



# **Linux SPI-NAND 驱动开发指南**

**版本号: 1.0**  
**发布日期: 2021.02.01**

## 版本历史

版本号	日期	制/修订人	内容描述
1.0	2021.02.01	AW1669	建立初始版本



# 目 录

<b>1 概述</b>	<b>1</b>
1.1 编写目的	1
1.2 适用范围	1
1.3 相关人员	1
<b>2 术语、缩略语及概念</b>	<b>2</b>
<b>3 流程设计</b>	<b>3</b>
3.1 体系结构	3
3.2 源码结构	4
3.3 关键数据定义	4
3.3.1 flash 设备信息数据结构	4
3.3.2 flash chip 数据结构	6
3.3.3 aw_spinand_chip_request	7
3.3.4 ubi_ec_hdr	7
3.3.5 ubi_vid_hdr	8
3.4 关键接口说明	10
3.4.1 MTD 层接口	10
3.4.1.1 aw_rawnand_mtd_erase	10
3.4.1.2 aw_rawnand_mtd_read	11
3.4.1.3 aw_rawnand_mtd_read_oob	11
3.4.1.4 aw_rawnand_mtd_write	11
3.4.1.5 aw_rawnand_mtd_write_oob	12
3.4.1.6 aw_rawnand_mtd_block_isbad	12
3.4.1.7 aw_rawnand_mtd_block_markbad	12
3.4.2 物理层接口	13
3.4.2.1 aw_spinand_chip_read_single_page	13
3.4.2.2 aw_spinand_chip_write_single_page	13
3.4.2.3 aw_spinand_chip_erase_single_block	13
3.4.2.4 aw_spinand_chip_isbad_single_block	14
3.4.2.5 aw_spinand_chip_markbad_single_block	14
<b>4 模块配置</b>	<b>15</b>
4.1 uboot 模块配置	15
4.2 kernel 模块配置	15
4.3 env.cfg	18

## 插 图

3-1 UBI 架构 . . . . .	3
3-2 PEB-LEB . . . . .	10
4-1 u-boot-spinand-menuconfig . . . . .	15
4-2 UBI . . . . .	15
4-3 ker_nand-cfg . . . . .	16
4-4 ker_spinand . . . . .	16
4-5 spi-1 . . . . .	16
4-6 spi-2 . . . . .	17
4-7 DMA-1 . . . . .	17
4-8 DMA-2 . . . . .	17
4-9 SID . . . . .	18
4-10 menuconfig_spinand_ubifs . . . . .	18
4-11 build-mkcmd . . . . .	18



