Rockchip Linux 软件开发指南

文档标识：RK-KF-YF-902

发布版本：V2.2.0

日期：2024-06-20

文件密级：□绝密 □秘密 □内部资料 ■公开

瑞芯微电子股份有限公司

Rockchip Electronics Co., Ltd.

地址： 福建省福州市铜盘路软件园A区18号

网址： www.rock-chips.com

客户服务电话： +86-4007-700-590

客户服务传真： +86-591-83951833

客户服务邮箱： fae@rock-chips.com

前言

概述

文档作为 Rockchip Buildroot/Debian/Yocto Linux 系统软件开发指南，旨在帮助软件开发工程师、技术支持工程师更快上手 Rockchip Linux 平台的开发及调试。

读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

技术支持工程师

软件开发工程师

修订记录

日期	作者	版本	修改说明
2021-04-10	Caesar Wang	V1.0.0	初始版本
2021-05-20	Caesar Wang	V1.1.0	增加rk3399、rk3288、rk3326/px30的支持
2021-09-30	Caesar Wang	V1.2.0	更新Linux4.4和Linux4.19的支持
2022-01-15	Caesar Wang	V1.3.0	增加RK3588 Linux5.10的支持 增加RK3358 Linux4.19支持 更新SDK版本信息
2022-04-14	Caesar Wang	V1.4.0	增加RK3326S的支持 更新RK3588 更新FAQ
2022-05-20	Caesar Wang	V1.4.1	更新芯片支持情况和2022 roadmap
2022-06-20	Caesar Wang	V1.4.2	更新SDK版本和支持情况
2022-09-20	Caesar Wang	V1.5.0	更新Linux5.10得支持
2022-11-20	Caesar Wang	V1.6.0	更新各芯片系统支持状态和roadmap 安全启动更新说明 更新 FAQ
2023-04-20	Caesar Wang	V1.7.0	更新各芯片系统支持状态和roadmap 更新最新SDK目录结构 增加RK3562的支持 文档拆分多个章节
2023-05-20	Caesar Wang	V1.8.0	修正一些错误 版本更新 增加SDK版本说明 修正SDK开发环境搭建章节
2023-06-20	Caesar Wang	V1.9.0	更新文档 更新开发环境搭建章节
2023-07-20	Caesar Wang	V1.9.1	更新RK3566/RK3568/RK3399 Linux4.19 SDK版本
2023-09-20	Caesar Wang	V2.0.0	更新各章节内容
2023-12-05	Ruby Zhang	V2.0.1	修正部分语句的描述

日期	作者	版本	修改说明
2023-12-20	Caesar Wang	V2.1.0	更新芯片系统支持状态 增加Roadmap章节 更新文档章节 更新SDK编译说明 更新SDK开发章节 更新FAQ章节
2024-06-20	Caesar Wang	V2.2.0	增加RK3576芯片支持 更新芯片支持情况， 以及去掉Linux4.4和Linux4.19 更新更多模块开发说明，比如rootfs后处理、OVerlay处理等 更新常见问题

各芯片系统支持状态

Linux6.1 SDK

芯片名称	**Buildroot** 版本	**Debian** 版本	**Yocto** 版本	**Kernel** 版本	**SDK**版本	**TAG**版本
RK3588	2024.02	12	5.0	6.1	V1.1.0_20240620	linux-6.1-stan-rkr3
RK3576	2024.02	12	5.0	6.1	V1.0.0_20240620	linux-6.1-stan-rkr3
RK3568	2024.02	12	5.0	6.1	V1.0.0_20240620	linux-6.1-stan-rkr3
RK3566	2024.02	12	5.0	6.1	V1.0.0_20240620	linux-6.1-stan-rkr3

Linux5.10 SDK

芯片名称	Buildroot版本	Debian版本	Yocto版本	Kernel版本	SDK版本	TAG版本
RK3588	2021.11	11	4.0	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3562	2021.11	11	4.0	5.10	V1.2.0_20240620	linux-5.10-stan-rkr3
RK3566	2021.11	11	4.0	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3568	2021.11	11	4.0	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3399	2021.11	11	4.0	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3358	2021.11	N/A	N/A	5.10	V1.4.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3328	2021.11	N/A	4.0	5.10	V1.1.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3326	2021.11	N/A	N/A	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
PX30	2021.11	11	4.0	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3308	2021.11	N/A	N/A	5.10	V1.5.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3288	2021.11	11	4.0	5.10	V1.2.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK312X	2021.11	N/A	N/A	5.10	V1.4.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8
RK3036	2021.11	N/A	N/A	5.10	V1.4.0_20240620	linux-5.10-gen-rkr8

2024-2025 Linux SDK 升级计划

芯片名称	Buildroot版本	Debian版本	Yocto版本	Kernel版本	预计发布时间
RK3568	2024.02	12	5.0	6.1	2024.Q3
RK3566	2024.02	12	5.0	6.1	2024.Q3
RK3562	2024.02	12	5.0	6.1	2024.Q3
RK3399	2024.02	12	5.0	6.1	2024.Q4
RK3326	2024.02	N/A	5.0	6.1	2024.Q4
RK3308	2024.02	12	5.0	6.1	2024.Q4

目录

1. Chapter-1 SDK 发展路线图

1.1 SDK Roadmap

Version	SDK Released	Released Projected EOL
Linux4.4	2018-06-20	Jun, 2023
Linux4.19	2020-12-11	Dec, 2023
Linux5.10	2022-01-15	Future - Long Term Support (Dec, 2025)
Linux6.1	2023-12-20	Future - Long Term Support (until April 2028)

1.2 Kernel Roadmap

Version	Kernel Released	SDK Released	Released Projected EOL
4.4	2017-11-12	2018-06-20	Jan, 2024
4.19	2018-10-22	2020-12-11	Dec, 2024
5.10	2020-12-13	2022-01-15	Dec, 2026
6.1	2022-12-11	2023-12-20	Dec, 2028

Linux Kernel 是每年底发布的最后一个稳定版本作为 LTS 版本，但每年发布的版本是不定的，一般 5~6 个，所以无法预估下一个 LTS 的具体版本号。一般以年份来说明。LTS 的维护时间也是不定的，是看使用的广泛程度来定。所以一般开始会是 2 年，然后延长到 4 年，最后一般都是延长到 6 年（不保证）。

具体Kernel EOL，以官方发布为主：

Kernel-Release

目前SDK发布的Kernel4.4、4.19、5.10、6.1是Rockchip长期支持的内核版本。

> 持续季度更新小版本(4.19.27->4.19.232)
> 持续2-3年更新大版本(4.4->4.19->5.10->6.1)

针对下一个内核LTS版本：Rockchip内核更新策略为每两年发布一个LTS（长期支持）版本，这与主线内核的每年发布一个LTS版本的策略相错一年。比如主线每年一个LTS版本， Rockchip是两年一个LTS版本。所以对Rockchip之后的LTS的版本是 2024 年发布的 LTS。再然后是 2026 年发布的 LTS，以此类推。

1.3 Buildroot Roadmap

目前RK官方支持的Buildroot版本是`2018.02`和`2021.11`两个版本

Version	Buildroot Released	SDK Released	Released Projected EOL
2018.02	2018-03-04	2018-06-20	Jan, 2024
2021.11	2021-12-05	2022-05-20	Dec, 2026
2024.02	Mar, 2024	2024 Q2	Future - Long Term Support (until April 2028)

Buildroot社区每三个月发布一个新版本，每一年发布一个稳定版本。

具体参考Buildroot官方发布信息：

buildroot-Release

1.4 Yocto Roadmap

目前RK官方支持的Yocto版本从Dunfell（3.1）到 Kirkstone（4.0）, 主维护是 Kirkstone（4.0）。

Version	Yocto Released	SDK Released	Support Level
Kirkstone（4.0）	May 2022	2022-12-20	Long Term Support (Apr. 2026[1])
Scarthgap（5.0）	April 2024	2024-12-20	Future - Long Term Support (until April 2028)

Yocto社区通常每年发布两个主要版本。通常在每年的春季和秋季发布。

具体参考Yocto官方发布信息：

Yocto-Release

1.5 Debian Roadmap

目前RK官方支持的Debian版本从stretch（9）到 bookworm（12）, 主维护是 bullseye（11）。

Version	Debian Released	SDK Released	EOL LTS
Stretch（9）	2017-06-17	2018-06-20	2022-07-01
Buster（10）	2019-07-06	2020-12-11	2024-06-30
Bullseye（11）	2021-08-14	2022-01-15	~ 2026
Bookworm（12）	2023-06-10	2023 Q4	~ 2028

Debian LTS版本每两年更新一个版本。

具体参考Debian官方发布信息：

Debian-Release

2. Chapter-2 SDK软件包

2.1 简介

Rockchip Linux SDK 支持 Buildroot，Yocto和Debian三个系统，内核基于 Kernel 4.4、Kernel 4.19、Kernel5.10或 Kernel6.1，引导基于 U-boot v2017.09，适用于 Rockchip EVB 开发板及基于此开发板进行二次开发的所有 Linux 产品。

开发包适用但不限于行业应用/智能家居/消费电子/工业/办公及会议等AIoT产品，提供灵活的数据通路组合接口，满足客户自由组合的客制化需求。 具体功能调试和接口说明，请阅读工程目录 docs/ 下文档。

2.2 通用SDK软件包获取方法

2.2.1 通过代码服务器下载

获取 Rockchip Linux 软件包，需要有一个帐户访问 Rockchip 提供的源代码仓库。客户向瑞芯微技术窗口申请 SDK，同步提供 SSH公钥进行服务器认证授权，获得授权后即可同步代码。关于瑞芯微代码服务器SSH公钥授权，请参考 SSH 公钥操作说明章节。

2.2.1.1 Rockchip Linux6.1 SDK 下载地址

芯片	版本	下载命令
RK3588	Linux6.1	repo init --repo-url https://gerrit.rock-chips.com:8443/repo-release/tools/repo -u \ https://gerrit.rock-chips.com:8443/linux/rockchip/platform/manifests -b rk3588 -m \ rk3588_linux6.1_release.xml
RK3576	Linux6.1	repo init --repo-url https://gerrit.rock-chips.com:8443/repo-release/tools/repo -u \ https://gerrit.rock-chips.com:8443/linux/rockchip/platform/manifests -b rk3576 -m \ rk3576_linux6.1_release.xml
RK3566_RK3568	Linux6.1	repo init --repo-url https://gerrit.rock-chips.com:8443/repo-release/tools/repo -u \ https://gerrit.rock-chips.com:8443/linux/rockchip/platform/manifests -b rk3566_rk3568 -m \ rk3566_rk3568_linux6.1_release.xml

2.2.1.2 Rockchip Linux5.10 SDK 下载地址

芯片	版本	下载命令
RK3562	Linux5.10	repo init --repo-url https://gerrit.rock-chips.com:8443/repo-release/tools/repo -u \ https://gerrit.rock-chips.com:8443/linux/rockchip/platform/manifests -b rk3562 -m \ rk3562_linux_release.xml
RK3588	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3588_linux_release.xml
RK3566、RK3568	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk356x_linux5.10_release.xml
RK3399	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3399_linux5.10_release.xml
RK3328	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3328_linux5.10_release.xml
RK3326	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3326_linux5.10_release.xml
RK3358	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3358_linux5.10_release.xml
PX30	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ px30_linux5.10_release.xml

芯片	版本	下载命令
RK3308	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3308_linux5.10_release.xml
RK312X	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk312x_linux5.10_release.xml
RK3036	Linux5.10	repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo -u \ ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \ rk3036_linux5.10_release.xml

repo 是 google 用 Python 脚本写的调用 git 的一个脚本，主要是用来下载、管理项目的软件仓库，其下载地址如下：

```
git clone ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo
```

2.2.2 通过本地压缩包解压获取

为方便客户快速获取 SDK 源码，瑞芯微技术窗口通常会提供对应版本的 SDK 初始压缩包，开发者可以通过这种方式，获得 SDK 代码的初始压缩包，该压缩包解压得到的源码，进行同步后与通过 repo 下载的源码是一致的。
以 RK3588_LINUX6.1_SDK_RELEASE_V1.0.0_20231220.tgz 为例，拷贝到该初始化包后，通过如下命令可检出源码：

```
mkdir rk3588
tar xvf RK3588_LINUX6.1_SDK_RELEASE_V1.0.0_20231220.tgz -C rk3588
cd rk3588
.repo/repo/repo sync -l
.repo/repo/repo sync -c
```

后续开发者可根据 FAE 窗口定期发布的更新说明，通过 `.repo/repo/repo sync -c` 命令同步更新。

> 说明：
> 软件发布版本可通过工程 xml 进行查看，具体方法如下：

```
.repo/manifests$ realpath rk3588_linux6.1_release.xml
例如:打印的版本号为v1.0.0，更新时间为20231220
<SDK>/.repo/manifests/release/rk3588_linux6.1_release_v1.0.0_20231220.xml
```

目前Linux6.1发布的SDK初始压缩包如下：

芯片名称	压缩包	版本
RK3588	RK3588_LINUX6.1_SDK_RELEASE_V1.0.0_20231220.tgz	v1.0.0
RK3576	RK3588_LINUX6.1_SDK_RELEASE_V1.0.0_20240620.tgz	v1.0.0
RK3566、RK3568	RK3566_RK3568_LINUX6.1_SDK_RELEASE_V1.0.0_20240620.tgz	v1.0.0

目前Linux5.10发布的SDK初始压缩包如下：

芯片名称	压缩包	版本
RK3562	RK3562_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20230620.tgz	v1.0.0
RK3588	RK3588_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220520.tgz	v1.0.0
RK3566、RK3568	RK356X_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220920.tgz	v1.0.0
RK3399	RK3399_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220920.tgz	v1.0.0
RK3326、RK3326S	RK3326_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220920.tgz	v1.0.0
RK3358	RK3358_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20230420.tgz	v1.0.0
PX30、PX30S	PX30_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220920.tgz	v1.0.0
RK3308	RK3308_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220920.tgz	v1.0.0
RK312X	RK312X_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220420.tgz	v1.0.0
RK3036	RK3036_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220420.tgz	v1.0.0

> 注意：
> 初始压缩包可能有新版本替换更新！

2.3 SDK平台编译命令汇总

2.3.1 一键编译

芯片	类型	参考机型	一键编译	rootfs编译	kernel编译	uboot编译
RK3588S	开发板	RK3588S EVB1	./build.sh lunch:rockchip_rk3588s_evb1_lp4x_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig rk3588_linux.config; make ARCH=arm64 rk3588s-evb1-lp4x-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3588 --spl-new
RK3588	开发板	RK3588 EVB1	./build.sh lunch:rockchip_rk3588_evb1_lp4_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig rk3588_linux.config; make ARCH=arm64 rk3588-evb1-lp4-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3588 --spl-new
RK3588	开发板	RK3588 EVB7	./build.sh lunch:rockchip_rk3588_evb7_v11_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig rk3588_linux.config; make ARCH=arm64 rk3588-evb7-v11-linux.img -j24	./make.sh rk3588 --spl-new
RK3576	开发板	RK3576 EVB1	./build.sh lunch:rockchip_rk3576_evb1_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3576-evb1-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3576 --spl-new
RK3568	开发板	RK3568 EVB1	./build.sh lunch:rockchip_rk3568_evb1_ddr4_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3568-evb1-ddr4-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3568 --spl-new
RK3568	开发板	RK3568 EVB8	./build.sh lunch:rockchip_rk3568_evb8_lp4_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3568-evb8-lp4-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3568 --spl-new
RK3566	开发板	RK3566 EVB2	./build.sh lunch:rockchip_rk3566_evb2_lp4x_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3566-evb2-lp4x-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3566 --spl-new
RK3562	样机	词典笔	./build.sh lunch:rockchip_rk3562_dictpen_test3_v20_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rk3562_linux_dictpen_defconfig; make ARCH=arm64 rk3562-dictpen-test3-v20.img -j24	./make.sh rk3562 --spl-new
RK3562	扫地机	RK3562 EVB1	./build.sh lunch:rockchip_rk3562_evb1_lp4x_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig rk3562_robot.config; make ARCH=arm64 rk3562-evb1-lp4x-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3562 --spl-new
RK3562	扫地机	RK3562 EVB2	./build.sh lunch:rockchip_rk3562_evb2_ddr4_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig rk3562_robot.config; make ARCH=arm64 rk3562-evb2-ddr4-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3562 --spl-new
RK3562	开发板	RK3562 EVB1	./build.sh lunch:rockchip_rk3562_evb1_lp4x_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3562-evb1-lp4x-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3562 --spl-new
RK3562	开发板	RK3562 EVB2	./build.sh lunch:rockchip_rk3562_evb2_ddr4_v10_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3562-evb2-ddr4-v10-linux.img -j24	./make.sh rk3562 --spl-new
RK3399	行业板	RK3399 EVB IND	./build.sh lunch:rockchip_rk3399_evb_ind_lpddr4_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3399-evb-ind-lpddr4-linux.img -j24	./make.sh rk3399
RK3399	挖掘机	RK3399 SAPPHIRE EXCAVATOR	./build.sh lunch:rockchip_rk3399_sapphire_excavator_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3399-sapphire-excavator-linux.img -j24	./make.sh rk3399
RK3326	开发板	RK3326 EVB	./build.sh lunch:rockchip_rk3326_evb_lp3_v12_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm64 rk3399-sapphire-excavator-linux.img -j24	./make.sh rk3399
RK3288	开发板	RK3288 EVB RK808	./build.sh lunch:rockchip_rk3288w_evb_rk808_defconfig && ./build.sh	./build.sh rootfs	make ARCH=arm rockchip_linux_defconfig; make ARCH=arm rk3288-evb-rk808-linux.img -j24	./make.sh rk3288

> 注意：

- **Rootfs编译：**
  默认是编译Buildroot系统，如果需要其他系统，设置相应的环境变量即可。比如
  编译buildroot系统: RK_ROOTFS_SYSTEM=buildroot ./build.sh
  编译debian系统: RK_ROOTFS_SYSTEM=debian ./build.sh
  编译yocto系统: RK_ROOTFS_SYSTEM=yocto ./build.sh
- **Kernel、U-boot编译：**其中需要制指定工具链.
- 比如SDK内置32位工具链：
  export CROSS_COMPILE=../prebuilts/gcc/linux-x86/arm/gcc-arm-10.3-2021.07-x86_64-arm-none-linux-gnueabihf/bin/arm-none-linux-gnueabihf-
- 比如SDK内置64位工具链：
  export CROSS_COMPILE=../prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-arm-10.3-2021.07-x86_64-aarch64-none-linux-gnu/bin/aarch64-none-linux-gnu-

3. Chapter-3 文档说明

随 Rockchip Linux SDK 发布的文档旨在帮助开发者快速上手开发及调试，文档中涉及的内容并不能涵盖所有的开发知识和问题。文档列表也会不断更新，如有文档上的疑问及需求，请联系我们的FAE窗口fae@rock-chips.com。
Rockchip Linux SDK 中在 docs 目录分为中文（cn）和英文（en）。其中中文目录附带了 Common（通用开发指导文档）、Socs（芯片平台相关文档）、Linux （Linux 系统开发相关文档）、Others（其他参考文档）、docs_list_cn.txt (docs文件目录结构），其具体介绍如下：

3.1 通用开发指导文档 (Common)

详见 `<SDK>/docs/cn/Common` 各子目录下的文档。

3.1.1 多核异构系统开发指南(AMP)

详见 `<SDK>/docs/cn/Common/AMP` 目录，多核异构系统是瑞芯微提供的一套通用多核异构系统解决方案，目前已经广泛应用于电力、工控等行业应用和扫地机等消费级产品中。

3.1.2 音频模块文档 (AUDIO)

包含麦克风的音频算法和音频/Pulseaudio模块的相关开发文档。具体文档如下：

```
docs/cn/Common/AUDIO/
├── Algorithms
├── Rockchip_Developer_Guide_Audio_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_PulseAudio_CN.pdf
```

3.1.3 外设支持列表 (AVL)

详见 `<SDK>/docs/cn/Common/AVL` 目录，其包含DDR/eMMC/NAND FLASH/WIFI-BT/CAMERA等支持列表， 其支持列表实时更新在redmine上，链接如下：

```
https://redmine.rockchip.com.cn/projects/fae/documents
```

3.1.3.1 DDR支持列表

Rockchip 平台 DDR 颗粒支持列表，详见 `<SDK>/docs/cn/Common/AVL` 目录下《Rockchip_Support_List_DDR_Ver2.61.pdf》，下表表示DDR的支持程度，只建议选用√、T/A标示的颗粒。
表 1-1 Rockchip DDR Support Symbol

Symbol	Description
√	Fully Tested and Mass production
T/A	Fully Tested and Applicable
N/A	Not Applicable

3.1.3.2 eMMC支持列表

Rockchip 平台 eMMC 颗粒支持列表，详见 `<SDK>/docs/cn/Common/AVL` 目录下《RKeMMCSupportList_Ver1.81_20240329.pdf》，下表中所标示的EMMC支持程度表，只建议选用√、T/A标示的颗粒。

表 1-2 Rockchip EMMC Support Symbol

Symbol	Description
√	Fully Tested , Applicable and Mass Production
T/A	Fully Tested , Applicable and Ready for Mass Production
D/A	Datasheet Applicable,Need Sample to Test
N/A	Not Applicable

- 高性能eMMC颗粒的选取

为了提高系统性能，需要选取高性能的 eMMC 颗粒。请在挑选 eMMC 颗粒前，参照 Rockchip 提供支持列表中的型号，重点关注厂商 Datashet 中 performance 一章节。
参照厂商大小以及 eMMC 颗粒读写的速率进行筛选。建议选取顺序读速率>200MB/s、顺序写速率>40MB/s。
如有选型上的疑问，也可直接联系Rockchip FAE窗口fae@rock-chips.com。

6.1.5 Performance

[Table 23] Performance

Density	Partition Type	Performance	
		Read(MB/s)	Write (MB/s)
16GB	General	285	40
32GB		310	70
64GB		310	140
128GB		310	140
16GB	Enhanced	295	80
32GB		320	150
64GB		320	245
128GB		320	245

图1-1 eMMC Performance示例

3.1.3.3 SPI Nor及SLC Nand支持列表

Rockchip 平台 SPI Nor 及 SLC Nand 支持列表，详见 `<SDK>/docs/cn/Common/AVL` 目录下《RK_SpiNor_and_SLC_Nand_SupportList_V1.47_20240326.pdf》，文档中也有标注SPI Nand的型号，可供选型。下表中所标示的Nand支持程度表，只建议选用√、T/A标示的颗粒。

表 1-3 Rockchip SPI Nor and SLC Nand Support Symbol

Symbol	Description
√	Fully Tested , Applicable and Mass Production
T/A	Fully Tested , Applicable and Ready for Mass Production
D/A	Datasheet Applicable,Need Sample to Test
N/A	Not Applicable

3.1.3.4 Nand Flash支持列表

Rockchip 平台 Nand Flash 支持列表，详见`<SDK>/docs/Common/AVL`目录下
《RKNandFlashSupportList Ver2.73_20180615.pdf》，
文档中有标注 Nand Flash 的型号，可供选型。下表中所标示的 Nand Flash 支持程度表，只建议选用√、T/A标示的颗粒。

表 1-4 Rockchip Nand Flash Support Symbol

Symbol	Description
√	Fully Tested , Applicable and Mass Production
T/A	Fully Tested , Applicable and Ready for Mass Production
D/A	Datasheet Applicable,Need Sample to Test
N/A	Not Applicable

3.1.3.5 WIFI/BT支持列表

Rockchip 平台 WIFI/BT 支持列表，详见`<SDK>/docs/cn/Common/AVL`目录下
《Rockchip_Support_List_Linux_WiFi_BT_Ver1.9_20240329.pdf》，文档列表中为目前Rockchip平台上大量测试过的WIFI/BT芯片列表，建议按照列表上的型号进行选型。如果有其他WIFI/BT芯片调试，需要WIFI/BT芯片原厂提供对应内核驱动程序。

如有选型上的疑问，建议可以与Rockchip FAE窗口fae@rock-chips.com联系。

3.1.3.6 Camera支持列表

Rockchip 平台 Camera 支持列表，详见Camera模组支持列表，在线列表中为目前Rockchip平台上大量测试过的Camera Module 列表，建议按照列表上的型号进行选型。

如有选型上的疑问，建议可以与Rockchip FAE窗口fae@rock-chips.com联系。

3.1.4 CAN模块文档 (CAN)

CAN(Controller Area Network) 总线，即控制器局域网总线，是一种有效分布式控制或实时控制的串行通信网络。以下文档主要介绍CAN驱动开发、通信测试工具、常用命令接口和常见问题等。

```
docs/cn/Common/CAN/
├── Rockchip_Developer_Guide_CAN_FD_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Can_CN.pdf
```

3.1.5 时钟模块文档 (CLK)

本文档主要介绍 Rockchip 平台Clock、GPIO、PLL展频等时钟开发

```
docs/cn/Common/CLK/
├── Rockchip_Developer_Guide_Clock_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Gpio_Output_Clocks_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Pll_Ssmod_Clock_CN.pdf
```

3.1.6 CRYPTO模块文档 (CRYPTO)

以下文档主要介绍 Rockchip Crypto 和 HWRNG(TRNG) 的开发，包括驱动开发与上层应用开发。

```
docs/cn/Common/CRYPTO/
└── Rockchip_Developer_Guide_Crypto_HWRNG_CN.pdf
```

3.1.7 DDR模块文档 (DDR)

该模块文档主要包含 Rockchip 平台DDR开发指南、DDR问题排查、DDR颗粒验证流程、DDR布板说明、DDR带宽工具使用、DDR DQ眼图工具等

```
docs/cn/Common/DDR/
├── Rockchip-Developer-Guide-DDR-CN.pdf
```

3.1.8 调试模块文档 (DEBUG)

该模块文档主要包含 Rockchip 平台DS5、FT232H_USB2JTAG、 GDB_ADB、Eclipse_OpenOCD等调试工具使用介绍。

```
docs/cn/Common/DEBUG/
├── Rockchip_Developer_Guide_DS5_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_FT232H_USB2JTAG.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_GDB_Over_ADB_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_GNU_MCU_Eclipse_OpenOCD_CN.pdf
```

3.1.9 显示模块文档 (DISPLAY)

该模块文档主要包含 Rockchip 平台DRM、DP、HDMI、MIPI、RK628等显示模块的开发文档。

```
docs/cn/Common/DISPLAY/
├── DP
├── HDMI
├── MIPI
├── RK628
├── Rockchip_BT656_TX_AND_BT1120_TX_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Baseparameter_Format_Define_And_Use_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_DRM_Display_Driver_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_RGB_MCU_CN.pdf
├── Rockchip_Develop_Guide_DRM_Direct_Show_CN.pdf
├── Rockchip_DRM_Panel_Porting_Guide_V1.6_20190228.pdf
└── Rockchip_RK3588_Developer_Guide_MIPI_DSI2_CN.pdf
```

3.1.10 动态调整频率和电压模块文档 (DVFS)

该模块文档主要包含 Rockchip 平台CPU/GPU/DDR等动态调整频率和电压模块文档。

Cpufreq和Devfreq 是内核开发者定义的一套支持根据指定的 governor 动态调整频率和电压的框架模型，它能有效地降低的功耗，同时兼顾性能。

```
docs/cn/Common/DVFS/
├── Rockchip_Developer_Guide_CPUFreq_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Devfreq_CN.pdf
```

3.1.11 文件系统模块文档 (FS)

该模块文档主要包含 Rockchip平台文件系统的相关开发文档。

```
docs/cn/Common/FS/
└── Rockchip_Developer_FAQ_FileSystem_CN.pdf
```

3.1.12 以太网模块文档 (GMAC)

该模块文档主要包含 Rockchip平台以太网 GMAC 接口的相关开发文档。

```
docs/cn/Common/GMAC/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_DPDK_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_Mode_Configuration_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_RGMII_Delayline_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_MAC_TO_MAC_CN.pdf
```

3.1.13 HDMI-IN模块文档 (HDMI-IN)

该模块文档主要包含 Rockchip平台HDMI-IN 接口的相关开发文档。

```
docs/cn/Common/HDMI-IN/
├── Rockchip_Developer_Guide_HDMI_IN_Based_On_CameraHal3_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_HDMI_RX_CN.pdf
```

3.1.14 I2C模块文档 (I2C)

该模块文档主要包含 Rockchip平台I2C 接口的相关开发文档。

```
docs/cn/Common/I2C/
└── Rockchip_Developer_Guide_I2C_CN.pdf
```

3.1.15 IO电源域模块文档 (IO-DOMAIN)

Rockchip平台一般 IO 电源的电压有 1.8v，3.3v，2.5v，5.0v 等，有些 IO 同时支持多种电压，io-domain 就是配置 IO 电源域的寄存器，依据真实的硬件电压范围来配置对应的电压寄存器，否则无法正常工作；

```
docs/cn/Common/IO-DOMAIN/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_IO_DOMAIN_CN.pdf
```

