

# 嵌入式 Linux 的 BootLoader 在 DM6446 上的实现

王艳艳, 郅 晨, 张俊业, 房子河

(公安部第一研究所, 北京 100044)

**摘 要:**移植引导装载程序(BootLoader)是嵌入式系统开发的关键技术。介绍了 BootLoader 的特点及其在 DM6446 平台上的引导方式,分析 U-Boot 源代码的运行机制,并对 U-Boot 代码进行修改和调试,最后总结出移植 BootLoader 的成功经验,详细阐述了 U-Boot 在 DM6446 平台上的移植步骤和关键技术。这对 DM6446 双核处理器上的产品开发有一定的借鉴作用。

**关键词:**DM6446;嵌入式 Linux;BootLoader;U-Boot

**中图分类号:**TP309

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2008)11-0194-03

## Realization of BootLoader in Embedded Linux Operating System Based on DM6446

WANG Yan-yan, ZHI Chen, ZHANG Jun-ye, FANG Zi-he

(The First Research Institute of Ministry of Public Security, Beijing 100044, China)

**Abstract:** BootLoader is important in embedded system development. Introduced the general characteristics of BootLoader and the start-up method about DM6446, analyzed the source code of U-Boot, constructed and debugged the code of U-boot, summarized the successful experience, explained the porting step and key technology about U-Boot based on the porting experiences. It is useful to develop the product based on DM6446.

**Key words:** DM6446; embedded Linux; BootLoader; U-Boot

### 0 引 言

为满足下一代嵌入式设备硬件平台的需要, TI 新推出集成 ARM926 和 C64X + DSP 的双核处理器 DM6446, 其具有丰富的内部外设, 将在网络视频方面有广阔的应用空间。

BootLoader 的主要功能是引导和加载操作系统, 它严重地依赖硬件环境, 与处理器的体系结构和具体嵌入式板级设备的配置密切相关<sup>[1]</sup>, 至今没有一个完全通用的 BootLoader 可以直接应用于各种嵌入式系统中, 因此 BootLoader 成为运行 Linux 的嵌入式系统设计的一个难点。

如何将 U-Boot 移植到 DM6446 双核处理器上, 如何在 DM6446 平台上引导加载嵌入式操作系统 Linux, 是文中讨论的重点。

### 1 BootLoader

BootLoader 是在操作系统内核运行之前执行的一段小程序, 通过这段程序初始化硬件设备、建立内存空间的映射表和传递给操作系统一些基本的配置参数, 建立起操作系统运行的环境, 为调用操作系统内核做好准备。

大多数 BootLoader 都支持网络启动和 Flash 启动两种方式。网络启动方式是 BootLoader 通过以太网接口远程下载 Linux 内核映像和文件系统映像。DHCP/BOOTP 服务为 BootLoader 分配 IP 地址配置网络参数, 以支持网络传输功能。BootLoader 存放在 Flash 中, 可上电自启; 而内核映像和文件系统放在服务器的 /tftpboot 目录下, 通过 TFTP 协议远程下载到内存。

Flash 启动方式是从 Flash 上将 BootLoader 本身的映像(通常是多阶段的 BootLoader)、内核映像和文件系统映像装载到 ARM 内部 RAM 和 DDR 中运行。通过 Flash 烧写工具将 BootLoader、参数、内核映像和文件系统烧写到 Flash 中。注意, 此启动方式须把 Flash 分区使用, 每个区的大小应该是 Flash 擦除块大小的整数倍。

收稿日期: 2008-02-22

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAK08B04)

作者简介: 王艳艳(1978-), 女, 硕士研究生, 研究方向为数字视频的图像处理技术与嵌入式系统; 郅 晨, 硕士生导师, 研究方向为安全防范系统与红外技术。

## 2 DM6446 硬件平台

本项目的硬件平台基于 TI 的 DM6446 双核处理器,选用 Monotavista Linux 嵌入式操作系统。DM6446 芯片采用 ARM 与 DSP 双核结构,其中 ARM 子系统搭载 297MHz 主频的 ARM926 核, DSP 部分采用 594MHz 的 C64X + DSP 核, VPSS 子系统具有丰富的视频前后处理功能,特色功能单元 VICP 专用的媒体协处理器,外围存储均支持 256MHz DDR2、Flash、ATA、CF、SD,并配备 USB2.0、RS232、EMAC 等外设接口<sup>[2]</sup>。DSP 子系统较强的视频处理能力,配合 ARM 子系统和 Linux 操作系统对外设进行灵活控制和多线程调度,能完整地进行视频应用系统的设计。