# 1 概述

---

## 1.1 编写目的

介绍 Sunxi SPINand mtd/ubi 驱动设计, 方便相关驱动和应用开发人员

## 1.2 适用范围

本设计适用于所有 sunxi 平台

## 1.3 相关人员

Nand 模块开发人员, 及应用开发人员等

## 2 术语、缩略语及概念

**MTD:** (Memory Technology device) 是用于访问存储设备的 linux 子系统。本模块是 MTD 子系统的 flash 驱动部分

**UBI:** UBI 子系统是基于 MTD 子系统的，在 MTD 上实现 nand 特性的管理逻辑，向上屏蔽 nand 的特性

**坏块 (Bad Block):** 制作工艺和 nand 本身的物理性质导致在出厂和正常使用过程中都会产生坏块



## 3 流程设计

### 3.1 体系结构

NAND MTD/UBI 驱动主要包括 5 大组件，如下图：

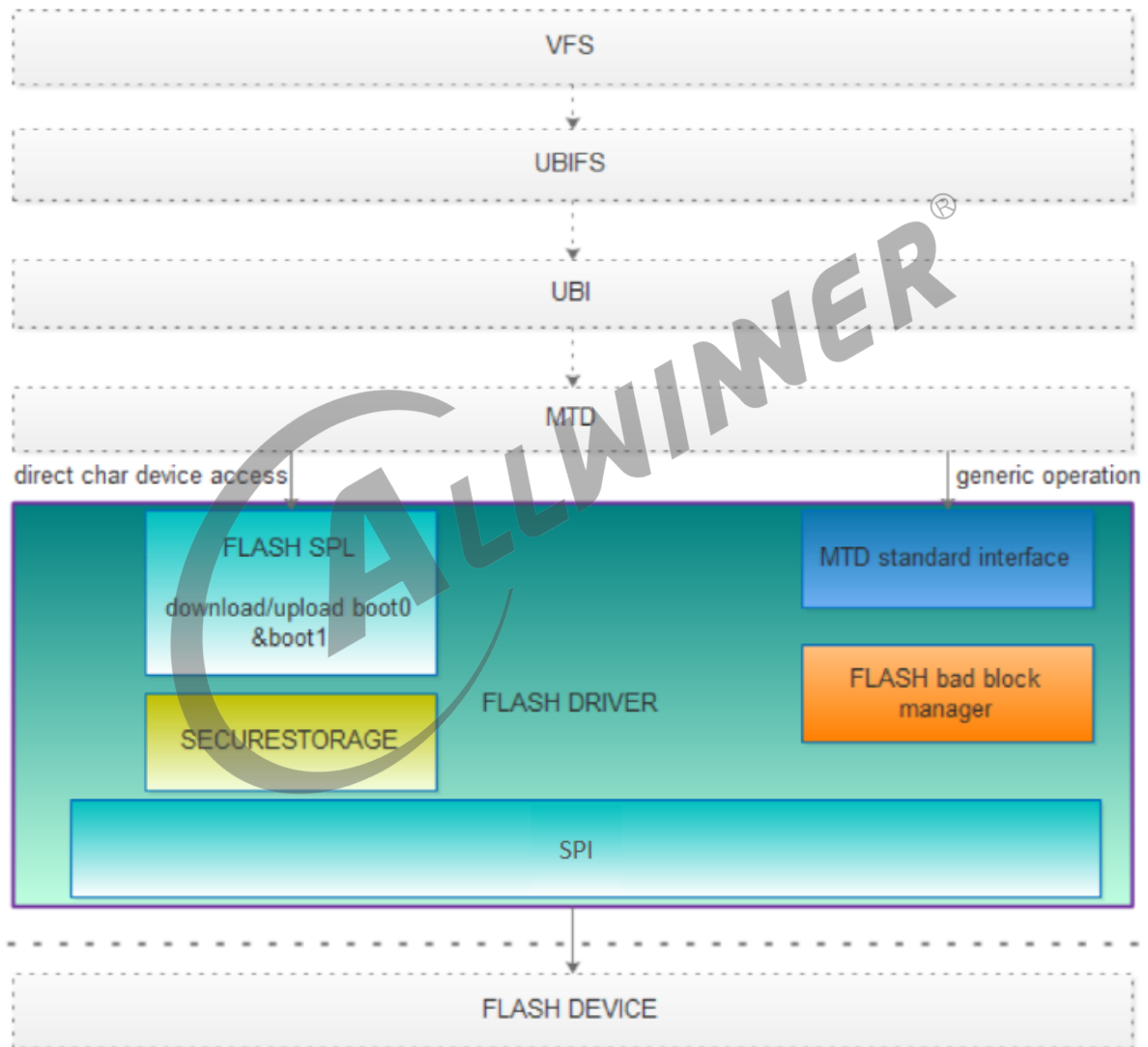


图 3-1: UBI 架构

**说明：** MTD standard interface: 对接 MTD 层通用读写接口 FLASH bad block manager: 驱动层对 flash 坏块的管理 FLASH SPL: 主要是实现读写 boot0、boot1，可用于 ioctl 对 boot0、boot1 的升级 SECURESTORAGE: 主要是给上层提供私有数据的管理 SPI: HOST 端控制器层的实现

## 3.2 源码结构

kernel 源码目录：linux-5.4/drivers/mtd/awnand/spinand

```
.
├── Kconfig
├── Makefile
├── physic
│   ├── bbt.c
│   ├── cache.c
│   ├── core.c
│   ├── ecc.c
│   ├── id.c
│   ├── Makefile
│   ├── ops.c
│   └── physic.h
├── secure-storage.c
├── sunxi-common.c
├── sunxi-core.c
├── sunxi-debug.c
├── sunxi-nftl-core.c
└── sunxi-spinand.h
```

内核目录下

```
--- include
    --- linux
        --- mtd
            |--- aw-spinand.h
```

## 3.3 关键数据定义

### 3.3.1 flash 设备信息数据结构

```
struct aw_spinand_phy_info {
    const char *Model;
    unsigned char NandID[MAX_ID_LEN];
    unsigned int DieCntPerChip;
    unsigned int BlkCntPerDie;
    unsigned int PageCntPerBlk;
    unsigned int SectCntPerPage;
    unsigned int OobSizePerPage;
#define BAD_BLK_FLAG_MARK          0x03
#define BAD_BLK_FLAG_FRIST_1_PAGE  0x00
#define BAD_BLK_FLAG_FIRST_2_PAGE  0x01
#define BAD_BLK_FLAG_LAST_1_PAGE   0x02
#define BAD_BLK_FLAG_LAST_2_PAGE   0x03
    int BadBlockFlag;
#define SPINAND_DUAL_READ          BIT(0)
#define SPINAND_QUAD_READ          BIT(1)
#define SPINAND_QUAD_PROGRAM       BIT(2)
```



```

#define SPINAND_QUAD_NO_NEED_ENABLE      BIT(3)
#define SPINAND_ONEDUMMY_AFTER_RANDOMREAD BIT(8)
    int OperationOpt;
    int MaxEraseTimes;
#define HAS_EXT_ECC_SE01                  BIT(0)
#define HAS_EXT_ECC_STATUS                 BIT(1)
    enum ecc_status_shift ecc_status_shift;
    int EccFlag;
    enum ecc_limit_err EccType;
    enum ecc_oob_protected EccProtectedType;
};

```

#### 说明：

- Model: flash 的 model 名字
- NandID: flash 的 id 码
- DieCntPerChip: 每 chip 的 die 个数
- BlkCntPerDie: 每 die 有多少个 block
- PageCntPerBlk: 每 block 有多少个 page
- SectCntPerPage: 每 page 有多少个扇区
- OobSizePerPage: 每 page 的 oob 大小
- BadBlockFlag: 坏块标志存放在每个 block 的那个 page 中

