

# 基于 STM32 和 $\mu$ C/OS-II 的心电检测系统<sup>①</sup>

苏维嘉<sup>1</sup>, 齐洪涛<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 STM32 和  $\mu$  C/OS-II 的心电数据检测系统设计与实现. 采用 STM32F103ZET6 作为微处理器, 配有 TFT 液晶屏面显示模块和 SD 卡数据存储/读写模块等, 并利用  $\mu$  C/GUI 进行图形界面管理. 该系统实现了对心电信号的采集和处理, 在液晶屏上进行实时显示和触摸屏操作控制, 并将数据存储于 SD 卡中以便传输到 PC 机等功能.

**关键词:** 心电检测; STM32;  $\mu$  C/OS-II;  $\mu$  C/GUI; SD 卡

## Electrocardiograph Detection System Based on STM32 and $\mu$ C/OS-II

SU Wei-Jia<sup>1</sup>, QI Hong-Tao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Dept 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 STM32 and  $\mu$  C/OS-II for ECG data detection system design and implementation. Using STM32F103ZET6 as the microprocessor, with TFT LCD screen Graphical display module and SD card data storage/read and write module and so on, and using  $\mu$  C/GUI for managing graphical interface. The system implements the acquisition and processing of ECG signals, displaying in real-time on the LCD screen, control of touch screen, and storing the data in the SD card in order to transfer the date to PC and other functions.

**Key words:** ECG detection; STM32;  $\mu$  C/OS-II;  $\mu$  C/GUI ; SD Card

## 1 引言

随着数字技术的飞速发展, 数字化仪器已经成为观测技术领域的主流仪器<sup>[1]</sup>, 在医疗器械领域应用十分广泛. 目前的消费需求要求微电子产品不仅要具有强大的功能还要具有界面友好、操作简单、价格低廉等特点. 而传统的心电检测设备使用传统按键控制、界面不够友好, 数据储存传输功能差, 并且价格较高. 鉴于此, 本文设计了一个基于 STM32F103ZET6 微处理器和  $\mu$  C/OS-II 实时操作系统的心电数据检测系统, 本系统简单的设计在满足功能的同时降低了成本.

## 2 系统硬件设计

整个系统由 STM32F103ZET6(内部集成 12 位 A/D

模块)、TFT 液晶显示模块(配有四线式电阻触摸屏)、信号调理电路、SD 卡存储模块等模块组成, 如图 1 所示.

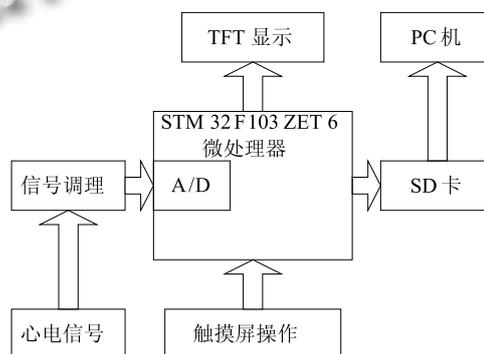


图 1 系统硬件组成框图

① 收稿时间:2012-07-09;收到修改稿时间:2012-07-31

### 2.1 微处理器

采用 ST 公司的 STM32F103ZET6 芯片作为微处理器, 该芯片具有 FMSC(可配置的静态存储器控制器), 支持 CF、PSRAM、NOR FLASH 和 NAND FLASH, 可配置成与多数图形 LCD 控制器的无缝连接, 并能灵活地与特定的 LCD 接口; 多大 512KB 的闪存和 64KB 的 SRAM 为  $\mu C/OS-II$  和  $\mu C/GUI$  的移植和运行提供了足够的空间; 具有 SDIO(安全数字输入输出卡)接口, 支持 SD 卡的热插拔; 芯片内集成了具有 12 位转换精度的 A/D 模块, 多种时钟源可供选择, 多大 18 个通道, 可测量 16 个外部和 2 个内部信号源, 4 种转换模式; 使用该处理器不仅满足了本设计要求还简化了硬件电路的设计。

### 2.2 处理器与心电信号调理电路接口

心脏收缩产生的动作电位将从心脏传遍全身, 传播电流在身体的不同位置会产生不同的电位, 由此采用金属生物变送器来感应体表电位再经由前置放大电路、高通滤波电路、低通滤波电路、50Hz 陷波电路和主级放大电路处理后由处理器采集。其中主级放大电路采用运算放大器 OPA2335 进行运算放大, 调理电路接口电路如下图 2 所示。

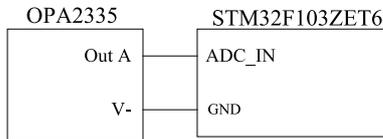


图 2 心电信号调理电路接口电路

### 2.3 处理器与液晶屏(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 屏幕上实时显示心电的当前状况是本设计的基本要求。STM32F103ZET6 的 FMSC 可配置与 LCD 控制无缝连接, 所以采用 ili9320 的 TFT 液晶屏, 分辨率为 320X240 的 3.5 寸液晶屏。同时配有 ADS7843(四线式电阻式触摸屏), 取代了传统的按键输入, 具有友好的人机交互界面, 液晶屏显示模块接口电路如图 3 所示。

