



# Linux UFS 开发指南

版本号: 1.2  
发布日期: 2025.3.31

## 版本历史

版本号	日期	制/修订人	内容描述
1.0	2024.12.16	AWA0332	初始版本
1.1	2025.3.13	AWA0332	补充寿命低速模式全志最高支持的速率是多少补充说明格式化烧录是指全盘擦除升级补充如何判断 ufs 工作在什么速度模式和速率等级的说明
1.2	2025.3.31	AWA1767	增加 T736 平台适配说明

# 目 录

<b>1 前言</b>	<b>1</b>
1.1 文档简介	1
1.2 目标读者	1
1.3 适用范围	1
<b>2 模块介绍</b>	<b>2</b>
2.1 模块功能介绍	2
2.2 相关术语介绍	2
2.2.1 硬件术语	2
2.2.2 软件术语	2
2.3 UFS 基础	2
2.3.1 ufs 系统模型	3
2.3.2 ufs 初始化流程	5
2.3.3 ufs 性能	6
2.4 模块配置介绍	6
2.4.1 sys_config.fex 配置说明	6
2.4.2 Device Tree 配置说明	7
2.4.2.1 uboot 阶段	7
2.4.2.2 内核阶段	7
2.4.3 kernel menuconfig 配置说明	7
2.4.4 ufs 晶振	11
<b>3 ufs 启动流程</b>	<b>12</b>
<b>4 kernel 介绍</b>	<b>13</b>
4.1 ufs 系统架构	13
4.2 源码结构介绍	13
4.3 内核初始化流程	15
<b>5 FAQ</b>	<b>16</b>
5.1 调试方法	16
5.1.1 调试节点	16
5.1.1.1 寄存器信息	16
5.1.1.2 ufs 信息	16
5.2 常见问题	18
5.3 注意问题	18

## 插 图

图 2-1	ufs 协议栈	3
图 2-2	ufs 系统模型	3
图 2-3	ufs 初始化流程	5
图 2-4	High-Speed mode	6
图 2-5	low - speed mode	6
图 2-6	menuconfig 主界面	8
图 2-7	Device Drivers	8
图 2-8	MMC/SD/SDIO card support	9
图 2-9	menuconfig 主界面	9
图 2-10	menuconfig Allwinner BSP	10
图 2-11	menuconfig Device Drivers	10
图 2-12	menuconfig SD/MMC Drivers	11
图 3-1	ufs 启动流程	12
图 4-1	ufs 系统架构	13
图 4-2	内核初始化流程	15
图 5-1	menuconfig SD/MMC Drivers	17
图 5-2	menuconfig SD/MMC Drivers	17

# 1 前言

## 1.1 文档简介

介绍 Linux 内核中 UFS 子系统的接口及使用方法，为 UFS 设备驱动的开发提供参考。

## 1.2 目标读者

UFS 驱动的开发/维护人员。

## 1.3 适用范围

产品名称	内核版本	驱动文件
A733	Linux-6.6	sunxi-ufs-platform.c
T736	Linux-5.15	sunxi-ufs-platform.c