3.1.16 IOMMU模块文档 (IOMMU)

主要介绍Rockchip平台IOMMU用于32位虚拟地址和物理地址的转换，它带有读写控制位，能产生缺页异常以及总线异常中断。

```
docs/cn/Common/IOMMU/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_IOMMU_CN.pdf
```

3.1.17 图像模块文档 (ISP)

ISP1.X主要适用于RK3399/RK3288/PX30/RK3326/RK1808等
ISP21主要适用于RK3566_RK3568等
ISP30主要适用于RK3588等
ISP32-lite主要适用于RK3562等

包含ISP开发文档、VI驱动开发文档、IQ Tool开发文档、调试文档和颜色调试文档。具体文档如下：

```
docs/cn/Common/ISP/
├── ISP1.X
├── ISP21
├── ISP30
├── ISP32-lite
└── The-Latest-Camera-Documents-Link.txt
```

> 说明：
> RK3288/RK3399/RK3326/RK1808 Linux(kernel-4.4) rkisp1 driver、sensor driver、vcm driver 参考文档:《RKISP_Driver_User_Manual_v1.3_20190919》
> RK3288/RK3399/RK3326/RK1808 Linux(kernel-4.4) camera_engine_rkisp（3A库）参考文档：

> 《camera_engine_rkisp_user_manual_v2.0》
> RK3288/RK3399/RK3326/RK1808 Linux(kernel-4.4) camera_engine_rkisp v2.0.0版本及其以上版本IQ效果文件参数参考文档：《RKISP1_IQ_Parameters_User_Guide_v1.0_20190606》

3.1.18 MCU模块文档 (MCU)

主要介绍Rockchip平台上MCU开发指南。

```
docs/cn/Common/MCU/
└── Rockchip_RK3399_Developer_Guide_MCU_CN.pdf
```

3.1.19 MMC模块文档 (MMC)

主要介绍Rockchip平台上SDIO、SDMMC、eMMC等接口开发指南。

```
docs/cn/Common/MMC/
├── Rockchip_Developer_Guide_SDMMC_SDIO_eMMC_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_SD_Boot_CN.pdf
```

3.1.20 内存模块文档 (MEMORY)

主要介绍Rockchip平台上CMA、DMABUF等内存模块机制处理。

```
docs/cn/Common/MEMORY/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_CMA_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_DMABUF_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Meminfo_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Memory_Allocator_CN.pdf
```

3.1.21 MPP模块文档 (MPP)

主要介绍Rockchip平台上MPP开发说明。

```
docs/cn/Common/MPP/
└── Rockchip_Developer_Guide_MPP_CN.pdf
```

3.1.22 NPU模块文档 (NPU)

SDK提供了RKNPU相关开发工具，具体如下：

RKNN-TOOLKIT2 ：

RKNN-Toolkit2是在PC上进行RKNN模型生成及评估的开发套件：

开发套件在 `external/rknn-toolkit2` 目录下，主要用来实现模型转换、优化、量化、推理、性能评估和精度分析等一系列功能。

基本功能如下：

功能	说明
模型转换	支持Pytorch / TensorFlow / TFLite / ONNX / Caffe / Darknet的浮点模型 支持Pytorch / TensorFlow / TFLite的量化感知模型（QAT） 支持动态输入模型（动态化/原生动态） 支持大模型
模型优化	常量折叠/ OP矫正/ OP Fuse&Convert / 权重稀疏化/ 模型剪枝
模型量化	支持量化类型：非对称i8/ fp16 支持Layer / Channel量化方式；Normal / KL/ MMSE量化算法 支持混合量化以平衡性能和精度
模型推理	支持在PC上通过模拟器进行模型推理 支持将模型传到NPU硬件平台上完成模型推理（连板推理） 支持批量推理，支持多输入模型
模型评估	支持模型在NPU硬件平台上的性能和内存评估
精度分析	支持量化精度分析功能（模拟器/ NPU）
附加功能	支持版本/设备查询功能等

具体使用说明请参考当前 `doc/` 的目录文档：

```
├── 01_Rockchip_RKNPU_Quick_Start_RKNN_SDK_V2.0.0beta0_CN.pdf
├── 01_Rockchip_RKNPU_Quick_Start_RKNN_SDK_V2.0.0beta0_EN.pdf
...
├── RKNNToolKit2_API_Difference_With_Toolkit1-V2.0.0beta0.md
└── RKNNToolKit2_OP_Support-v2.0.0-beta0.md
```

RKNN API：

RKNN API的开发说明在工程目录 `external/rknpu2`下，用于推理RKNN-Toolkit2生成的rknn模型。
具体使用说明请参考当前 `doc/` 的目录文档：

```
...
├── 02_Rockchip_RKNPU_User_Guide_RKNN_SDK_V2.0.0beta0_CN.pdf
├── 02_Rockchip_RKNPU_User_Guide_RKNN_SDK_V2.0.0beta0_EN.pdf
├── 03_Rockchip_RKNPU_API_Reference_RKNN_Toolkit2_V2.0.0beta0_CN.pdf
├── 03_Rockchip_RKNPU_API_Reference_RKNN_Toolkit2_V2.0.0beta0_EN.pdf
├── 04_Rockchip_RKNPU_API_Reference_RKNNRT_V2.0.0beta0_CN.pdf
├── 04_Rockchip_RKNPU_API_Reference_RKNNRT_V2.0.0beta0_EN.pdf
```

3.1.23 NVM模块文档 (NVM)

主要介绍Rockchip平台上启动流程，对存储进行配置和调试、OTP OEM 区域烧写等安全接口方面。

```
docs/cn/Common/NVM/
├── Rockchip_Application_Notes_Storage_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_FAQ_Storage_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Dual_Storage_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_SATA_CN.pdf
```

3.1.24 PCIe模块文档 (PCIe)

主要介绍Rockchip平台上PCIe的开发说明。

```
docs/cn/Common/PCIe/
├── Rockchip_Developer_Guide_PCIe_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_PCIE_EP_Stardard_Card_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_PCIe_Performance_CN.pdf
├── Rockchip_PCIe_Virtualization_Developer_Guide_CN.pdf
└── Rockchip_RK3399_Developer_Guide_PCIe_CN.pdf
```

3.1.25 性能模块文档 (PERF)

主要介绍Rockchip平台上PERF性能相关分析说明。

```
docs/cn/Common/PERF/
├── Rockchip_Develop_Guide_Linux_RealTime_Performance_Test_Report_CN.pdf
├── Rockchip_Optimize_Tutorial_Linux_IO_CN.pdf
├── Rockchip_Quick_Start_Linux_Perf_CN.pdf
├── Rockchip_Quick_Start_Linux_Performance_Analyse_CN.pdf
├── Rockchip_Quick_Start_Linux_Streamline_CN.pdf
└── Rockchip_Quick_Start_Linux_Systrace_CN.pdf
```

3.1.26 GPIO模块文档 (PINCTRL)

主要介绍Rockchip平台上PIN-CTRL驱动及DTS使用方法。

```
docs/cn/Common/PINCTRL/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Pinctrl_CN.pdf
```

3.1.27 电源模块文档 (PMIC)

主要介绍Rockchip平台上RK805、RK806、RK808、RK809、RK817等PMIC的开发指南。

```
docs/cn/Common/PMIC/
├── Rockchip_RK805_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK806_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK808_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK809_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK816_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK817_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK818_Developer_Guide_CN.pdf
├── Rockchip_RK818_RK816_Developer_Guide_Fuel_Gauge_CN.pdf
└── Rockchip_RK818_RK816_Introduction_Fuel_Gauge_Log_CN.pdf
```

3.1.28 功耗模块文档 (POWER)

主要介绍Rockchip平台上芯片功耗的一些基础概念和优化方法。

```
docs/cn/Common/POWER/
└── Rockchip_Developer_Guide_Power_Analysis_CN.pdf
```

3.1.29 脉宽调制模块文档 (PWM)

主要介绍Rockchip平台上PWM开发指南。

```
docs/cn/Common/PWM
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_PWM_CN.pdf
```

3.1.30 RGA模块文档 (RGA)

主要介绍Rockchip平台上RGA开发指南。

```
docs/cn/Common/RGA/
├── Rockchip_Developer_Guide_RGA_CN.pdf
└── Rockchip_FAQ_RGA_CN.pdf
```

3.1.31 SARADC模块文档 (SARADC)

主要介绍Rockchip平台上SARADC开发指南。

```
docs/cn/Common/SARADC/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_SARADC_CN.pdf
```

3.1.32 安全模块文档 (SECURITY)

主要介绍Rockchip平台上安全模块开发指南。

```
docs/cn/Common/SECURITY/
├── Rockchip_Developer_Guide_Anti_Copy_Board_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_OTP_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Secure_Boot_for_UBoot_Next_Dev_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_TEE_SDK_CN.pdf
```

3.1.33 SPI模块文档 (SPI)

主要介绍Rockchip平台上SPI开发指南。

```
docs/cn/Common/SPI/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_SPI_CN.pdf
```

3.1.34 温控模块文档 (THERMAL)

主要介绍Rockchip平台上Thermal开发指南。

```
docs/cn/Common/THERMAL/
└── Rockchip_Developer_Guide_Thermal_CN.pdf
```

3.1.35 工具类模块文档 (TOOL)

主要介绍Rockchip平台上分区、量产烧入、厂线烧入等工具的使用说明。

```
docs/cn/Common/TOOL/
├── Production-Guide-For-Firmware-Download.pdf
├── RKUpgrade_Dll_UserManual.pdf
├── Rockchip-User-Guide-ProductionTool-CN.pdf
├── Rockchip_Introduction_Partition_CN.pdf
└── Rockchip_User_Guide_Production_For_Firmware_Download_CN.pdf
```

3.1.36 安全模块文档 (TRUST)

主要介绍Rockchip平台上TRUST、休眠唤醒等功能说明。

```
docs/cn/Common/TRUST/
├── Rockchip_Developer_Guide_Trust_CN.pdf
├── Rockchip_RK3308_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf
├── Rockchip_RK3399_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf
├── Rockchip_RK356X_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf
├── Rockchip_RK3576_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf
└── Rockchip_RK3588_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf
```

3.1.37 串口模块文档 (UART)

主要介绍Rockchip平台上串口功能和调试说明。

```
docs/cn/Common/UART/
├── Rockchip_Developer_Guide_UART_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_UART_FAQ_CN.pdf
```

3.1.38 UBOOT模块文档 (UBOOT)

主要介绍Rockchip平台上U-Boot相关开发说明。

```
docs/cn/Common/UBOOT/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_AB_System_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_U-Boot_TFTP_Upgrade_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_UBoot_MMC_Device_Analysis_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_UBoot_MTD_Block_Device_Design_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_UBoot_Nextdev_CN.pdf
└── Rockchip_Introduction_UBoot_rkdevelop_vs_nextdev_CN.pdf
```

3.1.39 USB模块文档 (USB)

主要介绍Rockchip平台上USB开发指南、USB 信号测试和调试工具等相关开发说明。

```
docs/cn/Common/USB/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_USB_Initialization_Log_Analysis_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_USB_PHY_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_USB_Performance_Analysis_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_USB2_Compliance_Test_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_USB_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_USB_FFS_Test_Demo_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_USB_Gadget_UAC_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_USB_SQ_Test_CN.pdf
├── Rockchip_Introduction_USB_SQ_Tool_CN.pdf
├── Rockchip_RK3399_Developer_Guide_USB_CN.pdf
├── Rockchip_RK3399_Developer_Guide_USB_DTS_CN.pdf
├── Rockchip_RK356x_Developer_Guide_USB_CN.pdf
├── Rockchip_RK3576_Developer_Guide_USB_CN.pdf
├── Rockchip_RK3588_Developer_Guide_USB_CN.pdf
├── Rockchip_Trouble_Shooting_Linux4.19_USB_Gadget_UVC_CN.pdf
└── Rockchip_Trouble_Shooting_Linux_USB_Host_UVC_CN.pdf
```

3.1.40 看门狗模块文档 (WATCHDOG)

主要介绍Rockchip平台上Watchdog开发说明。

```
docs/cn/Common/WATCHDOG/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_WDT_CN.pdf
```

3.2 Linux系统开发文档 (Linux)

详见`<SDK>/docs/cn/Linux`目录下的文档。

```
├── ApplicationNote
├── Audio
├── Camera
├── DPDK
├── Docker
├── Graphics
├── Multimedia
├── Profile
├── Recovery
├── Security
├── System
├── Uefi
└── Wifibt
```

3.2.1 应用指南（ApplicationNote）

主要介绍Rockchip平台上应用相关开发说明， 比如ROS、RetroArch、USB等

```
docs/cn/Linux/ApplicationNote/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Flash_Open_Source_Solution_CN.pdf
├── Rockchip_Instruction_Linux_ROS2_CN.pdf
├── Rockchip_Instruction_Linux_ROS_CN.pdf
├── Rockchip_Quick_Start_Linux_USB_Gadget_CN.pdf
├── Rockchip_Use_Guide_Linux_EtherCAT_IgH_CN.pdf
└── Rockchip_Use_Guide_Linux_RetroArch_CN.pdf
```

3.2.2 音频相关开发（Audio）

主要介绍Rockchip平台上自研音频算法。

```
docs/cn/Linux/Audio/
├── Rockchip_Developer_Guide_Microphone_Array_TEST_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Microphone_Array_Tuning.pdf
└── Rockchip_Introduction_Linux_Audio_3A_Algorithm_CN.pdf
```

3.2.3 摄像头相关开发（Camera）

主要介绍Rockchip平台上MIPI/CSI Camera和结构光开发指南。

```
docs/cn/Linux/Camera/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux4.4_Camera_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_RMSL_CN.pdf
├── Rockchip_Trouble_Shooting_Linux4.4_Camera_CN.pdf
└── Rockchip_Trouble_Shooting_Linux5.10_Camera_CN.pdf
```

3.2.4 容器相关开发（Docker）

主要介绍Rockchip平台上Debian/Buildroot等第三方系统的Docker搭建和开发。

```
docs/cn/Linux/Docker/
├── Rockchip_Developer_Guide_Debian_Docker_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Docker_Deploy_CN.pdf
└── Rockchip_User_Guide_SDK_Docker_CN.pdf
```

3.2.5 显示相关开发（Graphics）

主要介绍Rockchip平台上 Linux显示相关开发。

```
docs/cn/Linux/Graphics/
├── Rockchip_Developer_Guide_Buildroot_Weston_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Graphics_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_LVGL_CN.pdf
```

3.2.6 多媒体（Multimedia）

Rockchip Linux平台上视频编解码大概的流程

```
vpu_service  -->  mpp --> gstreamer/rockit --> app
vpu_service: 驱动
mpp: rockchip平台的视频编解码中间件,相关说明参考mpp文档
gstreamer/rockit: 对接app等组件
```

目前Debian/buildroot系统默认用gstreamer来对接app和编解码组件。

目前主要开发文档如下：

```
docs/cn/Linux/Multimedia/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_RKADK_CN.pdf
├── Rockchip_User_Guide_Linux_Gstreamer_CN.pdf
└── Rockchip_User_Guide_Linux_Rockit_CN.pdf
```

编解码功能, 也可以直接通过mpp提供测试接口进行测试 (比如mpi_dec_test\mpi_enc_test...)
mpp源码参考 `<SDK>/external/mpp/`
测试demo参考: `<SDK>/external/mpp/test` 具体参考SDK文档
`Rockchip_Developer_Guide_MPP_CN.pdf`

Rockchip芯片比如RK3588 支持强大的多媒体功能：

- 支持H.265/H.264/AV1/VP9/AVS2视频解码， 最高8K60FPS， 同时支持1080P 多格式视频解码 (H.263、MPEG1/2/4、VP8、JPEG)
- 支持8K H264/H265 视频编码和1080P VP8、JPEG 视频编码
- 视频后期处理器：反交错、去噪、边缘/细节/色彩优化。

以下列举平台常见芯片编解码能力的标定规格。

> 说明：
> 测试最大规格与众多因素相关，因此可能出现不同芯片相同解码 IP 规格能力不同。
> 芯片的支持情况,实际搭配不同系统可能支持格式和性能会有所不同。

- 解码能力规格表

芯片名称	H264	H265	VP9	JPEG
RK3588	7680X4320@30f	7680X4320@60f	7680X4320@60f	1920x1088@200f
RK3576	3840x2160@60fps	7680x4320@30fps	7680x4320@30fps	1920x1088@200f
RK3566/RK3568	4096x2304@60f	4096x2304@60f	4096x2304@60f	1920x1080@60f
RK3562	1920x1088@60f	2304x1440@30f	4096x2304@30f	1920x1080@120f
RK3399	4096x2304@30f	4096x2304@60f	4096x2304@60f	1920x1088@30f
RK3328	4096x2304@30f	4096x2304@60f	4096x2304@60f	1920x1088@30f
RK3288	3840x2160@30f	4096x2304@60f	N/A	1920x1080@30f
RK3326	1920x1088@60f	1920x1088@60f	N/A	1920x1080@30f
PX30	1920x1088@60f	1920x1088@60f	N/A	1920x1080@30f
RK312X	1920x1088@30f	1920x1088@60f	N/A	1920x1080@30f

- 编码能力规格表

芯片名称	H264	H265	VP8
RK3588	7680x4320@30f	7680x4320@30f	1920x1088@30f
RK3576	4096x2304@60fps	4096x2304@60fps	N/A
RK3566/RK3568	1920x1088@60f	1920x1088@60f	N/A
RK3562	1920x1088@60f	N/A	N/A
RK3399	1920x1088@30f	N/A	1920x1088@30f
RK3328	1920x1088@30f	1920x1088@30f	1920x1088@30f
RK3288	1920x1088@30f	N/A	1920x1088@30f
RK3326	1920x1088@30f	N/A	1920x1088@30f
PX30	1920x1088@30f	N/A	1920x1088@30f
RK312X	1920x1088@30f	N/A	1920x1088@30f

3.2.7 SDK附件内容简介（Profile）

主要介绍Rockchip Linux平台上软件测试，benchmark等介绍。

```
docs/cn/Linux/Profile/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_PCBA_CN.pdf
├── Rockchip_Introduction_Linux_Benchmark_KPI_CN.pdf
├── Rockchip_Introduction_Linux_PLT_CN.pdf
└── Rockchip_User_Guide_Linux_Software_Test_CN.pdf
```

3.2.8 OTA升级（Recovery）

主要介绍Rockchip Linux平台 OTA 升级时的 recovery 开发流程和升级介绍。

```
docs/cn/Linux/Recovery/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_DFU_Upgrade_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Recovery_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Upgrade_CN.pdf
└── Rockchip_Introduction_Smart_Screen_OTA_CN.pdf
```

3.2.9 安全方案（Security）

主要介绍Rockchip Linux平台上Securbeoot和TEE的安全启动方案。

```
docs/cn/Linux/Security/
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Secure_Boot_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_TEE_SDK_CN.pdf
```

3.2.10 系统开发（System）

主要介绍Rockchip Linux平台上Debian等第三方系统的移植和开发指南。

```
docs/cn/Linux/System/
├── Rockchip_Developer_Guide_Buildroot_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Debian_CN.pdf
└── Rockchip_Developer_Guide_Third_Party_System_Adaptation_CN.pdf
```

3.2.11 UEFI启动（UEFI）

主要介绍Rockchip Linux平台上的UEFI启动方案。

```
docs/cn/Linux/Uefi/
└── Rockchip_Developer_Guide_UEFI_CN.pdf
```

3.2.12 网络模块（RKWIFIBT）

主要介绍Rockchip Linux平台上WIFI、BT等开发。

```
docs/cn/Linux/Wifibt/
├── AP模组RF测试文档
├── REALTEK模组RF测试文档
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_WIFI_BT_CN.pdf
├── WIFIBT编程接口
└── WIFI性能测试PC工具
```

3.2.13 DPDK模块（DPDK）

主要介绍Rockchip Linux平台上DPDK开发指南。

```
docs/cn/Linux/DPDK/
└── Rockchip_Developer_Guide_Linux_DPDK_CN.pdf
```

3.3 芯片平台相关文档 (Socs)

详见 `<SDK>/docs/cn/<chipset_name>` 目录下的文档。正常会包含该芯片的发布说明、芯片快速入门、软件开发指南、硬件开发指南、Datasheet等。

3.3.1 发布说明

里面包含芯片概述、支持的主要功能、SDK获取说明等。

详见 `<SDK>/docs/cn/<chipset_name>` 目录下的文档
`Rockchip_<chipset_name>_Linux_SDK_Release_<version>_CN.pdf`

3.3.2 快速入门

正常会包含软硬件开发指南、SDK编译、SDK预编译固件、SDK烧写等内容。
详见 `<SDK>/docs/cn/<chipset_name>/Quick-start` 目录下的文档。

3.3.3 软件开发指南

为帮助开发工程师更快上手熟悉 SDK 的开发调试工作，随 SDK 发布
《 Rockchip_Developer_Guide_Linux_Software_CN.pdf 》，可在 /docs/cn/<chip_name>/ 下获取，并会不断完善更新。

3.4 芯片资料

为帮助开发工程师更快上手熟悉芯片的开发调试工作，随 SDK 发布芯片手册。
详见 `<SDK>/docs/cn/<chipset_name>/Datasheet` 目录下的文档。

3.4.1 硬件开发指南

Rockchip 平台会有对应的硬件参考文档随 SDK 软件包一起发布。硬件用户使用指南主要介绍参考硬件板基本功能特点、硬件接口和使用方法。旨在帮助相关开发人员更快、更准确地使用该 EVB，进行相关产品的应用开发，详见`<SDK>/docs/cn/<chip_name>/Hardware`目录下相关文档 。

3.5 其他参考文档 (Others)

其他参考文档，比如Repo mirror环境搭建、Rockchip SDK申请及同步指南、Rockchip Bug 系统使用指南等，详见`<SDK>/docs/cn/Others`目录下的文档。

```
docs/cn/Others/
├── Rockchip_Developer_Guide_Repo_Mirror_Server_Deploy_CN.pdf
├── Rockchip_Trouble_Shooting_Linux_Real-Time_Performance_CN.pdf
├── Rockchip_User_Guide_Bug_System_CN.pdf
└── Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN.pdf
```

3.6 文件目录结构 (docs_list_cn.txt)

详见`<SDK>/docs/cn/docs_list_cn.txt`文档。

```
├── Common
├── Linux
├── Others
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Software_CN.pdf
├──<chipset_name>
└── docs_list_cn.txt
```

4. Chapter-4 工具说明

随 Rockchip Linux SDK 发布的工具，用于开发调试阶段及量产阶段。工具版本会随SDK更新不断更新，如有工具上的疑问及需求，请联系我们的 FAE 窗口fae@rock-chips.com。
Rockchip Linux SDK 中在 tools 目录下附带了linux（Linux操作系统环境下使用工具）、mac（MAC操作系统环境下使用工具)、windows（Windows操作系统环境下使用工具）。

- Windows工具

工具说明文档：`<SDK>/tools/windows/ToolsRelease.txt`

工具名称	工具用途
BoardProofTool	防抄板工具
boot_merger	打包或解包loader工具
DDR_UserTool	DDR用户测试工具
DriverAssitant	驱动安装工具
EfuseTool	efuse烧写工具
FactoryTool	量产升级工具
ParameterTool	分区表修改工具
pin_debug_tool	GPIO调试工具
programmer_image_tool	烧录器升级工具
rk_ddrbin_tool	rk的ddrbin调试工具
RKDevInfoWriteTool	写号工具
RKDevTool	分立升级固件及整个update升级固件工具
RKDevTool_Release	固件烧录工具
RKPCBATool	PCBA板测试工具
rk_sign_tool	Secureboot签名工具
Rockchip_HdcpKey_Writer	HDCP key烧写工具
Rockchip_USB_SQ_Tool	USB PHY 信号质量的调试工作
SDDiskTool	SD卡启动或升级的镜像制作
SecureBootTool	固件签名工具
upgrade_tool	命令行升级工具
RKImageMaker	命令行打包工具

- Linux工具

工具说明文档：`<SDK>/tools/linux/ToolsRelease.txt`

工具名称	工具用途
boot_merger	打包或解包loader工具
Firmware_Merger	SPI NOR固件打包工具(生成的固件可以用于烧录器)
Linux_DDR_Bandwidth_Tool	DDR带宽统计工具
Linux_Diff_Firmware	OTA差分包工具
Linux_Pack_Firmware	固件打包工具(打包成updata.img)
Linux_SecureBoot	固件签名工具
Linux_SecurityAVB	AVB签名工具
Linux_SecurityDM	DM签名工具
Linux_Upgrade_Tool	烧录固件工具
pin_debug_tool	GPIO调试工具
programmimg_image_tool	打包SPI NOR/SPI NAND/SLC NAND/eMMC的烧录器固件
rk_ddrbin_tool	rk的ddrbin调试工具
rk_sign_tool	Secureboot签名工具

- Mac工具

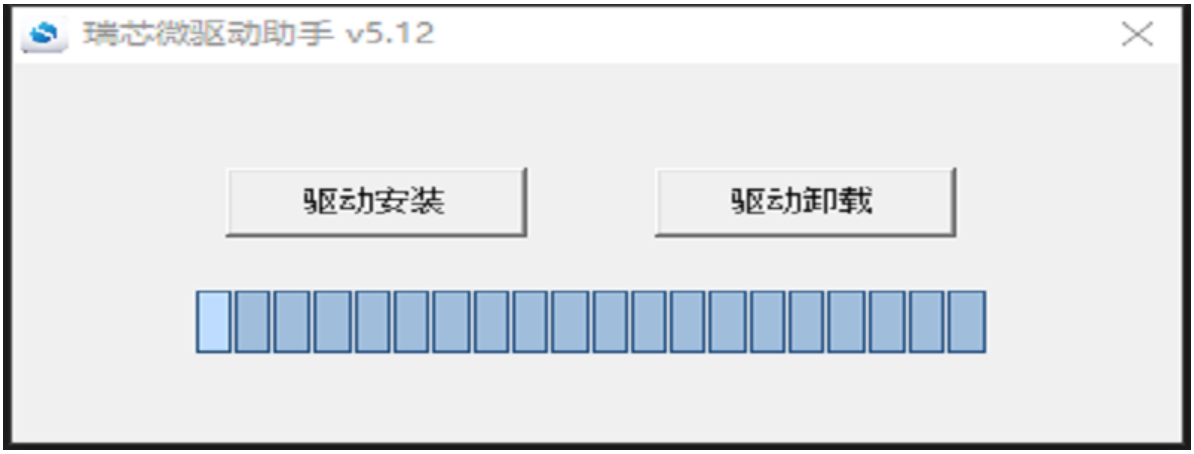
工具说明文档：`<SDK>/tools/mac/ToolsRelease.txt`

工具名称	工具用途
boot_merger	打包或解包loader工具
upgrade_tool	命令行升级工具
rk_sign_tool	Secureboot签名工具

4.1 驱动安装工具

Rockchip USB 驱动安装助手存放在 `<SDK>/tools/windows/DriverAssitant_v5.13.zip`。支持xp,win7_32,win7_64, win10_32,win10_64等操作系统。

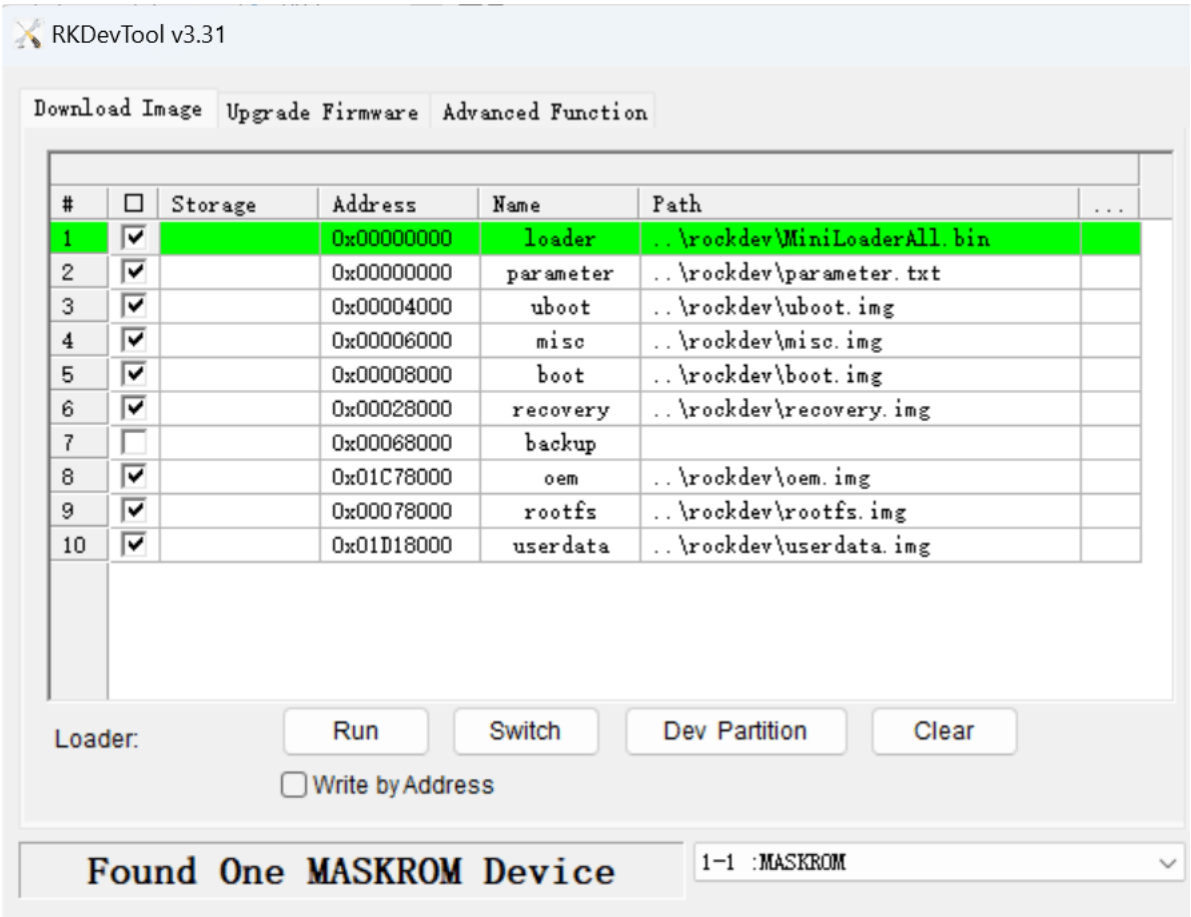
安装步骤如下：



4.2 开发烧写工具

- SDK 提供 Windows 烧写工具(工具版本需要 V3.31 或以上)，工具位于工程根目录：

```
<SDK>/tools/windows/RKDevTool/
```



