

μClinux 简介及其在 S3C4510B 上的移植

蒋丽琴, 朱世宁

(北京工业大学 电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

摘要: μClinux 作为一种开放源代码的操作系统, 有着优良的可移植性和广泛的兼容性。它被广泛应用于 DVD 播放器、PDA、路由器、防火墙、工业控制、智能家居等设备。由于各个硬件平台的硬件组成和硬件参数不同, 这就需要对 μClinux 源码中针对具体硬件进行相应的修改, 然后编译、下载到目标板上运行, 这个过程称之为移植。文中对 μClinux 源码体系结构及其在 S3C4510B 上的移植做了论述。

关键词: μClinux; S3C4510B; 移植

中图分类号: TP316.8

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)09-0126-03

Introduction of μClinux and Its Transplant on S3C4510B

JIANG Li-qin, ZHU Shi-ning

(Sch. of Electronic Info. & Control Eng., Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: As an open-source operating system, μClinux has fine transplant character and broad compatibility. It is widely used in DVD player, PDA, router, firewall, industrial control equipments, intelligent furniture, and so on. For different hardware platform, they have different hardware parts and hardware character, so need to do corresponding modification, translate and edit on μClinux resource, then download it to target-board and run, call this process as transplant. This paper presents the instruction and structure of μClinux, and the transplant of μClinux on S3C4510B.

Key words: μClinux; S3C4510B; transplant

0 引言

μClinux 中 μ 表示 Micro, 小的意思, C 表示 Control, 控制的意思, 所以 μClinux 就是 Micro-Control-Linux, 字面上的理解就是“针对微控制领域而设计的 Linux 系统”^[1]。μClinux 是 Linux 经过裁剪和优化而成的、专门针对嵌入式领域中不带 MMU 的 CPU 而设计的操作系统, 它从 Linux 2.0/2.4 内核派生而来, 沿袭了 Linux 的绝大部分特性, 尤其是优秀的网路功能、对各种文件系统的完备支持以及丰富的 API 函数, 并且为嵌入式系统应用做了许多小型化的工作, 成为了一个高度优化的、代码紧凑的嵌入式 Linux^[1,2]。

1 μClinux 内核代码简介(基于 2.4 内核)

μClinux 是一个完全符合 GNU/GPL 公约的源码开放的操作系统, 其源码目录结构清晰, 使得其漏洞的发现和修改非常快速, 功能不断得到完善。μClinux 源

码体系结构大致分为如下几个部分^[3,4]。

1.1 arch

arch 目录下的每一个子目录都代表内核支持的一种 CPU 体系结构, 每个子目录中又进一步分解为 boot, mm, kernel, lib 等子目录, 分别包含与系统引导、内存管理、系统调用的进入和返回、终端处理以及其它内核中依赖于 CPU 和系统结构的底层代码。

1.2 include

include 子目录包括编译核心所需要的大部分头文件。与平台无关的头文件在 include/linux 子目录下, 与 ARM 处理器(不带 MMU)相关的头文件在 include/asm-armnommu 子目录下, 与 S3C4510B 相关的代码在 include/asm-armnommu/arch-snds100 目录下。

1.3 init

这个目录包含核心的初始化代码(注意: 不是系统的引导代码), 包含三个文件: main.c, Version.c 和 do_mounts.c, 前两个文件跟内核如何工作紧密相关, 系统在执行完 boot 中的一部分工作后就会将控制权交给 main.c, 由此来完成系统初始化的大部分工作; do_mounts.c 完成文件系统、设备等的加载工作。

收稿日期: 2006-11-15

作者简介: 蒋丽琴(1976-), 女, 甘肃人, 硕士研究生, 研究方向为热敏打印机在操作系统下的实现; 朱世宁, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为嵌入式系统与打印机、蓄电池的均衡充电技术等。

1.4 kernel

该目录包含与处理器无关的内核通用代码,负责进程在操作系统上的调度和执行。其中包含系统调度、中断处理、系统调用处理等函数。Linux 是多任务操作系统,在同一时间会有多个进程等待响应,调度程序(sched.c)会找出最需要执行的一个进程进行执行。

1.5 drivers

该目录包含系统所有的设备驱动程序,这些驱动进一步被分为块(block)设备、字符(char)设备、网络(net)设备和其它一些设备驱动。块设备指的是那些只能以块为单位进行读或写数据的设备。块设备通过缓存来随机地进行访问,而串行口、并行口、触摸屏等字符设备是直接存取而不通过缓存。