## 2 模块介绍

### 2.1 模块功能介绍

Linux 提供 UFS 子系统来实现对各种 UFS 设备访问

### 2.2 相关术语介绍

#### 2.2.1 硬件术语

术语	解释说明
----	------

Sunxi	指 Allwinner 的一系列 SOC 硬件平台。
-------	----------------------------

UFS	Universal Flash Storage
-----	-------------------------

host	指具体的 UFS 控制器
------	--------------

#### 2.2.2 软件术语

无

### 2.3 UFS 基础

ufs 协议栈

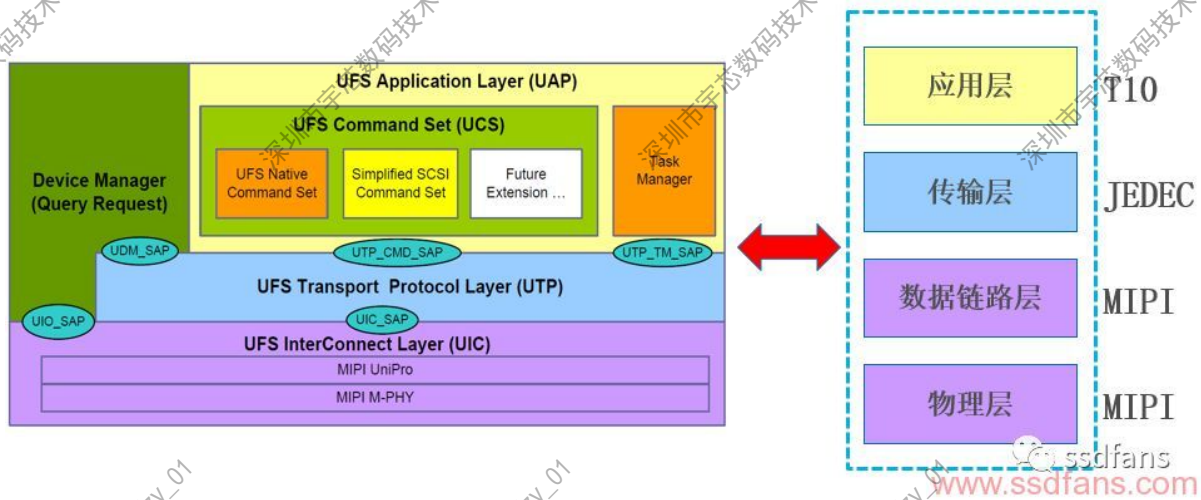


图 2-1: ufs 协议栈

UFS 定义了一个完整的协议栈。从上到下，依次为应用层、传输层、数据链路层和物理层。UFS 使用 MIPI (Mobile Industry Processor Interface, 移动产业处理器接口) 联盟的 UniPro 作为数据链路层和 MIPI 的 M-PHY 作为物理层，两者合起来称之为互连层 (UFS InterConnect Layer)

### 2.3.1 ufs 系统模型

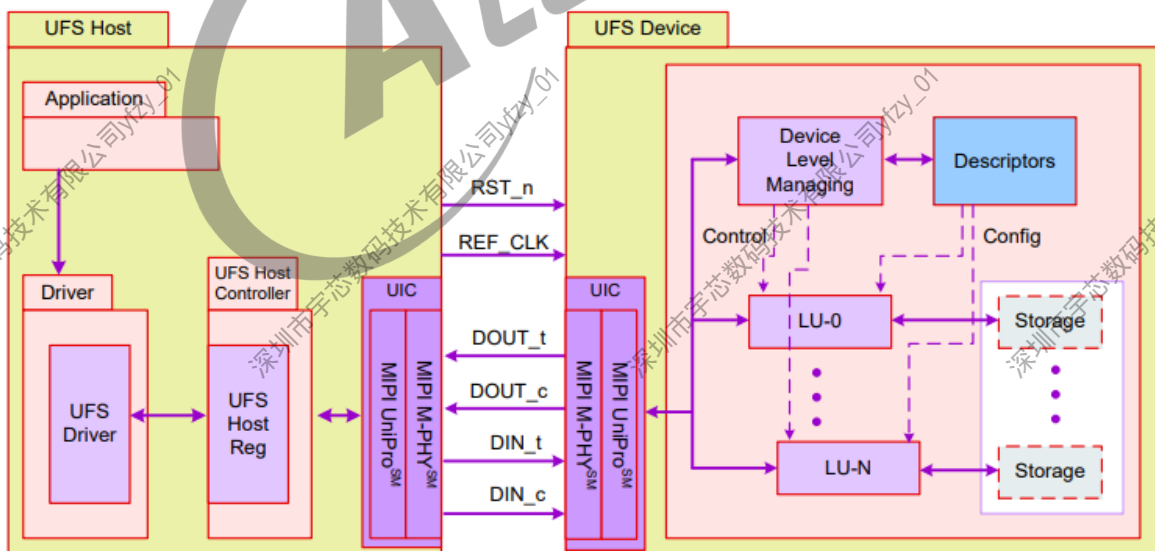


图 2-2: ufs 系统模型

**UFS 主机:** 这通常指的是一个计算设备 (如手机、计算机或其他嵌入式设备)，它需要与 UFS 设备进行数据交换。UFS 设备可能是闪存存储卡、固态硬盘等。

**应用程序 (application)：** 这是指希望与 UFS 设备进行通信的软件，可能是操作系统、文件系统或其他应用程序。

**UFS 驱动程序 (UFS driver)：** 这是操作系统中的一个软件模块，用于管理和控制 UFS 主机控制器。驱动程序在应用程序与硬件之间提供接口，确保数据能够顺利地应用程序传递到 UFS 设备，或从 UFS 设备读取到应用程序。

**UFS 主机控制器 (UFS host controller)：** 这是硬件组件，负责在主机设备（如手机或计算机）和 UFS 设备（如 UFS 闪存存储器）之间进行通信。它管理与 UFS 设备的所有数据传输操作。

**UFS HCI (UFS Host Controller Interface)：** 这是 UFS 主机控制器的一个接口标准，是一组暴露给 UFS 驱动程序的寄存器。通过这些寄存器，UFS 驱动程序能够控制主机控制器的行为并执行必要的操作，如初始化设备、发送和接收数据、处理错误等

