

# 基于 MinGUI 和 SD 卡 FAT32 文件系统的 数据采集显示终端<sup>①</sup>

苏维嘉<sup>1</sup>, 阮彬鑫<sup>2</sup>, 李 鑫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(辽宁工程技术大学 机械工程学院 汽车系, 阜新 123000)

<sup>2</sup>(辽宁工程技术大学 机械工程学院 机械电子系, 阜新 123000)

**摘要:**详细介绍了一种基于 MinGUI 和 SD 卡 FAT32 文件系统的 数据采集显示终端的设计与实现。采用 SEP4020 作为微处理器, 配有 AD 数据采集模块、TFT 液晶屏图形界面显示模块和 SD 卡数据存储/读写模块等, 并利用  $\mu$ C/OS-II 嵌入式操作系统管理任务之间的切换与通信。该系统实现了对模拟信号和数字信号的采集, 在显示终端上进行实时显示和触摸屏操作控制, 并将数据存储于 SD 卡中供上位机做进一步数据分析等功能。

**关键词:** 数据采集; 显示终端; MinGUI; SD 卡;  $\mu$ C/OS-II;

## Data Acquisition and Display Terminal Based on MinGUI and SD Card FAT32 File System

SU Wei-Jia<sup>1</sup>, RUAN Bin-Xin<sup>2</sup>, LI Xin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Department of Automotive, Mechanical Engineering College, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

<sup>2</sup>(Dept of Mechanical and Electronic, Mechanical Engineering College, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

**Abstract:** The introduction of this paper is based on MinGui and SD card FAT32 file system for data acquisition and display terminal design and implementation. Using SEP4020 as the microprocessor, with AD data acquisition module, TFT LCD screen Graphical display module and SD card data storage / read and write module ect, and using  $\mu$ C / OS-II embedded operating system for managing switching and communication between tasks. The system implements the acquisition of analog and digital signals, displaying in real-time on the terminal display, operatoring control of touch screen, and storing the data on the SD card for the PC for further data analysis and other functions.

**Key words:** data acquisition; display terminal; MinGUI; SD Card;  $\mu$ C/OS-II

## 1 引言

随着微电子技术和工业自动化控制的高速发展, 以嵌入式微处理器为核心, 用液晶作为显示终端的数字化设备有着良好的应用前景, 在工业控制、消费电子等领域越来越成为不可或缺的设备<sup>[1,2]</sup>。同时目前市场上的数据采集显示终端或者图形用户界面单调, 使用传统的键盘操作, 人机交互效果欠佳; 或者缺乏数据信号实时采集实时存储功能, 以供上位机做进一步分析。鉴于此, 本文提出一种以 SEP4020 微处理器和  $\mu$ C/OS-II 嵌入式实时操作系统为基础, 利用 SD 卡实现对数据存储/读取功能, 由触摸屏操作, 应用 MinGUI 提供良好便捷的人机交互界面的数据采集显示终端。

## 2 硬件结构设计

整个系统由 SEP4020 的 ARM7 微处理器、TLC2543 芯片的 A/D 模块、TFT 液晶屏显示模块(配有 4 线式电阻触摸屏)、SD 卡存储/读写模块等组成, 系统硬件组成框图如图 1 所示。

### 2.1 微处理器

采用东南大学国家专用集成电路系统工程技术研究中心设计的 100MHz ARM720T 的 SEP4020 芯片作微控制器, 该芯片具有 LCD 控制器, 支持最高 65536 色的彩色 TFT 屏, 最大支持 800×600 的分辨率; 支持 SD/MMC1bit/4bit/8bit modes 存储设备, 且可热插拔; 有外部存储控制器(EMI), 支持 SRAM/SDRAM/NOR

① 收稿时间:2011-12-05;收到修改稿时间:2012-01-03

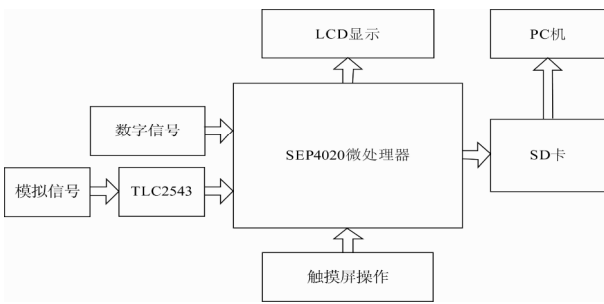


图 1 系统硬件组成框图

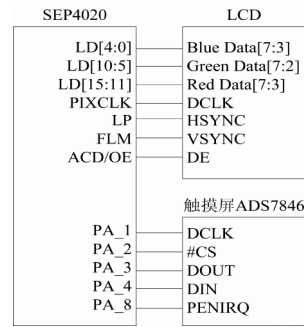


图 3 显示模块接口电路

存储器，为 MinGUI 图形界面显示终端开发和  $\mu$  C/OS-II 操作系统的移植运行提供了足够的空间。拥有同步串行接口(SSI)，支持 SPI、NWR 协议，可以执行半双工或全双工的同步串行传输。基于以上功能，SEP4020 微处理器能够很好的满足本应用设计的需求。

