# μC/OS-Ⅱ在交流同步采样中的应用

周秀丽,张辉宜,陈文星
(安徽工业大学 计算机学院,安徽 马鞍山 243002)

**摘 要**:针对传统单片机交流同步采样系统不具备现代操作系统管理功能的不足,介绍了一种基于μC/OS-Ⅱ实时操作系统内核的交流同步采样实现方法。该方法将采样过程分为频率动态跟踪和等间隔同步采样两部分,分别由优先级不同的多个任务完成信号采样和数据处理,各任务由抢占式的μC/OS-Ⅱ统一调度管理,较好地解决了精确性和实时性的矛盾。利用操作系统提供的API函数,可简化应用程序的编写,便于系统的功能扩充,并为分布式电力系统监控奠定基础。

**关键词**:实时操作系统;μC/OS-Ⅱ;交流同步采样
**中图分类号**:TP316.2 **文献标识码**:A **文章编号**:1673-629X(2007)06-0200-03

# Application of μC/OS-Ⅱ in AC Synchronization Sampling

ZHOU Xiu-li, ZHANG Hui-yi, CHEN Wen-xing
(School of Computer Science, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China)

**Abstract**: Directed to the traditional SCM which didn't have the managing ability of the modern operating system in the AC synchronization sampling system, introduced a method of AC synchronization sampling that was based on μC/OS-Ⅱ operating system kernel. The method divided the sampling process into two parts, frequency dynamic track and same-internal synchronization sampling. The tasks which process the different priorities, used to sample the signal and treat with the data. All tasks were scheduled by the preemptive μC/OS-Ⅱ kernel. The method has decreased the conflict between the precision and the real-time property. The application programming interface functions which are provided by the operating system, can simplify programming, and is convenient to expand the application system. The method is the foundation of the distributed power system monitor.

**Key words**: real-time operating system; μC/OS-Ⅱ; AC synchronization sampling

## 0 引 言

基于单片机的交流同步采样系统,是采用一个简单的循环控制对外界的控制请求进行处理,不具备进程管理、存储管理、设备管理、网络通信等现代操作系统管理的基本特征,不能适应测量方法的改进、无功补偿、分布式电力监控、电能质量分析等现代电力系统的多功能、实时性要求。文中将μC/OS-Ⅱ实时操作系统内核移植到高性能嵌入式微处理器S3C44B0X上,建立了一个具有进程管理、存储管理、设备管理、网络通信等功能的实时多任务操作系统(RTOS),实现了多任务调度。重点介绍了μC/OS-Ⅱ的移植方法和基于软件频率动态跟踪的交流同步采样算法。

**收稿日期**:2006-08-25
**基金项目**:安徽省教育厅自然科学研究项目(2006KJ064B)
**作者简介**:周秀丽(1982-),女,山东潍坊人,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统开发与应用;张辉宜,副教授,研究方向为计算机控制与仿真、嵌入式系统开发及应用。

## 1 μC/OS-Ⅱ实时操作系统的特点

μC/OS-Ⅱ是一个源码公开、可移植、可裁减、抢占式多任务调度的实时操作系统内核,最多可支持64个任务,分别对应优先级0~63,其中0为最高优先级,63为最低优先级,为系统保留了8个任务,优先级分别为:0,1,2,3,OS_LOWEST_PRIO-3,OS_LOWEST_PRIO-2,OS_LOWEST_PRIO-1,OS_LOWEST_PRIO,其余56个任务均可以被用户使用。每个任务都拥有自己的堆栈和任务控制块。

μC/OS-Ⅱ中的每一个任务,都是一个无限循环,它必处于以下五种状态之一:运行态(RUNNING)、就绪态(READY)、中断态(ISR)、挂起态(WAITING)、休眠态(DORMANT)[1],任务状态之间的转换如图1所示。任务之间可以通过信号量、邮箱、消息队列等通信机制,实现任务间的通信与同步。

