离线烧录

开发指南

版本号: 1.0

发布日期: 2021.04.08

版本历史

版本号	日期	制/修订人	内容描述
1.0	2021.04.08	AWA1669	建立初始版本

目　录

插　图

1 概述

1.1 编写目的

介绍 Sunxi SPINand 烧写时的数据布局

1.2 适用范围

本设计适用于所有 UBI 方案平台

1.3 相关人员

制定烧录器客户与烧录器厂商参考

2 总体烧写流程

- 根据 spinand device datasheet 中的块页信息确定 boot0, uboot，secure storage block 及预留物理区大小和可用逻辑区大小。

```
/* small nand:block size < 1MB;  reserve 4M for uboot */
if (blksize <= SZ_128K) {
        _start = UBOOT_START_BLOCK_SMALLNAND;
        _end = _start + 32;
} else if (blksize <= SZ_256K) {
        _start = UBOOT_START_BLOCK_SMALLNAND;
        _end = _start + 16;
} else if (blksize <= SZ_512K) {
        _start = UBOOT_START_BLOCK_SMALLNAND;
        _end = _start + 8;
} else if (blksize <= SZ_1M && pagecnt <= 128) { //1M
        _start = UBOOT_START_BLOCK_SMALLNAND;
        _end = _start + 4;
/* big nand;  reserve at least 20M for uboot */
} else if (blksize <= SZ_1M && pagecnt > 128) {
        _start = UBOOT_START_BLOCK_BIGNAND;
        _end = _start + 20;
} else if (blksize <= SZ_2M) {
        _start = UBOOT_START_BLOCK_BIGNAND;
        _end = _start + 10;
} else {
        _start = UBOOT_START_BLOCK_BIGNAND;
        _end = _start + 8;
}

if (CONFIG_AW_MTD_SPINAND_UBOOT_BLKS > 0)
        _end = _start + CONFIG_AW_MTD_SPINAND_UBOOT_BLKS;
```

- 根据 uboot_start、uboot_end 生成的 mbr, partition 信息
- 获得逻辑区起始 block 地址后，扫描出厂坏块（factory bad block），出厂坏块以逻辑块为单位
- 根据出厂坏块信息和分区表信息确定最后一个 UDISK 分区大小。
- 写 GPT 分区表和各个分区

1. 每个逻辑页的 oob 区域格式见 6 **oob 结构**
2. 每个逻辑块的尾页存放逻辑页和物理页的映射信息，其 data 区和 oob 区格式见 6 **oob 结构** 和 7 **mapping page**

- 写 uboot, 见 3
- 写 boot0, 见 4

3 逻辑/物料地址

3.1 地址转换：sector 地址 -> 逻辑页地址 -> 物理页地址

sector：大小 512 bytes。

物理页：大小需看 spinand device data sheet，常见为 2K, 4 个 sector。

逻辑页：大小与物理页呈倍数关系，常见为 2 倍，即从 2 个相领物理块（block[2N], block[2N+1], N 最大值为总物理块数的一半，再减 1，常见为 511，即 1024/2 - 1）各取一页，组成逻辑页。

boot0, uboot, secure storage block 读写单元为物理页，不存在逻辑与物理地址转换关系

分区表及各个分区读写单元为逻辑页，存在逻辑地址与物理地址转换关系

例如，常见 spinand device 有 1024 个块（编号 block0, block1, ..., block1023），每个 block 有 64 个 page（编号 page0，page1, ..., page63），每个 page 有 2048 字节 (4 个 sector, sector 大小为 512 字节)。

block0 到 block48 用于存放 boot0, uboot, secure storage block（见 physical block layout），读写单元为物理页。

block49~block1023 用于存放逻辑分区，以逻辑块为擦除单元，逻辑页为读写单元，逻辑块由相邻的 2 个 block 组成，逻辑页由相邻 block 内 page 组成。例如 block66 和 block67 组成逻辑块，block66 的 page0 和 block67 的 page0 组成逻辑页 0。

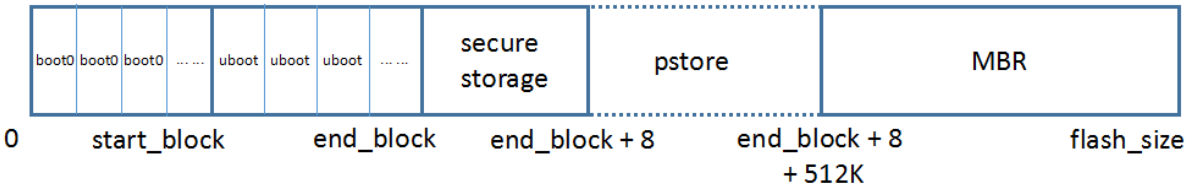


图 3-1: spinand 物理布局

以 block size = 128k 为例，start block = 8，end_block = 32，Boot0 占 8 个 block 空间，当有足够空间时，会继续烧写备份 boot0 数据，Uboot 也是一样。

3.2 逻辑区读写规则

1. 选择逻辑块：从最大逻辑块号开始写，即倒序，（对于 1024 块的 block, 最大逻辑块号为 511)。检查是否是坏块，若是坏块，则跳过该块，选择下一个块（当前块号减 1）。
2. 选定逻辑块后，从逻辑 page0 开始顺序写，即写入顺序 page0, page1, page2, ……

- 如果当前待写入页不是尾页，则写入逻辑 data + oob, 参考 1.6
- 如果当前待写入页是尾页，则写入 mapping data + oob（参考 1.6 和 1.7），跳步骤 1，选择新逻辑块

3.3 写逻辑页规则

假如逻辑区 4k 数据 4k（top-half 2k, bottom-half 2k）+ 16bytes OOB(oob 结构见 1.6)，逻辑块号 M，页号 N，写入过程如下

- 将 2k 上半部数据 top-half2k + 16bytes OOB 数据写入块号 2M, 页号 N
- 将 2k 下半部数据 bottom-half2k + 16bytes OOB 数据写入块号 2M+1, 页号 N

4 uboot

4.1 input file

static **boot_package.fex/ toc1.fex** + dynamic **physic_info**（安全方案：toc1.fex，非安全方案：boot_package.fex）

struct _boot_info physic_info 信息在烧写 uboot 前会附加到 uboot 尾部，该信息是动态生成的。

```
struct _boot_info{
    unsigned int magic;
    unsigned int len;
    unsigned int sum;

    unsigned int no_use_block;
    unsigned int uboot_start_block;
    unsigned int uboot_next_block;
    unsigned int logic_start_block;
    unsigned int nand_specialinfo_page;
    unsigned int nand_specialinfo_offset;
    unsigned int physic_block_reserved;
    unsigned int nand_ddrtype;
    unsigned int ddr_timing_cfg;
    unsigned int nouse[128-12];

    _MBR mbr;                       //4k          offset 0.5k
    _PARTITION partition;           //2.5k        offset 4.5k
    _NAND_STORAGE_INFO storage_info;  //0.5k      offset 7k
    _FACTORY_BLOCK factory_block;     //2k        offset 7.5k
    //_UBOOT_INFO uboot_info;         //0.25K
    _NAND_SPECIAL_INFO  nand_special_info; //1k   offset 9.5k

}? end _boot_info ? ;
```

