

# U-Boot next-dev开发指南

发布版本：1.12

作者邮箱： Joseph Chen [chenjh@rock-chips.com](mailto:chenjh@rock-chips.com) Kever Yang [kever.yang@rock-chips.com](mailto:kever.yang@rock-chips.com) Jon Lin [jon.lin@rock-chips.com](mailto:jon.lin@rock-chips.com) Chen Liang [cl@rock-chips.com](mailto:cl@rock-chips.com)

日期：2018.08

文件密级：公开资料

## 前言

### 概述

本文主要指导读者如何在U-Boot next-dev分支进行项目开发。

### 读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

技术支持工程师

软件开发工程师

### 各芯片feature支持状态

芯片名称	Distro Boot	RKIMG Boot	SPL/TPL	Trust(SPL)	AVB
RV1108	Y	N	Y	N	N
RK3036	Y	N	N	N	N
RK3126C	Y	Y	N	N	N
RK3128	Y	Y	N	N	N
RK3229	Y	N	Y	Y	Y
RK3288	Y	N	Y	N	N
RK3308	-	-	-	-	-
RK3326/PX30	Y	Y	N	N	Y
RK3328	Y	N	Y	Y	N
RK3368/PX5	Y	N	Y	Y	N
RK3399	Y	N	Y	Y	N

### 修订记录

日期	版本	作者	修改说明
2018-02-28	V1.00	陈健洪	初始版本
2018-06-22	V1.01	朱志展	fastboot说明，OPTEE Client说明
2018-07-23	V1.10	陈健洪	完善文档，更新和调整大部分章节
2018-07-26	V1.11	林鼎强	完善Nand、SFC SPI Flash存储驱动部分
2018-08-08	V1.12	陈亮	增加HW-ID使用说明

## U-Boot next-dev开发指南

1. U-Boot next-dev简介
2. 平台架构
  - 2.1 DM(Driver Model)
  - 2.2 SoC架构文件
  - 2.3 board架构文件
  - 2.4 defconfig文件
  - 2.5 dtb使用
  - 2.6 宏配置
  - 2.7 debug手段
    - 2.7.1 流程类
      - 2.7.1.1 debug函数
      - 2.7.1.2 Early Debug UART
      - 2.7.1.3 initcall
    - 2.7.2 读写类
      - 2.7.2.1 进入U-Boot命令行
      - 2.7.2.2 md/mw：内存/寄存器读写
      - 2.7.2.3 iomem：读寄存器
      - 2.7.2.4 i2c读写
    - 2.7.3 状态类
      - 2.7.3.1 printf 时间戳
      - 2.7.3.2 dm框架统计信息
      - 2.7.3.3 panic cpu信息
      - 2.7.3.4 panic 寄存器信息
      - 2.7.3.5 hang信息（relocate之后）
      - 2.7.3.6 固件crc校验
      - 2.7.3.7 开机log
      - 2.7.3.8 分区表信息
    - 2.7.4 烧写类
      - 2.7.4.1 maskrom/loader烧写模式
3. 平台编译
  - 3.1 前期准备
    - 3.1.1 rkbin 仓库
    - 3.1.2 gcc工具链
    - 3.1.3 U-Boot分支
  - 3.2 编译配置
    - 3.2.1 gcc工具链路径指定
    - 3.2.2 menuconfig支持

- 3.2.3 固件编译
  - 3.2.4 固件生成
  - 3.2.5 pack辅助命令
  - 3.2.6 debug辅助命令
  - 3.2.7 编译报错处理
  - 3.2.8 烧写和工具
    - 3.2.8.1 工具
    - 3.2.8.2 loader烧写模式
    - 3.2.8.3 命令行进入烧写模式
  - 3.2.9 分区表
- 4. cache机制
  - 4.1 dcache和icache的开关
  - 4.2 dcache 模式
  - 4.3 icache/dcache操作的常用接口
- 5. 驱动支持
  - 5.1 中断驱动
    - 5.1.1 框架支持
    - 5.1.2 相关接口
  - 5.2 CLOCK支持
  - 5.3 GPIO驱动
    - 5.3.1 框架支持
    - 5.3.2 相关接口
  - 5.4 Pinctrl
    - 5.4.1 框架支持
    - 5.4.2 相关接口
  - 5.5. I2C驱动
    - 5.5.1 框架支持
    - 5.5.2 相关接口
  - 5.6 显示驱动
    - 5.6.1 框架支持
    - 5.6.2 相关接口
    - 5.6.3 DTS配置
    - 5.6.4 defconfig配置
  - 5.7 PMIC/Regulator驱动
    - 5.7.1 框架支持
    - 5.7.2 相关接口
    - 5.7.3 初始化电压
    - 5.7.4 debug方法
  - 5.8 充电驱动
    - 5.8.1 框架支持
    - 5.8.2 充电图片打包
    - 5.8.3 DTS使能充电
    - 5.8.4 低功耗休眠
    - 5.8.5 更换充电图片
  - 5.9 存储驱动
    - 5.9.1 相关接口
    - 5.9.2 DTS配置
    - 5.9.3 defconfig配置
  - 5.10 串口支持
    - 5.10.1 Debug UART
    - 5.10.2 Early Debug UART
    - 5.10.3 关闭console打印
  - 5.11 按键支持

- 5.11.1 框架支持
    - 5.11.2 相关接口
  - 5.12 Vendor Storage
    - 5.12.1 原理概述
    - 5.12.2 框架支持
    - 5.12.3 相关接口
    - 5.12.4 自测程序
  - 5.13 OPTEE Client支持
- 6. USB download
  - 6.1 rockusb
  - 6.2 Fastboot
    - 6.2.1 fastboot支持命令速览
    - 6.2.2 fastboot具体使用
- 7. 固件加载
  - 7.1 分区表
    - 7.1.1 分区表文件
    - 7.1.2 分区表查看
  - 7.2 dtb文件
  - 7.3 boot/recovery分区
    - 7.3.1 AOSP格式（Android标准格式）
    - 7.3.2 RK格式
    - 7.3.3 优先级
  - 7.4 Kernel分区
  - 7.5 resource分区
  - 7.6 加载的固件
  - 7.7 固件启动流程
  - 7.8 HW-ID适配硬件版本
    - 7.8.1 HW-ID设计目的
    - 7.8.2 HW-ID设计原理
    - 7.8.3 硬件参考设计
      - ADC参考设计
      - GPIO参考设计
    - 7.8.4 软件配置
      - ADC作为HW\_ID的dtb文件命名规则
      - GPIO作为HW\_ID的dtb命令规则
    - 7.8.5 代码位置
    - 7.8.6 打包脚本
    - 7.8.7 确认当前的dtb
- 8. SPL和TPL
- 9. U-Boot和kernel DTB支持
  - 9.1 设计出发点
  - 9.2 关于live dt
  - 9.3 fdt代码转换为支持live dt的代码
  - 9.4 支持kernel dtb的实现
  - 9.5 关于U-Boot dts
- 10. U-Boot相关工具
  - 10.1 trust\_merger工具
    - 10.1.1 trust的打包和解包
    - 10.1.2 工具参数
  - 10.2 boot\_merger工具
    - 10.2.1 Loader的打包和解包
    - 10.2.2 工具参数
  - 10.3 resource\_tool工具

[10.4 loaderimage](#)  
[10.5 patman](#)  
[10.6 buildman工具](#)  
[10.7 mkimage工具](#)  
[11. rktest测试程序](#)  
[附录](#)  
[IRAM程序内存分布\(SPL/TPL\)](#)  
[U-Boot内存分布\(relocate后\)](#)  
[fastboot一些参考](#)  
[rkbin仓库下载](#)  
[gcc编译器下载](#)

---

## 1. U-Boot next-dev简介

---

next-dev是Rockchip从U-Boot官方的v2017.09正式版本中切出来进行开发的版本。目前在该平台上已经支持RK所有主流在售芯片。

目前支持的功能主要有：

- 支持RK Android平台的固件启动；
- 支持最新Android AOSP(如GVA)固件启动；
- 支持Linux Distro固件启动；
- 支持Rockchip miniloader和SPL/TPL两种pre-loader引导；
- 支持LVDS、EDP、MIPI、HDMI等显示设备；
- 支持Emmc、Nand Flash、SPI Nand flash、SPI NOR flash、SD卡、U盘等存储设备启动；
- 支持FAT、EXT2、EXT4文件系统；
- 支持GPT、RK parameter分区格式；
- 支持开机logo显示、充电动画显示，低电管理、电源管理；
- 支持I2C、PMIC、CHARGE、GUAGE、USB、GPIO、PWM、GMAC、EMMC、NAND、中断等驱动；
- 支持RockUSB 和 Google Fastboot两种USB gadget烧写EMMC；
- 支持Mass storage, ethernet, HID等USB设备；
- 支持使用kernel的dtb；
- 支持dtbo功能；

U-Boot的doc目录下提供了很丰富的README文档，它们向开发者介绍了U-Boot里各个功能模块的概念、设计理念、实现方法等，建议读者好好利用这些文档提高开发效率。

## 2. 平台架构

---

### 2.1 DM(Driver Model)

这是目前U-Boot的一套driver-device的标准开发模型，它和kernel的driver-device模式是非常类似的。U-Boot使用这套DM模型对各类设备进行规范化管理：驱动框架对应uclass，设备驱动对应driver，设备对应device。Rockchip提供的这套U-Boot也都遵循现有的标准驱动框架进行开发。

如下是README文档中的片段：

## Terminology

-----

Uclass - a group of devices which operate in the same way. A uclass provides a way of accessing individual devices within the group, but always using the same interface. For example a GPIO uclass provides operations for get/set value. An I2C uclass may have 10 I2C ports, 4 with one driver, and 6 with another.

Driver - some code which talks to a peripheral and presents a higher-level interface to it.

Device - an instance of a driver, tied to a particular port or peripheral.

建议读者先阅读U-Boot自带的相关文档，对DM模型有一定了解后方便对本文档后续的理解和U-Boot开发。

```
./doc/driver-model/README.txt
```

## 2.2 SoC架构文件

各SoC的架构级文件在如下各自的芯片目录里，主要都是芯片级别的初始化代码。一般情况下普通用户不需要、也不要轻易修改它们。

头文件：

```
./arch/arm/include/asm/arch-rockchip/qos_rk3288.h
./arch/arm/include/asm/arch-rockchip/grf_rk3188.h
./arch/arm/include/asm/arch-rockchip/pmu_rk3288.h
./arch/arm/include/asm/arch-rockchip/grf_rk3368.h
./arch/arm/include/asm/arch-rockchip/grf_rk322x.h
.....
```

驱动文件：

```
./arch/arm/mach-rockchip/rk3036/rk3036.c
./arch/arm/mach-rockchip/rk3066/sdram_rk3036.c
./arch/arm/mach-rockchip/rk3128/rk3128.c
./arch/arm/mach-rockchip/rk3188/rk3188.c
./arch/arm/mach-rockchip/rk322x/rk322x.c
.....
```

## 2.3 board架构文件

由于每个项目硬件上的设计不同，Upstream U-Boot的设计是每块板子一份board实体，所以会存在不同的board驱动文件，参考RK3288的板子可以明显看出这个结构。Rockchip为了简化板级支持，引入支持kernel dtb的feature，在U-Boot阶段共用eMMC dts和驱动，而在PMIC/regulator、Display、IOMUX等存在板级差异的模块直接使用kernel dtb，使U-Boot可以一颗芯片共用一个evb配置。

头文件：

```
./include/configs/rk3368_common.h
./include/configs/evb_rk3288_rk1608.h
./include/configs/tinker_rk3288.h
./include/configs/evb_rk3288.h
./include/configs/vyasa-rk3288.h
.....
```

**驱动文件：**

```
./board/rockchip/evb_px5/evb-px5.c
./board/rockchip/evb_rk3036/evb_rk3036.c
./board/rockchip/evb_rk3128/evb_rk3128.c
./board/rockchip/evb_rk3229/evb_rk3229.c
./board/rockchip/sheep_rk3368/sheep_rk3368.c
.....
```

**统一后的board文件：**

```
./arch/arm/mach-rockchip/board.c
```

有了这个统一的board.c文件后，目前大部分平台都可以走通用的板级初始化流程，我们在这个流程里使能了kernel dtb方便兼容板级差异。

**板级指导文档：**

```
./board/rockchip/evb_rv1108/README
./board/rockchip/sheep_rk3368/README
./board/rockchip/gva_rk3229/README
./board/rockchip/evb_rk3399/README
./board/rockchip/evb_rk3328/README
.....
```

这些文档可以有效指导开发者如何让自己的机器正常运行起来。

## 2.4 defconfig文件

每一款board都有相对应的defconfig文件：

```
./configs/evb-rk3328_defconfig
./configs/evb-rk3036_defconfig
./configs/evb-rk3229_defconfig
./configs/firefly-rk3288_defconfig
./configs/evb-rk3399_defconfig
.....
```

如果要新增一个defconfig文件，命名方面并没有特殊的格式要求，建议遵循现有大多数defconfig的命名方式：  
[board]-[chip]\_defconfig。

## 2.5 dtb使用

U-Boot的启动从时间先后来划分，可以分为两级启动阶段。

1. 第一级（relocate之前）：使用的是U-Boot自己的dtb。

一般第一阶段只需要加载emmc、nand、cru、grf、uart等模块，为了加快设备树的解析过程，dts里一般只去使能会用到的节点。需要特别注意：第一阶段要使能的节点除了指明 "status=okay" 之外，还必须增加 "u-boot,dm-pre-reloc;" 属性，否则解析设备树时该节点会被忽略。这部分一般都在平台相关的[chip]-u-boot.dtsi里定义，例如：

```
./arch/arm/dts/px30-u-boot.dtsi
./arch/arm/dts/rk3399-u-boot.dtsi
./arch/arm/dts/rk3128-u-boot.dtsi
.....
```

./arch/arm/dts/px30-u-boot.dtsi如下：

```
.....
&nandc0 {
    u-boot,dm-pre-reloc;
};

&emmc {
    u-boot,dm-pre-reloc;
};

&cru {
    u-boot,dm-pre-reloc;
};
.....
```

2. 第二级启动（relocate之后）：使用的是kernel的dtb。

一旦进入第二级阶段后，启动流程里会迅速切到kernel的dtb(取决于CONFIG\_USING\_KERNEL\_DTB是否使能)，后续更多的驱动初始化都是使用kernel的dtb信息。

一般而言，用户可能会涉及第二阶段的修改，第一阶比较少需要改动。关于kernel dtb的更详细内容，可以参考本文的 [9. U-Boot和kernel DTB支持](#)。

## 2.6 宏配置

目前的宏配置选项一般出现在如下几个地方（以rk3399为例，其余平台类同）

```
./include/configs/rockchip-common.h
./include/configs/evb_rk3399.h
./include/configs/rk3399_common.h
configs/rk3399_defconfig
arch/arm/mach-rockchip/Kconfig
```

如下对用户可能改动的重要宏配置做说明：

./include/configs/rockchip-common.h



```

.....
#define RKIMG_DET_BOOTDEV \                                // 动态探测当前设备的存储类型
    "rkimg_bootdev=" \
    "if mmc dev 1 && rkimgtest mmc 1; then " \
        "setenv devtype mmc; setenv devnum 1; echo Boot from SDcard;" \
    "elif mmc dev 0; then " \
        "setenv devtype mmc; setenv devnum 0;" \
    "elif rkndev dev 0; then " \
        "setenv devtype rkndev; setenv devnum 0;" \
    "elif rkspc dev 0; then " \
        "setenv devtype rkspc; setenv devnum 0;" \
    "fi; \0"

#define RKIMG_BOOTCOMMAND \                                // 启动kernel的命令
    "boot_android ${devtype} ${devnum};" \                // 启动AOSP标准格式的固件
    "bootrkp;" \                                           // 启动rockchip格式的固件
    "run distro_bootcmd;" \                                // 启动linux固件
.....

```

./include/configs/evb\_rk3399.h :

```

.....
#ifndef CONFIG_SPL_BUILD
#undef CONFIG_BOOTCOMMAND
#define CONFIG_BOOTCOMMAND RKIMG_BOOTCOMMAND            // 设置U-Boot的自启动命令为
RKIMG_BOOTCOMMAND
#endif
.....
#define ROCKCHIP_DEVICE_SETTINGS \                        // 使能显示模块
    "stdout=serial,vidconsole\0" \
    "stderr=serial,vidconsole\0"
.....

```

./include/configs/rk3399\_common.h :

```

.....
#ifndef CONFIG_SPL_BUILD
#define ENV_MEM_LAYOUT_SETTINGS \           // 固件的加载地址
    "scriptaddr=0x00500000\0" \
    "pxefile_addr_r=0x00600000\0" \
    "fdt_addr_r=0x01f00000\0" \
    "kernel_addr_r=0x02080000\0" \
    "ramdisk_addr_r=0x0a200000\0"

#include <config_distro_bootcmd.h>
#define CONFIG_EXTRA_ENV_SETTINGS \       // 把上述所有相关的环境变量在此汇合
    ENV_MEM_LAYOUT_SETTINGS \
    "partitions=" PARTS_DEFAULT \        // 默认的GPT分区表内容
    ROCKCHIP_DEVICE_SETTINGS \
    RKIMG_DET_BOOTDEV \
    BOOTENV                               // 启动linux的设备探测顺序
#endif

#define CONFIG_PREBOOT                    // 在CONFIG_BOOTCOMMAND之前被执行的预处理命令
.....

```

## 2.7 debug手段

目前U-Boot里debug的手段相比kernel是比较有限的，例如：不支持dump\_stack()等。这里介绍几个比较常用、重要的debug手段，方便用户在开发过程中对遇到的问题进行调试。

### 2.7.1 流程类

#### 2.7.1.1 debug函数

debug()函数默认定义为空函数，通过增加DEBUG宏定义就可以让debug()函数生效。打开这个调试信息之后用户可以很方便追踪整个U-Boot的启动过程。

一般各个平台有对应的common文件：./include/configs/rkxxx\_common.h文件，可以在里面增加定义：

```
#define DEBUG
```

#### 2.7.1.2 Early Debug UART

参考本文档[5.10.2 Early Debug UART](#)。

#### 2.7.1.3 initcall

U-Boot分成board\_f.c和board\_r.c两个阶段启动，分别对应init\_sequence\_f[]和init\_sequence\_r[]两个系统函数列表，如果想定位是在哪个系统函数里被调用、出现问题、死机等，可以把initcall\_run\_list()函数里的debug改为printf打印出调用顺序。上述涉及相关文件：

```

./common/board_f.c
./common/board_r.c
./lib/initcall.c

```

修改initcall\_run\_list()后的启动打印如下：

```

U-Boot 2017.09-01725-g03b8d3b-dirty (Jul 06 2018 - 10:08:27 +0800)

initcall: 0000000000214388
initcall: 0000000000214724
Model: Rockchip RK3399 Evaluation Board
initcall: 0000000000214300
DRAM:  initcall: 0000000000203f68
initcall: 0000000000214410
initcall: 00000000002140dc
....
initcall: 00000000002143a8
initcall: 00000000002143cc
3.8 GiB
initcall: 00000000002143b8
initcall: 00000000002141f8
initcall: 00000000002143c0
initcall: 000000000021423c
Relocation Offset is: f5c03000
initcall: 00000000f5e176bc
initcall: 00000000f5e174a8
initcall: 00000000002146a4 (relocated to 00000000f5e176a4)
initcall: 0000000000214668 (relocated to 00000000f5e17668)
initcall: 00000000002146c4 (relocated to 00000000f5e176c4)
initcall: 0000000000202900 (relocated to 00000000f5e05900)
....

