

文章编号:1671 - 251X(2009)06 - 0049 - 04

# $\mu$ C/OS-II 操作系统在 ARM7 上移植的实现<sup>\*</sup>

徐 杰<sup>1</sup>, 宋建成<sup>1</sup>, 阎显勇<sup>2</sup>

(1. 太原理工大学电气与动力工程学院, 山西 太原 030024;

2. 南京天正明日自动化有限公司, 江苏 南京 210037)

**摘要:**为了解决煤矿监控网络与第三方设备兼容性差的问题,文章提出了一种嵌入式多总线通信协议转换器的设计方案,重点阐述了该方案软件部分的内容—— $\mu$ C/OS-II 实时操作系统在 A T91M40800 上的移植实现,指出了移植过程中应注意的问题及解决方法,并编写了测试代码。该软件已经移植在自行开发的电路板上,多任务运行效果表明,系统运行稳定、可靠。

**关键词:**煤矿; 监控网络; 实时操作系统; 移植;  $\mu$ C/OS-II; ARM; A T91M40800

**中图分类号:**TD672; TP311.1 **文献标识码:**B

Implementation of Porting  $\mu$ C/OS-II Operating System to ARM7

XU Jie<sup>1</sup>, SONG Jian-cheng<sup>1</sup>, YAN Xian-yong<sup>2</sup>

(1. College of Electrical and Power Engineering of Taiyuan University of Technology,

Taiyuan 030024, China. 2. Nanjing Tianzhengmingri Automation Co., Ltd., Nanjing 210037, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of bad compatibility between monitoring and control network of coal mine and the third party equipments, the paper proposed a design scheme of embedded multi-bus communication protocol converter. It expounded contents of software part of the scheme emphatically, namely implementation of porting  $\mu$ C/OS-II real-time operating system to A T91M40800, and pointed out the problems that should be paid attention to in the porting process as well as solution methods. At last it programmed testing codes. The software had been ported in the circuit board developed by our research group, the running application showed that the system is steady and reliable under multi-task environment.

**Key words:** coal mine, monitoring and control network, real-time operating system, porting,  $\mu$ C/OS-II, ARM, A T91M40800

## 0 引言

针对目前煤矿井下监控网络结构差异大、通信

协议种类多造成的各监控网络和设备之间的兼容性差这一问题<sup>[1]</sup>,本文设计了一种嵌入式多总线通信协议转换器。该转换器可使工业以太网和现场总线之间达到无缝连接,实现不同网络间的通信互联,进而解决已有监控系统与第三方设备之间兼容性不佳的问题。

嵌入式多总线通信协议转换器采用 ATMEL 公司生产的 A T91M40800 处理器,扩展相应的外围电路构建系统硬件平台,移植  $\mu$ C/OS-II 实时操作系统(RTOS)、嵌入通信协议栈,最终在应用层实现

收稿日期:2009 - 02 - 16

\*基金项目:国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2007BA K29B05),太原市大学生创新创业专项(08122083)

作者简介:徐 杰(1984 - ),男,江苏海安人,太原理工大学电气与动力工程学院在读硕士研究生,主要研究方向为智能电器技术。  
E-mail:258163031 @163.com

- [3] 袁 甄. 高压异步电动机的微机式过热保护[J]. 电气应用,2005,24(9):28~30.  
[4] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 增订版.

北京:中国电力出版社,2004.

- [5] 陈 皓. 微机保护原理及算法仿真[M]. 北京:中国电力出版社,2007.

多协议之间的转换功能。本文重点介绍  $\mu C/OS-II$  实时操作系统(以下简称  $\mu C/OS-II$ ) 在上述硬件平台上移植的具体实现以及相关问题的解决方法。

## 1 系统硬件平台及开发工具

嵌入式多总线通信协议转换器的核心处理器 AT91M40800 为一款 ARM7 微控制器<sup>[2]</sup>, 其主要特点: 高性能 32 位 RISC 体系结构和高代码密度的 16 位 Thumb 指令集; 支持三态模式和 ICE; 完全可编程的外部总线接口 EBI; 8 个优先级、可单独屏蔽的向量中断控制器, 具有 4 个外部中断源, 包括 1 个高优先级、低延迟的中断请求; 32 个可编程 I/O 口; 3 通道 16 位定时器/计数器; 2 个 USART; 可编程的看门狗定时器。

