

eCos 在 LPC2294 上的移植分析与应用

Porting analysis and application of eCos based on LPC2294

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 程文播^{1,2} 于平¹ 张红^{1,2}
CHENG Wen-bo YU Ping ZHANG Hong

摘要: eCos 是一种可配置的嵌入式实时操作系统,本文介绍了 eCos 的体系结构,分析了 eCos 硬件抽象层的移植方法。结合 LPC2294 型硬件平台,详细介绍了 eCos 的配置方法和移植步骤。重点介绍了移植中 HAL 的配置和驱动程序的编写。对移植后的 eCos 进行测试,说明移植是成功的。此方法为 eCos 在其它硬件平台中的移植和应用提供一些参考。

关键词: eCos; LPC2294; 硬件抽象层; 移植

中图分类号: TP316 **文献标识码:** B

Abstract: This paper introduced architecture of the eCos, analysis the porting method of hardware abstraction layer. Described eCos configuration method and steps of porting method in detail based on LPC2294 board. Focus on the configuration of HAL and the preparation of the driver. The final test proved that this eCos porting is successful. This method could be used as a reference for the porting and application of eCos on other hardware platforms.

Key words: eCos; LPC2294; HAL; Port

1 引言

嵌入式实时操作系统的使用,可以增强系统性能,确保系统稳定性和可靠性,便于维护开发应用程序,因此越来越广泛的使用于各种嵌入式系统中。eCos(Embedded Configurable Operating System)是一种开源的、免版税的、实时的嵌入式操作系统,适合于深度嵌入式应用,主要应用于消费电子、通信产品、汽车电子等领域。与其它嵌入式实时操作系统不同,eCos 具有独特的可配置能力和配置机制。同时 eCos 具有良好的开放性、兼容性、稳定性、可扩展性和可移植性,而且支持 ARM、MIPS、M68K、PowerPC 等众多微处理器。因此 eCos 日益受到嵌入式设计人员的关注,正在越来越多应用于嵌入式产品中。

2 eCos 体系结构介绍

eCos 使用多任务抢占机制,具有中断延迟小,支持同优先级调度,支持嵌入式系统所需的所有同步原语,拥有灵活的调度策略和中断处理机制。而且 eCos 提供了完备的嵌入式开发功能,包括设备驱动程序、内存管理、例外处理、标准库函数、GNU 编译工具集等。

eCos 采用模块化的设计,将不同功能的软件分为不同的组件,这些组件具有可重用性,分别位于系统的不同层次,这种分层结构使 eCos 具有良好的可配置性、可移植性、可兼容性和可扩展性。eCos 的层次结构如图 1 所示。

在 eCos 体系中最底层的是硬件抽象层 HAL(Hardware Abstraction Layer),它负责对目标系统硬件平台进行操作和控制,包括硬件初始化,中断和异常的处理。HAL 屏蔽了底层硬件的不同,为上层提供了统一的接口。在进行 eCos 的移植中,关键要对 HAL 进行修改,即可将整个 eCos 系统移植到新的硬件平台上。HAL 根据所描述的硬件对象的不同可以分为体系结构抽象层(Architecture HAL)、变体抽象层(Variant HAL)、平台抽象层

(Platform HAL)。



图 1 eCos 的层次结构

RedBoot 是 eCos 提供的一个 Boot Loader 程序,RedBoot 可以引导 eCos 系统,加载 eCos 应用程序,提供 Debug 支持,对目标系统环境参数进行管理。

设备驱动程序负责对硬件设备进行控制管理,并完成设备数据的读写操作。驱动程序为上层软件提供 API 函数,应用层使用 API 函数对设备进行访问,完成对设备的操作。

内核是 eCos 中的核心,它负责完成任务调度、同步原语、处理中断和例外、进行内存管理、负责定时机制,保证系统的实时性等功能。

OS 抽象层中实现了 TCP/IP 网络协议、文件系统、标准库函数调用等,为嵌入式应用层软件 and 应用程序提供 API 接口函数。

eCos 的分层结构,使整个软件结构清晰、有良好的可维护性和可移植性。

3 LPC2294 硬件平台

LPC2294 是 NXP 公司的嵌入式微处理器芯片,属于 ARM7TDMI-S 系列。LPC2294 有丰富片内资源,而且功耗低,性价比,可以应用在通信网关、工业控制、医疗设备等多种嵌入式领域中。如图 2 是硬件平台的结构框图:

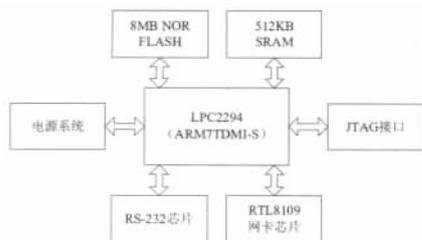


图 2 硬件平台框图

硬件平台以 LPC2294 处理器为核心, 外围器件包括 8MB NOR Flash(SST39VF6401B)、512kB SRAM(IS61LV51216)、标准 20 针 JTAG 接口、RTL8019 网卡芯片、RS232 串口等组成。本文以此硬件平台为基础, 介绍 eCos 的移植工作, 为以 ARM 内核为处理器的 eCos 移植开发提供一个范例。

4 eCos 在 LPC2294 上的移植

由于 eCos 支持大部分嵌入式 CPU, 可移植性强, 故 eCos 的移植工作主要是 HAL 的移植。其中平台抽象层的移植是 HAL 移植的重点, 包括内存布局、平台初始化、中断控制器、串口驱动程序等修改。在移植过程中, 如果要将 eCos 移植到还不支持 CPU 体系结构, 简便高效的方法是利用 eCos 已经支持的相同体系结构 CPU 的硬件平台作为模版, 建立 CDL 文件, 在 ecos.db 中进行登记, 以与新的目标平台相适应, 进而进行移植工作。最新版本的 eCos 已经支持 LPC2294 处理器, 故 eCos 在 LPC2294 上的移植的主要工作是对平台抽象层的相关文件进行修改, 采用图形化配置工具进行配置编译和生成镜像文件, 完成调试和移植工作。

4.1 建立交叉编译环境和配置工具

eCos 的源码可以在 eCos 维护公司 eCosCentric 的网站中下载, 地址是 <http://www.ecoscentric.com>。由于 eCos 采用 GNU 工具集进行编译, 因此本文的主机使用 RedHat9.0 操作系统, 并安装 gcc-3.2.1、binutils-2.13.1、newlib-1.11.0、insight-5.3、wxGTK-2.4.0 工具, 同时安装交叉编译器 arm-elf-tools 工具, 建立起 eCos 针对 ARM 平台的交叉编译环境。

另外还要根据主机环境, 生成 eCos 的配置工具步骤如下:

将 eCos 解压到 /opt 目录中, 并在 /opt 目录中建立 src、wx-build、infra-build、ecos-tools、configtool-build 目录。首先要配置 wxWidget 静态链接支持, 编译并安装 wxGTK, 执行如下命令: `cd /opt/wx-build /opt/src/wxGTK-2.4.0/configure -disable-shared -disable-sockets -prefix=/opt/wxGTK-2.4.0 make make install`

配置、编译和安装 eCos 的主机基础环境, 执行如下命令:

```
cd /opt/infra-build /opt/ecos/host/configure -prefix=/opt/ecos-tools make make install
```

编译安装 eCos 配置工具, 执行如下命令:

```
cd /opt/configtool-build make -f /opt/ecos/host/tools/configtool/standalone/wxwin/makefile.gnu install WXDIR=/opt/wxGTK-2.4.0 ECOSRCDIR=/opt/ecos/host INSTALLDIR=/opt/ecos- tools
```

这样, 就完成了 eCos 的配置工具安装, 它位于 /opt/ecos-tools/bin 目录中, 包括了图形配置工具 configtools 和命令行配置工具 ecosconfig。

4.2 配置基本硬件平台

与 LPC2294 相关的文件在 ecos/packages/hal/arm/lpc2xx 目录中, 在 /opt/ecos-tools/bin 中运行图形化配置工具 configtools, 在 build 选项的 Templates 选择和 LPC2294 相近的模板, 就可以

进行具体的平台级配置。本文选择 phyCORE-LPC2294/92 development board HAL 模板作为基本配置平台, 根据实际目标系统平台修改 eCos 中的选项, 主要修改包括:

a) 修改 ARM vector at 0x14 选项的值, LPC2XXX 系列处理器将 0x14 处的值作为有效用户代码判断条件, 应该满足向量表所以数据 32 位累加和为 0 的要求;

b) 修改 CPU xtal frequency 选项的值, 这是 CPU 晶振值, 默认为 10MHz, 根据实际情况修改为 11059200;

c) 修改 CPU PLL multiplier 选项的值, 内部 PLL 倍频值默认为 6, 修改为 4;

d) 修改 eCos kernel 选项的值, 根据需要删减内核中不需要的选项;

e) 修改 I/O sub-system 选项的值, 根据实际 I/O 设备的情况, 配置 I/O 选项;

f) 修改其它配置选项, 以适应目标系统平台。

这样就通过图形化配置工具, 配置完成了 eCos 的大部分选项。然而, 图形化配置工具并不能完成所有的 eCos 配置功能, 因此还需要对内存分布文件、Flash 驱动文件进行修改。