**UFS 接口 (UFS interface)：** 这是指 UFS 主机和 UFS 设备之间的通信接口，它定义了如何在两个设备之间传输数据和控制信息。UFS 接口通常包括多个协议层和物理层，用于数据的交换。

**UFS 互连层 (UFS Interconnect, UIC)：** 这个层级负责实现 UFS 主机和 UFS 设备之间的物理连接和通信。UIC 包含了两个主要的协议和标准：

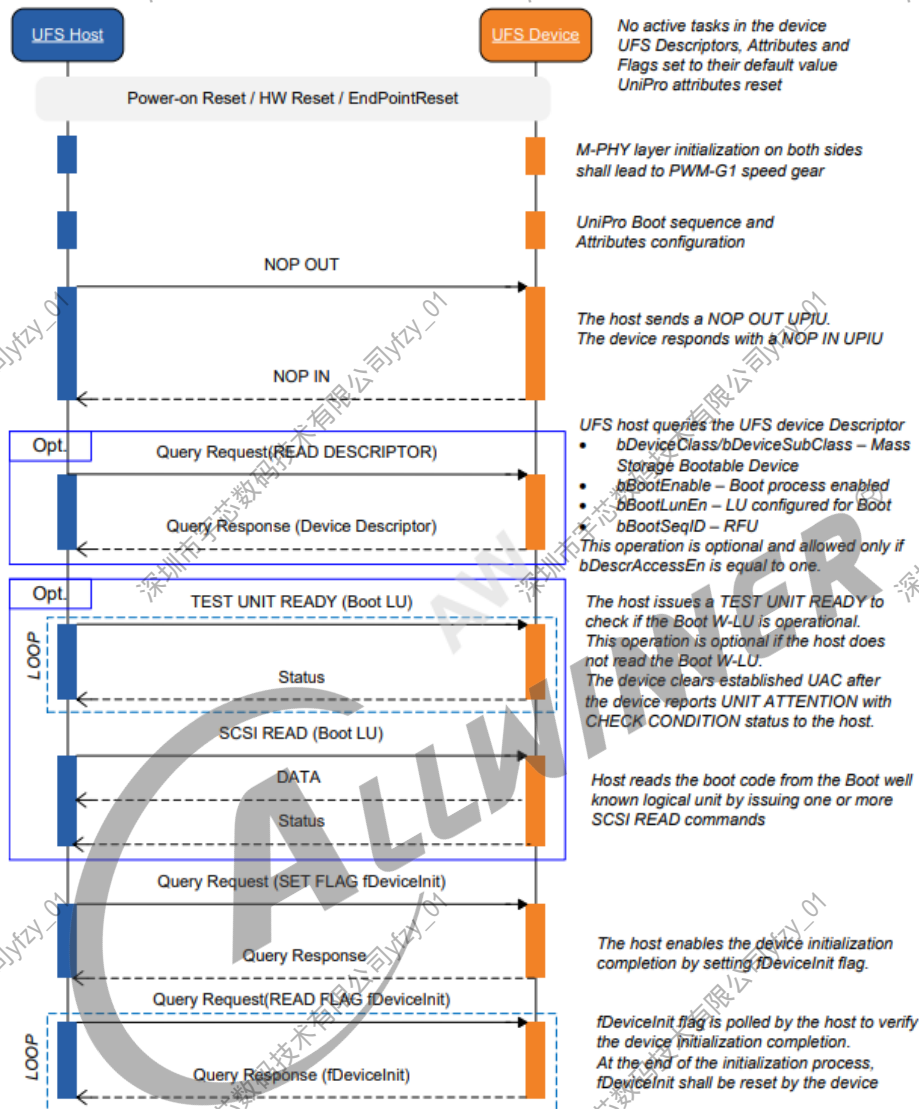
- **MIPI UniPro：** 这是 MIPI 联盟 (Mobile Industry Processor Interface) 定义的一种协议，用于设备之间高速通信，主要用于连接主机与 UFS 设备。UniPro 协议负责在更高的层次上提供可靠的包交换机制，确保数据正确传输。
- **MIPI M-PHY：** 这是 MIPI 联盟定义的一个物理层标准，主要用于提供实际的数据传输信号。M-PHY 是一种用于移动设备的高速串行接口，支持各种通信协议，包括 UFS。

**物理层 M-PHY (Physical Layer M-PHY)：** 这部分指的是物理层协议，负责数据的实际传输。M-PHY 采用**差分信号 (differential signaling)**，意味着它使用成对的信号线来传输数据，从而提高信号的质量和抗干扰能力。每对信号线包含：

- **TX (Transmit)：** 发送端信号线，用于传输数据。
- **RX (Receive)：** 接收端信号线，用于接收数据。

## 2.3.2 ufs 初始化流程

5357 13.1.3.3 Initialization completion (cont'd)



5358

5359

Figure 13.3 — Device Initialization and Boot Procedure Sequence Diagram

图 2-3: ufs 初始化流程

主机给设备上电或者重启设备，然后主机和设备端的物理层和数据链路层完成初始化，之后主机 ping 设备（通过 NOP OUT UPIU），确认设备双方连接正常。设备收到 NOP OUT UPIU，应该回 NOP IN UPIU，表明双方连接没有问题。

蓝色方块是可选项，由于从 boot 分区读取启动数据

最后主机设置 fDeviceInit = 1，然后一直轮询该标志，一旦 fDeviceInit 变成 0，标志 UFS 设备初始化完成。

## 2.3.3 ufs 性能

单 lane 最高能到 11.6Gps (ufs3.0 /ufs3.1) ，最大支持 2lane

高速（High-Speed mode）支持 4 种速度等级

**Table 9 HS-BURST: RATE Series and GEARS**

RATE A-series (Mbps)	RATE B-series <sup>1</sup> (Mbps)	High-Speed GEARS
1248	1457.6	HS-G1 (A/B)
2496	2915.2	HS-G2 (A/B)
4992	5830.4	HS-G3 (A/B)
9984	11660.8	HS-G4 (A/B)

1. The B-series rates shown are not integer multiples of common reference frequencies 19.20 MHz or 26.00 MHz, but are within the tolerance range of 2000 ppm.

