



Linux U-Boot 开发指南

版本号: 3.0
发布日期: 2021.05.24

版本历史

版本号	日期	制/修订人	内容描述
1.0	2020.7.19	AWA1538	添加基础模板
1.1	2020.7.21	AWA1538	添加快速编译 boot0 及 U-Boot
2.0	2020.11.10	AWA1538	1. 添加 U-Boot 配置参数文件介绍, 重点介绍内部 fdt 使用。
3.0	2021.05.24	AWA1538	1. 增加 LICHEE 配置宏信息



目 录

1 前言	1
1.1 编写目的	1
1.2 适用范围	1
1.3 相关人员	1
2 LICHEE 类宏关键字解释	2
3 编译方法介绍	3
3.1 准备编译工具链	3
3.2 快速编译 boot0 及 U-Boot	3
3.3 编译 U-Boot	3
3.4 编译 boot0/fes/sboot	3
4 U-Boot 功能及其配置方法/文件介绍	5
4.1 U-Boot 功能介绍	5
4.2 U-Boot 功能配置方法介绍	5
4.2.1 通过 defconfig 方式配置	5
4.2.2 通过 menuconfig 方式配置	6
4.3 U-Boot 配置参数文件介绍	7
4.3.1 U-Boot-dts 路径	7
4.3.2 U-Boot-dts, defconfig 配置	7
4.3.3 U-Boot-dts 注意事项	8
4.3.3.1 编译注意事项	8
4.3.3.2 语法注意事项	8
4.3.3.3 运行时注意事项	9
5 U-Boot 常用命令介绍	11
5.1 env 命令说明	11
5.2 sunxi_flash read 命令说明	12
5.2.1 使用方法	12
5.2.2 使用示例	12
5.3 fastboot 命令说明	12
5.3.1 使用前提	13
5.3.2 使用步骤	13
5.3.3 fastboot 基本命令使用示例	13
5.4 fat 命令说明	14
5.5 md 命令说明	16
5.6 FDT 命令说明	16
5.6.1 查询配置	17
5.6.2 修改配置	20
5.6.2.1 修改整数配置	20
5.6.2.2 修改字符串配置	20

5.6.3 GPIO 或者 PIN 配置特殊说明	21
5.6.3.1 Pin 配置说明	21
5.6.3.2 查看 PIN 配置	21
5.6.3.3 修改 PIN 配置	22
5.6.3.4 GPIO 配置说明	23
5.7 其他命令说明 (boot, reset, efex)	24
6 基本调试方法介绍	25
7 进入烧写的方法	26
8 常用接口函数	27
8.1 fdt 相关接口	27
8.2 env 相关接口函数	29
8.3 调用 U-Boot 命令行	30
8.4 Flash 的读写	31
8.5 获取分区信息	32
8.6 GPIO 相关操作	33
9 常用资源的初始化阶段	35

插 图

4-1 defconfig 配置图	6
4-2 menuconfig 配置菜单图	7
4-3 dts 变化图	9
5-1 fatls 命令执行示例图	14
5-2 fatls 命令参数说明图	15
5-3 fatinfo 命令执行示例图	15



1 前言

1.1 编写目的

介绍 U-Boot 的编译打包、基本配置、常用命令的使用、基本调试方法等, 为 U-BOOT 的移植及应用开发提供了基础。

1.2 适用范围

本文档适用于 brandy2.0, 即 U-Boot-2018 平台。

1.3 相关人员

U-Boot 开发/维护人员, 内核开发人员。

2 LICHEE 类宏关键字解释

请到 longan 目录下的 .buildconfig 查看目前使用了以下 LICHEE 类宏。

```
LICHEE_IC      --> IC名\  
LICHEE_CHIP   --> 平台名\  
LICHEE_BOARD  --> 板级名\  
LICHEE_ARCH   --> 所属架构\  
LICHEE_BOARD_CONFIG_DIR --> 板级目录\  
LICHEE_BRANDY_OUT_DIR  --> bin文件所在目录\  
LICHEE_PLAT_OUT    --> 平台临时bin所在目录\  
LICHEE_CHIP_CONFIG_DIR --> IC目录
```



3 编译方法介绍

3.1 准备编译工具链

准备编译工具链接执行步骤如下：

```
1) cd longan/brandy/brandy-2.0/\n2) ./build.sh -t
```

3.2 快速编译 boot0 及 U-Boot

在longan/brandy/brandy-2.0/目录下，执行 ./build.sh -p 平台名称，可以快速完成整个 boot 编译动作。这个平台名称是指，LICHEE_CHIP。

```
./build.sh -p {LICHEE_CHIP} //快速编译spl/U-Boot\n./build.sh -o spl-pub -p {LICHEE_CHIP} //快速编译spl-pub\n./build.sh -o uboot -p {LICHEE_CHIP} //快速编译U-Boot
```

3.3 编译 U-Boot

cd longan/brandy/brandy-2.0/u-boot-2018/进入 u-boot-2018 目录。以{LICHEE_CHIP}为例，依次执行如下操作即可。

```
1) make {LICHEE_CHIP}_defconfig\n2) make -j
```

3.4 编译 boot0/fes/sboot

cd longan/brandy/brandy-2.0/spl-pub进入spl-pub目录，需设置平台和要编译的模块参数。以{LICHEE_CHIP}为例，编译 nand/emmc 的方法如下：

1. 编译boot0


```
make distclean
make p={LICHEE_CHIP} m=nand
make boot0

make distclean
make p={LICHEE_CHIP} m=emmc
make boot0
```

2. 编译fes

```
make distclean
make p={LICHEE_CHIP} m=fes
make fes
```

3. 编译sboot

```
make distclean
make p={LICHEE_CHIP} m=sboot
make sboot
```

4 U-Boot 功能及其配置方法/文件介绍

4.1 U-Boot 功能介绍

在嵌入式操作系统中，BootLoader/U-Boot 是在操作系统内核运行之前运行。可以初始化硬件设备、建立内存空间映射图，从而将系统的软硬件环境带到一个合适状态，以便为最终调用操作系统内核准备好正确的环境。在 sunxi 平台中，除了必须的引导系统启动功能外，BOOT 系统还提供烧写、升级等其它功能。

U-Boot 主要功能可以分为以下几类

1. 引导内核

能从存储介质（nand/mmc/spinor）上加载内核镜像到 DRAM 指定位置并运行。

2. 量产 & 升级

包括卡量产，USB 量产，私有数据烧录，固件升级

3. 开机提示信息

开机能显示启动 logo 图片（BMP 格式）

4. Fastboot 功能

实现 fastboot 的标准命令，能使用 fastboot 刷机

4.2 U-Boot 功能配置方法介绍

U-Boot 中的各项功能可以通过 defconfig 或配置菜单 menuconfig 进行开启或关闭，具体配置方法如下：

4.2.1 通过 defconfig 方式配置

1. `vim /longan/brandy/brandy-2.0/u-boot-2018/configs/{LICHEE_CHIP}_defconfig`
2. 打开{LICHEE_CHIP}_defconfig或{LICHEE_CHIP}_nor_defconfig后，在相应的宏定义前去掉或添加"#"
即可将相应功能开启或关闭。如下图，只要将CONFIG_SUNXI_NAND前的#去掉即可支持 NAND 相关功能，其他宏定义的开启关闭也类似。修改后需要运行`make xxx_defconfig`使修改后的配置生效。

```
1 # flash
2 CONFIG_SUNXI_SDMMC=y
3 CONFIG_MMC=y
4 CONFIG_SUNXI_FLASH=y
5 # CONFIG_SUNXI_NAND=y
6
7 #nsi
8 CONFIG_SUNXI_NSI=y
9
10 #usb otg config
11 CONFIG_SUNXI_USB=y
12 CONFIG_SUNXI_EFEX=y
13 CONFIG_SUNXI_BURN=y
14
15 #partition
16 CONFIG_EFI_PARTITION=y
17
18 #image
19 CONFIG_ANDROID_BOOT_IMAGE=y
20
21 #sprite
22 CONFIG_SUNXI_SPRITE=y
23 CONFIG_SUNXI_SECURE_STORAGE=y
24 CONFIG_SUNXI_SPRITE_CARTOON=y
25
```