```

有了如上信息之后，此时我们只需要进行反汇编或者打开符号表即可知道每个initcall的地址对应哪个函数，具体请参考本文的[3.2.6 debug辅助命令](#)。

## 2.7.2 读写类

### 2.7.2.1 进入U-Boot命令行

U-Boot的命令行模式提供了很多命令供用户调试问题使用。命令行下输入"?"即可列出所有支持的命令：

```

=> ?
?      - alias for 'help'
base   - print or set address offset
bdinfo - print Board Info structure
boot   - boot default, i.e., run 'bootcmd'
boot_android- Execute the Android Bootloader flow.
bootd   - boot default, i.e., run 'bootcmd'
bootefi - Boots an EFI payload from memory
bootelf - Boot from an ELF image in memory
.....

```

通常在默认情况下，U-Boot启动时不会自动进入串口的命令行模式，用户有2种方式进入（任选其一）：

1. 在对应的defconfig配置CONFIG\_BOOTDELAY=<seconds>，就可以让U-Boot进入命令行倒计时模式；
2. U-Boot开机阶段，长按ctrl + c 组合键直到强制进入命令行模式；

#### 2.7.2.2 md/mw：内存/寄存器读写

U-Boot提供的"md"、"mw"命令可以实现内存或寄存器的读写。如下：

```
// 读操作
md - memory display
Usage: md [.b, .w, .l, .q] address [# of objects]

// 写操作
mw - memory write (fill)
Usage: mw [.b, .w, .l, .q] address value [count]
```

其中：

```
.b 表示的数据长度是： 1 byte;
.w 表示的数据长度是： 2 byte;
.l 表示的数据长度是： 4 byte; (推荐)
.q 表示的数据长度是： 8 byte;
```

使用范例：

1. 读操作：显示0x76000000地址开始的连续0x10个数据单元，每个数据单元的长度是4byte。

```
=> md.l 0x76000000 0x10
76000000: ffffffff ffffffff ffffffff ffffffff .....
76000010: ffffffffdf ffffffff fefffffff ffffffff .....
76000020: ffffffff ffffffff ffffffff ffffffff .....
76000030: ffffffff ffffffff ffffffff ffffffff .....
```

2. 写操作：对0x76000000地址的数据单元赋值为0xffff0000；

```
=> mw.l 0x76000000 0xffff0000

=> md.l 0x76000000 0x10 // 回读
76000000: ffff0000 ffffffff ffffffff ffffffff .....
76000010: ffffffffdf ffffffff fefffffff ffffffff .....
76000020: ffffffff ffffffff ffffffff ffffffff .....
76000030: ffffffff ffffffff ffffffff ffffffff .....
```

3. 写操作（连续）：对0x76000000地址开始的连续0x10个数据单元都赋值为0xffff0000，每个数据单元的长度是4byte。

```
=> mw.l 0x76000000 0xffff0000 0x10

=> md.l 0x76000000 0x10 // 回读
76000000: ffff0000 ffff0000 ffff0000 ffff0000 .....
76000010: ffff0000 ffff0000 ffff0000 ffff0000 .....
76000020: ffff0000 ffff0000 ffff0000 ffff0000 .....
76000030: ffff0000 ffff0000 ffff0000 ffff0000 .....
```

### 2.7.2.3 iomem：读寄存器

命令行方式：

注意，这里介绍的方式只支持读取寄存器，不支持写操作。相比md命令需要手动指定寄存器地址，我们提供了一个iomem命令直接解析dts的device节点，获取基地址信息，用起来应该是更加省时方便的。iomem命令如下：

```
=> iomem
iomem - Show iomem data by device compatible

Usage:
iomem iomem <compatible> <start offset> <end offset>
eg: iomem -grf 0x0 0x200
```

这里的<compatible>内容支持**子字符串**进行匹配。以grf为例，不同平台的grf节点的compatible字段名字不同，例如：“rockchip,px30-grf”、“rockchip,rk3368-grf”等，为了通用性强，这个接口可以支持关键字匹配。但是仅匹配最先查找到的device节点。

使用范例：

```
=> iomem -grf 0x0 0x50
rockchip,rk3228-grf:
11000000: 00000000 00000000 00004000 00002000
11000010: 00000000 00005028 0000a5a5 0000aaaa
11000020: 00009955 00000000 00000000 00000000
11000030: 00000000 00000000 00000000 00000000
11000040: 00000000 00000000 00000000 00000000
11000050: 0000090f
```

**函数接口方式：**

上述是以命令的形式提供了读寄存器的接口。目前也提供了函数接口方便用户调试：

```
./arch/arm/mach-rockchip/iomem.c
./include/iomem.h
```

接口：

```
void iomem_show(const char *label, unsigned long base, size_t start, size_t end);
void iomem_show_by_compatible(const char *compat, size_t start, size_t end);
```

#### 2.7.2.4 i2c读写

U-Boot提供的“i2c”命令可以实现i2c设备的寄存器读写。如下：

```

=> i2c
i2c - I2C sub-system

Usage:
i2c bus [muxtype:muxaddr:muxchannel] - show I2C bus info
crc32 chip address[.0, .1, .2] count - compute CRC32 checksum
i2c dev [dev] - show or set current I2C bus
i2c edid chip - print EDID configuration information
i2c loop chip address[.0, .1, .2] [# of objects] - looping read of device
i2c md chip address[.0, .1, .2] [# of objects] - read from I2C device
i2c mm chip address[.0, .1, .2] - write to I2C device (auto-incrementing)
i2c mw chip address[.0, .1, .2] value [count] - write to I2C device (fill)
i2c nm chip address[.0, .1, .2] - write to I2C device (constant address)
i2c probe [address] - test for and show device(s) on the I2C bus
i2c read chip address[.0, .1, .2] length memaddress - read to memory
i2c write memaddress chip address[.0, .1, .2] length [-s] - write memory
                        to I2C; the -s option selects bulk write in a single transaction
i2c flags chip [flags] - set or get chip flags
i2c olen chip [offset_length] - set or get chip offset length
i2c reset - re-init the I2C Controller
i2c speed [speed] - show or set I2C bus speed

```

## 使用范例：

### 1. 读操作：

```

=> i2c dev 0 // 切到i2c0 (指定一次即可)
Setting bus to 0

=> i2c md 0x1b 0x2e 0x20 // i2c设备地址为1b(7位地址)，读取0x2e开始的连续0x20个寄存器值
002e: 11 0f 00 00 11 0f 00 00 01 00 00 00 09 00 00 0c .....
003e: 00 0a 0a 0c 0c 0c 00 07 07 0a 00 0c 0c 00 00 00 .....

```

### 2. 写操作：

```

=> i2c dev 0 // 切到i2c0 (指定一次即可)
Setting bus to 0

=> i2c mw 0x1b 0x2e 0x10 // i2c设备地址为1b(7位地址)，对0x2e寄存器赋值为0x10

=> i2c md 0x1b 0x2e 0x20 // 回读 (对比上述"1.读操作"的内容)
002e: 10 0f 00 00 11 0f 00 00 01 00 00 00 09 00 00 0c .....
003e: 00 0a 0a 0c 0c 0c 00 07 07 0a 00 0c 0c 00 00 00 .....

```

## 2.7.3 状态类

### 2.7.3.1 printf 时间戳

目前U-Boot也可以支持让printf打印的信息带有时间戳，这样便于开发者快速确认各个阶段的启动流程耗时（注意：本身串口打印也是需要耗时的）。启动该项功能，只需要打开宏：

```
CONFIG_BOOTSTAGE_PRINTF_TIMESTAMP
```

注意：这里的时间戳并不是从0开始，仅仅是把当前系统的timer时间读出来而已，所以仅适合计算时间差。

RK3399开机信息范例：

```
[ 0.259266] U-Boot 2017.09-01739-g856f373-dirty (Jul 10 2018 - 20:26:05 +0800)
[ 0.260596] Model: Rockchip RK3399 Evaluation Board
[ 0.261332] DRAM: 3.8 GiB
Relocation Offset is: f5bfd000
Using default environment

[ 0.354038] dwmmc@fe320000: 1, sdhci@fe330000: 0
[ 0.521125] Card did not respond to voltage select!
[ 0.521188] mmc_init: -95, time 9
[ 0.671451] switch to partitions #0, OK
[ 0.671500] mmc0(part 0) is current device
[ 0.675507] boot mode: None
[ 0.683738] DTB: rk-kernel.dtb
[ 0.706940] Using kernel dtb
.....
```

因为U-Boot阶段是单核，串口打印过多本身就会影响启动速度，加入时间戳之后更加会消耗时间。因此一般情况下，建议关闭该功能，仅在调试阶段打开。

### 2.7.3.2 dm框架统计信息

U-Boot提供的"dm"命令可以查看dm框架的统计信息。通过这些信息我们可以知道U-Boot里所有设备的管理情况（拓扑图），能让我们从更高的视角去审视当前的系统状态。这个功能一般对于搭建、调试、维护整个U-Boot基础平台的用户会比较有帮助。

dm信息主要是把"status=okay"的device-driver进行展示，从这个信息中我们可以知道：

- 某个device是否已经被dm框架解析且和对应的driver进行绑定；
- 某个驱动是否已经被probe过；
- 某个uclass到底挂载了多少个device；
- 各个device之间的parent-child关系；

```
=> dm
dm - Driver model low level access

Usage:
dm tree          Dump driver model tree ('*' = activated)
dm uclass        Dump list of instances for each uclass
dm devres        Dump list of device resources for each device
```

使用范例1：

=> dm tree

Class	Probed	Driver	Name
-----			
root	[ + ]	root_driver	root_driver
syscon	[ ]	rk322x_syscon	-- syscon@11000000
serial	[ + ]	ns16550_serial	-- serial@11030000
clk	[ + ]	clk_rk322x	-- clock-controller@110e0000
sysreset	[ ]	rockchip_sysreset	-- sysreset
reset	[ ]	rockchip_reset	`-- reset
mmc	[ + ]	rockchip_rk3288_dw_mshc	-- dwmmc@30020000
blk	[ + ]	mmc_blk	`-- dwmmc@30020000.blk
ram	[ ]	rockchip_rk322x_dmc	-- dmc@11200000
syscon	[ ]	rk322x_syscon	-- syscon@31090000
clk	[ + ]	fixed_rate_clock	-- oscillator
syscon	[ + ]	rk322x_syscon	-- syscon@11000000
phy	[ ]	rockchip_usb2phy	-- usb2-phy@760
phy	[ ]	rockchip_usb2phy_port	-- otg-port
phy	[ ]	rockchip_usb2phy_port	`-- host-port
phy	[ ]	rockchip_usb2phy	`-- usb2-phy@800
phy	[ ]	rockchip_usb2phy_port	-- otg-port
phy	[ ]	rockchip_usb2phy_port	`-- host-port
serial	[ + ]	ns16550_serial	-- serial@11020000
i2c	[ + ]	i2c_rockchip	-- i2c@11050000
.....			

使用范例2：



```

=> dm uclass

uclass 0: root
- * root_driver @ 7be54c88, seq 0, (req -1)

uclass 10: simple_bus
uclass 11: adc
- * saradc@ff100000 @ 7be56220, seq 0, (req -1)

uclass 13: blk
- dwmmc@ff0c0000.blk @ 7be54ea0
- * dwmmc@ff0f0000.blk @ 7be550e8, seq 0, (req -1)
- dwmmc@ff0d0000.blk @ 7be55da0

uclass 14: clk
- * oscillator @ 7be55b50, seq 0, (req -1)
- * clock-controller@ff760000 @ 7be7d058, seq 1, (req -1)
- * external-gmac-clock @ 7be80c58, seq 2, (req -1)
- * xin32k @ 7be814c8, seq 3, (req -1)

uclass 17: display
- * dp@ff970000 @ 7be7d2c8, seq 0, (req -1)

uclass 21: firmware
- psci @ 7be810a8

uclass 22: i2c
- * i2c@ff650000 @ 7be562c8, seq 0, (req 0)
- i2c@ff140000 @ 7be7c838, seq -1, (req 1)
- i2c@ff150000 @ 7be7c890, seq -1, (req 3)
- i2c@ff160000 @ 7be7c8e8, seq -1, (req 4)
- i2c@ff660000 @ 7be7c9b0, seq -1, (req 2)

uclass 24: i2c_generic
uclass 34: mmc
- * dwmmc@ff0c0000 @ 7be54d10, seq 1, (req 1)
- * dwmmc@ff0f0000 @ 7be54f78, seq 0, (req 0)
- dwmmc@ff0d0000 @ 7be55c30

uclass 39: panel
- * edp-panel @ 7be80bd0, seq 0, (req -1)

uclass 40: backlight
- * backlight @ 7be81178, seq 0, (req -1)

uclass 77: key
- rockchip-key @ 7be811f0
.....

```

### 2.7.3.3 panic cpu信息

当U-Boot发生异常产生panic的时候，系统会打印出panic时刻的CPU状态信息。通过这些信息我们可以知道当前CPU状态和异常原因。如下：

```

* Relocate offset = 000000003db55000
* ELR(PC)      = 000000000025bd78
* LR           = 000000000025def4
* SP           = 0000000039d4a6b0

* ESR_EL2      = 0000000040732550
                  EC[31:26] == 001100, Exception from an MCRR or MRRC access
                  IL[25] == 0, 16-bit instruction trapped

* DAIF         = 00000000000003c0
                  D[9] == 1, DBG masked
                  A[8] == 1, ABORT masked
                  I[7] == 1, IRQ masked
                  F[6] == 1, FIQ masked

* SPSR_EL2     = 0000000080000349
                  D[9] == 1, DBG masked
                  A[8] == 1, ABORT masked
                  I[7] == 0, IRQ not masked
                  F[6] == 1, FIQ masked
                  M[4] == 0, Exception taken from AArch64
                  M[3:0] == 1001, EL2h

* SCTLR_EL2    = 0000000030c51835
                  I[12] == 1, Icaches enabled
                  C[2] == 1, Dcache enabled
                  M[0] == 1, MMU enabled

* VBAR_EL2     = 000000003dd55800
* HCR_EL2      = 00000000800003a
* TTBR0_EL2    = 000000003fff0000

x0 : 00000000ff300000 x1 : 0000000054808028
x2 : 000000000000002f x3 : 00000000ff160000
x4 : 0000000039d7fe80 x5 : 000000003de24ab0
.....
x28: 0000000039d81ef0 x29: 0000000039d4a910

```

其中EC[31:26]说明了当前这次panic的原因，此外还提供了各种寄存器状态信息。其中比较关注的有：pc、lr、sp等。我们结合反汇编就可以快速定位错误的点，关于反汇编的方式请参考本文的[3.2.6 debug辅助命令](#)。

### 2.7.3.4 panic 寄存器信息

当U-Boot发生panic的时候，我们还可以让寄存器信息一起dump出来：目前默认提供cru，pmucru, grf，pmugrf。要使能这个功能，需要打开宏：

```
CONFIG_ROCKCHIP_CRASH_DUMP
```

打印信息是追加在cpu的panic信息之中，如下：

```

.....
* VBAR_EL2    =    000000003dd55800
* HCR_EL2     =    000000000800003a
* TTBR0_EL2   =    000000003fff0000

x0 : 00000000ff300000 x1 : 0000000054808028
x2 : 000000000000002f x3 : 00000000ff160000
.....

// 平台相关的寄存器dump :

rockchip,px30-cru:
ff2b0000: 0000304b 00001441 00000001 00000007
ff2b0010: 00007f00 00000000 00000000 00000000
ff2b0020: 00003053 00001441 00000001 00000007
.....

rockchip,px30-grf:
ff140000: 00002222 00002222 00002222 00001111
ff140010: 00000000 00000000 00002200 00000033
ff140020: 00000000 00000000 00000000 00000202
.....