## 2 μC/OS-Ⅱ的移植

μC/OS-II仅仅是一个实时操作系统内核,只包

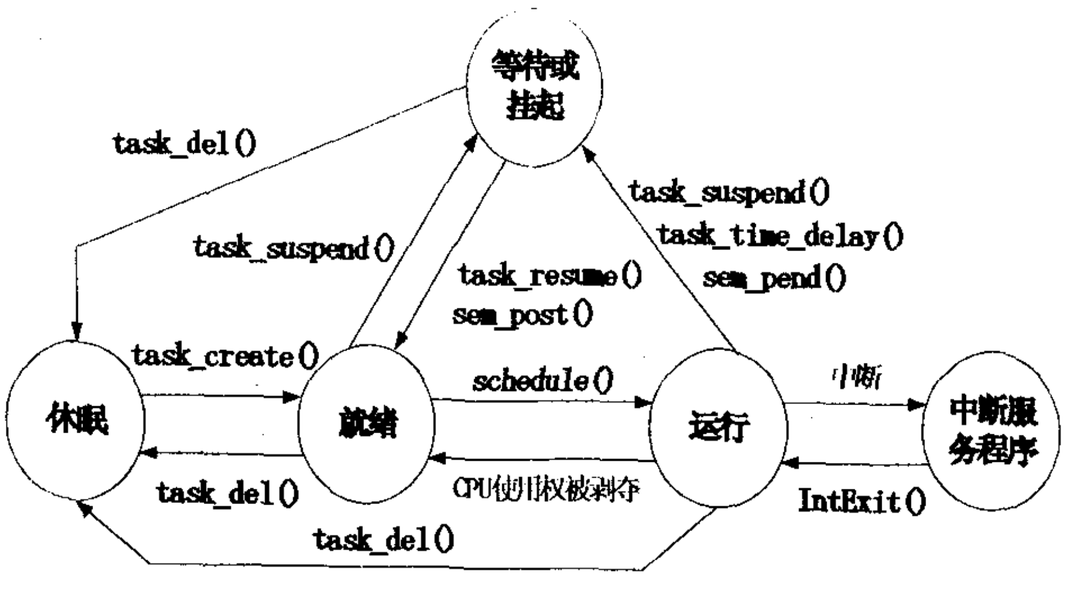


图 1　任务状态转换图

含了任务调度、时钟管理、内存管理和任务间的通信与同步等基本功能，要建立实用的 RTOS，需将 μC/OS-Ⅱ移植到 S3C44B0X，并增加一些必要的功能部件，如 I/O 管理、文件系统、网络协议栈等模块。下面简单介绍本系统的移植方法。

μC/OS-Ⅱ的大部分代码是用 C 语言编写的，但 OS_CPU.H，OS_CPU_A.ASM，OS_CPU_C.C 这三个文件与处理器有关[2]，因此，将其应用到 S3C44B0X 处理器，需要对这三个文件进行修改、移植。

OS_CPU.H 包含了用 #define 语句定义的、与处理器相关的常数、宏以及类型。其中包括：与处理器相关的数据类型，保护临界段代码的 OS_ENTER_CRITICAL 和 OS_EXIT_CRITICAL，堆栈的增长方向（从高地址到低地址或从低地址到高地址），与任务切换相关的宏定义 OS_TASK_SW。在本应用中根据 S3C44B0X 的特点定义了各数据类型，并定义了进入/退出临界区采用方式 3，即 OS_CRITICAL_METHOD=3，实现了堆栈从高到低增长。

OS_CPU_C.C 包含了 10 个要求用户编写的 C 函数：OSTaskStkInit ( )，OSTaskCreateHook ( )，OSTaskDelHook ( )，OSTaskSwHook ( )，OSTaskIdleHook ( )，OSTaskStatHook ( )，OSTimeTickHook ( )，OSInitHookBegin ( )，OSInitHookEnd ( )，OSTCBInitHook ( )。OSTaskCreate ( ) 和 OSTaskCreateExt ( ) 通过调用 OSTaskStkInit ( )，实现任务堆栈的初始化，并返回堆栈的指针，并将栈顶指针存放在所建任务的 TCB（任务控制块）中。其它 9 个函数只需声明即可，不需要做任何操作。

OS_CPU_A.ASM 包含了 4 个要求用户编写的汇编函数：OSStartHighRdy ( )，OSCtxSw ( )，OSIntCtxSw ( )，OSTickISR ( )。OSStartHighRdy ( ) 唯一的一次执行机会，就是由 OSStart ( ) 调用，使得就绪态中优先级最高的任务开始执行。OSCtxSw ( ) 和 OSIntCtxSw ( ) 分别实现任务级和中断级的任务切换，两函数的代码大部分是一样的，唯一的区别是：OSIntCtxSw ( ) 中无需保存 CPU 的寄存器，因为在处理中断时已经保存过了。OSTickISR ( ) 实现时间的延迟和超时功能。需要注意的是：必须在调用 OSStart ( ) 之后，在 μC/OS-Ⅱ启动的第一个任务中，初始化节拍中断，否则，系统不能正常工作。

建立了 RTOS 后，采样系统就可以在其管理下协调工作，软件结构如图 2 所示。

## 3　算法及其实现

### 3.1　信号周期测量算法

整周期同步采样是电力参数测量、分析的基础，是谐波分析中减小频谱泄漏的根本措施[3]。因此，准确测量信号周期是电力参数检测的前提。常规用硬件同步电路的方法在电磁干扰严重的场合不能得到满意的