- SDK 提供 Linux 烧写工具(Linux_Upgrade_Tool 工具版本需要 V2.26或以上)，工具位于工程根目录：

```
<SDK>/tools/linux/Linux_Upgrade_Tool/Linux_Upgrade_Tool
```

```
Linux_Upgrade_Tool$ sudo ./upgrade_tool -h

----------------------Tool Usage ----------------------
Help:              H
Version:           V
Log:               LG
------------------Upgrade Command ------------------
ChooseDevice:        CD
ListDevice:      LD
SwitchDevice:        SD
UpgradeFirmware:     UF <Firmware> [-noreset]
UpgradeLoader:       UL <Loader> [-noreset] [FLASH|EMMC|SPINOR|SPINAND]
DownloadImage:       DI <-p|-b|-k|-s|-r|-m|-u|-t|-re image>
DownloadBoot:        DB <Loader>
EraseFlash:      EF <Loader|firmware>
PartitionList:       PL
WriteSN:         SN <serial number>
ReadSN:          RSN
ReadComLog:      RCL <File>
CreateGPT:       GPT <Input Parameter> <Output Gpt>
SwitchStorage:       SSD
----------------Professional Command -----------------
TestDevice:      TD
ResetDevice:         RD [subcode]
ResetPipe:       RP [pipe]
```

```
ReadCapability:     RCB
ReadFlashID:        RID
ReadFlashInfo:      RFI
ReadChipInfo:       RCI
ReadSecureMode:     RSM
WriteSector:        WS  <BeginSec> <PageSizeK> <PageSpareB> <File>
ReadLBA:        RL  <BeginSec> <SectorLen> [File]
WriteLBA:       WL  <BeginSec> [SizeSec] <File>
EraseLBA:       EL  <BeginSec> <EraseCount>
EraseBlock:     EB <CS> <BeginBlock> <BlokcLen> [--Force]
RunSystem:      RUN <uboot_addr> <trust_addr> <boot_addr> <uboot> <trust> <boot>
-----------------------------------------------------
```

4.3 打包工具

主要用于各分立固件打包成一个完整的update.img固件方便升级。

- Windows 环境下打包update.img固件方法，运行如下命令生成update.img

```
<SDK>/tools/windows/RKDevTool/rockdev/mkupdate.bat
```

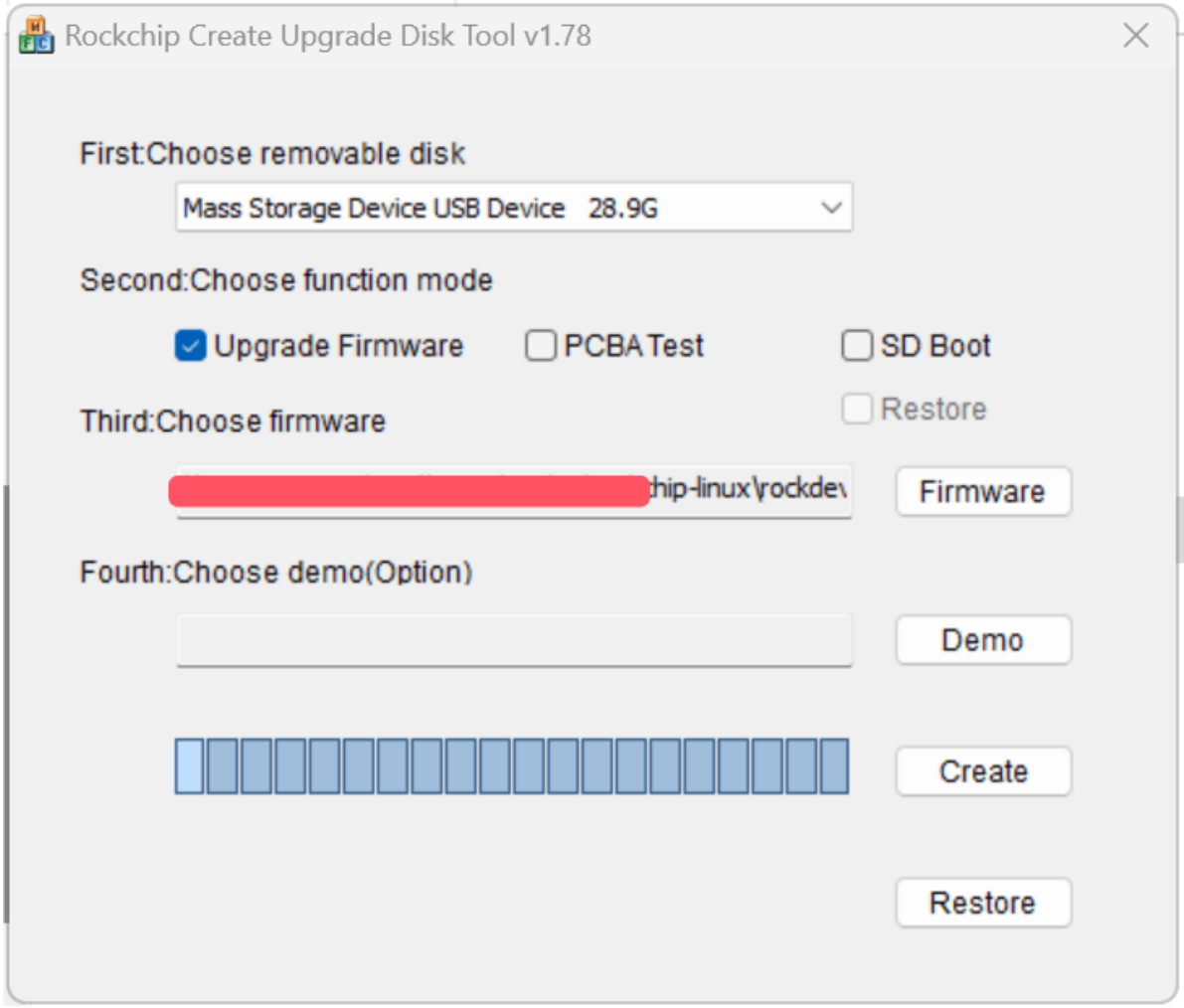
- Linux 环境下打包update.img固件方法，运行如下命令生成update.img

```
<SDK>/tools/linux/Linux_Pack_Firmware/rockdev/mkupdate.sh
```

4.4 SD升级启动制作工具

用于制作SD卡升级、SD卡启动、SD卡PCBA测试.

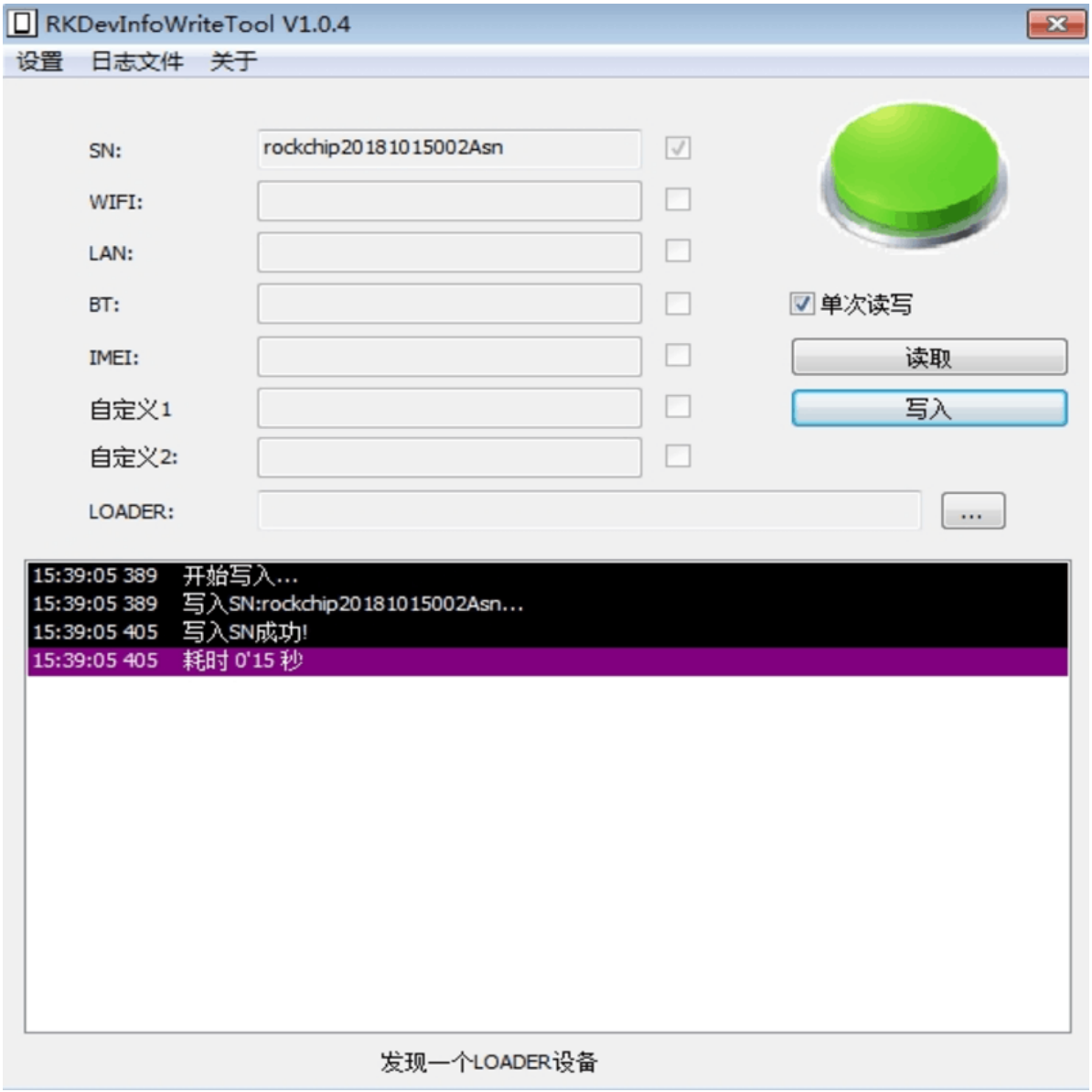
```
<SDK>/tools/windows/SDDiskTool_v1.78.zip
```



4.5 写号工具

`<SDK>/tools/windows/RKDevInfoWriteTool*`

解压RKDevInfoWriteTool-1.3.0.7z后安装，以管理员权限打开软件，工具使用参考当前目录`Rockchip_User_Guide_RKDevInfoWriteTool_CN.pdf`。

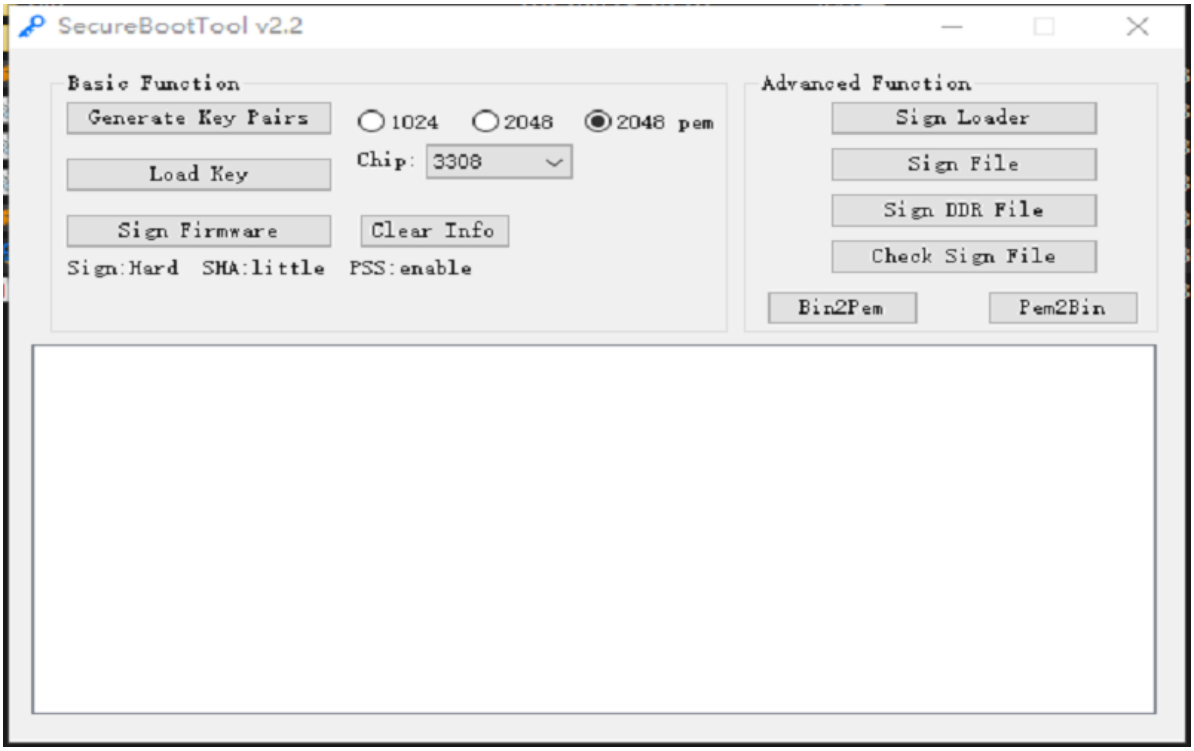


4.6 固件签名工具

用于固件的efuse/otp签名.

- SDK 提供 Windows 签名工具位于工程根目录：

```
<SDK>/tools/windows/SecureBootTool_v2.2
```



- SDK 提供 Linux 签名工具位于工程根目录：

```
<SDK>/tools/linux/rk_sign_tool_v1.31_linux.zip

rk_sign_tool_v1.3_linux$ ./rk_sign_tool
rk_sign_tool is a tool signing firmware and loader for secureboot
usage of rk_sign_tool v1.3:
CC <--chip chip_id> //select sign options by chip
KK [--bits default=2048] <--out> //generating rsa key pairs
LK <--key> <--pubkey> //loading rsa key pairs
SI [--key] <--img> [--pss] //signing image like boot uboot trust
SL [--key] [--pubkey] <--loader> [--little] [--pss] //signing loader like
RKXX_loader.bin
SF [--key] [--pubkey] <--firmware> [--little] [--pss] //signing firmware like
update.img
SB [--key] <--bin> [--pss] //signing binary file
GH <--bin> <--sha 160|256> [--little] //computing sha of binary file
******rk_sign_tool XX -h to get more help******
```

工具使用参考目录/docs/cn/Linux/Security/Rockchip_Developer_Guide_Linux4.4_SecureBoot_CN.pdf 中签名工具使用说明。

4.7 烧录器升级工具

用于量产烧录器镜像制作工具，该工具位于：

```
<SDK>/tools/windows/programmer_image_tool 或
<SDK>/tools/linux/programmer_image_tool
```

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

烧录器镜像制作步骤:

- 烧录镜像到 emmc

```
./programmer_image_tool -i update.img -t emmc
```

- 烧录镜像到 spi nor

```
./programmer_image_tool -i update.img -t spinor
```

更多使用说明参考工具目录 `user_manual.pdf` 文档。

4.8 PCBA测试工具

PCBA 测试工具用于帮助在量产的过程中快速地甄别产品功能的好坏,提高生产效率。目前包括屏幕(LCD)、无线(Wi-Fi)、蓝牙(bluetooth)、DDR/EMMC 存储、SD 卡(sdcard)、USB HOST、按键(KEY),喇叭耳机(Codec)等测试项目。

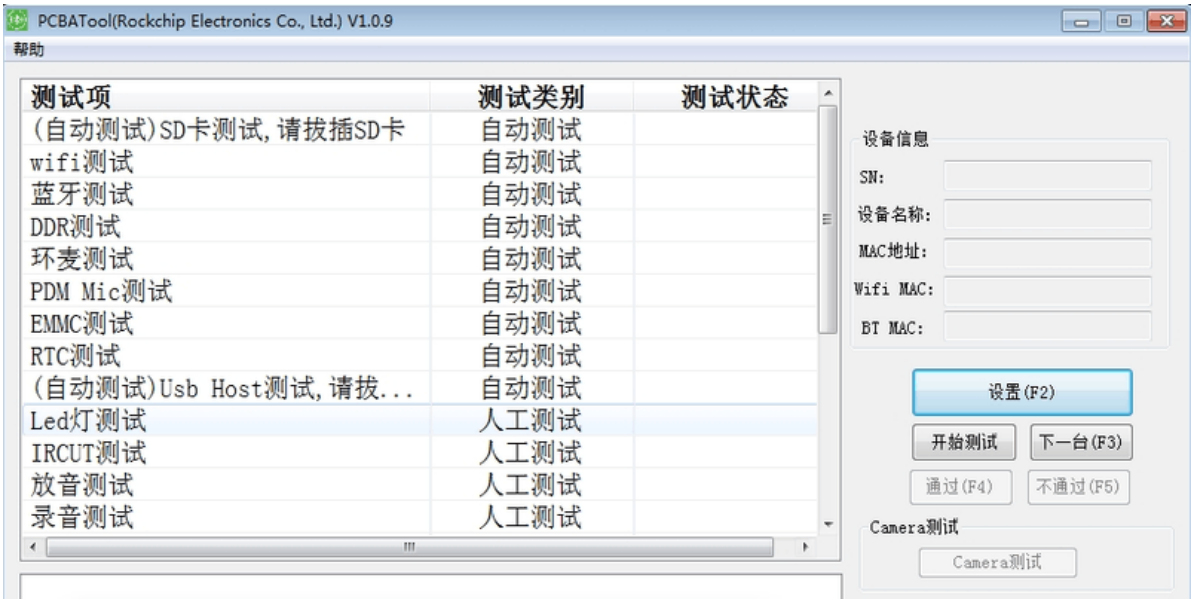
这些测试项目包括自动测试项和手动测试项,无线网络、DDR/EMMC、以太网为自动测试项,按键、SD卡、USB HOST、Codec、为手动测试项目。

PCBA工具位于：

```
<SDK>/tools/windows/RKPCBATool_V1.0.9.zip
```

具体PCBA功能配置及使用说明,请参考:

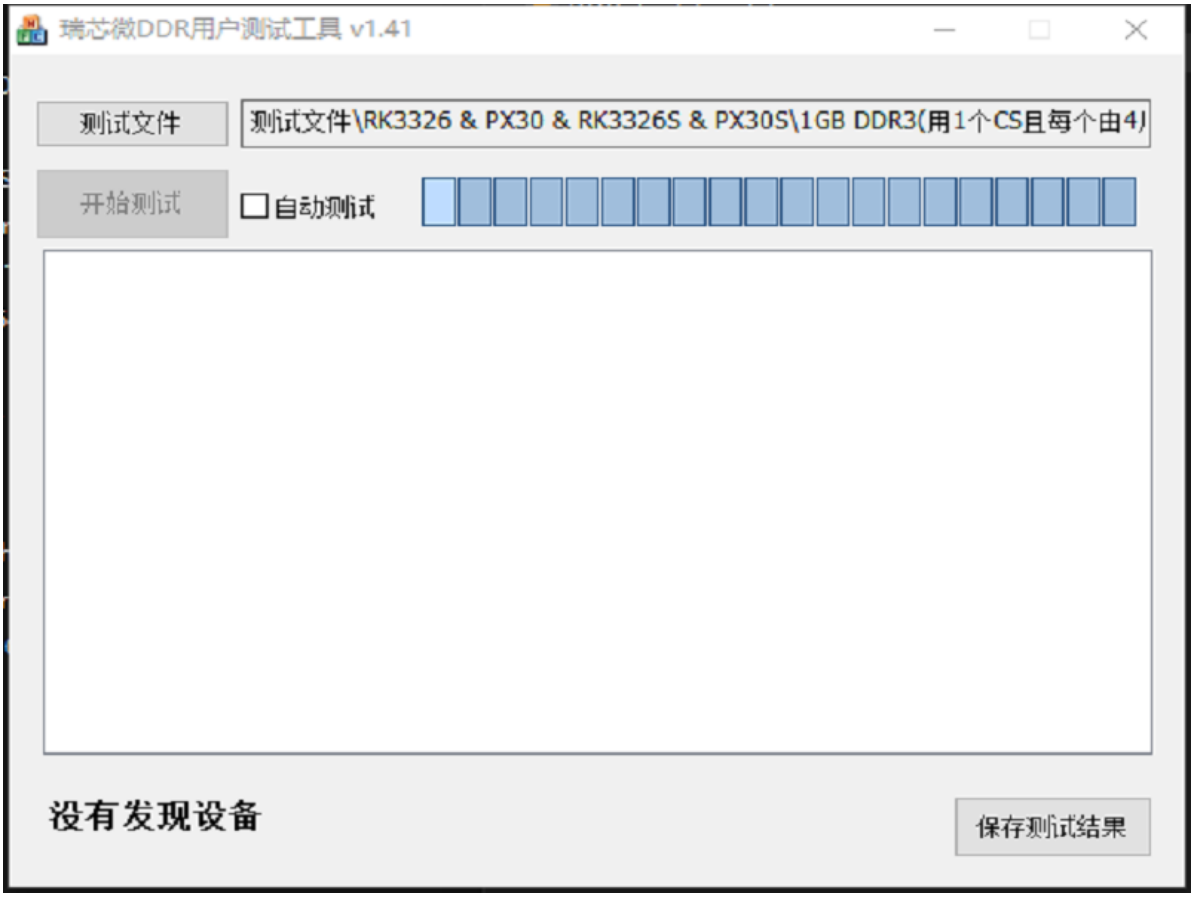
/tools/windows/RKPCBATool_V1.0.9/Rockchip PCBA测试开发指南_1.10.pdf



4.9 DDR焊接测试工具

用于测试DDR的硬件连接,排查虚焊等硬件问题：

```
<SDK>/tools/windows/DDR_UserTool_v1.41.zip
```

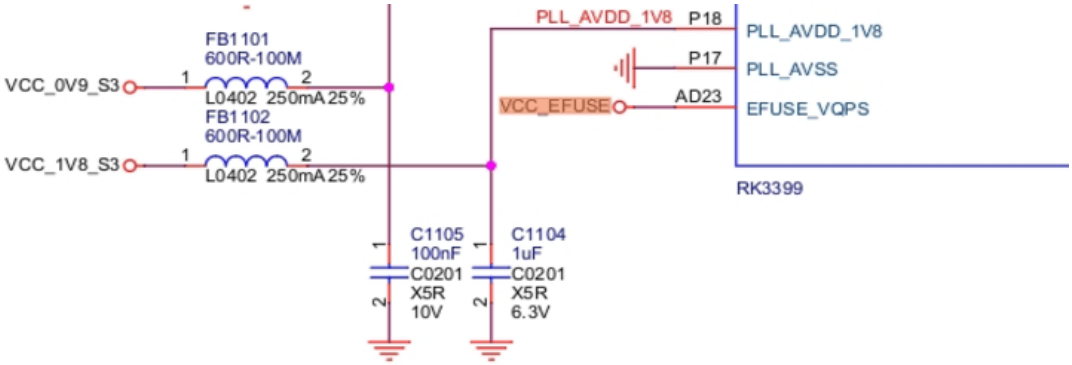


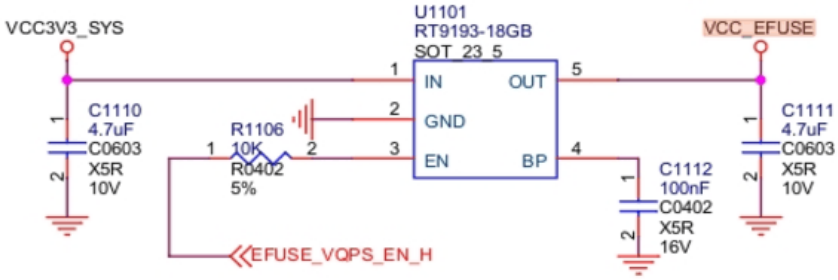
4.10 eFuse烧写工具

用于eFuse的烧写,适用于RK3288/RK3368/RK3399/RK3399Pro等平台。

```
<SDK>/tools/windows/EfuseTool_v1.42zip
```

如果芯片使用 eFuse 启用 SecureBoot 功能,请保证硬件连接没有问题,因为 eFuse 烧写时,Kernel 尚未启动,所以请保证 VCC_EFUSE 在 MaskRom 状态下有电才能使用。





使用 /Tools/windows/EfuseTool_v1.4.zip,板子进入 MaskRom 状态。
点击“固件”,选择签名的 update.img,或者 Miniloader.bin,点击运行“启动”,开始烧写 eFuse。

4.11 量产升级工具

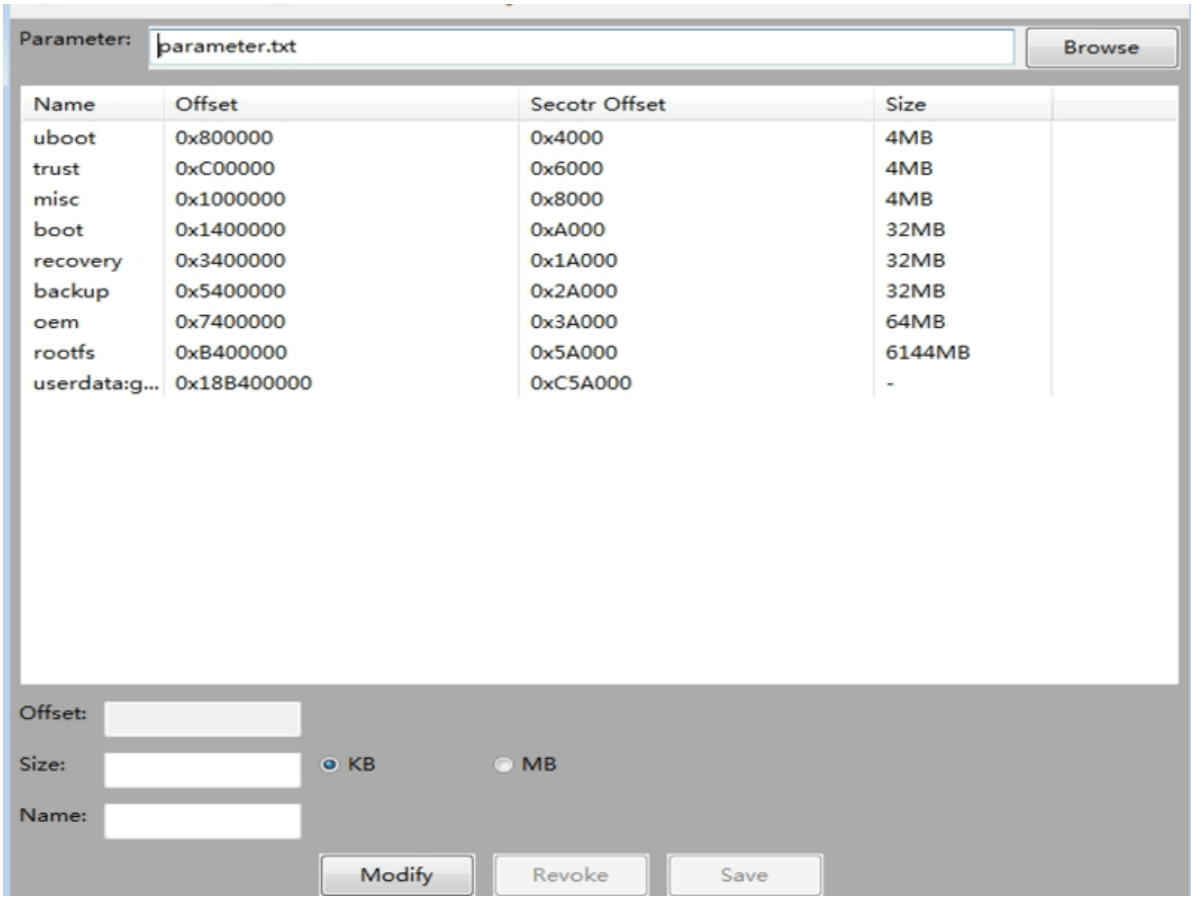
用于工厂批量烧写固件：

```
<SDK>/tools/windows/FactoryTool_v1.91.zip
```