图 4-1: boot_info-without-enable_crc

```
struct _boot_info{
        unsigned int magic;
        unsigned int len;
        unsigned int sum;

        unsigned int no_use_block;
        unsigned int uboot_start_block;
        unsigned int uboot_next_block;
        unsigned int logic_start_block;
        unsigned int nand_specialinfo_page;
        unsigned int nand_specialinfo_offset;
        unsigned int physic_block_reserved;
        unsigned int nand_ddrtype;
        unsigned int ddr_timing_cfg;
        unsigned int enable_crc;// ENABLE_CRC_MAGIC
        unsigned int nouse[128-13];

        _MBR mbr;                       //4k        offset 0.5k
        _PARTITION partition;           //2.5k      offset 4.5k
        _NAND_STORAGE_INFO storage_info; //0.5k     offset 7k
        _FACTORY_BLOCK factory_block;   //2k        offset 7.5k
        //_UBOOT_INFO uboot_info;       //0.25K
        _NAND_SPECIAL_INFO  nand_special_info; //1k        offset 9.5k
} ? end _boot_info ? ;
```

图 4-2: boot_info-with-enable_crc

attribute name	type	value	comment
magic	unsigned int	0xaa55a5a5	
len	unsigned int	32768	
sum	unsigned int	动态计算校验和	
no_use_block	unsigned int	20	值与 logic_start_block 相同
uboot_start_block	unsigned int	8	
uboot_next_block	unsigned int	32	
logic_start_block	unsigned int	20	在无坏块理想情况下
nand_specialinfo_page	unsigned int	0	
nand_specialinfo_offset	unsigned int	0	
physic_block_reserved	unsigned int	6	
nand_ddrtype	unsigned int	0	
ddr_timing_cfg	unsigned int	0	
enable_crc	unsigned int	0x63726365	如果 oob 有 crc 域，则赋值为 0x
mbr	_MBR		
partition	_PARTITION		
storage_info	_NAND_STORAGE_INFO	ignore，fill 0	
factory_block	_FACTORY_BLOCK	动态扫描填充	

attribute name	type	value	comment
nand_special_info	_NAND_SPECIAL_INFO	ignore，fill 0	

4.2 phyinfo_buf->factory_block

```
struct _nand_super_block{
    unsigned short  Block_NO;
    unsigned short  Chip_NO;
};
typedef union{
    unsigned char ndata[2048];
    struct _nand_super_block data[512];
}_FACTORY_BLOCK;
```

4.3 phyinfo_buf->mbr

```
/* part info */
typedef struct _NAND_PARTITION{
    unsigned  char      classname[PARTITION_NAME_SIZE];
    unsigned  int       addr;
    unsigned  int       len;
    unsigned  int       user_type;
    unsigned  int       keydata;
    unsigned  int       ro;
}NAND_PARTITION;    //36bytes

/* mbr info */
typedef struct _PARTITION_MBR{
    unsigned  int       CRC;
    unsigned  int       PartCount;
    NAND_PARTITION      array[ND_MAX_PARTITION_COUNT];  //
}PARTITION_MBR;

typedef union{
    unsigned char ndata[4096];
    PARTITION_MBR data;
}_MBR;
```

参考函数：

- nand_get_mbr 函数将 sunxi_mbr.fex 中的 sunxi_mbr_t 类型数据转化成 PARTITION_MBR 类型数据
- NAND_UbootInit -> NAND_LogicInit -> nand_info_init_4_offline_burn 函数将 PARTITION_MBR 类型数据拷贝至 phyinfo_buf->mbr

4.4 phyinfo_buf->partition

```
struct _partition{
    struct _nand_disk nand_disk[MAX_PART_COUNT_PER_FTL];
    unsigned int size;
    unsigned int cross_talk;
    unsigned int attribute;
struct _nand_super_block start;
        struct _nand_super_block end;
    //unsigned int offset;
};
typedef union{
    unsigned char ndata[2048+512];
    struct _partition data[MAX_PARTITION];
}_PARTITION;
```

4.5 physical block layout

- 确定 boot0，uboot, reserve block 布局，参考 set_uboot_start_and_end_block // boot0, uboot, reserve
- 确定 secure storage block, 参考 nand_info_init -> nand_secure_storage_first_build // secure storage block
- 烧写分区表，参考 sunxi_sprite_download_mbr -> download_standard_gpt // gpt partition table + back-up gpt
- burn partitions：根据分区表信息烧写, sector 偏移地址 + 长度（sector 单位）

4.6 burn uboot + phyinfo_buf

写 uboot + phyinfo_buf 的 page 时, oob 区域值为 ff 00 03 01 ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff

注意事项：

- 单个备份按 block 对齐，若写单个备份过程中遇到坏块，则跳过该坏块，写入下一好块，直到将当前备份完整写入
- phyinfo_buf 与 uboot 存储区域按 page 对齐
- 写完若干数量备份后，若剩余 block 数量不够写一个完整备份时，则可以空着不写

5 boot0

5.1 input file

boot0_nand.fex（非安）/toc0.fex（安全）

5.2 flow

- 验证 checksum 是否准确
- 填充 storage_data
- 重新生成 checksum 并更新 boot_file_head_t 中的 check_sum

```
typedef struct _boot0_file_head_t
{
        boot_file_head_t     boot_head;
        boot0_private_head_t  prvt_head;
        char hash[64];
}boot0_file_head_t;
```

图 5-1: boot0_head

```
#define BOOT0_MAGIC                "eGON.BT0"
#define SYS_PARA_LOG               0x4d415244

/*****************************************************************************/
/*                          file head of Boot                                */
/*****************************************************************************/
typedef struct _Boot_file_head
{
        __u32  jump_instruction;   /* one intruction jumping to real code */
        __u8   magic[MAGIC_SIZE];  /* ="eGON.BT0" */
        __u32  check_sum;          /* generated by PC */
        __u32  length;             /* generated by PC */
        __u32  pub_head_size;      /* the size of boot_file_head_t */
        __u8   pub_head_vsn[4];    /* the version of boot_file_head_t */
        __u32  ret_addr;           /* the return value */
        __u32  run_addr;           /* run addr */
        __u32  boot_cpu;           /* eGON version */
        __u8   platform[8];        /* platform information */
}boot_file_head_t;
```

