

基于国产龙芯 2K1000 龙芯派的内核系统启动

徐意泊¹, 陈富浩¹, 丁振华¹, 杨笔锋^{1, 2}

(1. 成都信息工程大学, 四川 成都 610225; 2. 中国气象局大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

摘要: 随着我国科技实力的不断增强, 一些国家开始对中国采取措施, 对出口中国的芯片进行加税加价, 这使得中国众多企业和公司面临着严峻的挑战。我们要想摆脱困境, 我们就要拥有自己的芯片, 制造属于我们的中国“芯”。龙芯 2K1000 是我国今年刚刚研发的一款嵌入式芯片, 龙芯 2K1000 处理器是面向网络安全领域及移动智能终端领域的双核处理器芯片。龙芯 2K1000 处理器集成两个 GS264 处理器核, 芯片外围接口包括两路 PCIE2.0、一路 SATA2.0、4 路 USB2.0、两路 DVO、64 位 DDR2/3 及其它多种接口, 可以满足中低端网络安全应用领域需求, 并为其扩展应用提供相应接口。对于一款嵌入式芯片来说, 要想使用它, 首先要掌握它的启动方法, 其主要分为三个步骤: 1、bootloader 的制作; 2、文件系统的制作; 3、内核系统的安装。论文主要研究基于龙芯 2K1000 龙芯派的内核启动。

关键词: Loongson; 嵌入式; 文件系统; 内核启动; bootloader

中图分类号: TP368

文献标志码: A

文章编号: 2096-4706 (2018) 12-0029-06

Kernel System Start Based on the Domestic Loongson 2K1000 Loongson Pie

XU Yibo¹, CHEN Fuhao¹, DING Zhenhua¹, YANG Bifeng^{1, 2}

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2. CMA Key Laboratory of Atmospheric Sounding -KIAS, Chengdu 610225, China)

Abstract: With the continuous enhancement of science and technology in China, some countries have begun to take measures by increasing taxes and prices on chips exported to China, which makes many Chinese enterprises and companies face severe challenges. If we want to get out of this dilemma, we have to possess our own chips and make our own Chinese “core”. Loongson 2K1000 is an embedded chip just developed in China this year. Loongson 2K1000 processor is a dual-core processor chip for network security and mobile intelligent terminal. It integrates two GS264 processor cores, and the peripheral interfaces include two PCIE2.0, one SATA 2.0, four USB 2.0, two DV0s, 64-bit DDR2/3 and many other interfaces, which can meet the needs of low-end network security applications and provide corresponding interfaces for its extended applications. For an embedded chip, the start-up way should be grasped before use it. The way of start-up is divided into three steps: first, the production of bootloader; second, the production of the file system; third, the installation of the kernel system. The article mainly introduces the core startup based on Loongson 2K1000 Loongson core pie.

Keywords: Loongson; embedded; file system; kernel startup; bootloader

0 引言

中美贸易争端警醒了中国, 让我们大家真正看到了中国集成电路领域的短板。我国在集成电路领域一直处于非常低端的水平, 长期依赖购买他国的电子芯片, 是我们芯片研发制造落后的根本原因。中美贸易以来, 国家对芯片研发的投入越来越多, 我们的芯片制造也逐渐从低端开始走向中高端。龙芯 2K1000 就是今年刚刚发布的一款 CPU, 这款 CPU 是由中国科学院计算所自主研发的通用 CPU。本文主要研究的是龙芯 2K1000 的文件系统制作及内核的启动方法。

本文主要以 bootloader 内核引导、文件系统制作和内核系统安装三大部分详细介绍使用龙芯 2K1000 这款 CPU 的使用。

1 bootloader 内核引导

bootloader 内核引导即引导加载程序, 是系统加电后运行的第一段软件代码, 它的主要功能是引导启动内核。在龙芯 2K1000 上我们使用的 bootloader 是 pmon, 也就是说 pmon 是 CPU 龙芯 2K1000 上电后执行的第一段软件代码, 相当于 X86PC 机中的 BIOS, 其源代码来源于 BSD 的内核代码。pmon 的二进制代码存放于主板上的一块 512KB 的 flash 芯片上, 龙芯 2K1000 允许的最大 Boot Rom 容量是 1MB。

