

# 《嵌入式系统》

## （第六讲）

厦门大学信息学院软件工程系 曾文华

2023年10月10日

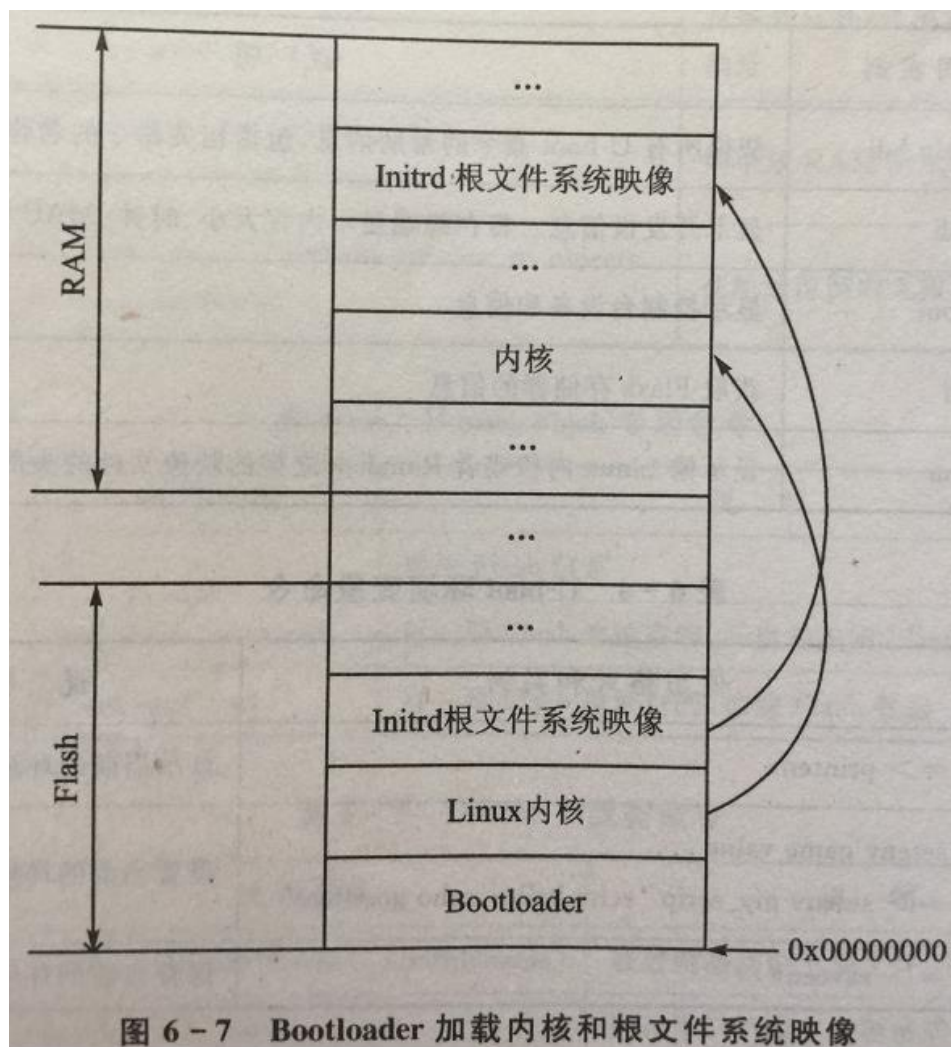
# 第6章 Boot Loader技术

- 6.1 Boot Loader基本概念
- 6.2 Boot Loader典型结构
- 6.3 U-Boot简介
- 6.4 vivi简介

# 6.1 Boot Loader基本概念

- **Boot Loader**（**引导程序**）是在操作系统内核运行之前运行的一段小程序，**Boot Loader**初始化硬件设备和建立内存空间的映射图，从而将系统的软硬件环境带到一个合适的状态，以便为最终调用操作系统内核准备好正确的环境。
- 嵌入式Linux系统启动后，先执行**Boot Loader**，进行硬件和内存的初始化工作，然后加载Linux内核和根文件系统，完成Linux系统的启动。

# Bootloader加载内核和根文件系统映像



U-Boot 2017.03

(Apr 18 2016 - 18:02:59)

实验箱的Bootloader

```
CPU:      Freescale i.MX6DL rev1.3 at 792 MHz
CPU:      Temperature 36 C, calibration data: 0x57e50a5f
Reset cause: POR
Board: MX6-SabreSD
I2C:      ready
DRAM:     1 GiB
MMC:      FSL_SDHC: 0, FSL_SDHC: 1, FSL_SDHC: 2
*** Warning - bad CRC, using default environment

mx6sabresd.c:Hannstar-XGA
No panel detected: default to Hannstar-XGA
Display: Hannstar-XGA (1024x768)
In:       serial
Out:      serial
Err:      serial
Found PFUZE100 deviceid=10,revid=21
mmc2(part 0) is current device
Net:      Phy not found
PHY reset timed out
FEC [PRIME]
Warning: failed to set MAC address
```

```
Normal Boot
Hit any key to stop autoboot: 0
mmc2(part 0) is current device
reading boot.scr
** Unable to read file boot.scr **
reading zImage
6669184 bytes read in 171 ms (37.2 MiB/s)
Booting from mmc ...
reading imx6dl-sabresd.dtb
44235 bytes read in 17 ms (2.5 MiB/s)
Kernel image @ 0x12000000 [ 0x000000 - 0x65c380 ]
## Flattened Device Tree blob at 18000000
   Booting using the fdt blob at 0x18000000
commandline=console=ttyMXC0,115200 root=/dev/mmcblk3p2 rootwait rw
   Using Device Tree in place at 18000000, end 1800dcca
switch to ldo_bypass mode!
```

Starting kernel ...