4.12 分区修改工具

用于Paramter.txt中的分区修改工具：

```
<SDK>/tools/windows/ParameterTool_v1.2.zip
```


Parameter:
parameter.txt
Browse
Name
Offset
Secotr Offset
Size
uboot
0x800000
0x4000
4MB
trust
0xC00000
0x6000
4MB
misc
0x1000000
0x8000
4MB
boot
0x1400000
0xA000
32MB
recovery
0x3400000
0x1A000
32MB
backup
0x5400000
0x2A000
32MB
oem
0x7400000
0x3A000
64MB
rootfs
0xB400000
0x5A000
6144MB
userdata:g...
0x18B400000
0xC5A000
-
Offset:
Size:
KB
MB
Name:
Modify
Revoke
Save

5. Chapter-5 SDK软件架构

5.1 SDK工程目录介绍

一个通用Linux SDK工程目录包含有buildroot、debian、app、kernel、u-boot、device、docs、external等目录。采用manifest来管理仓库，用repo工具来管理每个目录或其子目录会对应的 git 工程。

- app：存放上层应用APP，主要是一些应用Demo。
- buildroot：存放 Buildroot 开发的根文件系统。
- debian：存放 Debian 开发的根文件系统。
- device/rockchip：存放芯片板级配置以及一些编译和打包固件的脚本和文件。
- docs：存放通用开发指导文档、Linux系统开发指南、芯片平台相关文档等。
- external：存放第三方相关仓库，包括显示、音视频、摄像头、网络、安全等。
- kernel：存放 Kernel 开发的代码。
- output：存放每次生成的固件信息、编译信息、XML、主机环境等。
- prebuilts：存放交叉编译工具链。
- rkbin：存放 Rockchip 相关二进制和工具。
- rockdev：存放编译输出固件，实际软链接到`output/firmware`。
- tools：存放 Linux 和 Window 操作系统下常用工具。
- u-boot：存放基于 v2017.09 版本进行开发的 U-Boot 代码。
- yocto：存放Yocto开发的根文件系统。

5.2 SDK概述

通用Linux SDK目前已集成主流的几个Linux发行版(Distribution)，发行版就是我们日常在 Linux主机上使用的那些系统，为用户预先集成好的Linux操作系统及各种应用软件。Linux发行版的形式多种多样，有从功能齐全的桌面系统到服务器版本到小型系统。比如支持桌面版本的Debian系统，可定制化的Buildroot/Yocto轻量级系统。
至于产品中系统的选型可按具体产品需求情况来定。具体系统情况介绍如下：

5.2.1 Buildroot

Rockchip Linux SDK 的Buildroot系统，其包含了基于 Linux 系统开发用到的各种系统源码，驱动，工具，应用软件包。Buildroot 是 Linux 平台上一个开源的嵌入式 Linux 系统自动构建框架。整个 Buildroot 是由 Makefile 脚本和 Kconfig 配置文件构成的。可通过Buildroot配置，编译出一个完整的可以直接烧写到机器上运行的 Linux 系统软件。

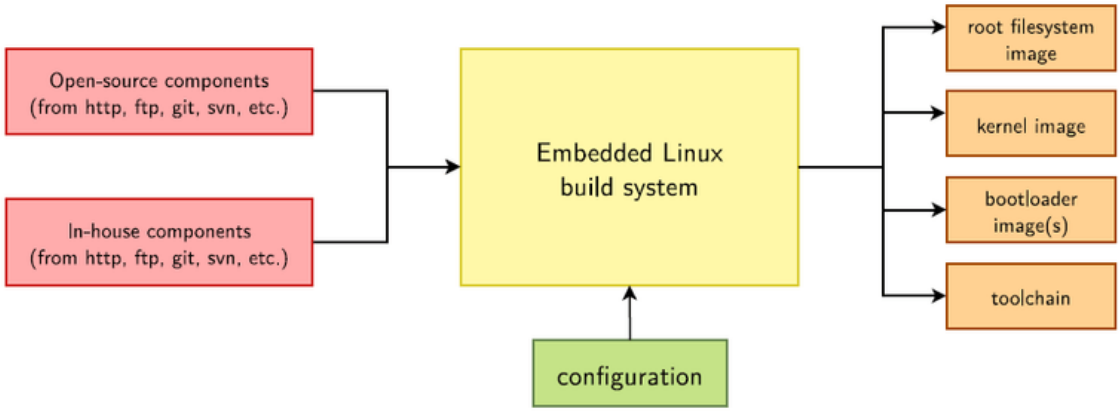


图1-1 Buildroot编译框图

Buildroot 有以下几点优势：

- 通过源码构建，有很大的灵活性；
- 方便的交叉编译环境，可以进行快速构建，容易上手；
- 提供系统各组件的配置，方便定制开发。

使用 Buildroot 的 project 最出名的就是 Openwrt。可以看到，由它制作出的镜像可以跑在搭载16 Mb SPI NOR的路由器上，系统基本没包含多余的东西。 这就是得益于 Buildroot的简单化。整个 Buildroot工程在一个git维护。

Buildroot 使用 kconfig 和 make，一个defconfig 配置代表一种 BSP 支持。

Buildroot 本身不具备扩展能力，用户需要自己通过脚本来完成工作。这些列出来的特点，都是和 Yocto 不同的地方。

> Buildroot是我们内部主要开发和维护的系统。

5.2.2 Yocto

Yocto 和 Buildroot 一样， 是一套构建嵌入式系统的工具，但是两者的风格完全不同。
Yocto 工程是通过一个个单独的包（meta）来维护，比如有的包负责核心，有的包负责外围。有的包用于跑 Rockchip 的芯片，有的包用于安装上weston, 有的包是则是用于跑 debian， 同样采用类似机制的 nodejs，社区膨胀非常厉害，活跃度很高，每个人都可分享自己的成果到 github 上，这样的机制保证了我们可从互联网复用别人的工作成果，相当有价值。相比Buildroot系统，Yocto有其更强的编译机制，比如第三方包的依赖和重编，都会自动处理。缺点相对复杂、需VPN网络。

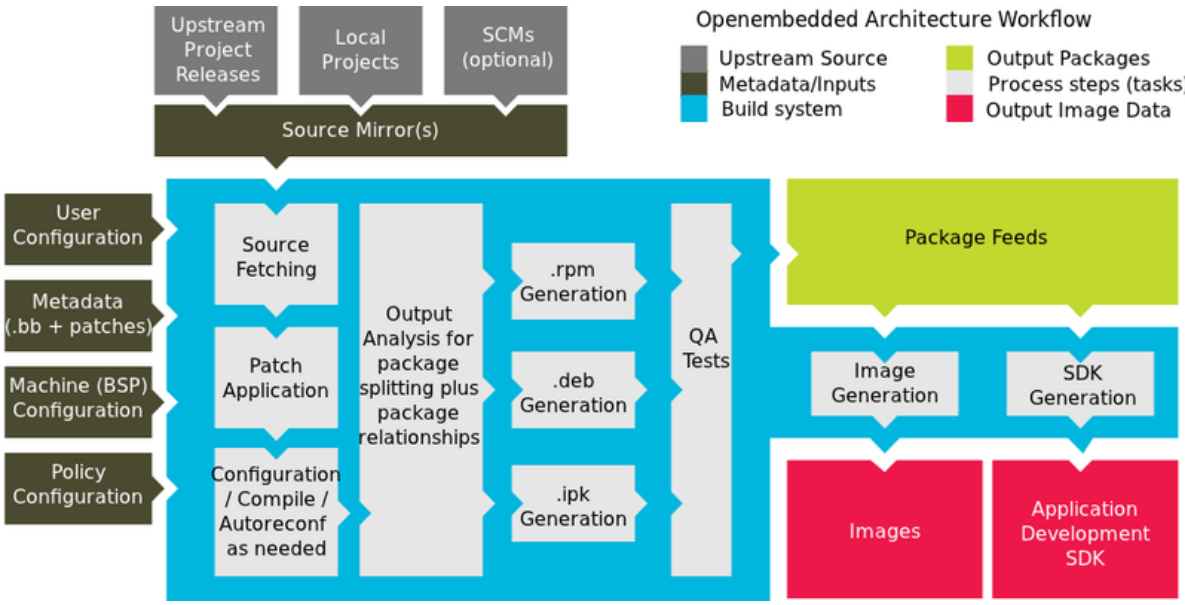


图2-1 Yocto编译框图

Yocto是一个非常灵活的构建系统，允许用户使用shell和Python来处理各种特殊情况。目前，该系统主要针对国外客户。如果您需要更多关于Yocto的信息，请查看以下参考资料：

Yocto

Rockchip Yocto

Yocto stable branch

> 目前该系统主要针对海外、爱好者或具备二次开发能力的客户使用。

5.2.3 Debian

Debian 是一种完全自由开放并广泛用于各种设备的 Linux 操作系统选择Debian原因如下：

- Debian 是自由软件

  Debian 是由自由和开放源代码的软件组成，并将始终保持100%自由。每个人都能自由使用、修改，以及发布。大家可以基于Rockchip构建的Debian系统进行二次开发。

- Debian 是一个基于 Linux稳定且安全的的操作系统。

  Debian 是一个广泛用于各种设备的操作系统，其使用范围包括笔记本计算机，台式机和服务器。自1993年以来，它的稳定性和可靠性就深受用户的喜爱。我们为每个软件包提供合理的默认配置。Debian 开发人员会尽可能在其生命周期内为所有软件包提供安全更新。

- Debian 具有广泛的硬件支持。

  大多数硬件已获得 Linux 内核的支持。当自由软件无法提供足够的支持时，也可使用专用的硬件驱动程序。目前Rockchip RK3588/RK3568/RK3566/RK3399/RK3288等芯片已经适配并支持。

- Debian 提供平滑的更新。

  Debian 以在其发行周期内轻松流畅地进行更新而闻名，不仅如此，还包括轻松升级到下一个大版本。Rockchip目前已从Debian Stretch(9)升级到Debian Buster(10)和 Bullseye(11)版本。

- Debian 是许多其他发行版的种子和基础。

  许多非常受欢迎的 Linux 发行版，例如 Ubuntu、Knoppix、PureOS、SteamOS 以及 Tails，都选择了 Debian 作为它们的软件基础。Debian 提供了所有工具，因此每个人都可以用能满足自己需求的软件包来扩展 Debian 档案库中的软件包。

- Debian 项目是一个社区。

Debian 不只是一个 Linux 操作系统。该软件由来自世界各地的数百名志愿者共同制作。即使您不是一个程序员或系统管理员，也可以成为 Debian 社区的一员。

Rockchip定制版的Debian系统是通过Shell脚本来达到获取构建Linux Debian发行版源码，编译和安装适配Rockchip硬加速包的操作系统。

> 目前该系统主要针对客户前期评估、第三方系统移植参考、和产品有复杂桌面需求等。

5.3 SDK软件框图

SDK软件框图3-1所示， 从下至上分为启动层、内核层、库、应用层四个层次。各层次内容如下：

- 启动层主要提供系统启动，如BootROM、U-Boot、ATF等相关支持。
- 内核层主要提供Linux Kernel的标准实现，Linux也是一个开放的操作系统，Rockchip平台的Linux核心为标准的Linux4.4/4.19/5.10内核，提供安全性，内存管理，进程管理，网络协议栈等基础支持；主要是通过 Linux 内核管理设备硬件资源，如 CPU调度、缓存、内存、I/O等。
- 库层对应一般嵌入式系统，相当于中间件层次。包含了各种系统基础库，及第三方开源程序库支持，对应用层提供API接口，系统定制者和应用开发者可以基于Libraries层的API开发新的应用。
- 应用层主要是实现具体的产品功能及交互逻辑，需要一些系统基础库及第三方程序库支持，开发者可以开发实现自己的应用程序，提供系统各种能力给到最终用户。

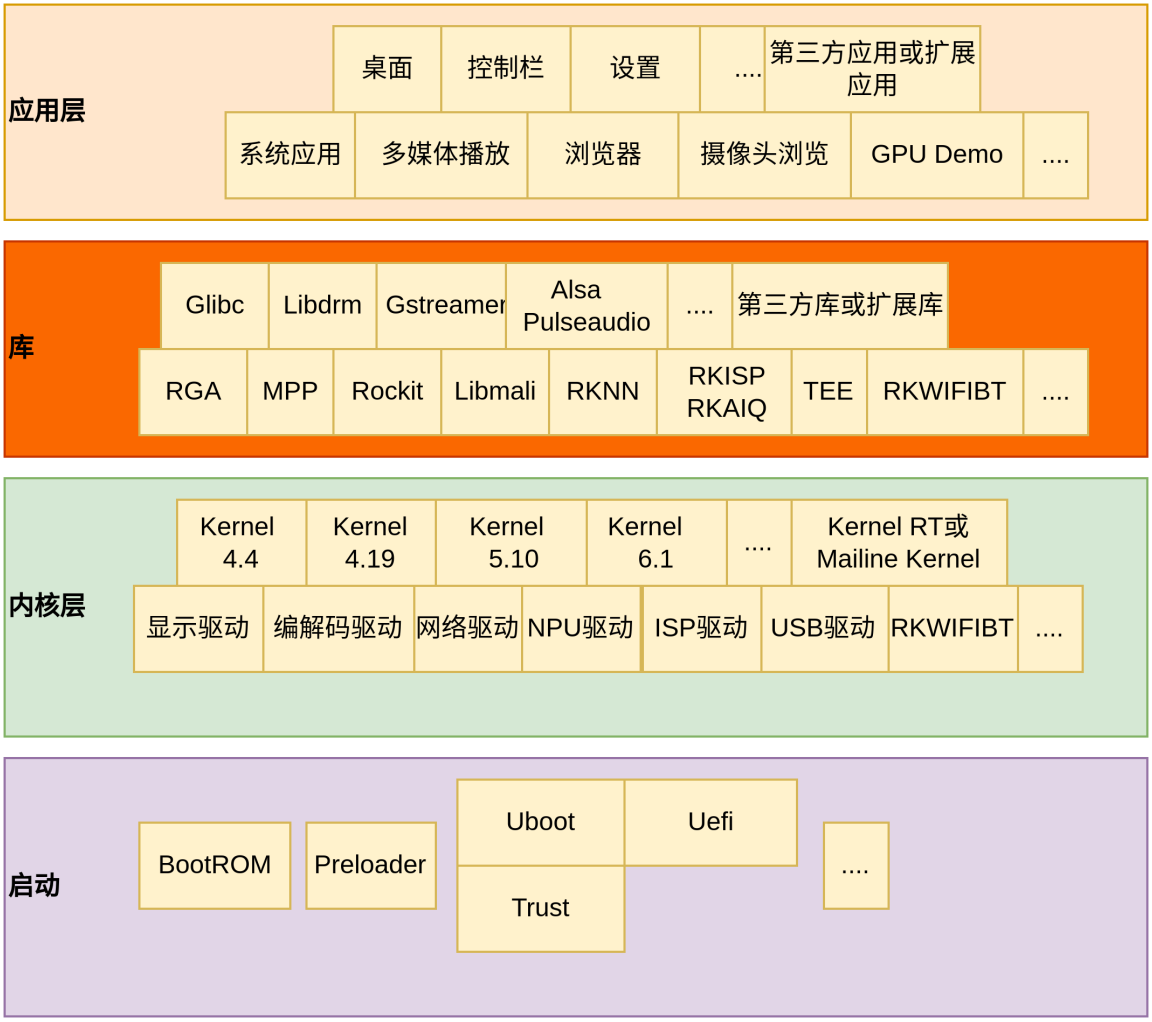
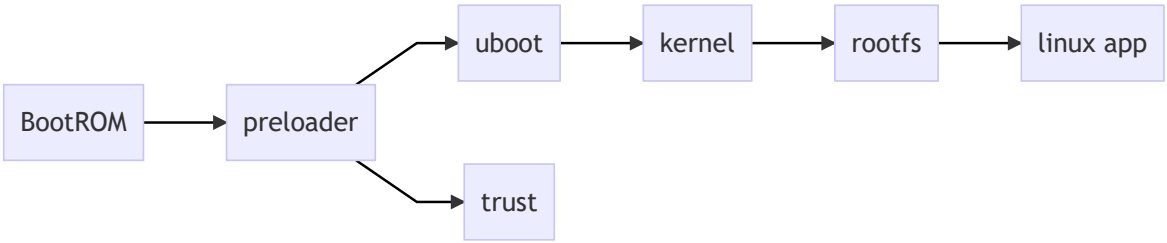


图3-1 SDK软件框图

SDK 系统启动流程是指系统上电到系统启动完成的一个软件流程，下面是 linux 系统启动流程：



> 说明:
> AP 和 MCU 内部都有集成一个 BOOTROM，系统上电时先会运行 BOOTROM 代码，然后 BOOTROM 代码会探测外设存储器并加载 Loader 代码。
> Pre Loader 目前有 3 个： miniloader（非开源）， uboot spl 和 loader。

5.4 SDK开发流程

Rockchip Linux系统是基于Buildroot/Yocto/Debian 系统, 内核基于 kernel 4.4/4.19/5.10开发，针对多种不同产品形态开发的SDK。可以基于本SDK，有效地实现系统定制和应用移植开发。

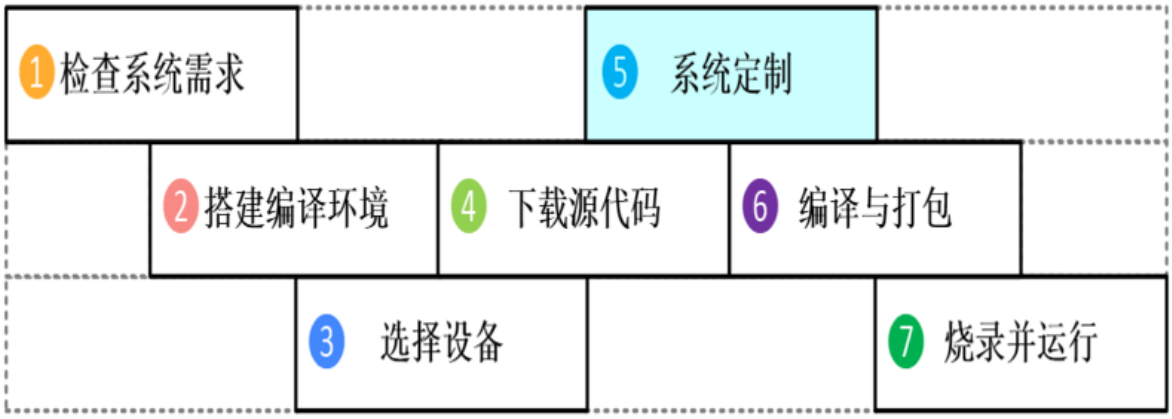


图4-1 SDK开发流程

如图4-1所示，开发者可以遵循上述开发流程，在本地快速构建Rockchip Linux系统的开发环境和编译代码。下面将简单介绍下该流程：

- 检查系统需求：在下载代码和编译前，需确保本地的开发设备能够满足需求，包括机器的硬件能力，软件系统，工具链等。目前SDK支持Linux操作系统环境下编译，并仅提供Linux环境下的工具链支持，其他如MacOS，Windows等系统暂不支持。
- 搭建编译环境：介绍开发机器需要安装的各种软件包和工具，详见SDK 开发环境搭建。
- 选择设备：在开发过程中，需要开发者根据自己的需求，选择对应的硬件板型，详见SDK适配硬件全自动编译汇总。
- 下载源代码：选定设备类型后，需要安装repo工具用于批量下载源代码，详见SDK软件包。
- 系统定制：开发者可以根据使用的硬件板子、产品定义，定制U-Boot、Kernel及Rootfs，详见 SDK开发。
- 编译与打包：介绍具备源代码后，选择产品及初始化相关的编译环境，而后执行编译命令，包括整体或模块编译以及编译清理等工作，进一步内容详见SDK 编译说明。
- 烧录并运行：继生成镜像文件后，将介绍如何烧录镜像并运行在硬件设备，进一步内容详见SDK固件升级。

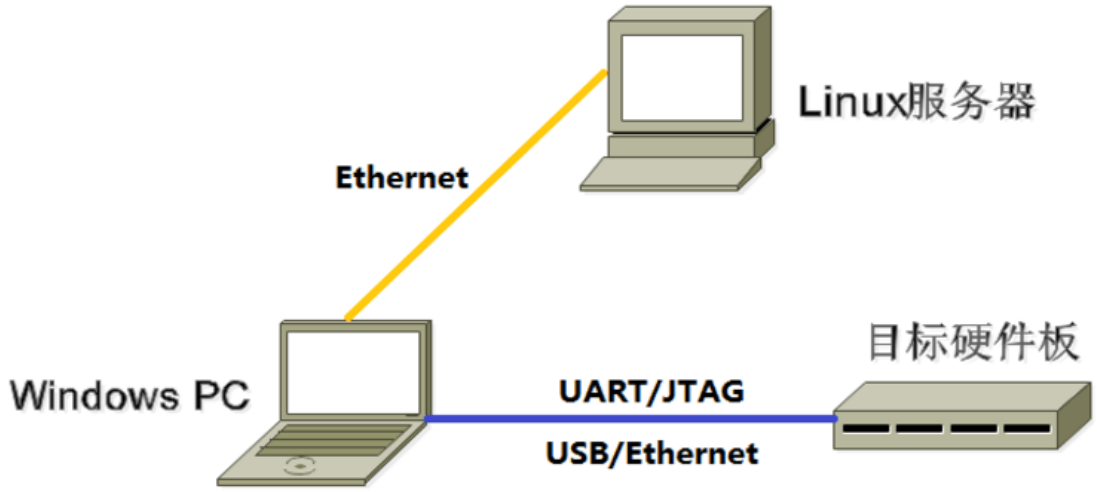
6. Chapter-6 SDK 开发坏境搭建

6.1 概述

本节主要介绍了如何在本地搭建编译环境来编译Rockchip Linux SDK源代码。当前SDK只支持在Linux环境下编译和进行二次开发。

一个典型的嵌入式开发环境通常包括Linux 服务器、PC和目标硬件版，典型开发环境如下图所示。

- Linux 服务器上建立交叉编译环境，为软件开发提供代码、更新下载和进行编译等服务。
- PC 和 Linux 服务器共享程序，并安装Putty或Minicom，通过网络远程登陆到 Linux 服务器，进行交叉编译，及代码的开发调试。
- PC 通过串口和 USB 与目标硬件板连接，可将编译后的镜像文件烧写到目标硬件板，并调试系统或应用程序。



[注]: 开发环境中使用了Windows PC，实际上很多工作也可以在 Linux PC 上完成，如使用Minicom 代替Putty等，用户可自行选择。

6.2 SDK开发前准备工作

Rockchip Linux SDK 的代码和相关文档被划分为了若干 git 仓库分别进行版本管理，开发者可以使用 repo 对这些 git 仓库进行统一的下载、提交、切换分支等操作。

6.2.1 安装和配置git工具

在使用 repo 之前请配置一下自己的 git 信息，否则后面的操作可能会遇到 hook 检查的障碍：

- 更新源并安装git

```
sudo apt update && sudo apt-get install git
```

- 配置用户信息

```
git config --global user.name "your name"
git config --global user.email "your mail"
```

6.2.2 安装和配置repo工具

repo 是 google 用 Python 脚本写的调用 git 的一个脚本，主要是用来下载、管理项目的软件仓库。

下述命令中的安装路径以"~/bin"为例，请用户自行创建所需目录。

```
mkdir ~/bin
cd ~/bin
git clone ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo
chmod a+x ~/bin/repo/repo
export PATH=~/bin/repo:$PATH
```

除以上方式外，也可以使用如下命令获取 repo

- 国外地区，可从Google镜像站点来下载repo工具：

```
mkdir ~/bin
curl https://storage.googleapis.com/git-repo-downloads/repo -o ~/bin/repo
chmod a+x ~/bin/repo
export PATH=~/bin:$PATH
```

- 国内地区， 可从清华源镜像站点来下载repo工具：

```
mkdir ~/bin
curl https://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/git/git-repo -o ~/bin/repo
chmod a+x ~/bin/repo
export PATH=~/bin:$PATH
```

6.2.3 SDK 获取

SDK 通过瑞芯微代码服务器对外发布。客户向瑞芯微技术窗口申请 SDK，需同步提供 SSH 公钥进行服务器认证授权，获得授权后即可同步代码。关于瑞芯微代码服务器 SSH 公钥授权，请参考本文章节SSH 公钥操作说明。

6.2.3.1 SDK 下载命令

Rockchip Linux SDK 可以适配到不同的芯片平台上，比如RK3588、RK3576、RK3562、RK3566、RK3568、RK3308、RK3288、RK3326/PX30、RK3399、RK3399Pro、RK1808等，对于不同芯片平台的源代码会有一定程度的不同。开发者下载源代码的时候声明自己想要的芯片平台，从而不必下载自己不需要的代码。

SDK 使用不同XML来声明自己想要下载的对应芯片平台。

请参考本文章节通过代码服务器下载。

代码将开始自动下载，后面只需耐心等待。源代码文件将位于工作目录中对应的项目名称下。初始同步操作将需要 1 个小时或更长时间才能完成。

6.2.3.2 SDK 代码压缩包

为方便客户快速获取 SDK 源码，瑞芯微技术窗口通常会提供对应版本的 SDK 初始压缩包，开发者可以通过这种方式，获得 SDK 代码的初始压缩包，该压缩包解压得到的源码，与通过 repo 下载的源码是一致的。

请参考本文章节通过本地压缩包解压获取。

6.2.3.3 软件更新记录

软件发布版本升级通过工程 xml 进行查看，比如RK3588芯片具体方法如下：

```
.repo/manifests$ realpath rk3588_linux_release.xml
例如:打印的版本号为v1.3.0，更新时间为20230920
<SDK>/.repo/manifests/rk3588_linux_release_v1.3.0_20230920.xml
```

软件发布版本升级更新内容通过工程文本可以查看，参考工程目录，比如RK3588得查看方法如下：

```
<SDK>/.repo/manifests/rk3588_linux/RK3588_Linux5.10_SDK_Note.md

<SDK>/docs/cn/RK3588/RK3588_Linux5.10_SDK_Note.md
```

6.2.3.4 SDK 更新

后续开发者可根据 FAE 窗口定期发布的更新说明，通过命令同步更新。

```
.repo/repo/repo sync -c
```

6.2.3.5 SDK 问题反馈

Rockchip bug 系统（Redmine）为了更好的帮助客户开发，记录了用户问题处理过程及状态，方便双方同时跟踪，使问题处理更及时更高效。后续 SDK 问题、具体技术问题、技术咨询等都可以提交到此 Bug 系统上，Rockchip 技术服务会及时将问题进行分发、处理和跟踪。更多详细说明，可参考文档 `<SDK>/docs/cn/Others/Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN.pdf` 。

6.3 Linux开发环境搭建

6.3.1 准备开发环境

我们推荐使用 Ubuntu 22.04 或更高版本的系统进行编译。其他的 Linux 版本可能需要对软件包做相应调整。除了系统要求外，还有其他软硬件方面的要求。
硬件要求：64 位系统，硬盘空间大于 40G。如果您进行多个构建，将需要更大的硬盘空间。
软件要求：Ubuntu 22.04 或更高版本系统。

6.3.2 安装库和工具集

使用命令行进行设备开发时，可以通过以下步骤安装编译SDK需要的库和工具。

使用如下apt-get命令安装后续操作所需的库和工具：

```
sudo apt-get update && sudo apt-get install git ssh make gcc libssl-dev \
liblz4-tool expect expect-dev g++ patchelf chrpath gawk texinfo chrpath \
diffstat binfmt-support qemu-user-static live-build bison flex fakeroot \
cmake gcc-multilib g++-multilib unzip device-tree-compiler ncurses-dev \
libgucharmap-2-90-dev bzip2 expat gpgv2 cpp-aarch64-linux-gnu libgmp-dev \
libmpc-dev bc python-is-python3 python2
```

> 说明：
> 安装命令适用于Ubuntu22.04，其他版本请根据安装包名称采用对应的安装命令，若编译遇到报错，可以视报错信息，安装对应的软件包。其中：
>
> - python要求安装python 3.6及以上版本，此处以python 3.6为例。
> - make要求安装 make 4.0及以上版本，此处以 make 4.2为例。
> - lz4要求安装 lz4 1.7.3及以上版本。
> - 编译Yocto需要VPN网络。