对于 512KB 的 flash, 地址我们是确定的, 虚拟地址 0xbfc00000, 物理地址 0x1fc00000。CPU 上电后, 会在第一时间从虚拟地址为 0xbfc00000 的读取指令执行。

start.S 核心是把 pmon 复制到内存。并初始化 Cache, 内存控制器, 内存和南桥的部分信号。这个代码执行之后会执行一行 c 代码。解压在二进制中压缩的 bin 文件, 跳到解压后的代码继续执行。龙芯 2K1000 采用的是

收稿日期: 2018-10-16

基金项目: 公益性行业 (气象) 科研专项资助

项目 (项目编号: GYHY201306070)。

MIPS (Microprocessor without interlocked piped stages architecture) 架构,之所以采用 MIPS 架构,是因为 MIPS 架构具有简洁、优化、具有高度扩展性等属性。MIPS 架构的基本特点是:包含大量的寄存器、指令数和字符、可视的管道延时。MIPS CPU 约定 CPU 执行的第一条指令位于虚拟地址 0xbfc00000,而 pmon 的二进制代码是以 load -r -fbfc00000 gzrom.bin 这个命令烧入 bfc00000 这个地址开始的 flash,硬件布线会使得虚拟地址 0xbfc00000 映射到这块 flash 上。而 start.S 就占据了 gzrom.bin 的开头部分。gzrom.bin 作为开头部分是因为 ./zloader/Makefile.inc 中的 L29: mips-elf-ld -T ld.script -e start -o gzrom \${START}zloader.o 决定的。

2 文件系统制作

根文件系统是 bootloader 引导内核启动时所 mount 的第一个文件系统,对于嵌入式软件来说是至关重要的,内核代码映像文件保存在根文件系统中,而系统引导启动程序会在根文件系统挂载之后从中把一些基本初始化脚本和服务等加载到内存中去运行。在启动 yaffs, cramfs, jffs2 文件系统的时候,首先需要确定我们的内核配置了该文件系统,并且配置不启动 ramfs 文件系统,步骤如下:

make menuconfig ARCH=mips (执行该命令启动图形化配置界面,并用上下键选择 General setup --->,如图 1 图形化配置界面 1 所示)。

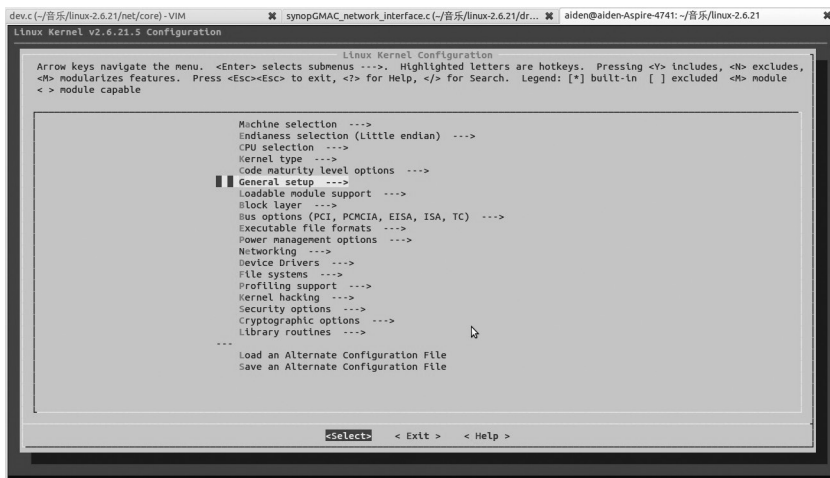


图 1 图形化配置界面 1

在图 1 的基础上,按 Enter 键进入如图 2 所示图形化配置界面 2。

确保图 1 中浅色部分前面的 [] 中,没有任何内容,按 Esc 键,并保存配置,重新编译内核既可 (make vmlinux

ARCH=mips CROSS_COMPILE=mipsel-linux-);

把编译好的 vmlinux 拷贝到 tftp 服务器的目录中:

cp vmlinux /home/tftpboot/ (该命令在宿主机上执行)