图 4-1: defconfig 配置图

4.2.2 通过 menuconfig 方式配置

通过 menuconfig 方式配置的方法步骤如下：

1. cd brandy/brandy-2.0/u-boot-2018/
2. 执行make menuconfig命令，会弹出 menuconfig 配置菜单窗口，如下图所示。此时即可对各模块功能进行配置，配置方法 menuconfig 配置菜单窗口中有说明。
3. 修改后配置已经生效，直接 make 即可生成对应 bin。如果重新运行make xxx_defconfig，通过 menuconfig 方式修改的配置会在运行make xxx_defconfig后被xxx_defconfig中的配置覆盖。

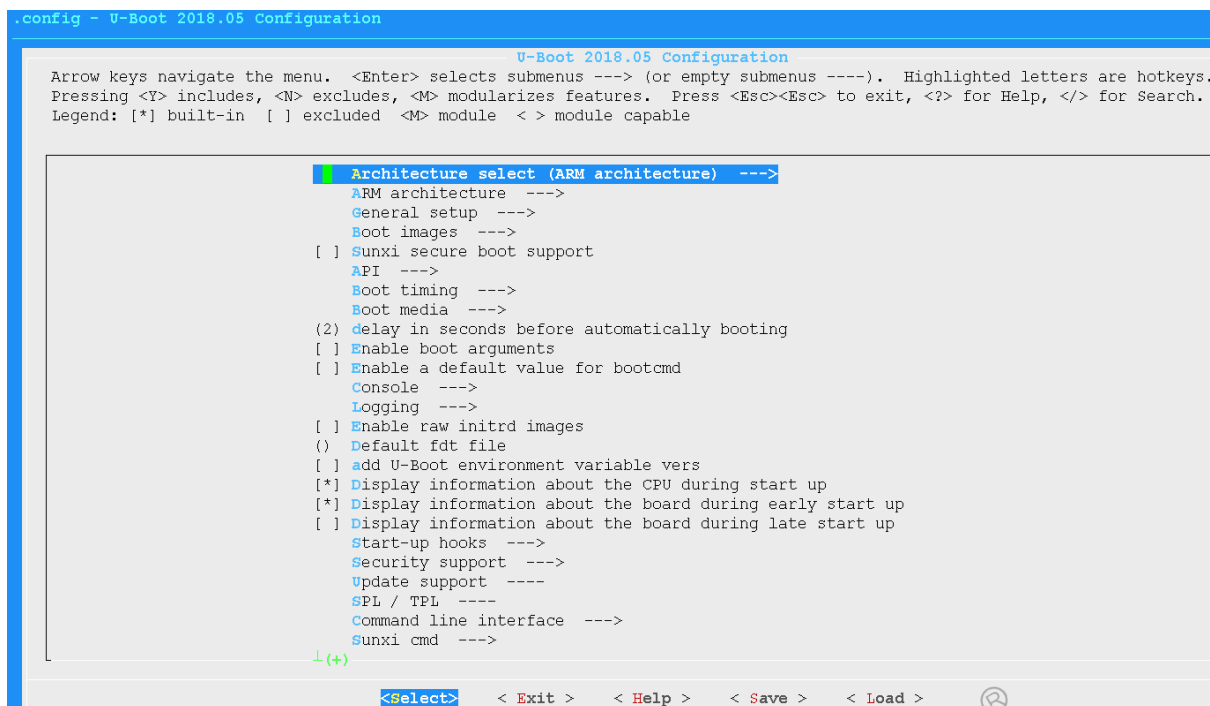


图 4-2: menuconfig 配置菜单图

4.3 U-Boot 配置参数文件介绍

U-Boot 自 linux-5.4 以后不再使用 sysconfig 和内核 dts 作为配置文件，而是使用 U-Boot 自带的 dts 来配置参数。kernel-dts 与 U-Boot-dts 完全独立。

4.3.1 U-Boot-dts 路径

U-Boot-dts 路径为：vim longan/brandy/brandy-2.0/u-boot-2018/arch/arm/dts

4.3.2 U-Boot-dts, defconfig 配置

配置项	配置项含义
CONFIG_OF_SEPARATE	构建 U-Boot 设备树成为 U-Boot 的一部分
CONFIG_OF_BOARD	关闭使用外部 dts
CONFIG_DEFAULT_DEVICE_TREE	选择构建的 dts 文件文件名
CONFIG_SUNXI_NECESSARY_REPLACE_FDT	开启选项, 实现内部 dts 换成外部 dts

配置项	选项
CONFIG_OF_SEPARATE	y
CONFIG_OF_BOARD	n
CONFIG_DEFAULT_DEVICE_TREE	"{LICHEE_CHIP}-soc-system"
CONFIG_SUNXI_NECESSARY_REPLACE_FDT	y

4.3.3 U-Boot-dts 注意事项

4.3.3.1 编译注意事项

1.dts 分为板级 dts，和系统 dts。

系统 dts 由 CONFIG_DEFAULT_DEVICE_TREE 决定，可以在 \$(CONFIG_SYS_CONFIG_NAME)_dts 找到该宏的定义。

系统 dts 最终会 include 板级 dts，文件路径 {LICHEE_BOARD_CONFIG_DIR}，文件名:uboot-board.dts。

2. 我们可以通过编译时的打印判断启动的 dts

```
OBJCOPY examples/standalone/hello_world.srec
OBJCOPY examples/standalone/hello_world.bin
LD      u-boot
OBJCOPY u-boot.srec
OBJCOPY u-boot-nodtb.bin
'{LICHEE_BOARD_CONFIG_DIR}/uboot-board.dts' -> '~/longan/brandy/brandy-2.0/u-boot-2018/
arch/{LICHEE_ARCH}/dts/.board-uboot.dts'
DTC     arch/{LICHEE_ARCH}/dts/{LICHEE_CHIP}-soc-system.dtb
SYM     u-boot.sym
SHIPPED dts/dt.dtb
FDTGREP dts/dt-spl.dtb
COPY    u-boot.dtb
CAT     u-boot-dtb.bin
COPY    u-boot.bin
'u-boot.bin' -> '{LICHEE_CHIP}.bin'
'u-boot-g{LICHEE_CHIP}.bin' -> '{LICHEE_BRANDY_OUT_DIR}/bin/u-boot-g{LICHEE_CHIP}.bin'
'u-boot-g{LICHEE_CHIP}.bin' -> '{LICHEE_PLAT_OUT}/u-boot-g{LICHEE_CHIP}.bin'
CFGCHK  u-boot.cfg
```