图 2-4: High-Speed mode

低速（low - speed mode）支持 7 种速度等级，不支持 PMG-G0

**Table 10 PWM-BURST GEARS**

PWM-GEARs	Min. (Mbps)	Max. (Mbps)
PWM-G0	0.01	3
PWM-G1	3	9
PWM-G2	6	18
PWM-G3	12	36
PWM-G4	24	72
PWM-G5	48	144
PWM-G6	96	288
PWM-G7	192	576

图 2-5: low - speed mode

全志平台支持 2lane，高速最高 HS-G4，低速最高支持 LS g4

## 2.4 模块配置介绍

### 2.4.1 sys\_config.fex 配置说明

暂时不支持 sys\_config.fex 配置

## 2.4.2 Device Tree 配置说明

### 2.4.2.1 uboot 阶段

uboot 暂时不支持 dts 配置

### 2.4.2.2 内核阶段

存放在 board.dts 或者 bsp 仓库下面 configs/linux-X/sunxiXiwXpX 中

控制器的配置以及属性的意义如下：

#### 2.4.2.2.1 [ufs (in dtsi)]

```
&ufs {  
    vcc-supply = <&reg_dld06>;  
    vccq-supply = <&reg_dc8>;  
    vccq2-supply = <&reg_dc8>;  
};
```

各个配置项的意义如下：

配置项	配置项含义
vcc-supply	ufs device vcc 供电
vccq-supply	ufs device vccq 供电
vccq2-supply	ufs device vccq2 供电