### 2.2 SEP4020 与 A/D 模块接口

由于 SEP4020 微处理器内部没有集成 AD，系统的模拟量采集部分采用德州仪器的 ADC — TLC2543 与 SEP4020 通过 SPI 口进行通讯。TLC2543 是一款支持 11 路模拟输入的 12 位低成本 ADC 芯片，可满足系统多通道采集的功能需求。使用开关电容逐次逼近技术完成 A/D 转换过程，分辨率较高。采用串行输入/输出结构(兼容 SPI 模式)，节省微处理器宝贵的 I/O 资源，特别适合于嵌入式系统和便携式数字化仪表中应用。AD 模块接口电路，如图 2 所示。

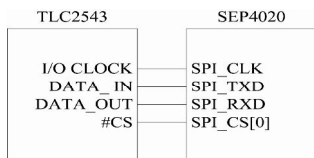


图 2 A/D 模块接口电路图

### 2.3 SEP4020 与液晶屏(配备触摸屏)显示模块接口

微处理器对采集的数据进行处理后，在 TFT 液晶屏上显示是本数据采集显示终端最为重要和直观的一个环节。由于 SEP4020 微处理器自身内部集成了 LCD 控制器，能很好的支持 16 位接口的 TFT 彩色显示，所以采用 7 寸 800\*480TFT 液晶屏(型号为 AT070TN83)。同时为液晶屏配备了电阻式触摸屏(采用 ADS7846 触摸屏控制器)，取代了以往的键盘操作，为良好的人机交互提供平台。液晶屏显示模块接口电路，如图 3 所示。

## 3 软件结构设计

在软件设计上，采用  $\mu$  C/OS-II 嵌入式实时操作系统作为软件开发平台，提高系统的实时性和软件的运行效率。采用 MinGUI 图形用户界面支持系统，实时动态显示对采集处理后的数据，提供友好、直观的人机交互界面，方便用户通过点击触摸屏完成各种操作。移植入 FAT32 文件系统，通过读写 SD 卡直接实现对采集处理后数据的存储和读取操作。

### 3.1 $\mu$ C/OS-II 操作系统平台

$\mu$  C/OS-II 是一种基于优先级的抢占式、多任务、可剪裁的实时嵌入式操作系统，包含实时内核，任务管理，时间管理，任务间通信(信号量、邮箱、消息队列)和内存管理等功能，移植性较强，非常适用于嵌入式系统开发<sup>[3]</sup>。由于  $\mu$  C/OS-II 下采用静态分配的方式为各任务分配不同的优先级，本系统根据各个任务的重要性和实时性，将应用程序分为 4 个不同优先级的任务，由高到低依次为：LCD 终端处理显示、多路模拟量采集处理、数字量采集处理、SD 卡存储/读取。除了这 4 个任务外，还有 3 个中断程序： $\mu$  C/OS-II 时钟节拍中断、GUI 时钟节拍中断、触摸屏中断。各任务的状态有 4 种：等待态、运行态、就绪态以及中断服务态，任务与任务之间及中断与任务通过消息邮箱进行通信和同步<sup>[4]</sup>。

### 3.2 MinGUI 图形界面显示终端

MinGUI 是东南大学 ASIC 工程中心着手开发的一款快速的、节省资源的、高效率的高度轻量级 GUI 内核，具有极低的 CPU 占有率、极高的响应及显示速度、高稳定性与可靠性等特点。整个 MinGUI 全部加载需要 628Kbyte 的指令与数据空间，最小可以裁减到 60K 左右，其中除了 MinGUI 内核 57K 外，其它部件全部可以裁减，且不依赖任何操作系统及硬件平台<sup>[5]</sup>。