6.3.2.1 检查和升级主机的`python`版本

检查和升级主机的`python`版本方法如下：

- 检查主机`python`版本

```
$ python3 --version
Python 3.10.6
```

如果不满足python>=3.6版本的要求， 可通过如下方式升级：

- 升级`python 3.6.15`新版本

```
PYTHON3_VER=3.6.15
echo "wget
https://www.python.org/ftp/python/${PYTHON3_VER}/Python-${PYTHON3_VER}.tgz"
echo "tar xf Python-${PYTHON3_VER}.tgz"
echo "cd Python-${PYTHON3_VER}"
echo "sudo apt-get install libsqlite3-dev"
echo "./configure --enable-optimizations"
echo "sudo make install -j8"
```

6.3.2.2 检查和升级主机的`make`版本

检查和升级主机的`make`版本方法如下：

- 检查主机`make`版本

```
$ make -v
GNU Make 4.2
Built for x86_64-pc-linux-gnu
```

- 升级`make 4.2`新版本

```
$ sudo apt update && sudo apt install -y autoconf autopoint

git clone https://gitee.com/mirrors/make.git
cd make
git checkout 4.2
git am $BUILDROOT_DIR/package/make/*.patch
autoreconf -f -i
./configure
make make -j8
sudo install -m 0755 make /usr/bin/make
```

6.3.2.3 检查和升级主机的`lz4`版本

检查和升级主机的`lz4`版本方法如下：

- 检查主机`lz4`版本

```
$ lz4 -v
*** LZ4 command line interface 64-bits v1.9.3, by Yann Collet ***
```

- 升级`lz4`新版本

```
git clone https://gitee.com/mirrors/LZ4_old1.git
cd LZ4_old1

make
sudo make install
sudo install -m 0755 lz4 /usr/bin/lz4
```

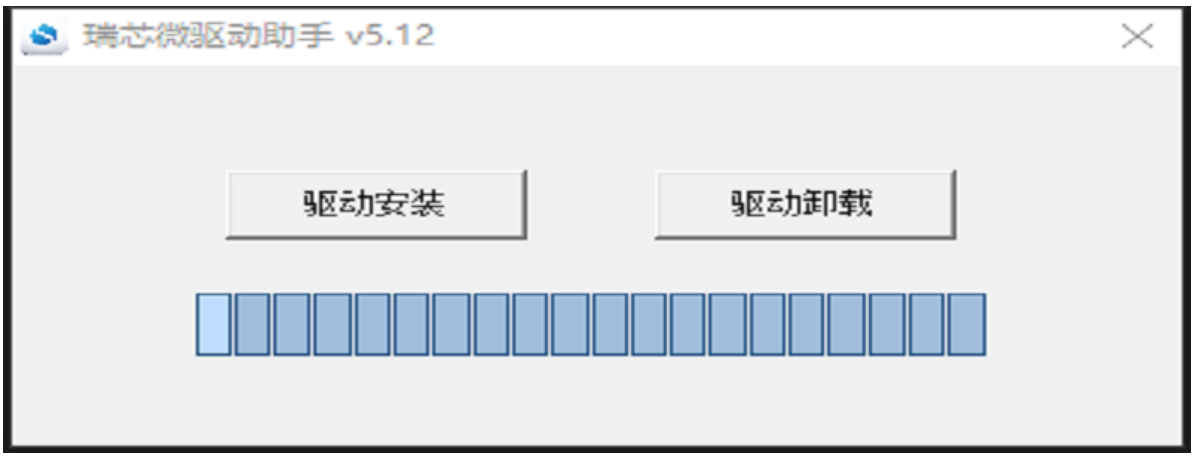
6.4 Window PC 开发坏境搭建

6.4.1 开发工具安装

- 请用户自行安装 Vim，Notepad++等编辑软件。
- 下载 Virtual-Box (提供虚拟开发环境的软件)
- 下载 XShell6 (用来和Linux系统建立交互)

6.4.2 Rockchip USB 驱动安装

开发调试阶段，需要将设备切换至 Loader 模式或是 Maskrom 模式，需要安装 Rockusb 驱动才能正常识别设备。
Rockchip USB 驱动安装助手存放在 tools/windows/DriverAssitant_v5.x.zip。支持 xp，win7_32，win7_64，win10_32，win10_64 等操作系统。
安装步骤如下：



6.4.3 Windows 烧录工具使用

Windows 系统上的的烧录工具发布在 `<SDK>/tools/windows/RKDevTool/RKDevTool_Release`，可用于 Windows 环境下开发调试，固件的烧写。具体的使用说明见 开发烧写工具 。

6.4.4 目标硬件板准备

请参考SDK 软件包适用硬件列表SDK平台编译命令汇总，选择对应硬件板子，进行后续的开发调试。对应的硬件使用说明文档，会介绍硬件接口，使用说明，及烧录操作方法。

6.5 Docker环境搭建

为帮助开发者快速完成上面复杂的开发环境准备工作，我们也提供了交叉编译器Docker镜像，以便客户可以快速验证，从而缩短编译环境的构建时间。

使用Docker环境前，可参考如下文档进行操作 `<SDK>/docs/cn/Linux/Docker/Rockchip_Developer_Guide_Linux_Docker_Deploy_CN.pdf`。

已验证的系统如下：

发行版本	Docker 版本	镜像加载	固件编译
ubuntu 22.04	24.0.5	pass	pass
ubuntu 21.10	20.10.12	pass	pass
ubuntu 21.04	20.10.7	pass	pass
ubuntu 18.04	20.10.7	pass	pass
fedora35	20.10.12	pass	NR (not run)

Docker镜像可从网址 Docker镜像 获取。

6.6 交叉编译工具链介绍

鉴于Rockchip Linux SDK目前只在Linux PC环境下编译，我们也仅提供了Linux下的交叉编译工具链。
prebuilt目录下的工具链是U-Boot和Kernel使用。
具体Rootfs需要用各自对应的工具链，或者使用第三方工具链进行编译。

6.6.1 U-Boot 及Kernel编译工具链

```
Linux4.4/4.19 SDK:
prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-linux-gnu/bin/aarch64-linux-gnu-

Linux5.10/6.1 SDK:
prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-arm-10.3-2021.07-x86_64-aarch64-none-linux-gnu/bin/aarch64-none-linux-gnu-
```

对应版本

```
Linux4.4/4.19 SDK:
gcc version 6.3.1 20170404 (Linaro GCC 6.3-2017.05)

Linux5.10/6.1 SDK:
gcc version 10.3.1 20210621 (GNU Toolchain for the A-profile Architecture 10.3-2021.07 (arm-10.29))
```

6.6.2 Buildroot工具链

6.6.2.1 配置编译环境

若需要编译单个模块或者第三方应用，需交叉编译环境进行配置。比如RK3588其交叉编译工具位于`buildroot/output/rockchip_rk3588/host/usr`目录下，需要将工具的bin/目录和`aarch64-buildroot-linux-gnu/bin/`目录设为环境变量，在顶层目录执行自动配置环境变量的脚本：

```
source buildroot/envsetup.sh rockchip_rk3588
```

输入命令查看：

```
cd buildroot/output/rockchip_rk3588/host/usr/bin
./aarch64-linux-gcc --version
```

此时会打印如下信息：

```
aarch64-linux-gcc.br_real (Buildroot -gc307c95550) 12.3.0
```

6.6.2.2 打包工具链

Buildroot 支持将内置工具链打包为压缩包，以供第三方应用单独编译使用。有关如何打包工具链的详细信息，请参阅 Buildroot 官方文档：

```
buildroot/docs/manual/using-buildroot-toolchain.txt
```

在 SDK 中，可以直接运行以下命令来生成工具链包：

```
./build.sh bmake:sdk
```

生成的工具链包位于 `buildroot/output/*/images/` 目录，名为 `aarch64-buildroot-linux-gnu_sdk-buildroot.tar.gz`，供有需求的用户使用。解压后，`gcc` 的路径将是：

```
./aarch64-buildroot-linux-gnu_sdk-buildroot/bin/aarch64-buildroot-linux-gnu-gcc
```

6.6.3 Debian工具链

使用docker机器端，gcc或者`dpkg-buildpackage`进行相关编译。

6.6.4 Yocto工具链

参考如下:

```
https://wiki.yoctoproject.org/wiki/Building_your_own_recipes_from_first_principles#Adding_new_recipes_to_the_build_system
https://docs.yoctoproject.org/dev/dev-manual/new-recipe.html
```

7. Chapter-7 SDK版本及更新说明

Linux SDK目前对外有Linux4.4、Linux4.19、Linux5.10等不同版本，使用repo来管理SDK并使用tag来管理版本。SDK的各个组件和模块分别存储在不同的Git仓库中，并通过repo工具来协调它们之间的版本和代码同步。每个组件的Git仓库都有自己的分支和提交历史。

7.1 SDK命名规则

7.1.1 SDK tag命名规范

系统 - 系统版本 - 形态 - rkr发布版本

比如Linux5.10 SDK tag为`linux-5.10-gen-rkr1`

其中：

- 系统：linux、android、rtos等
- 系统版本：Linux有4.4、4.19、5.10等
- 形态：比如gen、common、standard、ipc、芯片名称等
- 发布版本：对外有alpha、beta、release的版本，对应是rka1、rkb1、rkr1

7.1.2 SDK发布文档命名规范

Rockchip[1]*RK3399[2]*Linux5.10[3]*SDK[4]*Release[5]*V1.0.0[6]*20220920[7]_CN [8]

> 说明：
> [1]： Rockchip，必需项。 RK 内部输出的文档必须以 Rockchip 开头。
> [2]：芯片名称。芯片开头字母统一大写，但后缀视芯片不同保持与公司芯片型号定义保持一致。如果有两颗芯片，用下划线连接比如（RK3566_RK3568）。
> [3]： Linux、 Android、 FreeRTOS 等，第一个字母大写。
> [4]：可选项，表示目标市场，如果是通用SDK,此项略。
> [5]和[6]：发布类型(Alpha/Beta/Release)和版本号。 版本号的样式定义如下： “Vn.n.n” 。 其中字母“V” 保持大写， n 表示整数。 可以看出版本号由三个数字组成，中间 2 个点。
>
> - Alpha 版本从V0.0.1 开始，即前两位保持数字 0 ，最后一位数字根据测试/发布实际情况数字递增；
> - Beta 版本从V0.1.1 开始， 即保持第一位数字为 0，第二位数字的递增表示添加功能模块或者功能的较大更新，第三位数字的递增表示 Bug 修正；
> - Release 版本从 V1.0.0 开始， 第一位数字表示重大更新， 第二位与第三位数字参考 Beta 版本。
>
> [7]：发布日期。统一用 20220920 这种格式。
> [8]：文档语言版本信息。 CN:中文， EN:英文

7.1.3 SDK压缩包命名规范

芯片平台 - 软件版本 - [目标市场]+ SDK + 版本号 + 发布日期

举例：
RK3399_LINUX5.10_SDK_RELEASE_V1.0.0_20220920

> 说明:
>
> 1. 英文字母全部大写
> 2. 软件平台：LINUX5.10
> 3. 目标市场用中括号，表示可选项，如果是通用SDK，此项略
> 4. SDK压缩包的版本号继续保留3位数，中间两个点

7.2 SDK更新机制

7.2.1 SDK对外更新

如果SDK有更新，大概是每个月20日左右更新，月底发信息简报。更新机制是一个月小更新(比如V1.0.x)，经过QA完整测试(比如 V1.x.0)。

7.2.2 SDK发布补丁

如果发布SDK有遇到重要问题，会以如下补丁的形式推送给客户：

rockchip-patch

7.3 如何搭建服务器同步SDK

如何搭建 Gitolite 服务器，并用于 SDK代码的管理与维护。具体参考如下文档

```
<SDK>/docs/cn/Others/Rockchip_Developer_Guide_Repo_Mirror_Server_Deploy.pdf
```

8. Chapter-8 SDK编译说明

SDK可通过`make`或`./build.sh`加目标参数进行相关功能的配置和编译。
具体参考`device/rockchip/common/README.md`编译说明。

为了确保SDK每次更新都能顺利进行，建议在更新前清理之前的编译产物。这样做可以避免潜在的兼容性问题或编译错误，因为旧的编译产物可能不适用于新版本的SDK。要清理这些编译产物，可以直接运行命令`./build.sh cleanall`。

8.1 SDK编译命令查看

`make help`，例如：

```
$ make help
  menuconfig              - interactive curses-based configurator
  oldconfig               - resolve any unresolved symbols in .config
  syncconfig              - Same as oldconfig, but quietly, additionally update
deps
  olddefconfig            - Same as syncconfig but sets new symbols to their
default value
  savedefconfig           - Save current config to RK_DEFCONFIG (minimal config)
  ...
```

make实际运行是`./build.sh`

即也可运行`./build.sh <target>`来编译相关功能，具体可通过`./build.sh help`查看具体编译命令。

```
$ ./build.sh -h
############### Rockchip Linux SDK ###############

Manifest: rk3562_linux_release_v1.1.0_20231220.xml

Log colors: message notice warning error fatal

Usage: build.sh [OPTIONS]
Available options:
chip[:<chip>[:<config>]]            choose chip
defconfig[:<config>]                choose defconfig
config                              modify SDK defconfig
...
updateimg                           build update image
otapackage                          build A/B OTA update image
all                                 build images
release                             release images and build info
save                                alias of release
all-release                         build and release images
allsave                             alias of all-release
shell                               setup a shell for developing
cleanall                            cleanup
```

```
clean[:module[:module]]...          cleanup modules
post-rootfs <rootfs dir>            trigger post-rootfs hook scripts
help                                usage

Default option is 'all'.
```

8.2 SDK板级配置

`make rockchip_defconfig` 具体板级配置说明如下:

进入工程`<SDK>/device/rockchip/<chipset_name>`目录：

板级配置	说明
rockchip_rk3588_evb1_lp4_v10_defconfig	适用于 RK3588 EVB1 搭配 LPDDR4 开发板
rockchip_rk3588_evb7_lp4_v11_defconfig	适用于 RK3588 EVB7 搭配 LPDDR4 开发板
rockchip_rk3588s_evb1_lp4x_v10_defconfig	适用于 RK3588S EVB1 搭配 LPDDR4 开发板
rockchip_rk3562_evb1_lp4x_v10_defconfig	适用于 RK3562 EVB1 搭配 LPDDR4 开发板
rockchip_rk3562_evb2_ddr4_v10_defconfig	适用于 RK3562 EVB2 搭配 DDR4 开发板
rockchip_defconfig	默认配置, 具体会软链接到默认一个板级配置，可通过`make lunch`或者`./build.sh lunch`进行配置

比如RK3562芯片

```
$ ./build.sh lunch

You're building on Linux
Lunch menu...pick a combo:

1. rockchip_defconfig
2. rockchip_rk3562_evb1_lp4x_v10_defconfig
3. rockchip_rk3562_evb2_ddr4_v10_defconfig
Which would you like? [1]:
```

其他功能的配置可通过`make menuconfig`来配置相关属性。

8.3 SDK定制化配置

SDK可通过`make menuconfig`进行相关配置，目前可配组件主要如下:

```
(rk3562) SoC
    Rootfs  --->
    Loader (u-boot)  --->
    RTOS  --->
    Kernel  --->
    Boot  --->
    Recovery (based on buildroot)  --->
    PCBA test (based on buildroot)  --->
    Security  --->
    Extra partitions  --->
    Firmware  --->
    Update (Rockchip update image)  --->
    Others configurations  --->
```

- Rootfs: 这里的Rootfs代表“根文件系统”，在这里可选择Buildroot、Yocto、Debian等不同的根文件系统配置。
- Loader (u-boot): 这是引导加载器的配置，通常是u-boot，用于初始化硬件并加载主操作系统。
- RTOS: 实时操作系统（RTOS）的配置选项，适用于需要实时性能的应用。
- Kernel: 这里配置内核选项，定制适合自己的硬件和应用需求的Linux内核。
- Boot: 这里配置Boot分区支持格式。
- Recovery (based on buildroot): 这是基于buildroot的recovery环境的配置，用于系统恢复和升级。
- PCBA test (based on buildroot): 这是一个基于buildroot的PCBA（印刷电路板组装）测试环境的配置。
- Security: 安全功能开启， 包含Secureboot开启方式、Optee存储方式、烧写Key等。
- Extra partitions: 用于配置额外的分区。
- Firmware: 在这里配置固件相关选项。
- Update (Rockchip update image): 用于配置Rockchip完整固件的选项。
- Others configurations: 其他额外的配置选项。

通过`make menuconfig`配置界面提供了一个基于文本的用户界面来选择和配置各种选项。
配置完成后，使用`make savedefconfig`命令保存这些配置，这样定制化编译就会根据这些设置来进行。

通过以上config，可选择不同Rootfs/Loader/Kernel等配置，进行各种定制化编译，这样就可以灵活地选择和配置系统组件以满足特定的需求。

8.4 SDK环境变量配置

可通过 `source envsetup.sh` 来设置不同芯片和目标功能的配置。

```
$ source envsetup.sh
Top of tree: /home/wxt/linux-develop/rk3562

You're building on Linux
Pick a board:

1. rockchip_px30_32
2. rockchip_px30_64
3. rockchip_px30_recovery
4. rockchip_rk3036
5. rockchip_rk3036_recovery
6. rockchip_rk3126c
7. rockchip_rk312x
```

```
8. rockchip_rk312x_recovery
9. rockchip_rk3288
10. rockchip_rk3288_recovery
11. rockchip_rk3308_32_release
12. rockchip_rk3308_b_32_release
13. rockchip_rk3308_b_release
14. rockchip_rk3308_bs_32_release
15. rockchip_rk3308_bs_release
16. rockchip_rk3308_h_32_release
17. rockchip_rk3308_recovery
18. rockchip_rk3308_release
19. rockchip_rk3326_64
20. rockchip_rk3326_recovery
21. rockchip_rk3358_32
22. rockchip_rk3358_64
23. rockchip_rk3358_recovery
24. rockchip_rk3399
25. rockchip_rk3399_base
26. rockchip_rk3399_recovery
27. rockchip_rk3399pro
28. rockchip_rk3399pro-multi-cam
29. rockchip_rk3399pro-npu
30. rockchip_rk3399pro-npu-multi-cam
31. rockchip_rk3399pro_combine
32. rockchip_rk3399pro_recovery
33. rockchip_rk3528
34. rockchip_rk3528_recovery
35. rockchip_rk3562
36. rockchip_rk3562_32
37. rockchip_rk3562_recovery
38. rockchip_rk3566
39. rockchip_rk3566_32
40. rockchip_rk3566_recovery
41. rockchip_rk3566_rk3568_base
42. rockchip_rk3566_rk3568_ramboot
43. rockchip_rk3568
44. rockchip_rk3568_32
45. rockchip_rk3568_recovery
46. rockchip_rk3588
47. rockchip_rk3588_base
48. rockchip_rk3588_ramboot
49. rockchip_rk3588_recovery
Which would you like? [1]:
```

比如选择35 `rockchip_rk3562`

然后进行RK3562的Buildroot目录，开始相关模块的编译。

8.5 全自动编译

为了确保软件开发套件（SDK）的每次更新都能顺利进行，建议在更新前清理之前的编译产物。这样做可以避免潜在的兼容性问题或编译错误，因为旧的编译产物可能不适用于新版本的SDK。要清理这些编译产物，可以直接运行命令 ./build.sh cleanall。

进入工程根目录执行以下命令自动完成所有的编译：

```
./build.sh all # 只编译模块代码（u-Boot，kernel，Rootfs，Recovery）
               # 需要再执行`./build.sh ./mkfirmware.sh 进行固件打包

./build.sh     # 编译模块代码（u-Boot，kernel，Rootfs，Recovery）
               # 打包成update.img完整升级包
               # 所有编译信息复制和生成到out目录下
```

默认是 Buildroot，可以通过设置坏境变量 `RK_ROOTFS_SYSTEM` 指定不同 rootfs。`RK_ROOTFS_SYSTEM`目前可设定三种系统：buildroot、debian、 yocto 。

比如需要 debain 可以通过以下命令进行生成：

```
export RK_ROOTFS_SYSTEM=debian
./build.sh
或
RK_ROOTFS_SYSTEM=debian ./build.sh
```

8.6 模块编译

8.6.1 U-Boot编译

进入SDK工程。运行如下命令进行编译：

```
<SDK>#./build.sh uboot
```

具体板级编译参考SDK发布文档中编译说明。

8.6.2 Kernel编译

进入工程目录根目录执行以下命令自动完成 kernel 的编译及打包。

```
<SDK>#./build.sh kernel
```

具体板级编译参考发布说明或者Quick Start中编译说明。

8.6.3 Recovery编译

进入工程根目录执行以下命令自动完成 Recovery 的编译及打包。

```
<SDK>#./build.sh recovery
```

编译后在 Buildroot 目录 `output/rockchip_rk3562_recovery/images 生成 recovery.img。

> 注： recovery.img 是包含内核，所以每次 Kernel 更改，Recovery 是需要重新打包生成。Recovery重新打包的方法如下：

```
<SDK>#source buildroot/envsetup.sh
<SDK>#cd buildroot
<SDK>#make recovery-reconfigure
<SDK>#cd -
<SDK>#./build.sh recovery
```

> 注：Recovery是非必需的功能，有些板级配置不会设置

8.6.4 Buildroot编译

进入工程目录根目录执行以下命令自动完成 Rootfs 的编译及打包：

```
./build.sh rootfs
```

编译后在Buildroot目录`output/rockchip_rk3562/images`下生成不同格式的镜像, 默认使用rootfs.ext4格式。

具体可参考Buildroot开发文档参考：

`<SDK>/docs/cn/Linux/ApplicationNote/Rockchip_Developer_Guide_Buildroot_CN.pdf`

8.6.5 Debian编译

```
./build.sh debian
```

编译后在 debian 目录下生成 linaro-rootfs.img。

> 说明：需要预先安装相关依赖包
> sudo apt-get install binfmt-support qemu-user-static live-build
> sudo dpkg -i ubuntu-build-service/packages/*
> sudo apt-get install -f

具体可参考Debian开发文档参考：

`<SDK>/docs/cn/Linux/ApplicationNote/Rockchip_Developer_Guide_Debian_CN.pdf`

8.6.6 Yocto 编译

进入工程目录根目录执行以下命令自动完成 Rootfs 的编译及打包：

```
./build.sh yocto
```

编译后在 yocto 目录 build/lastest 下生成 rootfs.img。

默认用户名登录是 root。Yocto 更多信息请参考 Rockchip Wiki。

FAQ：

- 上面编译如果遇到如下问题情况：

```
Please use a locale setting which supports UTF-8 (such as LANG=en_US.UTF-8).
Python can't change the filesystem locale after loading so we need a UTF-8
when Python starts or things won't work.
```

解决方法:

```
locale-gen en_US.UTF-8
export LANG=en_US.UTF-8 LANGUAGE=en_US.en LC_ALL=en_US.UTF-8
```

或者参考 setup-locale-python3

8.6.7 交叉编译

8.6.7.1 SDK目录内置交叉编译

SDK prebuilts目录预置交叉编译，如下：

目录	说明
prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-arm-10.3-2021.07-x86_64-aarch64-none-linux-gnu	gcc arm 10.3.1 64位工具链
prebuilts/gcc/linux-x86/arm/gcc-arm-10.3-2021.07-x86_64-arm-none-linux-gnueabihf	gcc arm 10.3.1 32位工具链

可从以下地址下载工具链：

点击这里

8.6.7.2 Buildroot内置交叉编译

可通过 `source buildroot/envsetup.sh` 来设置不同芯片和目标功能的配置

```
$ source buildroot/envsetup.sh
Top of tree: rk3562

You're building on Linux
Lunch menu...pick a combo:

44. rockchip_rk3562
45. rockchip_rk3562_32
46. rockchip_rk3562_dictpen
47. rockchip_rk3562_ramboot
48. rockchip_rk3562_recovery
49. rockchip_rk3562_robot
...

Which would you like? [1]:
```

默认选择44，`rockchip_rk3562` 。然后进入RK3562的Buildroot目录，开始相关模块的编译。

其中`rockchip_rk3562_32`是32位Buildroot系统编译，`rockchip_rk3562_recovery`是用来编译Recovery模块。

比如编译 rockchip-test 模块，常用相关编译命令如下：

进入 buildroot目录

```
SDK#cd buildroot
```

- 删除并重新编译 rockchip-test

```
buildroot#make rockchip-test-recreate
```

- 重编 rockchip-test

```
buildroot#make rockchip-testt-rebuild
```

- 删除 rockchip-test

```
buildroot#make rockchip-test-dirclean
或者
buildroot#rm -rf output/rockchip_rk3562/build/rockchip-test-master/
```

若需要编译单个模块或者第三方应用，需交叉编译环境进行配置。比如RK3562其交叉编译工具位于`buildroot/output/rockchip_rk3562/host/usr`目录下，需要将工具的bin/目录和`aarch64-buildroot-linux-gnu/bin/`目录设为环境变量，在顶层目录执行自动配置环境变量的脚本：

```
source  buildroot/envsetup.sh rockchip_rk3562
```

输入命令查看：

```
cd buildroot/output/rockchip_rk3562/host/usr/bin
./aarch64-linux-gcc --version
```

此时会打印如下信息：

```
aarch64-linux-gcc.br_real (Buildroot) 12.3.0
```

> 保存到rootfs配置文件
> buildroot$ make update-defconfig

9. Chapter-9 SDK固件升级

本章节主要介绍如何将构建完整的镜像文件（image）烧写并运行在硬件设备上的流程。
Rockchip 平台提供的几种镜像烧写工具介绍如下所示，可以选择合适的烧写方式进行烧写。烧写前，需安装最新的 USB 驱动，详见 Rockchip USB 驱动安装。

工具	运行系统	描述
RKDevTool	Windows	瑞芯微开发工具，分立升级固件及整个 update 升级固件工具
FactoryTool	Windows	量产升级工具，支持 USB 一拖多烧录
Linux_Upgrade_Tool	Linux	Linux 下开发的工具，支持固件的升级

9.1 烧写模式介绍

Rockchip 平台硬件运行的几种模式如表所示，只有当设备处于 Maskrom，及 Loader 模式下，才能够烧写固件，或对板上固件进行更新操作。

模式	工具烧录	描述
Maskrom	支持	Flash 在未烧录固件时，芯片会引导进入 Maskrom 模式，可以进行初次固件的烧写； 开发调试过程中若遇到 Loader 无法正常启动的情况，也可进入 Maskrom 模式烧写固件。
Loader	支持	Loader 模式下，可以进行固件的烧写、升级。 可以通过工具单独烧写某一个分区镜像文件，方便调试。
Recovery	不支持	系统引导 recovery 启动，主要作用是升级、恢复出厂设置类操作。
Normal Boot	不支持	系统引导 rootfs 启动，加载 rootfs，大多数的开发都是在这个模式下调试的。

进入烧写模式方式以下几种方法：

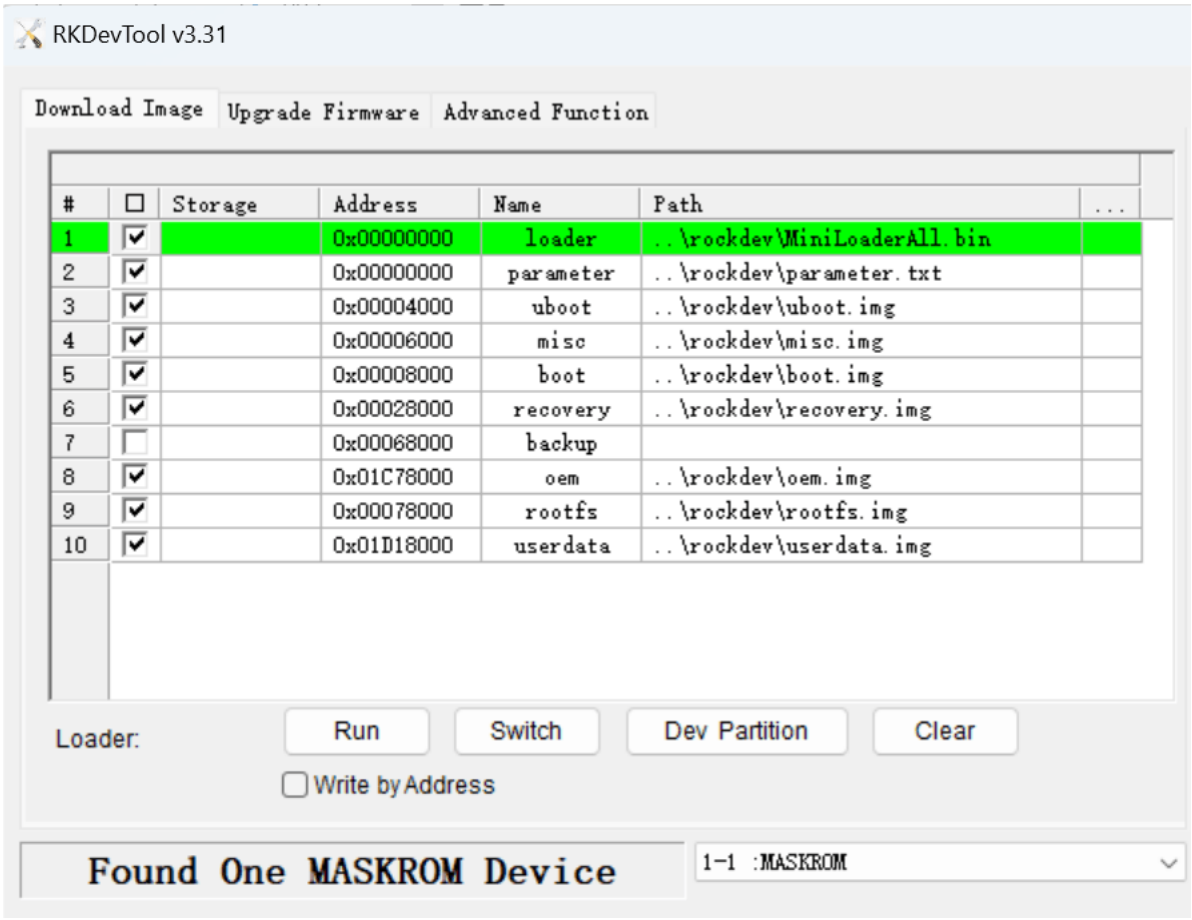
- 未烧录过固件，上电，进入 Maskrom 模式。
- 烧录过固件，按住 recovery 按键上电或复位，系统将进入 Loader 固件烧写模式。
- 烧录过固件，按住 Maskrom 按键上电或复位，系统将进入 MaskRom 固件烧写模式。
- 烧录过固件，上电或复位后开发板正常进入系统后，瑞芯微开发工具上显示“发现一个 ADB设备”或“发现一个 MSC 设备”，然后点击工具上的按钮“切换”，进入 Loader 模式。
- 烧录过固件，可在串口或 ADB 命令行模式下，输入 reboot loader 命令，进入 Loader 模式。