图 5-2: boot_head

参考文件

include/private_boot0.h

sprite/sprite_download.c

参考函数

download_normal_boot0

download_secure_boot0

5.3 normal/secure boot0

非安与安全对应的文件分别是 boot0_nand.fex/toc0.fex，非安 boot0 头部结构 _boot0_file_head_t，安全方案 boot0 头部结构 sbrom_toc0_config

```
typedef struct _boot0_file_head_t
{
        boot_file_head_t      boot_head;
        boot0_private_head_t  prvt_head;
        char hash[64];
        __u8                  reserved[8];
        union {
#ifdef CFG_SUNXI_SELECT_DRAM_PARA
        boot_extend_head_t    extd_head;
#endif
```

```
        fes_aide_info_t fes1_res_addr;

        } fes_union_addr;
}boot0_file_head_t;
```

```
typedef struct sbrom_toc0_config
{
    unsigned char       config_vsn[4];
    unsigned int        dram_para[32];      // dram参数
    int                 uart_port;          // UART控制器编号
    normal_gpio_cfg     uart_ctrl[2];       // UART控制器GPIO
    int                 enable_jtag;        // JTAG使能
    normal_gpio_cfg     jtag_gpio[5];       // JTAG控制器GPIO
    normal_gpio_cfg     storage_gpio[50];   // 存储设备 GPIO信息
                                            // 0-23放nand，24-31存放卡0，32-39放卡2
                                            // 40-49存放spi
    char                storage_data[384];  // 0-159,存储nand信息；160-255,存放卡信息
    unsigned int       secure_dram_mbytes; //
    unsigned int       drm_start_mbytes;   //
    unsigned int       drm_size_mbytes;    //
    unsigned int       boot_cpu;           //
    special_gpio_cfg    a15_power_gpio;  //the gpio config is to a15 extern power enable
    gpio
    unsigned int       next_exe_pa;
    unsigned int       secure_without_OS;   //secure boot without semelis
    unsigned char       debug_mode;         //1:turn on printf; 0 :turn off printf
    unsigned char       power_mode;          /* 0:axp , 1: dummy pmu  */
    unsigned char       rotpk_flag;
    unsigned char       reserver[1];
    unsigned int        card_work_mode;
    unsigned int        res[2];             // 总共1024字节

}
sbrom_toc0_config_t;
```

5.4 filling storage_data

```
typedef struct
{
    __u8    ChipCnt;                //the count of the total nand flash chips are currently connecting on the CE pin
    __u8    ConnectMode;                                    //the rb connect mode
    __u8    BankCntPerChip;         //the count of the banks in one nand chip, multiple banks can support Inter-Leave
    __u8    DieCntPerChip;          //the count of the dies in one nand chip, block management is based on Die
    __u8    PlaneCntPerDie;         //the count of planes in one die, multiple planes can support multi-plane operation
    __u8    SectorCntPerPage;       //the count of sectors in one single physic page, one sector is 0.5k
    __u16   ChipConnectInfo;        //chip connect information, bit == 1 means there is a chip connecting on the CE pin
    __u32   PageCntPerPhyBlk;       //the count of physic pages in one physic block
    __u32   BlkCntPerDie;           //the count of the physic blocks in one die, include valid block and invalid block
    __u32   OperationOpt;           //the mask of the operation types which current nand flash can support support
    __u32   FrequencePar;           //the parameter of the hardware access clock, based on 'MHz'
    __u32   SpiMode;                //spi nand mode, 0:mode 0, 3:mode 3
    __u8    NandChipId[8];          //the nand chip id of current connecting nand chip
    __u32   pagewithbadflag;                                //bad block flag was written at the first byte of spare area of this page
    __u32   MultiPlaneBlockOffset;  //the value of the block number offset between the two plane block
    __u32   MaxEraseTimes;                  //the max erase times of a physic block
    __u32   MaxEccBits;                                             //the max ecc bits that nand support
    __u32   EccLimitBits;                                   //the ecc limit flag for the nand
    __u32   uboot_start_block;
    __u32   uboot_next_block;
    __u32   logic_start_block;
    __u32   nand_specialinfo_page;
    __u32   nand_specialinfo_offset;
    __u32   physic_block_reserved;
    __u32   Reserved[4];
} ? end [anonboot_spinand_para_t] ? boot_spinand_para_t;
```

图 5-3: storage_data

下表中红色字体不能配置错，大部分值直接参考 drivers/mtd/awnand/spinand/physic/id.c

attribute name	*type*	*value*	*comment*
ChipCnt	unsigned char	1	
ConnectMode	unsigned char	1	忽略，可以不用理解
BankCntPerChip	unsigned char	1	忽略，可以不用理解
DieCntPerChip	unsigned char	1	
PlaneCntPerDie	unsigned char	2	忽略，可以不用理解
SectorCntPerPage	unsigned char	4	以具体物料为准, 常见为 4
ChipConnectInfo	unsigned short	1	忽略，可以不用理解
PageCntPerPhyBlk	unsigned int	64	以具体物料为准, 常见为 64
BlkCntPerDie	unsigned int	1024	以具体物料为准, 常见为 1024，也可能为 512 或 2
OperationOpt	unsigned int	0x?	参考 id.c 各个物料配置
FrequencePar	unsigned int	100	忽略，可以不用理解
SpiMode	unsigned int	0	忽略，可以不用理解
NandChipId[8]	unsigned char	0x?	参考 id.c
pagewithbadflag	unsigned int	0	忽略，可以不用理解
MultiPlaneBlockOffset	unsigned int	1	忽略，可以不用理解
MaxEraseTimes	unsigned int		忽略，可以不用理解
EccLimitBits	unsigned int		忽略，可以不用理解
uboot_start_block	unsigned int	8	
uboot_next_block	unsigned int	58	

attribute name	*type*	*value*	*comment*
logic_start_block	unsigned int	24	忽略，可以不用理解
nand_specialinfo_page	unsigned int	0	忽略，可以不用理解
nand_specialinfo_offset	unsigned int	0	忽略，可以不用理解
physic_block_reserved	unsigned int	6	忽略，可以不用理解
Reserved[4]	unsigned int	0	忽略，可以不用理解

以 GigaDevice GD5F1GQ4UBYIG spinand 为例，其大部分信息直接来自 id.c

```
{
        .Model          = "GD5F1GQ4UBYIG",
        .NandID         = {0xc8, 0xd1, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff},
        .DieCntPerChip  = 1,
        .SectCntPerPage = 4,
        .PageCntPerBlk  = 64,
        .BlkCntPerDie   = 1024,
        .OobSizePerPage = 64,
        .OperationOpt   = SPINAND_QUAD_READ | SPINAND_QUAD_PROGRAM |
                SPINAND_DUAL_READ,
        .MaxEraseTimes  = 50000,
        .EccFlag        = HAS_EXT_ECC_SE01,
        .EccType        = BIT4_LIMIT5_TO_7_ERR8_LIMIT_12,
        .EccProtectedType = SIZE16_OFF4_LEN8_OFF4,
        .BadBlockFlag   = BAD_BLK_FLAG_FRIST_1_PAGE,
},
```