嵌入式多总线通信协议转换器的硬件结构如图 1 所示。因 AT91M40800 内部只集成了 8 KB 的 SRAM, 为了能够移植和运行  $\mu C/OS-II$  及各通信协议栈, 系统外扩了 1 片 64 KB  $\times 16$  的 FLASH 和 1 片 256 KB  $\times 16$  的 SRAM, 还扩展了 RS485 接口、CAN 接口和以太网接口以满足该转换器的开发需求。为了方便用户控制该转换器的工作模式并及时了解系统的工作状态, 设有键盘、显示等功能模块, 此外, 该转换器在线调试使用了 JTAG 电路。

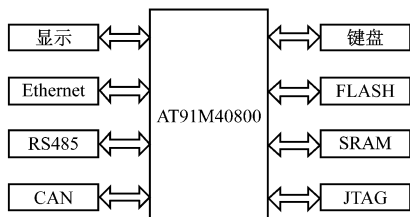


图 1 嵌入式多总线通信协议转换器的硬件结构框图

进行 ARM 嵌入式开发的工具有 IAR EWARM、ADS 等, 本文采用 IAR EWARM V4.42A<sup>[3]</sup> 作为开发工具。IAR EWARM 集成了开发嵌入式系统所需的文件编辑、项目管理、编译、链接和调试工具。特别是 IAR C-SPY 调试器支持实时操作系统的响应调试, 这给移植  $\mu C/OS-II$  的调试带来了很大的方便。另外, 本文在连接目标板与开发环境之间采用 H-JTAG 调试代理软件。

## 2 $\mu C/OS-II$ 简介

$\mu C/OS-II$  是一款源代码开放的实时操作系统内核, 是专为嵌入式应用而设计的。其代码大部分是用移植性很强的 ANSI C 编写; 可通过条件编译对提供的系统服务进行裁减; 完全抢占式的内核, 总

是运行处于就绪态的最高优先级的任务; 每个任务被赋予唯一的优先级并使用自己独立的堆栈; 还可提供多种系统服务, 如邮箱、消息队列、信号量、内存管理和时间管理等相关函数。

## 3 $\mu C/OS-II$ 在 AT91M40800 上的移植及测试

在移植  $\mu C/OS-II$  时, 应用程序代码即测试代码、 $\mu C/OS-II$  内核文件、移植代码以及板级支持包文件 BSP 之间的关系如图 2 所示。图 2 中, Section 1 是已在第一节阐述过的与硬件相关的内容; Section 3 是系统内核文件, 均不在本文讨论范围内; Section 2 是  $\mu C/OS-II$  移植的核心部分; Section 4 和 Section 5 是检验  $\mu C/OS-II$  移植成功与否的测试部分, 亦是论述的重点。

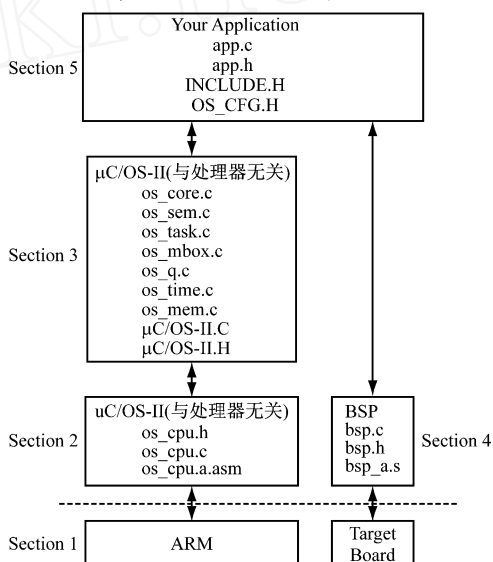


图 2  $\mu C/OS-II$  移植过程中各部分之间的关系图

### 3.1 $\mu C/OS-II$ 移植

所谓移植, 就是使一个实时内核能在其它的微处理器或微控制器上运行。 $\mu C/OS-II$  移植到 AT91M40800 上需要修改几个与处理器相关的文件: `os_cpu.h`、`os_cpu.c` 和 `os_cpu_a.asm`。

在 `os_cpu.h` 文件中, 重新定义与 IAR 编译器相关的数据类型。定义保护临界段代码的开/关中断模式为模式 3。AT91M40800 的堆栈生长方式设置为由高地址向低地址递减方式。

