

基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的高性价比 PDA 的设计与实现

孟庆洋, 张晓明

(沈阳工业大学信息科学与工程学院, 沈阳 110023)

摘 要: 给出了一个新的 PDA 设计方案, 利用有限的硬件资源在缺少 MMU 的低端 CPU 上设计并开发出性能接近高端的 PDA 系统。充分利用了嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的多任务和保护机制, 合理地协调了硬件资源和软件系统之间的一些矛盾。实验结果证明该方案与原有 PDA 系统相比具有成本低、可靠性好、功能多和用户界面友好等特点。

关键词: PDA; 嵌入式系统; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; MiniGUI

Design and Realization of High Performance-price Ratio PDA Based on $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

MENG Qingyang, ZHANG Xiaoming

(College of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023)

[Abstract] This paper presents a new design of PDA. Using the limited hardware resources designs and develops a PDA system whose performance approaches to the high level in lower CPU which lacks of MMU. This plan fully uses the multi-duty and the protection of embedded operating system $\mu\text{C}/\text{OS-II}$, reasonably coordinates some contradictions between hardware resources and software system. Proved by the experimental result that compared with the original PDA system, this plan has lower cost, the better reliability, more function and more friendly user interface and so on.

[Key words] Personal digital assistant (PDA); Embedded system; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; MiniGUI

目前国内的 PDA 产品主要分 2 大类: (1) 由电子辞典演变而来的低端 PDA, 一般功能单一、交互性较差、用户界面也不是十分友好, 但是由于开发成本低, 价格比较合理; (2) 国内外大的 IT 企业推出的高端 PDA 产品, 大多采用 Intel Xscale 等高端 CPU 并基于 Windows CE、Palm OS 等商用嵌入式操作系统开发。它们功能强大, 界面华丽, 但由于开发成本非常高, 价格相当昂贵。表面上看 PDA 市场前景良好, 然而近期的市场调查报告却表明 PDA 市场正面临着萎缩的危机。造成这一现象的原因主要是低端 PDA 虽然价格合理, 却无法真正满足用户的需求; 而高端 PDA 虽然功能完备, 但其价格远远超出了大多数用户所能承受的范围。针对上述状况, 采取一种折中的方案, 即选用低端设备和开源的 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 来降低成本; 通过 MiniGUI 使用户界面更加友好, 并在此基础上实现音频播放、通信录、时钟月历、计算器、移动 U 盘、游戏、画板等功能。

1 PDA 的硬件系统设计

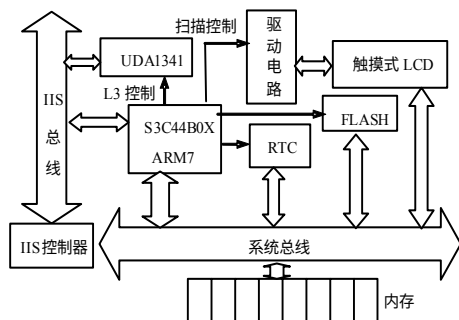


图 1 PDA 硬件系统结构

系统选用了三星公司的 S3C44B0X ARM7 处理器, 采用 IIS 总线标准的音频输出方式, 通过带有触摸屏的 LCD 进行交互, Nand Flash 进行存储, 用 RTC 芯片实现系统时间, 并采用 USB 协议进行数据传输。其系统结构设计如图 1 所示。

2 PDA 的软件系统设计与实现

2.1 PDA 的软件系统结构

软件系统结构具体如图 2 所示, 本文将按照自低向上的顺序对 PDA 的软件系统进行具体论述。

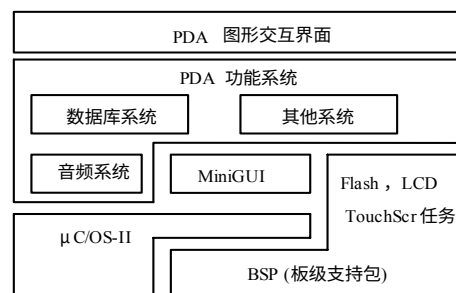


图 2 PDA 软件系统结构

2.2 BSP 板级支持包

BSP 中包括对 LCD、RTC、UDAI341、FLASH、USB 接口的驱动以及 FAT32 文件系统的建立, 很大程度上弥补了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核相对简单、缺少文件系统等不足, 也使得在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 上开发 PDA 系统成为现实。