### 2.4 处理器与 SD 存储模块卡接口

对于采集处理后的心电数据有时需要进一步处理分析, 这就要求系统具有对数据的存储和传输功能。STM32F103ZET6 的 SDIO 接口为数据的存储提供大容量的空间, 支持热插拔, 可方便快捷的把存储数据传

输给 PC 机, 其接口电路如图 4 所示。

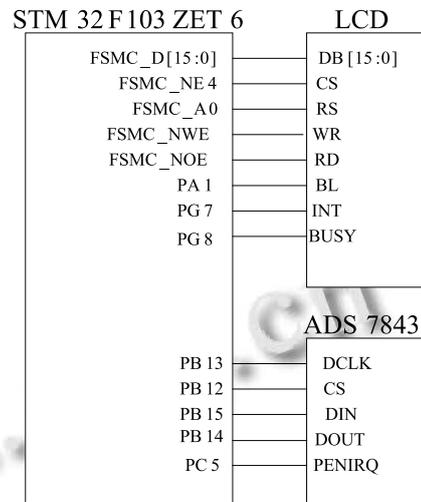


图 3 液晶显示模块接口电路

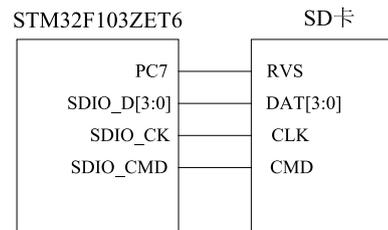


图 4 SD 卡存储模块接口电路

## 3 系统软件设计

为了满足系统对实时性、安全性、界面友好和便捷存储的要求, 本系统采用了嵌入式实时操作系统  $\mu C/OS-II$ , 应用  $\mu C/GUI$  为图形界面支持软件, 移植了 FAT32 文件系统的 SD 卡的数据储存进行管理。

### 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>[2]</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 3 个不同优先级的任务, 由高到低依次为: 心电数据的采集处理、心电数据的显示和 SD 卡存储/读取。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>[3]</sup>。

### 3.2 $\mu$ C/GUI 图形界面

$\mu$ C/GUI 是一种用于嵌入式应用的图形支持软件,被设计用于为任何使用一个图形 LCD 的应用提供一个有效的不依赖于处理器和 LCD 控制器的图形用户接口,能工作于单任务或多任务的系统环境下。 $\mu$ C/GUI 适用于使用任何 LCD 控制和 CPU 的任何尺寸的物理和虚拟显示<sup>[4]</sup>。 $\mu$ C/GUI 提供一个可扩展的 2D 图形库和一个视窗管理器并且有很好的颜色管理器,允许它处理灰阶。通过其精悍的图形引擎及其丰富的 API 足以实现各种各样的界面。 $\mu$ C/GUI 和  $\mu$ C/OS-II 的完美结合使系统更加稳定可靠,其移植过程比较简单,这里不加细述。

本图形界面的设计思路:以系统默认的桌面窗口为背景窗口,以该窗口下建立友好启动界面,并建立按钮,代替传统的按键输入,点击进入具有系统功能界面的子窗口,部分程序如下:

```
hButton=BUTTON_CreateAsChild(100,50,100,50,hTransWin,ID_one,WM_CF_SHOW);//创建按钮
```

```
BUTTON_SetText (hButton,"心电图 ");//设置文本
```

当点击按钮进入功能窗口后通过相应的按钮实现心电波数据的采集处理以及心电数据的储存,并通过  $\mu$ C/GUI 定时器实现心电波形的动态显示:

```
hTimer=GUI_TIMER_Create((GUI_TIMER_CALLBACK *)ECGCurve,10,0,0);//创建  $\mu$ C/GUI 定时器
```

```
GUI_TIMER_SetPeriod(hTimer,(GUI_TIMER_TIME)10);//设置定时时间
```

```
GUI_TIMER_Restart ( hTimer );//复位定时器
```

### 3.3 FAT32 文件系统

对心电数据的储存以供进一步处理分析是本系统的重点之一,本系统设计了一个基于 STM32F130ZET6 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 5 所示。

当初始化完成并正确获取 SD 卡信息后,可直接调用应用层的 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,其容量足以满足对心电数据的存储要求,SD 卡中的数据可在 windows 下直接读出,方便进步的处理分析。在 SD 卡中创建文件并写入数据的流程,如图 6 所示。