加载Linux内核

```
Booting Linux on physical CPU 0x0
Linux version 4.9.88-1.0.0_ga+g91cf351 (version 4.9.1
CPU: ARMv7 Processor [412fc09a] revision 10 (ARMv7), cl-10c33c7d
CPU: PIPT / VIPT nonaliasing data cache, VIPT aliasing instruction cache
Machine model: Freescale i.MX6 DualLite SABRE Smart Device Board
cma: CMA: reserved 320 MiB at 3c000000
```

实验箱Linux内核版本

```
Starting system message bus: dbus.  
Starting Dropbear SSH server: dropbear.  
Starting rpcbind daemon...done.  
starting statd: done  
Starting advanced power management daemon: No APM support in kernel  
(failed.)  
NFS daemon support not enabled in kernel  
Starting syslogd/klogd: done  
  * Starting Avahi mDNS/DNS-SD Daemon: avahi-daemon [ ok ]  
Starting Telephony daemon  
Starting Linux NFC daemon  
Starting OProfileUI server  
Running local boot scripts (/etc/rc.local).  
  
Poky (Yocto Project Reference Distro) 1.7 imx6dlsabresd /dev/ttymx0  
  
imx6dlsabresd login: root  
Password:
```

登录状态

- **6.1.1 Boot Loader所支持的硬件环境**

- **Boot Loader依赖于：**

- ① 嵌入式CPU（实验箱的IMX6处理器）。

- ② 嵌入式板级设备的配置（实验箱上的各种硬件）。



## • 6.1.2 Boot Loader的安装地址

– Boot Loader的安装地址（即ARM处理器的复位启动地址）：**0x00000000**

– 固态存储器（Flash存储器）的典型空间分配结构：

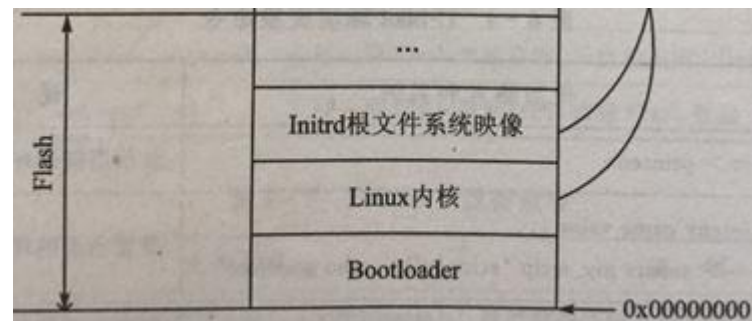
① Boot Loader

② 内核的启动参数（Boot parameters）

③ 内核映像

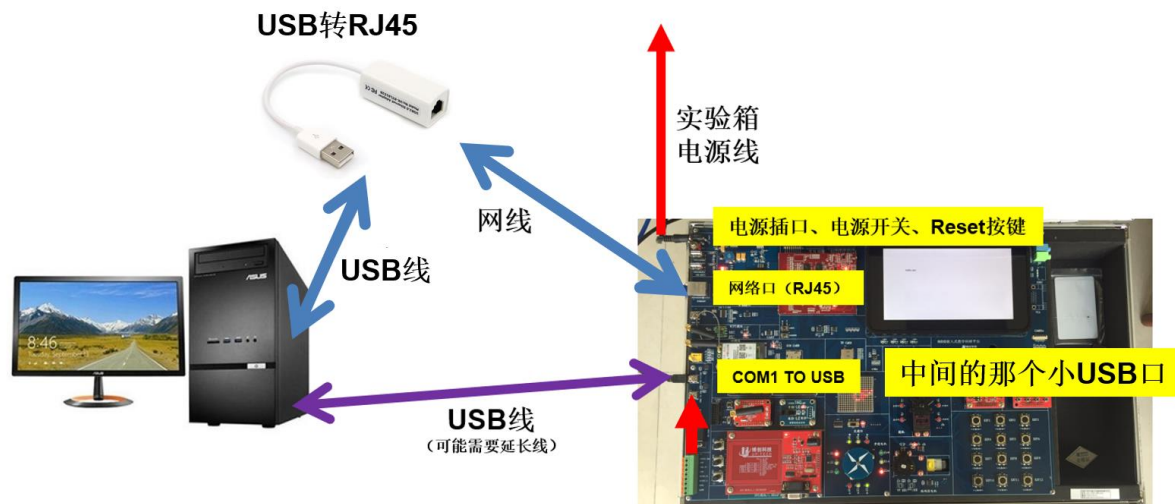
④ 根文件系统映像

Linux内核



## • 6.1.3 Boot Loader相关的设备和基址

- 主机（宿主机，Ubuntu）和目标机（目标板，实验箱）之间一般通过**串口（Xshell串口超级终端）**建立连接，**Boot Loader**软件在执行时通常会通过串口来进行输入、输出，比如：输出打印信息到串口，从串口读取用户控制字符等。
- **Boot Loader**的基址：**0x00000000**



