

Nand Flash Open Source Solution 开发指南

文件标识: RK-KF-YF-314

发布版本: V2.2.0

日期: 2021-04-13

文件密级: ☐绝密 ☐秘密 ☐内部资料 ☒公开

免责声明

本文档按“现状”提供, 瑞芯微电子股份有限公司(“本公司”, 下同)不对本文档的任何陈述、信息和内容的准确性、可靠性、完整性、适销性、特定目的性和非侵权性提供任何明示或暗示的声明或保证。本文档仅作为使用指导的参考。

由于产品版本升级或其他原因, 本文档将可能在未经任何通知的情况下, 不定期进行更新或修改。

商标声明

“Rockchip”、“瑞芯微”、“瑞芯”均为本公司的注册商标, 归本公司所有。

本文档可能提及的其他所有注册商标或商标, 由其各自拥有者所有。

版权所有 © 2021 瑞芯微电子股份有限公司

超越合理使用范畴, 非经本公司书面许可, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。

瑞芯微电子股份有限公司

Rockchip Electronics Co., Ltd.

地址: 福建省福州市铜盘路软件园A区18号

网址: www.rock-chips.com

客户服务电话: +86-4007-700-590

客户服务传真: +86-591-83951833

客户服务邮箱: fae@rock-chips.com

前言

概述

Rockchip SDK默认采用闭源的miniloader 加载 trust 和 u-boot，所有存储设备（eMMC NAND/NOR Flash）都以block接口访问，对于想通过MTD 接口访问NAND / NOR Flash的开发者，Rockchip 提供了开源的 SPL来加载trust和u-boot，并且在 u-boot中通过MTD接口访问NAND/NOR Fash。

产品版本

芯片名称	内核版本
RK3308	Linux 4.4, Linux4.19
RV1126 & RV1109	Linux 4.19

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

修订记录

版本号	作者	修改日期	修改说明
V1.0.0	HKH	2019-06-20	初始版本
V1.0.1	HKH	2019-11-11	增加sd卡升级说明
V1.0.2	Ruby Zhang	2020-07-08	格式修订
V1.1.0	Jair Wu	2020-07-10	新增u-boot编译说明
V2.0.0	Jon Lin	2020-10-19	完善驱动配置等详细信息
V2.0.1	Jon Lin	2020-11-27	增加 UBIFS 多卷支持、增减 ubiattach 参数说明
V2.1.0	Jon Lin	2021-01-27	添加更多 UBIFS 支持说明
V2.1.1	CWW	2021-02-22	格式修订
V2.2.0	Jon Lin	2021-04-13	u-boot 支持 UBIFS，更改使用 programmer_image_tool 制作烧录器镜像

目录

Nand Flash Open Source Solution 开发指南

1. 开源方案须知
 - 1.1 开源方案特性
 - 1.2 Nand Flash 信息
 - 1.3 其余关键信息
2. 存储软件驱动配置
 - 2.1 SPL & U-Boot
 - 2.1.1 配置说明
 - 2.1.2 64 位芯片 SPL 编译处理
 - 2.2 Kernel
 - 2.2.1 SLC Nand 开源方案
 - 2.2.2 SPI Nand
 - 2.3 MTD 分区表
 - 2.3.1 RK SDK 支持解析 GPT 并生成 MTD 分区表
 - 2.4 dts 添加 rootfs 自动挂载信息
 - 2.4.1 Vendor Storage
 - 2.5 Buildroot
 - 2.6 编译脚本补丁
 - 2.6.1 RK3308 补丁
 - 2.7 SD 引导升级
 - 2.8 启动关键 Log
3. OTA
 - 3.1 Shell 命令升级 MTD 分区
 - 3.2 Shell 命令升级 UBIFS 镜像分区
 - 3.3 函数接口升级 MTD 分区
4. UBIFS 文件系统
 - 4.1 简介
 - 4.2 配置
 - 4.3 镜像制作及挂载
 - 4.3.1 预制作镜像
 - 4.3.2 空分区镜像制作
 - 4.3.3 UBIFS 分区命令挂载
 - 4.3.4 UBI 镜像分区损耗
 - 4.4 UBI Block 支持 SquashFS
 - 4.5 镜像空间大小优化
 - 4.6 UBIFS OTA
 - 4.7 u-boot 下支持 UBIFS
5. PC 工具烧录
6. 烧录器烧录
 - 6.1 SPI Nand 镜像烧录
 - 6.1.1 SPI Nand 制作烧录镜像
 - 6.1.2 SPI Nand 烧录器烧录
 - 6.2 SLC Nand 镜像烧录
 - 6.2.1 SLC Nand 制作烧录镜像
 - 6.2.2 SLC Nand 烧录器烧录
7. 附录参考

1. 开源方案须知

1.1 开源方案特性

确认以下开源实现方案特性:

简称	主要支持的颗粒类型	注册设备类型	主要支持文件系统	支持的烧录方式
SLC Nand 开源方案 (并口 Nand)	SLC Nand	mtd 设备、 ubiblock	SquashFS、 UBIFS	USB 升级、SD 卡升级、 烧录器升级
SPI Nand 开源方案	SPI Nand	mtd 设备、 ubiblock	SquashFS、 UBIFS	USB 升级、SD 卡升级、 烧录器升级

主要确认:

- 选用的颗粒类型
- 文件系统是否符合需求

1.2 Nand Flash 信息

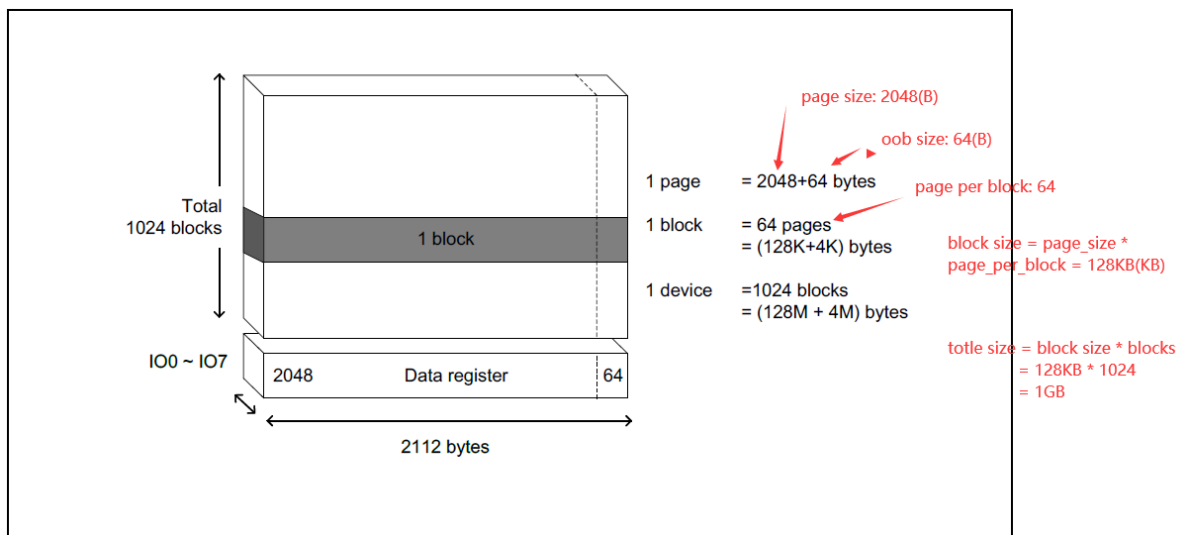
在制作 UBIFS 镜像、IDB 镜像 (Pre loader) 时需要通过存储颗粒手册来确认 Nand flash 相关信息, 并根据选择镜像制作参数, 主要包括以下:

- page size, SLC Nand 通常为 2KB 或 4KB page size;
- page per block, SLC Nand 通常为 64 或 128;
- block size = page_size * page_per_block, SLC Nand 通常为 128KB, 256KB;
- oob size, SLC Nand 通常为 64B, 128B 或 256B。

在以下操作时, 默认通常为 2KB page size, 128KB block size 配置, 如用其他颗粒, 应做相应调整:

- 制作烧录器镜像
- 制作使用 UBIFS 文件系统的镜像;

可以通过通过查看颗粒手册来确认 flash 信息。



1.3 其余关键信息

UBIFS 在使用过程中有以下要求需要提交了解：

- UBIFS 镜像无法兼容 page size 或 block size 不一样的两种物料，所以物料选型要慎重。
- 文档中 SLC Nand 指并口 nand

2. 存储软件驱动配置

2.1 SPL & U-Boot

简称	主要支持的颗粒类型	主控驱动	flash 框架	注册设备类型	主要支持文件系统	支持的烧录方式
SLC Nand 开源方案	SLC Nand	drivers/mtd/nand/raw	drivers/mtd/nand/raw	mtd	UBIFS	USB 升级、SD 卡升级、烧录器升级
SPI Nand 开源方案	SPI Nand	drivers/spi	drivers/mtd/nand/spi	mtd	UBIFS	USB 升级、SD 卡升级、烧录器升级

2.1.1 配置说明

defconfig 配置如下：

增加

```
// MTD 驱动支持
CONFIG_MTD=y
CONFIG_CMD_MTD_BLK=y
CONFIG_SPL_MTD_SUPPORT=y
```

```

CONFIG_MTD_BLK=y
CONFIG_MTD_DEVICE=y

// spi nand 驱动支持
CONFIG_NAND=y
CONFIG_MTD_SPI_NAND=y
CONFIG_ROCKCHIP_SFC=y
CONFIG_SPL_SPI_FLASH_SUPPORT=y
CONFIG_SPL_SPI_SUPPORT=y

// nand 驱动支持
CONFIG_NAND=y
CONFIG_CMD_NAND=y
CONFIG_NAND_ROCKCHIP=y
CONFIG_SPL_NAND_SUPPORT=y
CONFIG_SYS_NAND_U_BOOT_LOCATIONS=y
CONFIG_SYS_NAND_U_BOOT_OFFS=0x8000
CONFIG_SYS_NAND_U_BOOT_OFFS_REDUND=0x10000

// rkfw 打包格式指定 u-boot trust 地址 (fit 格式则无需)
CONFIG_RKFW_TRUST_SECTOR=0X3000      #存储设备里面的烧写地址,以sector为单位的,1
sector=512 Bytes,即paramter.txt 里trust的起始地址
CONFIG_RKFW_U_BOOT_SECTOR=0X2000    #存储设备里面的烧写地址,以sector为单位的,1
sector=512 Bytes,即paramter.txt 里u-boot的起始地址

```

删除

```

CONFIG_RKFLASH=y
CONFIG_RKNANDC_NAND=y
CONFIG_RKSFC_NAND=y

```

2.1.2 64 位芯片 SPL 编译处理

当选用32位 u-boot 系统编译时，仍需使用64位的 SPL，因此需要先编译64位的u-boot，备份spl/u-boot-spl.bin，再编译32位的u-boot，打包前将spl/u-boot-spl.bin替换，以 RK3308 为例具体操作如下：

```

cd u-boot
./make.sh rk3308
cp spl/u-boot-spl.bin ..
./make.sh rk3308-aarch32
cp ../u-boot-spl.bin spl/
./make.sh spl-s ../rkbin/RKBOOT/RK3308MINIALL_WO_FTL.ini

```

该步骤生成的rk3308_loader_wo_ftl_v*.bin即可作为最终的Loader烧录至板上。

2.2 Kernel

简称	主要支持的颗粒类型	主控驱动	flash 框架	注册设备类型	主要支持文件系统	支持的烧录方式
SLC Nand 开源方案	SLC Nand	drivers/mtd/nand/raw	drivers/mtd/nand/raw	mtd	UBIFS	USB 升级、SD 卡升级、烧录器升级
SPI Nand 开源方案	SPI Nand	drivers/rkflash	drivers/rkflash	mtd	UBIFS	USB 升级、SD 卡升级、烧录器升级

2.2.1 SLC Nand 开源方案

配置：

```
CONFIG_RK_NANDC_NAND=n    /* 不兼容 */
CONFIG_MTD_NAND_ROCKCHIP_V6=y /* NandC v6 可根据 TRM NANDC->NANDC_NANDC_VER 寄存器确认，0x00000801 */
# CONFIG_MTD_NAND_ROCKCHIP_V9=y /* NandC v6 可根据 TRM NANDC->NANDC_NANDC_VER 寄存器确认，0x56393030，目前仅 RK3326 可选改方案 */
CONFIG_MTD_CMDLINE_PARTS=y
```

驱动文件：

```
./drivers/mtd/nand/raw/
```

SLC Nand 坏块管理策略：

Flash 的尾部预留 4 个 block 给坏块表存放，固件应避开该区域，可以考虑 flash 尾部 1MB 空间不使用，详细参考“MTD 分区表注”章节内的注意事项。

2.2.2 SPI Nand

配置：

```
CONFIG_RK_FLASH=y

CONFIG_RK_SFC_NAND=y      /* SPI Nand flash */
CONFIG_RK_SFC_NAND_MTD=y /* SPI Nand flash 及其分区注册为 mtd 设备，不选中则注册为普通 block 设备（rkflash0pn） */
CONFIG_MTD_CMDLINE_PARTS=y
```

驱动文件：

```
./drivers/rkflash
```

SPI Nand 坏块管理策略:

Flash 的尾部预留 4 个 block 给坏块表存放, 固件应避免该区域, 可以考虑 flash 尾部 1MB 空间不使用, 详细参考“MTD 分区表注”章节内的注意事项。

驱动文件:

```
./drivers/rkflash/sfc_nand_mtd_bbt.c
```

2.3 MTD 分区表

2.3.1 RK SDK 支持解析 GPT 并生成 MTD 分区表

RK 提供的 SDK 支持 u-boot 中解析 GPT 生成 cmdline mtdparts 信息, 并传递给内核。

注意:

- SLC Nand 及 SPI Nand 开源方案每个分区应预留出 2~3 个 flash block size 的冗余空间, 以便遇到坏块时, 有冗余空间可替换, 尤其注意 u-boot 分区是否做到了空间预留;
- 分区起始地址应做 flash block size 对齐;
- SLC Nand 及 SPI Nand 开源方案预留最后 4 个 flash block 给全局坏块表, 所以最后一个用户分区不应包括该区域, 具体有以下两种情形:

parameter.txt 内最后一个分区使用 grow 标志: 代码内会自动调整最后一个分区 size, SDK 默认为此方案;

parameter.txt 内最后一个分区未使用 grow 标志, 或未使用 gpt 方案: 最后一个用户分区不应定义到 flash 尾部 1MB 空间。

- 分区表要使用GPT表, 即parameter.txt 文件中, 配置如下字段

```
TYPE: GPT
```

2.4 dts 添加 rootfs 自动挂载信息

选择并添加相应的代码在 dts bootargs:

```
ubi.mtd=4 root=ubi0:rootfs rootfstype=ubifs
ubi.mtd=3 ubi.block=0,rootfs root=/dev/ubiblock0_0 rootfstype=squashfs    /* UBI
block 上挂载 SquashFS 文件系统 */
```

注意:

1. 如果 mtd 分区由 u-boot 解析 GPT 获取, 则与 parameter.txt 中的分区一一对应, 从 mtd0 或者 mtdblock0 开始计数;
2. mtd 为 char 设备, mtdblock 为 block 设备

2.4.1 Vendor Storage

文件parameter.txt里面添加一个分区“vnvm”可以启用vendor storage功能。“vnvm”分区大小需要配置为NAND FLASH块大小的整数倍，建议配置1MB。

2.5 Buildroot

rootfs 以ubifs 为例，参照下图配置，具体配置参数详见 UBIFS 文件系统说明：

```
^(-)
[ ] tar the root filesystem
[*] ubi image containing an ubifs root filesystem
(0x20000) physical eraseblock size PEB:物理逻辑块大小
(2048) sub-page size 页大小
[ ] Use custom config file
(-v) Additional ubinize options 打印编译信息
-*- ubifs root filesystem
(0x1f000) logical eraseblock size LEB:逻辑擦除块大小
(0x800) minimum I/O unit size 页大小
(488) maximum logical eraseblock count 逻辑擦除块数
ubifs runtime compression (lzo) --->
Compression method (no compression) --->
(-F -v) Additional mkfs.ubifs options -F可烧写，-v打印编译信息
[ ] yaffs2 root filesystem
```

physical eraseblock size (物理逻辑块大小): flash block size
sub-page (同页大小设置): flash page size
logical eraseblock size (逻辑擦除块大小): flash block size - 2 * flash page size, 例如 128KB - 2 * 2KB = 0x1f000
minimum I/O unit size (页大小): flash page size

配置完成后，使用make savedefconfig 保存Buildroot 的配置。

2.6 编译脚本补丁

build.sh 增加spl 编译，生成的 spl 文件位于u-boot/spl/u-boot-spl.bin，SDK 编译脚本会自动将spl打包到MiniloaderAll.bin 文件中，但一些芯片需要修订 SDK 部分脚本。

2.6.1 RK3308 补丁

编译 Pre loader

默认 SDK 存储驱动编译 Pre loader 为闭源的带 FTL 支持的 Miniloader 工程，不支持开源驱动框架，可以调整为以下两种方案中的一种：

闭源的未带 FTL 支持的 Miniloader.bin:

```
diff --git a/common/build.sh b/common/build.sh
index 671decd..c4fe085 100755
--- a/common/build.sh
+++ b/common/build.sh
@@ -46,7 +46,7 @@ function build_uboot(){
    if [ -f u-boot/*_loader*.bin ]; then
        rm u-boot/*_loader*.bin
    fi
-    cd u-boot && ./make.sh $RK_UBOOT_DEFCONFIG && cd -
+    cd u-boot && ./make.sh $RK_UBOOT_DEFCONFIG && ./make.sh spl-s
+    ./rkbin/RKBOOT/RK3308MINIALL_WO_FTL.ini && cd -
    if [ $? -eq 0 ]; then
        echo "====Build uboot ok!===="
    else
```

开源的 SPL 支持:

参考“64 位芯片 SPL 编译处理”章节。

修改 SDK 文件系统支持

BoardConfig.mk 修改以下字段:

```
export RK_ROOTFS_TYPE=ubi
export RK_OEM_FS_TYPE=ubi
export RK_USERDATA_FS_TYPE=ubi
```

打包工具修改（tools 目录），不打包oem和userdata如下:

```
diff --git a/linux/Linux_Pack_Firmware/rockdev/rk3308-package-file
b/linux/Linux_Pack_Firmware/rockdev/rk3308-package-file
index 92c0259..260e2fe 100755
--- a/linux/Linux_Pack_Firmware/rockdev/rk3308-package-file
+++ b/linux/Linux_Pack_Firmware/rockdev/rk3308-package-file
@@ -9,8 +9,8 @@ uboot          Image/uboot.img
boot           Image/boot.img
rootfs         Image/rootfs.img
recovery       Image/recovery.img
-oem           Image/oem.img
-userdata:grow Image/userdata.img
+#oem         Image/oem.img
+#userdata:grow Image/userdata.img
```

2.7 SD 引导升级

SPL 方案支持sd卡升级方案，如需该功能，需要打开以下配置:

u-boot目录:

```

diff --git a/arch/arm/dts/rk3308-evb.dts b/arch/arm/dts/rk3308-evb.dts
index 3178d45..68853d6 100644
--- a/arch/arm/dts/rk3308-evb.dts
+++ b/arch/arm/dts/rk3308-evb.dts
@@ -330,7 +330,7 @@
        sd-uhs-sdr25;
        sd-uhs-sdr50;
        sd-uhs-sdr104;
-       status = "disabled";
+       status = "okay";
    };

    &u2phy {

```

```

-CONFIG_OF_SPL_REMOVE_PROPS="pinctrl-names clock-names interrupt-parent
assigned-clocks assigned-clock-rates assigned-clock-parents"
+CONFIG_OF_SPL_REMOVE_PROPS=""
+CONFIG_SPL_PINCTRL_GENERIC=y
+CONFIG_SPL_PINCTRL=y