5.5 update checksum

参考文件：

sprite/sprite_download.c

sprite/sprite_verify.c

board/sunxi/board_common.c

参考函数流程：

download_normal_boot0/download_secure_boot0 -> sunxi_sprite_generate_checksum -> sunxi_generate_checksum

5.6 burn boot0

写 boot0 的 page 时, oob 区域值统一为 ff 00 03 01 ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff

- 各个备份按 block 对齐（如果 boot0 超过 1 个 block, 单个备份起始 block 地址为偶数）, 若写单个备份过程中遇到坏块，则中止当前备份写过程，写下一备份即可
- boot0 的镜像文件已经包含了 boot0 header，不需额外分配组织 boot0 header 格式，只需更新 boot0 header 中的 storage_data 部分，其他属性（比如 dram_para）不需更新。更新后，需重新生成 boot0 header 中的校验和 check_sum

6 init secure storage block

6.1 input file

无，在 uboot 的存放区域后 8 个 block 用于 secure storge block 用于存放 mac 地址等信息。需要将该块 oob 区域写入 ff aa 5c 00 00 12 34 ff ff ff ff。

7 oob 结构

7.1 oob without crc

oob area 共 16bytes, 布局如下:

oob[0]: bad block flag, 0xff 代表 good block，否则 bad block

oob[1-4]: page feature flag，大端存储，逻辑页：oob[1]&0xf0 == 0xc0，映射页：0xaaaaffff

oob[5-6]: erase count, 大端存储，代表块的擦除次数，烧录器方案中，初始值均为 1

oob[7-10]: block used count，大端存储，第几次写块，该值线性递增，最小值为 0，最大值为总 block 数 * 每块可擦除次数，例如：从 block511 逐渐存放数据，block used count 为 0，写 block510 时，该值为 1，一直顺序写到 block24, 该值为 487，若再次写 block511, block used count 为 488。

oob[11-15]: reserved，默认填充值 0xa5

```
[2019/3/14 14:30:08] p62@b 511
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] 00000000: ff c0 00 02 59 00 01 00 00 00 00 a5 a5 a5 a5 a5
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] p63@b 511
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] 00000000: ff aa aa ff ff 00 01 00 00 00 00 a5 a5 a5 a5 a5
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] dump main data
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] 00000000: 00 00 00 00 bb 6d 00 00 bc 6d 00 00 bd 6d 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000010: bf 6d 00 00 00 02 00 00 01 02 00 00 02 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000020: 03 02 00 00 04 02 00 00 05 02 00 00 06 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000030: 07 02 00 00 08 02 00 00 09 02 00 00 0a 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000040: 0b 02 00 00 0c 02 00 00 0d 02 00 00 0e 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000050: 0f 02 00 00 10 02 00 00 11 02 00 00 12 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000060: 13 02 00 00 14 02 00 00 15 02 00 00 16 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000070: 17 02 00 00 18 02 00 00 19 02 00 00 1a 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000080: 1b 02 00 00 1c 02 00 00 1d 02 00 00 1e 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000090: 1f 02 00 00 40 02 00 00 41 02 00 00 42 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000a0: 43 02 00 00 44 02 00 00 45 02 00 00 46 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000b0: 47 02 00 00 48 02 00 00 49 02 00 00 4a 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000c0: 4b 02 00 00 4c 02 00 00 4d 02 00 00 4e 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000d0: 4f 02 00 00 50 02 00 00 51 02 00 00 52 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000e0: 53 02 00 00 54 02 00 00 55 02 00 00 56 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000f0: 57 02 00 00 58 02 00 00 59 02 00 00 ff ff ff ff
[2019/3/14 14:30:08] 00000100: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

图 7-1: oob-structure-example

对于上图，逻辑块 511 的 page62，其 oob 信息表示：映射的逻辑页是 0x0000259, 该块当前擦除次数 0x0001, block used count 为 0x00000000。

每款 spinand 物料存储组织方式是有差异的，具体需要参考物料 data sheet。以华邦 winbond w25n01gv 为例，其存储方式如下：

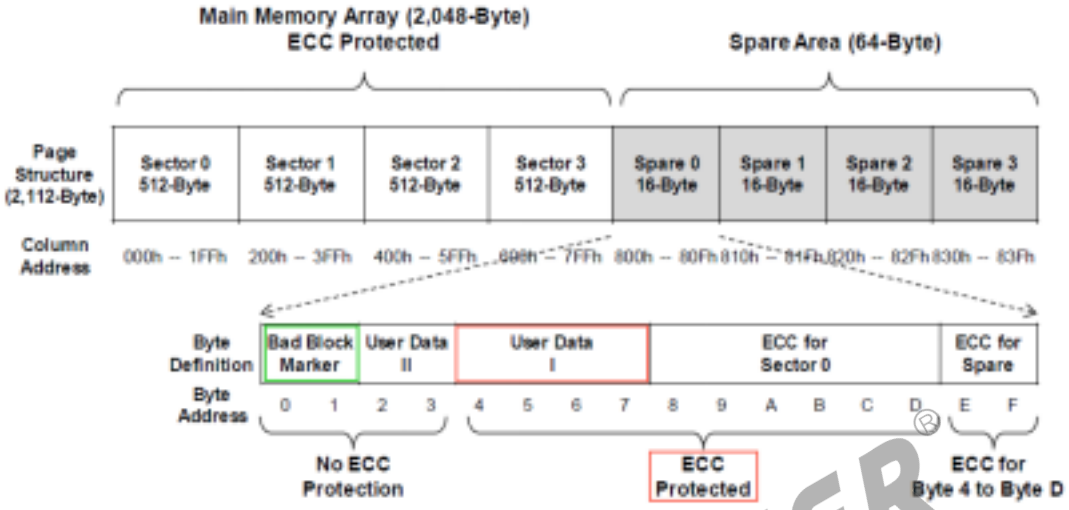


图 7-2: Winbond-Spinand-Area-Stucture

如果 oob 信息 ff c0 00 04 30 00 04 00 00 23 75 a5 a5 a5 a5 a5，绿框标注坏块标记，红框区域标注着 oob 信息的存放位置（受 ecc 保护）。

最后再次说明每款物料，存放 oob 信息的位置是有差异的。

