

基于 uITRON 规范的 RTOS 在继电保护装置中的应用

王若醒,赵志华,张周胜,王志

(许继日立电气有限公司,河南 许昌 461000)

摘要:介绍了 RTOS 的应用背景和 uITRON 规范,以及基于该规范的 HI-SH7 系统的特点和主要功能,并结合新一代继电保护装置通用软件平台的开发进行应用研究。现在,应用了 HI-SH7 的继电保护系列产品已经投入运行。

关键词: 继电保护; uITRON; RTOS

中图分类号: TM774 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)03-0037-03

1 引言

20 世纪 80 年代以来,微机保护凭借其优越性能在电力系统中得到广泛的应用。软硬件技术的发展推动着微机保护不断地升级换代,随着硬件性能的不提高,微机保护装置的软件开发也逐渐从汇编语言到 C 语言,从简单的“线性”结构的软件开发方式发展到基于 RTOS(Real Time multiple Operation System 实时多任务操作系统)的软件开发方式。

过去微机保护装置的功能相对简单,采用一个主循环和几个顺序调用的子程序模块即可满足要求;随着电力系统自动化水平的不断提高,通信功能大大增强,对微机保护提出了更高的要求,要求监视控制多个外设,实时响应多个任务。对于硬件而言由于微电子技术的飞速发展,芯片的性能大幅度提高,足以满足复杂应用的要求,然而软件方面,原来“线性”结构的程序组织形式不能适应更高的要求,表现为实时性不好或者是多个任务间的资源调度不当发生死锁,降低软件的可靠性。在硬件资源成本不断下降,产品可靠性和开发周期越来越重要的今天,为了提高软件的可靠性和资源的利用率,采用商业化 RTOS 逐渐成为一种趋势。如今国内外的开发商提供的 RTOS 不下百种,它们各具特色的同时也带来新的问题,选择不同的 RTOS 难以保护用户已进行的软件投资和培训投资,具体表现为软件的代码重用性差和学习培训成本增加。

为了解决上述问题,1984 年成立于东京的 TRON(The Real-time Operating system Nuclear)协会,致力于研究开发用于工业控制的 ITRON(Industrial TRON)规范。ITRON 对有利于学习和培训的各种特征标志都进行了标准化,而影响实时性能的方面并

未标准化,所以它实际上是“有一定自由度”的规范,在日本市场占有率达到 60% 以上,并且呈逐年上升趋势,已成为日本事实上的工业标准。uITRON 是 micro ITRON 之意,是针对硬件资源受限的小规模嵌入式系统设计的精简的 ITRON 版本,uITRON 定义了一个高度灵活、开放、特别为嵌入式系统应用而设计的计算机体系结构,兼顾向下和向上兼容,至于具体实现则赋予一定的灵活性,遵循该规范能够使开发成本最小化,降低培训费用,提高程序的兼容性、可移植性。对 uITRON 的支持不仅是日本的公司,也有美国嵌入式系统业界著名的公司,比如 Cygnus 公司推出兼容 uITRON 3.0 的 eCos;ATI 公司则将其 Nucleus Plus 纳入 uITRON 规范;US 公司也已经推出符合 uITRON 规范的 TtronTask 实时多任务操作系统。还有许多迹象表明,uITRON 极有潜力成为嵌入式 RTOS 的国际标准。

HF-SH7 是一个符合 uITRON 规范的实时多任务操作系统,主要被设计应用于日立的 SH 系列主流芯片上,广泛使用于工业测量控制系统以及便携数字终端中,本文研究它在继电保护装置中的应用。

2 HI-SH7 的特点和功能

2.1 特点

- (1) 高速执行功能:特别针对 SH 系列 RISC 型芯片进行优化,优异的实时性能;
- (2) 紧凑性:RTOS 功能模块化、可配置,根据应用需求组成最精简的系统;
- (3) 支持 1024 个任务和 256 个优先级;
- (4) 复杂的实时多任务处理功能:提供 50 个以上的系统调用;
- (5) 设备驱动:提供源码,方便配置 I/O 设备;

(6) 支持 7 种任务状态(运行、就绪、等待、挂起、等待-挂起、休眠、不存在);

(7) 编程语言为 C 语言;