## 2.4.3 kernel menuconfig 配置说明

1.menuconfig 主界面。

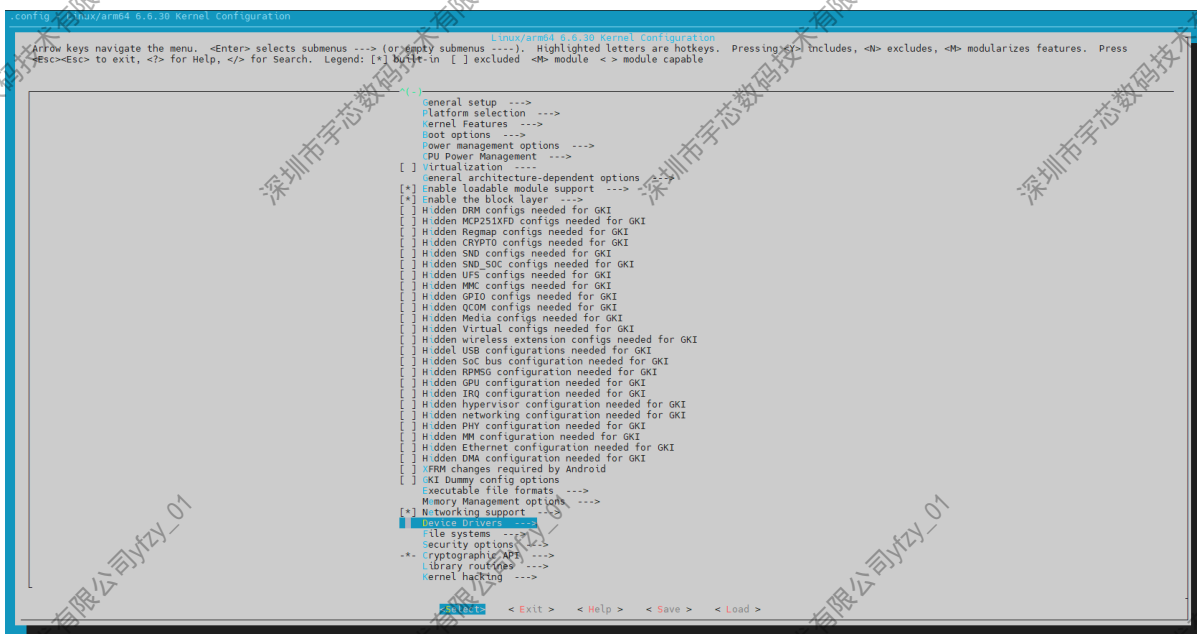


图 2-6: menuconfig 主界面

2. 选择进入 Device Drivers，然后在该页面内选中 Universal Flash Storage Controller 为 \*。

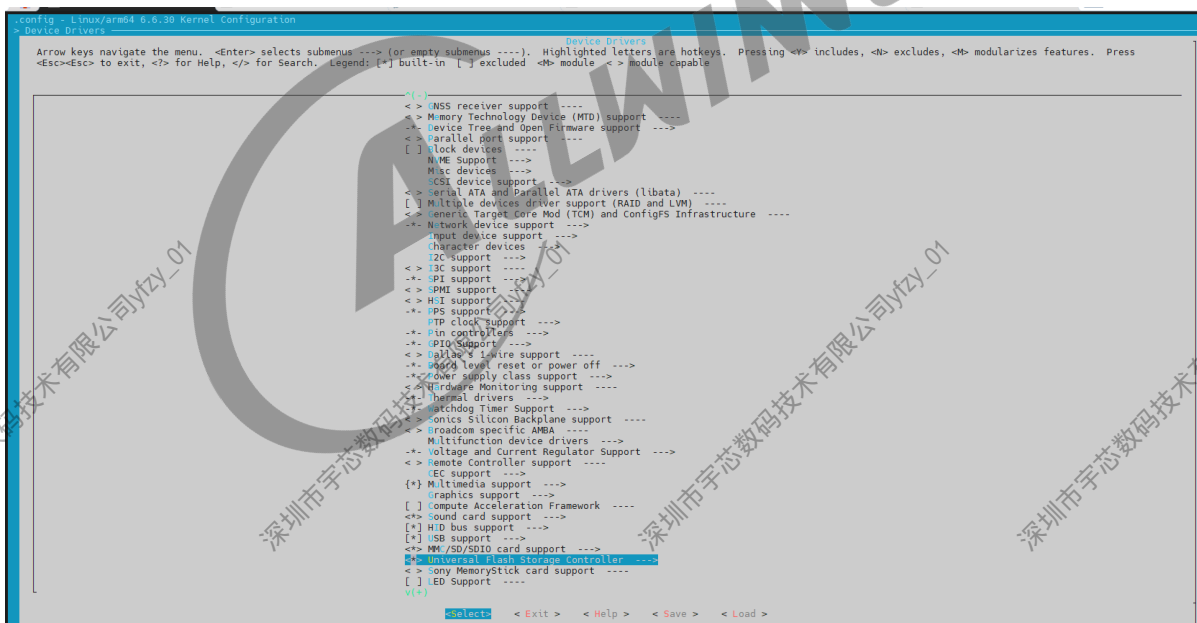


图 2-7: Device Drivers

Universal Flash Storage Controller 中配置如下图所示:



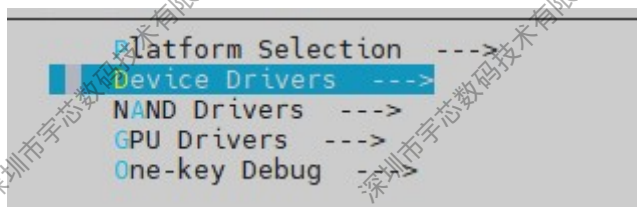


图 2-10: menuconfig Allwinner BSP

5. 进入后选择 SUNXI UFS Drivers 再次进入：

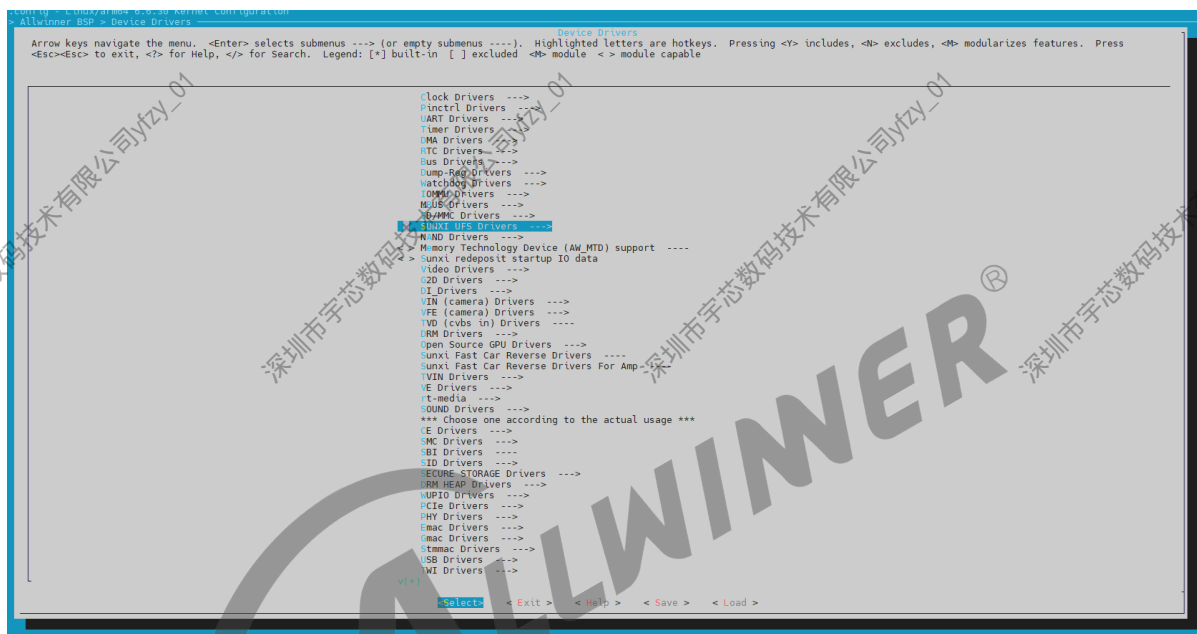


图 2-11: menuconfig Device Drivers

6. 进入后选中 Allwinner UFS Support “\*”，即可使能全志平台 UFS 驱动。

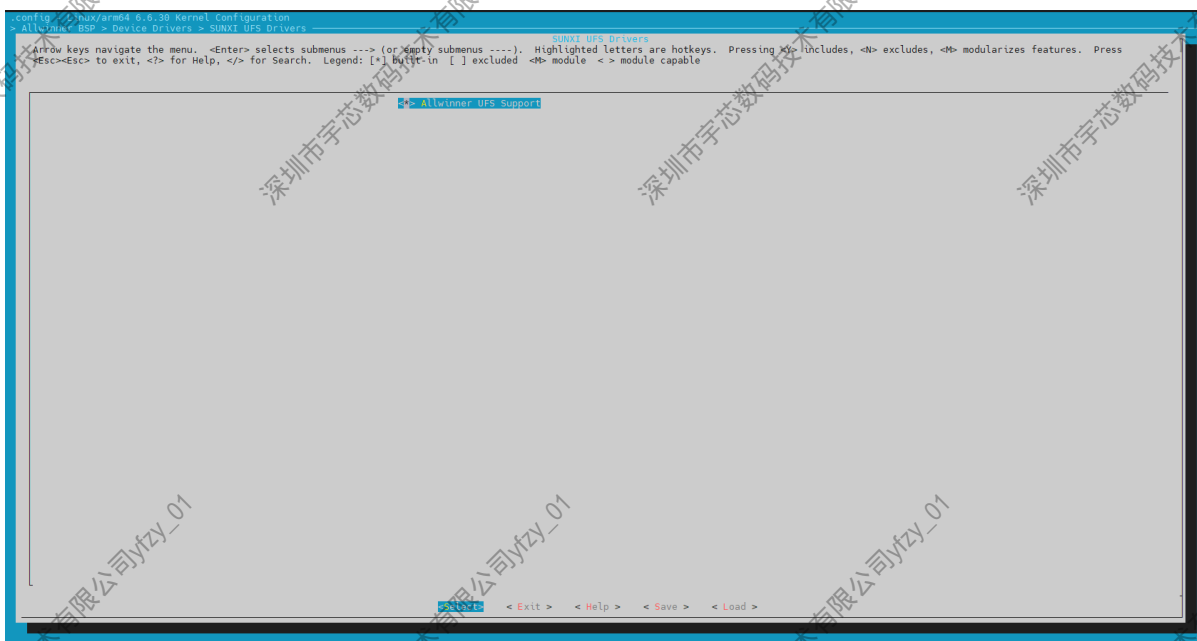


图 2-12: menuconfig SD/MMC Drivers

## 2.4.4 ufs 晶振

目前只支持 26M 晶振

### 3 ufs 启动流程

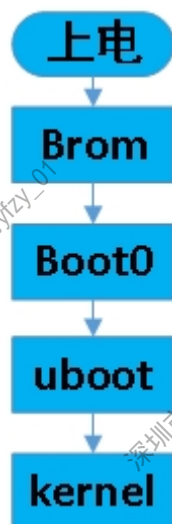


图 3-1: ufs 启动流程

brom: ic 固化的启动程序，负责初始化 ufs，然后把从 ufs 里面把 boot0 加载到 sram 运行

boot0: 第二阶段的启动程序，主要完成 ddr 初始化，初始化 ufs，并切换到 ufs 的最高速率，例如 HS G4，然后把 uboot 从 ufs 加载到 ddr 运行

uboot: 第三阶段的启动程序，主要为内核运行提供运行环境，初始化必要的资源，同样运行 ufs 最高速率。

kernel: 启动的最后阶段，初始化完内核之后，带起整个系统，例如 Android，UI 等，这个阶段同样运行 ufs 最高速率，并且启动多任务功能，以发挥 ufs 性能