```
ff ff ff ff ff c0 00 04 75 aa 58 6c c5 56 f0 0f
ff ff ff ff 30 00 04 00 cb 4d 23 8a 58 77 84 7b
ff ff ff ff 00 23 75 a5 fd d5 5f f0 03 3f 15 15
ff ff ff ff a5 a5 a5 a5 d2 d9 62 bf 0e 14 60 60
```

图 7-3: Winbond-Spare-Area-Example

id.c 的 ID 表中 EccProtectedType，就是更具 Ecc Protected 区域的分布情况，选出 16byte 的数据空间，存放 oob 数据。

7.2 oob with crc

oob area 共 16bytes, 布局如下:

oob[0]: bad block flag, 0xff 代表 good block，否则 bad block

oob[1-4]: page feature flag，大端存储，逻辑页：oob[1]&0xf0 == 0xc0，映射页：0xaaaaffff

oob[5-6]: erase count, 大端存储，代表块的擦除次数，烧录器方案中，初始值均为 1

oob[7-10]: block used count，大端存储，第几次写块，该值线性递增，最小值为 0，最大值为总 block 数 * 每块可擦除次数，例如：从 block511 逐渐存放数据，block used count 为 0，写 block510 时，该值为 1，一直顺序写到 block24, 该值为 487，若再次写 block511, block used count 为 488。

oob[11]: reserved，默认填充值 0xa5

oob[12-13]: crc value, crc16 大端存储。

oob[14-15]: reserved，默认填充值 0xa5

对于 block 的尾页（最后一页），根据 mapping page（page_per_block*4, 对于 spinand，大小为 256）的数据计算 crc 值; 对于其它页，则以写入该逻辑页的全部数据 (对于 spinand，大小为 4k) 计算 crc 值。

```
p63@b 433

00000000: ff aa aa ff ff 0c ae 00 11 48 48 a5 e2 b3 a5 a5

p 0@b 432

00000000: ff c0 00 3e 9b 0c c1 00 11 47 6f a5 df fe a5 a5
```

图 7-4: crc-value

8 mapping page

mapping page 存放逻辑地址与物理地址映射信息（mapping data)

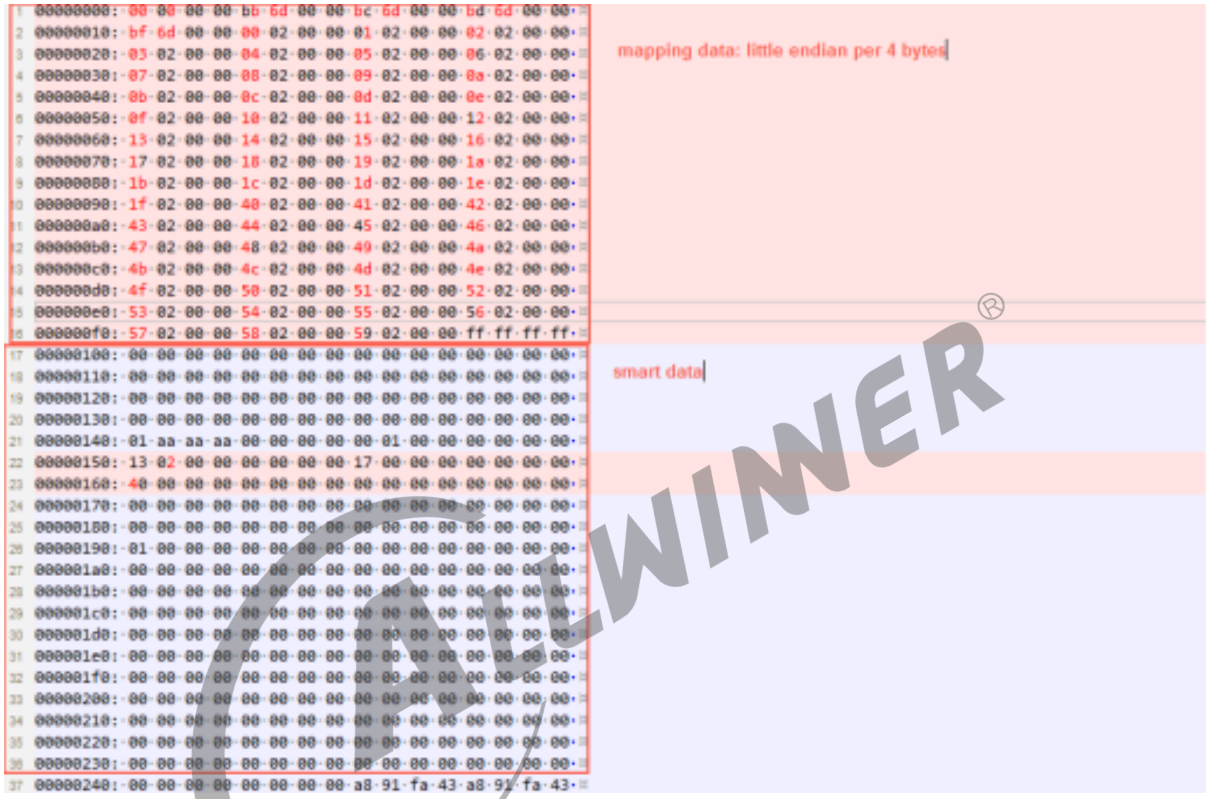


图 8-1: Mapping-Page-Data

mapping data ： 每块 page 数 *4 字节，对于常见 spinand 一般为 256 字节，每个索引存放该物理页映射的逻辑页信息，比如索引 0，即 page0 映射的逻辑页号 0x00000000（小端格式），其存放了 GPT 分区表信息，对于索引 5，即 page5 映射的逻辑页号 0x00000200, 其存放了分区 1 起始数据，page63 没有映射逻辑页，因此存放 0xffffffff

```
[2019/3/14 14:30:08] p62@b 511
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] 00000000: ff c0 00 02 59 00 01 00 00 00 00 a5 a5 a5 a5 a5
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] p63@b 511
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] 00000000: ff aa aa ff ff 00 01 00 00 00 00 a5 a5 a5 a5 a5
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] dump main data
[2019/3/14 14:30:08]
[2019/3/14 14:30:08] 00000000: 00 00 00 00 bb 6d 00 00 bc 6d 00 00 bd 6d 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000010: bf 6d 00 00 00 02 00 00 01 02 00 00 02 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000020: 03 02 00 00 04 02 00 00 05 02 00 00 06 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000030: 07 02 00 00 08 02 00 00 09 02 00 00 0a 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000040: 0b 02 00 00 0c 02 00 00 0d 02 00 00 0e 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000050: 0f 02 00 00 10 02 00 00 11 02 00 00 12 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000060: 13 02 00 00 14 02 00 00 15 02 00 00 16 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000070: 17 02 00 00 18 02 00 00 19 02 00 00 1a 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000080: 1b 02 00 00 1c 02 00 00 1d 02 00 00 1e 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 00000090: 1f 02 00 00 40 02 00 00 41 02 00 00 42 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000a0: 43 02 00 00 44 02 00 00 45 02 00 00 46 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000b0: 47 02 00 00 48 02 00 00 49 02 00 00 4a 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000c0: 4b 02 00 00 4c 02 00 00 4d 02 00 00 4e 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000d0: 4f 02 00 00 50 02 00 00 51 02 00 00 52 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000e0: 53 02 00 00 54 02 00 00 55 02 00 00 56 02 00 00
[2019/3/14 14:30:08] 000000f0: 57 02 00 00 58 02 00 00 59 02 00 00 ff ff ff ff
[2019/3/14 14:30:08] 00000100: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

图 8-2: oob-structure-example

对于上图，逻辑块 511 的 page62，索引 62 处存放的数据为 0x00000259, 表示该块的 62 页存放的是逻辑页号是 0x00000259, 索引 63 处存放的数据为 0xffffffff

9 mbr/gpt partition table

需要根据 sunxi_mbr.fex 中的内容转换为上图的格式，然后写入 LBA0_LBA33, LBA-33_LBA-2, LBA-1 区域。LBA(logical block address) 可以理解为扇区 sector，大小 512.