- **6.1.4 Boot Loader的启动过程**

- 启动过程包括两个阶段：

- 阶段1

- 阶段2

- 阶段1完成初始化硬件，为阶段2准备内存空间，并将阶段2复制到内存中，设置堆栈，然后跳转到阶段2。

## • 6.1.5 Boot Loader的操作模式

### – Boot Loader的两种模式：

- **启动加载模式**：也称为自主模式，也即Boot Loader从目标机（实验箱）上的某个固态存储设备（通常为Flash存储器）上将操作系统加载到RAM（通常为SDRAM）中运行，整个过程并没有用户的介入。这种模式是Boot Loader的正常工作模式。
- **下载模式**：在这种模式下目标机（实验箱）上的Boot Loader将通过串口连接或网络连接等通信手段从主机（宿主机，Ubuntu）下载文件（内核映像、根文件系统映像），从主机下载的文件通常首先被Boot Loader保存到目标机的RAM（SDRAM）中，然后再被Boot Loader写（烧写）到目标机上的固态存储设备（Flash存储器）中。

# 启动加载模式

```
Starting system message bus: dbus.  
Starting Dropbear SSH server: dropbear.  
Starting rpcbind daemon...done.  
starting statd: done  
Starting advanced power management daemon: No APM support in kernel  
(failed.)  
NFS daemon support not enabled in kernel  
Starting syslogd/klogd: done  
  * Starting Avahi mDNS/DNS-SD Daemon: avahi-daemon           [ ok ]  
Starting Telephony daemon  
Starting Linux NFC daemon  
Starting OProfileUI server  
Running local boot scripts (/etc/rc.local).  
  
Poky (Yocto Project Reference Distro) 1.7 imx6dlsabresd /dev/ttymx0
```

```
imx6dlsabresd login: root  
Password:
```

登录状态（启动加载模式，正常工作模式）

# 下载模式

```
U-Boot 2017.03   (Apr 18 2016 - 18:02:59)

CPU:   Freescale i.MX6DL rev1.3 at 792 MHz
CPU:   Temperature 36 C, calibration data: 0x57e50a5f
Reset cause: POR
Board: MX6-SabreSD
I2C:   ready
DRAM:  1 GiB
MMC:   FSL_SDHC: 0, FSL_SDHC: 1, FSL_SDHC: 2
*** Warning - bad CRC, using default environment

mx6sabresd.c:Hannstar-XGA
No panel detected: default to Hannstar-XGA
Display: Hannstar-XGA (1024x768)
In:     serial
Out:    serial
Err:    serial
Found PFUZE100 deviceid=10,revid=21
mmc2(part 0) is current device
Net:    Phy not found
PHY reset timed out
FEC [PRIME]
Warning: failed to set MAC address

Normal Boot
Hit any key to stop autoboot: 0
=> █
```

下载模式：此时可以下载Ubuntu上的文件  
(如内核映像、根文件系统映像)

- 两种模式的**切换**：**Boot Loader**启动时处于正常的启动加载模式；如果此时用户按下任意键，则将**Boot Loader**切换到下载模式；如果用户没有按键，则**Boot Loader**继续启动**Linux**内核，进入启动加载模式。
- 实验箱的两种模式的**切换**：在打开实验箱电源（或者按下实验箱的**Reset**按钮）后，很快按下电脑的空格键，则会进入下载模式；否则进入启动加载模式；在下载模式下，执行“**reset**”命令，也会进入启动加载模式。

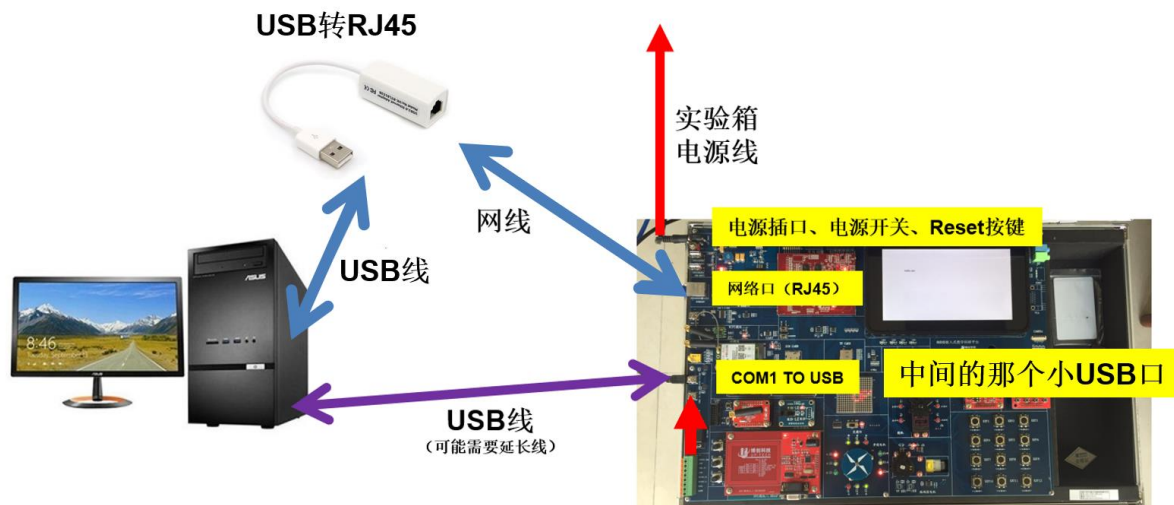
## – 常用的Boot Loader:

- ① **U-Boot**: 全称 Universal Boot Loader, 是由开源项目 PPCBoot发展起来的, ARMboot并入了PPCBoot, 和其他一些arch的Loader合称U-Boot。
- ② **vivi**: 是韩国mizi 公司开发的Boot Loader, 适用于ARM9处理器。vivi有两种工作模式: 启动加载模式和下载模式。启动加载模式可以在一段时间后(这个时间可更改)自行启动Linux内核, 这是vivi的默认模式。在下载模式下, vivi为用户提供一个命令行接口, 通过接口可以使用vivi提供的一些命令。
- ③ **Blob**: 全称Boot Loader Object, 是由Jan-Derk Bakker和Erik Mouw发布的, 是专门为StrongARM 构架下的LART设计的Boot Loader。



## • 6.1.6 Boot Loader与主机之间的通信设备及协议

- **串口**：目标机使用串口与主机相连，这时的传输协议通常是xmodem/ymodem/zmodem中的一种。
- **网口**：目标机使用网口与主机相连，用网络连接的方式传输文件，这时使用的协议多为**TFTP**（简单文件传输协议）。



## 6.2 Boot Loader典型结构

- **Boot Loader的阶段1**：主要包含依赖于CPU的体系结构硬件初始化的代码，通常都用汇编语言来实现。这个阶段的任务有（5个任务）：
  - ① 基本的硬件设备初始化（屏蔽所有的中断、关闭处理器内部指令/数据Cache等）
  - ② 为加载Boot Loader的阶段2准备RAM空间
  - ③ 复制Boot Loader的阶段2代码到RAM
  - ④ 设置堆栈
  - ⑤ 跳转到阶段2的c程序入口点
- **Boot Loader的阶段2**：通常用c语言完成，以便实现更复杂的功能，也使程序有更好的可读性和可移植性。这个阶段的任务有（5个任务）：
  - ① 初始化本阶段要使用到的硬件设备
  - ② 检测系统内存映射
  - ③ 将内核映像和根文件系统映像从Flash读到RAM
  - ④ 为内核设置启动参数
  - ⑤ 调用内核

## • 6.2.1 Boot Loader阶段1介绍（5个任务）

### – 任务1：基本的硬件设备初始化

- 屏蔽所有的中断（通过写CPU的中断屏蔽寄存器或状态寄存器（如CPSR）来完成）
- 设置CPU的速度和时钟频率
- RAM初始化
- 初始化LED（通过LED显示系统的状态是OK还是Error）

### – 任务2：为加载阶段2准备RAM（SDARM）空间

- 阶段2加载到RAM中，通常准备1MB的RAM空间，放在整个RAM的最顶端，并且要对这个1MB的空间进行测试

### – 任务3：复制阶段2的代码到RAM（SDRAM）

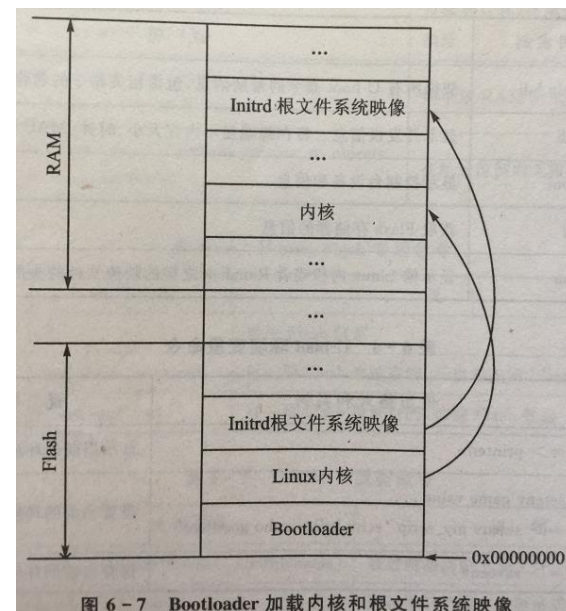
- 阶段2的映像Flash中的起始地址和终止地址
- RAM空间的起始地址

### – 任务4：设置堆栈指针

- $SP = stage2\_end - 4$

### – 任务5：跳转到阶段2的C程序入口点

- 通过修改PC的值来实现



## • 6.2.2 Boot Loader阶段2介绍（5个任务）

- 利用trampoline（弹簧床）的概念，即用汇编语言写一段 **trampoline小程序**，并将这段trampoline小程序来作为阶段2可执行映象的执行入口点；然后我们可以在trampoline汇编小程序中用CPU 跳转指令跳入 `main()` 函数中去执行，而当 `main()` 函数返回时，CPU 执行路径显然再次回到我们的 trampoline 程序。
- trampoline小程序：

<code>.text</code>	@代码段
<code>.globl _trampoline</code>	@声明全局
<code>_trampoline:</code>	
<code>bl main</code>	@跳转到main
<code>b _trampoline</code>	@跳转到_trampoline

## – 任务1：初始化本阶段要使用到的硬件设备

- 初始化至少一个串口，以便和终端用户进行 I/O 输出信息
- 初始化计时器等

## – 任务2：检测系统内存映射

- 所谓内存映射就是指在整个 4GB 物理地址空间中有哪些地址范围被分配用来寻址系统的 RAM 单元
- 虽然 CPU 通常预留出一大段足够的地址空间给系统 RAM，但是在搭建具体的嵌入式系统时却不一定会实现 CPU 预留的全部 RAM 地址空间，嵌入式系统往往只把 CPU 预留的全部 RAM 地址空间中的一部分映射到 RAM 单元上，而让剩下的那部分预留 RAM 地址空间处于未使用状态