(8) 附带调试功能。

2.2 主要功能

(1) 任务管理:管理任务的状态信息,比如任务的初始化、终止和调度;

(2) 任务同步管理:完成任务的同步化处理,比如一个任务被另一个任务挂起或唤醒;

(3) 同步和通信机制:任务间同步和通信有三种机制(事件标志、信号灯和邮箱);

(4) 中断管理:需要初始化中断句柄,编写中断服务程序对外部中断做出响应;

(5) 内存管理:任务请求内存或释放内存被动态管理;

(6) 定时器管理:管理与时间有关的信息,监视任务执行时间;

(7) 扩展的 SVC 功能:可以用与系统调用一样的方式调用用户创建的子程序。

HF-SH7 的功能模块化,可灵活组态,其系统结构如图 1:

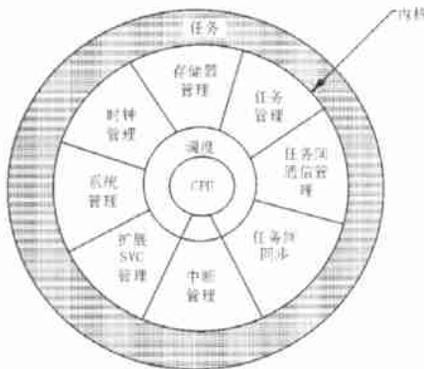


图 1 HF-SH7 系统结构图

Fig. 1 HF-SH7 system structure

3 应用研究

新一代 S100 系列继电保护,具有通用的软硬件平台,硬件平台的主 CPU 选用 SH 系列的芯片,RTOS 采用了 HF-SH7 系统。符合 μ ITRON 规范的 HI-SH7 系统针对 SH 系列芯片进行了优化,充分发挥硬件的性能,使继电保护装置的实时性能达到最佳;遵循 μ ITRON 这个开放的、发展的体系结构,可以使整个软件平台的技术水准随 RTOS 的升级而提升,并且使系统具有良好的兼容性和可移植性。

应用系统的结构示意图如图 2。

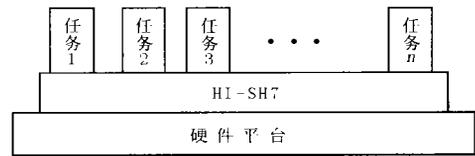


图 2 应用系统结构图

Fig. 2 Application system structure

3.1 任务的划分和注册

系统设计首先要根据系统功能的要求划分出各个任务,划分原则是在考虑系统实时性和软件效率的前提下尽量减少任务间的耦合,使功能明晰。任务确定以后,应该赋予每个任务唯一的 ID 号,并按照实时性的要求对各个任务指定其优先级,不同的任务可以赋予相同的优先级,HI-SH7 支持 1023 个任务和 256 个优先级,对于继电保护应用来说是足够了。HI-SH7 提供 setup table(安装表)这样一个和应用系统间的接口,应用系统规划好的任务在安装表中注册,登录各任务的 ID 号、优先级和入口地址;HI-SH7 根据此安装表的信息识别、管理各个任务,比如任务的初始化、终止和调度。

3.2 系统初始化和任务的启动方式

装置上电后首先由固化在 CPU 片内 ROM 中的引导程序将 FLASH 中的程序代码加载到 SRAM 的程序代码区(SRAM 被分配为操作系统代码区、应用程序代码区、安装表区、操作系统堆栈区、应用程序执行区等等),然后在 SRAM 的应用程序执行区运行应用程序。

运行应用程序的步骤是首先跳转到中断向量表中定义的系统上电入口地址,将应用程序执行区的 RAM 全部清零,随后控制权交给 HI-SH7,由它启动外部设备的初始化和应用软件的初始化,初始化完成后才调用 HI-SH7 的系统函数 sta_tsk 启动主任务,将处于休眠状态的主任务唤醒进入就绪状态,主任务的优先级别最高,立刻被 HI-SH7 调度派遣进入运行状态,在主任务中启动其他的任务,如画面显示任务,定周期管理任务、通信任务等等。在这些任务中又启动另外的任务,比如在通信任务中启动通信驱动层任务。

系统的状态分为两大类,即任务执行状态和非任务执行状态。其中非任务执行状态又分为 3 种,内核执行态、中断执行态和系统初始化态。相应地,任务的启动方式,分为从任务态启动(调用 sta_tsk)和从非任务态启动(ista_tsk)两种方式。