```

kernel目录:

```

diff --git a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3308.dtsi
b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3308.dtsi
index 8a98886..970fb69 100644
--- a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3308.dtsi
+++ b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3308.dtsi
@@ -1166,6 +1166,8 @@
        nandc_id = <0>;
        clocks = <&cru SCLK_NANDC>, <&cru HCLK_NANDC>;
        clock-names = "clk_nandc", "hclk_nandc";
+       pinctrl-names = "default";
+       pinctrl-0 = <&flash_csn0 &flash_rdy &flash_ale &flash_cle
&flash_wrn &flash_rdn &flash_bus8>;
        status = "disabled";
    };

```

```

diff --git a/drivers/mtd/nand/rockchip_nand_v6.c
b/drivers/mtd/nand/rockchip_nand_v6.c
index 5a74427..31208ba 100644
--- a/drivers/mtd/nand/rockchip_nand_v6.c
+++ b/drivers/mtd/nand/rockchip_nand_v6.c
@@ -20,6 +20,7 @@
#include <linux/gpio.h>
#include <linux/interrupt.h>
#include <linux/iopoll.h>
+#include <asm/io.h>

#define NANDC_V6_NUM_BANKS 4
#define NANDC_V6_DEF_TIMEOUT 20000
@@ -689,6 +690,7 @@ static int rk_nandc_probe(struct platform_device *pdev)
    int irq;
    int ret;
    int clock_frequency;
+    void __iomem *base;

```

```

        nandc = devm_kzalloc(dev, sizeof(*nandc), GFP_KERNEL);
        if (!nandc)
@@ -697,6 +699,8 @@ static int rk_nandc_probe(struct platform_device *pdev)
        nandc->dev = dev;

        r = platform_get_resource(pdev, IORESOURCE_MEM, 0);
+       base = ioremap(0xff000000, 0x10000);
+       printk("%s %x %x\n", __func__, readl(base + 0x60), readl(base + 0x68));
        nandc->regs = devm_ioremap_resource(dev, r);
        if (IS_ERR(nandc->regs))
            return PTR_ERR(nandc->regs);

```

recovery 的 defconfig 需要打开宏

```
BR2_PACKAGE_MTD=y
```

编译完成后使用平台工具 SDDiskTool_v1.59 进行制卡，第一次升级需要在 sd 卡的根目录生成升级 Flash 需要的固件，所以时间会比较长，后面效率则会加快。

2.8 启动关键 Log

SPL Log

```

U-Boot SPL board init
U-Boot SPL 2017.09-03071-g9cb6379-dirty (Jun 28 2019 - 10:29:22)

```

启动成功之后，运行 mount 命令，会有如下挂载：

```

# mount
ubi0:rootfs on / type ubifs (rw,relatime)
/dev/ubi6_0 on /oem type ubifs (rw,relatime)
/dev/ubi7_0 on /userdata type ubifs (rw,relatime)

```

3. OTA

3.1 Shell 命令升级 MTD 分区

首先要确定，如果 MTD 分区内的镜像使用 UBIFS 文件系统，要参考“Shell 命令升级 UBIFS 镜像分区”章节，所以该 MTD 分区主要针对 IDB、u-boot、kernel 等只读没有文件系统的固件分区。

u-boot SLC Nand

nand info:

```
nand info
```

nand erase:

```
nand erase off size
```

- off: block size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制
- size: block size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制

nand write:

```
nand write - addr off|partition size
```

- addr: memory 地址, 仅支持十六进制
- off|partition: page size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制
- size: page size 对齐, 单位为 byte, 用十六进制

nand read:

```
nand read - addr off|partition size
```

- addr: memory 地址, 仅支持十六进制
- off|partition: page size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制
- size: page size 对齐, 单位为 byte, 用十六进制

针对一个分区的升级, 建议操作顺序:

```
tftp 0x4000000 rootfs.img
nand erase 0x600000 0x200000 /* 升级分区时先擦除整个分区 */
nand write 0x4000000 0x600000 0x200000
```

u-boot SPI Nand

SPI Nand 无法支持 nand cmd 命令, 可选用 cmd/mtd.c 接口, 依旧能跳过坏块。

mtd erase:

```
mtd erase <name> <off> <size>
```

- name: spi-nand0 for SPI Nand mtd devices
- off: page size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制
- size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制

mtd write:

```
mtd write <name> <addr> <off> <size>
```

- name: spi-nand0 for SPI Nand mtd devices
- addr: memory 地址, 仅支持十六进制
- off: page size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制
- size 对齐, 单位为 byte, 仅支持十六进制

mtd read:

```
mtd read <name> <addr> <off> <size>
```

- name: spi-nand0 for SPI Nand mtd devices
- addr: memory 地址, 仅支持十六进制

- off: page size 对齐，单位为 byte，仅支持十六进制
- size 对齐，单位为 byte，仅支持十六进制

针对一个分区的升级，建议操作顺序：

```
tftp 0x4000000 rootfs.img
mtd erase spi-nand0 0x600000 0x200000 /* 升级分区时先擦除整个分区 */
mtd write spi-nand0 0x4000000 0x600000 0x200000
```

kernel

flash_erase:

```
flash_erase /* 例如: flash_erase /dev/mtd1 0 0 */
```

nanddump:

```
nanddump --bb=skipbad /dev/mtd3
```

1. --bb=METHOD, where METHOD can be 'padbad', 'dumpbad', or 'skipbad':
2. padbad: dump flash data, substituting 0xFF for any bad blocks
3. dumpbad: dump flash data, including any bad blocks
4. skipbad: dump good data, completely skipping any bad blocks (default)

nandwrite:

```
nandwrite -p /dev/mtd3 /rockchip_test/rockchip_test.sh
```

针对一个分区的升级，建议操作顺序：

```
flash_erase /dev/mtd4 0 0 /* 升级分区时先擦除整个分区 */
nandwrite -p /dev/mtd3 /userdata/boot.img
sync
nanddump --bb=skipbad /userdata/boot_read.img
md5sum /userdata/boot_read.img ... /* 建议添加校验 */
```

3.2 Shell 命令升级 UBIFS 镜像分区

参考 "UBIFS 文件系统" -> "UBIFS OTA" 章节。

3.3 函数接口升级 MTD 分区

首先要确定，如果 MTD 分区内的镜像使用 UBIFS 文件系统，要参考“Shell 命令升级 UBIFS 镜像分区”章节，所以该 MTD 分区主要针对 IDB、u-boot、kernel 等只读没有文件系统的固件分区。

u-boot

- 建议参考 drivers/mtd/nand/nand_util.c，使用有坏块识别的读写擦除接口。
- 对于数据量较少的一次完整写行为（建议每次上电写数据量少于 2KB），可以考虑使用 RK SDK 中 mtd 转 block 设备相应的接口，源码 drivers/mtd/mtd_blk.c，该 block 抽象接口有以下特点：