作者简介: 孟庆洋(1982-), 男, 硕士生, 主研方向: 嵌入式系统; 张晓明, 副教授

收稿日期: 2006-04-20 **E-mail:** sutmqy@126.com

2.3 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 PDA 系统中的多任务实现与保护

2.3.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 简介

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是由 Labrosse 先生编写的一个可剥夺式实时内核。与众多商用嵌入式操作系统相比, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 不仅公开源码, 而且稳定性与可靠性非常好。目前很多公司相继面向 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 开发了比较完整的板级支持包, 这使 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的功能得到进一步完善, 足以在嵌入式领域占有一席之地。

2.3.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 PDA 系统中的多任务实现

由于在该 PDA 系统中选用的是不支持 MMU、相对低端的 CPU, 所有的程序都运行在一个进程下, 因此在开发 PDA 应用程序时, 多任务的良好实现就显得异常重要了。PDA 系统中多个任务之间的调度关系具体可由图 3 来体现。多任务的实现主要包括任务优先级的设定、任务间的通信、任务的挂起与恢复。

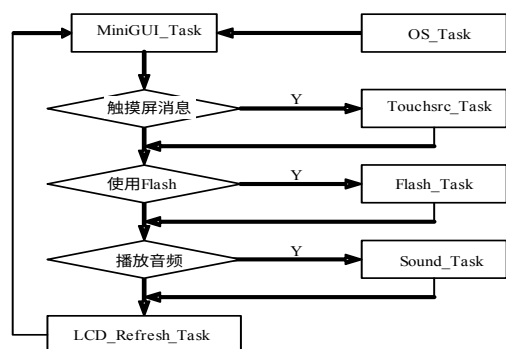


图 3 PDA 多任务调度

(1) 任务优先级的设定

优先级的设定通常以单调执行率调度法 RMS(Rate Monotonic Scheduling)为起点。RMS 定理公式如下：

$$\sum E_i/T_i \leq n(2^{1/n} - 1)$$

其中, E_i 是任务 i 的最长执行时间, T_i 是任务的执行周期, n 为任务数。也就是说, RMS 规定更高执行率的任务有更高的优先级。但事实上, 定义任务的优先级时, 还应综合考虑让紧急重要、执行速度快的任务有更高的优先级以提高系统的实用性。根据 PDA 的实际需求, 具体设定任务优先级如下：

```
#define OS_Task_Prio      0
#define TouchSrc_Task_Prio 8
#define MiniGUI_Task_Prio 10
#define Lcd_Refresh_prio  40
#define Flash_Task_Prio   41
#define Sound_Task_Prio   42
```

(2) 任务间的通信

在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 下, 任务间的通信主要有两种方式：1) 全局变量、共用内存、全局数据结构；2) 消息邮箱、消息队列。其中, 用共用内存、全局变量传递信息的好处是速度快, 缺点是缺少多操作的互斥保护；而使用消息邮箱、消息队列的好处是用法简单、性能可靠, 缺点是速度较慢。由于在 PDA 系统中 TouchSrc_Task 与 MiniGUI_Task 之间的通信只需传递一些事件触发和坐标信息, 传送数据量比较小, 采用消息队列是一个很好的选择。而当 PDA 系统中的 Flash_Task 与 Sound_Task 通信时, 它们之间需要传送大量的音频信息, 单独地使用消息队列方式进行通信是不合适的。针对此情况, 采取的解决办法是在内存中先申请一段缓冲区, 采用 DMA 方式把 Nand Flash 中的音频文件读到内存中并记录下内存的首地址和长度。然后 Flash_Task 再通过消息队列把首地址和

长度发送给 Sound_Task。最后, Sound_Task 再从缓冲区中读取数据并进行播放。

(3) 任务的挂起与恢复

任务的挂起与恢复在保证 PDA 系统图形界面的完整性中起到了重要的作用。在播放音频时, 由于音频数据量较大, CPU 处理时间较长, 音频系统长期地占用 CPU 势必破坏图形界面。采取的办法是当处理音频数据时, 把运行 MiniGUI 的线程挂起, 待处理完音频数据后再恢复, 因此从严格意义上讲, 音频系统在软件系统的层次与 MiniGUI 是相同的。