`os_cpu.c` 文件包含与移植有关的 10 个简单的 C 语言函数。本文移植了其中的 2 个函数: `OSTaskStkInit()` 和 `OSInitHookBegin()`。前者用于堆栈的初始化设置, 而后者则用于初始化变量 `OSIntCtxSwFlag`, 该变量用以表示在完成所有嵌套的中断服务程序后是否需要进行任务切换。

在 `os_cpu_a.asm` 文件中,编写了 5 个汇编语言函数: `OSStartHighRdy()`、`OSCtxSw()`、`OSIntCtxSw()`、`OS_CPU_SR_Save()` 和 `OS_CPU_SR_Restore()`。它们分别实现开/关中断、上下文切换、时钟中断服务等功能。

### 3.2 $\mu$ C/OS-II 移植的测试

$\mu$ C/OS-II 移植完成后,需要进行测试,以验证移植的  $\mu$ C/OS-II 是否能正常工作。

本文将测试程序放在 `app.c` 和 `app.h` 文件中。`app.c` 文件是一个标准的  $\mu$ C/OS-II 测试文件,它包含 `main()` 函数和 `AppStartTask()` 函数。`app.h` 文件中是与应用相关的常量、宏定义以及函数原型声明等。

`main()` 函数首先建立空闲任务和统计任务,接着通过调用  $\mu$ C/OS-II 提供的 `OSTaskCreateExt()` 函数建立灯闪烁任务 `AppStartTask()`,最后调用 `OSStart()` 开始运行多任务。`main()` 函数程序流程如图 3 所示。

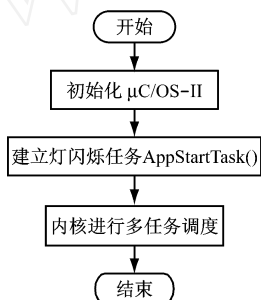


图 3 `main()` 函数程序流程图

`AppStartTask()` 任务首先调用 `BSP()` 函数来初始化目标硬件; $\mu$ C/OS-II 统计任务 `OSStatInit()` 执行的必要条件是使能时钟中断;最终进入任务体,该任务通过 AT91M40800 的置位/清零 P17 口点亮或熄灭连接在该 I/O 口上的小灯,以直观地表明  $\mu$ C/OS-II 是否进行了多任务调度。`AppStartTask` 任务程序流程如图 4 所示。

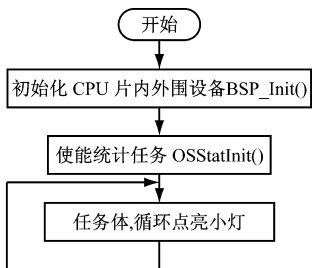


图 4 `AppStartTask()` 任务程序流程图

在 IAR EWARM 集成开发环境成功添加上述文件后,工作区界面如图 5 所示。

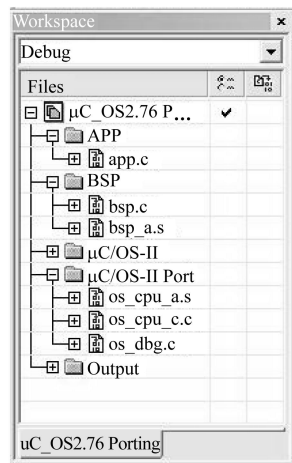


图 5 在 IAR EWARM 集成开发环境下进行  $\mu$ C/OS-II 移植时的工作区界面

### 3.3 移植和测试过程中应注意的问题

(1) 在移植  $\mu$ C/OS-II 时,本文将  $\mu$ C/OS-II 的时钟节拍中断处理函数放在了 BSP 文件中,这是因为中断服务程序实际上属于应用程序代码范畴而不属于  $\mu$ C/OS-II 内核内容。这样做的好处是对于不同的目标硬件,进行  $\mu$ C/OS-II 移植仅需要简单地改变定时器和中断源的相应设置即可。

(2) 在调试系统时要将系统设置成保护模式<sup>[2]</sup>。本文采用 IAR 启动宏文件中的 `execUserPreload()` 设置宏函数<sup>[4]</sup>,它在 C-SPY 中已经与目标系统建立通信,在下载目标应用程序之前被调用,用于对正确装入数据至关重要的存储器和寄存器进行初始化。在该函数中写入语句:

```
_writeMemory32(0x27a80020, 0xffff00018, "Memory");
```