## 4 kernl 介绍

### 4.1 ufs 系统架构

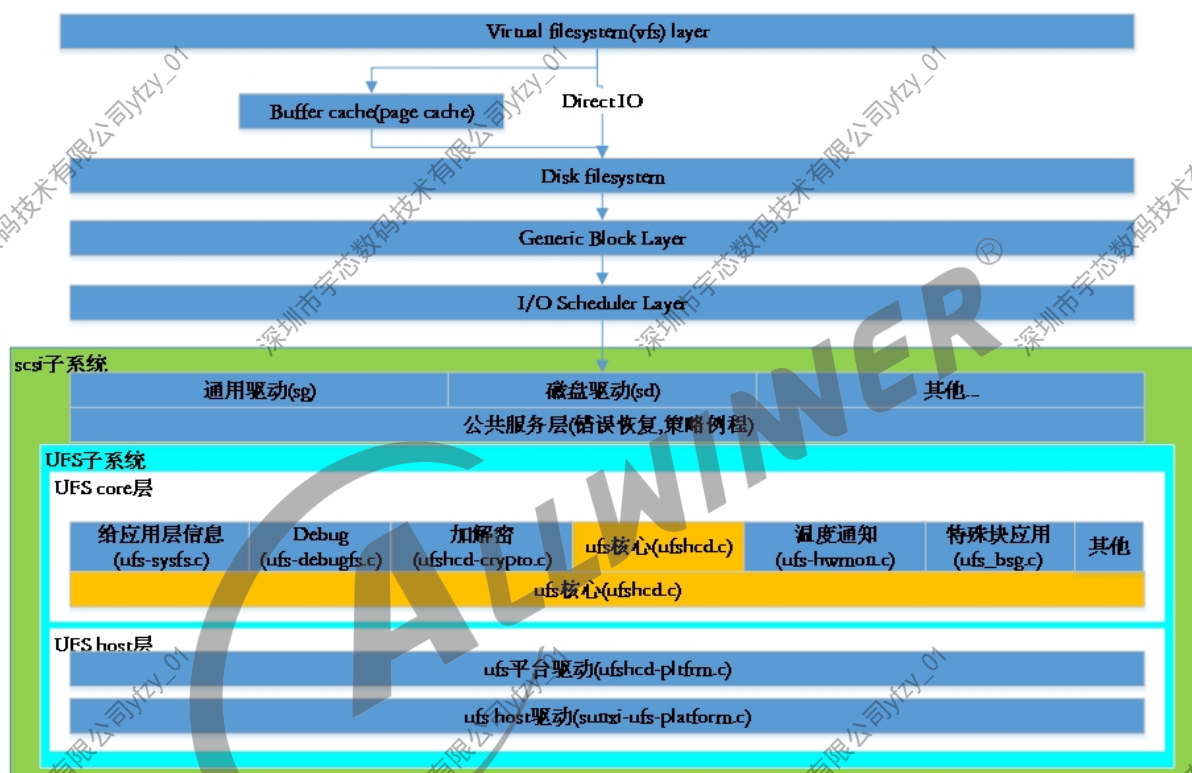


图 4-1: ufs 系统架构

### 4.2 源码结构介绍

ufs 驱动的源代码位于 bsp 仓库在 drivers/ufs/ 目录下:

- |—— sunxi-ufs.h//sunxi 公共系统资源相关宏
- |—— sunxi-ufs-platform.c//主要的代码
- |—— sunxi\_ufs\_unipro.h//sunxi 控制器和 unipro 相关的宏定义
- |—— ufshcd-sunxi.h//sunxi 驱动部分专用函数声明
- |—— ufshci-sunxi.h//sunxi 控制器差异部分寄存器

ufs 子系统代码在 linux5.15 内核位于 drivers/scsi/ufs 目录下面, linux6.6 内核位于目录 driver/ufs/ 目录下面

## linux5.15内核的drivers/scsi/ufs

- |— ufs\_bsg.c
- |— ufs\_bsg.h
- |— ufs-debugfs.c
- |— ufs-debugfs.h
- |— ufs-fault-injection.c
- |— ufs-fault-injection.h
- |— ufshcd.c//ufs核心代码
- |— ufshcd-crypto.c
- |— ufshcd-crypto.h
- |— ufs-hwmon.c
- |— ufs-sysfs.c
- |— ufs-sysfs.h
- |— ufshcd-pltfrm.c//ufs平台驱动基础代码
- |— ufshcd-pltfrm.h

## linux6.6内核的drivers/ufs/

- |— core
  - |— ufs\_bsg.c
  - |— ufs\_bsg.h
  - |— ufs-debugfs.c
  - |— ufs-debugfs.h
  - |— ufs-fault-injection.c
  - |— ufs-fault-injection.h
  - |— ufshcd.c//ufs核心代码
  - |— ufshcd-crypto.c
  - |— ufshcd-crypto.h
  - |— ufshcd-priv.h
  - |— ufs-hwmon.c
  - |— ufs-mcq.c
  - |— ufs-sysfs.c
  - |— ufs-sysfs.h
- |— host
  - |— ufshcd-pltfrm.c//ufs平台驱动基础代码
  - |— ufshcd-pltfrm.h