2.3.3 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 PDA 系统中的保护

(1) 共享资源的保护

在 PDA 系统中, 很多时候多个任务共享一个资源, 如音频播放和 USB 传输数据时都需要从 Nand Flash 中读取数据。为了避免竞争和数据的破坏, 任务之间必须满足互斥条件, 通常采用信号量法来实现互斥。具体实现如下：

```
OS_EVENT *Nand_Flash;
Nand_Flash=OSSemCreate(1); //建立信号量
Void Sound_Read(void *data)
{OSSemPend(Nand_Flash,0,&err); //等待信号量
从 Nand Flash 中读取音频文件的代码;
OSSemPost(Nand_Flash); //释放信号量 }
```

USB 数据传输的实现与 Sound_Read 类似, 这样双方通过信号量合理地实现了互斥。

(2) 临界区的保护

临界区的保护又称原子操作, 一旦这部分代码开始执行, 则不允许任何中断进入, 否则将破坏操作或数据, 这种保护在像 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 这样的可剥夺式操作系统中尤为重要。如在 PDA 的数据库系统中添加新的记录并进行更新时, 这部分代码就必须加以保护, 不允许中断或更高优先级的任务打断这部分代码的执行。数据更新之前须关中断, 数据更新之后再开中断, 这样才能保证数据更新的正确。

2.4 MiniGUI 在 PDA 系统中的扩展

MiniGUI 是由原清华大学教师魏永明先生开发的一种面向嵌入式系统的图形用户界面支持系统。MiniGUI 针对不同的 CPU 与嵌入式操作系统分为 Threads、Lite、Standalone 3 种运行模式, 该系统选取的是 Threads 模式, 该模式非常适合运行在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 及缺少 MMU 的一些低端 CPU 上。MiniGUI 不仅功能齐全, 而且还为开发者提供了很好的扩展空间, 根据 PDA 的实际需求对 MiniGUI 进行如下扩展：

(1) 输入法控件的子类化

在 MiniGUI 中已经提供了输入法窗口控件, 在 Thread 版本下是通过 GBIMEWindow() 来申请一个输入法窗口。但是这类输入法窗口只能够接收来自键盘的消息, 这对于习惯用触摸屏进行交互的 PDA 来说显然是不适用的。因此, PDA 系统重新建立了一个触摸式的输入法软键盘, 通过 MiniGUI 中的 RegisterIMEWindow() 来将该窗体注册成 IME(Input Method Editor)窗口, 以继承 MiniGUI 的 GB2312 输入法。再用软键盘模拟发送键盘的消息, 通过 SetIMEWindow() 来设定输入法的状态, 从而通过控件的子类化实现了一个支持全拼、五笔等输入法的触摸式软键盘。

(2) 触摸屏消息的添加

在 MiniGUI 中也同样支持触摸屏服务, 但为了让用户使用 PDA 更方便, 系统模仿鼠标动作对触摸屏动作进行了细化, 并通过 MiniGUI 中的 MSG_USER 宏添加触摸屏消息：

```
#define TouchScr_Click      (MSG_USER+1)
#define TouchScr_DBClick   (MSG_USER+2)
#define TouchScr_Up        (MSG_USER+3)
#define TouchScr_Down      (MSG_USER+4)
#define TouchScr_Move      (MSG_USER+5)
```

然后再通过 TouchScr_Task 对动作进行判断并把相应的消息传到当前的窗口中, 这些触摸屏动作很大程度上提高了 PDA 的实用性。

2.5 PDA 功能系统的设计与实现

2.5.1 双缓存分段并行机制的音频系统

由于嵌入式系统的资源有限, 基于 IIS 总线的音频系统一次能够播放的音频数据非常的短, 因此如何合理地运用有限的资源播放时间更长、质量更好的音频就显得非常有意义。系统采取双缓存分段并行机制, 即先建立两个大小相同的缓冲区 A、B, 按照它们的大小对音频文件进行分段。CPU 用第 1 个 T 时间把第 1 段音频数据读到 A 中; 当 CPU 在第 2 个 T 时间把第 2 段音频数据读到 B 时, 与此同时音频系统处理 A; 同理当 CPU 再次把数据读入 A 时, 音频系统处理 B, 不断交替循环。具体如图 4 所示, 音频模块在一定程度上实现了并行。播放同样大小的音频数据, 并行机制只需要 $(N+1)*T$ 时间, 而若使用串行机制则需要 $2N*T$ 的时间。