```

如果想增加更多的打印，则需要修改代码。位置如下：

```

vim ./arch/arm/lib/interrupts_64.c

void show_regs(struct pt_regs *regs)
{
    .....
#ifdef CONFIG_ROCKCHIP_CRASH_DUMP
    iomem_show_by_compatible("-cru", 0, 0x400);
    iomem_show_by_compatible("-pmucru", 0, 0x400);
    iomem_show_by_compatible("-grf", 0, 0x400);
    iomem_show_by_compatible("-pmugrf", 0, 0x400);
    /* to be add here ... */
#endif
}

```

### 2.7.3.5 hang信息 (relocate之后)

有时候我们会碰到U-Boot启动时突然hang住不动，串口也毫无响应，并且没有任何有效打印输出的情况。以往在这种情况下，我们只能增加大量的log来追踪启动流程或者直接连JTAG进行定位。

现在如果遇到这种情况，用户可以打开CONFIG\_ROCKCHIP\_DEBUGGER。如果U-Boot启动后5s内还没有进入kernel，则串口每隔5s就会自动dump当前的CPU现场状态。这部分内容同上面提到的PANIC信息是一样的格式：

```
>>> Rockchip Debugger:
* Relocate offset = 000000003db55000
* ELR(PC)      = 00000000025bd78
* LR           = 00000000025def4
* SP           = 0000000039d4a6b0

* ESR_EL2      = 0000000040732550
                  <NULL>          // 因为只是hang住，CPU本身可能状态正常，所以EC[31:26]没有显示异常
原因。

                  IL[25] == 0, 16-bit instruction trapped

* DAIF         = 00000000000003c0
                  D[9] == 1, DBG masked
                  A[8] == 1, ABORT masked
                  I[7] == 1, IRQ masked
                  F[6] == 1, FIQ masked

* SPSR_EL2     = 0000000080000349
                  D[9] == 1, DBG masked
                  A[8] == 1, ABORT masked
                  I[7] == 0, IRQ not masked
```

一般情况下，建议默认把这个功能关闭，仅当出问题后再打开即可。

### 2.7.3.6 固件crc校验

固件在打包的时候在img头里有打包工具计算的固件CRC值，如果遇到问题怀疑是U-Boot加载到内存的固件有完整性问题，则可以打开CRC校验功能进行确认：

```
CONFIG_ROCKCHIP_CRC
```

打开后的U-Boot提示信息：

```
=Booting Rockchip format image=
kernel image CRC32 verify... okay.          // kernel 校验成功（如果失败则打印“fail！”）
boot image CRC32 verify... okay.           // boot 校验成功（如果失败则打印“fail！”）
kernel   @ 0x02080000 (0x01249808)
ramdisk  @ 0x0a200000 (0x001e6650)
## Flattened Device Tree blob at 01f00000
   Booting using the fdt blob at 0x1f00000
   'reserved-memory' secure-memory@20000000: addr=20000000 size=10000000
   Loading Ramdisk to 08019000, end 081ff650 ... OK
   Loading Device Tree to 0000000008003000, end 0000000008018c97 ... OK
Adding bank: start=0x00200000, size=0x08200000
Adding bank: start=0x0a200000, size=0xede00000

Starting kernel ...
```

打开CRC校验后U-Boot的启动时间会变长，所以一般仅在调试问题时才打开，默认配置不要打开。

### 2.7.3.7 开机log

目前各个平台的固件启动流程如下：

```
pre-loader => trust => U-Boot => kernel
```

### 情况1：

有时候我们会遇到跑完trust后没有任何U-Boot打印输出就卡死的情况，比较大的可能是打包固件或者烧写固件有问题。

此时可以注意trust打印信息中的"INFO: Entry point address = 0x200000"和"INF [0x0] TEE-CORE:init\_primary\_helper:379: Next entry point address: 0x60000000" 指明了U-Boot的运行地址，这个地址来自于固件的打包头信息，参考本文档[3.2.4 固件生成](#)。

一般情况下，U-Boot的启动地址：64位平台上是从SDRAM偏移2M地址处，32位平台上是从SDRAM偏移0地址处。

64位平台trust：

```
NOTICE: BL31: v1.3(debug):d98d16e
NOTICE: BL31: Built : 15:03:07, May 10 2018
NOTICE: BL31: Rockchip release version: v1.1
INFO: GICv3 with legacy support detected. ARM GICV3 driver initialized in EL3
INFO: Using opteed sec cpu_context!
INFO: boot cpu mask: 0
INFO: plat_rockchip_pmu_init(1151): pd status 3e
INFO: BL31: Initializing runtime services
INFO: BL31: Initializing BL32
INFO: BL31: Preparing for EL3 exit to normal world
INFO: Entry point address = 0x200000 // U-Boot地址
INFO: SPSR = 0x3c9
```

32位平台trust：

```
INF [0x0] TEE-CORE:init_primary_helper:378: Release version: 1.9
INF [0x0] TEE-CORE:init_primary_helper:379: Next entry point address: 0x60000000 // U-Boot地址
INF [0x0] TEE-CORE:init_tecore:83: teecore inits done
```

### 情况2：

通过U-Boot开机第一行打印信息回溯固件对应的代码仓库的提交点。如下可以看出这份固件对应的代码commit-id是b34f08b（前面的'g'忽略），可以达到精确回溯。

```
U-Boot 2017.09-01730-gb34f08b (Jul 06 2018 - 17:47:52 +0800)
```

相比上面的情况，如下的信息中出现了"dirty"，说明当时编译固件的时候本地还存在临时改动，而且没有通过git commit提交进仓库。这个固件编译点是不干净的，虽然同样可以确认是b34f08b提交点，但是因为当时还有本地临时代码，所以无法达到精确回溯。

```
U-Boot 2017.09-01730-gb34f08b-dirty (Jul 06 2018 - 17:35:04 +0800)
```

### 2.7.3.8 分区表信息

有时候可能会遇到开机时pre-loader（一级loader）加载固件报异常的情况，比较大的可能性是固件的地址烧写存在问题。例如：

```
SdmmcInit=0 1
StorageInit ok = 30370
tag:LOADER error,addr:0x2000
hdr 032c77e4 + 0x0:0x20534f54,0x20202020,0x00000000,0x00000000,
tag:LOADER error,addr:0x4000
hdr 032c77e4 +
0x0:0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,
tag:LOADER error,addr:0x2800
hdr 032c77e4 + 0x0:0x20534f54,0x20202020,0x00000000,0x00000000,
tag:LOADER error,addr:0x4800
.....
```

此时我们可能会想知道当前机器的分区表信息，包括各个分区的大小、地址等，我们可以通过命令行提供的"part"命令查看，具体请参考[7.1 分区表](#)。

## 2.7.4 烧写类

### 2.7.4.1 maskrom/loader烧写模式

在U-Boot开发调试阶段如果出现在U-Boot阶段就启动失败，进入命令行的情况。这时候的情况是：

1. 可能无法识别recovery按键进入loader烧写模式，这时可以通过命令行的方式进入loader烧写模式；
2. 可能无法识别recovery按键，也无法使用loader烧写模式。这时可以通过命令行的方式进入maskrom模式，（否则要硬件上短接相关引脚才行，比较麻烦）。

上述两种情况，如果通过命令进入烧写模式，请参考本文的[3.2.8 烧写和工具](#)。

## 3. 平台编译

### 3.1 前期准备

#### 3.1.1 rkbin 仓库

rkbin仓库主要存放了Rockchip不开源的bin文件（trust、loader等）、脚本、打包工具等，它只是一个“工具包”仓库。**bin文件会一直在不断更新，用户最好能及时同步相关内容，避免因为版本过旧引起问题。**

rkbin仓库需要和U-Boot工程**保持同级目录关系**，否则编译时会报找不到rkbin仓库。当在U-Boot工程执行编译的时候，编译脚本会从rkbin仓库里索引相关的bin文件和打包工具，最后在U-Boot根目录下生成trust.img、uboot.img、loader等相关固件。

下载方式见附录[rkbin仓库下载](#)。

#### 3.1.2 gcc工具链

默认使用的编译器是gcc-linaro-6.3.1版本，下载方式见附录[gcc编译器下载](#)。

```
32位编译器：gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_arm-linux-gnueabihf
64位编译器：gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-linux-gnu
```

### 3.1.3 U-Boot分支

确认U-Boot工程里的代码使用的是next-dev分支：

```
remotes/origin/next-dev
```

开发者可以从U-Boot根目录下的./Makefile里获知版本（v2017-09）：

```
SPDX-License-Identifier:      GPL-2.0+

VERSION = 2017
PATCHLEVEL = 09
SUBLEVEL =
EXTRAVERSION =
NAME =
```

## 3.2 编译配置

### 3.2.1 gcc工具链路径指定

默认使用Rockchip提供的工具包：prebuilts，请保证它和U-Boot工程[保持同级目录关系](#)，确保gcc-linaro-6.3.1版本的编译器放到如下路径：

```
../prebuilts/gcc/linux-x86/arm/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_arm-linux-gnueabihf/bin
../prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-linux-gnu/bin
```

如果需要更改编译器路径，可以修改编译脚本./make.sh里的内容：

```
# debug使用
ADDR2LINE_ARM32=arm-linux-gnueabihf-addr2line
ADDR2LINE_ARM64=aarch64-linux-gnu-addr2line

# debug使用
OBJ_ARM32=arm-linux-gnueabihf-objdump
OBJ_ARM64=aarch64-linux-gnu-objdump

# 编译使用
GCC_ARM32=arm-linux-gnueabihf-
GCC_ARM64=aarch64-linux-gnu-

TOOLCHAIN_ARM32=../prebuilts/gcc/linux-x86/arm/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_arm-linux-gnueabihf/bin
TOOLCHAIN_ARM64=../prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-linux-gnu/bin
```

### 3.2.2 menuconfig支持

U-Boot和kernel一样，已经支持Kbuild编译机制，开发者可以使用 make menuconfig对某块进行开启或者关闭；使用make savedefconfig来保存配置修改。

### 3.2.3 固件编译

帮助信息：

```
./make.sh --help
```

编译命令：

```
./make.sh [board]          ---- [board]的名字来源是：configs/[board]_defconfig文件。
```

#### 1. 首次编译

无论32位或64位平台，如果是第一次或者想重新指定defconfig进行编译，则必须指定[board]，这样才会生成新的.config。如下：

```
./make.sh rk3399           ---- build for rk3399_defconfig
./make.sh evb-rk3399       ---- build for evb-rk3399_defconfig
./make.sh firefly-rk3288   ---- build for firefly-rk3288_defconfig
```

编译完成后的提示：

```
.....
Platform RK3399 is build OK, with new .config(make evb-rk3399_defconfig)
```

#### 2. 二次编译

无论32位或64位平台，如果想使用已有的.config进行二次编译，则不需要指定[board]字段。如下：

```
./make.sh
```

编译完成后的提示：

```
.....
Platform RK3399 is build OK, with exist .config
```

### 3.2.4 固件生成

1. 编译完成后，最终打包生成的固件：trust、uboot、loader等，都在U-Boot根目录下：

```
./uboot.img
./trust.img
./rk3126_loader_v2.09.247.bin
```

2. 上述固件打包过程的提示信息如下，从打印可以知道打包用的原始二进制可执行文件的路径或者INI文件。

uboot.img打包提示：



```
load addr is 0x60000000! // U-Boot的运行地址会被追加在打包头信息里
pack input rockdev/rk3126/out/u-boot.bin
pack file size: 478737
crc = 0x840f163c
uboot version: v2017.12 Dec 11 2017
pack uboot.img success!
pack uboot okay! Input: rockdev/rk3126/out/u-boot.bin
```

loader打包提示：

```
out:rk3126_loader_v2.09.247.bin
fix opt:rk3126_loader_v2.09.247.bin
merge success(rk3126_loader_v2.09.247.bin)
pack loader okay! Input: /home/guest/project/rkbin/RKB00T/RK3126MINIALI.ini
```

trust.img打包提示：

```
load addr is 0x68400000! // trust的运行地址会被追加在打包头信息里
pack file size: 602104
crc = 0x9c178803
trustos version: Trust os
pack ./trust.img success!
trust.img with ta is ready
pack trust okay! Input: /home/guest/project/rkbin/RKTRUST/RK3126TOS.ini
```

注意：当执行make clean/mrproper/distclean的时候，Makefile会默认把编译阶段生成的中间文件都删除，其中包括bin文件。因为loader固件的格式是.bin，所以也会被同时删除。**用户需要注意：不要把重要的、不想被删除的.bin文件放在U-Boot的根目录下。**

### 3.2.5 pack辅助命令

命令格式：

```
./make.sh [loader|loader-all|uboot|trust]
```

如果用户不想每次生成固件的时候都编译整个U-Boot工程，则可以通过辅助命令对某个固件进行单独打包（用.config里获取芯片信息）。如下：

```
./make.sh trust      --- 只打包trust.img
./make.sh loader     --- 只打包loader bin
./make.sh loader-all --- 打包所有支持的loader bin
./make.sh uboot      --- 只打包uboot.img
```

**loader-all**：打包当前平台所有的loader

有些平台上会支持多种存储启动引导，因此会提供特殊的loader进行支持（比如支持spi nor flash...）。默认编译U-Boot时只会生成一个默认的loader（适用于大部分产品形态），不会打包生成这些特殊loader。如果需要的话，请使用"loader-all"命令：

例如rk3399平台执行完"loader-all"后生成：

```
./rk3399_loader_v1.12.112.bin      // 支持emmc、nand的默认loader，可满足大部分产品形态需求
./rk3399_loader_spinor_v1.12.114.bin // 支持spi nor flash的loader
```

### 3.2.6 debug辅助命令

命令格式：

```
./make.sh [elf|map|sym|addr]
```

为了开发时候调试方便，我们支持一些辅助命令快速打开一些调试文件（用.config里获取芯片信息）。如下：

```
./make.sh elf      --- 反汇编，默认使用-D参数
./make.sh elf-S    --- 反汇编，使用-S参数
./make.sh elf-d    --- 反汇编，使用-d参数
./make.sh map      --- 打开u-boot.map
./make.sh sym      --- 打开u-boot.sym
./make.sh <addr>   --- 需要addr对应的函数名和代码位置
```

**addr命令：**

通过add命令可以打印出地址对应的函数名和具体的代码位置：

```
guest@ubuntu:~/u-boot$ ./make.sh 000000000024fb1c

000000000024fb1c l      F .text 000000000000004c spi_child_pre_probe
/home/guest/u-boot/drivers/spi/spi-uclass.c:153
```

如果是无效地址，则不会有解析结果：

```
guest@ubuntu:~/u-boot$ ./make.sh 000000000024fb1c

?:0
```

**elf命令：**

它的格式可以是elf[option]。例如：“elf-d”、“elf-D”、“elf-S”等，[option]会被用来做为objdump的参数，如果省略[option]，即“elf”，则会默认使用“-D”作为参数。如果不清楚[option]有哪些参数可选，可以执行如下命令获取帮信息：

```
./make.sh elf-H      ----- 反汇编参数的help指导信息
```

### 3.2.7 编译报错处理

关于make clean/mrproper/distclean：

1. make clean:  
Delete most generated files Leave enough to build external modules
2. make mrproper:  
Delete the current configuration, and all generated files
3. make distclean:  
Remove editor backup files, patch leftover files and the like Directories & files removed with 'make clean

清除强度：distclean > mrproper > clean。

#### 报错1：

```
UPD      include/config/uboot.release
Using .. as source for U-Boot
.. is not clean, please run 'make mrproper'
in the '..' directory.
CHK      include/generated/version_autogenerated.h
UPD      include/generated/version_autogenerated.h
make[1]: *** [prepare3] Error 1
make[1]: *** Waiting for unfinished jobs....
HOSTLD   scripts/dtc/dtc
make[1]: Leaving directory `/home/guest/uboot-nextdev/u-boot/rockdev'
make: *** [sub-make] Error 2
```

如上的编译报错信息，一般是因为改变了编译输出的目录，导致新旧目录之间的中间文件让Makefile对编译依赖产生了不清晰的判断。只需要按照提示信息，执行make mrproper即可。

#### 报错2：

```
make[2]: *** [silentoldconfig] Error 1
make[1]: *** [silentoldconfig] Error 2
make: *** No rule to make target `include/config/auto.conf', needed by `include/
config/kernel.release'. Stop.
```

如上的编译报错信息，一般也是因为编译的工程环境不干净导致的。通过make mrproper或distclean可以解决。

## 3.2.8 烧写和工具

### 3.2.8.1 工具

Windows烧写工具版本必须是**v2.5版本或以上**(推荐使用最新的版本)；

### 3.2.8.2 loader烧写模式

开机阶段，在插着USB的情况下长按 "音量+" 即可进入loader烧写模式；

### 3.2.8.3 命令行进入烧写模式

在U-Boot命令行下：

1. 输入"rbrom"可以进入maskrom烧写模式；
2. 输入"rockusb 0 mmc 0"可以进入loader烧写模式（也可能是"rk NAND"，取决于当前存储类型）；

### 3.2.9 分区表

1. 目前U-Boot支持RK parameter分区表和GPT分区表；
2. 如果想从当前的分区表替换成另外一种分区表类型，则Nand机器必须整套固件重新烧写；EMMC机器可以支持单独替换分区表；
3. GPT和RK parameter分区表的具体格式请参考文档：《Rockchip-Parameter-File-Format-Version1.4.md》和本文的[7.1 分区表](#)。

## 4. cache机制

---

目前所有芯片的cache配置都采用U-Boot提供的标准接口。

### 4.1 dcache和icache的开关

- CONFIG\_SYS\_ICACHE\_OFF：如果定义，则关闭icache功能；否则打开。
- CONFIG\_SYS\_DCACHE\_OFF：如果定义，则关闭dcache功能；否则打开。

目前Rockchip都默认使能了icache和dcache功能。

### 4.2 dcache 模式

- CONFIG\_SYS\_ARM\_CACHE\_WRITETHROUGH: 如果定义，则配置为 dcache writethrough模式；
- CONFIG\_SYS\_ARM\_CACHE\_WRITEALLOC: 如果定义，则配置为 dcache writealloc模式；
- 如果上述两个宏都没有配置，则默认为dcache writeback 模式；

目前Rockchip都默认选择dcache writeback模式。

### 4.3 icache/dcache操作的常用接口

icache 的常用接口：

```
void icache_enable (void);
void icache_disable (void);
void invalidate_icache_all(void);
```

dcache 的常用接口：

```
void dcache_disable (void);
void enable_caches(void);
void flush_cache(unsigned long, unsigned long);
void flush_dcache_all(void);
void flush_dcache_range(unsigned long start, unsigned long stop);
void invalidate_dcache_range(unsigned long start, unsigned long stop);
void invalidate_dcache_all(void);
```

## 5. 驱动支持

---

U-Boot使用DM框架去管理所有的设备和驱动，它和kernel的device-driver模型非常类似。但是有一点需要注意的是，kernel在初始化时会使用initcall的机制自动把所有有效的driver进行probe，但是U-Boot里并没有这样的机制进行probe。U-Boot里想要probe某个驱动的话，必须由用户主动调用相应的框架接口进行发起，相关的接口如下：

```
int uclass_get(enum uclass_id id, struct uclass **ucp)

int uclass_find_device(enum uclass_id id, int index, struct udevice **devp)
int uclass_find_first_device(enum uclass_id id, struct udevice **devp)
int uclass_find_next_device(struct udevice **devp)
int uclass_find_device_by_name(enum uclass_id id, const char *name, struct udevice
**devp)
.....
```

本质上所有的扩展接口都是在其内部调用了uclass\_get()接口。

## 5.1 中断驱动

### 5.1.1 框架支持

中断功能方面，U-Boot框架默认没有给与足够的支持，因此我们自己实现了一套中断框架机制来支持中断管理功能（支持GICv2/v3）。

驱动代码：

```
./drivers/irq/irq-gpio-switch.c
./drivers/irq/irq-gpio.c
./drivers/irq/irq-generic.c
./drivers/irq/irq-gic.c
./include/irq-generic.h
```

### 5.1.2 相关接口

#### 1. 开关CPU本地中断

```
void enable_interrupts(void);
int    disable_interrupts(void);
```

#### 2. 申请IRQ

目前支持3种方式把gpio转换成对应的irq。

**法1：传入标准gpio框架的struct gpio\_desc结构体：**

```
int gpio_to_irq(struct gpio_desc *gpio);

*此方法可以动态解析dts里的配置信息，比较灵活，常用。
```

节点范例：

```

battery {
    compatible = "battery,rk817";
    .....
    dc_det_gpio = <&gpio2 7 GPIO_ACTIVE_LOW>;
    .....
};

```

代码范例：

```

struct gpio_desc *dc_det;
int ret, irq;

ret = gpio_request_by_name_nodev(dev_ofnode(dev), "dc_det_gpio", 0, dc_det,
GPIO_IS_IN);
if (!ret) {
    irq = gpio_to_irq(dc_det);
    irq_install_handler(irq, ...);
    irq_set_irq_type(irq, IRQ_TYPE_EDGE_FALLING);
    irq_handler_enable(irq);
}

```

法2：传入gpio phandle和pin

```

int phandle_gpio_to_irq(u32 gpio_phandle, u32 pin);           --参
考：./drivers/input/rk8xx_pwrkey.c

```

\*此方法可以动态解析dts里的配置信息，比较灵活，常用。

节点范例：如下是rk817的中断引脚GPIO0\_A7的信息：

```

rk817: pmic@20 {
    compatible = "rockchip,rk817";
    reg = <0x20>;
    .....
    interrupt-parent = <&gpio0>;           // "gpio0": phandle, 指向了gpio0节点；
    interrupts = <7 IRQ_TYPE_LEVEL_LOW>;   // "7": pin脚；
    .....
};

```

代码范例：

```

u32 interrupt[2], phandle;
int irq, ret;

phandle = dev_read_u32_default(dev->parent, "interrupt-parent", -1);
if (phandle < 0) {
    printf("failed get 'interrupt-parent', ret=%d\n", phandle);
    return phandle;
}

ret = dev_read_u32_array(dev->parent, "interrupts", interrupt, 2);
if (ret) {
    printf("failed get 'interrupt', ret=%d\n", ret);
    return ret;
}

irq = phandle_gpio_to_irq(phandle, interrupt[0]);
irq_install_handler(irq, pwrkey_irq_handler, dev);
irq_set_irq_type(irq, IRQ_TYPE_EDGE_FALLING);
irq_handler_enable(irq);

```

### 法3：强制指定GPIO引脚

```
int hard_gpio_to_irq(unsigned gpio);
```

\*此方法直接强制指定gpio的方法，传入的gpio必须通过Rockchip特殊的宏来声明才行。不够灵活，比较少用。

**代码范例：**如下是对GPIO0\_A0申请中断：

```

int gpio0_a0, irq;

gpio = RK_IRQ_GPIO(RK_GPIO0, RK_PA0);
irq = hard_gpio_to_irq(gpio0_a0);
irq_install_handler(irq, ...);
irq_handler_enable(irq);

```

### 3. 使能/注册/注销handler

```

void irq_install_handler(int irq, interrupt_handler_t *handler, void *data);
void irq_free_handler(int irq);
int irq_handler_enable(int irq);
int irq_handler_disable(int irq);
int irq_set_irq_type(int irq, unsigned int type);

```

## 5.2 CLOCK支持

驱动代码位于drivers/clock/rockchip目录，每颗芯片有一份独立的驱动。驱动probe时会调用rkclk\_init()函数对CPU和通用BUS进行初始化，其他模块的clock如eMMC，I2C等在各自的驱动初始化时调用clk\_get\_by\_index()或者clk\_get\_by\_name()获取clk句柄，然后调用clk\_set\_rate()进行设置。

U-Boot只提供了已使用设备的clock驱动, 没有提供整个SoC完整的clock驱动, 所以如果新增驱动需要先确认clock驱动中是否有相应接口.