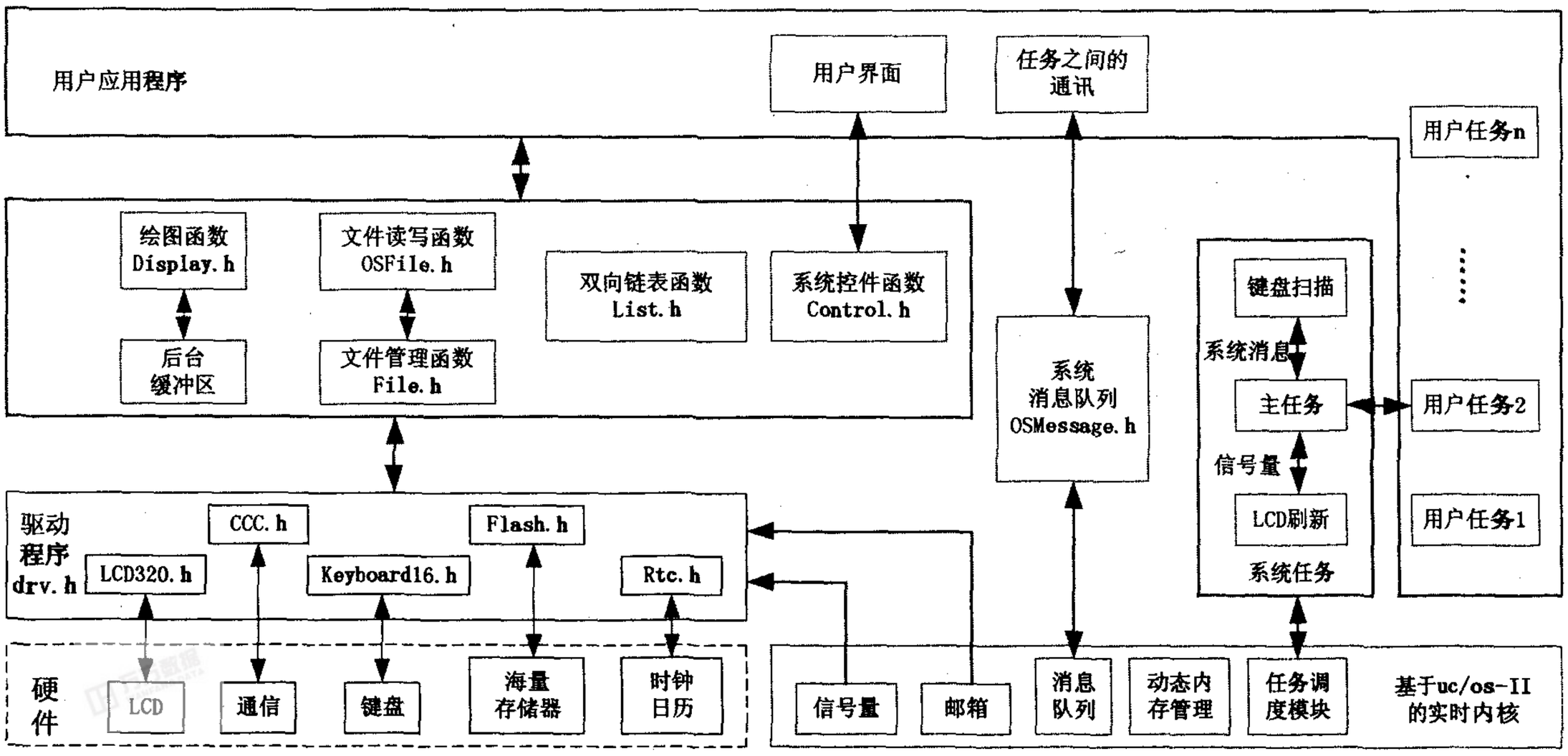


图 2　采样系统软件结构

效果;双速采样的计算量较大且仍然存在一定误差。

实际电力信号频率变化一般比较缓慢,相邻的几个周波的频率变化很小,针对这个特点,假设信号在相邻两个周期内频率基本不变,首先启动信号周期测量任务 MearTTask(),该任务在系统中分配有最高的优先级,在占先式内核 μC/OS-II 管理下,具有最高的运行优先权。通过 MearTTask()不断检测信号的第一个正向过零点,然后以 $\Delta T' = 20\mu s$ 的间隔定时中断采样,软件判断第二个正向过零点 $M$,对两个正向过零点间的中断次数 $M$ 进行计数,则信号周期为 $T = 20M(\mu s)$。