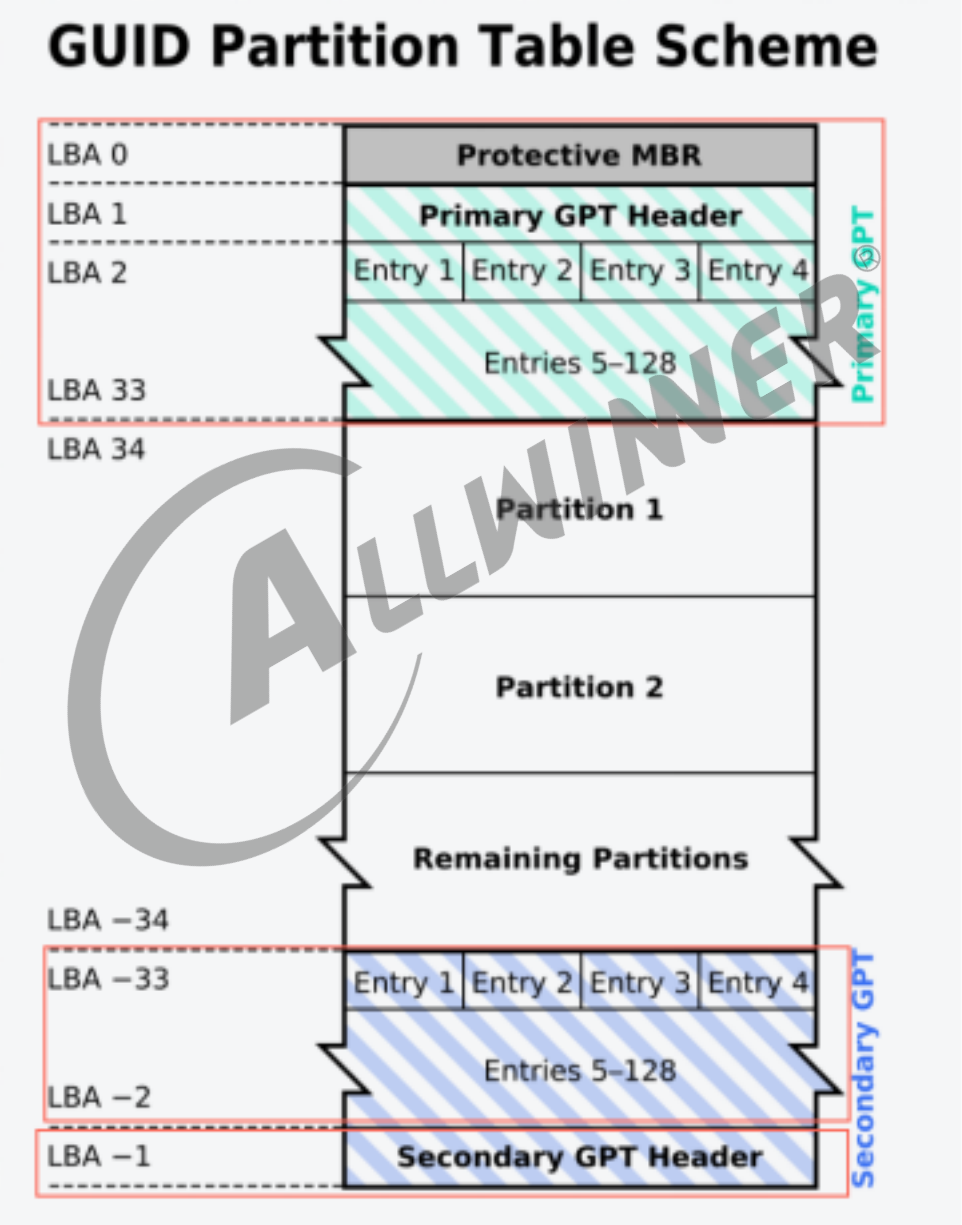


图 9-1：GPT-Scheme

9.1 物理/逻辑区大小

但是逻辑区到底有多大，按如下方法推算：

减 boot0 大小：8 个物理 block（block0-block7）

减 uboot 大小：32 个物理 block（block8-block31）

减 secure storage block 区域大小：理想情况下为 2 个连续物理 block（block32, block41），如果有坏块，可能会多于 2 个，例如，若 block41 为坏块，则 secure storge block 为 block40, block42

减预留物理 block 大小：6 个，理想情况下为 block42-block47, 若 secure storage block 区域中碰到坏块，导致这个物理区 block 数为奇数个，则再加一个物理 block, 向上取至偶数个，例如若 block41 为坏块, 则为 block43-48 + block49.

减出厂逻辑坏块数：每个 spinand 片子不一样，需要动态扫描

减去预留逻辑块数：对于有 1024 个物理 block 的 spinand 片子，预留 40 个逻辑 block, 即 80 个物理 block；对于有 2048 个物理 block 的 spinand 片子，预留 85 个逻辑 block

综上所述，对于有 1024 个物理 block 的 spinand 片子，理想情况下（无出厂坏块），逻辑区大小为（1024 - 8 - 32 - 2 - 6 - 40 * 2）= 896, 每个 block128K, 2 个 LBA(sector), 所以逻辑区 LBA(sector) 个数为 896 * 128 * 2 = 229376

因此，实际上 LBA-33, LBA-1 这 2 个 LBA 地址的实际值可能因 spinand 片子而定。

9.2 input file

sunxi_mbr.fex

9.3 flow

1. 校验 sunxi_mbr.fex
2. 调用 nand_get_mbr 将 sunxi_mbr_t 转换为 PARTITION_MBR
3. erase_flash
4. sunxi_sprite_download_mbr(crc32 校验值计算请参考 util/crc32.c)