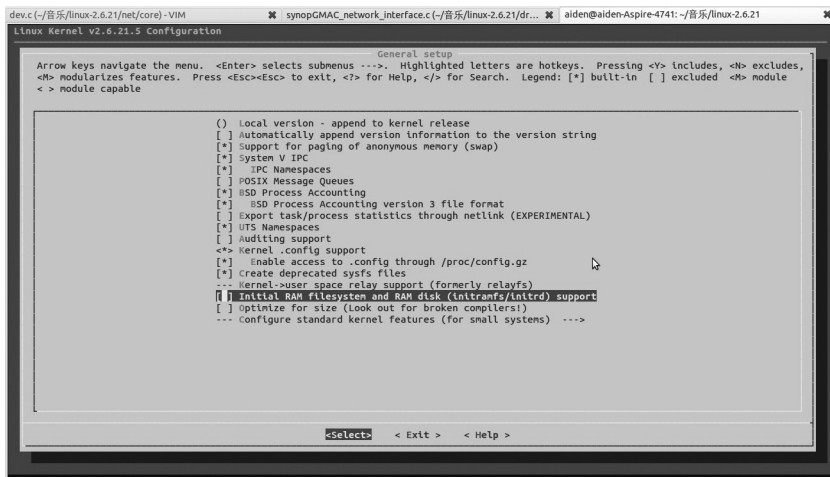


图 2 图形化配置界面 2

2.1 yaffs 文件系统的制作及启动计

./mkfs.yaffs2 rootfs2 rootfs2.yaffs

备注: rootfs2 为文件系统的名字 rootfs2.yaffs 为制作的 yaffs 文件格式的文件系统 cp rootfs2.yaffs/home/

tftpboot/ (该命令在宿主机上执行)

修改权限:

chmod 777/home/tftpboot/rootfs2.yaffs

配置开发板的 IP 地址: ifconfig syn0 10.50.122.252

向开发板上的 nand 烧写文件系统的命令:

```
devcp tftp: //10.10.122.24/rootfs2.yaffs/dev/  
mtd1y 备注: 烧写到 nand 的分区 1, 若烧到分区 0, 改为  
mtd0y, 做好烧写到分区 1
```

在你的主机上需要安装 tftp 服务器, 才可以通过网络烧写启动内核 (以下命令都在开发板上执行):

```
load tftp: //10.50.122.23/vmlinux  
g console=ttyS0, 115200 rdinit=/sbin/init  
rootfstype=yaffs2 rw root=/dev/mtdblock1
```

2.2 cramfs 文件系统的制作和启动

```
mkfs.cramfs -b 16384 rootfs2 cramfs.imgs
```

备注: -b 参数, 大小与 PAGE_SIZE (linux 内核的配置) 一样, 具体 -b 的实际意义请你通过 man mkfs.cramfs 查看

把制作好的根文件系统拷贝到 tftp 服务器的目录中:

```
cp cramfs.imgs/home/tftpboot/
```

修改权限:

```
chmod777/home/tftpboot/cramfs.imgs
```

配置开发板的 IP 地址:

```
ifconfig syn0 10.50.122.253
```

烧写命令:

```
devcp tftp: //10.10.122.24/cramfs.imgs/dev/  
mtd1
```

启动内核 (以下命令在开发板上执行):

```
load tftp: //10.50.122.23/vmlinux  
g console=ttyS0, 115200 rdinit=/sbin/init  
rootfstype=cramfs rw root=/dev/mtdblock1
```

2.3 jffs2 文件系统的制作和启动

```
mkfs.jffs2 -r rootfs2 -o rootfs2.jffs2 -e 0x20000  
--pad=0x2000000 -n
```

-r: 指定要生成 image 的目录名

-o: 指定输出 image 的文件名

-e: 每一块要擦除的 block size, 不同的 flash, block size 会不一样。这里为 128KB

-pad: 用 16 进制来表示所要输出文件的大小, 也就是 rootfs-jffs2.img 的大小, 如果实际大小不足此设定的大小, 则用 0xFF 补足

-n, -no-cleanmarkers: 指明不添加清楚标记 (nand-flash 有自己的校检块, 存放相关的信息)