[TODO] assigned-clocks CPU clock init

## 5.3 GPIO驱动

### 5.3.1 框架支持

GPIO走的是gpio-uclass的通用框架, 相关接口由uclass框架提供。框架里管理GPIO的核心结构体是

struct gpio\_desc。这个结构体必须依赖device而存在, 所以如果想要操作某个gpio, 则必须要有对应的device设备存在。

框架代码:

```
./include/asm-generic/gpio.h
./drivers/gpio/gpio-uclass.c
```

驱动代码:

```
./drivers/gpio/rk_gpio.c
```

### 5.3.2 相关接口

#### 1. gpio申请 (初始化struct gpio\_desc)

```
int gpio_request_by_name(struct udevice *dev, const char *list_name,
                        int index, struct gpio_desc *desc, int flags);
int gpio_request_by_name_nodev(ofnode node, const char *list_name, int index,
                              struct gpio_desc *desc, int flags);
int gpio_request_list_by_name(struct udevice *dev, const char *list_name,
                              struct gpio_desc *desc_list, int max_count, int flags);
int gpio_request_list_by_name_nodev(ofnode node, const char *list_name,
                                    struct gpio_desc *desc_list, int max_count, int
flags);
int dm_gpio_free(struct udevice *dev, struct gpio_desc *desc)
```

上述的申请接口: 目的都是为了从传入的device里获取对应的gpio (即初始化struct gpio\_desc结构体)。

#### 2. gpio input/out

```
int dm_gpio_set_dir_flags(struct gpio_desc *desc, ulong flags);
```

其中flags: GPIOD\_IS\_OUT: 输出模式; GPIOD\_IS\_IN: 输入模式;

#### 3. gpio set/get

```
int dm_gpio_get_value(const struct gpio_desc *desc)
int dm_gpio_set_value(const struct gpio_desc *desc, int value)
```



#### 关于返回值：

dm\_gpio\_get\_value()的返回值和dts里指定的电平属性（GPIO\_ACTIVE\_LOW/HIGH）有关系，并不表示当前的引脚电平值，而是表示是否触发了，其中1表示是触发了，0表示没有触发。例如：gpios = <&gpio 0 GPIO\_ACTIVE\_LOW>，如果此时引脚电平为低，则函数返回1；如果电平引脚为高，函数返回值为0。

#### 4. 代码范例

```
struct gpio_desc *gpio;
int value;

gpio_request_by_name(dev, "gpios", 0, gpio, GPIOD_IS_OUT); // 申请gpio
dm_gpio_set_value(gpio, enable); // 设置gpio输出电平
dm_gpio_set_dir_flags(gpio, GPIOD_IS_IN); // 设置gpio为输入
value = dm_gpio_get_value(gpio); // 读取gpio电平
```

## 5.4 Pinctrl

### 5.4.1 框架支持

pinctrl走的是pinctrl-class的通用框架，相关接口由uclass框架提供。使用方法同kernel类似，通过dts里的pinctrl节点指定。

#### 框架代码：

```
./drivers/pinctrl/pinctrl-uclass.c
./include/dm/pinctrl.h
```

#### 驱动代码：

```
./drivers/pinctrl/pinctrl-rockchip.c
```

### 5.4.2 相关接口

```
int pinctrl_select_state(struct udevice *dev, const char *statename) // 设置状态
int pinctrl_get_gpio_mux(struct udevice *dev, int banknum, int index) // 获取状态
```

一般情况下，用户很少会需要调用上述接口进行引脚功能的切换，通常都是在device进行probe时设置"default"状态即可满足使用，而这部分已经由系统框架在驱动probe时自动完成，用户不用关心。

## 5.5. I2C驱动

### 5.5.1 框架支持

I2C走的是i2c-uclass的通用框架，相关接口由uclass框架提供。i2c的相关接口都必须依赖device，因此类同内核的处理一样，需要在dts里把子设备挂接到i2c bus节点之下。i2c框架在初始化的时候会把这些device作为i2c slave纳入自己的管理中。

#### 框架代码：

```
./drivers/i2c/i2c-uclass.c
```

驱动代码：

```
./drivers/i2c/rk_i2c.c
```

## 5.5.2 相关接口

```
int dm_i2c_reg_read(struct udevice *dev, uint offset)
int dm_i2c_reg_write(struct udevice *dev, uint offset, unsigned int val);
```

## 5.6 显示驱动

### 5.6.1 框架支持

Rockchip U-Boot目前支持的显示接口包括RGB，LVDS，EDP，MIPI和HDMI，未来还会加入CVBS，DP等显示接口的支持。U-Boot显示的图片为保存在kernel根目录下的logo.bmp，和logo\_kernel.bmp一起打包进resource.img中，图片要求：

1. 8bit或者24bit BMP格式的图片；
2. logo.bmp和logo\_kernel.bmp的图片分辨率大小一致；
3. 对于rk312x/px30/rk3308这种基于vop lite结构的芯片，由于VOP不支持镜像，而24bit的BMP图片是按镜像存储，所以如果发现显示的图片做了y方向的镜像，请在PC端提前将图片做好y方向的镜像。

框架代码：

```
drivers/video/drm/rockchip_display.c
drivers/video/drm/rockchip_display.h
```

驱动文件：

```

vop:
    drivers/video/drm/rockchip_crtc.c
    drivers/video/drm/rockchip_crtc.h
    drivers/video/drm/rockchip_vop.c
    drivers/video/drm/rockchip_vop.h
    drivers/video/drm/rockchip_vop_reg.c
    drivers/video/drm/rockchip_vop_reg.h

rgb:
    drivers/video/drm/rockchip_rgb.c
    drivers/video/drm/rockchip_rgb.h

lvds:
    drivers/video/drm/rockchip_lvds.c
    drivers/video/drm/rockchip_lvds.h

mipi:
    drivers/video/drm/rockchip_mipi_dsi.c
    drivers/video/drm/rockchip_mipi_dsi.h
    drivers/video/drm/rockchip-inno-mipi-dphy.c

edp:
    drivers/video/drm/rockchip_analogix_dp.c
    drivers/video/drm/rockchip_analogix_dp.h
    drivers/video/drm/rockchip_analogix_dp_reg.c
    drivers/video/drm/rockchip_analogix_dp_reg.h

hdmi:
    drivers/video/drm/dw_hdmi.c
    drivers/video/drm/dw_hdmi.h
    drivers/video/drm/rockchip_dw_hdmi.c
    drivers/video/drm/rockchip_dw_hdmi.h

panel:
    drivers/video/drm/rockchip_panel.c
    drivers/video/drm/rockchip_panel.h

```

## 5.6.2 相关接口

1. 显示U-Boot logo和kernel logo :

```
void rockchip_show_logo(void);
```

2. 显示指定的bmp图片，目前主要用于充电logo的显示：

```
void rockchip_show_bmp(const char *bmp);
```

3. 将U-Boot中确定的一些变量通过dtb文件传递给内核，包括kernel logo的大小、地址和格式，crtc输出扫描时序以及过扫描的配置，未来还会加入BCSH等相关变量配置。

```
rockchip_display_fixup(void *blob);
```

### 5.6.3 DTS配置

```
reserved-memory {
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;
    ranges;

    drm_logo: drm-logo@000000000 {
        compatible = "rockchip,drm-logo";
        reg = <0x0 0x0 0x0 0x0>; //预留buffer用于kernel logo的存放，具体地址和大小在U-
Boot中会修改
    };
};

&route-edp {
    status = "okay"; // 使能U-Boot logo显示功能
    logo,uboot = "logo.bmp"; // 指定U-Boot logo显示的图片
    logo,kernel = "logo_kernel.bmp"; // 指定kernel logo显示的图片
    logo,mode = "center"; // center:居中显示,fullscreen:全屏显示
    charge_logo,mode = "center"; // center:居中显示,fullscreen:全屏显示
    connect = <&vopb_out_edp>; // 确定显示通路,vopb->edp->panel
};

&edp {
    status = "okay"; //使能edp
};

&vopb {
    status = "okay"; //使能vopb
};

&panel {
    "simple-panel";
    ...
    status = "okay";

    disp_timings: display-timings {
        native-mode = <&timing0>;
        timing0: timing0 {
            ...
        };
    };
};
```

### 5.6.4 defconfig配置

目前除了RK3308之外的其他平台U-Boot中defconfig已经默认支持显示，只要在dts中将显示相关的信息配置好即可。RK3308考虑到启动速度等一些原因默认不支持显示，需要在defconfig中加入如下修改：

```

--- a/configs/evb-rk3308_defconfig
+++ b/configs/evb-rk3308_defconfig
@@ -4,7 +4,6 @@ CONFIG_SYS_MALLOC_F_LEN=0x2000
CONFIG_ROCKCHIP_RK3308=y
CONFIG_ROCKCHIP_SPL_RESERVE_IRAM=0x0
CONFIG_RKIMG_BOOTLOADER=y
-# CONFIG_USING_KERNEL_DTB is not set
CONFIG_TARGET_EVB_RK3308=y
CONFIG_DEFAULT_DEVICE_TREE="rk3308-evb"
CONFIG_DEBUG_UART=y
@@ -55,6 +54,11 @@ CONFIG_USB_GADGET_DOWNLOAD=y
CONFIG_G_DNL_MANUFACTURER="Rockchip"
CONFIG_G_DNL_VENDOR_NUM=0x2207
CONFIG_G_DNL_PRODUCT_NUM=0x330d
+CONFIG_DM_VIDEO=y
+CONFIG_DISPLAY=y
+CONFIG_DRM_ROCKCHIP=y
+CONFIG_DRM_ROCKCHIP_RGB=y
+CONFIG_LCD=y
CONFIG_USE_TINY_PRINTF=y
CONFIG_SPL_TINY_MEMSET=y
CONFIG_ERRNO_STR=y

```

### 关于upstream defconfig配置的说明：

upstream维护了一套rockchip U-Boot显示驱动，目前主要支持RK3288和RK3399两个平台，驱动代码在：

```
./drivers/video/rockchip/
```

如果要使用这套驱动可以打开配置CONFIG\_VIDEO\_ROCKCHIP同时关闭CONFIG\_DRM\_ROCKCHIP，和我们目前SDK使用的显示驱动对比，后者的优势有：

1. 支持的平台和显示接口更全面；
2. HDMI、DP等显示接口可以根据用户的设定输出指定分辨率，过扫描效果，显示效果调节效果等。
3. U-Boot logo可以平滑过渡到kernel logo直到系统起来；

## 5.7 PMIC/Regulator驱动

### 5.7.1 框架支持

PMIC/regulator驱动走的是标准pmic-uclass、regulator-uclass的通用框架。目前支持的PMIC：RK805/RK808/RK809/RK816/RK817/RK818。

框架代码：

```

./drivers/power/pmic/pmic-uclass.c
./drivers/power/regulator/regulator-uclass.c

```

驱动文件：

```
./drivers/power/pmic/rk8xx.c
./drivers/power/regulator/rk8xx.c
```

## 5.7.2 相关接口

### 1. 获取regulator

```
int regulator_get_by_platname(const char *platname, struct udevice **devp);
```

platname : dts中regulator节点里“regulator-name”指定的名字，例如：vdd\_arm、vdd\_logic等；

devp : 指向vdd\_arm、vdd\_logic对应的regulator device；

### 2. 开/关regulator

```
int regulator_get_enable(struct udevice *dev);
int regulator_set_enable(struct udevice *dev, bool enable);
int regulator_set_suspend_enable(struct udevice *dev, bool enable);
```

### 3. 设置regulator电压

```
int regulator_get_value(struct udevice *dev);
int regulator_set_value(struct udevice *dev, int uV);
int regulator_set_suspend_value(struct udevice *dev, int uV);
```

## 5.7.3 初始化电压

Buck1/2在使用时通常需要进行调压，因此regulator节点里设置的“regulator-min-microvolt”和“regulator-min-microvolt”一般不会相等，这样在初始化regulator的时候就只会用PMIC的默认上电电压，软件不会去设置电压。当需要制定初始化电压的时候，可以通过“regulator-init-microvolt”指定，一般在U-Boot阶段进行CPU提频时会用到。如下：

```
regulator-min-microvolt = <900000>
regulator-max-microvolt = <1500000>
regulator-init-microvolt = <1100000> // 初始化电压设置为1.1v
```

## 5.7.4 debug方法

### 方法1：regulator初始化阶段

系统各路regulator的初始化位置。如下：

```
./arch/arm/mach-rockchip/board.c
--> board_init
--> regulators_enable_boot_on(false);
```

把上述的“false”修改“true”即可打印出各路regulator的配置。如下：

DCDC_REG1@	vdd_center:	750000uV	<=>	1350000uV	, set	900000uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
DCDC_REG2@	vdd_cpu_l:	750000uV	<=>	1350000uV	, set	900000uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
DCDC_REG3@	vcc_ddr:	-61uV	<=>	-61uV	, set	712500uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling
DCDC_REG4@	vcc_lv8:	1800000uV	<=>	1800000uV	, set	1800000uV	, enabling	supsend	1800000uV	, enabling
LDO_REG1@	vcc1v8_dvp:	1800000uV	<=>	1800000uV	, set	1800000uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
LDO_REG2@	vcc3v0_tp:	3000000uV	<=>	3000000uV	, set	3000000uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
LDO_REG3@	vcc1v8_pmu:	1800000uV	<=>	1800000uV	, set	1800000uV	, enabling	supsend	1800000uV	, enabling
LDO_REG4@	vccio_sd:	1800000uV	<=>	3000000uV	, set	3000000uV	, enabling	supsend	3000000uV	, enabling
LDO_REG5@	vcca3v0_codec:	3000000uV	<=>	3000000uV	, set	3000000uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
LDO_REG6@	vcc_lv5:	1500000uV	<=>	1500000uV	, set	1500000uV	, enabling	supsend	1500000uV	, enabling
LDO_REG7@	vcca1v8_codec:	1800000uV	<=>	1800000uV	, set	1800000uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
LDO_REG8@	vcc_3v0:	3000000uV	<=>	3000000uV	, set	3000000uV	, enabling	supsend	3000000uV	, enabling
SWITCH_REG1@	vcc3v3_s3:	-61uV	<=>	-61uV	, set	-38uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
SWITCH_REG2@	vcc3v3_s0:	-61uV	<=>	-61uV	, set	-38uV	, enabling	supsend	-61uV	, disabled
vcc3v3-sys@	vcc3v3_sys:	3300000uV	<=>	3300000uV	, set	3300000uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling (ret: -38)
vcc5v0-host-regulator@	vcc5v0_host:	-61uV	<=>	-61uV	, set	-61uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling
vcc5v0-sys@	vcc5v0_sys:	5000000uV	<=>	5000000uV	, set	5000000uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling (ret: -38)
vcc-sd@	vcc_sd:	3300000uV	<=>	3300000uV	, set	3300000uV	, disabled	supsend	-61uV	, enabling
vcc-phy-regulator@	vcc_phy:	-61uV	<=>	-61uV	, set	-61uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling
vdd-log@	vdd_log:	800000uV	<=>	1400000uV	, set	-1uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling
vcc-lcd@	vcc_lcd:	3300000uV	<=>	3300000uV	, set	3300000uV	, enabling	supsend	-61uV	, enabling (ret: -38)

内容说明：

1. “-61”对应的是错误码，表示没有找到dts里对应的属性；

```
#define ENODATA          61          /* No data available */
```

2. " ( ret: -38 )"对应的错误码是，表示没有实现对应的回调接口；

```
#define ENOSYS          38          /* Invalid system call number */,
```

3. 如果对上述各参数的内部含义有疑问，可直接阅读对应的源代码。

```
static void regulator_show(struct udevice *dev, int ret)
```

## 方法2：regulator初始化完成后

U-Boot串口命令行下，使用"regulator"命令。驱动如下：

```
cmd/regulator.c
```

命令格式：

```
=> regulator
regulator - uclass operations

Usage:
regulator list                - list UCLASS regulator devices
regulator dev [regulator-name] - show/[set] operating regulator device
regulator info                - print constraints info
regulator status [-a]         - print operating status [for all]
regulator value [val] [-f]    - print/[set] voltage value [uV] (force)
regulator current [val]       - print/[set] current value [uA]
regulator mode [id]           - print/[set] operating mode id
regulator enable              - enable the regulator output
regulator disable             - disable the regulator output
```