4.3.3.2 语法注意事项

当系统 dts 与板级 dts 存在同路径下同名节点时，板级 dts 将会覆盖系统 dts。

4.3.3.3 运行时注意事项

1. 为了在启动内核前更新参数到内核 dts 和可以在 U-Boot 控制台查看修改 dts。按阶段划分可以分为使用内部 dts 阶段和使用内核 dts 阶段，如下图所示。

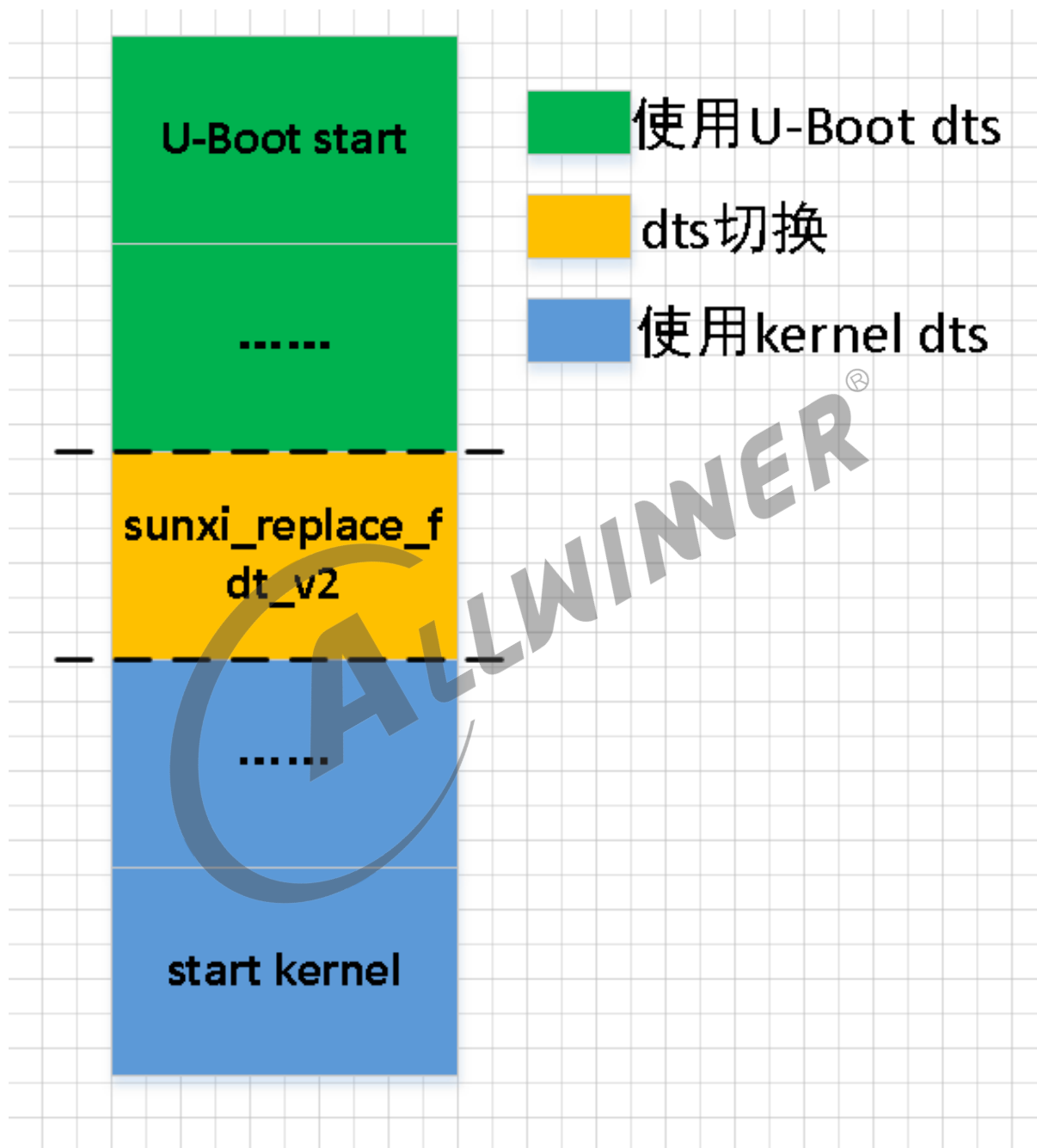


图 4-3: dts 变化图

2. 可以通过命令 `set_working_fdt` 来切换当前生效的 fdt。

```
[04.562]update bootcmd
[04.576]change working_fdt 0x7bebee58 to 0x7be8ee58
[04.587]update dts
Hit any key to stop autoboot: 0
=> set
    set_working_fdt setenv setexpr
=> set_working_fdt 0x7bebee58
change working_fdt 0x7be8ee58 to 0x7bebee58
=>
```



5 U-Boot 常用命令介绍

5.1 env 命令说明

通过env命令可以对{LICHEE_CHIP_CONFIG_DIR}/configs/default/env.cfg中的环境变量进行查看及更改。在小机启动过程中按任意键进入 U-Boot shell 命令状态，输入命令"env"即可查看命令帮助信息。具体示例如下：

1. 输入命令"env print"，可查看当前所有的环境变量信息，如下：

```
=> pri
ab_partition_list=bootloader,env,boot,vendor_boot,dtbo,vbmeta,vbmeta_system,vbmeta_vendor
android_trust_chain=true
boot_fastboot=fastboot
boot_normal=sunxi_flash read 45000000 boot;bootm 45000000
boot_recovery=sunxi_flash read 45000000 recovery;bootm 45000000
bootcmd=run setargs_mmc boot_normal
bootdelay=0
bootreason=charger
bt_mac=20:A1:11:12:13:44
cma=8M
console=ttyAS0,115200
earlyprintk=sunxi-uart,0x05000000
fdtcontroladdr=7bed0e60
fileaddr=40000000
filesize=15cf6
force_normal_boot=1
init=/init
initcall_debug=0
keybox_list=widvine,ec_key,ec_cert1,ec_cert2,ec_cert3,rsa_key,rsa_cert1,rsa_cert2,
rsa_cert3
loglevel=8
mac=10:14:15:15:9A:CA
mmc_root=/dev/mmcblk0p4
nand_root=/dev/nand0p4
partitions=bootloader_a@mmcblk0p1:bootloader_b@mmcblk0p2:env_a@mmcblk0p3:env_b@mmcblk0p4:
boot_a@mmcblk0p5:boot_b@mmcblk0p6:vendor_boot_a@mmcblk0p7:vendor_boot_b@mmcblk0p8:
super@mmcblk0p9:misc@mmcblk0p10:vbmeta_a@mmcblk0p11:vbmeta_b@mmcblk0p12:
vbmeta_system_a@mmcblk0p13:vbmeta_system_b@mmcblk0p14:vbmeta_vendor_a@mmcblk0p15:
vbmeta_vendor_b@mmcblk0p16:frp@mmcblk0p17:empty@mmcblk0p18:metadata@mmcblk0p19:
private@mmcblk0p20:dtbo_a@mmcblk0p21:dtbo_b@mmcblk0p22:media_data@mmcblk0p23:
UDISK@mmcblk0p24
rotpk_status=0
setargs_mmc=setenv bootargs earlyprintk=${earlyprintk} clk_ignore_unused initcall_debug=${
initcall_debug} console=${console} loglevel=${loglevel} root=${mmc_root} init=${init}
cma=${cma} snum=${snun} mac_addr=${mac} wifi_mac=${wifi_mac} bt_mac=${bt_mac}
specialstr=${specialstr} gpt=1 androidboot.force_normal_boot=${force_normal_boot}
androidboot.slot_suffix=${slot_suffix}
```



```
setargs_nand=setenv bootargs earlyprintk=${earlyprintk} clk_ignore_unused initcall_debug=${
    initcall_debug} console=${console} loglevel=${loglevel} root=${nand_root} init=${init}
cma=${cma} snum=${snum} mac_addr=${mac} wifi_mac=${wifi_mac} bt_mac=${bt_mac}
specialstr=${specialstr} gpt=1 androidboot.force_normal_boot=${force_normal_boot}
androidboot.slot_suffix=${slot_suffix}
slot_suffix=_a
snum=A100B3N041
wifi_mac=10:A1:11:12:13:44

Environment size: 2078/131068 bytes
=>
```