### 2.1 硬件的整体架构

图 1 是一个基于 DM6446 & Linux 的嵌入式系统的典型框图,图中方框内的型号为本系统所选用的芯片型号,BootLoader 的设计、移植和实现是基于此硬件平台上。

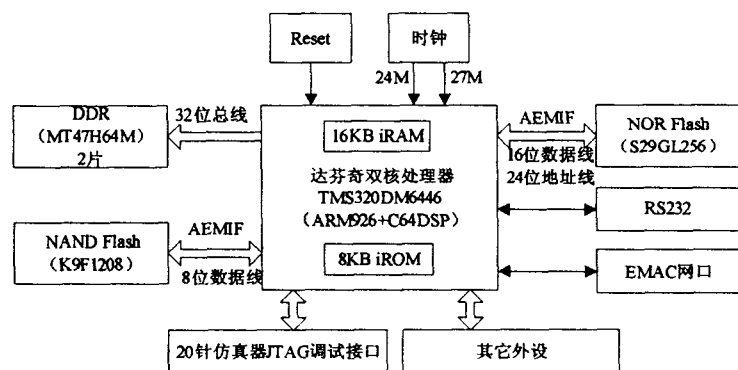


图 1 硬件处理平台框图

### 2.2 上电复位

DM6446 中 ARM926 端上电复位时,大部分模块都处于不工作状态。锁相环 PLL 处于旁路(Bypass)模式;DSP 子系统的状态取决于 DSP\_BT 引脚;UART1 和 UART2 也处于不工作状态,UART0 的状态取决于 BTSEL 引脚(如果 BTSEL = 11, UART0 工作);EMIFA 处于工作状态,其数据总线宽度由 EM\_WIDTH 决定,地址总线宽度由 AEAW 决定;芯片的大部分引脚都被配置为 GPIO 引脚。引脚复用通过寄存器 PINMUX0 和 PINMUX1 控制<sup>[3]</sup>。各种接口的配置由 PSC 决定,取决于寄存器 BTSEL[0-3]、EM\_WIDTH、AEWA 和 DSP\_BT 的状态。

### 2.3 NAND Boot 模式

DM6446 具有 NAND 模式、UART 模式、HPI 模式等引导方式。在嵌入式产品上市发布时,必须从 Flash 引导。所以,从 Flash 启动嵌入式 Linux 是一种非常重要的引导方法。

从 NAND Boot 模式启动,开发板的硬件设置如下:配置 DM6446 芯片管脚 BTSEL[1:0]为 00,使能 NAND Boot 模式;片选信号 EM\_CS2 使能 NAND Flash 或 NOR Flash;管脚 EM\_WIDTH 控制 Flash 与 DM6446 通信的总线宽度是 16 位或 32 位;读取寄存器 BOOTCFG 得到系统启动参数。

NAND Flash 或 NOR Flash 存储 BootLoader 第一阶段 RBL (ROM BootLoader) 和第二阶段 UBL (User Boot Loader) 的可执行映像<sup>[4]</sup>。ARM926 片内有 16kB 的 iRAM,用来作为 RBL 的执行空间;DDR2 为 UBL 的可执行空间、内核映像和文件系统映像的物理执行空间。启动流程是:设置 ARM 为 NAND Boot 模式后,自动将 Flash 中的 RBL 装载到片内 16kB 的 iRAM 中,在 iRAM 中执行 RBL 指令。已将 Flash 中的 UBL、内核和文件系统复制到 DDR 中,SP 指针指向 DDR 的首地址,再将控制权转让给 UBL,在 DDR 内存中顺序执行 UBL 代码。RBL 和 UBL 执行完后,系统状态变为内核运行所需状态,将控制权转让给内核。

其流程框图如图 2 所示。

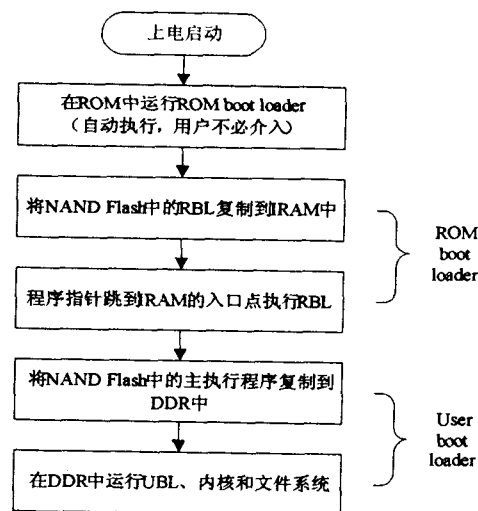


图 2 NAND Boot 的启动流程图

## 3 U-Boot

### 3.1 源代码分析

U-Boot 源码是通过 GCC 和 Makefile 组织编译的。顶层目录下的 Makefile 首先可以设置开发板的定义,然后递归地调用各级子目录下的 Makefile,最后把编译过的程序连接成 U-Boot 映像。首先要了解代码的结构和功能,在此基础上分析代码的运行顺序和相互调用关系<sup>[5]</sup>。开发板上电后,函数调用顺序如图 3 所示。源代码首先运行的是 U-Boot/board/Davinci/platform.S 和 davinci.c,其主要完成电路板的硬件配置。移植 Flash 是根据 Flash 器件资料修改 U-Boot/