## 法3：regulator初始化完成后（类同法2）

U-Boot串口命令行下使用"rktest regulator"命令，具体参考[11. rktest测试程序](#)。

## 5.8 充电驱动

### 5.8.1 框架支持

充电功能方面，U-Boot里默认没有给与足够支持，因此我们自己增加了一套处理的框架代码，包括电量计部分和充电动画部分。目前支持的电量计：RK809/RK816/RK817/RK818。

**电量计框架代码：**

```
./drivers/power/fuel_gauge/fuel_gauge_uclass.c
```

**电量计驱动：**

```
./drivers/power/fuel_gauge/fg_rk818.c
./drivers/power/fuel_gauge/fg_rk817.c    // rk809复用
./drivers/power/fuel_gauge/fg_rk816.c
.....
```

**充电框架代码：**

```
./drivers/power/charge-display-uclass.c
```

**充电动画驱动：**

```
./drivers/power/charge_animation.c
```

charge\_animation.c是真正具体实现充电流程的驱动，驱动里面会调用电量计上报的电量、适配器状态、检测按键、进入低功耗休眠等。逻辑流程：

```
charge-display-uclass.c
    -> charge_animation.c
        -> fuel_gauge_uclass.c
            -> fg_rk818.c/fg_rk817.c
```

### 5.8.2 充电图片打包

充电图片需要打包进resource.img才能被充电驱动读取并且显示。编译内核时默认不会打包充电图片，所以需要另外单独把这些图片打包进resource.img。

**打包命令：**

```
./pack_resource.sh <input resource.img>
```

这个命令默认会把./tools/images/目录里的图片作为充电图片打包进resource.img，新的resource.img会生成在U-Boot根目录下，烧写的时候请烧写这个新的resource.img。

**如下是打包时的提示信息：**



```
./pack_resource.sh /home/guest/3399/kernel/resource.img

Pack ./tools/images/ & /home/guest/3399/kernel/resource.img to resource.img ...
Unpacking old image(/home/guest/3399/kernel/resource.img):
rk-kernel.dtb logo.bmp logo_kernel.bmp
Pack to resource.img succeeded!
Packed resources:
rk-kernel.dtb battery_1.bmp battery_2.bmp battery_3.bmp battery_4.bmp battery_5.bmp
battery_fail.bmp logo.bmp logo_kernel.bmp battery_0.bmp

resource.img is packed ready
```

### 5.8.3 DTS使能充电

默认代码已经使能了该驱动，通过在dts里增加并且使能charge-animation节点即可使能充电动画的功能。

```
charge-animation {
    compatible = "rockchip,uboot-charge";
    status = "okay";

    rockchip,uboot-charge-on = <0>;           // 是否在U-Boot进行充电
    rockchip,android-charge-on = <1>;         // 是否在Android进行充电

    rockchip,uboot-exit-charge-level = <5>;    // U-Boot充电时，允许开机的最低电量
    rockchip,uboot-exit-charge-voltage = <3650>; // U-Boot充电时，允许开机的最低电压
    rockchip,screen-on-voltage = <3400>;       // U-Boot充电时，允许点亮屏幕的最低电压

    rockchip,uboot-low-power-voltage = <3350>; // U-Boot无条件强制进入充电模式的最低电压

    rockchip,system-suspend = <1>;             // 灭屏时进入trust进行低功耗待机
    rockchip,auto-off-screen-interval = <20>;   // 亮屏超时后自动灭屏，单位秒。(如果没有
这个属性，则默认15s)
    rockchip,auto-wakeup-interval = <10>;       // 休眠自动唤醒时间，单位秒。(如果值为0或
没有这个属性，则禁止休眠自动唤醒)
    rockchip,auto-wakeup-screen-invert = <1>;   // 休眠自动唤醒的时候，是否让屏幕产生亮/
灭效果
};
```

- 自动休眠唤醒功能的作用：

1. 考虑到有些电量计（比如adc）需要定时更新软件算法，否则会造成电量统计不准，因此不能让cpu一直处于休眠状态；
2. 方便进行休眠唤醒的压力测试；

### 5.8.4 低功耗休眠

进入充电流程后可通过短按power实现系统亮灭屏，灭屏时进入低功耗待机状态，再次按下按键可唤醒。非低电状态下，长按power可退出充电流程进行开机。

### 5.8.5 更换充电图片

1. 更换./tools/images/目录下的图片，图片采用8bit或24bit bmp格式。使用命令“ls | sort”确认图片排列顺序是低电量到高电量，在使用pack\_resource.sh脚本打包时，所有图片会按照这个顺序被打包进resource；
2. 修改./drivers/power/charge\_animation.c里的图片和电量关系信息：

```
/*
 * IF you want to use your own charge images, please:
 *
 * 1. Update the following 'image[]' to point to your own images;
 * 2. You must set the failed image as last one and soc = -1 !!!
 */
static const struct charge_image image[] = {
    { .name = "battery_0.bmp", .soc = 5, .period = 600 },
    { .name = "battery_1.bmp", .soc = 20, .period = 600 },
    { .name = "battery_2.bmp", .soc = 40, .period = 600 },
    { .name = "battery_3.bmp", .soc = 60, .period = 600 },
    { .name = "battery_4.bmp", .soc = 80, .period = 600 },
    { .name = "battery_5.bmp", .soc = 100, .period = 600 },
    { .name = "battery_fail.bmp", .soc = -1, .period = 1000 },
};
```

name：图片的名字；

soc：图片对应的电量；

period：图片刷新时间（单位：ms）；

**注意：**最后一张图片一定要是failed的图片，且“soc=-1”不可改变。

3. 执行pack\_resource.sh打包命令获取新的resource.img即可；

## 5.9 存储驱动

U-Boot的存储驱动走的是标准的存储通用框架，所有接口都对接到block层支持文件系统。目前支持的存储设备有：EMMC、Nand flash、SPI Nand flash、SPI Nor flash。

### 5.9.1 相关接口

获取blk描述符：

```
struct blk_desc *rockchip_get_bootdev(void)
```

读写接口：

```
unsigned long blk_dread(struct blk_desc *block_dev, lbaint_t start,
                        lbaint_t blkcnt, void *buffer)
unsigned long blk_dwrite(struct blk_desc *block_dev, lbaint_t start,
                        lbaint_t blkcnt, const void *buffer)
```

代码范例：

```

struct rockchip_image *img;

dev_desc = rockchip_get_bootdev();           // 获取blk描述符

img = memalign(ARCH_DMA_MINALIGN, RK_BLK_SIZE);
if (!img) {
    printf("out of memory\n");
    return -ENOMEM;
}
...
ret = blk_dread(dev_desc, 0x2000, 1, img);    // 读操作
if (ret != 1) {
    ret = -EIO;
    goto err;
}
...
ret = blk_write(dev_desc, 0x2000, 1, img);    // 写操作
if (ret != 1) {
    ret = -EIO;
    goto err;
}

```

## 5.9.2 DTS配置

```

&nandc {
    u-boot,dm-pre-reloc;
    status = "okay";
};

```

```

&sfc {
    u-boot,dm-pre-reloc;
    status = "okay";
};

```

注：nandc节点是与nand flash设备通信的控制器节点，sfc节点是与spi flash设备通信的控制器节点，如果只用nand flash设备或只用spi flash设备，可以只使能对应节点，而两个节点都使能也是兼容的。

## 5.9.3 defconfig配置

### rkndand

rkndand通常是指drivers/rkndand/目录下的存储驱动，其是针对大容量Nand flash设备所设计的存储驱动，通过Nandc host与Nand flash device通信，具体适用颗粒选型参考《RKNandFlashSupportList》，适用以下存储：

- SLC、MLC、TLC Nand flash

```
CONFIG_RKNAND=y
```

### rkflash

rkflash则是drivers/rkflash/目录下的存储驱动，其是针对选用小容量存储的设备所设计的存储驱动，其中Nand flash设备通过Nandc host与Nand flash device通信，SPI flash通过sfc host与SPI flash devices通信，适用的存储设备主要包括：

- 128MB和256MB的SLC Nand flash
- 部分SPI Nand flash
- 部分SPI Nor flash颗粒

具体适用颗粒选型参考《RK SpiNor and SLC Nand SupportList》。

```
CONFIG_RKFLASH=y
CONFIG_RKNANDC_NAND=y
CONFIG_RKSFC_NOR=y
CONFIG_RKSFC_NAND=y
```

注意：rk NAND/驱动与rkflash/驱动的ftl框架不兼容，所以两个框架无法同时配置使能Nand设备。

## 5.10 串口支持

### 5.10.1 Debug UART

U-Boot主要通过串口来打印启动过程中的log信息。在U-Boot中串口驱动有两种（目前Rockchip平台的串口对应的驱动为drivers/serial/ns16550.c）。

U-Boot正常启动的时候，在relocation之前，会在board\_f.c--->board\_init\_f[]函数列表中通过serial\_init()加载serial驱动。这是U-Boot中正式的debug console驱动，如果该驱动加载失败，U-Boot将停止启动。该驱动依赖dts中的chosen节点的stdout-path配置。

假如某块板子使用UART2作为debug console，波特率为1500000，则DTS需做如下配置：

```
chosen {
    stdout-path = "serial2:1500000n8";
};

或着：

chosen {
    stdout-path = &uart2;    // 波特率需要另外通过CONFIG_BAUDRATE=<baudrate>指定
};
```

需要注意的是，serial驱动在加载的时候需要依赖clk驱动，如果这时候clk驱动还没有正常加载，需要在对应uart的dts节点中加入clock-frequency属性：

```
&uart2 {
    clock-frequency = <24000000>;
};
```

### 5.10.2 Early Debug UART

上述这种debug console驱动在U-Boot启动的过程中加载的相对比较晚，如果在这之前就出现了异常，那依赖debug console就看不到具体的异常信息。针对这种情况，U-Boot提供了另外一种能更早进行debug打印的机制：Early Debug UART。

使能Early Debug UART：在defconfig文件中打开DEBUG\_UART，指定该UART寄存器的基地址、时钟：

```
CONFIG_DEBUG_UART=y
CONFIG_DEBUG_UART_BASE=0x10210000
CONFIG_DEBUG_UART_CLOCK=24000000
CONFIG_DEBUG_UART_SHIFT=2
CONFIG_DEBUG_UART_BOARD_INIT=y
```

在board文件中实现 `board_debug_uart_init()`，该函数一般负责设置iomux：

```
void board_debug_uart_init(void)
{
    static struct rk3308_grf * const grf = (void *)GRF_BASE;

    /* Enable early UART2 channel m1 on the rk3308 */
    rk_clrsetreg(&grf->gpio4d_iomux,
                GPIO4D3_MASK | GPIO4D2_MASK,
                GPIO4D2_UART2_RX_M1 << GPIO4D2_SHIFT |
                GPIO4D3_UART2_TX_M1 << GPIO4D3_SHIFT);
}
```

在尽可能早的地方调用 `debug_uart_init()`：

```
#define EARLY_UART
#if defined(EARLY_UART) && defined(CONFIG_DEBUG_UART)
    /*
     * Debug UART can be used from here if required:
     */
    * debug_uart_init();
    * printch('a');
    * printhex8(0x1234);
    * printascii("string");
    */
    debug_uart_init();
    printascii("U-Boot SPL board init");
#endif
```

在U-Boot/arch目录下搜索debug\_uart\_init可以看到很多使用范例。

### 5.10.3 关闭console打印

使能CONFIG\_SILENT\_CONSOLE即可关闭console打印（UART驱动还是会正常加载），仅仅保留一条提示信息。

```
.....
INFO:    Entry point address = 0x200000
INFO:    SPSR = 0x3c9

U-Boot: enable silent console                // 只有一条U-Boot提示信息，没有其余打印信息

[    0.000000] Booting Linux on physical CPU 0x0
[    0.000000] Initializing cgroup subsys cpuset
[    0.000000] Initializing cgroup subsys cpu
.....
```

## 5.11 按键支持

### 5.11.1 框架支持

按键功能方面，U-Boot框架默认没有给与足够的支持，因此我们自己实现了一套按键框架机制来支持按键管理。

**按键框架代码：**

```
drivers/input/key-uclass.c
include/key.h
```

**按键驱动：**

```
drivers/input/rk8xx_pwrkey.c    // 支持PMIC(RK805/RK809/RK816/RK817)的pwrkey按键
drivers/input/rk_key.c          // 支持compatible = "rockchip,key"的节点
drivers/input/gpio_key.c        // 支持compatible = "gpio-keys"的节点
drivers/input/adc_key.c         // 支持compatible = "adc-keys"的节点
```

- 上面4个驱动包含了Rockchip平台上所有已在使用的key节点；
- 考虑到U-Boot有充电休眠的功能，为了支持按键唤醒cpu，因此所有gpio类型的按键全部都以中断的形式进行触发（不是轮询）。

### 5.11.2 相关接口

**接口：**

```
int key_read(int code)
```

**code头文件：**

```
/include/dt-bindings/input/linux-event-codes.h
```

**返回值：**

```
enum key_state {
    KEY_PRESS_NONE,          // 非完整的短按（没有释放按键）或长按（按下时间不够长），都属于none
    事件；
    KEY_PRESS_DOWN,          // 一次完整的短按（按下->释放）才算是一个press down事件；
    KEY_PRESS_LONG_DOWN,     // 一次完整的长按（可以不释放）才算是一个press long down事件；
    KEY_NOT_EXIST,           // 找不到code对应的按键
};
```

KEY\_PRESS\_LONG\_DOWN 事件的默认时长为2000ms，长按事件目前只在U-Boot充电时长按开机的时候会使用到。

```
#define KEY_LONG_DOWN_MS      2000
```

范例：

```
key_read(KEY_VOLUMEUP);
key_read(KEY_VOLUMEDOWN);
key_read(KEY_POWER);
key_read(KEY_HOME);
key_read(KEY_MENU);
key_read(KEY_ESC);
...
```

## 5.12 Vendor Storage

Vendor Storage 是设计用来存放SN、MAC等不需要加密的小数据。数据存放在NVM（EMMC、NAND等）的保留分区中，有多个备份，更新数据时数据不丢失，可靠性高。详细的资料参考文档《apnote rk vendor storage》。

### 5.12.1 原理概述

我们一共把vendor的存储块分成4个分区，vendor0、vendor1、vendor2、vendor3。每个vendorX的hdr里都有一个单调递增的version字段用于表明vendorX被更新的时刻点。每次读操作只读取最新的vendorX（即version最大），写操作的时候会更新version并且把整个原有信息和新增信息搬移到下一个vendor分区里。例如当前从vendor2读取到信息，经过修改后再回写，此时写入的是vendor3。这样做只是为了起到一个简单的安全防护作用。

### 5.12.2 框架支持

Vendor Storage方面，U-Boot框架默认没有给与足够的支持，因此我们自己实现了一套机制。

驱动文件：

```
arch/arm/mach-rockchip/vendor.c
./arch/arm/include/asm/arch-rockchip/vendor.h
```

### 5.12.3 相关接口

读写接口：

```
int vendor_storage_read(u16 id, void *pbuf, u16 size)
int vendor_storage_write(u16 id, void *pbuf, u16 size)
```

#### 5.12.4 自测程序

U-Boot串口命令行下，使用"rktest vendor"命令可以进行Vendor Storage功能的测试，具体参考[11. rktest测试程序](#)。这个测试命令可以测试当前Vendor Storage驱动的基本读写和逻辑等功能是否正常，如果内部的所有测试项都pass，则说明一切正常。

### 5.13 OPTEE Client支持

目前一些安全的操作需要在U-Boot这级操作或读取一些数据必须需要OPTEE帮忙获取。U-Boot里面实现了OPTEE Client代码，可以通过该接口与OPTEE通信。配置及说明如下：

CONFIG\_OPTEE\_CLIENT，U-Boot调用trust总开关。 CONFIG\_OPTEE\_V1，旧平台使用，如312x,322x,3288,3228H,3368,3399。 CONFIG\_OPTEE\_V2，新平台使用，如3326,3308。 CONFIG\_OPTEE\_ALWAYS\_USE\_SECURITY\_PARTITION，当emmc的rpmb不能用，才开这个宏，默认不开。

## 6. USB download

### 6.1 rockusb

命令行手动启用rockusb, 进入Windows烧写工具对应的Loader模式, eMMC:

```
rockusb 0 mmc 0
```

RKNAND:

```
rockusb 0 rkand 0
```

### 6.2 Fastboot

Fastboot 默认使用Google adb的VID/PID, 命令行手动启动fastboot:

```
fastboot usb 0
```

#### 6.2.1 fastboot支持命令速览



```
fastboot flash < partition > [ < filename > ]
fastboot erase < partition >
fastboot getvar < variable > | all
fastboot set_active < slot >
fastboot reboot
fastboot reboot-bootloader
fastboot flashing unlock
fastboot flashing lock
fastboot stage [ < filename > ]
fastboot get_staged [ < filename > ]
fastboot oem fuse at-perm-attr-data
fastboot oem fuse at-perm-attr
fastboot oem at-get-ca-request
fastboot oem at-set-ca-response
fastboot oem at-lock-vboot
fastboot oem at-unlock-vboot
fastboot oem at-disable-unlock-vboot
fastboot oem fuse at-bootloader-vboot-key
fastboot oem format
fastboot oem at-get-vboot-unlock-challenge
fastboot oem at-reset-rollback-index
```

### 6.2.2 fastboot具体使用

1. fastboot flash < partition > [ < filename > ]

功能：分区烧写。

例：fastboot flash boot boot.img

2. fastboot erase < partition >

功能：擦除分区。

举例：fastboot erase boot

3. fastboot getvar < variable > | all

功能：获取设备信息

举例：fastboot getvar all（获取设备所有信息）

variable 还可以带的参数：

```

version                /* fastboot 版本 */
version-bootloader     /* uboot 版本 */
version-baseband
product               /* 产品信息 */
serialno              /* 序列号 */
secure               /* 是否开启安全校验 */
max-download-size     /* fastboot 支持单次传输最大字节数 */
logical-block-size    /* 逻辑块数 */
erase-block-size      /* 擦除块数 */
partition-type : < partition > /* 分区类型 */
partition-size : < partition > /* 分区大小 */
unlocked              /* 设备lock状态 */
off-mode-charge
battery-voltage
variant
battery-soc-ok
slot-count            /* slot 数目 */
has-slot: < partition > /* 查看slot内是否有该分区名 */
current-slot          /* 当前启动的slot */
slot-suffixes         /* 当前设备具有的slot, 打印出其name */
slot-successful: < _a | _b > /* 查看分区是否正确校验启动过 */
slot-unbootable: < _a | _b > /* 查看分区是否被设置为unbootable */
slot-retry-count: < _a | _b > /* 查看分区的retry-count次数 */
at-attest-dh
at-attest-uuid
at-vboot-state