把制作好的根文件系统拷贝到 tftp 服务器的目录中:

```
cp rootfs2.jffs2/home/tftpboot/
```

修改权限:

```
chmod 777 /home/tftpboot/rootfs2.jffs2
```

配置开发板的 IP 地址:

```
ifconfig syn0 10.50.122.253
```

烧写命令:

```
devcp tftp: //10.10.122.24/rootfs2.jffs2/dev/mtd1  
启动内核 (以下命令在开发板上执行):
```

```
load tftp: //10.50.122.23/vmlinux
```

```
g console=ttyS0, 115200 rdinit=/sbin/init
```

```
rootfstype=jffs2 rw root=/dev/mtdblock1
```

3 龙芯派系统安装

基于龙芯 2K1000 龙芯派的硬件没有 Flash, 因此基于龙芯 2K1000 龙芯派的内核要从 SD 卡、U 盘或者网络加载, 同时上面介绍的文件系统也存储在这些介质中。本文实验所采取的是用一张内存为 16G 的 SD 卡, 因此, 我们的文件系统和内核都存于这张 SD 卡中。

龙芯派目前提供三种系统的安装, Loongnix、CentOS 和 SylixOS。其中 Loongnix 与 CentOS 类似, 安装时需要复制 2 部分内容: 内核与文件系统, 且这两种系统使用的内核相同。SylixOS 采用官方提供的一键安装工具制作启动盘直接完成。本文实验所采用的是 CentOS 系统。

龙芯派采用启动盘启动。动盘可使用 U 盘或者 SD 卡。下面以 U 盘 (插入 USB 读卡器的 SD 卡等同于 U 盘) 为例制作启动盘。启动盘上必须存放必要的内核及系统。

3.1 内核和文件系统的下载与制作方法

内核和文件系统都是从龙芯派的官网下载的, 于 Linux 内核和 Loongnix、CentOS 系统的启动盘必须自行制作, 制作环境必须是 Linux 操作系统。可在虚拟机开启 Linux 操作系统制作启动盘, 也可以使用安装 Linux 操作系统的机器制作。这里采用虚拟机的方法。

3.2 CentOS 系统安装

3.2.1 启动盘分区格式化

启动虚拟机, 插入我们的 SD 卡, 这是 Windows 提示有 USB 设备插入, 此时要在主机将此 USB 设备弹出, 虚拟机才能连接 USB 设备。接着在虚拟机的可移动设备中连接此 USB 设备。

命令终端查看连接的 USB 设备, 即看到已经连接的 USB 设备。

(1) 首先我们对 SD 卡进行分区, 操作如下:

```
root@ubuntu: ~# fdisk/dev/sdb// 操作分区 /dev/  
sdb
```

```
Welcome to fdisk (util-linux 2.27.1) .
```

```
Changes will remain in memory only, until you  
decide to write them.
```

```
Be careful before using the write command.
```

```
Command (m for help): d// 删除分区
```

```
Selected partition 1// 选择分区 1, 直接按 Enter 键
```

```
Partition 1 has been deleted.
```

```
Command (m for help): n// 新建分区
```

```
Partition type
```

```
p primary (0 primary, 0 extended, 4 free)
```

```
e extended (container for logical partitions)
```

```
Select (default p): // 缺省为主分区, 直接按 Enter 键  
Using default response p.
```

```
Partition number (1-4, default 1): // 缺省为分区 1,  
直接按 Enter 键
```

```
First sector (2048-60063743, default 2048): // 停  
顿处直接按 Enter 键
```

Last sector, +sectors or +size{K, M, G, T, P}
(2048-60063743, default 60063743) : +512M// 第一分区为 512M

Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 512 MB.

Command (m for help) : n// 新建分区

Partition type

p primary (1 primary, 0 extended, 3 free)

e extended (container for logical partitions)

Select (default p) : // 缺省为主分区, 直接按 Enter 键

Using default response p.

Partition number (2-4, default 2): // 缺省为分区 2, 直接按 Enter 键

First sector (1050624-60063743, default 1050624) :

Last sector, +sectors or +size{K, M, G, T, P}
(1050624-60063743, default 60063743): // 缺省剩下容量, 直接按 Enter 键

Created a new partition 2 of type 'Linux' and of size 28.1 GiB.

Command (m for help) : w// 保存退出

The partition table has been altered.

Calling ioctl() to re-read partition table.