1.6 mmnmmu

操作系统的最重要特征之一就是它支持虚拟内存的技术,这个技术会使用户感觉可用内存大于实际的物理内存。然而虚拟内存技术需要 MMU 的支持。此目录下的文件是针对没有 MMU 的内存管理的实现代码。

1.7 others

例如 mm: 这个目录包括所有独立于处理器体系结构的内存管理代码,如页式存储、管理内存的分配和释放等;lib: 内核中跟处理器无关的库代码;net: 内核与网络相关的代码;ipc: 包含内核的进程间通讯的代码,以及进程与内核之间的通讯的代码;fs: 所有的文件系统代码和各种类型的文件操作代码,它的每一个子目录支持一个文件系统;Scripts: 此目录包含用于配置核心的脚本文件;documents: 此目录包含各种说明文档。

2 移植平台主要硬件组成

主要硬件组成如图 1 所示。

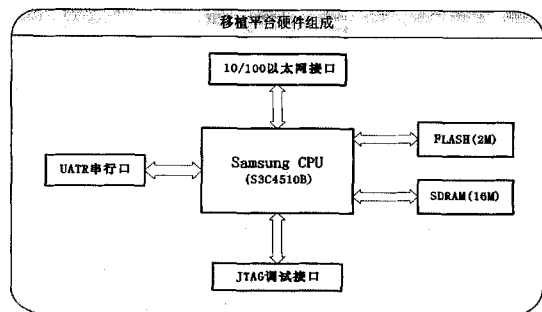


图 1 移植平台硬件组成

(1)CPU:三星公司基于 ARM7 体系结构的处理器 S3C4510B,一款在以太网通信应用方面高性价比的 16/32 位 RISC 微控制器,内含一个由 ARM 公司设计的 16/32 位 ARM7TDMI RISC 处理器核。S3C4510B 有许多重要的片内外围功能模块,突出的一个地方是它含有一个以太网控制器,用于 S3C4510B 系统与其它设备的网络通信^[5]。

(2)2M(Byte)的 Flash: 用于作为 bootloader、压缩内核代码以及固化的用户应用程序存放空间。

(3)16M(Byte)的 SDRAM : 主要作为应用程序调试和解压后内核的运行空间。

(4)一个串口: 目标板和上位机通讯的窗口。

(5)一个 JTAG 接口: 启动代码和内核代码的烧录工具。

(6)一个 10/100M 以太网接口: 实现应用程序的 FTP 传输。

3 移植的简单介绍

μ Clinux 支持多种处理器和硬件平台,不同硬件平台的接口类似,给系统和应用程序的移植带来了很大的方便性和可实现性。依据 μ Clinux 源代码的体系结构, μ Clinux 在不同硬件平台上的移植从理论上主要有以下 3 个层次^[6]。

3.1 结构层次的移植

如果目标板 CPU 所属的处理器结构还不被 μ Clinux 支持,就要进行这部分的移植,相关代码在 μ Clinux - dist/linux - 2.4. x/arch 目录下,例如 arm, armnmmu, i386 等就属于不同的处理器结构,可以在这个目录下建立自己开发板 CPU 所属的处理器结构目录,然后参照具有相似结构的处理器结构代码进行移植,主要涉及到初始化过程、中断处理和内存映射等方面的移植工作。

3.2 平台层次的移植

这是在目标板 CPU 所属处理器结构已经被 μ Clinux 内核支持的基础上的移植。对于具体的开发板,可以在 μ Clinux - dist/linux - 2.4. x/arch/xxx 目录下建立相应的平台 platform,这里的 xxx 指相应的 CPU 处理器体系结构目录,如果开发板的 CPU 没有相关平台的支持,就要做这部分的移植工作,不要从头写起,最好的办法是找 CPU 相近的平台进行移植,主要完成用户程序到内核函数的接口功能、中断调度、

向量初始化的代码编写。

3.3 板级的移植

如果目标板的 CPU 在 μ Clinux 源码中已经有相关平台的支持,也就是结构层次和平台层次的移植已经完成,接下来做的工作就是板级的移植。应在相关平台目录下建立具体的板级目录,如建 μ Clinux - dist/linux - 2.4.x/arch/xxx/platform/xxx 目录,第一个 xxx 代表相应的 CPU 所属体系结构目录,第二个 xxx 代表具体的开发板目录。