3.3 任务调度机制

(1) 优先级调度模式: CPU 被分配给最高优先级的任务, 如果几个任务优先级相同, CPU 就被分配给最先进入就绪队列的任务。如果一个任务在执行过程中, 另外一个优先级更高的任务进入就绪状态, 那么原来正运行的任务进入就绪状态, 新任务进入运行状态。

(2) 循环时间片调度模式: 对于处于同一优先级的多个任务缺省的调度原则是按照先到先执行, 如果定义相同优先级的任务数太多, 为了避免进入某一优先级就绪队列的任务太多导致等待时间过长, 还可以定时调用 HI-SH7 的系统函数 `rot_rdq` 使同优先级的任务按照时间片轮转执行, 以提高实时性能。

以上是 HI-SH7 可选择的两种调度模式。一个 RTOS 的实时性能和多任务能力的优劣在很大程度上取决于它的任务调度机制。HI-SH7 采用了抢占式、按优先级的调度和按时间片轮转调度相结合的调度机制, 是真正意义上的实时多任务操作系统。

在我们的应用系统中, 基本上是一个任务一个优先级别, 被设置为同一优先级的任务数非常少, 所以采用了优先级调度模式。

值得一提的是任务的优先级是可动态调整的, 本文 3.1 条提到过任务的 ID 号、优先级等是在安装表中注册过的, 一般情况下, HI-SH7 按照安装表中注册的优先级调度各个任务, 但是某些情况下对原本优先级别很低的某些任务需要提高其级别以加快响应速度, 这时可以指定优先级 `tskPRI` 并调用 `chg_pri (tskID, tskPRI)`, 然后在需要还原其优先级的时候指定其原来的 `tskPRI`, 再调用一次 `chg_pri (tskID, tskPRI)`。

3.4 任务间的通信

HI-SH7 支持的任务间的通信机制有事件标志、信号灯和邮箱。

事件标志主要是通过标志位控制任务执行, 保证任务同步。

信号灯主要用于防止多个任务同时访问相同的资源 (比如内存、I/O 等) 而造成死锁。

邮箱主要用于在不同任务间传递数据, 一个任务把信息发送到邮箱, 以后另外的任务接收该信息。HI-SH7 支持最多设置 1023 个邮箱。一个任务可以拥有多个邮箱。在我们的应用系统中多个任务间有信息的传递, 所以采用了邮箱这个通信机制。示意图如图 3。

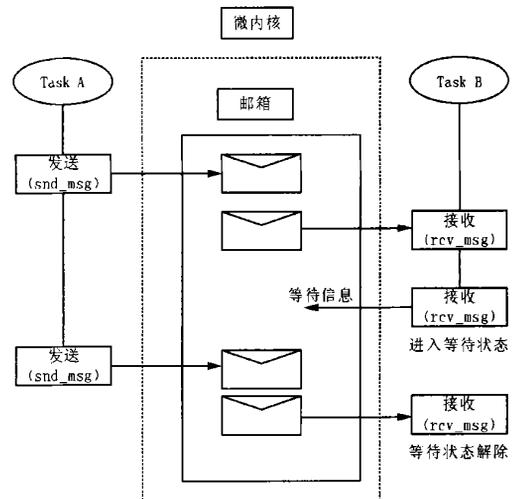


图 3 邮箱过程示意图

Fig. 3 Mailbox process

如果有多个任务正在等待同一个邮箱里的邮件的话, 一个到达邮箱的邮件被传送给等待队列中最靠前的任务。如果没有任务等待邮件, 那么该邮件被放到邮件队列中。如果一个邮箱中有多个邮件, 任务取邮件时按照先到先取的顺序收邮件。如果没有邮件, 任务被放进等待队列中。邮件可以是自己定义的结构, 但是其前 4 个字节是给 HI-SH7 专用的区域, 应该被设置为 0。在我们的系统中大量使用了这种进程间的通信机制, 只需要将数据填进邮件中, 给邮件注明收信方和发信方, 投进邮箱即可。其他的工作都交由 RTOS 管理, 带来了很大的便利。