board/davinci/flash.c。引导内核参数放在 Linux/Documentation/kernel-parameters.txt 中。通过设置 U-Boot 的 bootargs 来传递给内核更多的参数,如系统的物理 memory 区;使用 RAM DISK 及其压缩版的地址;视频驱动程序具体的初始化参数;内核命令行;串口及版本号等。

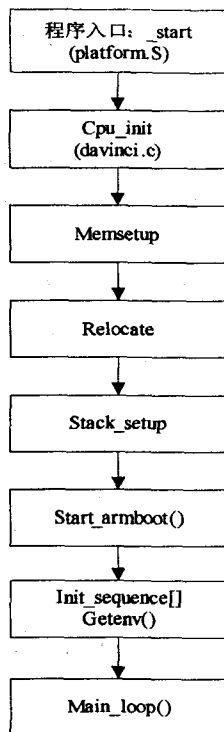


图 3 U-boot 启动代码流程图

### 3.2 移植要点

#### 3.2.1 修改 Makefile

一个可执行的 Image 只能有一个唯一的全局入口,放于 Rom 的 0x0 地址处。源码须放在固定的目录 (/home/wangxuyu/TI-Davinci-Linux-re10.3/) 下才能顺利编译,修改 Makefile 使其在任意目录下都可编译<sup>[6]</sup>。

根目录的 Makefile 文件中源码为:

```

clean:
find. -type f \
\ ( -name 'core' -o -name '*.bak' -o -name '*' \
-o -name '*.o' -o -name '*.a' ) -print \
| xargs rm -f

```

加入.depend 文件删除的命令,作如下修改:

```

clean:
find. -type f \
\ ( -name 'core' -o -name '*.bak' -o -name '*' \
-o -name '*.o' -o -name '*.a' -o -name '.depend' ) \
-print \
| xargs rm -f

```

重新编译,运行 make depend 命令,即可将依赖关

系建立在新的目录下。

#### 3.2.2 移植 DDR2

目录 U-Boot/board/davinci/下文件 platform.S 用来设置最基本的系统硬件环境,包括初始化系统时钟和 PLL,配置 DDR2 和 PSC,使能 UART0 和 AEMIF 等接口模块。移植 DDR2 驱动时,涉及相关寄存器的配置、UPM 表和上电初始化过程三方面。其工作时钟由寄存器 PLLCTL2 控制,所以修改 board/davinci/目录下的 platform.S 中设置 PLL2-PLLM 的代码,将 DDR2 的工作时钟提高到 202MHz。

源代码如下:

```

/* Program the PLL Multiplier */
LDR R6, PLL2-PLLM
MOV R2, #0xB /* MOV R2, #0x13 Orig value */
STR R2, [R6] /* R2 */

```

修改为:

```

/* Program the PLL Multiplier */
LDR R6, PLL2-PLLM
MOV R2, #0xE /* MOV R2, #0x16 Orig value */
STR R2, [R6] /* R2 */

```

#### 3.2.3 移植 Flash

本系统选用的 Flash 芯片与参考板对应的芯片不同,所以源代码要进行移植。U-Boot 的 saveenv 命令将 setenv 命令设置的环境变量存储在 Flash,要求起始地址是 Flash 的一个段(section)的边界。根据开发经验,移植时要考虑设置环境变量的存储地址 CFG-ENV-ADDR 和扇区大小 CFG-ENV-SECT-SIZE。根据 Flash 的芯片手册和电路原理图上 Flash 的地址线设计方式,修改目录 include/configs/下文件 davinci.h。

源代码如下:

```

/* 64KB sect size AMD Flash */
#define CFG-FLASH-SECT-SZ 0x10000
#define CFG-ENV-SECT-SIZE CFG-FLASH-SECT-SZ/*
Env Size */
#define CFG-ENV-ADDR (CFG-FLASH-BASE+0x40000)

```

修改为:

```

/* 128KB sect size S29GL256 Flash */
#define CFG-FLASH-SECT-SZ 0x20000
#define CFG-ENV-SECT-SIZE CFG-FLASH-SECT-SZ/*
Env Size */
#define CFG-ENV-ADDR (CFG-FLASH-BASE+0x40000)