1. BAD\_BLK\_FLAG\_FRIST\_1\_PAGE
2. BAD\_BLK\_FLAG\_FIRST\_2\_PAGE
3. BAD\_BLK\_FLAG\_LAST\_1\_PAGE
4. BAD\_BLK\_FLAG\_LAST\_2\_PAGE

- OperationOpt: 支持的操作

1. SPINAND\_DUAL\_READ
2. SPINAND\_QUAD\_READ
3. SPINAND\_QUAD\_PROGRAM
4. SPINAND\_QUAD\_NO\_NEED\_ENABLE
5. SPINAND\_ONEDUMMY\_AFTER\_RANDOMREAD

- MaxEraseTimes: 最大擦除数据
- EccFlag: 特性物料读 ecc status 说需目录不同
- GD5F1GQ4UCYIG 通过 0Fh + C0h 获取 ecc status, 则无需配置 EccFlag
- MX35LF1GE4AB 通过 7Ch + one dummy byte 获取 ecc status, 则配置 EccFlag = HAS\_EXT\_ECC\_STATUS
- EccType: 设置 ecc 值对应的状态关系
- EccProtectedType: 在 spare 去选择收 ecc 保护的 16byte 作为 oob 区

例 (MX35LF2GE4AD) :

```
{
    .Model          = "MX35LF2GE4AD",
    .NandID          = {0xc2, 0x26, 0x03, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff},
    .DieCntPerChip   = 1,
    .SectCntPerPage  = 4,
    .PageCntPerBlk   = 64,
    .BlkCntPerDie    = 2048,
    .OobSizePerPage  = 64,
    .OperationOpt     = SPINAND_QUAD_READ | SPINAND_QUAD_PROGRAM |
        SPINAND_DUAL_READ,
    .MaxEraseTimes   = 65000,
    .EccFlag          = HAS_EXT_ECC_STATUS,
    .EccType          = BIT4_LIMIT5_TO_8_ERR9_TO_15,
    .EccProtectedType = SIZE16_OFF4_LEN4_OFF8,
    .BadBlockFlag     = BAD_BLK_FLAG_FIRST_2_PAGE,
},
```

### 3.3.2 flash chip 数据结构

```
struct aw_spinand_chip {
    struct aw_spinand_chip_ops *ops;
    struct aw_spinand_ecc *ecc;
    struct aw_spinand_cache *cache;
    struct aw_spinand_info *info;
    struct aw_spinand_bbt *bbt;
    struct spi_device *spi;
    unsigned int rx_bit;
    unsigned int tx_bit;
    unsigned int freq;
    void *priv;
};
```

此结构定义了 flash chip 层的物理模型数据结构以及 chip 层对 flash 的操作接口。

- aw\_spinand\_chip\_ops: flash 读、写、擦等操作接口
- aw\_spinand\_ecc: flash ecc 读、写和校验操作接口
- aw\_spinand\_cache: 对缓存 page 的管理，提高读写效率
- aw\_spinand\_info: flash ID、page size 等信息及获取信息的操作接口
- aw\_spinand\_bbt: flash 坏块表及管理等操作接口
- spi\_device: spi 父设备的操作结构体
- rx\_bit: 读状态操作标志
- tx\_bit: 写状态操作标志

### 3.3.3 aw\_spinand\_chip\_request

```
struct aw_spinand_chip_request {
    unsigned int block;
    unsigned int page;
    unsigned int pageoff;
    unsigned int ooblen;
    unsigned int datalen;
    void *databuf;
    void *oobbuf;

    unsigned int oobleft;
    unsigned int dataleft;
};
```

操作目标结构体，改结构体填充我们待操作的 block 的那个 page 的多少偏移的数据 databuf/oobbuf

- block: 待操作块
- page: 待操作页
- pageoff: 操作偏移
- ooblen: 操作 oob 长度
- datalen: 操作数据长度
- databuf: 操作目标数据
- oobbuf: 操作目标 oob

### 3.3.4 ubi\_ec\_hdr

```
struct ubi_ec_hdr {
    __be32 magic;
    __u8 version;
    __u8 padding1[3];
    __be64 ec; /* Warning: the current limit is 31-bit anyway! */
    __be32 vid_hdr_offset;
    __be32 data_offset;
    __be32 image_seq;
    __u8 padding2[32];
    __be32 hdr_crc;
} __packed;
```

**@magic:** erase counter header magic number (%UBI\_EC\_HDR\_MAGIC)

**@version:** version of UBI implementation which is supposed to accept this UBI image

**@padding1:** reserved for future, zeroes

**@ec:** the erase counter

**@vid\_hdr\_offset:** where the VID header starts

**@data\_offset:** where the user data start

**@image\_seq:** image sequence number

**@padding2:** reserved for future, zeroes

**@hdr\_crc:** erase counter header CRC checksum

EC: Erase Count, 记录块的擦除次数, 在 ubiattach 的时候指定一个 mtd, 如果 PEB 上没有 EC, 则用平均的 EC 值, 写入 EC 值只有在擦除的时候才会增加 1