无论单次写请求的数据量多大，都会擦除数据对应的 flash block，所以对于零碎且频繁的写行为如果调用该接口将会影响 flash 的寿命。

kernel

建议参考 ./miscutils/nandwrite.c ./miscutils/flash_eraseall.c，使用有坏块识别的读写擦除接口。

user

原则上依旧是参考 ./miscutils/nandwrite.c ./miscutils/flash_eraseall.c，结合 mtd 设备阶段支持的系列 ioctl 命令，完成有坏块识别的读写擦除应用代码。

mtd device 支持的 ioctl 选项在 include/uapi/mtd/mtd-abi.h 中。

4. UBIFS 文件系统

4.1 简介

UBIFS 是 Unsorted Block Image File System 的简称，常应用于 raw nand 上的文件系统支持，作为 jffs2 的后继文件系统之一。UBIFS 通过 UBIFS 子系统处理与 MTD 设备之间动作。

4.2 配置

内核支持：

```
CONFIG_MTD_UBI=y
CONFIG_UBIFS_FS=y
CONFIG_UBIFS_FS_ADVANCED_COMPR=y
CONFIG_UBIFS_FS_LZO=y /* 建议选用 lzo 压缩 */
```

4.3 镜像制作及挂载

4.3.1 预制作镜像

命令详细说明

```
Usage: mkfs.ubifs [OPTIONS] target
Make a UBIFS file system image from an existing directory tree
Examples:
Build file system from directory /opt/img, writting the result in the ubifs.img
file
    mkfs.ubifs -m 512 -e 128KiB -c 100 -r /opt/img ubifs.img
The same, but writting directly to an UBIFS volume
    mkfs.ubifs -r /opt/img/dev/ubi0_0
Creating an empty UBIFS filesystem on an UBIFS volume
    mkfs.ubifs/dev/ubi0_0
Options:
```

```

-r, -d, --root=DIR          build file system from directory DIR, 待制作的文件系统目录
-m, --min-io-size=SIZE      minimum I/O unit size, 最小输入输出大小, NAND FLASH 的最小读写单元, 一般为 page size, 有 4096 或 2048
-e, --leb-size=SIZE         logical erase block size 逻辑可擦出块大小, 为 block size-2x (page size), 如 block_size 256KB page_size 2KB 应设置 -e 258048, 如 block_size 128KB page_size 2KB 应设置 -e 126976
-c, --max-leb-cnt=COUNT    maximum logical erase block count 最大逻辑可擦出块数目, autoresize 时文件系统的上限
-o, --output=FILE           output to FILE 输出文件名
-j, --jrn-size=SIZE         journal size
-R, --reserved=SIZE         how much space should be reserved for the super-user
-x, --compr=TYPE            compression type - "lzo", "favor_lzo", "zlib" or "none" (default: "lzo")
-X, --favor-percent         may only be used with favor LZO compression and defines how many percent better zlib should compress to make mkfs.ubifs use zlib instead of LZO (default 20%)
-f, --fanout=NUM            fanout NUM (default: 8)
-F, --space-fixup           file-system free space has to be fixed up on first mount(requires kernel version 3.0 or greater),如果是通过 u-boot 烧写需要使能此功能。
-k, --keyhash=TYPE          key hash type - "r5" or "test" (default: "r5")
-p, --orph-lebs=COUNT      count of erase blocks for orphans (default: 1)
-D, --devtable=FILE         use device table FILE
-U, --SquashFS-uids         SquashFS owners making all files owned by root
-l, --log-lebs=COUNT       count of erase blocks for the log (used only for debugging)
-v, --verbose               verbose operation
-V, --version               display version information
-g, --debug=LEVEL           display debug information (0 - none, 1 - statistics, 2 - files, 3 - more details)
-h, --help                  display this help text

```

流程

1. 制作 UBIFS 镜像（通常只需配置以下参数）

```
mkfs.ubifs -F -d rootfs_dir -e real_value -c real_value -m real_value -v -o rootfs.ubifs
```

2. 制作为 flash 烧写格式

```
ubinize -o ubi.img -m 2048 -p 128KiB ubinize.cfg
```

- -p: block size。
- -m: NAND FLASH 的最小读写单元, 一般为 page size
- -o: 输出的 ubi.img 文件

其中, ubinize.cfg 配置:


```
[ubifs-volume]
mode=ubi
image=rootfs.ubifs
vol_id=0
vol_type=dynamic
vol_alignment=1
vol_name=ubifs
vol_flags=autoresize
```

- **mode=ubi**: 是强制参数, 当前不能输入别的值, 保留为以后扩展功能
- **image=out/rootfs.ubifs**: 此文件为源文件
- **vol_id=0**: 表示卷的 ID, UBI 镜像可能包含多个卷, 这个用来区别不同的卷
- **vol_type=dynamic**: 表示当前卷类型是可读写的, 只读为 **static**
- **vol_name=ubifs**: 卷的名称
- **vol_flags=autosize**: 表示卷的大小是可扩展的

实例

page size 2KB, page per block 64, 即 block size 128KB, 分区 size 64MB:

```
mkfs.ubifs -F -d /path-to-
it/buildroot/output/rockchip_rv1126_rv1109_spi_nand/target -e 0x1f000 -c 0x200 -m
0x800 -v -o rootfs.ubifs
ubinize -o ubi.img -m 2048 -p 128KiB ubinize.cfg
```

page size 2KB, page per block 128, 即 block size 256KB, 分区 size 64MB:

```
mkfs.ubifs -F -d /path-to-
it/buildroot/output/rockchip_rv1126_rv1109_spi_nand/target -e 0x3f000 -c 0x100 -m
0x800 -v -o rootfs.ubifs
ubinize -o ubi.img -m 2048 -p 256KiB ubinize.cfg
```

page size 4KB, page per block 64, 即 block size 256KB, 分区 size 64MB:

```
mkfs.ubifs -F -d /path-to-
it/buildroot/output/rockchip_rv1126_rv1109_spi_nand/target -e 0x3e000 -c 0x100 -m
0x1000 -v -o rootfs.ubifs
ubinize -o ubi.img -m 0x1000 -p 256KiB ubinize.cfg
```

多卷镜像实例

以 page size 2KB, page per block 64, 即 block size 128KB, 分区大小 8MB oem 和 分区大小 8MB userdata 复合的多卷分区为例:

```
mkfs.ubifs -F -d oem -e 0x1f000 -c 0x40 -m 0x800 -v -o oem.ubifs
mkfs.ubifs -F -d userdata -e 0x1f000 -c 0x40 -m 0x800 -v -o userdata.ubifs
ubinize -o oem_userdata.img -p 0x20000 -m 2048 -s 2048 -v
ubinize_oem_userdata.cfg
```