2. 输入命令"env set bootdelay 3"，可更改环境变量bootdelay（即 boot 启动时 log 中的倒计时延迟时间）值的大小。
3. 输入命令"env save"，即可将上述更改进行保存，保存后重新上电，或输入命令"reset"，即可看到上述更改bootdelay的延时时间被更改生效。
4. 其他env命令请查看env帮助信息。

5.2 sunxi_flash read 命令说明

5.2.1 使用方法

用以下命令将 flash 指定地址中数据读到 DRAM 的指定地址处：

```
sunxi_flash read dram_addr flash_addr
```

5.2.2 使用示例

```
sunxi_flash read 0x45000000 env—将env分区数据读到DRAM的0x45000000地址处
sunxi_flash read 45000000 boot;bootm 45000000—将flash中boot分区数据读到DRAM的0x45000000地址,并
从0x45000000处启动。
```

5.3 fastboot 命令说明

fastboot 是 Android 平台上一个通用的刷机工具，也是一个很好的开发调试工具，以下介绍 fastboot 的基本使用方法。

5.3.1 使用前提

fastboot PC 端工具可以从 Google Android SDK(Android-sdk-windows/tools) 中获得，也可以在 Android 源代码编译过后的生成文件获得 (out/host/linux-x86/bin)。

在 Linux 系统中，使用 fastboot 不需要安装驱动。但在 Windows 系统中，使用 fastboot 前需安装 fastboot 相关驱动。adb 的驱动在 fastboot 模式下也可以安装成功，但是无法使用，请使用我们提供的驱动，并手动安装。

5.3.2 使用步骤

1. 小机上电启动，按任意键进入 U-Boot 命令状态；
2. 串口端输入"fastboot"命令；
3. 打开 PC 端 fastboot 工具，并输入"fastboot devices"命令，看是否有 fastboot 设备显示；
4. 在正确获取 fastboot 设备的前提下，输入命令"fastboot flash env /path/to/env.fex"，将env.fex写到env分区 (/path/to/目录下的env.fex中bootdelay值应该与 flash 中原有env中bootdelay值不同，这样可根据bootdelay值不同来确定 fastboot 烧写是否成功)，同下载env.fex分区一样，输入命令 "fastboot flash boot /path/to/boot.img" 将内核下载到内存中；
5. 输入"fastboot reboot"命令重启，查看启动倒计时即bootdelay的值是否改变；

5.3.3 fastboot 基本命令使用示例

1. fastboot 几个基本命令示例如下：

fastboot devices：显示 fastboot 的设备。

fastboot erase：擦除分区，例如fastboot erase boot，擦除boot分区。

fastboot flash：旧分区（待写分区），例如fastboot flash boot/path/to/boot.img，将boot.img写到boot分区。

2. 注意事项：

fastboot 中使用的分区和sys_partition.fex中分区一致，具体的分区信息可以从小机上电启动进入 U-Boot shell 命令状态，输入命令"part list sunxi_flash 0"中获取，分区信息如下：

```
=> part list sunxi_flash 0
```

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

Part	Start LBA	End LBA	Name
	Attributes		
	Type GUID		

Partition GUID			
1	0x00008000	0x00017fff	"bootloader"
	attrs: 0x8000000000000000		
	type: ebd0a0a2-b9e5-4433-87c0-68b6b72699c7		
	guid: a0085546-4166-744a-a353-fca9272b8e45		
2	0x00018000	0x0001ffff	"env"
	attrs: 0x8000000000000000		
	type: ebd0a0a2-b9e5-4433-87c0-68b6b72699c7		
	guid: a0085546-4166-744a-a353-fca9272b8e46		
3	0x00020000	0x0002ffff	"boot"
	attrs: 0x8000000000000000		
	type: ebd0a0a2-b9e5-4433-87c0-68b6b72699c7		
	guid: a0085546-4166-744a-a353-fca9272b8e47		
4	0x00030000	0x0032ffff	"super"
	attrs: 0x8000000000000000		
	type: ebd0a0a2-b9e5-4433-87c0-68b6b72699c7		
	guid: a0085546-4166-744a-a353-fca9272b8e48		
5	0x00330000	0x00337fff	"misc"
	attrs: 0x8000000000000000		
	type: ebd0a0a2-b9e5-4433-87c0-68b6b72699c7		
	guid: a0085546-4166-744a-a353-fca9272b8e49		
6	0x00338000	0x00347fff	"recovery"
	attrs: 0x8000000000000000		
	type: ebd0a0a2-b9e5-4433-87c0-68b6b72699c7		
	guid: a0085546-4166-744a-a353-fca9272b8e4a		

5.4 fat 命令说明

fat命令可以对 FAT 文件系统的相关存储设备进行查询及文件读写操作，在打包固件的时候，我们会制作启动资源分区镜像，把指定的目录下的文件按照文件系统的格式排布，文件中包括了原来目录中的所有文件，并完全按照目录结构排列。当把这个镜像文件烧写到存储设备上的某一个分区的时候，可以看到这个分区和原有目录的内容一样。使用fat可以方便地以文件和目录的方式对小机 flash 进行数据访问，如显示 logo。这些指令基本上要和 U 盘或者 SD 卡同时使用，主要用于读取这些移动存储器上的 FAT 分区。其相关操作命令如下：

1. fatls：列出相应设备目录上的所有文件，示例如下图：

```
sunxi#fatls mmc 2:2
      bat/
344813 font24.sft
357443 font32.sft
307256 bootlogo.bmp
      512 magic.bin

4 file(s), 1 dir(s)

sunxi#
```

图 5-1: fatls 命令执行示例图

说明

补充说明, `fatls mmc 2:2` 中的第一个 2 表示的是 `emmc` 设备, 2 表示其分区号, 其说明如下图:

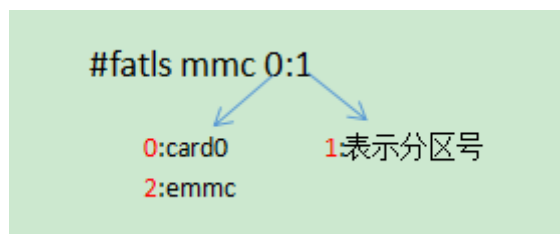


图 5-2: fatls 命令参数说明图

2. `fatinfo`: 打印出相应设备目录的文件系统信息, 示例如下图:

```
sunxi#fatinfo mmc 2:2
Interface: MMC
Device 2: Vendor: MID 000011 PSN 7da44958 Rev: PRV 0.4 Prod: PNM 008G30
Type: Removable Hard Disk
Capacity: 7456.0 MB = 7.2 GB (15269888 x 512)
Filesystem: FAT16 "Volumn"
sunxi#
```

图 5-3: fatinfo 命令执行示例图

3. `fatload`: 从 FAT 文件系统中读取二进制文件到 RAM 存储中, 示例如下:

```
sunxi#usb start
(Re)start USB...
USB0: start sunxi ehci1...
config usb pin success
config usb clk ok
sunxi ehci1 init ok...
USB EHCI 1.00
scanning bus 0 for devices... 3 USB Device(s) found
scanning usb for storage devices... 1 Storage Device(s) found
sunxi#fatls usb 0:1 /
16024600 sandisksecureaccessv3_win.exe
sandisk secureaccess/
lost.dir/
Android/
test/
video test/
amapauto/
0 vid_20161017_160818.ts
phoenixsuit/
system volume information/
0 vid_20161017_160919.ts
video/
156672 wifi pro_com su.exe
495 sys.ini
1035 pr_80211g_all.ini
config/
```

```

158208 wifi pro_new.exe
158208 wifi pro.exe
0 vid_20161017_164822.ts
0 vid_20161017_164906.ts
sunxi-tvd/
71149 sys_config.fex
vga/
397836884 system.img
14180352 boot.img
13 file(s), 13 dir(s)
sunxi#fatload usb 0:1 0x42000000 boot.img
reading boot.img
14180352 bytes read in 1149 ms (11.8 MiB/s)
sunxi#mmc dev 2
mmc2(part 0) is current device
sunxi#mmc write 0x42000000 0x15000 5000
MMC write: dev # 2, block # 86016, count 20480 ... 20480 blocks written: OK

```

说明：以上操作即将 U 盘的boot.img写到对应的 mmc 分区地址处。

4. fatwrite: 从内存中将对应的文件写到设备文件系统中。

5.5 md 命令说明

md命令可以对指定内存的数据进行查看，方便了解内存的数据情况及调试工作。其使用方法如下：

```
md 0xF0000000: 即用md命令查看内存DRAM 0xF0000000处内容
```

5.6 FDT 命令说明

FDT: flattened device tree 的缩写。在 U-Boot 控制台停下后，输入fdt，可以查看fdt命令帮助。

```

sunxi#fdt
fdt - flattened device tree utility commands
Usage:
fdt addr [-c] <addr> [<length>] - Set the [control] fdt location to <addr>
fdt move <fdt> <newaddr> <length> - Copy the fdt to <addr> and make it active
fdt resize - Resize fdt to size + padding to 4k addr
fdt print <path> [<prop>] - Recursive print starting at <path>
fdt list <path> [<prop>] - Print one level starting at <path>
fdt get value <var> <path> <prop> - Get <property> and store in <var>
fdt get name <var> <path> <index> - Get name of node <index> and store in <var>
fdt get addr <var> <path> <prop> - Get start address of <property> and store in <var>
fdt get size <var> <path> [<prop>] - Get size of [<property>] or num nodes and store in <var>
fdt set <path> <prop> [<val>] - Set <property> [to <val>]
fdt mknode <path> <node> - Create a new node after <path>
fdt rm <path> [<prop>] - Delete the node or <property>
fdt header - Display header info

```

```

fdt bootcpu <id>                - Set boot cpuid
fdt memory <addr> <size>         - Add/Update memory node
fdt rsvmem print                  - Show current mem reserves
fdt rsvmem add <addr> <size>     - Add a mem reserve
fdt rsvmem delete <index>        - Delete a mem reserves
fdt chosen [<start> <end>]       - Add/update the /chosen branch in the tree
                                <start>/<end> - initrd start/end addr
NOTE: Dereference aliases by omitting the leading '/', e.g. fdt print ethernet0.
sunxi#

```

说明

其中常用的命令就是 `fdt list` 和 `fdt set`, `fdt list` 用来查询节点配置, `fdt set` 用来修改节点配置。

5.6.1 查询配置

首先确定要查询的字段在 device tree 的路径, 如果不知道路径, 则需要用 `fdt` 命令按以下步骤进行查询。1. 在根目录下查找。

```

sunxi#fdt list /
/ {
    model = "{LICHEE_CHIP}";
    compatible = "arm,{LICHEE_CHIP}", "arm,{LICHEE_CHIP}";
    interrupt-parent = <0x00000001>;
    #address-cells = <0x00000002>;
    #size-cells = <0x00000002>;
    .....
    cpuscfg {
    };
    ion {
    };
    dram {
    };
    memory@40000000 {
    };
    interrupt-controller@1c81000 {
    };
    sunxi-chipid@1c14200 {
    };
    timer {
    };
    pmu {
    };
    dvfs_table {
    };
    dramfreq {
    };
    gpu@0x01c40000 {
    };
    wlan {
    };
    bt {
    };
    btlpm {
    };
};

```

如果找到需要的配置，比如wlan的配置，运行如下命令即可。

```
sunxi#fdt list /wlan //注意路径中的 /
wlan {
    compatible = "allwinner,sunxi-wlan";
    clocks = <0x00000096>;
    wlan_power = "vcc-wifi";
    wlan_io_regulator = "vcc-wifi-io";
    wlan_busnum = <0x00000001>;
    status = "okay";
    device_type = "wlan";
    wlan_region = <0x00000077 0x0000000b 0x00000002 0x00000001 0xffffffff 0xffffffff 0
x00000000>;
    wlan_hostwake = <0x00000077 0x0000000b 0x00000003 0x00000006 0xffffffff 0xffffffff
0x00000000>;
};
```

2. 在 soc目录下找。如果在第一步中没有发现要找的配置，比如nand0的配置，则该配置可能在soc目录下。

```
sunxi#fdt list /soc
soc@01c00000 {
    compatible = "simple-bus";
    #address-cells = <0x00000002>;
    #size-cells = <0x00000002>;
    ranges;
    device_type = "soc";
    .....
    hdmi@01ee0000 {
    };
    tr@01000000 {
    };
    pwm@01c21400 {
    };
    nand0@01c03000 {
    };
    thermal_sensor {
    };
    cpu_budget_cool {
    };
    .....
};
```

然后用如下命令显示即可：

```
sunxi#fdt list /soc/nand0
nand0@01c03000 {
    compatible = "allwinner,sun50i-nand";
    device_type = "nand0";
    reg = <0x00000000 0x01c03000 0x00000000 0x00001000>;
    interrupts = <0x00000000 0x00000046 0x00000004>;
    clocks = <0x00000004 0x0000007e>;
    pinctrl-names = "default", "sleep";
    pinctrl-1 = <0x00000081>;
    nand0_regulator1 = "vcc-nand";
    nand0_regulator2 = "none";
};
```

```

nand0_cache_level = <0x55aaaa55>;
nand0_flush_cache_num = <0x55aaaa55>;
nand0_capacity_level = <0x55aaaa55>;
nand0_id_number_ctl = <0x55aaaa55>;
nand0_print_level = <0x55aaaa55>;
nand0_p0 = <0x55aaaa55>;
nand0_p1 = <0x55aaaa55>;
nand0_p2 = <0x55aaaa55>;
nand0_p3 = <0x55aaaa55>;
status = "disabled";
nand0_support_2ch = <0x00000000>;
pinctrl-0 = <0x000000a9 0x000000aa>;
};