### 3.3.5 ubi\_vid\_hdr

```
struct ubi_vid_hdr {
    __be32  magic;
    __u8    version;
    __u8    vol_type;
    __u8    copy_flag;
    __u8    compat;
    __be32  vol_id;
    __be32  lnum;
    __u8    padding1[4];
    __be32  data_size;
    __be32  used_ebs;
    __be32  data_pad;
    __be32  data_crc;
    __u8    padding2[4];
    __be64  sqnum;
    __u8    padding3[12];
    __be32  hdr_crc;
} __packed;
```

**@magic:** volume identifier header magic number (%UBI\_VID\_HDR\_MAGIC)

**@version:** UBI implementation version which is supposed to accept this UBI image (%UBI\_VERSION)

**@vol\_type:** volume type (%UBI\_VID\_DYNAMIC or %UBI\_VID\_STATIC)

**@copy\_flag:** if this logical eraseblock was copied from another physical eraseblock (for wear-leveling reasons)

**@compat:** compatibility of this volume(%0, %UBI\_COMPAT\_DELETE, %UBI\_COMPAT\_IGNORE, %UBI\_COMPAT\_PRESERVE, or %UBI\_COMPAT\_REJECT)

**@vol\_id:** ID of this volume

**@lnum:** logical eraseblock number

**@padding1:** reserved for future, zeroes

**@data\_size:** how many bytes of data this logical eraseblock contains

**@used\_ebs:** total number of used logical eraseblocks in this volume

**@data\_pad:** how many bytes at the end of this physical eraseblock are not used

**@data\_crc:** CRC checksum of the data stored in this logical eraseblock

**@padding2:** reserved for future, zeroes

**@sqnum:** sequence number

**@padding3:** reserved for future, zeroes

**@hdr\_crc:** volume identifier header CRC checksum

### 参数说明

**@sqnum** 是创建此 VID 头时的全局序列计数器的值。每次 UBI 写一个新的 VID 头到 flash 时，全局序列计数器都会增加，比如当它将一个逻辑的 eraseblock 映射到一个新的物理的 eraseblock 时。全局序列计数器是一个无符号 64 位整数，我们假设它永远不会溢出。**@sqnum**(序列号) 用于区分新旧版本的逻辑擦除块。

有两种情况，可能有多个物理 eraseblock 对应同一个逻辑 eraseblock，即在卷标识头中有相同的 **@vol\_id** 和 **@lnum** 值。假设我们有一个逻辑的擦除块 L，它被映射到物理的擦除块 P。

1. 因为 UBI 可以异步擦除物理上的擦除块，所以可能出现以下情况：L 被异步擦除，所以 P 被安排擦除，然后 L 被写入，即。映射到另一个物理的擦除块 P1，所以 P1 被写入，然后不干净的重启发生。结果-有两个物理的 eraseblock P 和 P1 对应同一个逻辑的 eraseblock L。但是 P1 的序列号更大，所以 UBI 在连接 flash 时选择 P1。
2. UBI 不时地将逻辑擦除块移动到其他物理擦除块，以达到损耗均衡的目的。例如，如果 UBI 将 L 从 P 移动到 P1，在 P 被物理擦除之前会发生不干净的重启，有两个物理擦除块 P 和 P1 对应于 L，UBI 必须在 flash 连接时选择其中一个。**@sqnum** 字段表示哪个 PEB 是原始的（显然 P 的 **@sqnum** 更低）和副本。但是选择具有更高序列号的物理擦除块是不够的，因为不干净的重新引导可能发生在复制过程的中间，因此 P 中的数据被损坏（P->P1 没复制完）。仅仅选择序号较低的物理擦除块是不够的，因为那里的数据可能很旧（考虑在复制之后向 P1 添加更多数据的情况）。此外，不干净的重启可能发生在擦除 P 刚开始的时候，所以它会导致不稳定的 P，“大部分”是 OK 的，但仍然有不稳定的情况。

UBI 使用 **@copy\_flag** 字段表示这个逻辑擦除块是一个副本。UBI 还计算数据的 CRC，当数据被移动时，并将其存储在副本 (P1) 的 **@data\_crc** 字段。因此，当 UBI 需要从两个 (P 或 P1) 中选择一个物理擦除块时，会检查新块 (P1) 的 **@copy\_flag**。如果它被清除，情况就简单了，新的就会被选中。如果设置了该值，则检查副本 (P1) 的数据 CRC。如果 CRC 校验和是正确的，这个物理擦除块被选中 (P1)。否则，将选择较老的 P。

如果是静态卷，**@data\_crc** 字段包含逻辑擦除块内容的 CRC 校验和。对于动态卷，它不包含

CRC 校验和规则。唯一的例外情况是，当物理擦除块的数据被磨损均衡子系统移动时，磨损均衡子系统计算数据 CRC，并将其存储在 `@data_crc` 字段中。

`@used_ebs` 字段仅用于静态卷，它表示该卷的数据需要多少个擦除块。对于动态卷，这个字段不被使用并且总是包含 0。

`@data_pad` 在创建卷时使用对齐参数计算。因此，`@data_pad` 字段有效地减少了该卷的逻辑擦除块的大小。当一个人在 UBI 卷上使用面向块的软件（比如，cramfs）时，这是非常方便的。