- 内存映射的描述

- typedef struct memory\_area\_struct {  
    u32 start;  
    u32 size;  
    int used;  
} memory\_area\_t;

- 这段 RAM 地址空间中的连续地址范围可以处于两种状态之一：
      - » (1)used=1, 则说明这段连续的地址范围已被实现, 也即真正地被映射到 RAM 单元上。
      - » (2)used=0, 则说明这段连续的地址范围并未被系统所实现, 而是处于未使用状态。

- 基于上述 memory\_area\_t 数据结构, 整个 CPU 预留的 RAM 地址空间可以用一个 memory\_area\_t 类型的数组来表示, 如下所示:

- memory\_area\_t memory\_map[NUM\_MEM\_AREAS] = {  
    [0 ... (NUM\_MEM\_AREAS - 1)] = {  
        .start = 0,  
        .size = 0,  
        .used = 0  
    },  
};

## • 内存映射的检测

- 下面我们给出一个可用来检测整个 RAM 地址空间内存映射情况的简单而有效的算法：

```
for(i = 0; i < NUM_MEM_AREAS; i++)
    memory_map[i].used = 0;

for(addr = MEM_START; addr < MEM_END; addr += PAGE_SIZE)
    * (u32 *)addr = 0;
for(i = 0, addr = MEM_START; addr < MEM_END; addr += PAGE_SIZE) {

    调用3.1.2节中的算法test_mempage();
    if ( current memory page isnot a valid ram page) {

        if(memory_map[i].used )
            i++;
        continue;
    }

    if(* (u32 *)addr != 0) {

        if ( memory_map[i].used )
            i++;
        continue;
    }

    if (memory_map[i].used == 0) {
        memory_map[i].start = addr;
        memory_map[i].size = PAGE_SIZE;
        memory_map[i].used = 1;
    } else {
        memory_map[i].size += PAGE_SIZE;
    }
}
```

- 在用上述算法检测完系统的内存映射情况后，**Boot Loader** 也可以将内存映射的详细信息打印到串口。

## – 任务3：将内核映像和根文件系统映像从Flash读到RAM (SDRAM)

- 规划内存占用的布局

- 这里包括两个方面：

- » 内核映像所占用的内存范围：MEM\_START+0x8000开始、大约1MB大小的内存范围内（嵌入式Linux的内核一般都不超过1MB）
    - » 根文件系统所占用的内存范围：MEM\_START+0x0010,0000开始、大约1MB大小的内存范围内（如果用Ramdisk作为根文件系统映像，则其解压后的大小一般是1MB）

- 从Flash上拷贝

- 由于像ARM这样的嵌入式CPU通常都是在统一的内存地址空间中寻址Flash等固态存储设备的，因此从Flash上读取数据与从RAM单元中读取数据并没有什么不同。用一个简单的循环就可以完成从Flash设备上拷贝映像的工作：

```
while(count) {  
    *dest++ = *src++;  
    count -= 4;  
};
```



## – 任务4：为内核设置启动参数（**Boot parameters**）

- **Linux 2.4.x** 以后的内核都期望以标记列表（**tagged list**）的形式来传递启动参数，启动参数标记列表以标记 **ATAG\_CORE** 开始，以标记 **ATAG\_NONE** 结束
- 在嵌入式 **Linux** 系统中，通常需要由 **Boot Loader** 设置的常见启动参数有：**ATAG\_CORE**、**ATAG\_MEM**、**ATAG\_CMDLINE**、**ATAG\_RAMDISK**、**ATAG\_INITRD**、**ATAG\_NONE**

## – 任务5：调用内核

- **Boot Loader** 调用 **Linux** 内核的方法是直接跳转到内核的第一条指令处，也即直接跳转到 **MEM\_START+0x8000** 地址处
- 如果用 **C** 语言，可以像下列示例代码这样来调用内核：

```
void (*theKernel)(int zero, int arch, u32 params_addr) = (void (*)(int, int, u32))KERNEL_RAM_BASE;  
.....  
theKernel(0, ARCH_NUMBER, (u32) kernel_params_start);
```
- 注意，**theKernel()**函数调用应该永远不返回的，如果这个调用返回，则说明出错

## • 6.2.3 关于串口终端

- 经常会碰到**串口终端显示乱码**或**根本没有显示**的问题，造成这个问题主要有两种原因：
  - ① **Boot Loader** 对串口的初始化设置不正确。
  - ② 运行在 **host** 端（主机端，**PC**机）的终端仿真程序（**Xshell**程序）对串口的设置不正确，这包括：波特率、奇偶校验、数据位和停止位等方面的设置。
- 此外，有时也会碰到这样的问题，那就是：在 **Boot Loader** 的运行过程中我们可以正确地向串口终端输出信息，但当 **Boot Loader** 启动内核后却**无法看到内核的启动输出信息**。对这一问题的原因可以从以下几个方面来考虑：
  - ① 首先请确认你的内核在编译时配置了对串口终端的支持，并配置了正确的串口驱动程序。
  - ② 你的 **Boot Loader** 对串口的初始化设置可能会和内核对串口的初始化设置不一致。此外，对于诸如 **s3c44b0x** 这样的 **CPU**，**CPU** 时钟频率的设置也会影响串口，因此如果 **Boot Loader** 和内核对其 **CPU** 时钟频率的设置不一致，也会使串口终端无法正确显示信息。
  - ③ 最后，还要确认 **Boot Loader** 所用的内核基地址必须和内核映像编译时所用的运行基地址一致，尤其是对于 **uClinux** 而言。假设你的内核映像编译时用的基地址是 **0xc0008000**，但你的 **Boot Loader** 却将它加载到 **0xc0010000** 处去执行，那么内核映像当然不能正确地执行了。