9.1.1 Windows 刷机说明

SDK 提供 Windows 烧写工具(工具版本需要 V3.31或以上)，工具位于工程根目录：

```
tools/
├── windows/RKDevTool
```

如下图，编译生成相应的固件后，设备烧写需要进入 MASKROM 或 BootROM 烧写模式，连接好 USB 下载线后，按住按键“MASKROM”不放并按下复位键“RST”后松手，就能进入MASKROM 模式，加载编译生成固件的相应路径后，点击“执行”进行烧写，也可以按 “recovery" 按键不放并按下复位键 “RST” 后松手进入 loader 模式进行烧写，下面是 MASKROM 模式的分区偏移及烧写文件。(注意： Windows PC 需要在管理员权限运行工具才可执行)



注：烧写前，需安装最新 USB 驱动，驱动详见：

```
<SDK>/tools/windows/DriverAssitant_v5.13.zip
```

9.1.2 Linux 刷机说明

Linux 下的烧写工具位于 tools/linux 目录下(Linux_Upgrade_Tool 工具版本需要 V2.26或以上)，请确认你的板子连接到 MASKROM/loader rockusb。比如编译生成的固件在 rockdev 目录下，升级命令如下：

```
sudo ./upgrade_tool ul rockdev/MiniLoaderAll.bin -noreset
sudo ./upgrade_tool di -p rockdev/parameter.txt
sudo ./upgrade_tool di -u rockdev/uboot.img
sudo ./upgrade_tool di -trust rockdev/trust.img ##新芯片已把trust,合并到uboot分区
sudo ./upgrade_tool di -misc rockdev/misc.img
sudo ./upgrade_tool di -b rockdev/boot.img
sudo ./upgrade_tool di -recovery rockdev/recovery.img
sudo ./upgrade_tool di -oem rockdev/oem.img
sudo ./upgrade_tool di -rootfs rocdev/rootfs.img
sudo ./upgrade_tool di -userdata rockdev/userdata.img
sudo ./upgrade_tool rd
```

或升级打包后的完整固件：

```
sudo ./upgrade_tool uf rockdev/update.img
```

或在根目录，机器在 MASKROM 状态运行如下升级：

```
./rkflash.sh
```

9.1.3 系统分区说明

默认分区说明 (下面是 RK3562 EVB 分区参考）

Number	Start (sector)	End (sector)	Size	Name
1	16384	24575	4M	uboot
2	24576	32767	4M	misc
3	32768	163839	64M	boot
4	163840	294911	32M	recovery
5	294912	360447	32M	bakcup
6	360448	12943359	6144M	rootfs
7	12943360	12943359	128M	oem
8	13205504	61120478	22.8G	userdata

- uboot 分区：供 uboot 编译出来的 uboot.img。
- misc 分区：供 misc.img，给 recovery 使用。
- boot 分区：供 kernel 编译出来的 boot.img。
- recovery 分区：供 recovery 编译出的 recovery.img。
- backup 分区：预留，暂时没有用。
- rootfs 分区：供 buildroot、debian 或 yocto 编出来的 rootfs.img。
- oem 分区：给厂家使用，存放厂家的 APP 或数据。挂载在 /oem 目录。
- userdata 分区：供 APP 临时生成文件或给最终用户使用，挂载在 /userdata 目录下。

10. Chapter-10 SDK开发

SDK开发中的一些核心组件的开发， 比如U-Boot、Kernel、Recovery、Buildroot、Debian、Yocto、Multivideo、Graphics、ROOTFS后处理、Overlays等核心组件开发。

10.1 U-Boot 开发

本节简单介绍 U-Boot 基本概念和编译的注意事项，帮助客户了解 RK 平台 U-Boot 框架，具体 U-Boot 开发细节可参考
`<SDK>/docs/cn/Common/U-Boot/Rockchip-Developer-Guide-UBoot-*.pdf`。

10.1.1 U-Boot 简介

v2017(next-dev) 是 RK 从 U-Boot 官方的 v2017.09 正式版本中切出来进行开发的版本，目前已经支持 RK 所有主流在售芯片。支持的功能主要有：

- 支持 RK Android 固件启动；
- 支持 Android AOSP 固件启动；
- 支持 Linux Distro 固件启动；
- 支持 Rockchip miniloader 和 SPL/TPL 两种 Pre-loader 引导；
- 支持 LVDS、EDP、MIPI、HDMI、CVBS、RGB 等显示设备；
- 支持 eMMC、Nand Flash、SPI Nand flash、SPI NOR flash、SD 卡、 U 盘等存储设备启动；
- 支持 FAT、EXT2、EXT4 文件系统；
- 支持 GPT、RK parameter 分区表；
- 支持开机 LOGO、充电动画、低电管理、电源管理；
- 支持 I2C、PMIC、CHARGE、FUEL GUAGE、USB、GPIO、PWM、GMAC、eMMC、NAND、Interrupt 等；
- 支持 Vendor storage 保存用户的数据和配置；
- 支持 RockUSB 和 Google Fastboot 两种 USB gadget 烧写 eMMC；
- 支持 Mass storage、ethernet、HID 等 USB 设备；
- 支持通过硬件状态动态选择 kernel DTB；

10.1.2 版本

RK 的 U-Boot 一共有两个版本：v2014旧版本和v2017新版本，内部名称分别为rkdevelop和next-dev。用户有两个方式确认当前U-Boot是否为v2017版本。

方式1：确认根目录Makefile的版本号是否为2017。

```
#
### Chapter-1 SPDX-License-Identifier:      GPL-2.0+
#

VERSION = 2017
PATCHLEVEL = 09
SUBLEVEL =
EXTRAVERSION =
NAME =
......
```

方式2：确认开机第一行正式打印是否为 U-Boot 2017.09。

```
U-Boot 2017.09-01818-g11818ff-dirty (Nov 14 2019 - 11:11:47 +0800)
......
```

> 项目开源：v2017已开源且定期更新到Github：https://github.com/rockchip-linux/u-boot
>
> 内核版本：v2017要求RK内核版本 >= 4.4

10.1.3 前期准备

- 下载rkbin

  这是一个工具包仓库，用于存放RK不开源的bin、脚本、打包工具。U-Boot 编译时会从该仓库索引相关文件，打包生成loader、trust、uboot固件。rkbin和U-Boot工程必须保持同级目录关系。

  > 仓库下载：请参考附录章节。

- 下载GCC

  GCC编译器使用gcc-linaro-6.3.1，放置于prebuilts目录之内。prebuilts和U-Boot保持同级目录关系。如下：

  ```
  // 32位：
  prebuilts/gcc/linux-x86/arm/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_arm-linux-
  gnueabihf
  // 64位：
  prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-
  linux-gnu/
  ```

- 选择defconfig

各平台的defconfig支持情况（以SDK发布为准）：

> "[芯片]_defconfig" 或 "[芯片].config" 通常都是全功能版本，其余为特定feature版本。

1. 各平台的defconfig支持情况（以SDK发布为准）：

> "[芯片]_defconfig" 或 "[芯片].config" 通常都是全功能版本，其余为特定feature版本。

芯片	**defconfig**	支持**kernel dtb**	说明
RK3036	rk3036_defconfig	Y	通用版本
RK3128x	rk3128x_defconfig	Y	通用版本
RK3126	rk3126_defconfig	Y	通用版本
RK3288	rk3288_defconfig	Y	通用版本
RK3328	rk3328_defconfig	Y	通用版本
RK3399	rk3399_defconfig	Y	通用版本
RK3399Pro	rk3399pro_defconfig	Y	通用版本
RK3399Pro-npu	rknpu-lion_defconfig	Y	通用版本
RK3308	rk3308_defconfig rk3308-aarch32_defconfig	Y	通用版本 支持aarch32模式
PX30	px30_defconfig	Y	通用版本
RK3326	rk3326_defconfig rk3326-aarch32_defconfig	Y	通用版本 支持aarch32模式
RK3568	rk3568_defconfig rk3568-dfu.config rk3568-nand.config rk3568-spl-spi-nand_defconfig rk3568-aarch32.config rk3568-usbplug.config	Y	通用版本 支持dfu 支持MLC/TLC/ eMMC SPI-nand专用SPL 支持aarch32模式 支持usbplug模式
RK3566	rk3566.config rk3566-eink.config	Y	通用版本 电子书版本
RK3588	rk3588_defconfig rk3588-ramboot.config rk3588-sata.config rk3588-aarch32.config rk3588-ipc.config	Y	通用版本 无存储器件(内存启动) 双存储支持sata启动 支持aarch32模式 ipc sdk上使用
RK3562	rk3562_defconfig	Y	通用版本
RK3576	rk3576_defconfig rk3576-usbplug.config rk3576-car.config rk3576-ab-car.config rk3576-eink.config	Y	通用版本 开源usbplug 车载版本 支持ab系统车载版本 电子书版本

> 注意：如果表格和SDK发布的defconfig不同，请以SDK为准。

10.1.4 启动流程

RK平台的U-Boot 启动流程如下，仅列出一些重要步骤：

```
start.s
    // 汇编环境
    => IRQ/FIQ/lowlevel/vbar/errata/cp15/gic    // ARM架构相关的lowlevel初始化
    => _main
        => stack                                // 准备好C环境需要的栈
        // 【第一阶段】C环境初始化，发起一系列的函数调用
        => board_init_f: init_sequence_f[]
            initf_malloc
            arch_cpu_init                       // 【SoC的lowlevel初始化】
            serial_init                         // 串口初始化
            dram_init                           // 【获取ddr容量信息】
            reserve_mmu                         // 从ddr末尾开始往低地址reserve内存
            reserve_video
            reserve_uboot
            reserve_malloc
            reserve_global_data
            reserve_fdt
            reserve_stacks
            dram_init_banksize
            sysmem_init
            setup_reloc                         // 确定U-Boot自身要reloc的地址
        // 汇编环境
        => relocate_code                        // 汇编实现U-Boot代码的relocation
        // 【第二阶段】C环境初始化，发起一系列的函数调用
        => board_init_r: init_sequence_r[]
            initr_caches                        // 使能MMU和I/Dcache
            initr_malloc
            bidram_initr
            sysmem_initr
            initr_of_live                       // 初始化of_live
            initr_dm                            // 初始化dm框架
            board_init                          // 【平台初始化，最核心部分】
                board_debug_uart_init           // 串口iomux、clk配置
                init_kernel_dtb                 // 【切到kernel dtb】！
                clks_probe                      // 初始化系统频率
                regulators_enable_boot_on       // 初始化系统电源
                io_domain_init                  // io-domain初始化
                set_armclk_rate                 // __weak，ARM提频(平台有需求才实现)
                dvfs_init                       // 宽温芯片的调频调压
                rk_board_init                   // __weak，由各个具体平台进行实现
            console_init_r
            board_late_init                     // 【平台late初始化】
                rockchip_set_ethaddr            // 设置mac地址
                rockchip_set_serialno           // 设置serialno
                setup_boot_mode                 // 解析"reboot xxx"命令、
                                                // 识别按键和loader烧写模式、recovery
                charge_display                  // U-Boot充电
                rockchip_show_logo              // 显示开机logo
                soc_clk_dump                    // 打印clk tree
                rk_board_late_init              // __weak，由各个具体平台进行实现
            run_main_loop                       // 【进入命令行模式，或执行启动命令】
```

10.1.5 快捷键

RK平台提供串口组合键触发一些事件用于调试、烧写（如果无法触发，请多尝试几次；启用secure-boot时无效）。开机时长按：

- ctrl+c：进入 U-Boot 命令行模式；
- ctrl+d：进入 loader 烧写模式；
- ctrl+b：进入 maskrom 烧写模式；
- ctrl+f：进入 fastboot 模式；
- ctrl+m：打印 bidram/system 信息；
- ctrl+i：使能内核 initcall_debug；
- ctrl+p：打印 cmdline 信息；
- ctrl+s："Starting kernel..."之后进入 U-Boot 命令行；

10.2 Kernel 开发

本节旨在为您提供内核常见配置修改的简要介绍，重点是设备树(DTS)的配置，帮助您更快更便捷地进行简单修改。以Linux 5.10内核版本为例子做相应介绍。

10.2.1 DTS 介绍

10.2.1.1 DTS 概述

设备树源文件（Device Tree Source，简称DTS）是一种描述硬件设备的数据结构，用于在Linux内核中定义和配置硬件设备。设备树源文件使用一种类似于文本的格式，通过层次结构和属性描述来表示硬件设备及其之间的关系。

设备树源文件被编译成设备树二进制文件（Device Tree Blob，简称DTB），内核在启动时加载并解析该文件，从中提取硬件设备的信息以进行初始化和配置。

设备树的引入解决了传统的"硬编码"方式在处理不同硬件配置时的不灵活性和可维护性问题。使用设备树，硬件描述和配置信息被抽象出来，使得内核能够适应不同的硬件平台而无需修改内核代码。这样，同一个内核可以在多个不同的硬件设备上运行，只需加载相应的设备树即可。

本文旨在介绍如何新增一个的板子 DTS 配置以及一些常见的语法说明，关于更详细 DTS 的详见：devicetree-specifications和devicetree-bindings。

10.2.1.2 新增一个产品 DTS

- 创建 dts 文件

Linux Kernel 目前支持多平台使用 dts，Rockchip平台的 dts 文件存放于：

```
ARM 32位内核：arch/arm/boot/dts/
ARM 64位内核：arch/arm64/boot/dts/rockchip
```

一般 dts 文件的命名规则为”soc-board-name.dts”，如 rk3399-evb-ind-lpddr4-linux.dts。
soc 指的是芯片型号，board_name 一般是根据板子丝印来命名。
如果你的板子是一体板，则只需要一个 dts 文件来描述即可。

如果硬件设计上是核心板和底板的结构，或者产品有多个产品形态，可以把公用的硬件描述放在 dtsi 文件，而 dts 文件则描述不同的硬件模块，并且通过 include "xxx.dtsi"将公用的硬件描述，包含进来。

```
├──rk3399-evb-ind-lpddr4-linux.dts
│ ├── rk3399-evb-ind.dtsi
│ └── rk3399-linux.dtsi
```

- 修改 dts 所在目录的 Makefile

```
--- a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/Makefile
+++ b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/Makefile
@@ -50,6 +50,7 @@ dtb-$(CONFIG_ARCH_ROCKCHIP) += rk3368-tablet.dtb
 dtb-$(CONFIG_ARCH_ROCKCHIP) += rk3399-evb.dtb
 dtb-$(CONFIG_ARCH_ROCKCHIP) += rk3399-evb-ind-lpddr4-android.dtb
 dtb-$(CONFIG_ARCH_ROCKCHIP) += rk3399-evb-ind-lpddr4-android-avb.dtb
+dtb-$(CONFIG_ARCH_ROCKCHIP) += rk3399-evb-ind-lpddr4-linux.dtb
```

编译 Kenrel 的时候可以直接 make dts-name.img（如 rk3399-evb-ind-lpddr4-linux.img），即可生成对应的 boot.img（包含 dtb 数据）。

- dts 语法的几个说明

dts 语法可以像 c/c++一样，通过#include xxx.dtsi 来包含其他公用的 dts 数据。dts 文件将继承包含的 dtsi 文件的所有设备节点的属性和值。如 property 在多个 dts/dtsi 文件被定义，它的值最终为 dts 的定义。所有和芯片相关的控制器节点都会被定义在 soc.dtsi，如需使能该设备功能，需要在 dts 文件中设置其 status 为"okay"。关闭该设备，需要在 dts 文件中设置其 status 为"disabled"。

```
/dts-v1/;

#include "rk3399-evb-ind.dtsi"
#include "rk3399-linux.dtsi"
...
&i2s2 {
        #sound-dai-cells = <0>;
        status = "okay";
};

&hdmi_sound {
        status = "okay";
};
```

10.2.2 模块开发文档

`<SDK>/docs/cn/Common/`目录下分功能模块发布了对应的开发文档，本节主要对这些开发文档进行一个归纳索引，大家结合实际开发遇到的问题，参照以下表格阅读学习对应的开发指南，可在`docs/cn/Common`下获取，并会不断完善更新，具体详见文档说明。

10.2.3 模块常用命令

10.2.3.1 CPU 相关命令

10.2.3.1.1 CPU 定频操作

- 非大小核平台:

切换 CPU 频率控制策略至 `userspace`:

```shell
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_governor
```

设置 CPU 频率为 216MHz:

```shell
echo 216000 > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_setspeed
```

- 大小核平台:

切换小核 CPU 频率控制策略至 `userspace`:

```shell
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_governor
```

设置小核 CPU 频率为 216MHz:

```shell
echo 216000 > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_setspeed
```

切换大核 CPU 频率控制策略至 `userspace`:

```shell
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_governor
```

设置大核 CPU 频率为 408MHz:

```shell
echo 408000 > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_setspeed
```

10.2.3.1.2 查看当前 CPU 频率

- 非大小核平台:

使用 CPUFreq 用户态接口:

```shell
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_cur_freq
```

使用 Clock Debug 接口:

```shell
cat /sys/kernel/debug/clk/armclk/clk_rate
```

- 大小核平台:

使用 CPUFreq 用户态接口查看小核和大核频率:

```shell
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_cur_freq  # 小核频率
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_cur_freq  # 大核频率
```

使用 Clock Debug 接口查看小核和大核频率:

```shell
cat /sys/kernel/debug/clk/armclkl/clk_rate  # 小核频率
cat /sys/kernel/debug/clk/armclkb/clk_rate  # 大核频率
```

10.2.3.1.3 查看当前 CPU 电压

- 非大小核平台:

  ```
  cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core/voltage  # 注意：vdd_core 可能需要根据实际配置修改
  ```

- 大小核平台:

  ```
  cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core_l/voltage  # 小核电压
  cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core_b/voltage  # 大核电压
  ```

10.2.3.1.4 CPU单独调频调压

- 调整频率和电压时，请遵循以下顺序：

  升频：先调整电压，再提高频率。
  降频：先降低频率，再调整电压。

- **通过 Clock Debug 接口设置 CPU 频率**:

非大小核平台（例如 RK3288）设置为 216MHz:

```shell
echo 216000000 > /sys/kernel/debug/clk/armclk/clk_rate
cat /sys/kernel/debug/clk/armclk/clk_rate
```

大小核平台（例如 RK3399）设置小核为 216MHz，大核为 408MHz:

```shell
echo 216000000 > /sys/kernel/debug/clk/armclkl/clk_rate
cat /sys/kernel/debug/clk/armclkl/clk_rate
echo 408000000 > /sys/kernel/debug/clk/armclkb/clk_rate
cat /sys/kernel/debug/clk/armclkb/clk_rate
```

- 通过 **Regulator Debug** 接口设置 **CPU** 电压:

非大小核平台（例如 RK3288）设置为 950mV:

```shell
echo 950000 > /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core/voltage
cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core/voltage
```

大小核平台（例如 RK3399）设置小核为 950mV，大核为 1000mV:

```shell
echo 950000 > /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core_l/voltage
cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core_l/voltage
echo 1000000 > /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core_b/voltage
cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_core_b/voltage
```

10.2.3.1.5 如何查看频率电压表

```
cat /sys/kernel/debug/opp/opp_summary
```

10.2.3.1.6 如何查看CPU温度

```
cat /sys/class/thermal/thermal_zone0/temp
```

详细可参考文档：
`docs\cn\Common\DVFS\Rockchip_Developer_Guide_CPUFreq_CN`

10.2.3.2 GPU 相关命令

10.2.3.2.1 GPU 定频操作

- 切换 GPU 到用户空间控制模式（路径 `ff400000.gpu` 可能根据平台而异）:

  ```
  echo userspace > /sys/class/devfreq/ff400000.gpu/governor
  ```

- 设置 GPU 频率为 400MHz:

  ```
  echo 400000000 > /sys/class/devfreq/ff400000.gpu/userspace/set_freq
  ```

- 查看当前 GPU 频率:

  ```
  cat /sys/class/devfreq/ff400000.gpu/cur_freq
  ```

10.2.3.2.2 查看当前 GPU 频率

- 方法一：通过 devfreq 用户态接口（路径 `ff400000.gpu` 可能根据平台而异）：

```
cat /sys/class/devfreq/ff400000.gpu/cur_freq
```

- 方法二：通过 clock debug 接口（`aclk_gpu` 可能根据实际配置而异）：

```
cat /sys/kernel/debug/clk/aclk_gpu/clk_rate
```

10.2.3.2.3 查看当前 GPU 电压

- 查看 GPU 电压（`vdd_logic` 可能根据实际 regulator 配置而异）：

```
cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_logic/voltage
```

10.2.3.2.4 GPU单独调频调压

- **重要**：升频时先调整电压，降频时先调整频率。
- 关闭 GPU 自动变频（路径 `ff400000.gpu` 可能根据平台而异）：

```
echo userspace > /sys/class/devfreq/ff400000.gpu/governor
```

- 调整 GPU 频率（`aclk_gpu` 可能根据实际配置而异）：

```
echo 400000000 > /sys/kernel/debug/clk/aclk_gpu/clk_rate
cat /sys/kernel/debug/clk/aclk_gpu/clk_rate
```

- 调整 GPU 电压（`vdd_logic` 可能根据实际 regulator 配置而异）：

```
echo 1000000 > /sys/kernel/debug/regulator/vdd_logic/voltage
cat /sys/kernel/debug/regulator/vdd_logic/voltage
```

10.2.3.2.5 查看 GPU 利用率

- 查看 GPU 利用率（路径 `fb000000.gpu` 可能根据平台而异）：

```
cat /sys/devices/platform/fb000000.gpu/devfreq/fb000000.gpu/load
```

10.2.3.2.6 查看 GPU 温度

- 查看 GPU 温度（`thermal_zone1` 可能需要根据实际硬件配置修改）：

```
cat /sys/class/thermal/thermal_zone1/temp
```

10.2.3.3 DDR 相关命令

10.2.3.3.1 查看 DDR 频率

- 使用以下命令查看 DDR 频率信息：

```
cat /sys/kernel/debug/clk/clk_summary | grep ddr
cat /sys/class/devfreq/dmc/cur_freq
```

10.2.3.3.2 DDR 定频操作

- 将 DDR 频率控制策略切换至 `userspace`：

```
echo userspace > /sys/class/devfreq/dmc/governor
```

- 列出可用的 DDR 频率：

```
cat /sys/class/devfreq/dmc/available_frequencies
```

- 设置 DDR 频率为 1560 MHz：

```
echo 1560000000 > /sys/class/devfreq/dmc/userspace/set_freq
```

10.2.3.3.3 查看 DDR 带宽利用率

- 检查 DDR 带宽的当前利用率：

```
cat /sys/class/devfreq/dmc/load
```

10.2.3.3.4 DDR 带宽统计

- 需要使用 FAE 提供的 DDR 带宽统计工具 `rk-msch-probe`：

```
./rk-msch-probe-for-user-32bit -c rv1126 -f 924
# 其中 -c rv1126 指定芯片型号，-f 924M 指定频率，使用 -h 查看帮助信息
```

10.2.3.3.5 内存调试

- 查看内存信息：

```
cat /proc/meminfo
```

- 查看虚拟内存使用情况：

```
cat /proc/vmallocinfo
```

- 开启 CMA 调试功能，需要在配置中设置：

```
CONFIG_CMA_DEBUGFS=y   # 开启调试文件节点
CONFIG_CMA_DEBUG=y     # 打印 CMA 日志信息
```

- 查看 CMA 相关信息：

```
ls /sys/kernel/debug/cma/cma-reserved
```

- 查看 DMA buffer 信息：

```
cat /sys/kernel/debug/dma_buf/bufinfo
cat /proc/rk_dmabuf/size
```

10.2.3.3.6 内存压力测试

从 Rockchip Redmine 下载 DDR 相关资料：
DDR 相关资料 执行内存压力测试命令：

```
stressapptest -s 43200 -i 4 -C 4 -W --stop_on_errors -M 128
memtester 128m > /data/memtester_log.txt &
```

具体可参考文档

```
docs\cn\Common\DDR\***
docs\cn\Common\MEMORY\***
```

10.2.3.4 NPU 相关命令

10.2.3.4.1 查看 NPU 频率

使用以下命令查看 NPU 频率（注意：设备路径 `fdab0000.npu` 可能因平台而异）：

```
cat /sys/kernel/debug/clk/clk_summary | grep npu
cat /sys/class/devfreq/fdab0000.npu/cur_freq
```

10.2.3.4.2 NPU 定频操作

对 NPU 设备进行频率设置（设备路径 `fdab0000.npu` 可能需要根据平台进行更改）：

```
echo userspace > /sys/class/devfreq/fdab0000.npu/governor
echo 1000000000 > /sys/class/devfreq/fdab0000.npu/userspace/set_freq
cat /sys/class/devfreq/fdab0000.npu/cur_freq
```

10.2.3.4.3 NPU 支持查询设置项

以下命令适用于 RKNPU2 平台且驱动版本需在 0.7.2 以上：

- 查询 NPU 利用率：

```
cat /sys/kernel/debug/rknpu/load
cat /proc/debug/rknpu/load
```

- 查询 NPU 驱动版本：

```
cat /sys/kernel/debug/rknpu/driver_version
cat /proc/debug/rknpu/driver_version
```

- 管理 NPU 电源状态：

```
echo on > /sys/kernel/debug/rknpu/power  # 打开 NPU 电源
echo off > /sys/kernel/debug/rknpu/power # 关闭 NPU 电源
```

- 查询 NPU 工作电压：

```
cat /sys/kernel/debug/rknpu/volt
```

- 动态管理 NPU 电源及延迟关闭时间（单位：ms）：

```
cat /sys/kernel/debug/rknpu/delayms  # 查询电源延迟关闭时间
echo 2000 > /sys/kernel/debug/rknpu/delayms  # 设置电源延迟关闭时间为 2000ms
```

10.2.3.4.4 相关资料

- **RKNPU 开发资料**

工具: rknn-toolkit
Runtime: rknpu, RK3399Pro_npu

- **RKNPU2 开发资料**

工具: rknn-toolkit2
Runtime: rknpu2
rknn_model_zoo: rknn_model_zoo

10.2.3.5 RGA 相关命令

10.2.3.5.1 查询 RGA 频率

```
cat /sys/kernel/debug/clk/clk_summary | grep rga  # 查询 RGA 频率，包括 aclk 频率
```

10.2.3.5.2 修改 RGA 频率

```
echo 400000000 > /sys/kernel/debug/clk/aclk_rga/clk_rate  # 将频率值修改为所需的频率
```

10.2.3.5.3 RGA 驱动版本查询

```
cat /sys/kernel/debug/rkrga/driver_version
cat /proc/rkrga/driver_version
```

10.2.3.5.4 查询 librga 库版本号

- **Linux 系统**

```
strings usr/lib/librga.so | grep rga_api | grep version
```

10.2.3.5.5 开启 librga 日志

- **Linux 系统（librga 1.9.0 版本以上）**

```
export ROCKCHIP_RGA_LOG=1
export ROCKCHIP_RGA_LOG_LEVEL=6
```

10.2.3.5.6 RGA Debug 节点

```
cat /sys/kernel/debug/rkrga/debug
```

10.2.3.5.7 RGA 负载查询

```
cat sys/kernel/debug/rkrga/load
```

10.2.3.5.8 RGA 内存管理器查询

```
cat sys/kernel/debug/rkrga/mm_session
```

10.2.3.5.9 RGA 任务请求查询

```
cat sys/kernel/debug/rkrga/request_manager
```

10.2.3.5.10 RGA 硬件信息查询

```
cat sys/kernel/debug/rkrga/hardware
```

10.2.3.5.11 Dump 运行数据

```
/*通过以下命令 dump 运行数据用于调试*/
echo /data/rga_image > sys/kernel/debug/rkrga/dump_path
echo 1 > sys/kernel/debug/rkrga/dump_image
```