3.5 中断管理

如果使用中断, 首先在中断向量表中注册。中断也有优先级别, 高于任务的优先级别, 不论是任何任务在执行, 如果中断发生, 一定是正在执行的任务被挂起; 如果在低级别的中断服务进行期间, 如果又发生更高级别的中断, 则更高级别的中断得到响应, 直到处理完毕, 低级别中断才又得到响应, 然后原先挂起的任务才获得 CPU 控制权。

如果想要在任务执行期间不被挂起, 即不会被更高级别的任务或中断抢占其控制权, HI-SH7 还提供了一个系统调用 `chg_ims`, 用于在任务执行期间屏蔽中断, 同时任务的切换也被暂时禁止。保障某任务在特殊情况下不被干扰地执行一段时间。

4 结语

SH-HI7 系统符合 uITRON 规范, (下转第 43 页)

标。从表中可看出,用延长周期法分析谐波频谱的主瓣宽度是最窄的,而且,它的等效噪声宽度、扇形损失、最差情况下的处理损失都更小。和补零法相比,在同样达到 0.9375 的分辨力的情况下,测量起来步骤更简洁,而且频谱图更准确。

参考文献:

- [1] 孙仲康. 快速傅立叶变换及应用[M]. 人民邮电出版社,1982.
- [2] Shur-Li LU, Chin E. LIN. Power frequency harmonic measurement Using integer periodic extension method[J]. Electric

Power system Research,1998,40:107~115.

- [3] 潘文,钱俞寿,周鸷. 基于加窗插值的 FFT 的电力谐波测量理论[J]. 电工技术学报,1994,(2):53~56.

收稿日期: 2002-06-27; 修回日期: 2002-09-09

作者简介:

陈华丽(1978-),女,硕士研究生在读,主要从事电力系统谐波测量;

李裕能(1948-),男,教授,硕士生导师,主要从事电能质量分析,电网中的谐波测量、分析等。

A noted method to advance accuracy in harmonic measurement

CHEN Hua-li, LU Hua-en, ZENG Yun, LI Yu-neng
(Wuhan University, Wuhan, 430072 China)

Abstract: The conventional harmonic measurement methods cause aliasing and spectral leakage, so the measurement accuracy is not high. A novel method of harmonic measurement termed the integer periodic extension (IPE) is proposed and the IPE algorithm is given and is compared with padding zeros method in some characteristics and from test results, which show that the proposed IPE is an effective method and superior to others in aspects of measurement, frequency solution, accuracy and so on.

Key words: harmonic measurement; Fourier transform; the zero padding

(上接第 39 页) 既具有高可靠性和优异的实时性能,又具有良好的开放性和扩展性,许继日立公司基于此平台开发完成的继电保护系列产品已经通过了国家级鉴定,该系列产品还取得了良好的运行业绩,实践证明在继电保护中的应用是十分成功的。

继电保护只是嵌入式系统应用的一个方面,嵌入式系统在未来有着极为广阔的发展空间。要提升我国嵌入式工业的水平,不仅要发展嵌入式微处理器产业,更要发展拥有自主产权的嵌入式软件系统,机遇和挑战并存,我们可以借鉴 TRON 的做法加强行业联合,避免无序竞争,通过加强标准化、工程化管理及标准建设以确保我国嵌入式产业健康发展。

参考文献:

- [1] 杨奇逊. 微型机继电保护基础[M]. 北京:水利电力出版社,1988.
- [2] 贺家李. 电力系统继电保护技术的现状与发展[J]. 中国电力,1999,(10).

收稿日期: 2002-08-05; 修回日期: 2002-11-21

作者简介:

王若醒(1972-),男,工学硕士,从事继电保护产品开发和软件平台研究;

赵志华(1966-),男,工学硕士,从事继电保护产品开发;

张周胜(1969-),男,工学硕士,从事继电保护产品开发。

The application research of RTOS conforming to uITRON specification in digital relay unit

WANG Ruo-xing, ZHAO Zhi-hua, ZHANG Zhou-sheng, WANG Zhi
(Xi Hitachi Electric Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: The article introduces RTOS's application background, uITRON specification and HI-SH7 OS's main characteristics. Then research about HI-SH7 being applied to common soft platform in new digital relay unit. Now, a series of relay products applying HSH7 run well in power system.

Key words: relay protection; uITRON; RTOS