System for Hematology Analyzer

YAN Wei¹, LEI Xia², HUANG Lin¹, LI Hong^{1*}

(1.Faculty of Information Science and Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Faculty of Information Science and Engineering, Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo 315100, China)

Abstract: To tackle the disadvantages of functional redundancy, structural complexity found in current data management system for hematology analyzer, in this paper, the design of a EDB (Embedded Database) database for managing blood sample data is proposed. The design scheme is based on the five-category hematology analyzer of BK-500 series engineered for Windows CE operating system. The database model is built by interfacing the data management system with the hematology analyzer. Discussions are made on the design of the system function module, the key technological problems of the EDB database development. In the end, the accuracy and reliability of the proposed system are validated by the results of real blood samples.

Key words: hematology analyzer; data management system; embedded database

(责任编辑 史小丽)