```

3. 使用路径别名查找。别名是 device tree 中完整路径的一个简写，有一个专门的节点 (/aliases) 来表示别名的相关信息，用如下命令可以查看系统中别名的配置情况：

```

sunxi#fdt list /aliases
aliases {
    serial0 = "/soc@01c00000/uart@01c28000";
    .....
    mmc0 = "/soc@01c00000/sdmmc@01c0f000";
    mmc2 = "/soc@01c00000/sdmmc@01c11000";
    nand0 = "/soc@01c00000/nand0@01c03000";
    disp = "/soc@01c00000/disp@01000000";
    lcd0 = "/soc@01c00000/lcd0@01c0c000";
    hdmi = "/soc@01c00000/hdmi@01ee0000";
    pwm = "/soc@01c00000/pwm@01c21400";
    boot_disp = "/soc@01c00000/boot_disp";
};
sunxi#

```

由于配置了 nand0 节点的路径别名，因此可以用如下命令来显示 nand0 的配置信息。

```

sunxi#fdt list nand0
nand0@01c03000 {
    compatible = "allwinner,sun50i-nand";
    device_type = "nand0";
    reg = <0x00000000 0x01c03000 0x00000000 0x00001000>;
    .....
    pinctrl-names = "default", "sleep";
    pinctrl-1 = <0x00000081>;
};

```

注：在 fdt 的所有命令中，alias 可以用作 path 参数。

```

fdt list  <path> [<prop>]      - Print one level starting at <path>
fdt set  <path> <prop> [<val>] - Set <property> [to <val>]

```


5.6.2 修改配置

5.6.2.1 修改整数配置

命令格式：fdt set path prop <xxx> 示例：fdt set /wlan wlan_busnum <0x2>

```
sunxi#fdt list /wlan
wlan {
    compatible = "allwinner,sunxi-wlan";
    clocks = <0x00000096>;
    wlan_power = "vcc-wifi";
    wlan_io_regulator = "vcc-wifi-io";
    wlan_busnum = <0x00000001>;
    status = "disable";
    device_type = "wlan";
};
sunxi#fdt set /wlan wlan_busnum <0x2>
sunxi#fdt list /wlan
wlan {
    compatible = "allwinner,sunxi-wlan";
    clocks = <0x00000096>;
    wlan_power = "vcc-wifi";
    wlan_io_regulator = "vcc-wifi-io";
    wlan_busnum = <0x00000002>;    //修改后
    status = "disable";
    device_type = "wlan";
};
```

注：修改整数时，根据需要也可配置为数组形式，需要用空格来分隔。命令格式：fdt set path prop <0x1 0x2 0x3>

5.6.2.2 修改字符串配置

命令格式：fdt set path prop "xxxxx" 示例：fdt set /wlan status "disable"

```
sunxi#fdt list /wlan
wlan {
    compatible = "allwinner,sunxi-wlan";
    clocks = <0x00000096>;
    wlan_power = "vcc-wifi";
    wlan_io_regulator = "vcc-wifi-io";
    wlan_busnum = <0x00000001>;
    status = "okay";
    device_type = "wlan";
};
sunxi#fdt set /wlan status "disable"
sunxi#fdt list /wlan
wlan {
    compatible = "allwinner,sunxi-wlan";
    clocks = <0x00000096>;
    wlan_power = "vcc-wifi";
    wlan_io_regulator = "vcc-wifi-io";
```

```
wlan_busnum = <0x00000001>;
status = "disable";           //修改后
device_type = "wlan";
};
sunxi#
```

注：修改字符串时，根据需要也可配置为数组形式，需要用空格来分隔。命令格式：fdt set path prop "string1" "string2"

5.6.3 GPIO 或者 PIN 配置特殊说明

接口对应的数字编号说明如下：

```
#define PA 0
#define PB 1
#define PC 2
#define PD 3
#define PE 4
#define PF 5
#define PG 6
#define PH 7
#define PI 8
#define PJ 9
#define PK 10
#define PL 11
#define PM 12
#define PN 13
#define PO 14
#define PP 15
#define default 0xffffffff
```

Sysconfig 中描述 gpio 的形式如下：Port:端口+组内序号<功能分配><内部电阻状态><驱动能力><输出电平状态>

5.6.3.1 Pin 配置说明

Pinctrl 节点分为 cpux 和 cpus，对应的节点路径如下：Cpux：/soc/pinctrl@01c20800 Cpus：/soc/pinctrl@01f02c00

5.6.3.2 查看 PIN 配置

PIN 配置属性字段说明：

属性字段	含义
allwinner,function	对应于 sysconfig 中的主键名
allwinner,pins	对应于 sysconfig 中每个 gpio 配置中的端口名
allwinner,pname	对应于 sysconfig 中主键下面子键名字

属性字段	含义
allwinner,muxsel	功能分配
allwinner,pull	内部电阻状态
allwinner,drive	驱动能力
allwinner,data	输出电平状态

说明

其中0xffffffff表示使用默认值。

按以下方法查看cpux的 PIN 配置。

```
sunxi#fdt list /soc/pinctrl@01c20800/lcd0
lcd0@0 {
    linux,phandle = <0x0000000ab>;
    phandle = <0x0000000ab>;
    allwinner,pins = "PD12", "PD13", "PD14", "PD15", "PD16", "PD17", "PD18", "PD19", "
    PD20", "PD21";
    allwinner,function = "lcd0";
    allwinner,pname = "lcdd0", "lcdd1", "lcdd2", "lcdd3", "lcdd4", "lcdd5", "lcdd6", "
    lcdd7", "lcdd8", "lcdd9";
    allwinner,muxsel = <0x00000003>;
    allwinner,pull = <0x00000000>;
    allwinner,drive = <0xffffffff>;
    allwinner,data = <0xffffffff>;
};
sunxi#
```

按以下方法查看cpus的 PIN 配置。

```
sunxi#fdt list /soc/pinctrl@01f02c00/s_uart0
s_uart0@0 {
    linux,phandle = <0x0000000b4>;
    phandle = <0x0000000b4>;
    allwinner,pins = "PL2", "PL3";
    allwinner,function = "s_uart0";
    allwinner,pname = "s_uart0_tx", "s_uart0_rx";
    allwinner,muxsel = <0x00000002>;
    allwinner,pull = <0xffffffff>;
    allwinner,drive = <0xffffffff>;
    allwinner,data = <0xffffffff>;
};
sunxi#
```