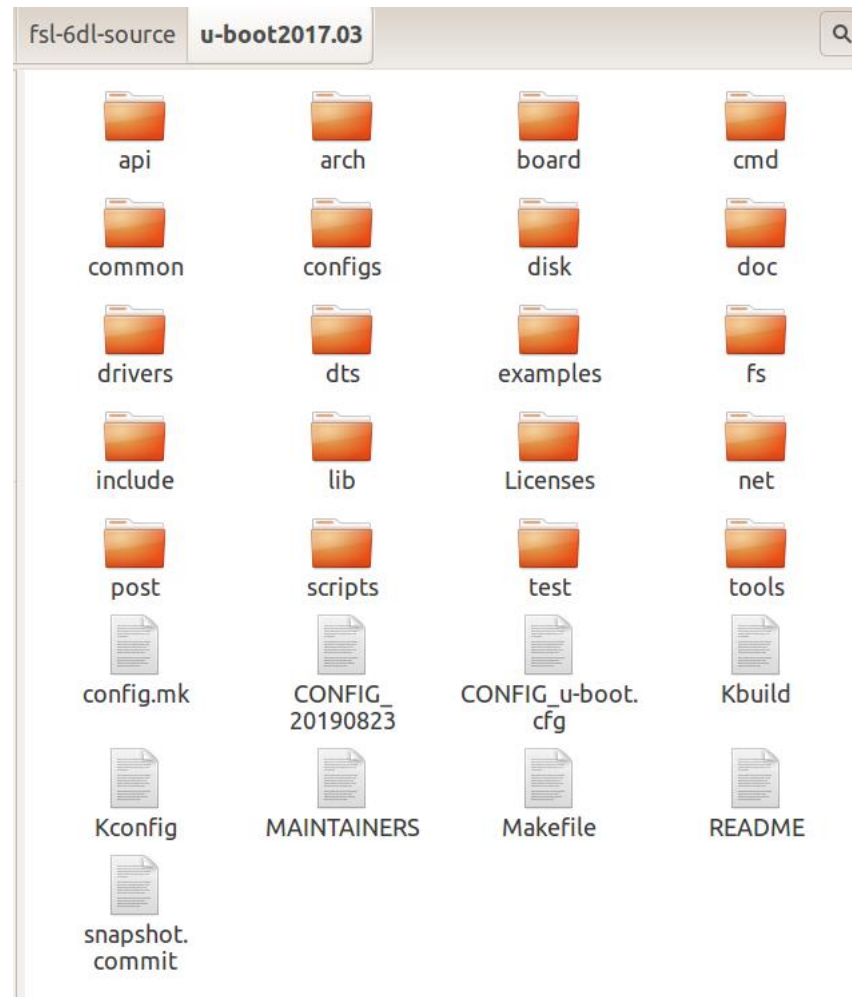
## 6.3 U-Boot简介

### • 6.3.1 认识U-Boot

- **U-Boot**，全称 **Universal Boot Loader**（通用的引导程序），是遵循 **GPL**条款的开放源码项目。U-Boot的作用是**系统引导**。U-Boot从 **FADSROM**、**8xxROM**、**PPCBOOT**逐步发展演化而来。其源码目录、编译形式与**Linux**内核很相似，事实上，不少**U-Boot**源码就是根据相应的**Linux**内核源程序进行简化而形成的，尤其是一些设备的驱动程序，这从**U-Boot**源码的注释中能体现这一点。
- <http://ftp.denx.de/pub/u-boot/>（下载地址）
- **u-boot-1.3.4.tar.bz2** 2008-08-12 16:23 7.4M（压缩文件：1.3.4版本）
- **u-boot-latest.tar.bz2** 2017-09-11 20:11 11M（压缩文件：最新版本）
- **u-boot-latest.tar.bz2.sig** 2017-09-11 20:12 543（签名验证文件：最新版本）

# u-boot2017.03

位于Ubuntu的/home/uptech/fsl-6dl-source/u-boot2017.03/文件夹中



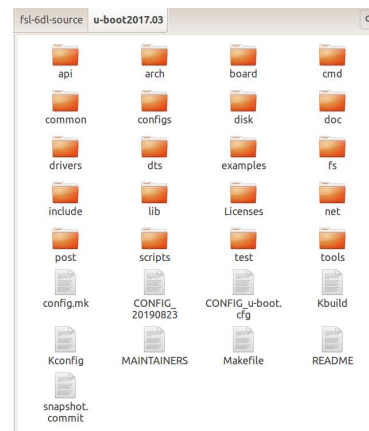
## • 6.3.2 U-Boot特点

- ① 开放源码
- ② 支持多种嵌入式操作系统内核，如Linux、NetBSD、VxWorks、QNX、RTEMS、ARTOS、LynxOS、Android
- ③ 支持多个处理器系列，如PowerPC、ARM、x86、MIPS
- ④ 较高的可靠性和稳定性
- ⑤ 高度灵活的功能设置，适合U-Boot调试、操作系统不同引导要求、产品发布等
- ⑥ 丰富的设备驱动源码，如串口、以太网、SDRAM、FLASH、LCD、NVRAM、EEPROM、RTC、键盘等
- ⑦ 较为丰富的开发调试文档与强大的网络技术支持