即可将 CPU 保护模式寄存器 `SF_PMR` 中的 AIC 位置位,从而使 AT91M40800 进入保护模式。

(3) 链接器命令文件的作用是使 IAR 中的 XLINK 链接器能根据给定的命令在存储器中进行各种定位,从而保证应用系统能够在目标芯片上运行。链接器命令文件通常需要根据具体的应用系统硬件设计进行配置。此外,一开始调试应用程序时应尽量在 RAM 中进行,待基本功能调试完成后再将代码下载到 FLASH 中调试,这样可延长 FLASH 的使用寿命。本文在移植  $\mu$ C/OS-II 时将程序下载到了扩展的 SRAM 中,相应链接器命令文件中的语句为

```
-DROMSTART = 10010000
-DROMEND = 1001FFFF
-DRAMSTART = 10020000
-DRAMEND = 1003FFFF
```

进行以上设置后点击 IAR EWARM 工具栏上

文章编号:1671 - 251X(2009)06 - 0052 - 04

# CAN 总线波特率设置方法及误差分析

于月森, 钱振华, 彭利明, 刘 剑

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** CAN 总线是一种有效支持分布式控制和实时控制的、多主的异步串行通信网络。文章以 C8051F060 单片机内集成的 CAN 控制器为例, 详细介绍了波特率设置的方法, 分析了波特率设置的误差来源, 并给出了波特率误差的消除方法。

**关键词:** CAN 总线; 波特率; 误差分析; 单片机; C8051F060

**中图分类号:** TP336 **文献标识码:** A

Setting Method of Baud Rate of CAN Bus and Its Error Analysis

YU Yue-sen, QIAN Zhen-hua, PENG Li-ming, LIU Jian

(School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

**Abstract :** CAN bus is a kind of network with asynchronous and serial communication which can

收稿日期: 2009 - 02 - 12

**作者简介:** 于月森(1978 - ), 男, 博士, 讲师, 现主要从事工业自动化方面的教学与研究工作。Tel: 0516 - 83995808; E-mail: cumtyys @126.com

的 Project/ make 对工作区的项目进行编译链接, 没有错误即可生成可执行代码。将 JTAG 调试电缆的一端与 PC 机的并口相连, 另一端与电路板上的 JTAG 相连。先启动 H - JTAG 调试代理软件, 当其检测到目标 CPU 后, 再选择工具栏中的 Project/ debug 将程序通过 JTAG 装入外扩的 SRAM 中运行。

通过 IAR EWARM 自带的 IAR KA 插件可以在调试时看到如图 6 所示的信息界面, 且此时连接在 AT94M40800 的 P17 口上的小灯被循环点亮和熄灭, 这说明 AppStartTask() 任务成功建立且在  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  内核调度下得以成功运行。

| Name                            | Ref | Prio | State | Dly | CtxSw | Stk Ptr  | MaxCur | MaxCur | Size | Starts @ | Ends @   |
|---------------------------------|-----|------|-------|-----|-------|----------|--------|--------|------|----------|----------|
| Start Task                      | 2   | 5    | Dly   | 8   | 39    | 100201A0 | 19%    | 19%    | 100  | 512      | 10020204 |
| $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ Stat | 1   | 62   | Dly   | 6   | 38    | 1002069C | 18%    | 18%    | 96   | 512      | 100206FC |
| $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ Idle | 0   | 63   | Ready | 0   | 77    | 100208C0 | 14%    | 14%    | 72   | 512      | 10020908 |

图 6 调试时 IAR KA 插件所显示的信息界面

## 4 结语

应用层的测试程序通过调用相应的  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  内核函数成功建立了循环点亮和熄灭小灯的任务 AppStartTask(), 且由图 6 中 CtxSw 列可得出: 当

AppStartTask() 任务调用  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  内核函数 OSTimeDly() 时,  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  内核成功进行了任务切换; 对所建立的 3 个任务的堆栈空间分配合适, 说明移植  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  成功,  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  内核进行了多任务调度操作。

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$  在 AT91M40800 上的移植成功, 为多总线通信协议转换器构建了稳定可靠的开发平台, 缩短了开发周期, 具有一定的实用价值。

## 参考文献:

- [1] 史丽萍, 王攀攀, 张广龙, 等. 多协议以太网网关在煤矿综合自动化系统的研究与开发[J]. 继电器, 2007, 35(24): 43 ~ 47.
- [2] 朱义军, 杨育宏, 赵 凯, 等. AT91 系列 ARM 核微控制器体系结构与开发实例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [3] LABROSSE J. 嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  [M]. 2 版. 邵贝贝, 译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [4] 徐爱军. IAR EWARM 嵌入式系统编程与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.