设置 `ubinize_oem_userdata.cfg` 如下:

```
[oem-volume]
mode=ubi
image=oem.ubifs
```

```
vol_id=0
vol_size=8MiB
vol_type=dynamic
vol_name=oem

[userdata-volume]
mode=ubi
image=userdata.ubifs
vol_id=1
vol_size=8MiB
vol_type=dynamic
vol_name=userdata
vol_flags=autoresize
```

挂载分区：

```
ubiattach /dev/ubi_ctrl -m 4 -d 4 -b 5
mount -t ubifs /dev/ubi4_0 /oem
mount -t ubifs /dev/ubi4_1 /uesrdata
```

注意：

- 多卷中的独立分区无法单独简单升级，即 flash 读写接口直接升级多卷中特定卷，所以多卷内的分区 OTA 需求和频率应该相近

4.3.2 空分区镜像制作

```
ubiformat -y /dev/mtd4
ubimkvol /dev/mtd4 -N userdata -m /* -N 指定卷名，-m 将分区设备 autorisize 可动态调整到最大 */
```

4.3.3 UBIFS 分区命令挂载

将 MTD 设备连接到 UBI 设备：

```
ubiattach /dev/ubi_ctrl -m 4 -d 4
```

- -m: 指定 mtd 分区序号
- -d: 绑定后的 ubi 设备编号，建议与 mtd 分区序号一致
- -b, --max-beb-per1024: 每1024个eraseblock预期的最大坏块数，注意：
 1. 不带参数，默认为 20
 2. 分区镜像预制作：分区冗余 flash block < --max-beb-per1024 实际值 < --max-beb-per1024 设定值，即实际值可能比设定值小
 3. 命令制作空分区为 UBI 镜像：--max-beb-per1024 实际值等于设定值
 4. SDK 默认值可设定为 10（可能旧版本 SDK 该值未设定）
 5. 如需优化空间，请灵活设定该值：4 + 分区所占 block 数 * 1%，例如：flash block size 128KB，oem 空间大小 16MB，占 128 flash block，可以考虑填值 5

```
mount -t ubifs /dev/ubi4_0 /oem
```

4.3.4 UBI 镜像分区损耗

UBI 镜像挂载文件系统后有效空间小于分区大小，主要存在 UBIFS 冗余信息和坏块替换所需的预留块的损耗。

精确计算

```
UBI overhead = (B + 4) * SP + O * (P - B - 4) /* 该空间用户无法获取 */
P - MTD 设备上物理除块的总数
SP - 物理擦除块大小,通常为 128KB 或 256KB
SL - 逻辑擦除块,即 mkfs 时 -e 参数值,通常为 block_size - 2 * page_size
B - 为坏块替换预留的 flash blocks,与 ubiattach -b 参数相关
O - 与以字节为单位存储 EC 和 VID 文件头有关的开销, i.e. O = SP - SL
```

通用案例1

flash block size 128KB, page size 2KB, 128 MB size, ubiattach -b 预留默认 20;

```
SP = block size = 128KB
SL = 128kb - 2 * 2KB = 124KB
B = --max-beb-per1024 * n_1024 = 20 * 1 = 20
O = 128KB - 124KB = 4KB
UBI overhead = (20 + 4) * 128KB + 4KB * (P - 20 - 4) = 2976KB + 4KB * P
```

以对应分区为 32MB 为例，即 $P = 256$ ，那么最终损耗为 $\text{UBI overhead} = 2976\text{KB} + 4\text{KB} * 256 = 4000\text{KB}$

通用案例2

flash block size 128KB, page size 2KB, 256 MB size, ubiattach -b 预留默认 20;

```
SP = block size = 128KB
SL = 128kb - 2 * 2KB = 124KB
B = --max-beb-per1024 * n_1024 = 20 * 2 = 40
O = 128KB - 124KB = 4KB
UBI overhead = (40 + 4) * 128KB + 4KB * (P - 40 - 4) = 5456KB + 4KB * P
```

以对应分区为 32MB 为例，即 $P = 256$ ，那么最终损耗为 $\text{UBI overhead} = 5456\text{KB} + 4\text{KB} * 256 = 6456\text{KB}$

详细参考：Flash space overhead 章节 http://www.linux-mtd.infradead.org/doc/ubi.html#L_overhead

4.4 UBI Block 支持 SquashFS

内核配置

```
+CONFIG_MTD_UBI_BLOCK=y
```

dts 指定 rootfs

dtb 中 bootargs 参数指定了 cmdline 中相关 ubi 的参数。

- ubi.mtd=4 : 选择 MTD 设备 (从0开始)
- ubi.block=0,rootfs : "rootfs" 是 vol_name (参考 ubinize.cfg), block=0 指定了 ubi block的序号
- root=/dev/ubiblock0_0 : 指定 rootfs 分区名; 由 ubi block 驱动根据 ubi.block 参数生成的块设备
- rootfstype=squashfs : 指定文件系统类型

制作 SquashFS UBI volume

Buildroot 默认会打包 SquashFS image。如需要另行打包, 可使用mksquashfs命令, 例如:

```
sudo mksquashfs squashfs-root/ squashfs.img -noappend -always-use-fragments
```

使用ubinize工具将 SquashFS 镜像打包成ubi image。

首先生成ubinize.cfg文件:

```
cat > ubinize.cfg << EOF
[ubifs]
mode=ubi
vol_id=0
vol_type=static
vol_name=rootfs
vol_alignment=1
vol_flags=autoresize
image=/data/rk/projs/rv1126/sdk/buildroot/output/rockchip_rv1126_robot/images/rootfs.squashfs
EOF
```

其中:

- vol_type 为 static 指定为只读
- image 指定 SquashFS image 的路径

然后使用ubinize打包image:

```
ubinize -o rootfs.ubi -p 0x20000 -m 2048 -s 2048 -v ubinize.cfg
```

-p: 指定flash的物理擦除块大小

-m: 指定flash的最小输入输出单元,当为nor flash时, 此值应指定为1, 当为nand flash时此值应指定为页面大小

-s: 指定子页大小,当为nor flash时, 此值应指定为1, 当为nand flash时需指定此值为nand flash的子页大小
参数

输出 rootfs.ubi 文件即升级所用文件。

注意:

- Nand 产品使用开源方案应将 SquashFS 挂载在 UBI block 上而非 mtdblock, 因为 mtdblock 没有加入坏块探测, 所以无法跳过坏块。