若最后一个采样点不是正向过零点,则当满足点 $M-1$ 的值小于 0,点 $M$ 的值大于 0 的条件下,可以求出点 $M-1$ 和 $M$ 之间线性关系表示的 $f(t)$,从而较准确地得到点 $M-1$ 到正向 0 点的时间 $\Delta t$,则信号周期为 $T = 20(M-1) + \Delta t\ (\mu s)$。

### 3.2 信号采样

在完成第一个周期的信号周期测定后,任务 DataSampleTask()(应用中优先级次高)依据 $T$ 等间隔地($t2 = T/128$)为每相电压(电流)获取 128 个采样点,分别存放在数组中,以备其它任务使用。任务 DataSampleTask()完成后,通过邮箱或消息队列唤醒其它需要这些采样数据的任务,完成电力参数的相关计算。

以上是以任务为中心介绍的,而本应用中是利用实时操作系统 μC/OS-II,实现任务调度、任务管理、任务间的通信与同步,所以还要充分利用 μC/OS-II 中的抢占式的优点,一直是准备好的优先级最高的任务拥有微处理器 S3C44B0X 的控制权。例如,当任务 MearTTask()获得一个采样点后,在下一个采样点来临之前还有一段时间,所以可以将任务 MearTTask()延迟一段时间,这样就绪态中优先级最高的任务就获得了执行权,在其它任务的执行过程中,若任务 MearTTask()的延迟时间已到,那么它就会抢占微处理器 S3C44B0X 的控制权,这样就保证了系统的实时性操作。

### 3.3 任务优先级划分

为实现 RTOS 多任务调度,根据系统各功能模块进行任务划分,再根据实时性和人机交互要求[4],为每个任务指定优先级,本应用的任务优先级划分见表 1。

表 1 交流同步采样系统任务优先级

| 序号 | 任务名称 | 任务函数 | 优先级 | 任务功能 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 空闲任务 | OSIdleTask() | 63 | 系统空闲 |
| 2 | 统计任务 | OSStatTask() | 62 | CPU 运行情况统计 |
| 3 | 读键盘任务 | KeyTask() | 40 | 切换显示画面等 |
| 4 | 系统主任务 | MainTask() | 10 | 应用程序管理 |
| 5 | 显示任务 | DisplayTask() | 50 | 参数显示 |
| 6 | 网络通信任务 | DataEthTask() | 25 | 将检测参数发送到总站 |
| 7 | 串口通信任务 | DataComTask() | 30 | 将检测参数发送到总站 |
| 8 | 周期(频率)测量任务 | MearTTask() | 8 | 测量电网实际周期 |
| 9 | 数据采样任务 | DataSampleTask() | 12 | 三相电参数采样 |
| 10 | 数据处理(滤波)任务 | DataProcTask() | 14 | 数字滤波 |
| 11 | 参数计算任务 | CalPara Task() | 16 | 三相电参数计算 |
| 12 | 谐波计算任务 | HarmonicTask() | 20 | 谐波计算 |
| 13 | 数据存储 | DataSave Task() | 22 | 数据按通信格式存储 |

任务优先级不连续指定,是为以后功能扩充做准备。

需要注意的是,中断可能唤醒多个任务[5],因此中断返回时要比较被唤醒任务的优先级来确定哪个任务可以获得 CPU 控制权。当没有其它任务处于就绪态时,系统执行空闲任务。

## 4 结束语

文中采用 μC/OS-II 实时多任务操作系统内核和 32 位高性能嵌入式微处理器实现的软件频率动态跟踪同步采样方法和技术,较大程度地解决了测量精度和实时性之间的矛盾。可构成低成本、高可靠性、多功能的电力系统检测分析装置。

**参考文献:**


[1] Labrosse J J. μC/OS-II-源码公开的实时嵌入式操作系统[M].邵贝贝译.北京:中国电力出版社,2001.

[2] 黄燕平.μC/OS-II ARM 移植要点详解[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005:69-103.

[3] 潘立东,王 飞.基于采样频率自适应的高精度谐波分析软件算法[J].电测与仪表,2006,43(5):9-12.

[4] Kamal R. Embedded Systems: Architecture, Programming and Design [M]. [s. l.]: The McGraw-Hill Companies, Inc.,2003.

[5] 李善平,刘文峰,王焕龙. Linux 与嵌入式系统[M].北京:清华大学出版社,2006.


(上接第 199 页)


量选取模型[J].微机发展,2005,15(12):87-89.

[4] 章曙光,蔡庆生.一种基于属性组合的权重向量选取模型[J].微机发展,2004,14(11):13-15.

[5] 章曙光,方 谨,钱 权,等.范例推理中基于时序的范例匹配方法模型[J].小型微型计算机系统,2003,24(4):640-642.

[6] 郑 烃 朱 明,王俊普,等.相似时间序列的快速检索算法[J].小型微型计算机系统,2004,25(5):785-789.