## LEB 与 PEB

block size = 128k 为例

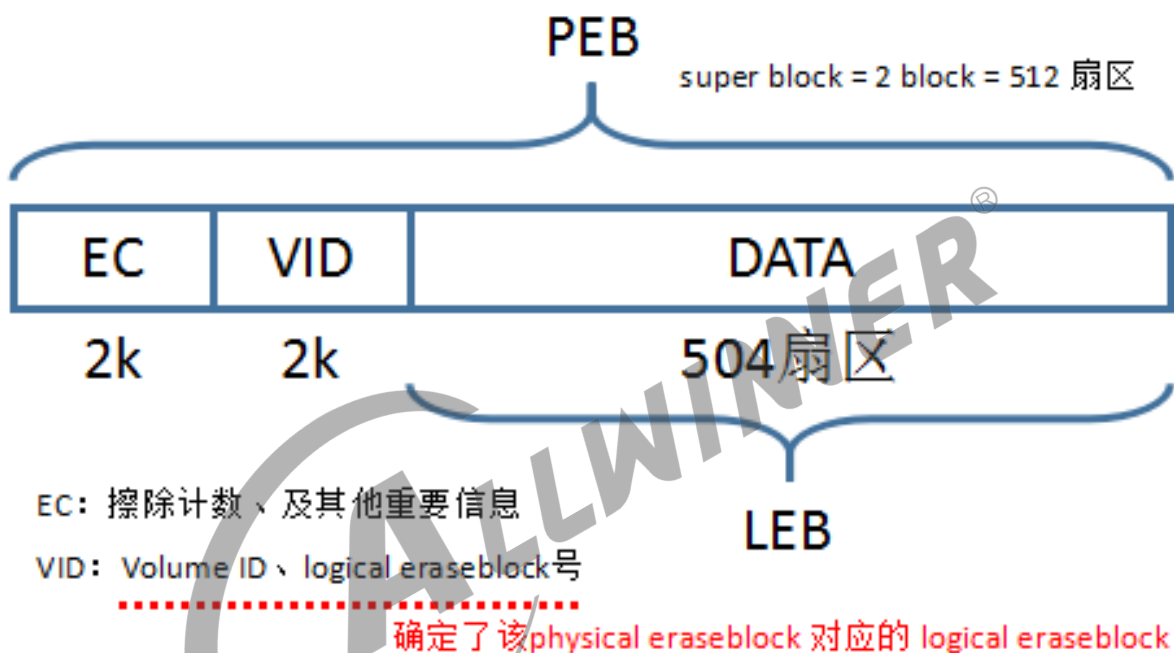


图 3-2: PEB-LEB

## 3.4 关键接口说明

### 3.4.1 MTD 层接口

#### 3.4.1.1 aw\_rawnand\_mtd\_erase

```
static int aw_rawnand_mtd_erase(struct mtd_info *mtd, struct erase_info *instr)
```

**description:** mtd erase interface

**@mtd:** MTD device structure

**@instr:** erase operation description structure

**return:** success return 0, fail return fail code

### 3.4.1.2 aw\_rawnand\_mtd\_read

```
static int aw_rawnand_mtd_read(struct mtd_info *mtd, loff_t from, size_t len, size_t *retlen, u_char *buf)
```

**description:** mtd read interface

**@mtd:** MTD device structure

**@from:** offset to read from MTD device

**@len:** data len

**@retlen:** had read data len

**@buf:** data buffer

**return:** success return max\_bitflips, fail return fail code

### 3.4.1.3 aw\_rawnand\_mtd\_read\_oob

```
static int aw_rawnand_mtd_read_oob(struct mtd_info *mtd, loff_t from, struct mtd_oob_ops *ops)
```

**description:** mtd read data with oob

**@mtd:** MTD device structure

**@ops:** oob operation description structure

**return:** success return max\_bitflips, fail return fail code

### 3.4.1.4 aw\_rawnand\_mtd\_write

```
static int aw_rawnand_mtd_write(struct mtd_info *mtd, loff_t to, size_t len, size_t *retlen, const u_char *buf)
```

**description:** mtd write data interface

**@to:** offset to MTD device

**@len:** want write data len

**@retlen:** return the written len

**@buf:** data buffer

**return:** success return 0, fail return code fail

### 3.4.1.5 aw\_rawnand\_mtd\_write\_oob

```
static int aw_rawnand_mtd_write_oob(struct mtd_info *mtd, loff_t to, struct mtd_oob_ops *ops)
```

**description:** write data with oob

**@mtd:** MTD device structure

**@to:** offset to MTD device

**@ops:** oob operation description structure

**return:** success return 0, fail return code fail

### 3.4.1.6 aw\_rawnand\_mtd\_block\_isbad

```
static int aw_rawnand_mtd_block_isbad(struct mtd_info *mtd, loff_t ofs)
```