在这个目录下主要完成启动代码 crt0_rom.s 或 crt0_ram.s 和链接描述文档 rom.ld 或 ram.ld 的编写。板级移植还包括很多其他方面的工作,要根据自己的开发板的具体配置来修改或添加内核源码中相应部分的代码,比较重要的是中断的设置、串口的配置和开发板外设驱动部分的移植。

由于 μ Clinux 支持种类繁多的 CPU 体系结构和各种各样的硬件平台,也即结构层次和平台层次的移植工作已经完成,况且这两部分的移植难度较大,所以在 μ Clinux 的移植一般是板级的移植。需要注意的是在 μ Clinux 内核代码中很多处理器结构体系目录下平台移植和板级移植的界限已经不明显,两者很多时候是融合在一起的。

4 移植的具体过程

移植的目的就是针对特定开发板的具体硬件及其配置修改 μ Clinux 源码底层和硬件相关的部分,添加一些内核没有的外设驱动,通过对内核源码的编译和镜像文件的烧录工作,使其成为能在特定开发板上运行的新操作系统,为应用程序的开发提供前提条件。

4.1 移植前的准备

4.1.1 源码的获取和解压

在 μ Clinux 的官方网站 (www.muclinux.org) 可以获取移植所需版本的源码包,使用 tar 命令完成源码包的解压。

4.1.2 编译环境的建立

由于在目标板上无法安装编译工具,所以必须在宿主机上建立交叉编译环境,通过在宿主机上编译生成能在开发板上运行的目标代码。

环境的建立包括在宿主机上安装 Linux 操作系统,安装交叉编译工具 (arm-elf-tools-20030314.sh 脚本文件)。

4.2 内核源码修改

这部分是移植工作的难点和重点,由于操作系统的移植不仅要求移植人员对内核代码结构和移植的硬件平台要有充分了解,而且还要求对相关内核版本的

汇编语言较熟悉,所以一般的移植不从零做起,而是以相似硬件结构的移植好的平台为参考进行移植工作。

本系统开发板的移植是以已经成功在相似硬件结构的开发板运行的 μ Clinux 代码为参考,移植工作主要包括一些链接文件、目标生成规则、目标板配置文件和驱动等的修改。

4.2.1 对编译生成镜像文件规则的修改

μ Clinux - dist/Makefile (添加建立镜像文件的语句,修改交叉编译工具的路径) 和 μ Clinux/vendors/Samsung/4510B/Makefile (修改最终生成的镜像文件和具体的生成规则),目的是让内核在编译过程中按修改后的规则生成目标代码。

4.2.2 对内核中与开发板及其处理器相关代码修改

包括启动代码部分和配置文件部分的修改,目的是使内核中 FLASH 和 SDRAM 的地址和大小、压缩内核在 FLASH 中的起始地址、内核拷贝到 SDRAM 中的地址与实际开发板一致;链接文件的修改,在链接文件中加入 ROM 文件系统,并且告诉链接器 ROM 文件的大小和起始地址;开发板硬件相关寄存器配置的修改,完成开发板和 CPU 相应的寄存器的正确设置,包括中断、定时器和串口等的设置。

4.2.3 对内核启动界面的修改

在目录 μ Clinux - dist \ vendors \ Samsung \ 4510B 下,其中文件 motd 是 μ Clinux 的欢迎界面,对它进行修改,让启动界面以自己喜欢的图形呈现出来,文件 rt 规定 μ Clinux 启动是执行的一系列命令,如果要让应用程序在内核启动后就自动执行,在这个文件中添加执行命令即可,也可以在这个文件中完成网络 IP 地址的配置,而不必每次手工配置 IP 地址。

4.2.4 驱动修改

主要是添加开发板中内核不支持的外设驱动程序和对已支持驱动配置的修改,最主要的是网络驱动和串口驱动部分,源码中有三星的串口驱动程序,但没有进行相应的配置,修改串口波特率和系统时钟频率与目标板一致,串口就可以正常工作了。一般网络芯片的驱动 μ Clinux 都支持,只要将网络设备的基地址设置正确即可。

在进行内核移植之前对相应内核的源码和具体的硬件平台做充分的了解,这对于移植的顺利完成有很大的帮助。

4.3 内核编译

在完成了移植源码的修改后,就可以进行内核的裁减和编译工作,一般遵循以下几个步骤^[1]:

1) make menuconfig: 进行内核的裁减和配置工作,

(下转第 132 页)