5.6.3.3 修改 PIN 配置

使用fdt set命令可以修改 PIN 中相关属性字段

```
sunxi#fdt set /soc/pinctrl@01c20800/lcd0 allwinner,drive <0x1>
sunxi#fdt list /soc/pinctrl@01c20800/lcd0
lcd0@0 {
    linux,phandle = <0x0000000ab>;
```

```
phandle = <0x000000ab>;
allwinner,pins = "PD12", "PD13", "PD14", "PD15", "PD16", "PD17", "PD18", "PD19", "
PD20", "PD21";
allwinner,function = "lcd0";
allwinner,pname = "lcdd0", "lcdd1", "lcdd2", "lcdd3", "lcdd4", "lcdd5", "lcdd6", "
lcdd7", "lcdd8", "lcdd9";
allwinner,muxsel = <0x00000003>;
allwinner,pull = <0x00000000>;
allwinner,drive = <0x00000001>;
allwinner,data = <0xffffffff>;
};
```

说明

示例中该处修改会影响`allwinner,pins`表示的所有端口的驱动能力配置，修改`allwinner,muxsel`，`allwinner,pull`，`allwinner,data`的值也会产生类似效果。

5.6.3.4 GPIO 配置说明

Device tree 中 GPIO 对应关系，以 usb 中`usb_id_gpio`为例

```
sunxi#fdt list /soc/usb0
usb0@0 {
    test = <0x00000002 0x00000003 0x12345678>;
    device_type = "usb0";
    compatible = "allwinner,sun50i-otg-manager";
    .....
    usb_serial_unique = <0x00000000>;
    usb_serial_number = "20080411";
    rndis_wceis = <0x00000001>;
    status = "okay";
    usb_id_gpio = <0x00000030 0x00000007 0x00000009 0x00000000 0x00000001 0xffffffff 0
    xffffffff>;
};
```

对应于 device tree 中 `usb_id_gpio = <0x00000030 0x00000007 0x00000009 0x00000000 0x00000001 0xffffffff 0xffffffff>`，解释如下：

属性数值	含义
0x00000030	device tree 内部一个节点相关信息，这里可以略过
0x00000007	端口 PH, 即 #define PH 7
0x00000009	组内序号, 即 PH09
0x00000000	功能分配, 即将 PH09 配为输入
0x00000001	内部电阻状态, 即配为上拉
0xffffffff	驱动能力, 默认值
0xffffffff	输出电平, 默认值

如果需要修改 `usb_id_gpio`的配置，可按如下方式（示例修改了驱动能力，输出电平两项）：

```
sunxi#fdt set /soc/usb0 usb_id_gpio <0x00000030 0x00000007 0x00000009 0x00000000 0
x00000001 0x2 0x1>
sunxi#fdt list
usb0@0 {
    test = <0x00000002 0x00000003 0x12345678>;
    device_type = "usb0";
    compatible = "allwinner,sun50i-otg-manager";
    .....
    usb_serial_unique = <0x00000000>;
    usb_serial_number = "20080411";
    rndis_wceis = <0x00000001>;
    status = "okay";
    usb_id_gpio = <0x00000030 0x00000007 0x00000009 0x00000000 0x00000001 0x00000002 0
x00000001>;    //修改ok
};
sunxi#
```

5.7 其他命令说明 (boot, reset, efex)

1. boot : 启动内核
2. reset: 复位重启系统
3. efex: 进入烧录状态

📖 说明

注：其他更多 **U-Boot** 命令介绍，请进入 **U-Boot shell** 命令状态后输入"**help**"进行了解。

6 基本调试方法介绍

debug 调试信息介绍如下：

1. debug_mode

debug_mode 可以控制 Boot0 的打印等级，打开文件

{LICHEE_BOARD_CONFIG_DIR}/sys_config.fex，在主键 [platform] 下添加子键"debug_mode = 8"即表示开启所有打印，debug_mode=0 表示关闭启动时 Boot0 的打印 log，未显式配置 debug_mode 时，按 debug_mode=8 处理。目前常用的打印等级有 0（关闭所有打印）、1（只显示关键节点打印）、4（打印错误信息）、8（打印所有 log 信息）。

debug_mode 可以控制 U-Boot 的打印等级，打开文件

{LICHEE_BOARD_CONFIG_DIR}/b3/uboot-board.dts，在 platform 节点下添加子键"debug_mode = 8"即表示开启所有打印，debug_mode=0 表示关闭启动时 U-Boot 的打印 log，未显式配置 debug_mode 时，按 debug_mode=8 处理。目前常用的打印等级有 0（关闭所有打印）、1（只显示关键节点打印）、4（打印错误信息）、8（打印所有 log 信息）。

2. usb_debug

在烧录或启动过程中，若遇到烧录失败或启动失败大致挂死在 usb 相关模块，但又不确定具体位置，这时可以打开usb_debug进行调试，开启usb_debug后有关 usb 相关的运行信息会被较详细打印出来。打开usb_debug的方式：打开usb_base.h文件，将其中的#defineSUNXI_USB_DEBUG宏定义打开，打开后重新编译 U-Boot 并打包烧录即可。

7 进入烧写的方法

1. 开机时按住 fel 键
2. 开机时打开串口按住键盘数字'2'
3. 进入 U-Boot 控制台输入 `efex`
4. 进入 Android 控制台输入 `reboot efex`



8 常用接口函数

8.1 fdt 相关接口

1. `const void *fdt_getprop(const void *fdt, int nodeoffset, const char *name, int *lenp)`

- 作用：检索指定属性的值
- 参数：
 - fdt: 工作 flattened device tree
 - nodeoffset: 待修改节点的偏移
 - name: 待检索的属性名
 - lenp: 检索属性值的长度（会被覆盖）或者为 NULL
- 返回：
 - 非空（属性值的指针）：成功
 - NULL（lenp 为空）：失败
 - 失败代码（lenp 非空）：失败

2. `int fdt_set_node_status(void *fdt, int nodeoffset, enum fdt_status status, unsigned int error_code)`

- 作用：设置节点状态
- 参数：
 - fdt: 工作 flattened device tree
 - nodeoffset: 待修改节点的偏移
 - status: FDT_STATUS_OKAY, FDT_STATUS_DISABLED, FDT_STATUS_FAIL, FDT_STATUS_FAIL_ERROR_CODE
 - error_code: optional, only used if status is FDT_STATUS_FAIL_ERROR_CODE
- 返回：
 - 0: 成功
 - 非 0: 失败

3. `int fdt_path_offset(const void *fdt, const char *path)`

- 作用：通过全路径查找节点的偏移量

- 参数：
 - fdt: 工作 fdt
 - path: 全路径名称
- 返回：
 - ≥ 0 (节点的偏移量): 成功
 - < 0 : 失败代码

4. `static inline int fdt_setprop_u32(void *fdt, int nodeoffset, const char *name, uint32_t val)`

- 作用：将属性值设置为一个 32 位整型数值，如果属性值不存在，则新建该属性
- 参数：
 - fdt: 工作 flattened device tree
 - nodeoffset: 待修改节点的偏移
 - name: 待修改的属性名
 - val: 32 位目标值
- 返回：
 - 0: 成功
 - < 0 : 失败代码

5. `static inline int fdt_setprop_u64(void *fdt, int nodeoffset, const char *name, uint64_t val)`

- 作用：与 `fdt_setprop_u32` 类似，将属性值设置为一个 64 位整型数值，如果属性值不存在，则新建该属性
- 参数：
 - fdt: 工作 flattened device tree
 - nodeoffset: 待修改节点的偏移
 - name: 待修改的属性名
 - val: 64 位目标值
- 返回：
 - 0: 成功
 - < 0 : 失败代码