手动挂载 UBI block 参考

```
ubiattach /dev/ubi_ctrl -m 4 -d 4 /* 先挂载 UBI 设备 */
ubiblock -c /dev/ubi4_0 /* UBI 设备上扩展 UBI block 支持 */
mount -t squashfs /dev/ubiblock4_0 /oem
```

4.5 镜像空间大小优化

通过以上描述可知，主要通过以下三点来优化镜像可用空间：

1. 选择合适的 `--max-beb-per1024` 参数，参考“命令制作空分区 UBI 镜像及镜像挂载”章节的“-b 参数详述”第 5 点
2. 使用 UBI 多卷技术来共享部分 UBIFS 冗余开销，参考“镜像制作”中多卷制作说明
3. 使用 UBI block 支持下的 SquashFS，参考“UBI Block 支持 SquashFS”章节

UBIFS 最小分区：

```
Minimum block num = 4 (固定预留) + B + 17 /* B - 为坏块替换预留的 flash blocks, 与
ubiattach -b 参数相关, UBIFS_MIN_LEB_CNT 等于 17 */
```

可通过 `ubiattach` 时打印 log 来判断，例如：

```
ubi4: available PEBs: 7, total reserved PEBs: 24, PEBs reserved for bad PEB
handling: 20 /* B = 20 */
```

如果分区 `available PEBs + total reserved PEBs < Minimum block num`，则挂载时会报错：

```
mount: mounting /dev/ubi4_0 on userdata failed: Invalid argument
```

4.6 UBIFS OTA

升级使用 UBIFS 的分区应使用 `ubiupdatevol` 工具，参考，命令：

```
ubiupdatevol /dev/ubi1_0 rootfs.ubifs
```

注意：

- `rootfs.ubifs` 为 `mkfs.ubifs` 命令所制作的镜像，非 `ubinize` 制作的最终烧录镜像

4.7 u-boot 下支持 UBIFS

u-boot 下 UBIFS 仅支持文件读操作，不支持文件写或删除操作。

SLC Nand 补丁参考

参考 RK3308 支持，补丁如下：

```
CONFIG_CMD_UBI=y

diff --git a/include/configs/rk3308_common.h b/include/configs/rk3308_common.h
index 1c2b9e4461..bc861acde8 100644
```

```

--- a/include/configs/rk3308_common.h
+++ b/include/configs/rk3308_common.h
@@ -57,6 +57,9 @@
#define CONFIG_USB_FUNCTION_MASS_STORAGE
#define CONFIG_ROCKUSB_G_DNL_PID 0x330d
+#define MTDIDS_DEFAULT "nand0=rk-nand"
+#define MTDPARTS_DEFAULT "mtdparts=rk-
nand:0x100000@0x400000(uboot),0x100000@0x500000(trust),0x600000@0x600000(boot),0x
3000000@0xc00000(rootfs),0x1200000@0x400000(oem),0x9f60000@0x600000(userdata)"
+
#ifdef CONFIG_ARM64
#define ENV_MEM_LAYOUT_SETTINGS \
    "scriptaddr=0x00500000\0" \

```

SPI Nand 补丁参考

参考 RK3568 支持，补丁如下：

```

diff --git a/include/configs/rk3568_common.h b/include/configs/rk3568_common.h
index cce44b52a8..eb93455c62 100644
--- a/include/configs/rk3568_common.h
+++ b/include/configs/rk3568_common.h
@@ -92,6 +92,9 @@
    "run distro_bootcmd;"
#endif
+#define MTDIDS_DEFAULT "spi-nand0=spi-nand0"
+#define MTDPARTS_DEFAULT "mtdparts=spi-
nand0:0x100000@0x400000(vnvm),0x440000@0x500000(uboot),0x1600000@0xa00000(boot),0
x4400000@0x2000000(rootfs),0x1b60000@0x6400000(userdata)"
+
/* rockchip ohci host driver */
#define CONFIG_USB_OHCI_NEW
#define CONFIG_SYS_USB_OHCI_MAX_ROOT_PORTS 1
(END)

```

menuconfig 开启宏配置

```
#define CONFIG_CMD_UBI = y
```

挂载命令

以 rootfs 分区为例，详细参考 doc/README.ubi。

```

mtdpart
ubi part rootfs
ubifsmount ubi0:rootfs
ubifsls

```

5. PC 工具烧录

烧写工具支持 UBIFS 镜像烧写，识别到固件为 UBIFS，则先格式化分区，再烧写该分区：

- AndroidTools 工具版本必须在 V2.7.8 或者之上。

- upgrade_tools 应在 V1.5.6 或者之上

注意:

- PC 工具烧录会自动拷贝多份 IDB 固件在 block 1~block 7, 也就是: page size 2KB flash 前1MB 为 gpt 分区和 IDB 空间 page size 4KB flash 前2MB 为 gpt 分区和 IDB 空间

6. 烧录器烧录

6.1 SPI Nand 镜像烧录

6.1.1 SPI Nand 制作烧录镜像

输入文件: SDK 输出的用于 PC 工具烧录的镜像

```
[/IMAGES] tree
.
├── parameter.txt
├── MiniLoaderAll.bin
├── uboot.img
├── boot.img
├── rootfs.img
├── oem.img
└── update.img          // 用以制作烧录镜像
```

制作镜像

工具 programmer_image_tool 在 SDK rkbin/ 目录下, 命令说明如下:

```
./tools/programmer_image_tool --help
NAME
    programmer_image_tool - creating image for programming on flash
SYNOPSIS
    programmer_image_tool [-iotbpsvh]
DESCRIPTION
    This tool aims to convert firmware into image for programming
    From now on,it can support slc nand(rk)|spi nand|nor|emmc.
OPTIONS:
    -i    input firmware
    -o    output directory
    -t    storage type,range in[SLC|SPINAND|SPINOR|EMMC]
    -b    block size,unit KB
    -p    page size,unit KB
    -s    oob size,unit B
    -2    2k data in one page
    -l    using page linked 1
```

例如: rv1126 block size 128KB page size 2KB flash:

```
./tools/programmer_image_tool -i update.img -b 128 -p 2 -t spinand -o out
input firmware is 'update.img'
```

```
block size is '128'
page size is '2'
flash type is 'spinand'
output directory is 'out'
writing idblock...
start to write partitions...gpt=1
preparing gpt saving at out/gpt.img
writing gpt...OK
preparing trust saving at out/trust.img
writing trust...OK
preparing uboot saving at out/uboot.img
writing uboot...OK
preparing boot saving at out/boot.img
writing boot...OK
preparing rootfs saving at out/rootfs.img
writing rootfs...OK
preparing recovery saving at out/recovery.img
writing recovery...OK
preparing oem saving at out/oem.img
writing oem...OK
preparing userdata:grow saving at out/userdata:grow.img
writing userdata:grow...OK
preparing misc saving at out/misc.img
writing misc...OK
creating programming image ok.
```