**description:** check block is badblock or not

**@mtd:** MTD device structure

**@ofs:** offset the mtd device start (align to simu block size)

**return:** true if the block is bad, or false if the block is good

### 3.4.1.7 aw\_rawnand\_mtd\_block\_markbad

```
static int aw_rawnand_mtd_block_markbad(struct mtd_info *mtd, loff_t ofs)
```

**description:** mark block at the given offset as bad block

**@mtd:** MTD device structure

**@ofs:** offset the mtd device start



**return:** success to mark return 0, or fail return fail code.

## 3.4.2 物理层接口

### 3.4.2.1 aw\_spinand\_chip\_read\_single\_page

```
static int aw_spinand_chip_read_single_page(struct aw_spinand_chip *chip,  
                                             struct aw_spinand_chip_request *req)
```

**description:** Read physics on a page

**@chip:** See 3.3.2

**@req:** See 3.3.3

**return:** zero on success, else a negative error code.

### 3.4.2.2 aw\_spinand\_chip\_write\_single\_page

```
static int aw_spinand_chip_write_single_page(struct aw_spinand_chip *chip,  
                                              struct aw_spinand_chip_request *req)
```

**description:** Write physics on a page

**@chip:** See 3.3.2

**@req:** See 3.3.3

**return:** zero on success, else a negative error code.

### 3.4.2.3 aw\_spinand\_chip\_erase\_single\_block

```
static int aw_spinand_chip_erase_single_block(struct aw_spinand_chip *chip,  
                                              struct aw_spinand_chip_request *req)
```

**description:** Erase physics on a block

**@chip:** See 3.3.2

**@req:** See 3.3.3

**return:** zero on success, else a negative error code.

#### 3.4.2.4 aw\_spinand\_chip\_isbad\_single\_block

```
static int aw_spinand_chip_isbad_single_block(struct aw_spinand_chip *chip,  
                                              struct aw_spinand_chip_request *req)
```

**description:** Set to bad block

**@chip:** See 3.3.2

**@req:** See 3.3.3

**return:** zero on success, else a negative error code.

#### 3.4.2.5 aw\_spinand\_chip\_markbad\_single\_block

```
static int aw_spinand_chip_markbad_single_block(struct aw_spinand_chip *chip,  
                                                struct aw_spinand_chip_request *req)
```

**description:** Set to bad block

**@chip:** See 3.3.2

**@req:** See 3.3.3

**return:** zero on success, else a negative error code.

## 4 模块配置

### 4.1 uboot 模块配置

```
Device Drivers-->Sunxi flash support-->  
[*]Support sunxi nand devices  
[*]Support sunxi nand ubifs devices  
[*]Support COMM NAND V1 interface
```