```

fastboot getvar all举例：

```
PS E:\U-Boot-AVB\adb> .\fastboot.exe getvar all
(bootloader) version:0.4
(bootloader) version-bootloader:U-Boot 2017.09-gc277677
(bootloader) version-baseband:N/A
(bootloader) product:rk3229
(bootloader) serialno:7b2239270042f8b8
(bootloader) secure:yes
(bootloader) max-download-size:0x04000000
(bootloader) logical-block-size:0x512
(bootloader) erase-block-size:0x80000
(bootloader) partition-type:bootloader_a:U-Boot
(bootloader) partition-type:bootloader_b:U-Boot
(bootloader) partition-type:tos_a:U-Boot
(bootloader) partition-type:tos_b:U-Boot
(bootloader) partition-type:boot_a:U-Boot
(bootloader) partition-type:boot_b:U-Boot
(bootloader) partition-type:system_a:ext4
(bootloader) partition-type:system_b:ext4
(bootloader) partition-type:vbmeta_a:U-Boot
(bootloader) partition-type:vbmeta_b:U-Boot
(bootloader) partition-type:misc:U-Boot
(bootloader) partition-type:vendor_a:ext4
(bootloader) partition-type:vendor_b:ext4
(bootloader) partition-type:oem_bootloader_a:U-Boot
(bootloader) partition-type:oem_bootloader_b:U-Boot
(bootloader) partition-type:factory:U-Boot
(bootloader) partition-type:factory_bootloader:U-Boot
(bootloader) partition-type:oem_a:ext4
(bootloader) partition-type:oem_b:ext4
(bootloader) partition-type:userdata:ext4
(bootloader) partition-size:bootloader_a:0x400000
(bootloader) partition-size:bootloader_b:0x400000
(bootloader) partition-size:tos_a:0x400000
(bootloader) partition-size:tos_b:0x400000
(bootloader) partition-size:boot_a:0x2000000
(bootloader) partition-size:boot_b:0x2000000
(bootloader) partition-size:system_a:0x20000000
(bootloader) partition-size:system_b:0x20000000
(bootloader) partition-size:vbmeta_a:0x10000
(bootloader) partition-size:vbmeta_b:0x10000
(bootloader) partition-size:misc:0x100000
(bootloader) partition-size:vendor_a:0x4000000
(bootloader) partition-size:vendor_b:0x4000000
(bootloader) partition-size:oem_bootloader_a:0x400000
(bootloader) partition-size:oem_bootloader_b:0x400000
(bootloader) partition-size:factory:0x2000000
(bootloader) partition-size:factory_bootloader:0x1000000
(bootloader) partition-size:oem_a:0x10000000
(bootloader) partition-size:oem_b:0x10000000
(bootloader) partition-size:userdata:0x7ad80000
(bootloader) unlocked:no
(bootloader) off-mode-charge:0
(bootloader) battery-voltage:0mv
```

```
(bootloader) variant:rk3229_evb
(bootloader) battery-soc-ok:no
(bootloader) slot-count:2
(bootloader) has-slot:bootloader:yes
(bootloader) has-slot:tos:yes
(bootloader) has-slot:boot:yes
(bootloader) has-slot:system:yes
(bootloader) has-slot:vbmeta:yes
(bootloader) has-slot:misc:no
(bootloader) has-slot:vendor:yes
(bootloader) has-slot:oem_bootloader:yes
(bootloader) has-slot:factory:no
(bootloader) has-slot:factory_bootloader:no
(bootloader) has-slot:oem:yes
(bootloader) has-slot:userdata:no
(bootloader) current-slot:a
(bootloader) slot-suffixes:a,b
(bootloader) slot-successful:a:yes
(bootloader) slot-successful:b:no
(bootloader) slot-unbootable:a:no
(bootloader) slot-unbootable:b:yes
(bootloader) slot-retry-count:a:0
(bootloader) slot-retry-count:b:0
(bootloader) at-attest-dh:1:P256
(bootloader) at-attest-uuid:
all: Done!
finished. total time: 0.636s
```

#### 4. fastboot set\_active < slot >

功能：设置重启的slot。

举例：fastboot set\_active\_a

#### 5. fastboot reboot

功能：重启设备，正常启动

举例：fastboot reboot

#### 6. fastboot reboot-bootloader

功能：重启设备，进入fastboot模式

举例：fastboot reboot-bootloader

#### 7. fastboot flashing unlock

功能：解锁设备，允许烧写固件

举例：fastboot flashing unlock

#### 8. fastboot flashing lock

功能：锁定设备，禁止烧写

举例：fastboot flashing lock

#### 9. fastboot stage [ < filename > ]

功能：下载数据到设备端内存，内存起始地址为CONFIG\_FASTBOOT\_BUF\_ADDR

举例：fastboot stage atx\_permanent\_attributes.bin

#### 10. fastboot get\_staged [ < filename > ]

功能：从设备端获取数据

举例：fastboot get\_staged raw\_atx\_unlock\_challenge.bin

#### 11. fastboot oem fuse at-perm-attr

功能：烧写ATX及hash

举例：fastboot stage atx\_permanent\_attributes.bin

fastboot oem fuse at-perm-attr

#### 12. fastboot oem fuse at-perm-attr-data

功能：只烧写ATX到安全存储区域（RPMB）

举例：fastboot stage atx\_permanent\_attributes.bin

fastboot oem fuse at-perm-attr-data

#### 13. fastboot oem at-get-ca-request

#### 14. fastboot oem at-set-ca-response

#### 15. fastboot oem at-lock-vboot

功能：锁定设备

举例：fastboot oem at-lock-vboot

#### 16. fastboot oem at-unlock-vboot

功能：解锁设备，现支持authenticated unlock

举例：fastboot oem at-get-vboot-unlock-challenge fastboot get\_staged raw\_atx\_unlock\_challenge.bin

./make\_unlock.sh（见make\_unlock.sh参考）

fastboot stage atx\_unlock\_credential.bin fastboot oem at-unlock-vboot

可以参考《how-to-generate-keys-about-avb.md》

#### 17. fastboot oem fuse at-bootloader-vboot-key

功能：烧写bootloader key hash

举例：fastboot stage bootloader-pub-key.bin

fastboot oem fuse at-bootloader-vboot-key

#### 18. fastboot oem format

功能：重新格式化分区，分区信息依赖于\$partitions

举例：fastboot oem format

19. fastboot oem at-get-vboot-unlock-challenge

功能：authenticated unlock，需要获得unlock challenge 数据

举例：参见16. fastboot oem at-unlock-vboot

20. fastboot oem at-reset-rollback-index

功能：复位设备的rollback数据

举例：fastboot oem at-reset-rollback-index

21. fastboot oem at-disable-unlock-vboot

功能：使fastboot oem at-unlock-vboot命令失效

举例：fastboot oem at-disable-unlock-vboot

## 7. 固件加载

固件加载涉及RK parameter/GPT分区表、boot、recovery、kernel、resource分区以及dtb文件。

### 7.1 分区表

U-Boot支持两种分区表：RK parameter格式和GPT格式。启动的时候优先寻找GPT分区表，如果不存在就尝试使用RK parameter分区表。

#### 7.1.1 分区表文件

如下是GPT分区的parameter.txt文件内容。可以通过"TYPE: GPT"属性可以确认当前是GPT分区表还是RK parameter分区表（没有这个属性）。

```
FIRMWARE_VER:8.1
MACHINE_MODEL:RK3399
MACHINE_ID:007
MANUFACTURER: RK3399
MAGIC: 0x5041524B
ATAG: 0x00200800
MACHINE: 3399
CHECK_MASK: 0x80
PWR_HLD: 0,0,A,0,1
TYPE: GPT
CMDLINE:mtdparts=rk29xxnand:0x00002000@0x00004000(uboot),0x00002000@0x00006000(trust),0x00002000@0x00008000(misc),0x00008000@0x0000a000(resource),0x00010000@0x00012000(kernel),0x00010000@0x00022000(boot),0x00020000@0x00032000(recovery),0x00038000@0x00052000(backup),0x00002000@0x0008a000(security),0x00100000@0x0008c000(cache),0x00500000@0x0018c000(system),0x00008000@0x0068c000(metadata),0x00100000@0x00694000(vendor),0x00100000@0x00796000(oem),0x00000400@0x00896000(frp),-@0x00896400(userdata:grow)
```

GPT和RK parameter分区表的具体格式请参考文档：《Rockchip-Parameter-File-Format-Version1.4.md》。

#### 7.1.2 分区表查看

在U-Boot串口命令行下，可以通过如下命令进行分区表信息查看：

```
part list <interface> <dev>
```

<interface>: 存储设备类型, 可以是 : mmc、rknand、rksfc ;

<dev>: 设备号, 可以是 : 0、1、2....。

1. GPT分区表 ( Partition Type: EFI ) :

```
=> part list mmc 0
```

```
Partition Map for MMC device 0  -- Partition Type: EFI
```

Part	Start LBA	End LBA	Name
	Attributes		
	Type GUID		
	Partition GUID		
1	0x00004000	0x00005fff	"uboot"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 3b600000-0000-423e-8000-128b000058ca		
	guid: 727b0000-0000-4069-8000-68d500005dea		
2	0x00006000	0x00007fff	"trust"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: bf570000-0000-440f-8000-42dc000079ef		
	guid: ff3c0000-0000-4d3a-8000-5e9c00006be6		
3	0x00008000	0x00009fff	"misc"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 4f030000-0000-4744-8000-545300000e1e		
	guid: 0c240000-0000-4f6a-8000-207e00006722		
4	0x0000a000	0x00011fff	"resource"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: d3460000-0000-4360-8000-37d9000037c0		
	guid: 81500000-0000-4f59-8000-166100000c05		
5	0x00012000	0x00021fff	"kernel"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 33770000-0000-401d-8000-505400004c3e		
	guid: 464f0000-0000-4317-8000-1f2f00004af7		
6	0x00022000	0x00031fff	"boot"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 575e0000-0000-4666-8000-74ae000055fe		
	guid: 43270000-0000-456c-8000-0ace00004560		
7	0x00032000	0x00051fff	"recovery"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 273b0000-0000-4d5e-8000-6fcd0000106a		
	guid: 614e0000-0000-4b53-8000-1d28000054a9		
8	0x00052000	0x00089fff	"backup"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 8c3f0000-0000-4d58-8000-009b00006ee9		
	guid: 86300000-0000-4f7a-8000-102300000338		
9	0x0008a000	0x0008bfff	"security"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 6c100000-0000-4e5c-8000-5afe000015e2		
	guid: 9b2f0000-0000-4843-8000-12a900001176		
10	0x0008c000	0x0018bfff	"cache"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: b1490000-0000-4927-8000-24e000005fbf		
	guid: 891d0000-0000-4e45-8000-43a1000072cb		
11	0x0018c000	0x0068bfff	"system"
	attrs: 0x0000000000000000		
	type: 41770000-0000-442b-8000-7928000058e7		
	guid: 36430000-0000-484a-8000-37f200004ca0		
12	0x0068c000	0x00693fff	"metadata"



```

    attrs: 0x0000000000000000
    type: 061c0000-0000-480a-8000-67be000043c2
    guid: 8c5d0000-0000-4052-8000-798600007d5b
13 0x00694000      0x00793fff      "vendor"
    attrs: 0x0000000000000000
    type: e62f0000-0000-4e1e-8000-738a000015b8
    guid: 721a0000-0000-4d0e-8000-044400001366
14 0x00796000      0x00895fff      "oem"
    attrs: 0x0000000000000000
    type: cb190000-0000-4c74-8000-137300007831
    guid: cf200000-0000-4765-8000-4b1400005227
15 0x00896000      0x008963ff      "frp"
    attrs: 0x0000000000000000
    type: 9c380000-0000-4c4b-8000-326400004995
    guid: 8d060000-0000-4772-8000-32de00003108
16 0x00896400      0x00e8ffde      "userdata"
    attrs: 0x0000000000000000
    type: 415f0000-0000-4419-8000-2f420000194c
    guid: 93580000-0000-4303-8000-128a00005c6f

```

## 2. RK parameter分区表 ( Partition Type: RKPARM ) :

```
=> part list mmc 0
```

Partition Map for MMC device 0 -- Partition Type: RKPARM

Part	Start LBA	Size	Name
1	0x00004000	0x00002000	uboot
2	0x00006000	0x00002000	trust
3	0x00008000	0x00002000	misc
4	0x0000a000	0x00008000	resource
5	0x00012000	0x00010000	kernel
6	0x00022000	0x00010000	boot
7	0x00032000	0x00020000	recovery
8	0x00052000	0x00038000	backup
9	0x0008a000	0x00002000	security
10	0x0008c000	0x00100000	cache
11	0x0018c000	0x00500000	system
12	0x0068c000	0x00008000	metadata
13	0x00694000	0x00100000	vendor
14	0x00796000	0x00100000	oem
15	0x00896000	0x00000400	frp
16	0x00896400	0x005f9c00	userdata

## 7.2 dtb文件

dtb文件是新版本kernel的dts配置文件的二进制化文件。目前dtb文件可以存放于AOSP的boot/recovery分区中，也可以存放于RK格式的resource分区。

对于U-Boot阶段的dtb使用，可以参考本文的 [9. U-Boot和kernel DTB支持](#)。

## 7.3 boot/recovery分区

boot.img和recovery.img的固件分为两种打包格式：AOSP格式（Android标准格式）和RK格式。

### 7.3.1 AOSP格式（Android标准格式）

镜像文件的魔数为“ANDROID!”：

```
00000000  41 4E 44 52 4F 49 44 21 24 10 74 00 00 80 40 60  ANDROID!$.t...@`
00000010  F9 31 CD 00 00 00 00 62 00 00 00 00 00 00 F0 60  .1.....b.....`
```

boot.img = kernel + ramdisk dtb + android parameter ；

recovery.img = kernel + ramdisk(for recovery) + dtb ；

分区表 = RK parameter和GPT都支持（2选1）；

### 7.3.2 RK格式

RK格式的镜像单独打包kernel、dtb（从boot、recovery中剥离），镜像文件的魔数为“KRNL”：

```
00000000  4B 52 4E 4C 42 97 0F 00 1F 8B 08 00 00 00 00 00  KRNL..y.....
00000010  00 03 A4 BC 0B 78 53 55 D6 37 BE 4F 4E D2 A4 69  ....xSU.7.ON..i
```

kernel.img = kernel ；

resource.img = dtb + kernel logo + uboot logo ；

boot.img = ramdisk ；

recovery.img = kernel + ramdisk(for recovery) + dtb ；

分区表 = RK parameter和GPT都支持（2选1）；

### 7.3.3 优先级

U-Boot启动的时候默认优先使用“boot\_android”命令加载AOSP格式（Android标准格式）的固件，如果加载失败则继续使用“bootrkp”命令加载RK格式的固件，如果加载失败则继续使用“run distro”命令加载Linux固件。

## 7.4 Kernel分区

Kernel分区包含kernel信息，即打包过的zImage或者Image。

## 7.5 resource分区

Resource镜像格式是为了能够同时存储多个资源文件（dtb、图片等）而设计的镜像格式，其魔数为“RSCE”：

```
00000000  52 53 43 45 00 00 00 00 01 01 01 00 01 00 00 00  RSCE.....
00000010  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .....
```

目前这个分区主要用来打包dtb、开机logo、充电图片等。

## 7.6 加载的固件

U-Boot负责加载ramdisk、dtb、kernel到内存中，具体的加载地址可以通过串口信息知道。例如：

```
.....
=Booting Rockchip format image=
kernel   @ 0x02080000 (0x0124e008)
ramdisk  @ 0x0a200000 (0x0017871c)
## Flattened Device Tree blob at 01f00000
   Booting using the fdt blob at 0x1f00000
   Loading Ramdisk to 08087000, end 081ff71c ... OK
   Loading Device Tree to 0000000008070000, end 00000000080860b7 ... OK
Adding bank: start=0x00200000, size=0x08200000
Adding bank: start=0x0a200000, size=0xede00000

Starting kernel ...
```

## 7.7 固件启动流程

```
pre-loader => trust => U-Boot => kernel
```

## 7.8 HW-ID适配硬件版本

### 7.8.1 HW-ID设计目的

硬件会经常更新版本，更换一些元器件，比如，屏幕，wifi模组等，如果每一个版本硬件，都要一套软件，就会比较麻烦，通过HW\_ID，可以保证一套软件适配不同版本的硬件。

### 7.8.2 HW-ID设计原理

把多份dtb文件打包到同一个resource.img里面，U-Boot引导kernel的时候，从resource.img里面找到一份和当前硬件版本匹配的dtb，并传递给kernel，加载不同的软件配置。通过硬件配置ADC/GPIO的唯一值，可以确定当前的硬件版本，U-Boot就可以找到对应的dtb文件。

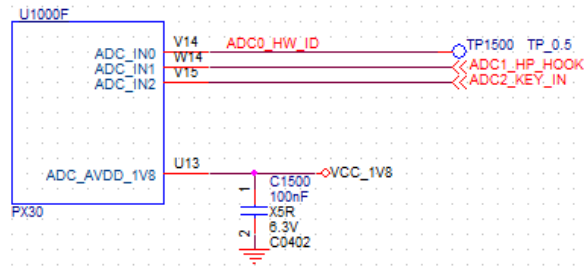
### 7.8.3 硬件参考设计

目前支持ADC和GPIO两种方式确定硬件版本。

#### ADC参考设计

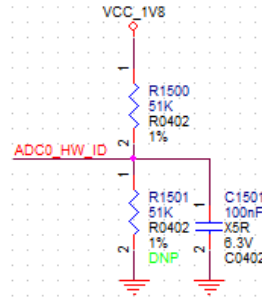
RK3326-EVB\PX30-EVB主板上预留分压电阻，不同的电阻分压可以确定不同的硬件版本号：

## Part F



Note: All the Power filter capacitors should be placed close to the power pins of PX30

It is reserved for the hardware version of the product. If it is not needed, it can be removed.