通过 MinGUI 精悍的图形引擎及其丰富的 API，足以实现任何绚丽多姿的图形界面效果。其移植过程较为简单，在此不再赘述。

本图形界面显示终端部分的设计思路是：以 MinGUI 系统默认的桌面窗口为父窗口，在该父窗口中创建各个功能按钮并加以生动的位图显示，通过点击不同的按钮便进入相应功能的数据采集显示子窗口，从而提供整洁美观的图形用户界面。点击进入任务子窗口启动数据采集后，实时的将现场采集的数据以文本或者曲线的形式在其任务窗口上动态显示，点击控制按钮可调整显示效果。需要时，结合定时器实现动画效果，比如将本系统应用于数字仪表中，指针根据采集的数据自由摆动。位图显示部分程序示例如下：

```
Button_Ecg=CreateWindow("button","心电图");//在窗口中创建一个任务窗口启动按钮
```

```
Ecg_logo=CreateBitmap();//为按钮创建位图数据结构
```

```
LoadBitmapFromMem(Ecg_logo,img_Ecg);//加载位图
```

```
SetWindowLogo(Button_Ecg,Ecg_logo);//按钮通过位图形式显示
```

显示终端的操作取代以往的键盘，直接通过触摸屏点击功能按钮对采集的数据进行处理，动态调整使液晶屏数据显示达到最佳效果，从而实现更良好的人机交互效果。为了提高显示终端图形界面刷新的实时性，在初始化后建立一个循环，通过消息驱动机制将消息队列中的消息读取，并分发到各个不同的任务窗口处理，主要由定时器的精确计时和触摸屏的点击触发事件来产生消息。例如在点击触摸屏时，发送 PENDING 消息到消息队列中：

```
DispatchUserMsg(WM_PENDING,0,touchval);//传递坐标
```

```
应用消息驱动机制，消息队列中读取并发送消息：
```

```
GetMessage(&msg);//从消息队列中读取消息
```

```
TranslateMessage(&msg);//消息译码，如将按键消息译成字符消息
```

```
DispatchMessage(&msg);//发送消息到任务窗口
```

### 3.3 SD 卡 FAT32 文件系统

设计了一个基于 SEP4020 微处理器和 SD 卡的 FAT32 文件系统，按照 FAT32 的格式对 SD 卡上的数据进行操作实现文件的创建、读写和删除。为了程序

的易用性和可移植性，将文件系统划分为 3 层：SD 卡驱动层、FAT32 文件系统层、应用层，如图 4 所示。

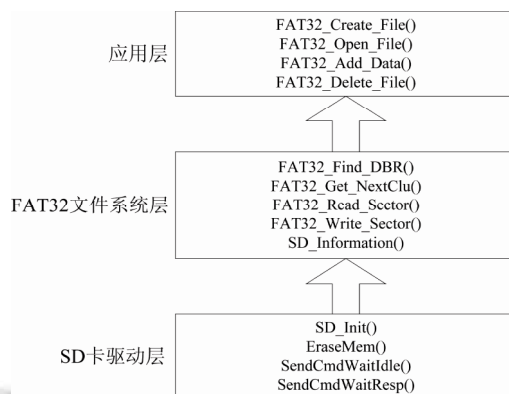


图 4 文件系统的分层

当初始化完成并正确获取 SD 卡信息后，直接调用应用层的 API 函数 FAT32\_Add\_Data() 将采集到的数据以标准文件的格式存储到 SD 卡中，特别适合于大容量、长时间数据采集的场合。数据可以在 Windows 下用读卡器直接读取，方便在 PC 等上位机上进行数据交换，从而满足现场数据采集，室内数据分析的要求。也可以通过触摸屏调用 FAT32\_Open\_File() 函数随时读取 SD 卡中的文件数据，在液晶屏上以文本或曲线的形式动态显示。在 SD 卡中创建文件并写入数据的流程，如图 5 所示。

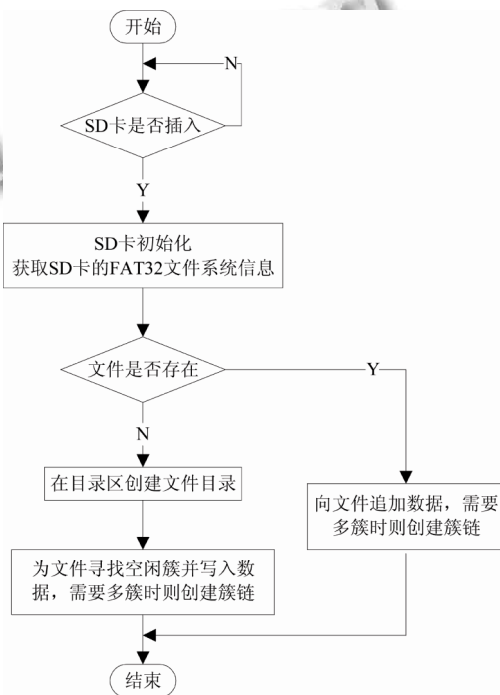


图 5 在 SD 卡中创建文件并写入数据流程图

### 3.4 应用

数据采集显示终端广泛应用于各种嵌入式领域和工业控制中,便携式心电检测便是其中之一,利用本系统对心电信号进行实时采集检测,并观察心电图在终端上的实时动态显示,在左上角的静态标签中直接读取采集数据的个数和当前的采样值,并通过触摸屏对显示界面进行放大、缩小、平移和数据保存等操作,如图6所示。