## • 6.3.3 U-Boot代码结构分析

### — u-boot2017.03的目标结构:

- ① **api**: 存放u-boot提供的接口函数
- ② **arch**: 与体系结构相关的代码
- ③ **board**: 根据不同开发板所定制的代码
- ④ **cmd**: 命令
- ⑤ **common**: 通用的代码, 涵盖各个方面, 已对命令行的处理为主
- ⑥ **configs**: 配置文件
- ⑦ **disk**: 磁盘分区相关代码
- ⑧ **doc**: 文档, **readme**
- ⑨ **drivers**: 驱动相关代码, 每种类型的设备驱动占用一个子目录
- ⑩ **dts**: 设备树文件
- ⑪ **examples**: 示例程序
- ⑫ **fs**: 文件系统, 支持嵌入式开发板常见的文件系统
- ⑬ **include**: 头文件, 以通用的头文件为主
- ⑭ **lib**: 通用库文件 (14个)
- ⑮ **Licenses**: 许可证
- ⑯ **net**: 网络相关的代码, 小型的协议栈
- ⑰ **post**: 上电自检程序
- ⑱ **scripts**: 脚本文件
- ⑲ **test**: 测试文件
- ⑳ **tools**: 辅助功能程序, 用于制作u-boot镜像等



– **ARM926 EJ-S系列处理器（ARM 9系列）的U-boot两阶段代码：**

- **第一阶段（用汇编语言编写）： start.S**
  - 位于/home/uptech/fsl-6dl-source/u-boot2017.03/arch/arm/cpu/arm926ejs/start.S
- **第二阶段（用C语言编写）： board.c**
  - 位于/home/uptech/fsl-6dl-source/u-boot20147.03/arch/arm/lib/board.c



# start.S

位于/home/uptech/fsl-6dl-source/u-boot2017.03/arch/arm/cpu/arm926ejs/start.S

```
/*
 * armboot - Startup Code for ARM926EJS CPU-core
 *
 * Copyright (c) 2003 Texas Instruments
 *
 * ----- Adapted for OMAP1610 OMAP730 from ARM925t code -----
 *
 * Copyright (c) 2001 Marius Gröger <mag@sysgo.de>
 * Copyright (c) 2002 Alex Züpke <azu@sysgo.de>
 * Copyright (c) 2002 Gary Jennejohn <garyj@denx.de>
 * Copyright (c) 2003 Richard Woodruff <r-woodruff2@ti.com>
 * Copyright (c) 2003 Kshitij <kshitij@ti.com>
 * Copyright (c) 2010 Albert Aribaud <albert.u.boot@aribaud.net>
 *
 * SPDX-License-Identifier: GPL-2.0+
 */
#include <asm-offsets.h>
#include <config.h>
#include <common.h>

/*
 * *****
 *
 * Startup Code (reset vector)
 *
 * do important init only if we don't start from memory!
 * setup Memory and board specific bits prior to relocation.
 * relocate armboot to ram
 * setup stack
 *
 * *****
 */
/*
 *
 * .globl reset
reset:
/*
 * set the cpu to SVC32 mode
 */
mrs    r0, cpsr
bic    r0, r0, #0x1f
orr    r0, r0, #0xd3
msr    cpsr, r0

/*
 * we do sys-critical inits only at reboot,
 * not when booting from ram!
 */
#ifndef CONFIG_SKIP_LOWLEVEL_INIT
    bl    cpu_init_crit
#endif

    bl    _main

/*-----*/

.globl c_runtime_cpu_setup
c_runtime_cpu_setup:
```

# board.c

/home/uptech/fsl-6dl-source/u-boot2014 /arch/arm/mach-meson/**board.c**

```
/*
 * (C) Copyright 2016 Beniamino Galvani <b.galvani@gmail.com>
 *
 * SPDX-License-Identifier: GPL-2.0+
 */

#include <common.h>
#include <libfdt.h>
#include <linux/err.h>
#include <asm/arch/gxbb.h>
#include <asm/arch/sm.h>
#include <asm/armv8/mmu.h>
#include <asm/unaligned.h>

DECLARE_GLOBAL_DATA_PTR;

int dram_init(void)
{
    const fdt64_t *val;
    int offset;
    int len;

    offset = fdt_path_offset(gd->fdt_blob, "/memory");
    if (offset < 0)
        return -EINVAL;

    val = fdt_getprop(gd->fdt_blob, offset, "reg", &len);
    if (len < sizeof(*val) * 2)
        return -EINVAL;

    /* Use unaligned access since cache is still disabled */
    gd->ram_size = get_unaligned_be64(&val[1]);

    return 0;
}

void dram_init_banksize(void)
{
    /* Reserve first 16 MiB of RAM for firmware */
    gd->bd->bi_dram[0].start = CONFIG_SYS_SDRAM_BASE + (16 * 1024 * 1024);
    gd->bd->bi_dram[0].size = gd->ram_size - (16 * 1024 * 1024);
}

void reset_cpu(ulong addr)
{
    psci_system_reset();
}

static struct mm_region gxbb_mem_map[] = {
    {
        .virt = 0x0UL,
        .phys = 0x0UL,
        .size = 0x80000000UL,
        .attrs = PTE_BLOCK_MENTYPE(MT_NORMAL) |
                 PTE_BLOCK_INNER_SHARE
    }, {
        .virt = 0x80000000UL,
        .phys = 0x80000000UL,
        .size = 0x80000000UL,
        .attrs = PTE_BLOCK_MENTYPE(MT_DEVICE_NGRRNE) |