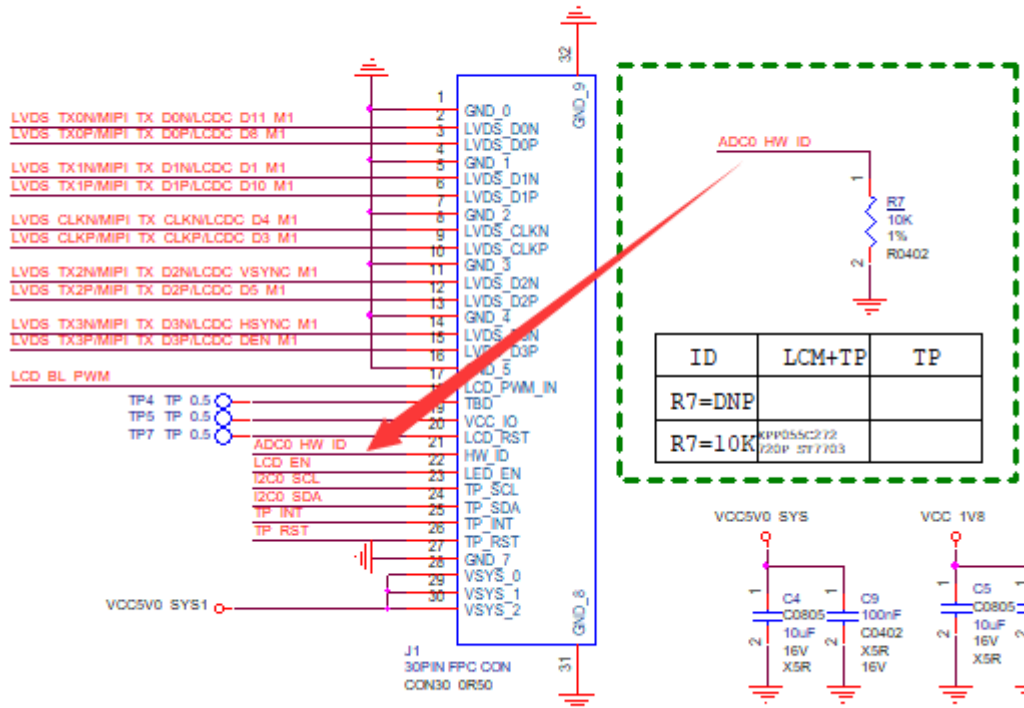


## HW ID

ADC0_HW_ID	Pull-up Resistance	Pull-down Resistance	ADC Value
Version0 (Default)	51K	DNP	1024

配套使用的MIPI屏小板预留有另外一颗下拉电阻:

## LCD/TP Adapter Board



不同的mipi屏会配置不同的阻值，配合EVB主板确定一个唯一的ADC参数值。

目前V1版本的ADC计算方法：ADC参数最大值为1024，对应着ADC\_IN0引脚被直接上拉到供电电压1.8V, MIPI屏上有一颗10K的下拉电阻，接通EVB板后， $ADC = 1024 * 10K / (10K + 51K) = 167.8$ 。

## GPIO参考设计

（目前没有GPIO的硬件参考设计）

## 7.8.4 软件配置

把ADC和GPIO的信息放在dtb的文件名里面，U-Boot解析dtb的时候，从文件名中获取到当前dtb文件支持的硬件版本，并和实际的硬件版本做匹配。

### ADC作为HW\_ID的dtb文件命名规则

1. 文件名以“.dtb”结尾；
2. HW\_ID格式：`#[controller]ch[channel]=[adcval]`  
[controller]: dts里面ADC控制器的节点名字。  
[channel]: ADC通道。  
[adcval]: ADC的中心值，实际有效范围是：`adcval+-30`。
3. 上述（2）表示一个完整含义，必须使用小写字母，一个完整含义内不能有空格之类的字符；
4. 多个含义之间通过#进行分隔，最多支持10个完整含义；

合法范例：

`rk3326-evb-lp3-v10#saradc_ch2=111#saradc_ch1=810.dtb`

`rk3326-evb-lp3-v10#_saradc_ch2=569.dtb`

### GPIO作为HW\_ID的dtb命令规则

1. 文件名以“.dtb”结尾；
2. HW\_ID格式：`#gpio[pin]=[levle]`  
[pin]: GPIO脚，如0a2表示gpio0a2  
[levle]: GPIO引脚电平。
3. 上述（2）表示一个完整含义，必须使用小写字母，一个完整含义内不能有空格之类的字符；
4. 多个含义之间通过#进行分隔，最多支持10个完整含义；

合法范例：`rk3326-evb-lp3-v10#gpio0a2=0#gpio0c3=1.dtb`

## 7.8.5 代码位置

代码实现位置在uboot工程：`arch/arm/mach-rockchip/resource_img.c`，主要包含下面两个函数：

```
static int rockchip_read_dtb_by_gpio(const char *file_name);
static int rockchip_read_dtb_by_adc(const char *file_name);
```

## 7.8.6 打包脚本

通过脚本，可以很方便地把多个dtb打包到一个resource.img里面，脚本位置在kernel工程：

`scripts/mkmultidtb.py`，打开脚本文件，把需要打包的dtb文件写到DTBS字典里面，并填上对应的ADC/GPIO的配置信息。

```
...

DTBS = {}

DTBS['PX30-EVB'] = OrderedDict([('rk3326-evb-lp3-v10', '#_saradc_ch0=166'),
                                ('px30-evb-ddr3-lvds-v10', '#_saradc_ch0=512')])

...
```

以上例子，执行scripts/mkmultidtb.py PX30-EVB，就会生成包含多份dtb的resource.img，包含以下三个dtb：

rk-kernel.dtb：rk默认的dtb，所有dtb都没匹配到时，会使用这个dtb，打包脚本使用DTBS的第一个dtb作为默认的dtb；

rk3326-evb-lp3-v10#\_saradc\_ch0=166.dtb：包含ADC信息的rk3326 dtb文件；

px30-evb-ddr3-lvds-v10#\_saradc\_ch0=512.dtb：包含ADC信息的px30 dtb文件；

### 7.8.7 确认当前的dtb

下面是开机U-Boot的log：

```
mmc0(part 0) is current device boot mode: None DTB: rk3326-evb-lp3-v10#_saradc_ch0=166.dtb Using
kernel dtb
```

从这个log可以看出，当前硬件版本匹配到了resource.img里面的rk3326-evb-lp3-v10#\_saradc\_ch0=166.dtb，如果匹配失败，则会使用rk-kernel.dtb。

## 8. SPL和TPL

SPL和TPL的介绍可以参考下面两份文档：

```
doc/README.TPL
doc/README.SPL
```

在Rockchip的方案中，TPL和SPL都是由Bootrom加载和引导的，具体引导流程、相关固件的生成方法和存放位置可参考如下链接内容：[http://opensource.rock-chips.com/wiki/Boot\\_option](http://opensource.rock-chips.com/wiki/Boot_option)

TPL功能是DDR初始化，代码运行在IRAM中，完成后返回Bootrom；SPL在没有TPL的情况下需要初始化DDR，然后加载Trust(可选)和U-Boot，并引导进入下一级。

SPL+TPL的组合实现了跟rockchip ddr.bin+miniloader完全一致的功能，可相互替换。

## 9. U-Boot和kernel DTB支持

### 9.1 设计出发点

按照U-Boot的最新架构，每个驱动代码本身需要依赖dts，因此每一块板子都有一份对应的dts。

为了降低U-Boot在不同项目的维护量，实现一颗芯片在同一类系统中能共用一份U-Boot，而不是每一块板子都需要独立的dts编译成不同的U-Boot固件。因此在U-Boot中增加支持使用kernel dtb，复用其中的display、pmic/regulator、pinctrl等硬件相关信息。

因为u-boot本身有一份dts，如果再加上kernel的dts，那么原有的fdt用法会有冲突。同时由于kernel的dts还需要提供给kernel使用，所以不能把u-boot dts中部分dts节点overlay到kernel dts上传给kernel，综合u-boot后续发展方向是使用live dt，决定启动Live dt。

## 9.2 关于live dt

live dt功能是在v2017.07版本合并的，提交记录如下：

<https://lists.denx.de/pipermail/u-boot/2017-january/278610.html>

live dt的原理是在初始化阶段直接扫描整个dtb，把所有设备节点转换成struct device\_node节点链表，后续的bind和驱动访问dts都通过这个device\_node或ofnode(device\_node的封装)进行，而不再访问原有dtb。

更多详细信息请参考: doc/driver-model/livetree.txt

## 9.3 fdt代码转换为支持live dt的代码

ofnode类型(include/dm/ofnode.h)是两种dt都支持的一种封装格式，使用live dt时使用device\_node来访问dt结点，使用fdt时使用offset访问dt节点。当需要同时支持两种类型的驱动，请使用ofnode类型。

```
47 * @np: Pointer to device node, used for live tree
48 * @of_offset: Pointer into flat device tree, used for flat tree. Note that this
49 *             is not a really a pointer to a node: it is an offset value. See above.
50 */

51 typedef union ofnode_union {
52     const struct device_node *np;    /* will be used for future live tree */
53     long of_offset;
54 } ofnode;
```

- "dev"、"ofnode"开头的函数为支持两种dt访问方式，
- 根据程序当前使用dt类型来调用对应接口：
  - "of\_"开头的函数是只支持live dt的接口；
  - "fdtdec"、"fdt"开头的函数是只支持fdt的接口；

驱动程序做转换的时候可以参考标题包含"live dt"的提交。

## 9.4 支持kernel dtb的实现

kernel的dtb支持是加在board\_init的开头，此时U-Boot的dts已经扫描完成，可以通过增加代码实现mmc/nand的读操作来读取kernel dtb。kernel的dtb读进来后进行live dt建表，并bind所有设备，最后更新gd->fdt\_blob指针指向kernel dtb。

请注意：该功能启用后，大部分设备修改U-Boot的dts是无效的，需要修改kernel的dts。

用户可以通过查找.config是否包含CONFIG\_USING\_KERNEL\_DTB确认是否已启用kernel dtb，该功能需要依赖live dt。因为读dtb依赖rk格式固件或rk android固件，所以Android以外的平台未启用。

## 9.5 关于U-Boot dts

U-Boot的根目录有个dts/文件夹，编译完成后会生产dt.dtb和dt-spl.dtb两个DTB。dt.dtb是由defconfig里CONFIG\_DEFAULT\_DEVICE\_TREE指定的dts编译得到的dtb拷贝过来的，而dt-spl.dtb是把dt.dtb中带"u-boot,dm-pre-reloc"节点的设备的设备过滤出来，并且去掉CONFIG\_OF\_SPL\_REMOVE\_PROPS选项中所有的property，这样可以得到一个用于SPL的最简dtb。

- dt-spl.dtb一般仅包含dmc、uart、mmc、nand、grf、cru等节点。也就是串口、DDR和存储设备控制器及其依赖的CRU/GRF；
- u-boot.bin默认打包的是dt.dtb，在CONFIG\_USING\_KERNEL\_DTB使能后默认打包的是dt-spl.dtb，因为其他设备驱动将使用kernel中的dts；
- U-Boot中所有芯片级dtsi请和kernel保持完全一致，板级dts视情况简化得到一个evb的即可，因为kernel的dts全套下来可能有几十个，没必要全部引进到U-Boot；
- U-Boot特有的节点（如：uart、emmc的alias等）请全部加到独立的rkxx-u-boot.dtsi里面，不要破坏原有dtsi。

## 10. U-Boot相关工具

---

### 10.1 trust\_merger工具

trust\_merger用于64bit SoC打包bl30、bl31 bin、bl32 bin等文件，生成烧写工具需要的TrustImage格式固件。

#### 10.1.1 trust的打包和解包

打包命令：

```
./tools/trust_merger [--pack] <config.ini>
```

打包需要传递描述打包参数的ini配置文件路径。

解包命令：

```
./tools/trust_merger --unpack <trust.img>
```

#### 10.1.2 工具参数

以3368的配置文件为例：



```

[VERSION]
MAJOR=0          ----主版本号
MINOR=1          ----次版本号
[BL30_OPTION]
SEC=1            ----存在BL30 bin
PATH=tools/rk_tools/bin/rk33/rk3368bl30_v2.00.bin      ----指定bin路径
ADDR=0xff8c0000  ----固件DDR中的加载和运行地址
[BL31_OPTION]
SEC=1            ----存在BL31 bin
PATH=tools/rk_tools/bin/rk33/rk3368bl31-20150401-v0.1.bin----指定bin路径
ADDR=0x00008000  ----固件DDR中的加载和运行地址
[BL32_OPTION]
SEC=0            ----不存在BL31 bin
[BL33_OPTION]
SEC=0            ----不存在BL31 bin
[OUTPUT]
PATH=trust.img [OUTPUT]  ----输出固件名字

```

## 10.2 boot\_merger工具

boot\_merger用于打包loader、ddr bin、usb plug bin等文件，生成烧写工具需要的loader格式的固件。

### 10.2.1 Loader的打包和解包

**打包命令：**

```
./tools/boot_merger [--pack] <config.ini>
```

打包需要传递描述打包参数的ini配置文件路径。

**解包命令：**

```
./tools/boot_merger --unpack <loader.bin>
```

### 10.2.2 工具参数

以3288的配置文件为例：

```

[CHIP_NAME]
NAME=RK320A          ----芯片名称：“RK”加上与maskrom约定的4B芯片型
号
[VERSION]
MAJOR=2              ----主版本号
MINOR=15             ----次版本号
[CODE471_OPTION]     ----code471，目前设置为ddr bin
NUM=1
Path1=tools/rk_tools/32_LPDDR2_300MHz_LPDDR3_300MHz_DDR3_300MHz_20140404.bin
[CODE472_OPTION]     ----code472，目前设置为usbplug bin
NUM=1
Path1=tools/rk_tools/rk32xxusbplug.bin
[LOADER_OPTION]
NUM=2
LOADER1=FlashData    ----flash data，目前设置为ddr bin
LOADER2=FlashBoot    ----flash boot，目前设置为U-Boot bin
FlashData=tools/rk_tools/32_LPDDR2_300MHz_LPDDR3_300MHz_DDR3_300MHz_20140404.bin
FlashBoot=u-boot.bin
[OUTPUT]             ----输出路径，目前文件名会自动添加版本号
PATH=RK3288Loader_UBOOT.bin

```

## 10.3 resource\_tool工具

resource\_tool用于打包任意资源文件，最终生成resource.img镜像。

**打包命令：**

```
./tools/resource_tool [--pack] [--image=<resource.img>] <file list>
```

**解包命令：**

```
./tools/resource_tool --unpack --image=<resource.img>
```

## 10.4 loaderimage

loaderimage工具用于打包rockchip miniloader所需固件，含uboot.img和32bit的trust.img 用法:

```

loaderimage [--pack|--unpack] [--uboot|--trustos] file_in file_out [load_addr]
loaderimage --pack --trustos ${RKBIN}/${TOS} ./trust.img
loaderimage --pack --uboot u-boot.bin uboot.img 0x60000000

```

需要注意不同平台的'load\_addr'不一样.

## 10.5 patman

详细信息参考tools/patman/README 这是一个python写的工具, 通过调用其他工具, 完成patch的检查提交, 是做patch Upstream(U-Boot, Kernel)非常好用的必备工具. 主要功能:

- 根据参数自动format补丁;
- 调用checkpatch进行检查;

- 从commit信息提取并转换成upstream mailing list所需的Cover-letter, patch version, version changes等信息;
- 自动去掉commit中的change-id;
- 自动根据Maintainer和文件提交信息提取每个patch所需的收件人;
- 根据'~/ .gitconfig'或者'./ .gitconfig'配置把所有patch发送出去.

使用'-h'选项查看所有命令选项:

```
$ patman -h
Usage: patman [options]

Create patches from commits in a branch, check them and email them as
specified by tags you place in the commits. Use -n to do a dry run first.

Options:
  -h, --help                show this help message and exit
  -H, --full-help           Display the README file
  -c COUNT, --count=COUNT
                           Automatically create patches from top n commits
  -i, --ignore-errors       Send patches email even if patch errors are found
  -m, --no-maintainers     Don't cc the file maintainers automatically
  -n, --dry-run             Do a dry run (create but don't email patches)
  -p PROJECT, --project=PROJECT
                           Project name; affects default option values and
                           aliases [default: u-boot]
  -r IN_REPLY_TO, --in-reply-to=IN_REPLY_TO
                           Message ID that this series is in reply to
  -s START, --start=START
                           Commit to start creating patches from (0 = HEAD)
  -t, --ignore-bad-tags     Ignore bad tags / aliases
  --test                   run tests
  -v, --verbose             Verbose output of errors and warnings
  --cc-cmd=CC_CMD          Output cc list for patch file (used by git)
  --no-check               Don't check for patch compliance
  --no-tags                Don't process subject tags as aliaes
  -T, --thread             Create patches as a single thread
```

典型用例, 提交最新的3个patch:

```
patman -t -c3
```

命令运行后checkpatch如果有error或者warning,会自动abort, 需要修改解决patch解决问题后重新运行.

其他常用选项

- '-t' 标题中":"前面的都当成TAG, 大部分无法被patman识别, 需要使用'-t'选项
- '-i' 如果有些warning(如超过80个字符)我们认为无需解决, 可以直接加'-i'选项提交补丁
- '-s' 如果要提交的补丁并不是在当前tree的top, 可以通过'-s'跳过top的N个补丁
- '-n' 如果并不是想提交补丁,只是想校验最新补丁是否可以通过checkpatch, 可以使用'-n'选项

patchman配合commit message中的关键字,生成upstream mailing list 所需的信息. 典型的commit:

```
commit 72aa9e3085e64e785680c3fa50a28651a8961feb
Author: Kever Yang <kever.yang@rock-chips.com>
Date:   Wed Sep 6 09:22:42 2017 +0800

    spl: add support to booting with OP-TEE

    OP-TEE is an open source trusted OS, in armv7, its loading and
    running are like this:
    loading:
    - SPL load both OP-TEE and U-Boot
    running:
    - SPL run into OP-TEE in secure mode;
    - OP-TEE run into U-Boot in non-secure mode;

    More detail:
    https://github.com/OP-TEE/optee_os
    and search for 'boot arguments' for detail entry parameter in:
    core/arch/arm/kernel/generic_entry_a32.S

    Cover-letter:
    rockchip: add tpl and OPTEE support for rk3229

    Add some generic options for TPL support for arm 32bit, and then
    and TPL support for rk3229(cortex-A7), and then add OPTEE support
    in SPL.

    Tested on latest u-boot-rockchip master.

    END

    Series-version: 4
    Series-changes: 4
    - use NULL instead of '0'
    - add fdt_addr as arg2 of entry

    Series-changes: 2
    - Using new image type for op-tee

    Change-Id: I3fd2b8305ba8fa9ea687ab7f3fd1ffd2fac9ece6
    Signed-off-by: Kever Yang <kever.yang@rock-chips.com>
```

这个patch通过patman命令发送的时候,会生成一份Cover-letter:

```
[PATCH v4 00/11] rockchip: add tpl and OPTEE support for rk3229
```

对应patch的标题如下, 包含version信息和当前patch是整个series的第几封:

```
[PATCH v4,07/11] spl: add support to booting with OP-TEE
```

Patch的commit message已经被处理过了, change-id被去掉, Cover-letter被去掉, version-changes信息被转换成非正文信息:

```
OP-TEE is an open source trusted OS, in armv7, its loading and
running are like this:
```

```
loading:
```

```
- SPL load both OP-TEE and U-Boot
```

```
running:
```

```
- SPL run into OP-TEE in secure mode;
- OP-TEE run into U-Boot in non-secure mode;
```

```
More detail:
```

```
https://github.com/OP-TEE/optee\_os
```

```
and search for 'boot arguments' for detail entry parameter in:
core/arch/arm/kernel/generic_entry_a32.S
```

```
Signed-off-by: Kever Yang <kever.yang@rock-chips.com>
```

```
---
```

```
Changes in v4:
```

```
- use NULL instead of '0'
- add fdt_addr as arg2 of entry
```

```
Changes in v3: None
```

```
Changes in v2:
```

```
- Using new image type for op-tee
```

```
common/spl/Kconfig      | 7 ++++++
common/spl/Makefile     | 1 +
common/spl/spl.c        | 9 ++++++++
common/spl/spl_optee.S  | 13 ++++++++
include/spl.h           | 13 ++++++++
5 files changed, 43 insertions(+)
create mode 100644 common/spl/spl_optee.S
```

更多关键字使用, 如"Series-prefix", "Series-cc"等请参考README.