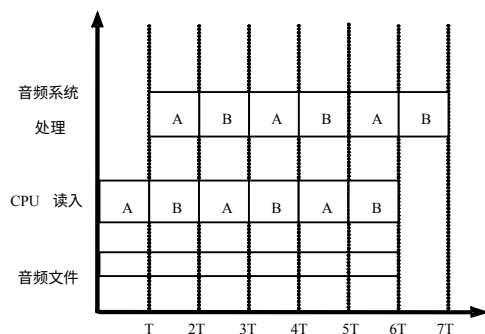


图 4 双缓存分段并行机制

需要注意的是, 基于 IIS 的音频系统对嵌入式操作系统的实时性要求非常高, 一次读取的数据必须及时地处理, 否则将不能正确播放。 $\mu C/OS-II$ 很好地满足了 IIS 的实时性要求。另外, 为了保证 CPU 的读取与音频系统的处理达到同步, 可以借助 $\mu C/OS-II$ 下的信号量机制以使音频的播放达到更佳的效果。

2.5.2 其他功能系统的实现

该 PDA 系统还实现了数据库、移动 U 盘, 利用 RTC 芯片实现了月历、时钟及闹钟功能, 在 MiniGUI 的基础上实现了计算器、画板、加密等功能, 开发了汉诺塔、贪食蛇等游戏, 该系统基本上实现了 PDA 的多功能要求。

2.6 PDA 图形交互界面的实现

PDA 图形交互界面(如图 5 所示)采用了 MiniGUI 的皮肤

机制, 建立了一个 Windows 的仿真界面(用户也可以根据自己的喜好任意更换), 通过触摸屏与用户交互, 界面美观, 用户操作简单、方便, 真正意义上体现了用户界面的友好性。



图 5 PDA 主界面

3 结果分析

经过实际的调查与测试, 与原有 PDA 系统相比, 该系统的硬件需求、开发成本等价格影响因素在高端 PDA 与低端 PDA 之间且接近于低端 PDA; 可靠性、多功能性、界面友好性等性能影响因素同样在二者之间却接近于高端 PDA。它们之间的性价比关系如图 6 所示, 图 6 中, A 为高端 PDA, B 为该 PDA, C 为低端 PDA。

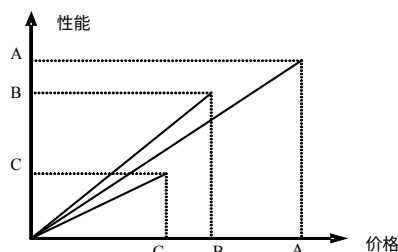


图 6 性价比关系

4 结语

综上所述, 该 PDA 设计方案不仅被验证有可行性和实用性, 而且很好地体现了低成本性、高可靠性、多功能性和用户界面友好性。由于有较高的性价比, 它还将会有很好的市场前景。随着嵌入式产品的普及与市场竞争的日益激烈, 这些特点都将会有非常重要的意义。

参考文献

- 1 Labrosse J J. MicroC/OS-II The Real Time Kernel[M]. 邵贝贝, 译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- 2 Vercauteren S, Lin B. Hardware/Software Communication and System Integration for Embedded Architectures[J]. Design Automation of Embedded Systems, 1997, 2(3/4): 359-382.
- 3 谭 勇. 嵌入式系统在 PDA 中的技术解决方案[J]. 单片机及嵌入式系统应用, 2004, 4(7): 84-85.
- 4 徐 睿, 李 斐, 王申康. 基于 IIS 总线的嵌入式音频系统设计[J]. 电子技术应用, 2004, 30(4): 7-9.
- 5 2005 年中国 PDA 市场分析报告 [EB/OL]. 2005-07-21. http://market.ccidnet.com/pub/report/show_5084.html.

(上接第 216 页)

参考文献

- 1 刘桂兰, 祝天龙, 周学仁, 等. 廉价冗余磁盘阵列(RAID)Cache 浅析[J]. 电子计算机外部设备, 1995, 16(6).
- 2 王湘娜, 蒋本珊, 徐 渐. 基于 RAID5 的磁盘阵列 Cache 的研究与实现[J]. 计算机工程, 2003, 29(3): 149-151.
- 3 Miao Junhai, Zhu Lanjuan, Wu Zhiming. Design and Implementation of the Cache in RAID[J]. Microcomputer. Applications, 2001, 17(4): 29-31.

- 4 Lee Junghoon, Lee Jangsoo, Kim Shindug. A New Cache Architecture Based on Temporal and Spatial Locality[J]. Journal of Systems Architecture, 2000, 46(15): 1451-1467.
- 5 Hennessy J L, Patterson D A. Computer Architecture: A Quantitative Approach[M]. 3rd ed. Elsevier Science Pte Ltd., 2003: 392-448.