4.3 修改内存布局

内存布局文件在 ecos/packages/hal/arm/lpc2xxx/phycore229x/current/include/pkgconf 目录中, 里面包含了 RAM、ROM 两种不同启动方式的配置文件, 而每种启动方式又对应三种文件格式, 分别为:

ldi 文件, 链接脚本文件, 定义了 LPC2294 的内存域起始地址和长度和段地址, 为程序链接时使用。

h 文件, 使用 C 宏定义描述 LPC2294 存储器起始地址和大小, 指定程序运行时堆起始地址和大小。

mlt 文件, 配置工具保存文件, 只能由配置工具生成和改变, 不能手动修改。

以 LPC2294 为例, 在 ROM 启动时需要修改 mlt_arm_lpc2xxx_phycore229x_rom.h 文件中的定义, 以片外 ROM 的分配和堆地址分配为例, 其代码如下:

```
#define CYGMEM_REGION_flash (0x80000000)
#define CYGMEM_REGION_flash_SIZE (CYGHWR_HAL_ARM_PHYCORE229X_FLASH_SIZE)
#define CYGMEM_REGION_flash_ATTR (CYGMEM_REGION_ATTR_R)
#define CYGMEM_SECTION_heap1 (CYG_LABEL_NAME(__heap1))
#define CYGMEM_SECTION_heap1_SIZE (0x81000000 + CYGHWR_HAL_ARM_PHYCORE229X_SRAM_SIZE - (size_t)CYG_LABEL_NAME(__heap1))
```

这样, 定义了片外 ROM 的起始地址为 0x80000000, 大小为宏定义中 Flash 的尺寸; 定义了程序的堆起始地址为 0x81000000, 大小也在宏定义中规定。

4.4 添加 Flash 驱动

本文的硬件平台 Flash 型号为 SST39VF6401B, 在 eCos 中并不支持此型号的 Flash, 所以要为 eCos 添加 Flash 的驱动程序。SST39VF6401B 是 8MB 的 16 位 NOR 型 Flash, 块空间数为 128, 每个块大小为 64KB。选择 eCos 已支持的与此 Flash 相近的型号 AT49 系列进行修改, 将 flash_dev_info_t 中的 block_size 和 block_count 值分别改为 0x10000 和 0x80。并且编写与 Flash

底层驱动对应的 CDL 文件,使配置工具能够正确配置编译 Flash 驱动程序,参照 AT49 驱动包的 CDL 将 cdl_package 定义改为 CYGPKG_DEVS_Flash_SST39VF6401B,在命令体中给出配置参数。最后在 ecos.db 中注册 Flash 的底层驱动软件包,这样再次使用图形化配置工具,就可以在 eCos 配置选项选择 SST39VF6401B 型 Flash。

4.5 修改初始化程序

在 eCos 启动时要运行初始化程序,以完成 LPC2294 的运行模式设定、时钟频率设定、串口波特率设定等操作,初始化程序在 hal/arm/lpc2xxx/phycore229x/phycore229x_misc.c 文件中,phycore229x_misc.c 调用 hal_platform_ints.h 的宏定义完成系统中断定义,之后调用 hal_platform_setup.h 中的宏定义完成中断初始化,配置系统时钟和内部存储器初始化等操作。修改 phy-core229x_misc.c 中的有关函数,完成针对本系统平台的初始化。

4.6 运行结果

在完成上述驱动的编写和文件的修改之后,重新使用 configtools 工具进行配置,使用 build 选项完成 eCos 操作系统的编译,产生内核库文件和链接脚本以及头文件,将生成的文件与应用程序一起编译、链接,生成最终的可执行映像文件。将可执行映像文件下载到 Flash 中运行,经测试 eCos 支持多个线程的应用程序操作,且其串口、网口均能与 PC 机进行正常通信,说明 eCos 在 LPC2294 上的移植是成功的。