## 10.6 buildman工具

详细信息请参考tools/buildman/README

这个工具最主要的用处在于批量编译代码, 非常适合用于验证当前平台的提交是否影响到其他平台.

使用buildman需要提前设置好toolchain路径, 编辑'~/.buildman'文件:

```
[toolchain]
arm: ~/prebuilts/gcc/linux-x86/arm/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_arm-linux-gnueabi/
aarch64: ~/prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-linux-
gnu/
```

典型用例如编译所有Rockchip平台的U-Boot代码:

```
./tools/buildman/buildman rockchip
```

理想结果如下:

```
$ ./tools/buildman/buildman rockchip
boards.cfg is up to date. Nothing to do.
Building current source for 34 boards (4 threads, 1 job per thread)
 34    0    0 /34    evb-rk3326
```

显示的结果中, 第一个是完全pass的平台数量(绿色), 第二个是含warning输出的平台数量(黄色), 第三个是有error无法编译通过的平台数量(红色). 如果编译过程中有warning或者error, 会在终端上显示出来.

## 10.7 mkimage工具

详细信息参考doc/mkimage.1 这个工具可用于生成所有U-Boot/SPL支持的固件, 如通过下面的命令生成Rockchip的bootrom所需IDBLOCK格式, 这个命令会同时修改u-boot-tpl.bin的头4个byte为Bootrom所需校验的ID:

```
tools/mkimage -n rk3328 -T rksd -d tpl/u-boot-tpl.bin idbloader.img
```

## 11. rktest测试程序

rktest集成了对某些模块的测试命令, 可以快速确认哪些模块是否正常。

命令格式:

```
=> rktest
Command: rktest [module] [args...]

- module: timer|key|emmc|rkndand|regulator|eth|ir|brom|vendor
- args: depends on module
```

1. timer测试: 用于确认当前环境下系统timer是否正常工作(延时是否准确)、系统中断是否正常。

```
=> rktest timer

sys timer delay test, round-1
    desire delay 100us, actually delay 100us
    desire delay 100ms, actually delay: 100ms
    desire delay 1000ms, actually delay: 1000ms
sys timer delay test, round-2
    desire delay 100us, actually delay 100us
    desire delay 100ms, actually delay: 100ms
    desire delay 1000ms, actually delay: 1000ms
sys timer delay test, round-3
    desire delay 100us, actually delay 100us
    desire delay 100ms, actually delay: 100ms
    desire delay 1000ms, actually delay: 1000ms
sys timer delay test, round-4
    desire delay 100us, actually delay 100us
    desire delay 100ms, actually delay: 100ms
    desire delay 1000ms, actually delay: 1000ms
timer_irq_handler: round-0, irq=114, period=1000ms
timer_irq_handler: round-1, irq=114, period=1000ms
timer_irq_handler: round-2, irq=114, period=1000ms
timer_irq_handler: round-3, irq=114, period=1000ms
timer_irq_handler: round-4, irq=114, period=1000ms
timer_irq_handler: irq test finish.
```

2. key测试：用于确认当前环境下系统的按键是否能正常响应。输入命令后，可以按下各个按键进行确认；按下ctrl+c组合键可以退出测试。

```
=> rktest key

volume up key pressed..
volume up key pressed..
volume down key pressed..
volume down key pressed..
volume up key pressed..
power key short pressed..
power key short pressed..
power key long pressed..
```

3. emmc测试：用于确认当前环境下系统的emmc读写速度。

命令格式：rktest emmc<start\_lba> <blocks>

```
=> rktest emmc 0x2000 2000

Round up to 8192 blocks compulsively

MMC write: dev # 0, block # 8192, count 8192 ... 8192 blocks written: OK
eMMC write: size 4MB, used 187ms, speed 21MB/s

MMC read: dev # 0, block # 8192, count 8192 ... 8192 blocks read: OK
eMMC read: size 4MB, used 95ms, speed 43MB/s
```

注意：测试后对应的被写存储区域的数据已经变化了。如果这个区域对应的是固件分区，则固件可能已经被破坏，请重新烧写固件。

4. rknannd测试：用于确认当前环境下系统的rknannd读写速度。

命令格式：rktest rknannd <start\_lba> <blocks>

```
=> rktest rknannd 0x2000 2000
```

```
Round up to 8192 blocks compulsively
```

```
rknannd write: dev # 0, block # 8192, count 8192 ... 8192 blocks written: OK
```

```
rknannd write: size 4MB, used 187ms, speed 21MB/s
```

```
rknannd read: dev # 0, block # 8192, count 8192 ... 8192 blocks read: OK
```

```
rknannd read: size 4MB, used 95ms, speed 43MB/s
```

5. vendor storage测试：用于确认当前环境下系统的vendor storage功能是否正常。

```
=> rktest vendor
```

```
[Vendor Test]:Test Start...
```

```
[Vendor Test]:Before Test, Vendor Resetting.
```

```
[Vendor Test]:<All Items Used> Test Start...
```

```
[Vendor Test]:item_num=126, size=448.
```

```
[Vendor Test]:<All Items Used> Test End,States:OK
```

```
[Vendor Test]:<Overflow Items Cnt> Test Start...
```

```
[Vendor Test]:id=126, size=448.
```

```
[Vendor Test]:<Overflow Items Cnt> Test End,States:OK
```

```
[Vendor Test]:<Single Item Memory Overflow> Test Start...
```

```
[Vendor Test]:id=0, size=6464.
```

```
[Vendor Test]:<Single Item Memory Overflow> Test End, States:OK
```

```
[Vendor Test]:<Total memory overflow> Test Start...
```

```
[Vendor Test]:item_num=9, size=6464.
```

```
[Vendor Test]:<Total memory overflow> Test End, States:OK
```

```
[Vendor Test]:After Test, Vendor Resetting...
```

```
[Vendor Test]:Test End.
```

6. maskrom下载模式识别测试：用于确认当前环境下，能否退回到maskrom模式进行烧写。

```
=> rktest brom
```

敲完命令可以看下烧写工具是否显示当前处于maskrom烧写模式，且能正常进行固件下载。

7. regulator测试：用于显示各路regulator的dts配置状态、当前的实际状态；BUCK调压是否正常。

```
=> rktest regulator
```

打印dts配置和当前实际各路电压情况：



```

<Board dts config>:
DCDC_REG1@ vdd_center: 750000uV <-> 1350000uV, set 750000uV, enabling | suspend -61uV, disabled
DCDC_REG2@ vdd_cpu_1: 750000uV <-> 1350000uV, set 750000uV, enabling | suspend -61uV, disabled
DCDC_REG3@ vcc_ddr: -61uV <-> -61uV, set -61uV, enabling | suspend -61uV, enabling
DCDC_REG4@ vcc_1v8: 1800000uV <-> 1800000uV, set 1800000uV, enabling | suspend 1800000uV, enabling
LDO_REG1@ vcc1v8_dvp: 1800000uV <-> 1800000uV, set 1800000uV, enabling | suspend -61uV, disabled
LDO_REG2@ vcc3v0_tp: 3000000uV <-> 3000000uV, set 3000000uV, enabling | suspend -61uV, disabled
LDO_REG3@ vcc1v8_pmu: 1800000uV <-> 1800000uV, set 1800000uV, enabling | suspend 1800000uV, enabling
LDO_REG4@ vccio_sd: 1800000uV <-> 3000000uV, set 1800000uV, enabling | suspend 3000000uV, enabling
LDO_REG5@ vcca3v0_codec: 3000000uV <-> 3000000uV, set 3000000uV, enabling | suspend -61uV, disabled
LDO_REG6@ vcc_1v5: 1500000uV <-> 1500000uV, set 1500000uV, enabling | suspend 1500000uV, enabling
LDO_REG7@ vcca1v8_codec: 1800000uV <-> 1800000uV, set 1800000uV, enabling | suspend -61uV, disabled
LDO_REG8@ vcc_3v0: 3000000uV <-> 3000000uV, set 3000000uV, enabling | suspend 3000000uV, enabling
SWITCH_REG1@ vcc3v3_s3: -61uV <-> -61uV, set -61uV, enabling | suspend -61uV, disabled
SWITCH_REG2@ vcc3v3_s0: -61uV <-> -61uV, set -61uV, enabling | suspend -61uV, disabled
vcc3v3-sys@ vcc3v3_sys: 3300000uV <-> 3300000uV, set 3300000uV, enabling | suspend -61uV, enabling
vcc5v0-host-regulator@ vcc5v0_host: -61uV <-> -61uV, set -61uV, enabling | suspend -61uV, enabling
vcc5v0-sys@ vcc5v0_sys: 5000000uV <-> 5000000uV, set 5000000uV, enabling | suspend -61uV, enabling
vcc-sd@ vcc_sd: 3300000uV <-> 3300000uV, set 3300000uV, disabled | suspend -61uV, enabling
vcc-phy-regulator@ vcc_phy: -61uV <-> -61uV, set -61uV, enabling | suspend -61uV, enabling
vdd-log@ vdd_log: 800000uV <-> 1400000uV, set 800000uV, enabling | suspend -61uV, enabling
vcc-1cd@ vcc_1cd: 3300000uV <-> 3300000uV, set 3300000uV, enabling | suspend -61uV, enabling

<Board current status>:
DCDC_REG1@ vdd_center: set 900000uV, enabling | suspend 712500uV, disabled
DCDC_REG2@ vdd_cpu_1: set 900000uV, enabling | suspend 712500uV, disabled
DCDC_REG3@ vcc_ddr: set 712500uV, enabling | suspend 712500uV, enabling
DCDC_REG4@ vcc_1v8: set 1800000uV, enabling | suspend 1800000uV, enabling
LDO_REG1@ vcc1v8_dvp: set 1800000uV, enabling | suspend 1800000uV, disabled
LDO_REG2@ vcc3v0_tp: set 3000000uV, enabling | suspend 1800000uV, disabled
LDO_REG3@ vcc1v8_pmu: set 1800000uV, enabling | suspend 1800000uV, enabling
LDO_REG4@ vccio_sd: set 3000000uV, enabling | suspend 3000000uV, enabling
LDO_REG5@ vcca3v0_codec: set 3000000uV, enabling | suspend 1800000uV, disabled
LDO_REG6@ vcc_1v5: set 1500000uV, enabling | suspend 1500000uV, enabling
LDO_REG7@ vcca1v8_codec: set 1800000uV, enabling | suspend 800000uV, disabled
LDO_REG8@ vcc_3v0: set 3000000uV, enabling | suspend 3000000uV, enabling
SWITCH_REG1@ vcc3v3_s3: set -38uV, enabling | suspend 0uV, disabled
SWITCH_REG2@ vcc3v3_s0: set -38uV, enabling | suspend 0uV, disabled
vcc3v3-sys@ vcc3v3_sys: set 3300000uV, enabling | suspend -38uV, enabling
vcc5v0-host-regulator@ vcc5v0_host: set -61uV, enabling | suspend -38uV, enabling
vcc5v0-sys@ vcc5v0_sys: set 5000000uV, enabling | suspend -38uV, enabling
vcc-sd@ vcc_sd: set 3300000uV, enabling | suspend -38uV, enabling
vcc-phy-regulator@ vcc_phy: set -61uV, enabling | suspend -38uV, enabling
vdd-log@ vdd_log: set -1uV, enabling | suspend -38uV, enabling
vcc-1cd@ vcc_1cd: set 3300000uV, enabling | suspend -38uV, enabling

```

调压精度测试：

```

[DCDC_REG1@vdd_center] set: 900000 uV -> 912500 uV; ReadBack: 912500 uV

Confirm 'vdd_center' voltage, then hit any key to continue...

[DCDC_REG1@vdd_center] set: 912500 uV -> 937500 uV; ReadBack: 937500 uV

Confirm 'vdd_center' voltage, then hit any key to continue...

[DCDC_REG1@vdd_center] set: 937500 uV -> 975000 uV; ReadBack: 975000 uV

Confirm 'vdd_center' voltage, then hit any key to continue...

[DCDC_REG2@vdd_cpu_1] set: 900000 uV -> 912500 uV; ReadBack: 912500 uV

Confirm 'vdd_cpu_1' voltage, then hit any key to continue...

[DCDC_REG2@vdd_cpu_1] set: 912500 uV -> 937500 uV; ReadBack: 937500 uV

Confirm 'vdd_cpu_1' voltage, then hit any key to continue...

[DCDC_REG2@vdd_cpu_1] set: 937500 uV -> 975000 uV; ReadBack: 975000 uV

Confirm 'vdd_cpu_1' voltage, then hit any key to continue..

```

8. ethernet测试

[TODO]

9. ir测试

[TODO]

# 附录

## IRAM程序内存分布(SPL/TPL)

bootRom出来的第一段代码在Internal SRAM(U-Boot叫IRAM), 可能是TPL或者SPL, 同时存在TPL和SPL时描述的是TPL的map, SPL的map类似.

Name	start addr	size	Desc
Bootrom	IRAM_START	TPL_TEXT_BASE-IRAM_START	data and stack
TAG	TPL_TEXT_BASE	4	RKXX
text	TEXT_BASE	sizeof(text)	
bss	text_end	sizeof(bss)	append to text
dtb	bss_end	sizeof(dtb)	append to bss
SP	gd start		stack
gd	malloc_start - sizeof(gd)	sizeof(gd)	
malloc	IRAM_END-MALLOC_F_LEN	*PL_SYS_MALLOC_F_LEN	malloc_simple

text, bss, dtb的空间是编译时根据实际内容大小决定的； malloc, gd, SP是运行时根据配置来确定的位置； 一般要求dtb尽量精简,把空间留给代码空间, text如果过大, 运行时比较容易碰到的问题是Stack把dtb冲了, 导致找不到dtb.

## U-Boot内存分布(relocate后)

U-Boot代码一开始由前级Loader搬到TEXT\_BASE的位置,U-Boot在探明实际可用DRAM空间后,把自己relocate到ram\_top位置, 其中Relocation Offset = 'U-Boot start - TEXT\_BASE'.

Name	start addr	size	Desc
ATF	RAM_START	0x200000	Reserved for bl31
OP-TEE	0x8400000	2M~16M	参考TEE开发手册
kernel fdt	fdt_addr_r		
kernel	kernel_addr_r		
ramdisk	ramdisk_addr_r		
fastboot buffer	CONFIG_FASTBOOT_BUF_ADDR	CONFIG_FASTBOOT_BUF_SIZE	
SP			stack
FDT		sizeof(dtb)	U-Boot自带dtb
GD		sizeof(gd)	
Board		sizeof(bd_t)	board info, eg. dram size
malloc		TOTAL_MALLOC_LEN	约64M
U-Boot		sizeof(mon)	含text, bss
Video FB		fb size	约32M
TLB table	RAM_TOP-64K	32K	

Video FB/U-Boot/malloc/Board/GD/FDT/SP是由顶向下根据实际需求大小来分配的, 起始地址对齐到4K大小 ; ATF在armv8是必需的, 属于TE, armv7没有 ; OP-TEE在armv7属于TE+TOS, 可选, 根据是否需要TA来确定大小 ; 在armv8属于bl32(TOS), 可选, 依据内含TA数量来确定大小 ; U-Boot在dram\_init\_banksize()函数解析实际占用空间 ; kernel fdt/kernel/ramdisk几个起始位置在includ/config/rkxx\_common.h中的ENV\_MEM\_LAYOUT\_SETTINGS定义,注意不能和已定义位置重合 ; FASTBOOT/ROCKUSB等下载功能的BUFFER地址,在config/evb-rkxx\_defconfig中定义, FASTBOOT\_BUF\_ADDR注意不能和已定义位置重合, 可以跟上一条内容重合 ;

## fastboot一些参考

make\_unlock.sh参考

```
#!/bin/sh
python avb-challenge-verify.py raw_atx_unlock_challenge.bin atx_product_id.bin
python avbtool make_atx_unlock_credential --output=atx_unlock_credential.bin --
intermediate_key_certificate=atx_pik_certificate.bin --
unlock_key_certificate=atx_puk_certificate.bin --challenge=atx_unlock_challenge.bin --
unlock_key=testkey_atx_puk.pem
```

#### avb-challenge-verify.py源码

```
#!/user/bin/env python
"this is a test module for getting unlock challenge"
import sys
import os
from hashlib import sha256

def challenge_verify():
    if (len(sys.argv) != 3) :
        print "Usage: rkpublickey.py [challenge_file] [product_id_file]"
        return
    if ((sys.argv[1] == "-h") or (sys.argv[1] == "--h")):
        print "Usage: rkpublickey.py [challenge_file] [product_id_file]"
        return
    try:
        challenge_file = open(sys.argv[1], 'rb')
        product_id_file = open(sys.argv[2], 'rb')
        challenge_random_file = open('atx_unlock_challenge.bin', 'wb')
        challenge_data = challenge_file.read(52)
        product_id_data = product_id_file.read(16)
        product_id_hash = sha256(product_id_data).digest()
        print("The challenge version is %d" %ord(challenge_data[0]))
        if (product_id_hash != challenge_data[4:36]) :
            print("Product id verify error!")
            return
        challenge_random_file.write(challenge_data[36:52])
        print("Success!")

    finally:
        if challenge_file:
            challenge_file.close()
        if product_id_file:
            product_id_file.close()
        if challenge_random_file:
            challenge_random_file.close()

if __name__ == '__main__':
    challenge_verify()
```

## rkbin仓库下载

### 1. Rockchip内部工程师：

登录gerrit -> project -> list -> Filter搜索框输入：“rk/rkbin” -> 下载；

2. 外部工程师：

(1) 下载产品部门发布的完整SDK工程；

(2) 从Github下载：<https://github.com/rockchip-linux/rkbin>。

## gcc编译器下载

1. Rockchip内部工程师：

登录gerrit -> project -> list -> Filter搜索框输入：“gcc-linaro-6.3.1” -> 下载；

2. 外部工程师：

下载产品部门发布的完整SDK工程；