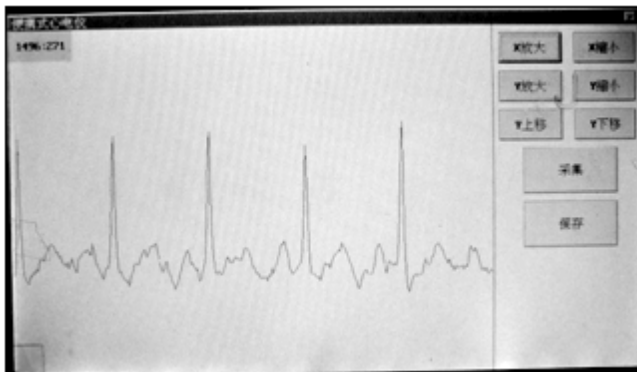


图6 心电信号波形图

### 4 结语

本数据采集显示终端采用 SEP4020 作为微处理器,将  $\mu$ C/OS-II 嵌入式操作系统、MinGUI 图形界面支持系统和 SD 卡 FAT32 文件系统等移植到本系统之中。经过测试,多路数据采集性能稳定,实现了对模

拟信号及数字信号实时采集,显示终端界面运行流畅,实现数据的实时显示并通过 SD 卡实时保存,达到了设计的要求。

本文作者创新点:同以往其它的数据采集系统相比,本系统采用 TLC2543 多通道 ADC 芯片,可同时进行多路采集实现多功能。在软件设计中植入了  $\mu$ C/OS-II 嵌入式操作系统,使多任务运行更加稳定可靠;MinGUI 图形界面支持系统为显示终端提供了绚丽多彩的图形界面,达到良好的人机交互效果;同时本系统采用 SD 卡作为移动存储器,以对现场的数据实时采集和高速保存,可轻松实现与计算机数据交换,达到现场采集数据,室内分析数据的目的。

### 参考文献

- 1 刘胜永,黄庆华.嵌入式实时信号采集与处理系统实现方案.微计算机信息,2008,11(2):61-63.
- 2 刘岚,尹勇,等.基于 ARM 的嵌入式系统开发.北京:电子工业出版社,2008.
- 3 Labrosse JJ.  $\mu$ C/OS-II—源码公开的实时嵌入式操作系统.邵贝贝译.北京:中国电力出版社,2001.
- 4 陈是知.  $\mu$ COS-II 内核分析、移植与驱动程序开发.北京:人民邮电出版社,2007.
- 5 马晓波.嵌入式 GUI 的研制—GUI 支撑技术的研究与实现.成都:电子科技大学,2003.
- 6 刘胜永,黄庆华.嵌入式实时信号采集与处理系统实现方案.微计算机信息,2008,12.
- 7 彭岩,林强,齐二石.产品生命周期过程供应商选择模型研究.工业工程,2005,10.
- 8 马建诚,梁工谦,关冲.改进灰色关联分析法在供应商中应用.现代制造工程,2007,9.
- 9 邓旭东,刘小国,彭玲.汽车零部件供应商评选的 AHP/灰色统计模型研究.科技管理研究,2010,19.
- 10 王道平,王煦.基于 AHP / 熵值法的钢铁企业绿色供应商选择指标权重研究.软科学,2010,8.
- 11 杨玉中,张强,吴立云.基于熵权的 TOPSIS 供应商选择.北京理工大学学报,2006,1.
- 12 吴登丰,张庆年.基于隐形采购成本的多因素供应商选择研究.武汉理工大学学报,2011.

(上接第 173 页)

法将具有模糊性的供应商选择指标量化,并将信息熵引入模糊多属性决策方法,由于信息熵利用概率理论衡量不确定性,较为客观的计算权重,并最终依靠加权和期望值求得结果。实例验证表明此种方法可以对多个候选供应商进行评分排序,并根据此提供一个决策依据,为供应商选择的决策问题提供了一个新途径。

### 参考文献

- 1 朱建军,刘士新,王梦光,胡英红.大型钢铁企业重要配件—轧辊供应商评价.计算机应用与软件,2004,11.
- 2 张志清,杨中华.基于 AHP 和 NEULONET 的供应商选择问题.系统工程与电子技术,2007,4.
- 3 田剑,谢英智,唐晖.基于模糊综合评价的在线采购供应商选