5 总结

嵌入式可配置操作系统 eCos 与其他嵌入式实时操作系统相比,有着更好的可配置性和可移植性,这使其在嵌入式系统的应用日益广泛。本文将 eCos 成功的应用在了以 LPC2294 为核心的硬件平台上,并编写了相应的 Flash 驱动程序和应用程序,对于 eCos 在 ARM7TDMI 系统中的应用提供一些借鉴和指导。

本文的创新点:实现了 eCos 在 LPC2294 上的移植和应用。在实际应用中 eCos 内核中断响应快,代码量小,稳定性好,为嵌入式实时操作系统的应用提供了参考。

参考文献

- [1]赵楚莹,尹俊勋,梁伟豪. ECOS 嵌入式系统的 S3C2510 以太网驱动程序设计[J]. 微计算机信息, 2006, 4(2): 110-112.
- [2]蒋向平. 嵌入式可配置实时操作系统 eCos 开发与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [3]宋丰末. eCos 在基于 MPIS 架构 Soc 上的移植实现[J]. 计算机应用与软件, 2007, 12: 173-175.
- [4]eCos Reference Manual [EB/OL]. 2003. <http://ecos.sourceforge.org/docs-latest/ref/ecos-ref.html>

作者简介:程文播(1984.12-),男,汉族,海南琼中人,硕士研究生,就读于中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,专业为机械电子工程。主要研究方向:嵌入式操作系统应用与研究;于平,男,汉族,吉林长春人,研究员,主要研究方向:嵌入式系统。

Biography: CHENG Wen-bo(1984.12-), Male, Han, postgraduate in ChangChun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Graduate. Research fields include: Application of Embedded Operating System.

(130033 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)

程文播 于平 张红

(100039 北京 中国科学院研究生院) 程文播 张红

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Graduate, ChangChun 130033)

CHENG Wen-bo YU Ping ZHANG Hong
(School of Chinese Academy of Sciences, BeiJing 100039)
CHENG Wen-bo ZHANG Hong
通讯地址:(130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号长春光机所空间部 912) 程文播

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

(上接第 77 页)

5 本文结论

由于 CAN 总线的高速通信速率、高可靠性、连接方便、多主站、通讯协议简单和高性能价格比等突出优点,被公认为几种最有前途的总线之一。在本论文设计中,设计并实现了一个 CAN 总线测控系统中可控制现场设备的智能节点。

本项目产生的经济效益约 150 万元。

参考文献

- [1]邬宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1996. 36-41.
- [2]史久根,张培仁,陈真勇. CAN 现场总线系统设计技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2004.
- [3]蒋建文,林勇,韩江洪. 智能型 CAN 总线测控节点的研究[J]. 仪器仪表学报, 22(3): 282-283.
- [4]杨艳秋,李建勇,曹长修. 基于嵌入式 MPU 和 CAN 总线的测控系统设计[J]. 微计算机信息, 2007, 2-2: 31-32.
- [5]Anonymous. Universal fieldbus interface reconfigures in software [J]. Control Engineering, 2000, 47(13).
- [6]Cenag, G, Valenzano, A. An improved CAN fieldbus for industrial applications [A]. IEEE Transactions On Industrial Electronics [C], 1997, 44(4).

作者简介:杨长春(1973-),男,河南鹤壁人,硕士,讲师,研究方向:计算机网络应用。

Biography: YANG Chang-chun (1973-), Male, Born in Henan Hebi, Master Degree, Lecturer, Research Areas: Computer Networks and Applications.

(458030 河南 鹤壁 鹤壁职业技术学院) 杨长春

(200072 上海 上海大学通信与信息工程学院) 李国江

(Hebi Vocational College of Technology, Henan Hebi, 458030) YANG Chang-chun

(Shanghai University, Shanghai, 200072) LI Guo-jiang

通讯地址:(458030 河南省 鹤壁市淇滨区华山路南段鹤壁职业技术学院教务处) 杨长春

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

(上接第 87 页)

作者简介:田湛君(1955-),女,汉,鞍山师范学院,副教授,研究方向:数采、无线智能传感器和嵌入式软件产品设计。

Biography: TIAN Zhan-jun (1955-), female, Han, AnShan Normal university Liaoning China, associate professor, Research direction: number adopt, the wireless intelligence spread feeling machine and built-in software product design.

(114006 鞍山师范学院) 田湛君

(AnShan Normal university Liaoning China, 114006)

TIAN Zhan-jun

通讯地址:(114006 辽宁省鞍山市铁西区人民路 234 号) 田湛君

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)