Re-reading the partition table failed.: Device or resource busy

The kernel still uses the old table. The new table will be used at the next reboot or after you run partpr

obe (8) or kpartx (8) .

root@ubuntu: ~# fdisk -l

.....

Device Boot Start End Sectors Size Id Type

/dev/sdb1 2048 1050623 1048576 512M 83 Linux

/dev/sdb2 1050624 60063743 59013120 28.1G 83

Linux

使用的命令总结, 其它的均按 Enter 键。

fdisk -l// 查看当前分区

fdisk /dev/sdb// 操作分区 /dev/sdb

d // 删除分区

n // 新建分区

+512M// 第一分区为 512M

w // 保存退出

(2) 其次我们要对 SD 卡进行格式化操作。

root@ubuntu: ~# umount /dev/sdb1

root@ubuntu: ~# mkfs.ext3 /dev/sdb1// 格式化第一个分区

mke2fs 1.42.13 (17-May-2015)

/dev/sdb1 contains a vfat file system

Proceed anyway? (y, n) y

Creating filesystem with 7507712 4k blocks and 1880480 inodes

Filesystem UUID: 0ad55ff6-70ec-496d-8399-57c6c27e5a67

Superblock backups stored on blocks:

32768, 98304, 163840, 229376, 294912, 819200, 884736, 1605632, 2654208, 4096000

Allocating group tables: done

Writing inode tables: done

Creating journal (32768 blocks) : done

Writing superblocks and filesystem accounting information: // 停顿处, 直接按 Enter 键

Done

root@ubuntu: ~# mkfs.ext3 /dev/sdb2// 格式化第二个分区

mke2fs 1.42.13 (17-May-2015)

Creating filesystem with 7376640 4k blocks and 1844160 inodes

Filesystem UUID: b6f5661a-cfb7-4958-9483-e5a40e4762c1

Superblock backups stored on blocks:

32768, 98304, 163840, 229376, 294912, 819200, 884736, 1605632, 2654208, 4096000

Allocating group tables: done

Writing inode tables: done

Creating journal (32768 blocks) : done

Writing superblocks and filesystem accounting information: // 停顿处, 直接按 Enter 键

Done

(3) 最后使用的命令总结。

umount /dev/sdb1 // 卸载 U 盘分区 1

mkfs.ext3 /dev/sdb1 // 格式化 U 盘分区 1 为 ext3

mkfs.ext3 /dev/sdb2 // 格式化 U 盘分区 2 为 ext3

3.2.2 启动盘的相关配置

现在, 我们已经在官网下载好我们所用安装的内核 CentOS, 也已经将 SD 卡分区并格式化, 接下来, 我们要将下载的 Linux 内核 /loongsonpi/os/new_fedora21/vmlinux 复制到分区 1 根目录下。解压并复制后的 CentOS 分区 1 如图 3 所示。

再将 /loongsonpi/os/CentOS6.4-Multilibs-mips64-RC2-Build009-20150701.iso 解压并复制到分区 2 的根目录下, 解压的时间会很长 (30 分钟以上)。解压后并复制后的分区 2 的文件系统如图 4 所示。

在 CentOS 系统分区 1 和分区 2 还要修改一些配置, 如图 5 启动盘配置的修改。

修改步骤:

(1) 分区 2 /boot 目录修改, 添加 boot.cfg 文件;

(2) 内核复制到分区 2 /boot 目录下;

(3) 分区 2 /etc/X11/xorg.conf.d/xorg.conf.2h。

然后卸载启动盘, 将我们制作好的文件系统和启动盘这张 SD 卡插入龙芯派板子, 上电启动。开机后加载内核, 然后启动系统。控制台启动如图 6 CentOS 启动后控制台输出