数据进行方差分析时必须的一、二级数据,从而又在试验设计方法上实现程序通用;再将用来存放试验结果 $YY[i][k]$ 的行下标设置成最大的一位数 9 以兼容不同的试验重复次数,程序中主导循环的重复次数 n 设计为一个可变参数,不同重复次数的试验数据就只需在运行程序时修改或确认 n 的具体数目就可以通用了。

4 小 结

(1)笔者只针对方差分析中繁琐的一、二级数据计算过程编写 C 程序,这样既抓住了提高效率的关键,算法和程序又比较简洁,有利于不同场合应用时修改和变通,再完成方差分析的其它步骤也十分快捷。和提供现成的统计分析软件相比较,用于提高专业技术人员的数据分析能力无疑是一种“授之以渔”的上策;

(2)在套正交表进行方差分析时, SS_t 可通过运行同一 C 程序的两种算法得到,显示这两个结果 SS_{t1} 、 SS_{t2} 的过程同时又成为程序算法自检的过程,如果两者不一致的话,则平方和的求算过程一定出现了问题,这样做可避免盲目地进行平方和剖分正确性的检查而降低工作效率;

(3)编写算法自检功能的 C 程序不会局限于方差分析,如编写通径分析的 C 程序中,利用决定系数分析表^[13]的“双向可加性”实现算法自检就值得推崇。同样的道理,编写其它多元统计分析的算法自检程序也决不会是简单地重复已有统计软件源程序的设计工

作。

参考文献:

- [1] 吴喜之. 关于中国统计教育之思考[J]. 统计与精算, 2004 (1): 63-64.
- [2] 唐五湘. Excel 在统计中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 167-228.
- [3] 宇传华, 颜 杰. Excel 与数据分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 138-209.
- [4] 万海清, 彭友林. 正交表在经典试验统计中的功用[J]. 湖南农业科学, 1998(4): 30-33.
- [5] 杨子胥. 正交表的构造[M]. 济南: 山东人民出版社, 1978: 77-129.
- [6] 盖均镒. 试验设计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [7] 周海燕, 李 智. C 语言程序设计教程[M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [8] 俭济斌. 多因素试验正交优选法[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 30-39.
- [9] 中国科学院数学研究所统计组. 常用数理统计方法[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 225-239.
- [10] 中国科学院数学研究所概率统计室. 常用数理统计表[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 43-63.
- [11] 中国现场统计研究会三次设计组. 可计算性项目的三次设计[M]. 北京: 北京大学出版社, 1985: 160-185.
- [12] 朗建昭. 边学边用 C 语言[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [13] 黎大志. 探索·评建·跨越(教育教学改革论文选编)[M]. 长沙: 湖南人民出版社, 2004: 397-404.

(上接第 128 页)

去掉不需要的模块和配置, 将内核定制成需要的容量适宜、功能具备的操作系统

- 2) make dep: 生成对应于配置的依赖关系树
- 3) make lib. only: 编译库文件
- 4) make user. only: 编译用户应用程序文件
- 5) make romfs: 生成 romfs 文件系统, 也即 romfs. o
- 6) make image: 生成 romfs. img
- 7) make: 生成最终的镜像文件: image. ram, image.

rom

4.4 内核的运行

编译过后会在 images 目录下生成 romfs. img, image. ram 和 image. rom, 其中 romfs. img 是文件系统的镜像, image. rom 是内核的镜像, image. ram 是可以下载到目标板的 SRAM 中运行的镜像文件, 把内核镜像和文件系统镜像烧录进 FLASH 后, 系统一上电就可以看到 μ clinux 的欢迎界面, 至此整个内核的移植工作全部完成。

5 结束语

文中结合移植的实际过程, 对 μ clinux 及其在 S3C4510B 上的移植做了较为详细的介绍, 对于做嵌入式产品开发来说, 操作系统的成功移植至关重要, 是进行嵌入式应用开发的前提。

参考文献:

- [1] 李驹光. ARM 应用系统开发详解——基于 S3C4510B 的系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 李 岩, 荣盘祥. 基于 S3C44B0X 嵌入式 μ clinux 系统原理及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 赵 炯. Linux 内核完全注释[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [4] 李善平, 刘文峰, 李程远, 等. Linux 内核 2.4 版源代码分析大全[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [5] SAMSUNG 公司. S3C4510B[EB/OL]. 2004-08-05. pdf. www.lumit. org/dn-document.htm.
- [6] 朱显新, 黄 涛, 卢路先. μ COS 和 μ clinux 的比较[J]. 单片机与嵌入式系统, 2004(10): 5-7.