## 4.3 内核初始化流程

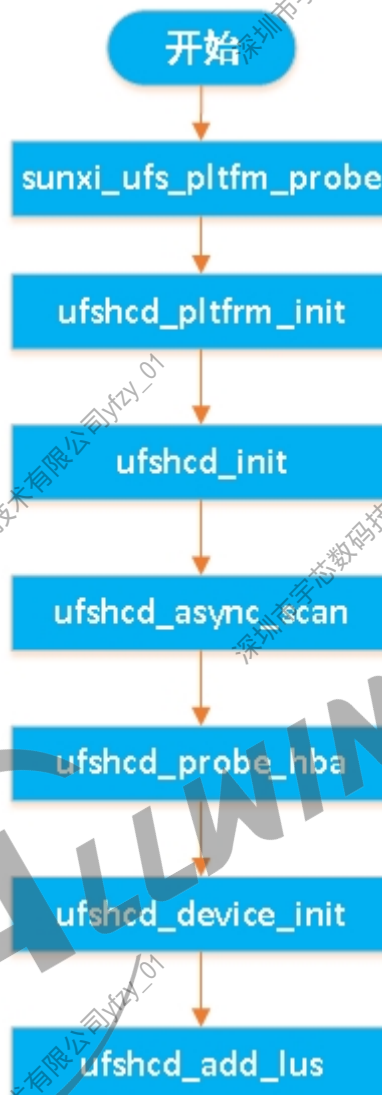


图 4-2: 内核初始化流程

sunxi\_ufs\_pltfrm\_probe 是全志 ufs 驱动的入口函数

ufshcd\_pltfrm\_init 是 ufs 平台驱动的初始化函数

ufshcd\_init ufs 核心层初始化函数，完成整个 ufs 的初始化，包括资源申请，控制器初始化，device 初始化等

ufshcd\_device\_init 完成协议规定的初始化流程

ufshcd\_add\_lus: 主要完成 scsi 相关的初始化流程，包括注册逻辑单元，scsi 初始化等

## 5 FAQ

待定

### 5.1 调试方法

#### 5.1.1 调试节点

##### 5.1.1.1 寄存器信息

待补充

##### 5.1.1.2 ufs 信息

###### 1.寿命

```
cd /sys/devices/platform/soc@3000000/4520000.ufs/health_descriptor
```

```
cat eol_info
```

```
cat life_time_estimation_a
```

```
cat life_time_estimation_b
```

具体值代表的意义参考下图

寿命信息具体值代表的意义

02h	1	bPreEOLInfo	Device specific	<p>Pre End of Life Information</p> <p>This field provides indication about device life time reflected by average reserved blocks.</p> <p>00h: Not defined 01h: Normal 02h: Warning. Consumed 80% of reserved blocks. 03h: Critical. Consumed 90% of reserved blocks. Others: Reserved</p>
03h	1	bDeviceLifeTimeEstA	Device specific	<p>This field provides an indication of the device life time based on the amount of performed program/erase cycles. The calculation method is vendor specific and referred as method A.</p> <p>00h: Information not available 01h: 0% - 10% device life time used 02h: 10% - 20% device life time used 03h: 20% - 30% device life time used 04h: 30% - 40% device life time used 05h: 40% - 50% device life time used 06h: 50% - 60% device life time used 07h: 60% - 70% device life time used 08h: 70% - 80% device life time used 09h: 80% - 90% device life time used 0Ah: 90% - 100% device life time used 0Bh: Exceeded its maximum estimated device life time Others: Reserved</p>

图 5-1: menuconfig SD/MMC Drivers

 JEDEC Standard No. 220E  
Page 373

Offset	Size	Name	Value	Description
04h	1	bDeviceLifeTimeEstB	Device specific	<p>This field provides an indication of the device life time based on the amount of performed program/erase cycles. The calculation method is vendor specific and referred as method B.</p> <p>00h: Information not available 01h: 0% - 10% device life time used 02h: 10% - 20% device life time used 03h: 20% - 30% device life time used 04h: 30% - 40% device life time used 05h: 40% - 50% device life time used 06h: 50% - 60% device life time used 07h: 60% - 70% device life time used 08h: 70% - 80% device life time used 09h: 80% - 90% device life time used 0Ah: 90% - 100% device life time used 0Bh: Exceeded its maximum estimated device life time Others: Reserved</p>

图 5-2: menuconfig SD/MMC Drivers

```
2.名字/厂家
cd /sys/block/sda/device
cat model
```

cat vendor

### 3.ufs工作的速率判断

一般启动过程中能看到类似下面打印

```
[ufs]:[RX, TX]: gear=[4, 4], lane[2, 2], pwr[FAST MODE, FAST MODE], rate = 2
```

FAST MODE代表High-Speed mode, SLOW\_MODE代表low - speed mode

gear代表具体模式下的速度等级

上面的打印为例子

pwr[FAST MODE, FAST MODE] 代表两个lane的速度模式都是High-Speed mode

gear[4,4]代表两个lane的速度等级都是gear4

合在一起就是两个lane都工作在High-Speed mode下, 速度等级是gear4, 即HS-G4

## 5.2 常见问题

待补充

## 5.3 注意问题

1. 为保证性能和稳定性, 强烈建议第一次烧录的时候, 要用使用格式化烧录 (全盘擦除升级)。




## 著作权声明

版权所有 ©2025 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。