如下图：

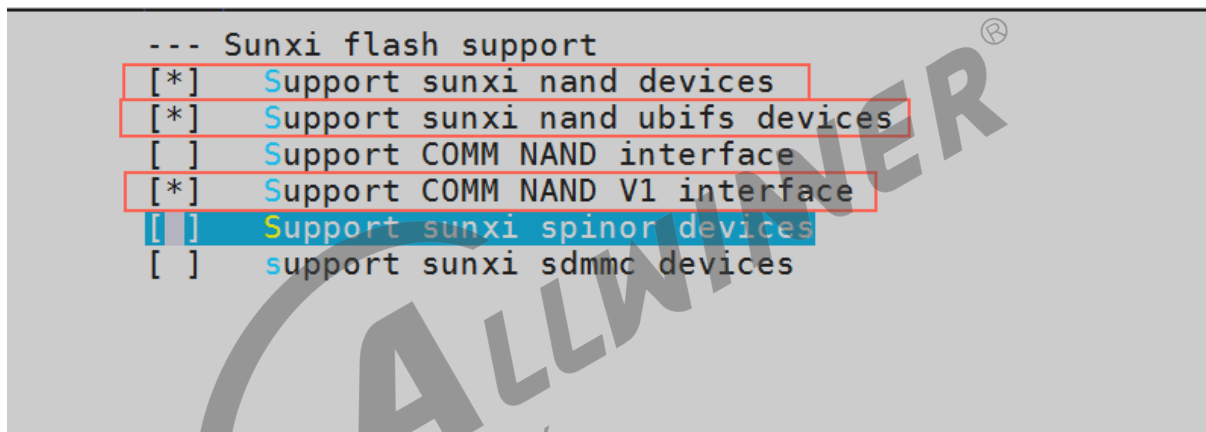


图 4-1: u-boot-spinand-menuconfig

### 4.2 kernel 模块配置

```
Device Drivers->Memory Technology Device(MTD) support-->sunxi-nand
```

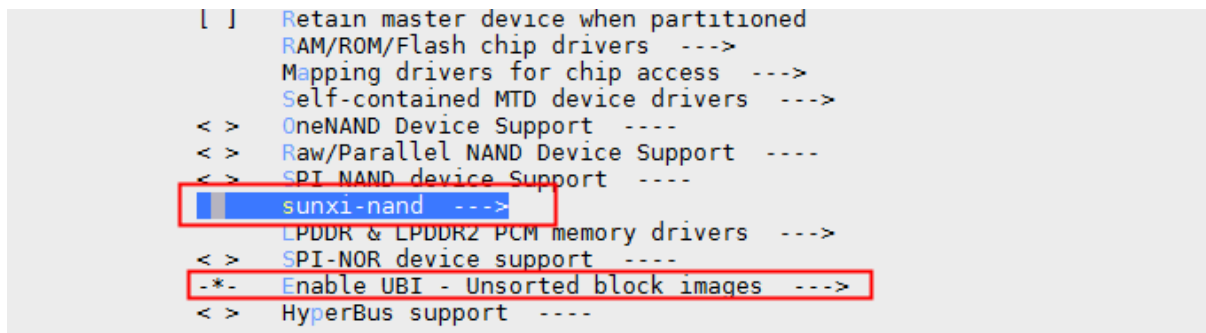


图 4-2: UBI

```

sunxi-nand
s ---> (or empty submenus ----). Highlighted letters are hotkeys. Pressing <Y
end: [*] built-in [ ] excluded <M> module < > module capable

[*]> Awnand Choice (Allwinner MTD SPINAND Device Support) ---->
[ ] create pstore mtd partition for aw ubi spinand
[ ] check crc16 for each page on spinand physical layer
[*] enable simulate multiplane

```

图 4-3: ker\_nand-cfg

```

AWNAND CHOICE
Use the arrow keys to navigate this window or press the
hotkey of the item you wish to select followed by the <SPACE
BAR>. Press <?> for additional information about this

(X) Allwinner MTD SPINAND Device Support
( ) Allwinner MTD RAWNAND Device Support

<Select> < Help >

```

图 4-4: ker\_spinand

Device Drivers-&gt;SPI support

```

< > Allwinner tech PL-Interface Driver ----
< > sunxi system info driver
< > sunxi smc interfaces
I2C support --->
< > I3C support ----
[*] SPI support --->
< > SPMI support ----
< > HSI support ----
< > PPS support ----
PTP clock support --->
[*] Pin controllers --->
-* GPIO Support --->
< > Dallas 1-wire support ----

```

图 4-5: spi-1

```

< > Freescale SPI controller and Aeroflex Gaisler GRLIB SPI controller
< > OpenCores tiny SPI
< > Rockchip SPI controller driver
< > SiFive SPI controller
< > Allwinner A10 SoCs SPI controller
< > Allwinner A31 SPI controller
< > Macronix MX25F04 SPI controller
< * > SUNXI SPI Controller
< > Xilinx SPI controller common module
< > Xilinx ZynqMP GQSPI controller
*** SPI Protocol Masters ***
< > User mode SPI device driver support

```

图 4-6: spi-2

Device Drivers-&gt;DMA Engine support

```

< > Sound card support ----
    HID support ---->
[ ] USB support ----
< > MMC/SD/SDIO card support ----
< > Sony MemoryStick card support ----
[ ] LED Support ----
[ ] Accessibility support ----
[*] Real Time Clock ---->
[*] DMA Engine support ---->
    DMABUF options ---->
[ ] Auxiliary Display support ----
< > Userspace I/O drivers ----
[ ] Virtualization drivers ----
[ ] Virtio drivers ----
Microsoft Hyper-V guest support

```

图 4-7: DMA-1

```

*** DMA Devices ***
< > Altera / Intel mSGDMA Engine
< * > Allwinner A31 SoCs DMA support
< > Synopsys DesignWare AXI DMA support
< > Freescale eDMA engine support
< > Intel integrated DMA 64-bit support
< > Qualcomm Technologies HIDMA Management support
< > Qualcomm Technologies HIDMA Channel support
< > Synopsys DesignWare AHB DMA platform driver
*** DMA Clients ***

```

图 4-8: DMA-2

Device Drivers-&gt;SOC (System On Chip)