具体可才参考文档

```
  `docs\cn\Common\RGA\***` or https://github.com/airockchip/librga/tree/main/docs
```

10.2.3.6 VPU 相关命令

10.2.3.6.1 查询 VPU 驱动版本

使用以下命令查询 VPU 驱动的版本信息：

```
cat /proc/mpp_service/version
```

10.2.3.6.2 查看 VPU 帧率

通过此命令查看 VPU 的帧率数据：

```
cat /proc/mpp_service/sessions-summary
```

10.2.3.6.3 查看频率

要查看 rkvenc 相关的频率信息，请执行：

```
cat /sys/kernel/debug/clk/clk_summary | grep rkvenc
```

10.2.3.6.4 修改频率

若需修改 VPU 的频率至 600MHz，可使用：

```
echo 600000000 > /proc/mpp_service/rkvenc/clk_core
```

10.2.3.6.5 打开 debug 打印

启用 VPU 的 debug 打印功能：

```
echo 0x100 > /sys/module/rk_vcodec/parameters/mpp_dev_debug
```

有关 VPU文档，请参阅：

```
docs\cn\Common\MPP\Rockchip_Developer_Guide_MPP_CN.pdf
```

10.2.4 Pinctrl

10.2.4.1 GPIO（通用输入输出）

例如RK3399/RK3399Pro芯片提供了5组GPIO(GPIO0~GPIO4),共计122个GPIO引脚。所有GPIO都可用作中断源,其中GPIO0和GPIO1还可以用作系统唤醒引脚。每个GPIO都可通过软件配置为上拉或下拉,默认状态为输入模式。此外,GPIO的驱动能力也可由软件进行配置。
关于原理图上GPIO与设备树(DTS)中GPIO的对应关系,例如GPIO4C0,在DTS中应该表示为"gpio4 16"。因为GPIO4A有8个引脚,GPIO4B也有8个引脚,从0开始计数,C0口对应的就是第16个引脚,C1口对应第17个引脚,以此类推。

10.2.4.1.1 IOMUX（输入输出复用）

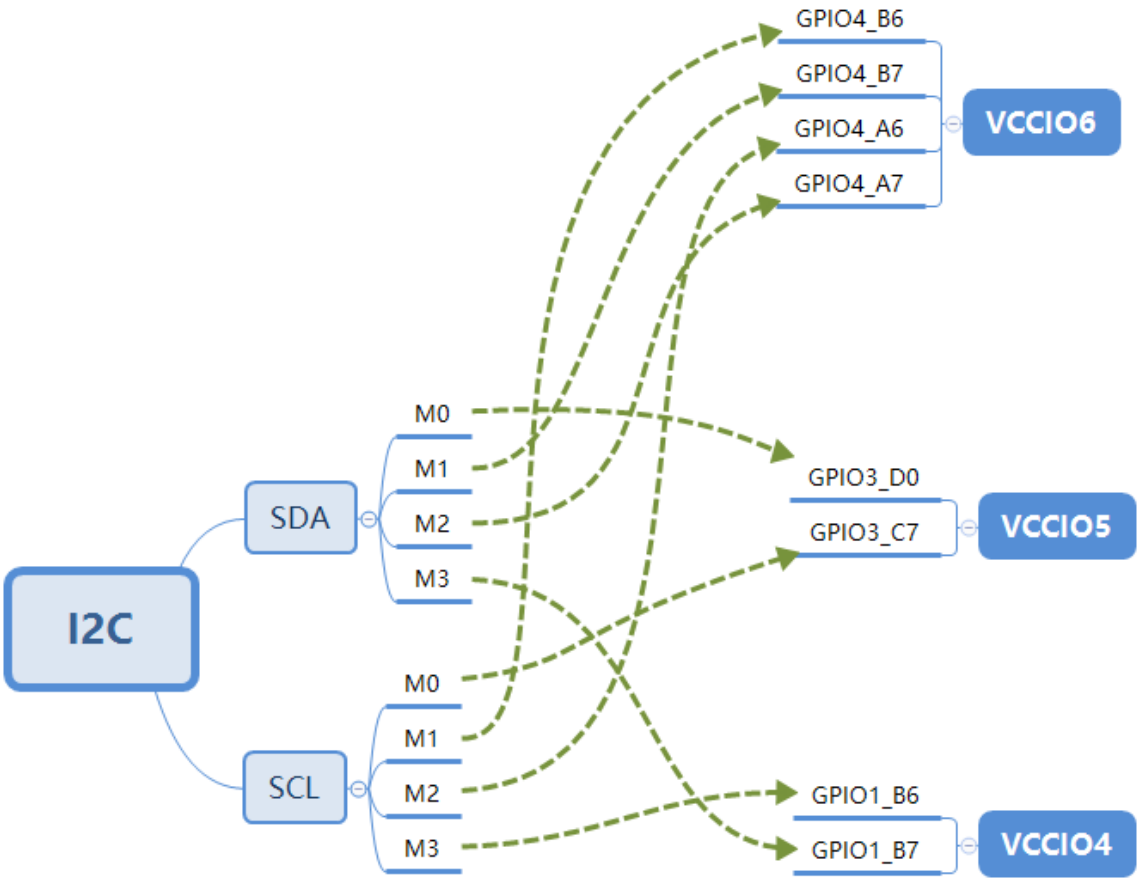
Rockchip Pin可以复用成多种功能，同一个控制器如果存在多种复用引脚，一般叫做m0、m1、m2等等，如I2C控制器有两组复用引脚，分别是2cm0、i2cm1。

引脚复用配置的寄存器是在GRF/PMUGRF（RK3588叫做IOC）。

举例RK3588 BUS_IOC_GPIO1B_IOMUX_SEL_H Address: Operational Base + offset (0x002C)

> gpio1b7_sel
> 4'h0: GPIO
> 4'h2: MIPI_CAMERA2_CLK_M0
> 4'h3: SPDIF1_TX_M0
> 4'h4: PCIE30X2_PERSTN_M3
> 4'h5: HDMI_RX_CEC_M2
> 4'h6: SATA2_ACT_LED_M1
> 4'h9: I2C5_SDA_M3
> 4'ha: UART1_RX_M1
> 4'hb: PWM13_M2

如下是RK3588 I2C5的IOMUX：



多通路复用支持硬件设计更为灵活，当外设工作电压是1.8V或3.3V，可以选择不同电压域VCCIO的引脚。

注意：多通路复用的寄存器配置，对TX类的引脚没有用，对RX类的引脚起作用。

10.2.4.2 PULL（端口上下拉）

Rockchip IO PAD的bias一般支持3种模式

- bias-disable
- bias-pull-up
- bias-pull-down

上下拉配置是作用于IO PAD，配置对GPIO/IOMUX都起作用。

10.2.4.3 DRIVE-STRENGTH（端口驱动强度）

Rockchip IO PAD的驱动强度，根据不同工艺，支持不同强度配置；RK3399之前的芯片，驱动强度配置按mA为单位配置，RK1808之后芯片，一般按照Level为单位，档位的数值即为寄存器配置值。

举例RK3588 TRM中GPIO0_C7的驱动强度等级如下：

> gpio0c7_ds
> GPIO0C7 DS control Driver Strength Selection
> 3'b000: 100ohm
> 3'b100: 66ohm
> 3'b010: 50ohm
> 3'b110: 40ohm

> 3'b001: 33ohm
> 3'b101: 25ohm

软件驱动依然按照Level来处理，即上述寄存器描述对应：

> 3'b000: Level0
> 3'b100: Level4
> 3'b010: Level2
> 3'b110: Level6
> 3'b001: Level1
> 3'b101: Level5

DTS中`drive-strength=<5>;`表示配置为Level5，即寄存器写`3'b101`

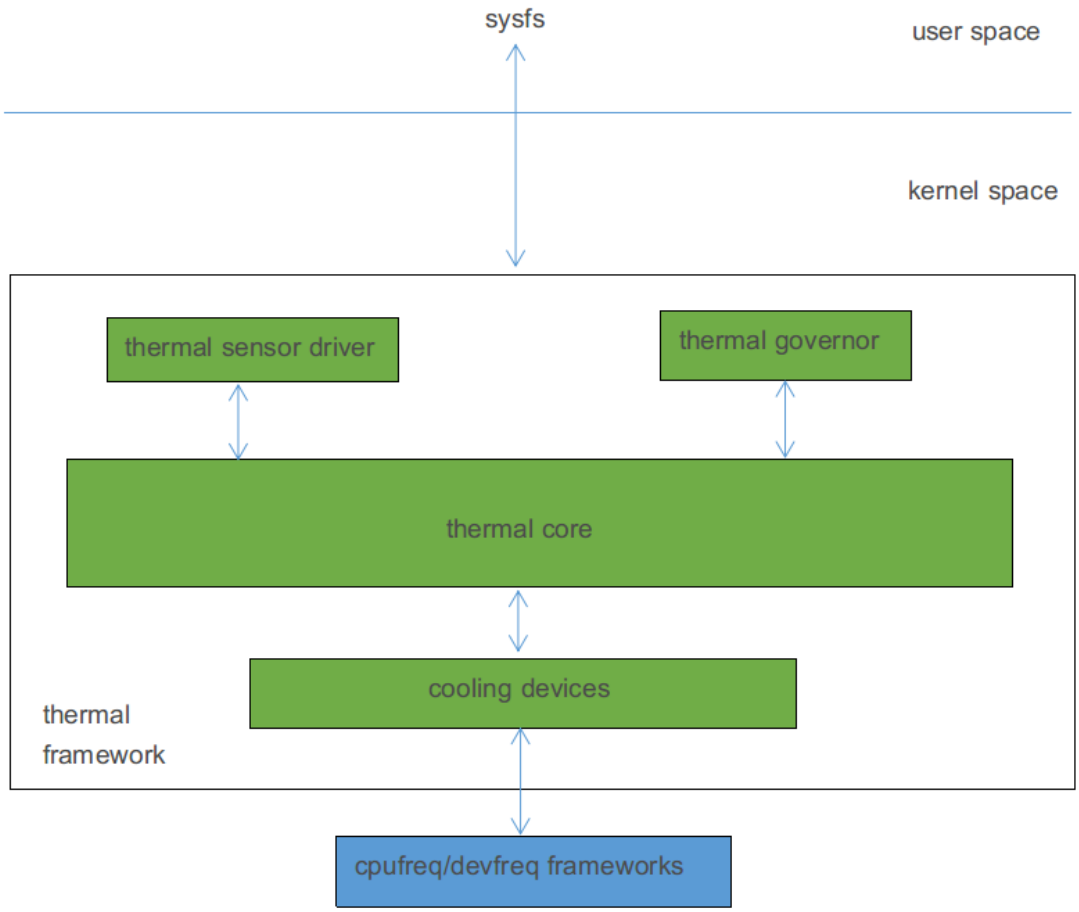
10.2.4.4 SMT（端口斯密特触发器）

Rockchip IO PAD大多数芯片支持SMT功能，默认不使能；使能SMT可以消除边沿抖动，加大VIH VIL的电压区间，增强IO的信号稳定性。一般I2C的SCL/SDA会默认使能SMT功能。

如需了解更多Pinctrl使用细节,请参考`<SDK>/docs/cn/Common/PINCTRL/Rockchip_Developer_Guide_Linux_Pinctrl_CN.pdf`文档。

10.2.5 温控开发

Thermal 是内核开发者定义的一套支持根据指定 governor 控制系统温度，以防止芯片过热的框架模型。Thermal framework 由 governor、core、cooling device、sensor driver 组成，软件架构如下：



Thermal governor：用于决定 cooling device 是否需要降频，降到什么程度。目前 Linux4.4以上版本包含了如下几种 governor：

- power_allocator：引入 PID（比例-积分-微分）控制，根据当前温度，动态给各 cooling device 分配 power，并将 power 转换为频率，从而达到根据温度限制频率的效果。
- step_wise ：根据当前温度，cooling device 逐级降频。
- fair share ：频率档位比较多的 cooling device 优先降频。
- userspace：不限制频率。

Thermal core： 对 thermal governors 和 thermal driver 进行了封装和抽象，并定义了清晰的接口。

Thermal sensor driver：sensor 驱动，用于获取温度，比如 tsadc。

Thermal cooling device：发热源或者可以降温的设备，比如 CPU、GPU、DDR 等。

Rockchip芯片的 ARM 核和 GPU 核分别带有温控传感器，可以实时监控 CPU 和 GPU 的温度，并通过算法来控制 CPU 和 GPU 的频率从而控制 CPU 和 GPU 的温度。每个产品的硬件设计和模具不同对应的散热情况也不同，可以通过 dts 中的如下配置进行适当的调整温控参数来适配产品：

设置温控开启的温度：

```
&threshold {
    temperature = ; /* millicelsius */
};
```

设置温控上限温度：

```
&target {
    temperature = ; /* millicelsius */
};
```

设置软件关机温度：

```
&soc_crit {
    temperature = ; /* millicelsius */
};
```

配置硬件关机温度：

```
&tsadc {
    rockchip,hw-tshut-mode = ; /* tshut mode 0:CRU 1:GPIO */
    rockchip,hw-tshut-polarity = ; /* tshut polarity 0:LOW 1:HIGH */
    rockchip,hw-tshut-temp = ;
    status = "okay";
};
```

温控的具体说明可以参考 `<SDK>/docs/cn/Common/THERMAL` 目录下相关文档。

10.2.6 DDR开发指南

在 DDR 开发过程中，可能会遇到各种问题。以下是一些关键的开发资源和步骤，助您高效解决问题：

- 常见问题解答：了解 DDR 开发中可能遇到的典型问题及其解决方案。
- 问题排查方法：掌握系统化的问题诊断流程，快速定位问题根源。

- 颗粒验证流程：遵循详细的验证步骤，确保 DDR 颗粒的性能和兼容性。
- 布板设计要点：注意布板设计的关键要素，避免潜在的布局问题。
- 眼图分析工具：学习如何使用眼图工具进行信号完整性分析，优化 DDR 性能。
- 带宽统计工具：利用带宽统计工具评估 DDR 的数据传输能力。

更多详细信息和指导，请参考`<SDK>/docs/cn/Common/DDR`路径下的文档。这些文档将为您提供全面的开发说明和实用指南。

10.2.7 SD卡配置

关于SD卡配置具体说明可以参考 `<SDK>/docs/cn/Common/MMC`目录下相关文档。

有些芯片比如 RK3326/RK3399PRO 的 UART的debug 与 sdcard 复用，默认配置是打开debug，如果要使用 sdcard 需要如下配置：

```
&fiq_debugger {
    status = "disabled";
    pinctrl-0 = <&uart2a_xfer>;
};
&sdmmc {
    ...
    sd-uhs-sdr104;
    status = "okay";
};
```

10.3 Recovery 开发

10.3.1 简介

Recovery机制的开发，类似Android的Recovery功能开发。主要作用是擦除用户数据和系统升级。

Linux中Recovery 模式是在设备上多一个Recovery分区，该分区由kernel+resource+ramdisk 组成，主要用于升级操作。u-boot会根据misc分区存放的字段来判断将要引导的系统是Normal 系统还是Recovery 系统。由于系统的独立性,所以Recovery模式能保证升级的完整性,即升级过程被中断，如异常掉电，升级仍然能继续执行。

10.3.2 调试

常用调试手段是开启debug

buildroot/output/rockchip_xxx_recovery/target 目录下创建一个隐藏文件.rkdebug,

```
touch .rkdebug
```

Recovery 模式中升级的 log 在串口中打印出来。另外一种是通过查看 userdata/recovery/Log 文件

更多Recovery开发资料，参考文档
`<SDK>/docs/cn/Linux/Recovery/Rockchip_Developer_Guide_Linux_Recovery_CN.pdf`

10.4 Buildroot 开发

Buildroot是使用交叉编译，为嵌入式系统搭建一个完整的linux系统的工具，操作简单，自动。

基于原生的Buildroot上Rockchip已集成相关芯片的BSP配置、各硬件模块加速功能的配置、和第三方包深度定制开发，方便客户对产品进行深度定制和二次开发。

具体Buildroot开发文档参考

`<SDK>/docs/cn/Linux/System/Rockchip_Developer_Guide_Buildroot_CN.pdf`

10.5 Debian 开发

Rockchip提供了对基于X11显示架构的Debian 10/11的支持，并基于Linaro版本。该支持还包括图形和视频加速功能。相关的软件包包括libmali、xserver和gstreamer rockchip等。这些软件包可以通过在Docker中搭建环境来编译，并将生成的deb包存放在`<SDK>/debian/packages/*`目录下。

关于如何使用Docker搭建编译deb包的详细步骤，请参考文档：

`<SDK>/docs/cn/Linux/Docker/Rockchip_Developer_Guide_Debian_Docker_CN.pdf`

Debian开发文档参考

`<SDK>/docs/cn/Linux/System/Rockchip_Developer_Guide_Debian_CN.pdf`

10.6 Yocto 开发

更多资料参考：http://opensource.rock-chips.com/wiki_Yocto

10.7 音频开发

10.7.1 内核音频驱动开发

内核驱动使用`soc/rockchip/rockchip_multicodecs.c`来替代`soc/generic/simple-card.c`，
毕竟内核驱动的simple card只是为了simple， 并不能满足复杂的一些产品需求。

rockchip_multicodecs驱动区别simple-card只要如下：

- 主要是兼容一个声卡一个或多个codec的支持。
- 耳机等检测有支持adc，目前simple-card 常用的是gpio。
- i2stdm这个控制器有分tx/rx，multicodecs有支持各自独立，simple-card加上会影响第三方。

10.7.2 音频Pulseaudio通路适配

默认音频使用pulseaudio, 正常只要配置`/etc/pulse/default.pa`

比如RK3588中适配ES8388和RK809的两款Codec

```
+set-default-source alsa_input.platform-es8388-
sound.HiFi__hw_rockchipes8388__source
+set-default-sink alsa_output.platform-es8388-sound.HiFi__hw_rockchipes8388__sink
+set-default-source alsa_input.platform-rk809-
sound.HiFi__hw_rockchiprk809__source
+set-default-sink alsa_output.platform-rk809-sound.HiFi__hw_rockchiprk809__sink
```

如果需要添加更多Codec支持，通过以下命令获取相关信息

```
pactl list sinks short
pactl list sources short
```

具体参考 Debian官方Pulseaduio和
`<SDK>/docs/Common/AUDIO/Rockchip_Developer_Guide_PulseAudio_CN.pdf`

10.8 多媒体开发

通过gstreamer/rockit来在rockchip平台上做multimedia的开发

```
vpu_service  -->  mpp --> gstreamer/rockit --> app

vpu_service: 驱动
mpp: rockchip平台的视频编解码中间件,相关说明参考mpp文档
gstreamer/rockit: 对接app的组件
```

目前rockchip linux通用SDK提供的完整solution是基于gstreamer的，使用gstreamer的好处就是可以比较方便的基于pipeline的方式完整播放器， 编码器这些应用。如需基于rockit定制开发可参考rockit的相关发布文档。

具体资料参考：

```
<SDK>/docs/cn/Linux/Multimedia
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_RKADK_CN.pdf
├── Rockchip_User_Guide_Linux_Gstreamer_CN.pdf
└── Rockchip_User_Guide_Linux_Rockit_CN.pdf
```

10.9 Grahpics 开发

Rockchip Linux平台的Graphics，是运用DRM和DMA-BUF的ARM Linux平台。优势是，通用的架构，在基于此架构进行客制化开发较容易，可以利用很多现有组件，现有很多基础开源项目的开发，都开始基于Rockchip平台来作为ARM端的适配平台。但缺点是，很多人不是很理解这些内容，实际应用起来需要一个学习过程。更多资料可以参考Rockchip wiki和下面文档。

```
<SDK>/docs/cn/Linux/Graphics/
├── Rockchip_Developer_Guide_Buildroot_Weston_CN.pdf
├── Rockchip_Developer_Guide_Linux_Graphics_CN.pdf
```

10.10 开机动画开发

通过SDK的mak config，配置RK_ROOTFS_BOOTANIM。
相关设置有：RK_ROOTFS_BOOTANIM_TIMEOUT 动画超时，默认3秒
`device/rockchip/common/overlays/rootfs/bootanim/etc/bootanim.d/gst-video.sh` 示例的动画播放脚本，默认播放/etc/bootanim.d下的视频（没有视频就播放雪花）到第一个屏幕并全屏。

如果有多屏等特殊需求，也可以修改gst-video.sh脚本实现，流程就是开机时候屏蔽weston显示，然后调用这个脚本做动画显示，等待3秒后杀死并恢复weston显示。

```
Symbol: RK_ROOTFS_BOOTANIM [=y]
Type  : bool
Prompt: bootanim (Boot-time animation)
  Location:
    -> Rootfs
      -> rootfs (RK_ROOTFS [=y])
        -> Post rootfs installs
          -> rootfs overlay (RK_ROOTFS_OVERLAY [=y])
```

- FAQ

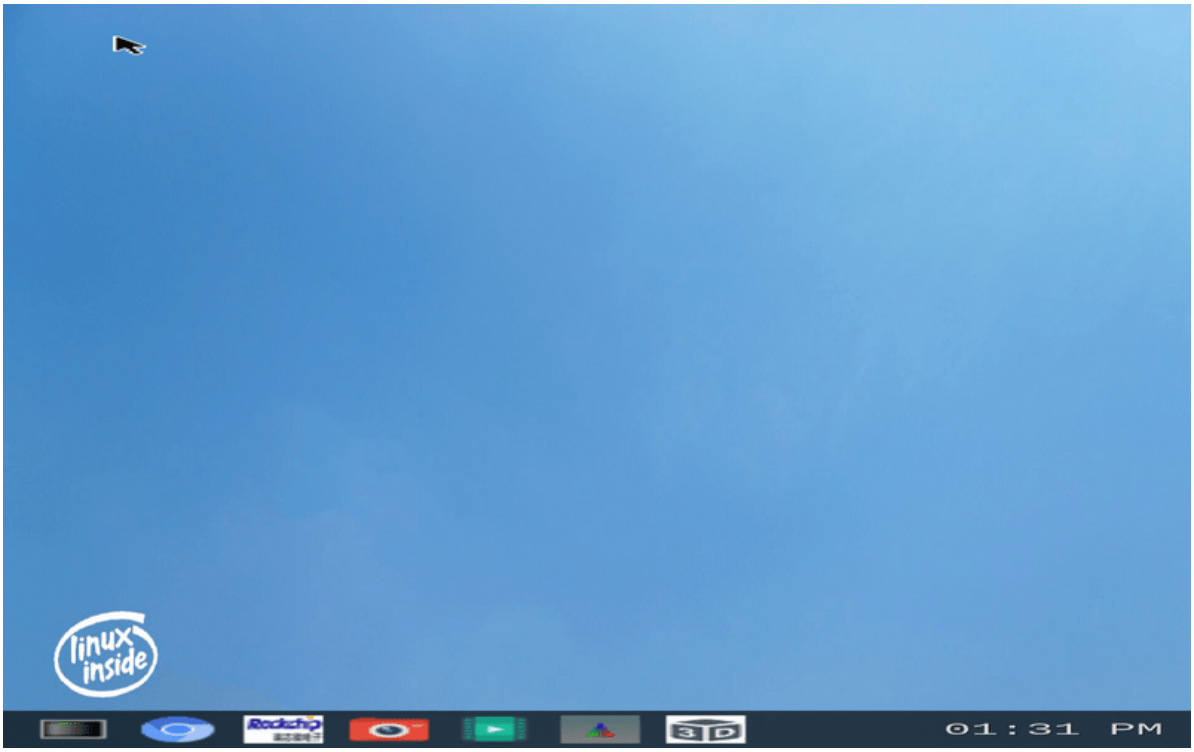
如果在开启开机动画过程出现问题，可以在播放视频脚本中加入：
echo 0xff > /sys/module/drm/parameters/debug
开启显示驱动的调试log（打印上层所有相关调用信息），复现后把/var/log目录打包发出。

开机动画机制的大致逻辑为：
1、bootanim创建标记文件屏蔽weston送显
2、bootanim播放动画
3、weston启动、绘制，但是不送显
4、bootanim退出时候暂停动画，通知weston重绘并送显
5、bootanim结束动画

有些问题可能跟开机logo相关，可以在播放动画的脚本里面最开始添加echo 3 > /sys/class/graphics/fb0/blank，关闭logo显示。

10.11 桌面应用开发

SDK中Debian中默认使用基于X11协议的XFCE、LXDE、GNOME等Xserver桌面应用,Buildroot/Yocto默认使用基于wayland协议的weston drm来作为显示后端。如下图：



这些 Weston 应用提供了一些状态栏和背景等基础功能配置，如Chromium浏览器、Terminal终端、Launchers配置，摄像头预览，多路视频，GPU，鼠标等demo。如需更多Demo可以通过/etc/xdg/weston/weston.ini.d/* 配置添加即可。更多Weston参数配置和使用参考 Weston 开发。

> 注意： 第三方UI框架在未经商业授权的情况下可能涉及侵权风险。如果在Rockchip平台上使用Buildroot QT/Enlightenment/Minigui等UI框架，需要获得第三方授权和技术支持，因为Rockchip官方不提供相关技术支持和维护。

SDK提供三种定制UI选择： Weston+Wayland、LVGL UI、EFL、Flutter等桌面开发

10.11.1 Weston桌面开发

基于Wayland上使用的weston客户端相关应用：

```
/usr/bin/#
├── weston-calibrator
├── weston-clickdot
├── weston-cliptest
├── weston-confine
├── weston-content_protection
├── weston-debug
├── weston-dnd
├── weston-editor
├── weston-eventdemo
├── weston-flower
├── weston-fullscreen
├── weston-image
├── weston-multi-resource
├── weston-presentation-shm
├── weston-resizor
├── weston-scaler
├── weston-screenshooter
├── weston-simple-damage
├── weston-simple-dmabuf-egl
├── weston-simple-dmabuf-v4l
```

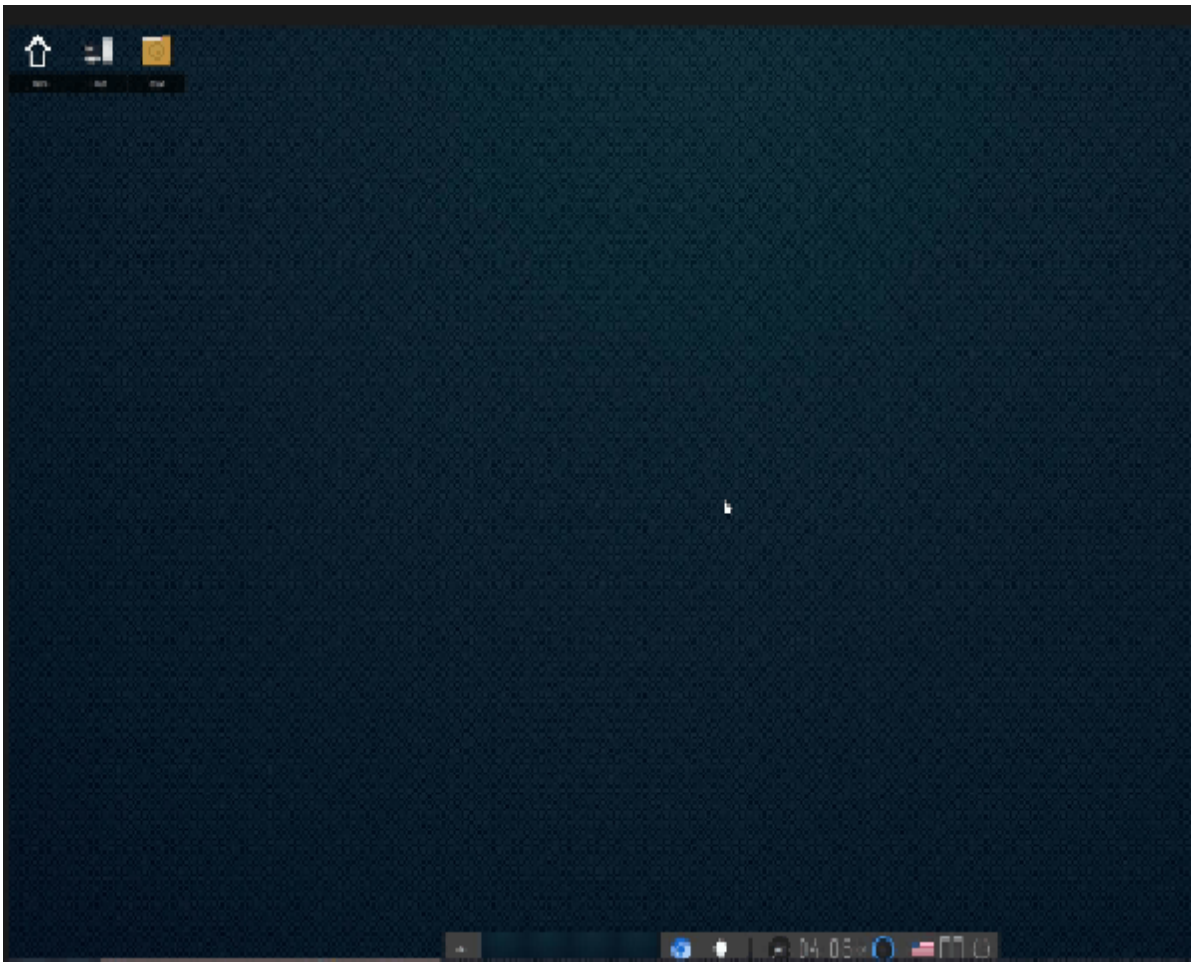
```
├── weston-simple-egl
├── weston-simple-shm
├── weston-simple-touch
├── weston-smoke
├── weston-stacking
├── weston-subsurfaces
├── weston-tablet
├── weston-terminal
├── weston-touch-calibrator
├── weston-transformed
```