的停止界面所示。

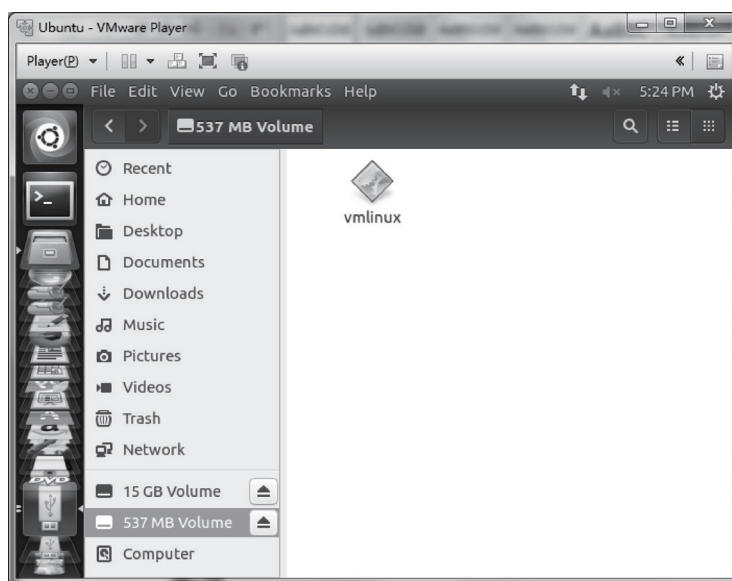


图 3 CentOS 系统分区 1

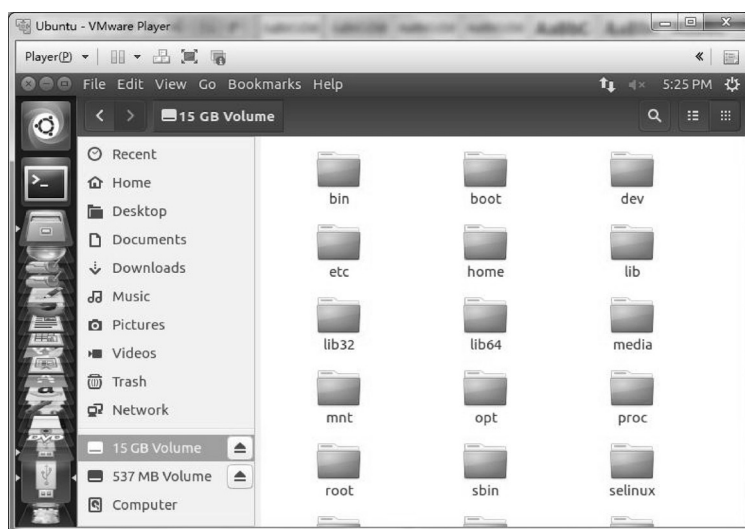


图 4 CentOS 系统分区 2

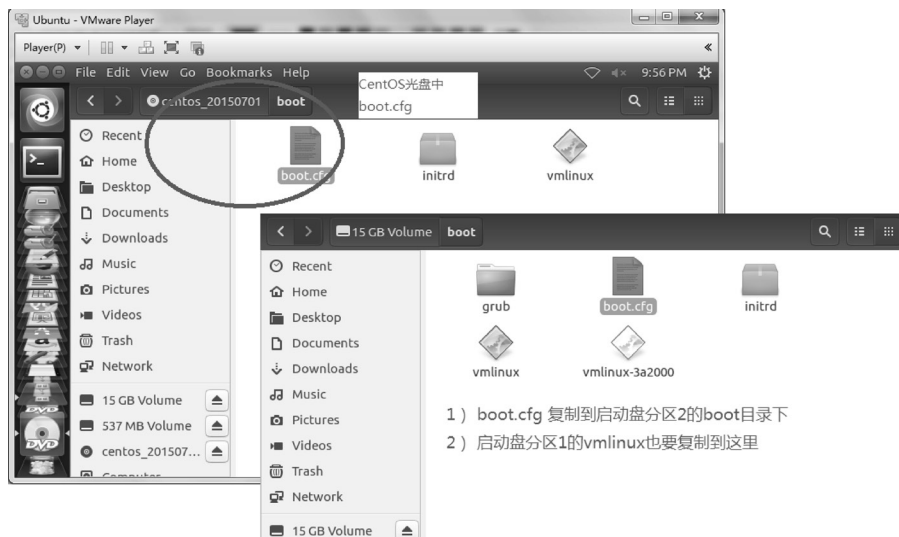


图 5 启动盘配置的修改

```

COM3 - PuTTY
[ 18.375000] devtmpfs: mounted
[ 18.378906] Freeing unused kernel memory: 272K (fffffff80b2c000 - ffffff80b70000)
[ 21.648437] random: init: uninitialized urandom read (12 bytes read, 39 bits of entropy available)
[ 32.941406] udev[114]: starting version 167
[ 33.378906] WARNING! power/level is deprecated; use power/control instead
[ 39.093750] EXT3-fs (mmcblk0p2): warning: mounting fs with errors, running e2fsck is recommended
[ 39.113281] EXT3-fs (mmcblk0p2): using internal journal
[ 58.507812] eth0: device MAC address ba:56:9d:f2:0c:a0
[ 58.550781] eth1: device MAC address 00:00:00:00:00:01
[ 58.566406] ERROR stmmaceth, debugfs create directory failed
[ 58.574218] stmmac_open: failed debugFS registration
[ 58.593750] sjal000_platform sjal000_platform.1 can0: bit-timing not yet defined
[ 58.609375] sjal000_platform sjal000_platform.2 can1: bit-timing not yet defined
[ 58.652343] sjal000_platform sjal000_platform.1 can0: bit-timing not yet defined
[ 58.664062] sjal000_platform sjal000_platform.2 can1: bit-timing not yet defined
[ 60.523437] libphy: stmmac-1:01 - Link is Up - 1000/Full

```

图 6 CentOS 启动后控制台输出的停止界面

4 结 论