```

## 6.4 vivi简介

- 6.4.1 认识vivi


- vivi是韩国mizi公司设计的一款主要针对S3C2410平台的Boot Loader，其特点是体积小，功能强大，运行效率高和使用方便。vivi代码虽然比较小巧，但麻雀虽小，五脏俱全，用来学习bootloader还是不错的。
- 代码在<http://download.csdn.net/detail/yu4700/4388601>可以下载到。

## • 6.4.2 vivi代码导读

### – vivi的代码目录包括：

- ① **arch** 存放一些平台相关的代码文件
- ② **CVS** 存放CVS工具相关的文件（**CVS: Concurrent Version System**，版本管理工具）
- ③ **Documentation** 存放一些使用vivi的帮助文档
- ④ **drivers** 存放vivi相关的驱动代码
- ⑤ **include** 存放所有vivi源码的头文件
- ⑥ **init** 存放vivi初始化代码
- ⑦ **lib** 存放vivi实现的库函数文件
- ⑧ **scripts** 存放vivi脚本配置文件
- ⑨ **test** 存放一些测试代码文件
- ⑩ **util** 存放一些NAND Flash烧写image相关的工具实现代码

- **Makefile** 用来告诉make怎样编译和连接成一个程序

 arm2410s exp bootloader **vivi**

名称	大小	类型	修改日期
▷ arch	8 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分31秒
▷ CVS	4 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分31秒
▷ Documentation	12 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分31秒
▷ drivers	5 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
▷ include	44 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
▷ init	4 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
▷ lib	19 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
▷ scripts	6 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
▷ test	15 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
▷ util	5 项	文件夹	2018年07月22日 星期日 10时09分32秒
 COPYING	17.6 KB	软件许可条款	2018年07月02日 星期一 11时08分58秒
 _desktop.ini	10 字节	纯文本文档	2018年07月02日 星期一 11时08分59秒
 Makefile	5.5 KB	Makefile	2018年07月02日 星期一 11时08分59秒
 Makefile.newSDK	5.4 KB	Makefile	2018年07月02日 星期一 11时08分59秒
 Rules.make	4.2 KB	纯文本文档	2018年07月02日 星期一 11时08分59秒
 up-netarm3000-2004-5-30	2.2 KB	纯文本文档	2018年07月02日 星期一 11时09分00秒

## – vivi的两阶段代码

- 第一阶段（用汇编语言编写）：**head.S**
  - `vivi/arch/s3c2410/head.S`
- 第二阶段（用C语言编写）：**main.c**
  - `vivi/init/main.c`

# head.S

位于vivi/arch/s3c2410/head.S

head.S

```
@
@ Start VIVI head
@
Reset:
    @ disable watch dog timer
    mov     r1, #0x53000000
    mov     r2, #0x0
    str     r2, [r1]

#ifdef CONFIG_S3C2410_MPORT3
    mov     r1, #0x56000000
    mov     r2, #0x00000005
    str     r2, [r1, #0x70]
    mov     r2, #0x00000001
    str     r2, [r1, #0x78]
    mov     r2, #0x00000001
    str     r2, [r1, #0x74]
#endif

    @ disable all interrupts
    mov     r1, #INT_CTL_BASE
    mov     r2, #0xffffffff
    str     r2, [r1, #0INTMSK]
    ldr     r2, =0x7ff
    str     r2, [r1, #0INTSUBMSK]

    @ initialise system clocks
    mov     r1, #CLK_CTL_BASE
    mvn     r2, #0xff000000
    str     r2, [r1, #0LOCKTIME]
```

# main.c

位于vivi/init/main.c

```
#include "machine.h"
#include "mmu.h"
#include "heap.h"
#include "serial.h"
#include "printk.h"
#include "command.h"
#include "priv_data.h"
#include "getcmd.h"
#include "vivi_string.h"
#include "mtd/mtd.h"
#include "processor.h"
#include <reset_handle.h>
#include <types.h>

extern char *vivi_banner;

void
vivi_shell(void)
{
#ifdef CONFIG_SERIAL_TERM
    serial_term();
#else
#error there is no terminal.
#endif
}

void run_autoboot(void)
{
    while (1) {
        exec_string("boot");
        printk("Failed 'boot' command. reentering vivi shell\n");
        /* if default boot fails, drop into the shell */
    }
}
```



# 小结

- **Boot Loader的工作机制:**

- 两个阶段:

- 阶段1（汇编语言编写）
    - 阶段2（C语言编写）

- 两种模式:

- 下载模式（=>），此时可以从Ubuntu下载内核、根文件系统等
    - 启动加载模式（imx6dlsabresd login:），此时进入登录状态

```
Normal Boot
Hit any key to stop autoboot:  0
=> █
```

```
imx6dlsabresd login: █
```

- **两种常用的Boot Loader:**

- **U-Boot**

- **vivi**

# 进一步探索

- 阅读**U-Boot**和**vivi**的源代码，分析具体函数的机制和功能。
- 试着修改某个**Boot Loader**，并进行移植。

**Thanks**