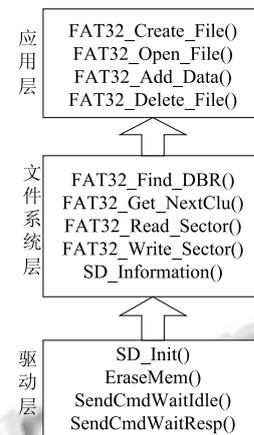


图 5 文件系统分层

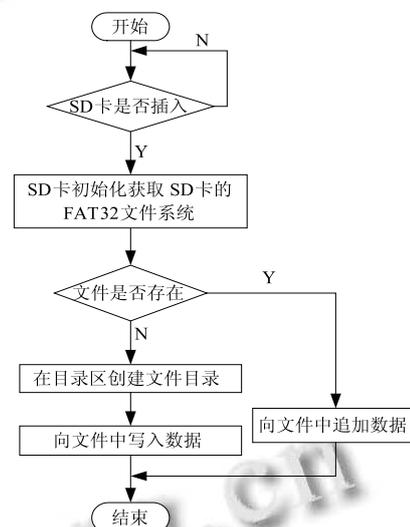


图 6 在 SD 卡中创建文件并写入数据流程图

### 3.4 功能验证

利用本系统对心电信号进行实时检测,并观察心电图的实时动态显示,可通过触摸屏对显示界面进行开始、暂停和数据保存等操作,并计算显示心率,如图 7 所示。

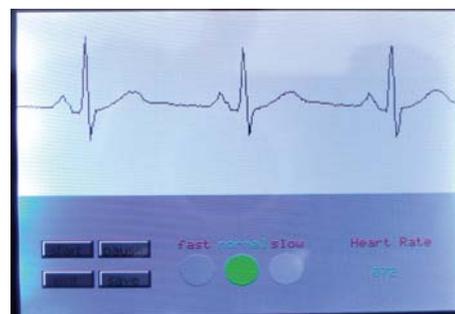


图 7 心电信号波形图

(下转第 25 页)

服务器集群作一体化设计,把它们建造成一个有机的整体是本文最大的创新之处,不管是四项技术创新组合的绿色数据中心,还是在全面采用微服务器集群、高压直流配电方面,都居于领先地位。

表 3 “绿云技术”指标设计推荐值

“绿云技术”指标	测试结果
PUE	$\leq 1.2$
RER	$\geq 80\%$
GSSR	$\leq 8.0$
GGPW	$\geq 0.8$

## 5 意义重大

“绿云技术”的意义不仅仅是可以建立大幅度节能减排的数据中心,“绿云技术”概念的进一步发展,将对全球信息社会产生极为深远地影响,她向我们展现出一片美好的前景。

1) “绿云技术”成倍地提高了每瓦电能可产生的计算能力,让高性能计算以合理的经济性走入寻常百姓家,为云计算、信息社会快速发展注入了强大的动力。

2) “绿云技术”数据中心的供电、配电回归直流电时代。微服务器率先采用全直流供、配电系统,可能引领一波震撼地的用电设备直流化浪潮。

3) 由于太阳能光伏发电与直流用电设备是天然的伙伴,用电设备直流化,将猛推太阳能的普及使用。

“绿云技术”带领人类返璞归真,重归白云、绿地的自然家园。

## 参考文献

- 1 钟景华,等.新一代绿色数据中心的规划与设计.北京:电子工业出版社,2010.13-14,45-47.
- 2 云计算发展与政策论坛.数据中心能效测评指南,2012.
- 3 中国电信集团公司,中国电信股份有限公司广州研究院.通信机房节能技术应用综述.北京:人民邮电出版社,2010.2-9.
- 4 倪继利,陈曦,李挥.CPU 源代码分析与芯片设计及 Linux 移植.北京:电子工业出版社,2010.9-10.
- 5 潘中良.系统芯片 SoC 的设计与测试.北京:科学出版社,2009.118-120.
- 6 中投顾问产业研究中心.2011-2015 年中国太阳能光伏发电产业投资分析及前景预测报告.2011:1-9.

(上接第 63 页)

## 4 结语

本系统以 STM32F103ZET6 为微处理器,以  $\mu$ C/OS-II 实时操作系统为系统平台,移入  $\mu$ C/GUI 图形支持软件和 FAT32 文件系统.经测试系统运行稳定,实现了对心电数据的采集处理,显示和保存,具有简单的触摸操作和友好的界面,成本较低.达到了设计要求。

本文作者创新点:利用功能强大 STM32F103ZET6 微处理器,其内部集成 AD 模块大大简化了电路设计,降低了成本.在软件方面,嵌入了  $\mu$ C/OS-II 实时操作系统,使系统运行更加稳定;应用 C/GU 提高了界面的可观性和友好性;利用 SD 卡进行实时存储,容量大传

输方便。

## 参考文献

- 1 刘锐,王林.基于 ARM 的数据采集系统的设计.中国测试,2010-7.
- 2 Labrosse EJ.  $\mu$ 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.
- 3 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.
- 4  $\mu$ C/GUI 用户手册.Micrium 公司,2003:90-114.