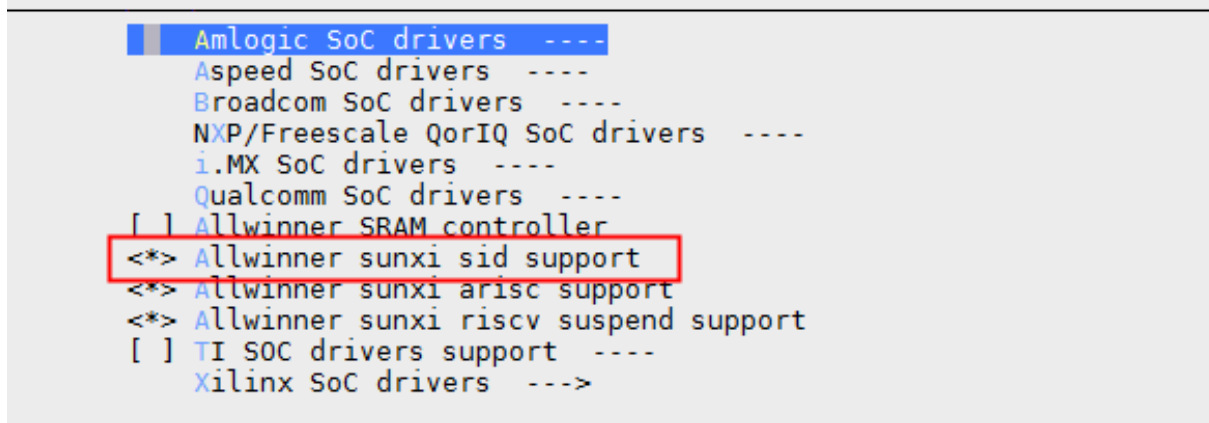


图 4-9: SID

File systems-->Miscellaneous filesystems-->

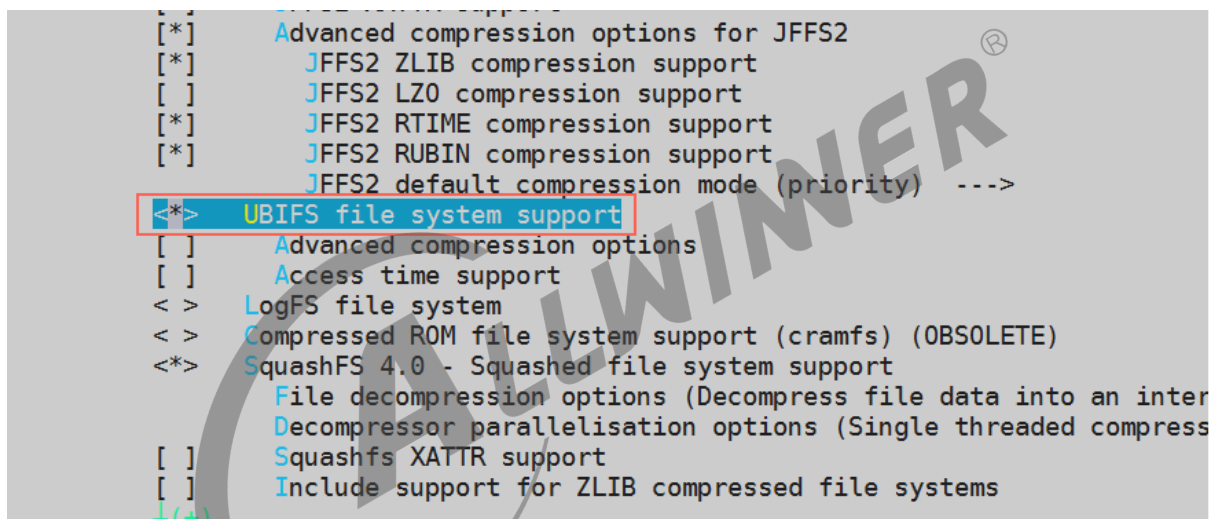


图 4-10: menuconfig\_spinand\_ubifs

## 4.3 env.cfg

在 env.cfg 中添加修改下值，setargs\_nand\_ubi 先 copy 一份 setargs\_nand 再添加对应变量

```
nand_root=ubi0_4
mtd_name=sys
rootfstype=ubifs,rw
setargs_nand_ubi=setenv bootargs ubi.mtd=${mtd_name}
                                rootfstype=${rootfstype}
```

图 4-11: build-mkcmd

## 著作权声明

版权所有 © 2022 珠海全志科技股份有限公司。保留一切权利。

本文档及内容受著作权法保护，其著作权由珠海全志科技股份有限公司（“全志”）拥有并保留一切权利。

本文档是全志的原创作品和版权财产，未经全志书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制、修改、发表或传播本文档内容的部分或全部，且不得以任何形式传播。

## 商标声明

、 全志科技、（不完全列举）均为珠海全志科技股份有限公司的商标或者注册商标。在本文档描述的产品中出现的其它商标，产品名称，和服务名称，均由其各自所有人拥有。

## 免责声明

您购买的产品、服务或特性应受您与珠海全志科技股份有限公司（“全志”）之间签署的商业合同和条款的约束。本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您所购买或使用的范围内。使用前请认真阅读合同条款和相关说明，并严格遵循本文档的使用说明。您将自行承担任何不当使用行为（包括但不限于如超压，超频，超温使用）造成的不利后果，全志概不负责。

本文档作为使用指导仅供参考。由于产品版本升级或其他原因，本文档内容有可能修改，如有变更，恕不另行通知。全志尽全力在本文档中提供准确的信息，但并不确保内容完全没有错误，因使用本文档而发生损害（包括但不限于间接的、偶然的、特殊的损失）或发生侵犯第三方权利事件，全志概不负责。本文档中的所有陈述、信息和建议并不构成任何明示或暗示的保证或承诺。

本文档未以明示或暗示或其他方式授予全志的任何专利或知识产权。在您实施方案或使用产品的过程中，可能需要获得第三方的权利许可。请您自行向第三方权利人获取相关的许可。全志不承担也不代为支付任何关于获取第三方许可的许可费或版税（专利税）。全志不对您所使用的第三方许可技术做出任何保证、赔偿或承担其他义务。