```

在调试过程中,须注意有些错误是跟配置选项有关系的,通常打开某些功能选项会带来一些错误,一开始可以尽量跟参考板配置相同,逐步深入地分步解决问题。

(下转第 203 页)

```

}
uchar VersionEnum; //版本号
uint IdEnum; //流水号
int IpEnum; //IP 地址
uchar Data[20]; //数据段
int VerCode; //校验代码
|CP, * pCP; //通信协议的定义

```

#### 4 结束语

多路信号采集器是一个具有多路信号并行采集、粒度计算和串行传输的信号采集和处理中间设备,介绍了采集器的整体结构、位操作编程技巧和统计采样算法思想以及协议的制定。

目前,该多路采集器广泛应用于交通信号灯信号采集器、集中控电机房无线监控器和 DCS 网络通信集

中监控器等领域,该产品具有经济、实用、高效和可靠等众多优点。

#### 参考文献:

- [1] 曹巧媛. 单片机原理及应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2001.
- [2] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2000.
- [3] 陈萌萌, 邵贝贝. 单片机系统的低功耗设计策略[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006(3):1-3.
- [4] Zurell K. 嵌入式系统的 C 程序设计[M]. 艾克武译. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [5] 尧 鹏, 谢志江, 余中云. 一种高精度数据采集无线传输系统硬件设计[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 2006(4):9-11.

(上接第 196 页)

#### 4 结束语

结合 DM6446 的开发经验,成功将 U-Boot 移植到 DM6446 处理器上,实现 DM6446 上电后自启,并能够正确地引导嵌入式 Linux 操作系统。该移植方式具有一定的通用性,可以广泛应用到其它的处理器和应用系统中,对嵌入式开发人员有一定的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 孙纪坤, 张小全. 嵌入式 Linux 系统开发技术详解——基于 ARM[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006:108-141.
- [2] TEXAS Instruments. TMS320DM6446 Digital Media System

- on - Chip[M]. TEXAS: TEXAS INSTRUMENTS, 2007: 21-23.

- [3] TEXAS Instruments. TMS320DM644x DMSoC DDR2 Memory Controller User's Guide[M]. TEXAS: TEXAS INSTRUMENTS, SPRUE22A, 2005:23-57.
- [4] TEXAS Instruments. TMS320DM644x DMSoC ARM Subsystem Reference Guide [M]. TEXAS: TEXAS INSTRUMENTS, SPRUE14A, 2007:127-138.
- [5] 毛德操, 胡系明. Linux 内核源代码情景分析(下册)[M]. 杭州:浙江大学出版社:120-163.
- [6] 潘 浩, 马艳敏, 白 瑛, 等. Bootloader 在 AT91RM 9200 系统中的实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(1-2):168-170.

(上接第 199 页)

噪声也明显减小,对光谱利用峰值拟合算法进行定量分析<sup>[5]</sup>。以滤除干扰之后的气体透过率光谱为拟合对象,将其与数据库中的气体分子模型光谱进行拟合,在算法中通过迭代使残差的加权平方和最小,最终获得气体浓度等重要的光谱拟合结果<sup>[6]</sup>。

#### 4 结束语

文中对 FTIR 实测光谱进行小波分解和软阈值去噪,再通过小波合成还原得到了去噪之后的透过率光谱信号。保证了气体在不同红外吸收波段分析的准确性,使含量较低的 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 气体的定量分析得到了保证,提高了检测微弱气体光谱信号的灵敏度。该方法在多组分痕量气体的定量分析中得到了很好的应用,在环境气体的光学方法监测中具有一定的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] Jaakkola P, Tate J D. Instrumental Resolution Considerations for Fourier Transform Infrared Gas-phase Spectroscopy[J]. Appl. Spectrosc., 1997, 51(8):1159-1169.
- [2] Berry R J, Hart B K. A Low Resolution Spectrometer for Open Path Fourier Transform Infrared Spectrometry[J]. Field Anal. Chem. Tech., 1999, 3(2):131-138.
- [3] 赵红怡, 张常年. 数字信号处理及其 MATLAB 实现[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [4] 彭玉华. 小波变换与工程应用[M]. 北京:科学出版社, 1999.
- [5] 朱 军, 刘文清, 刘建国, 等. 基于峰值拟合算法的光谱分析[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4):125-126.
- [6] Zhu J, Liu W. Research on analyzing atmospheric transmittance based on infrared radiation measurements[J]. Proceedings of Spie, 2004, 5832(10):83-90.