9.4 参考文件

drivers/sunxi_usb/usb_efex.c

sprite/sprite_verify.c

drivers/sunxi_flash/nand/nand_for_uboot.c

sprite/sprite_download.c

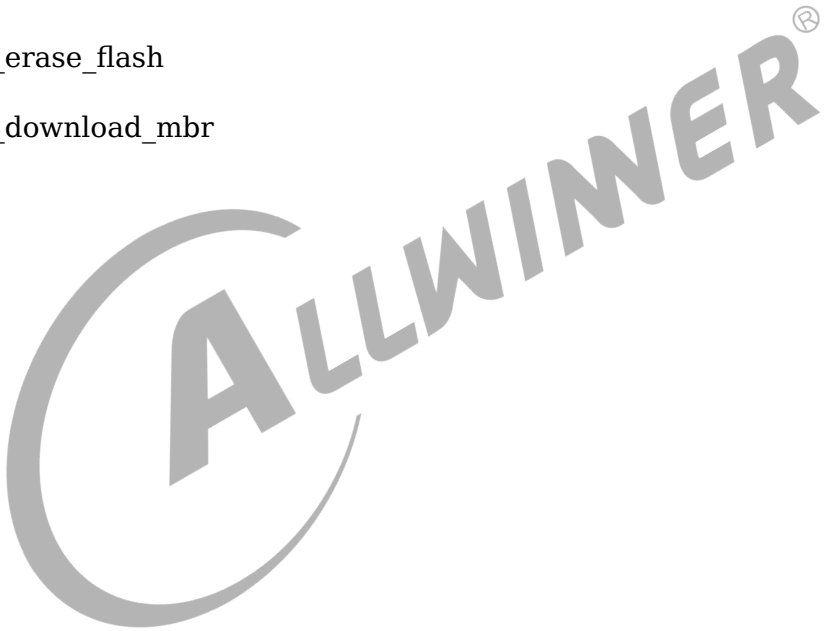
9.5 参考函数流程

sunxi_sprite_verify_mbr

nand_get_mbr

sunxi_sprite_erase_flash

sunxi_sprite_download_mbr



10 partition image

描述分区信息的文件为 sys_partition.fex，该文件只是说明分区信息，该文件不会写入 nand flash。mbr 分区大小以 Kbyte 为单位，其他分区大小以 sector（512bytes, linux 块设备的读写单元为 sector）为单位。各个分区大小会按逻辑页大小对齐，这样也保证了各个分区的起始地址也是逻辑页大小对齐的。

10.1 input file

NO.	Name	Partitionsize(KB)	Offset(KB)	File	File size(KB)
分区表	mbr	252	0	sunxi_mbr .fex	64
分区 1	boot-resource	252	252	boot-resource.fex	
分区 2	env	252	502	env.fex	
分区 3	env-redund	252	756	env.fex	
分区 4	boot	6300	1008	boot.fex	
分区 5	rootfs	20412	7308	rootfs.fex	
分区 6	dsp0	378	27720	dsp0.fex	
分区 7	private	1008	28098	/	/
分区 8	recovery	8064	29106	recovery .fex	
分区 9	UDISK	动态计算	37170	/	/

因为 mbr 的烧写是基于 UBI 框架写入的，每个 mbr 分区信息对应一个 UBI Volume，Volume 的每个 logical eraseblock 可以被映射到任意的 physical eraseblock，映射是 UBI 管理的，并且对上层隐藏了 global wear_leveling 机制。

LEB 与 PEB

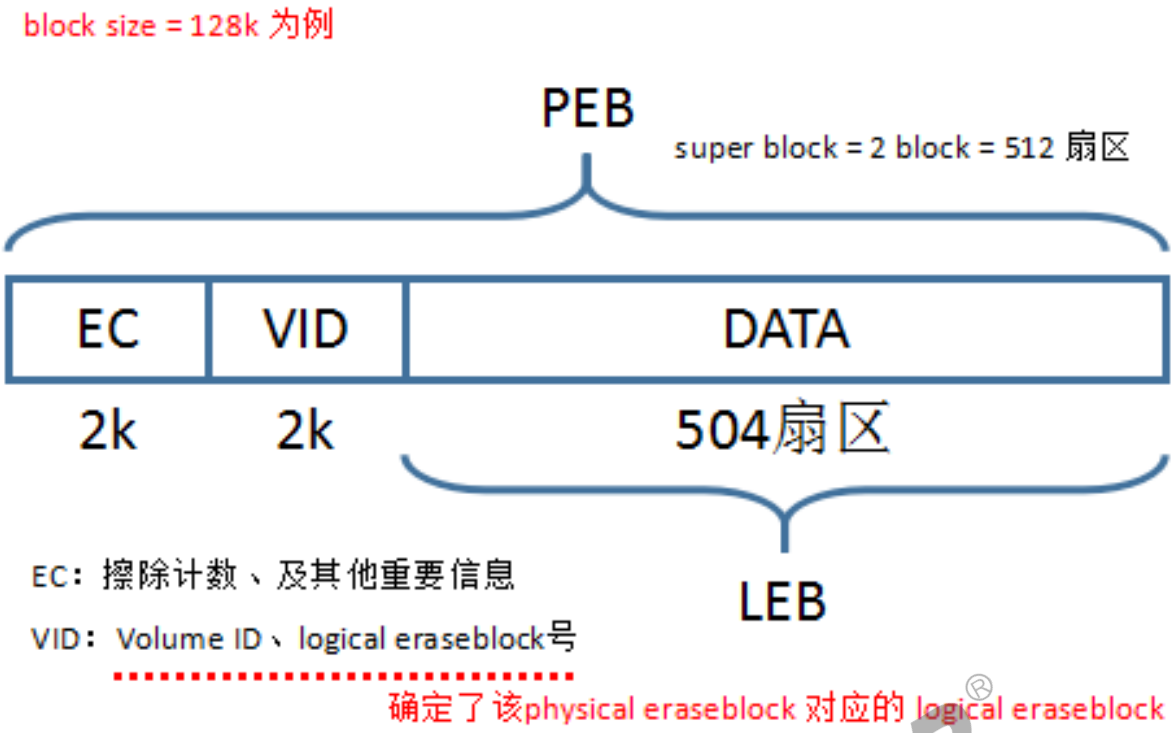


图 10-1: PEB-LEB

PEB: physical erase block，**LEB:** logical erase block

PEB 和 logical block 关系

1 PEB = 1 logical block = 2 physical blocks

10.2 计算逻辑区域 LEB 总数

用户可见 LEB 数 = [总物理块数 - 8 (boot0) - 24(boot1) - 8 (secure storage)] / 2 - 20 * 总物理块数 / 1024 - 4，规则如下：

1. 减去物理区域块数，除 2 转化为 logical block
2. 减去坏块处理预留数（每 1024 物理块最多 20 个物理块，即 10 个逻辑块）
3. 减去 4（2 个用于 ubi layout volume，1 个用于 LEB 原子写，1 个用于磨损均衡处理）