本文基于国产芯片 Loognson 龙芯派这块板子, 大致介绍了 Loognson 龙芯派的一些主要参数和性能, 详细为大家介绍了基于 Loognson 龙芯派的 bootloader 内核引导、文件系统制作和启动盘的制作。当前我国集成电路的发展正在一步步走向正轨, 芯片 Loognson 是一款性能非常好的嵌入式应用芯片, 应用范围相当广泛。本文将 Loognson 龙芯派的启动和使用方法都记录了下来, 相信对大家有很高的使用价值。

参考文献:

- [1] 李菲. 嵌入式气象采集系统及网络实时性研究 [D]. 天津: 河北工业大学, 2011.
- [2] 杨霞. 基于 OMAP3530 以太网视频采集系统的设计与实现 [D]. 南京: 南京邮电大学, 2011.
- [3] 史顺玉. 基于北斗卫星导航系统的智能车载终端设计 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [4] 王洪虎, 谭悦, 申利民. 基于嵌入式 Cramfs 的根文件系统配置新方法 [J]. 微计算机信息, 2010, 26 (17): 78-80.
- [5] 孙九瑞, 孙晓晨. 基于 ZigBee 的图书馆环境监控系统设计 [J]. 应用科技, 2015, 42 (3): 49-54.
- [6] 李铁柱. 基于 LINUX 的数字电视软件通用升级系统 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [7] 张久强, 施仁政, 陈远知. 基于 ZigBee 的 WSN 节点嵌入

式软件研究与开发 [C]// 第八届全国信号和智能信息处理与应用学术会议. 第八届全国信号和智能信息处理与应用学术会议会刊. 中国青海: 《计算机工程与应用》杂志社 (THE PUBLISHING HOUSE OF COMPUTER ENGINEERING AND APPLICATIONS), 2014: 341-344.

[8] 焦键. 嵌入式系统基础及应用 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2014.

[9] 徐志永. 基于嵌入式 LINUX 的网络存储与共享平台研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2007.

[10] 张菊莉, 张君毅, 孟小锁. 基于龙芯 2F 架构的 PMON 分析与优化 [J]. 现代电子技术, 2011, 34 (2): 19-21.

[11] 史巧硕, 范东月, 柴欣, 等. 嵌入式 Linux 根文件系统的构建与分析 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (2): 656-659+663.

[12] 孙冬梅, 石南. 嵌入式 LINUX 系统设计及应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2017: 7-34.

作者简介: 徐意泊 (1993-), 男, 汉族, 河南洛阳人, 硕士研究生。主要研究方向: 嵌入式单片机、气象设备仪器; 陈富浩 (1993-), 男, 汉族, 四川德阳人, 硕士研究生。主要研究方向: 嵌入式单片机、气象设备仪器; 丁振华 (1994-), 男, 汉族, 江苏泰州人, 硕士研究生。主要研究方向: FPGA、DSP、数字信号处理; 杨笔锋 (1980-), 男, 汉族, 福建漳州人, 副教授, 硕士。主要研究方向: 气象探测技术及应用、信号获取技术及应用。