输出文件：用于烧录器烧的镜像

```
out
├─ boot.img
├─ gpt.img
├─ idblock.img           // 自行根据需求制作 idblock_mutli_copies.img 的多备份镜像
├─ misc.img
├─ oem.img
├─ recovery.img
├─ rootfs.img
├─ trust.img
├─ uboot.img
└─ userdata.img
```

注释：

- IDB 多备份命令参考，通常双备份即可：

```
cat out/idblock.img > out/idblock_mutli_copies.img // 1 copy
cat out/idblock.img >> out/idblock_mutli_copies.img // 2 copies
```

6.1.2 SPI Nand 烧录器烧录

烧录地址

假定 block size 为 128KB 的 flash，PC 烧录工具及相应烧录器镜像烧录信息对比如下：

烧录器镜像源文件： SDK 默认输出镜像	PC 烧录工具扇区地址	烧录器镜像	烧录器块起始地址	结束地址	固件大小	备注
paramter.txt	0	gpt.img	0x0	0x1	0x1	Note 1
MiniLoaderAll.bin	0	idblock_mutli_copies.img	0x1	0x7	0x6	Note 2
uboot.img	0x2000	uboot.img	0x20	0x47	0x20	Note 3
boot.img	0x4800	boot.img	0x48	0xa0	0x50	
...			
xxx.img	0x3E000	xxx.img	0x3e0	0x3fb	0x18	Note 4

表格注释：

1. gpt.img 固定烧录在 block 0;
2. idblock_mutli_copies.img 固定烧录在 block1，要求结束地址为 block 7，镜像要求小于分区大小（预留一个块做坏块替换）；
3. 除 gpt.img 和 idblocks.img 由特定的烧录地址要求，其他固件按照 parameter.txt 中的地址烧录，sector 单位为 512B/s，所以烧录器块地址 = sectors * 512B / block_size，简化换算：
128KB block size: sectors / 0x100;
256KB block size: sectors / 0x200。
除了 gpt.img，其余固件均应比分区小 1~2 个 block size，以便冗余块替换分区内可能存在的坏块；
4. 尾部预留 4 flash block size 给坏块表空间，所以用户分区不应达到该区间，可以考虑定义 reserved 分区以避免用户使用或将来误用。

注意事项

1. 所有镜像不带 oob 数据，oob 空间烧录器自行填充全 FF；
2. 非空片烧录，烧录器应先擦除所有 flash 好块再烧录镜像；
3. 烧录器要开启烧录校验功能。

6.2 SLC Nand 镜像烧录

6.2.1 SLC Nand 制作烧录镜像

输入文件：**SDK** 输出的用于 **PC** 工具烧录的镜像

```
[/IMAGES] tree
.
├── parameter.txt
├── MiniLoaderAll.bin
├── uboot.img
├── boot.img
├── rootfs.img
├── oem.img
└── update.img          // 用以制作烧录镜像
```

制作镜像

例如：rv1126 block size 128KB page size 2KB oob size 128 flash:

```
./tools/programmer_image_tool -i update.img -b 128 -p 2 -s 128 -t slc -2 -o out
input firmware is 'update.img'
block size is '128'
page size is '2'
oob size is '128'
flash type is 'slc'
2k data page on.
output directory is 'out'
writing idblock...
start to write partitions...gpt=1
preparing gpt saving at out/gpt.img
writing gpt...OK
preparing trust saving at out/trust.img
writing trust...OK
preparing uboot saving at out/uboot.img
writing uboot...OK
preparing boot saving at out/boot.img
writing boot...OK
preparing rootfs saving at out/rootfs.img
writing rootfs...OK
preparing recovery saving at out/recovery.img
writing recovery...OK
preparing oem saving at out/oem.img
writing oem...OK
preparing userdata:grow saving at out/userdata:grow.img
writing userdata:grow...OK
preparing misc saving at out/misc.img
writing misc...OK
creating programming image ok.
```

输出文件：用于烧录器烧的镜像

```
out
├─ boot.img
├─ gpt.img
├─ idblock.img           // 自行根据需求制作 idblock_mutli_copies.img 的多备份镜像
├─ misc.img
├─ oem.img
├─ recovery.img
├─ rootfs.img
├─ trust.img
├─ uboot.img
└─ userdata.img
```

注释：

- IDB 多备份命令参考，通常备份即可：

```
cat out/idblock.img > out/idblock_mutli_copies.img // 1 copy
cat out/idblock.img >> out/idblock_mutli_copies.img // 2 copies
```

6.2.2 SLC Nand 烧录器烧录

烧录地址

假定 block size 为 128KB 的 flash，PC 烧录工具及相应烧录器镜像烧录信息对比如下：

烧录器镜像源文件：SDK 默认输出镜像	PC 烧录工具扇区地址	烧录器镜像	烧录器块起始地址	结束地址	固件大小	备注
paramter.txt	0	gpt.img	0x0	0x1	0x1	Note 1
MiniLoaderAll.bin	0	idblock_mutli_copies.img	0x1	0x7	0x6	Note 2
uboot.img	0x2000	uboot.img	0x20	0x47	0x20	Note 3
boot.img	0x4800	boot.img	0x48	0xa0	0x50	
...			
xxx.img	0x3E000	xxx.img	0x3e0	0x3fb	0x18	Note 4

表格注释：

1. gpt.img 固定烧录在 block 0；
2. idblock_mutli_copies.img 固定烧录在 block1，要求结束地址为 block 7，镜像要求小于 7 个 blocks（预留一个块做坏块替换）；
3. 除 gpt.img 和 idblocks.img 由特定的烧录地址要求，其他固件按照 parameter.txt 中的地址烧录，sector 单位为 512B/s，所以烧录器块地址 = sectors * 512B / block_size，简化换算：
128KB block size: sectors / 0x100；

256KB block size: sectors / 0x200。

除了 gpt.img，其余固件均应比分区小 1~2 个 block size，以便冗余块替换分区内可能存在的坏块；

4. 尾部预留 4 flash block size 给坏块表空间，所以用户分区不应达到该区间，可以考虑定义 reserved 分区以避免用户使用或将来误用。

注意事项

1. 所有镜像带 oob 数据；
2. 非空片烧录，烧录器应先擦除所有 flash 好块再烧录镜像；
3. 烧录器要开启烧录校验功能。

7. 附录参考

[1] UBI FAQ: <http://www.linux-mtd.infradead.org/faq/ubi.html>

[2] UBIFS FAQ: http://www.linux-mtd.infradead.org/faq/ubifs.html#L_lebsz_mismatch

[3] MTD FAQ: <http://www.linux-mtd.infradead.org/faq/general.html>