推算方式可以参考 u-boot-2018/cmd/ubi_simu.c 的 ubi_sim_part 和 ubi_simu_create_vol 函数。

正常情况下，ubi 方案 sys_partition.fex 中各个分区的大小会按照 LEB 大小对齐。

假如一款 flash 有 1024 个 block, 每个 block 有 64 个 page, 每个 page 有 2KB，则逻辑块大

小为 256K(642K2), 那么 PEB 大小是 256K，LEB 大小为 252K, PEB 中的首逻辑页固定用于存放 ubi_ec_hdr 和 ubi_vid_hdr。

由于预先不知道物料的容量信息及预留块信息，因此 sys_partition.fex（sunxi_mbr.fex）中最后一个分区的 size 信息默认先填 0，待 NAND 驱动初始化完成后才知道用户可见 LEB 数有多少个，此时需要根据信息改写 sunxi_mbr.fex 中最后一个分区的 size。

10.3 动态调整 sunxi_mbr 卷

sunxi_mbr.fex 共 64k, 共 4 个备份，每个备份 16K

1. 计算 mbr 卷最后分区 size, 单位：扇区（512 字节），计算规则如下：

- 根据 9.2 计算出的用户可见 leb 数转化出总的扇区数 total_sector
- 依次减去分区表中各个分区占用的扇区数

2. 回填 sunxi_mbr.fex 最后一个分区 size
3. 重新计算并回填 sunxi_mbr 的 crc32
4. 改写其余 3 个备份

sunxi_mbr_t 结构体：u-boot-2018/include/sunxi_mbr.h，结构体各个成员均使用小端存储。

```
typedef struct sunxi_mbr
{
    unsigned  int       crc32;
    unsigned  int       version;
    unsigned  char      magic[8];
    unsigned  int       copy;
    unsigned  int       index;
    unsigned  int       PartCount;
    unsigned  int       stamp[1];
    sunxi_partition     array[SUNXI_MBR_MAX_PART_COUNT];
    unsigned  int       lockflag;
    unsigned  char      res[SUNXI_MBR_RESERVED];
}__attribute__ ((packed)) sunxi_mbr_t;
```

重新计算并回填 sunxi_mbr crc32 的代码请参考 u-boot-2018/drivers/mtd/awnand/sunxi-ubi.c 的 adjust_sunxi_mbr 函数

10.4 根据 sunxi_mbr 动态生成 ubi layout volume

ubi layout volume 可以理解为 UBI 模块内部用的分区信息文件，sunxi_mbr 分区是用于全志烧写 framework 的分区信息文件。二者记录的分区信息本质上是一样的，因此烧写时，可以由 sunxi_mbr 卷转化成 ubi layout volume。

ubi layout volume 由 128 个 struct ubi_vtbl_record（u-boot-2018/drivers/mtd/ubi/ubi-media.h）组成, 结构体各个成员使用大端表示。

```
struct ubi_vtbl_record {
    __be32  reserved_pebs;
    __be32  alignment;
    __be32  data_pad;
    __u8    vol_type;
    __u8    upd_marker;
    __be16  name_len;
    char    name[UBI_VOL_NAME_MAX+1];
    __u8    flags;
    __u8    padding[23];
    __be32  crc;
} __packed;
```

attribute name	type	value	comment
reserved_pebs	__be32		卷大小/LEB size, 对于 ubi layout volume，固定为 2
alignment	__be32	1	
data_pad	__be32	0	
vol_type	__u8	1	动态卷：1，静态卷：2，当前方案均是动态卷
upd_marker	__u8	0	
name_len	__be16		卷名长度
name[128]	char		
flags	__u8		分区内最后一个卷 udisk，flags 为 UBI_VTBL_AUTORESIZE_FLG
padding[23]	__u8	0	
crc	__be32		crc32_le

ubi layout volume 的内容填充及烧写方法请参考 u-boot-2018/cmd/ubi_simu.c 的 ubi_simu_create_vol 和 wr_vol_table 函数

注意：

ubi 中 crc32_le 算法与 sunxi_mbr 的 crc32 算法不一样。

ubi 中 crc32_le 参考 crc32_le.c 用法

sunxi_mbr 中 crc32 参考 crc32.c 用法

10.5 烧写逻辑卷

PEB = ubi_ec_hdr + ubi_vid_hdr + LEB

其中 ubi_ec_hdr 和 ubi_vid_hdr 存放于 PEB 的首逻辑页（logical page0）。

- ubi_ec_hdr 存放于 0 字节偏移处，大小与物理页 size 对齐

- ubi_vid_hdr 存放于 1 个物理页 size 偏移处，大小也与物理页 size 对齐

10.6 ubi_ec_hdr

ubi_ec_hdr：主要用于存储 PEB 的擦除次数信息，需动态生成 crc32_le 校验值。

struct ubi_ec_hdr 位于 u-boot-2018/drivers/mtd/ubi/ubi-media.h，结构体各个成员使用大端表示。

```
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;
```

attribute name	type	value	comment
magic	__be32	0x55424923	UBI#
version	__u8	1	
padding1[3]	__u8	0	
ec	__be64	1	
vid_hdr_offset	__be32	physical page size	2048
data_offset	__be32	logical page size	4096
image_seq	__be32	0	
padding2[32]	__u8	0	
hdr_crc	__be32		crc32_le

ubi_ec_hdr 的填充方法请参考 u-boot-2018/cmd/ubi_simu.c 的 fill_ec_hdr 函数。

10.7 ubi_vid_hdr

ubi_vid_hdr：存放 PEB 和 LEB&Volume 映射信息，需动态生成 crc32_le 校验值

struct ubi_vid_hdr 位于 u-boot-2018/drivers/mtd/ubi/ubi-media.h，结构体各个成员使用大端表示。

```
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;
```

attribute name	type	value	comment
magic	__be32	0x55424921	UBI!
version	__u8	1	
vol_type	__u8	1	
copy_flag	__u8	0	
compat	__u8		默认为 0，layout volume 固定为 5
vol_id	__be32		volume id，从 0 开始编号，layout vol 固定为 0x7fffefff
lnum	__be32		volume 内 LEB NO.，从 0 开始编号
padding1[4]	__u8	0	
data_size	__be32	0	
used_ebs	__be32	0	
data_pad	__be32	0	
data_crc	__be32	0	
padding2[4]	__u8	0	
sqnum	__be64		LEB 全局 sequence NO.，记录 LEB 的写顺序，从 0 开始递增
padding3[12]	__u8	0	
hdr_crc	__be32		crc_le

ubi_vid_hdr 的填充方法请参考 u-boot-2018/cmd/ubi_simu.c 的 fill_vid_hdr 函数。

10.8 数据对齐

有数据对齐需求时，不能填充 0xff 数据，可选择填充全 0。

著作权声明

商标声明

免责声明