6. `#define fdt_setprop_string(fdt, nodeoffset, name, str) fdt_setprop((fdt), (nodeoffset), (name), (str), strlen(str)+1)`

- 作用：将属性值设置为一个字符串，如果属性值不存在，则新建该属性
- 参数：

- fdt: 工作 flattened device tree
- nodeoffset: 待修改节点的偏移
- name: 待修改的属性名
- str: 目标值
- 返回:
 - 0: 成功
 - <0: 失败代码

注意：在sys_config.fex的配置中，节点的启用状态为 0 或 1。转换到 fdt 中对应的 status 属性为disable或okay。

7. int save_fdt_to_flash(void *fdt_buf, size_t fdt_size)

- 作用：保存修改到 flash
- 参数：
 - fdt_buf: 当前工作 flattened device tree
 - fdt_size: 当前工作 flattened device tree 的大小，可以通过fdt_totalsize(fdt_buf)获取
- 返回:
 - 0: 成功
 - <0: 失败

8. 应用参考

U-Boot 中 fdt 命令行的实现：cmd/fdt.c

8.2 env 相关接口函数

1. int env_set(const char *varname, const char *varvalue)

- 作用：将环境变量 varname 的值设置为 varvalue，重启失效
- 参数：
 - varname: 待设置环境变量的名称
 - varvalue: 将指定的环境变量修改为该值
- 返回:
 - 0: 成功
 - 非 0: 失败

2. char *env_get(const char *name)

- 作用：获取指定环境变量的值
- 参数：
 - name: 变量名称
- 返回：
 - NULL: 失败
 - 非空（环境变量的值）：成功

3. int env_save(void)

- 作用：保存环境变量，重启仍保存
- 参数：无
- 返回：
 - 0: 成功
 - 非 0: 失败

4. 应用参考

board/sunxi/sunxi_bootargs.c 通过 update_bootargs 通过 cmdline 向 kernel 提供信息，主要是通过更新 bootargs 变量实现 env_set("bootargs", cmdline)。

8.3 调用 U-Boot 命令行

1. int run_command_list(const char *cmd, int len, int flag)

- 作用：执行 U-Boot 命令行
- 参数：
 - cmd: 命令字符指针
 - len: 命令行长度，设置为-1 则自动获取
 - flag: 任意，因为 sunxi 中没有用到
- 返回：
 - 0: 成功
 - 非 0: 失败

2. 应用参考：

common/autoboot.c autoboot_command实现了 U-Boot 的自动启动命令

```
s = env_get(\"bootcmd\");  
  
run_command_list(s, -1, 0);
```

8.4 Flash 的读写

1. int sunxi_flash_read(uint start_block, uint nblock, void *buffer)

- 作用：将指定起始位置start_block的nblock读取到buffer
- 参数：
 - start_block: 起始地址
 - nblock:block 个数
 - buffer: 内存地址
- 返回：
 - 0: 成功
 - 非 0: 失败

2. int sunxi_flash_write(uint start_block, uint nblock, void *buffer)

- 作用：将buffer写入指定起始位置start_block的nblock中
- 参数：
 - start_block: 起始地址
 - nblock:block 个数
 - buffer: 内存地址
- 返回：
 - 0: 成功
 - 非 0: 失败

3. int sunxi_sprite_read(uint start_block, uint nblock, void *buffer)

- 作用与sunxi_flash_read相似

4. int sunxi_sprite_write(uint start_block, uint nblock, void *buffer)

- 作用与sunxi_flash_write相似

5. 应用参考

common/sunxi/board_helper.c sunxi_set_bootcmd_from_mis实现了对 misc 分区的读写操作

8.5 获取分区信息

1. `int sunxi_partition_get_partno_byname(const char *part_name)`

- 作用：根据分区名称获取分区号
- 参数：
 - `part_name`: 分区名称
- 返回：
 - `<0`: 失败
 - `>0` (分区号) : 成功

2. `int sunxi_partition_get_info_byname(const char *part_name, uint *part_offset, uint *part_size)`

- 作用：根据分区名称获取分区的偏移量和大小
- 参数：
 - `part_name`: 分区名称
 - `part_offset`: 分区的偏移量
 - `part_size`: 分区的大小
- 返回：
 - `0`: 成功
 - `-1`: 失败

3. `uint sunxi_partition_get_offset_byname(const char *part_name)`

- 作用：根据分区名称获取偏移量
- 参数：
 - `part_name`: 分区名称
- 返回：
 - `<=0` : 失败
 - `>0` : 成功

4. `int sunxi_partition_get_info(const char *part_name, disk_partition_t *info)`

- 作用：根据`part_name`获取分区信息
- 参数：

- part_name: 分区名称
- info: 分区信息
- 返回:
 - 非 0: 失败
 - 0: 成功

5. lbaint_t sunxi_partition_get_offset(int part_index)

- 作用：card sprite 模式下获取分区的偏移量
- 参数:
 - part_index: 分区号
- 返回:
 - ≥ 0 (偏移量)：成功
 - -1: 失败

6. 应用参考

启动时加载图片：drivers/video/sunxi/logo_display/sunxi_load_bmp.c

8.6 GPIO 相关操作

1. int fdt_get_one_gpio(const char* node_path, const char* prop_name, user_gpio_set_t* gpio_list)

- 作用：根据路径node_path和 gpio 名称prop_name获取 gpio 配置
- 参数:
 - node_path: fdt 路径
 - prop_name: gpio 名称
 - gpio_list: 待获取的 gpio 信息
- 返回:
 - 0: 成功
 - -1: 失败

2. ulong sunxi_gpio_request(user_gpio_set_t *gpio_list, __u32 group_count_max)

- 作用：根据 gpio 配置获取 gpio 操作句柄

- 参数：
 - gpio_list: gpio 配置列表, 可以由fdt_get_one_gpio获得
 - group_count_max: gpio_list中最大的 gpio 配置个数
- 返回：
 - 0: 失败
 - >0 (gpio 操作句柄) : 成功

3. __s32 gpio_write_one_pin_value(ulong p_handler, __u32 value_to_gpio, const char *gpio_name)

- 作用: 根据 gpio 操作句柄写数据
- 参数：
 - p_handler: gpio 操作句柄, 可由sunxi_gpio_request获取
 - value_to_gpio: 待写入数据, 0 或 1
 - gpio_name: gpio 名称
- 返回：
 - EGPIO_SUCCESS: 成功
 - EGPIO_FAIL: 失败

4. 应用参考

操作 led 状态:

```
ssprite/sprite_led.c

user_gpio_set_t gpio_init;

fdt_get_one_gpio("/soc/card_boot", "sprite_gpio0", &gpio_init); //获取/soc/card_boot中
sprite_gpio0的gpio配置

sprite_led_hd = sunxi_gpio_request(&gpio_init, 1); //获取gpio操作句柄

gpio_write_one_pin_value(sprite_led_hd, sprite_led_status, "sprite_gpio0"); //操作led状态
```

9 常用资源的初始化阶段

- env：环境变量初始化后可以访问
- fdt：在 U-Boot 运行开始即可访问
- malloc：在重定位后才能访问



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。