10.11.2 Enlightenment桌面开发

相关配置开启即可，比如下：

```
BR2_PACKAGE_EFL=y
BR2_PACKAGE_LUAJIT=y
BR2_PACKAGE_EFL_GSTREAMER1=y
BR2_PACKAGE_ENLIGHTENMENT=y
BR2_PACKAGE_EFL_WAYLAND=y
```

实际运行如下图：



如果PC有提示这个报错：

```
 2024-03-06T15:20:29 ERR<1307441>:emile ../src/lib/emile/emile_image.c:705
_emile_image_jpeg_error_exit_cb() Wrong JPEG library version: library is 80,
caller expects 90

解决方法：
sudo apt remove libjpeg8-dev
看起来跟你PC libjpeg.so* 有冲突，可以试下删除这个库或对应包 libjpeg-turbo8

$ whereis libjpeg.so
找到libjpeg.so，软链接到libjpeg.so.9
/usr/lib/x86_64-linux-gnu$ ln -s libjpeg.so.9 libjpeg.so
```

10.11.3 LVGL桌面开发

相关配置开启即可，比如下：

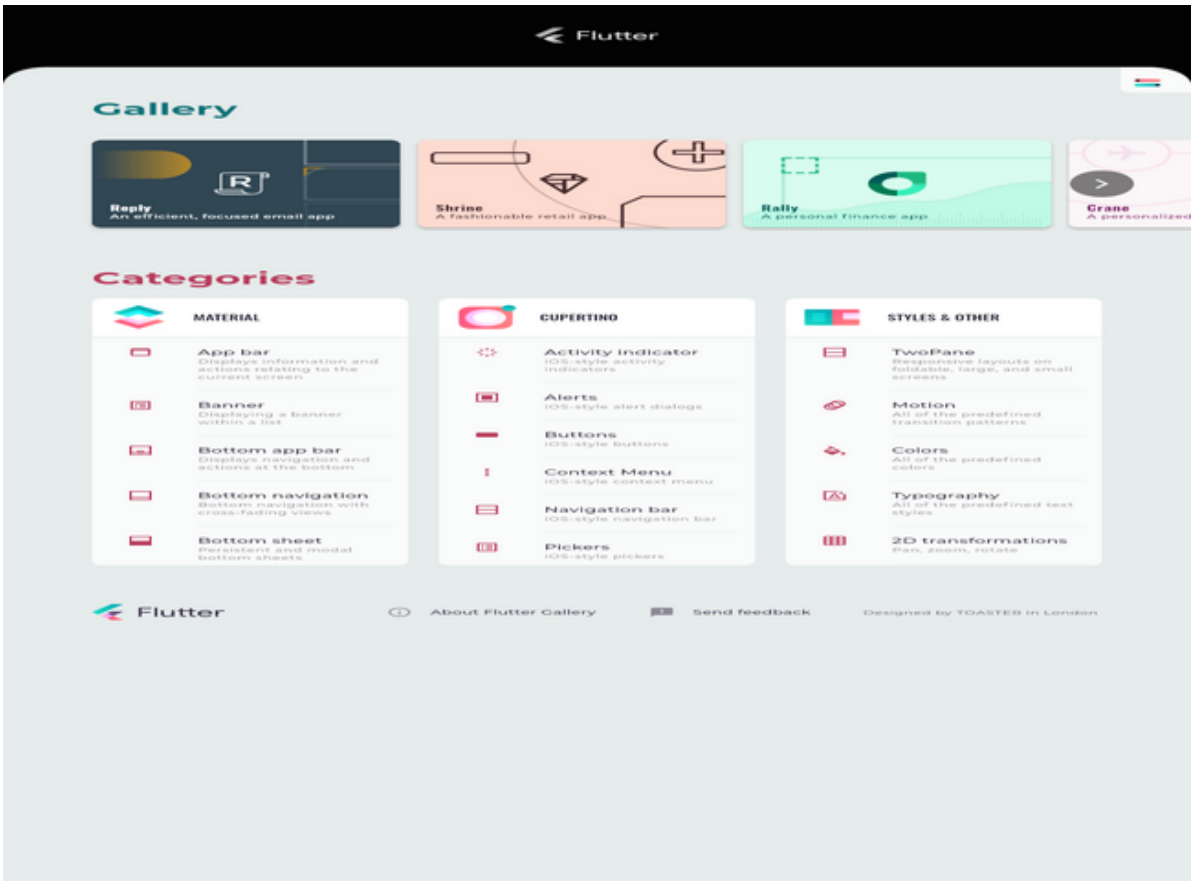
```
BR2_PACKAGE_LVGL=y
BR2_PACKAGE_LVGL_COLOR_DEPTH=32
BR2_PACKAGE_LV_DRIVERS=y
BR2_PACKAGE_LV_DRIVERS_USE_DRM=y
BR2_PACKAGE_LVGL_DEMO=y
BR2_PACKAGE_RK_DEMO=y
BR2_PACKAGE_LVGL_DEMO_USE_DRM=y
BR2_PACKAGE_FREETYPE=y
```

10.11.4 Flutter Linux桌面开发

相关配置开启即可，比如下：

```
BR2_PACKAGE_FLUTTER_EMBEDDED_LINUX=y
BR2_PACKAGE_FLUTTER_GALLERY=y
```

```
## Chapter-10 flutter-client -f -b /usr/share/flutter/gallery/release/
arm_release_ver: g13p0-01eac0, rk_so_ver: 10
[11:38:01.054] seeing the first app
```

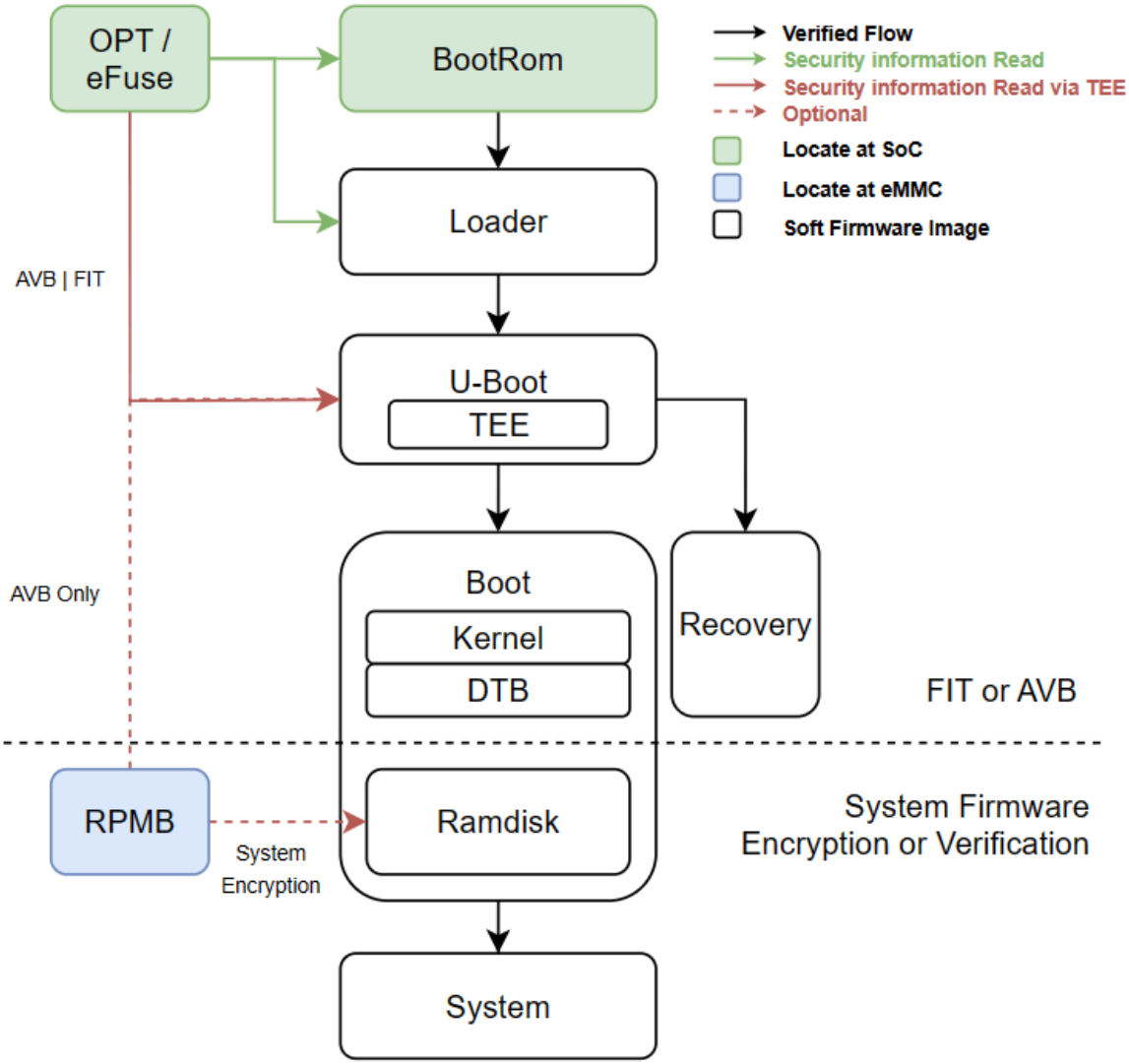


10.12 安全机制开发

安全机制包含安全启动、Rockchip防抄板等功能，具体参考`<SDK>/docs/cn/Linux/Security`目录下文档

10.12.1 Secureboot安全启动

安全启动是一种用于保护系统免受恶意软件和未授权修改的机制，它确保只有在制造商或开发者签名的软件才能在启动时运行。以下是安全启动流程的一般步骤



默认Secureboot安全启动没有开启，若需验证， 操作步骤如下：

- SDK开启安全配置

```
$make menuconfig
开启  Security  --->  [*] security feature
   --- Security feature (secureboot, encryption, verity, etc.)
        security check method (base|system-encryption|system-verity) (system-
encryption)  --->
```

默认有base|system-encryption|system-verity三种安全机制，base是基础版本没有加密，system-encryption是加密功能、system-verity是校验功能。

- SDK保存安全配置

```
$ make savedefconfig

比如RK3576为例：

--- a/.chips/rk3576/rockchip_rk3576_evb1_v10_defconfig
+++ b/.chips/rk3576/rockchip_rk3576_evb1_v10_defconfig
@@ -1,4 +1,5 @@
 RK_ROOTFS_PREBUILT_TOOLS=y
-RK_UBOOT_SPL=y
 RK_KERNEL_DTS_NAME="rk3576-evb1-v10-linux"
+RK_SECURITY=y
+RK_SECURITY_CHECK_SYSTEM_ENCRYPTION=y
```

10.12.2 编译Secureboot

- 直接`./build.sh`按编译报错说明，逐步操作

$ ./build.sh

```
============================================
system-encryption
ERROR: No root passwd(u-boot/keys/root_passwd) found in u-boot
       echo your root key for sudo to u-boot/keys/root_passwd
       some operations need supper user permission when create encrypt image

把PC root的密码写入到 `u-boot/keys/root_passwd`

比如PC密码是test0000:
echo -n "test0000" > u-boot/keys/root_passwd
```

$ ./build.sh

```
============================================
system-encryption
ERROR: No enc key(u-boot/keys/system_enc_key) found in u-boot
       Create it by ./build.sh security-createkeys or move your key to it

$ ./build.sh security-createkeys
```

$ ./build.sh

```
Security: No found config CONFIG_BLK_DEV_DM in
kernel/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig
make sure your config include this list
--------------------------------------

CONFIG_BLK_DEV_DM
CONFIG_DM_CRYPT
CONFIG_DM_VERITY
CONFIG_TEE
CONFIG_OPTEE
```

内核添加相关配置

```
kernel$ git diff
diff --git a/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig
b/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig
index d8757f713ec4..7beca18172e0 100644
--- a/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig
+++ b/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig
@@ -590,3 +590,9 @@ CONFIG_RCU_CPU_STALL_TIMEOUT=60
 CONFIG_FUNCTION_TRACER=y
 CONFIG_BLK_DEV_IO_TRACE=y
 CONFIG_LKDTM=y
+CONFIG_BLK_DEV_DM=y
+CONFIG_DM_CRYPT=y
+CONFIG_DM_VERITY=y
+CONFIG_TEE=y
+CONFIG_OPTEE=y
```

$ ./build.sh

```
Security: No found config CONFIG_FIT_SIGNATURE in /home/wxt/linux-
develop/rockchip-linux/u-boot/.config
make sure your config include this list
----------------------------------------
CONFIG_FIT_SIGNATURE
CONFIG_SPL_FIT_SIGNATURE

u-boot添加相关配置:

u-boot$ git diff
diff --git a/configs/rk3576_defconfig b/configs/rk3576_defconfig
index e9b5dbf1210..35925f8d5df 100644
--- a/configs/rk3576_defconfig
+++ b/configs/rk3576_defconfig
@@ -23,6 +23,8 @@ CONFIG_DEBUG_UART=y
 CONFIG_FIT=y
 CONFIG_FIT_IMAGE_POST_PROCESS=y
 CONFIG_FIT_HW_CRYPTO=y
+CONFIG_FIT_SIGNATURE=y
+CONFIG_SPL_FIT_SIGNATURE=y
 CONFIG_SPL_LOAD_FIT=y
 CONFIG_SPL_FIT_IMAGE_POST_PROCESS=y
 CONFIG_SPL_FIT_HW_CRYPTO=y
```

$ ./build.sh

```
CONFIG_DM_VERITY is enabled in kernel!
Please set "GROW_ALIGN: 1" in rockchip-linux/device/rockchip/.chip/parameter.txt:

device/rockchip$ git diff
diff --git a/.chips/rk3576/parameter.txt b/.chips/rk3576/parameter.txt
index a2c21a9d..dec0979d 100644
--- a/.chips/rk3576/parameter.txt
+++ b/.chips/rk3576/parameter.txt
@@ -8,7 +8,7 @@ MACHINE: 0xffffffff
 CHECK_MASK: 0x80
```

```
 PWR_HLD: 0,0,A,0,1
 TYPE: GPT
-GROW_ALIGN: 0
+GROW_ALIGN: 1
```

$ ./build.sh

```
No found optee node in dts
Please add:
        optee: optee {
                compatible = "linaro,optee-tz";
                method = "smc";
                status = "okay";
        };
To kernel dts

--- a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3576-linux.dtsi
+++ b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3576-linux.dtsi
@@ -22,6 +22,13 @@ fiq_debugger: fiq-debugger {
                status = "okay";
        };

+       firmware {
+                optee: optee {
+                        compatible = "linaro,optee-tz";
+                        method = "smc";
+                };
+        };
+
```

$ ./build.sh

```
Security: No found BR2_ROOTFS_OVERLAY+="board/rockchip/common/security-system-
overlay/" in system config

buildroot添加相关配置:

buildroot$ git diff
diff --git a/configs/rockchip_rk3576_defconfig
b/configs/rockchip_rk3576_defconfig
index 5b47b07c43..9dd11af1cc 100644
--- a/configs/rockchip_rk3576_defconfig
+++ b/configs/rockchip_rk3576_defconfig
@@ -23,3 +23,4 @@
 #include "npu2.config"
 #include "powermanager.config"
 #include "weston.config"
+BR2_ROOTFS_OVERLAY="board/rockchip/common/security-system-overlay"


Security: No found config BR2_PACKAGE_RECOVERY in rockchip-
linux/buildroot/output/rockchip_rk3576_ramboot/.config

buildroot添加相关配置:
```

```
diff --git a/configs/rockchip_rk3576_ramboot_defconfig
b/configs/rockchip_rk3576_ramboot_defconfig
index 46a27b3a9e..9b344004fe 100644
--- a/configs/rockchip_rk3576_ramboot_defconfig
+++ b/configs/rockchip_rk3576_ramboot_defconfig
@@ -1,6 +1,9 @@
 #include "chips/rk3576_aarch64.config"
 #include "base/kernel.config"
+#include "tee_aarch64_v2.config"
 BR2_TARGET_ROOTFS_CPIO=y
 BR2_TARGET_ROOTFS_CPIO_GZIP=y
 BR2_PACKAGE_LUKSMETA=y
+BR2_PACKAGE_RECOVERY=y
+BR2_PACKAGE_RECOVERY_UPDATEENGINEBIN=y
```

$ ./build.sh

运行 ./build.sh 命令后,在 rockdev 目录下生成的 update.img 固件可用于系统更新。只需正常启动系统,并且 vroot 分区正常挂载,就已经启用了 secureboot 功能。可以通过执行 df -h 命令查看 vroot 分区的挂载情况:

```
root@rk3576-buildroot:/# df -h
Filesystem         Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/vroot  924M  799M   62M  93% /
```

- FAQ

1、环境安装

```
若编译报错 No module named Crypto.Signature ，这是开发电脑没有安装python的算法库导致
的，执行如下命令即可：
pip uninstall Crypto
pip uninstall pycrypto
pip install pycrypto

若出现如下错误： ModuleNotFoundError: No module named 'Cryptodome'
开发主机上请安装python包： pip3 install [--user] pycryptodomex
```

2、验证的时候，要找一个没烧过rpmb的机器。如果机器里面有加密key，先用机器里面的加密key，如果机器加密key和我们编译加密key不同，就会启动失败。

3、加密key是放rpmb区域，可重复擦写。如果碰到key不一样，导致系统加载不起来的，可以将 `buildroot/board/rockchip/common/security-ramdisk-overlay/init.in` 中的 FORCE_KEY_WRITE=true打开，强制更新key。

具体可参考
Linux Secureboot软件开发指南：
`<SDK>/docs/cn/Linux/Security/Rockchip_Developer_Guide_Linux_Secure_Boot_CN.pdf`
U-Boot Secureboot软件开发指南：

`<SDK>/docs/cn/Common/SECURITY/Rockchip_Developer_Guide_Secure_Boot_for_UBoot_Next_Dev_CN.pdf`
TEE 开发指南：
`<SDK>/docs/cn/Common/SECURITY/Rockchip_Developer_Guide_TEE_SDK_CN.pdf`

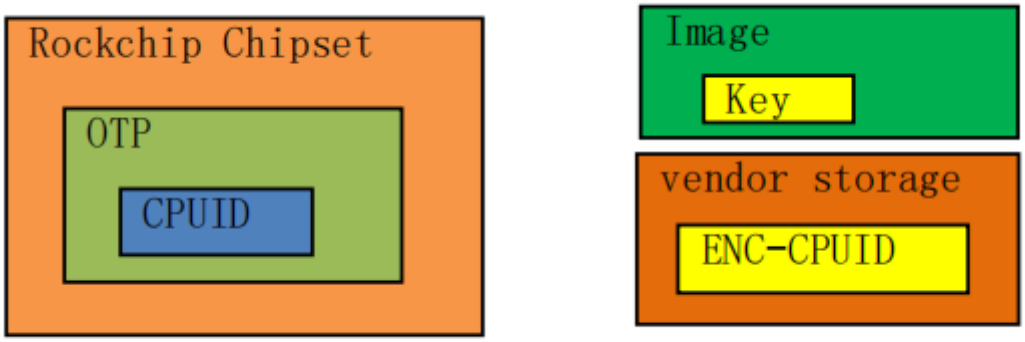
10.12.3 Rockchip 防抄板功能

Rockchip 芯片提供防抄板技术，保护客户的固件、私有数据、核心代码。
防抄板技术主要用于防止客户的固件和私有数据被非授权用户非法拷贝并使用，避免被抄板造成商业上的损失。

目前提供防抄板技术的三种方案：

- 初级方案

Rockchip 芯片在生产时会烧写 CPUID 到 OTP，每颗芯片都拥有唯一的 CPUID，客户可以读取 CPUID，使用对称密钥 Key 加密得到 ENC-CPUID，客户可以将 ENC-CPUID 存储到 vendor storage 分区，系统启动后从 vendor storage 分区读取 ENC-CPUID 并解密得到 DEC-CPUID，比较 DEC-CPUID 和 CPUID 是否匹配，如果匹配失败则认为非法，重新启动设备，从而达到防抄板目的。

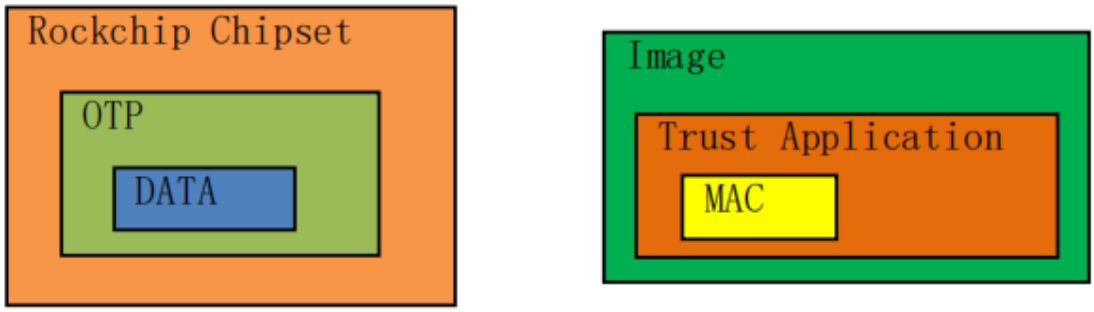


本方案安全性取决于对密钥 Key 的保护，客户应该避免明文密钥直接固化在代码中，建议混淆密钥后再固化到代码中，防止非法用户反汇编获取到明文密钥。

另外，ENC-CPUID 存储于 vendor storage 分区，擦除 flash 会清空 vendor storage 分区导致 ENC-CPUID 丢失，所以擦除 flash 后需要重新烧写 ENC-CPUID。

- 中级方案

Rockchip 芯片在 OTP 中有预留空间供客户存储防抄板私有数据，客户生成自定义私有数据 DATA 和 MAC，客户自定义特定函数func，其中 DATA 和 MAC 满足特定函数转换关系，比如 MAC = func(DATA)，客户可以在 OTP 区域写入防抄板私有数据 DATA，将 MAC 固化在可信应用 TA(Trust Application) 代码中。系统启动后调用可信应用 TA 从 OTP 中读取到防抄板私有数据 DATA，可信应用 TA 判断 DATA 和 MAC 间是否存在给定的函数转换关系，如果匹配失败则认为非法，重新启动设备，从而达到防抄板目的。



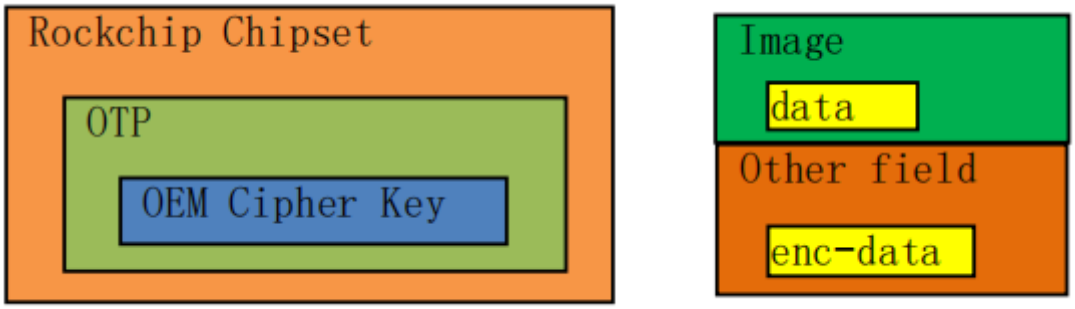
本方案安全性取决于对防抄板私有数据 DATA 的保护，内核端无法读取该数据，只有可信应用 TA(Trust Application) 可以读取到该数据，客户应该参考《Rockchip_Developer_Guide_TEE_SDK_CN.md》文档中“TA签名” 章节，使用自己的密钥对可信应用 TA(Trust Application) 进行签名，避免非法 TA 运行而造成防抄板私有数据 DATA 泄露。

- 高级方案

Rockchip 芯片在 OTP 中有预留空间供客户存储自定义的私有密钥，使用方法请参考 `docs/cn/Common/SECURITY/Rockchip_Developer_Guide_OTP_CN.pdf` 中 "OEM Cipher Key" 章节，

防抄板技术依赖于芯片 OTP 内存储的用户私有密钥 OEM Cipher Key，此密钥在工厂阶段生产时写入，为保证密钥不泄露，系统只提供烧写接口没有读取接口，部分平台还支持 Hardware Read 功能用于锁定密钥，锁定密钥后该密钥无法被CPU读取，安全性更高。

客户可以自行定制明文数据 data，使用私有密钥 OEM Cipher Key 并采用 AES 算法加密 data，得到密文数据 enc-data 并存放到 flash 上指定位置，也可以固化在代码中，在应用程序代码中设置明文数据 data。系统启动后，先使用私有密钥 OEM Cipher Key 解密密文数据 enc-data 得到解密数据 dec-data，将解密数据 dec-data 和应用程序代码中明文数据 data 进行对比。如果明文数据 data 或者密文数据 enc-data被篡改，或者 flash 固件被非法拷贝到其他非授权芯片平台，则会出现解密数据 dec-data 和明文数据 data 不匹配，匹配失败则认为非法，重新启动设备，从而达到防抄板目的。



本方案优点：用户私有密钥 OEM Cipher Key被锁定后不可被 CPU 读取，具有更高的保密性、完整性和不可篡改等安全特性。

客户可自由选择使用其中一种方案。

更多细节请查阅防抄板文档 `docs/cn/Common/SECURITY/Rockchip_Developer_Guide_Anti_Copy_Board_CN.pdf`。

防抄板工具BoardProofTool位于 `tools/windows/BoardProofTool_v1.0_20231201.zip`

10.13 WIFI/BT开发

参考 `<SDK>/docs/cn/Linux/Wifibt` 目录下文档

10.14 ROOTFS后处理开发

Post rootfs选项主要用于对根文件系统进行后处理,包括性能调整、功能支持、调试辅助等多个方面,以满足不同的开发和部署需求。可以通过 SDK menuconfig 进行功能配置。以下是在 SDK 目录下使用 menuconfig 的示例:
$ make menuconfig

```
[*] Rootfs (Buildroot|Debian|Yocto)  --->
  Post rootfs installs  --->
             [*] create /etc/ld.so.cache
                    hostname (auto)  --->
                    locale (auto)  --->
             [*] strip kernel modules
```

```
            [*] async-commit DRM driver hack
            [*] debug information dir (/info/)
            [*] Rockchip udev rules
            [*] Wi-Fi/BT (Kernel modules, firmwares and scripts)  --->
                    disk helpers (Boot-time mounting and resizing) (auto)  --->
            [ ] format extra partitions when needed
            [ ] bypass boot time fsck
            [*] log guardian (Truncate logs when disk is full)  --->
```

Rockchip Post rootfs 开发选项提供了多种功能,用于对根文件系统进行定制和优化,主要包括:

1、系统配置

- 创建动态链接库缓存,加速程序加载
- 设置主机名和本地化环境
- 去除内核模块中的调试符号,减小模块大小

2、驱动支持

应用 DRM 驱动的临时修复
添加 Rockchip 设备的 udev 规则,实现设备识别和配置
安装 WiFi 和蓝牙相关的内核模块、固件和脚本

3、文件系统管理

- 创建调试信息目录,存放相关文件
- 磁盘助手,用于启动时挂载和调整文件系统大小
- 可选择在启动时格式化额外分区
- 可选择绕过启动时的文件系统完整性检查

4、日志管理

- 日志监控功能,在磁盘空间不足时截断日志文件

通过这些选项,您可以根据实际需求,对 Rockchip 设备上的根文件系统进行个性化配置和优化,提高系统性能、功能支持和调试能力。这些选项为开发人员提供了灵活的定制空间,有助于满足不同场景下的特殊需求。

10.15 Overlays开发

Rockchip Overlays 提供了丰富的功能选择,包括 USB 设备支持、字体、输入事件处理、开机动画、中断平衡、文件系统优化、虚拟终端、预构建工具和自定义 overlay 等。您可以通过 SDK menuconfig 进行功能配置。
以下是在 SDK 目录下使用 menuconfig 的示例:
$ make menuconfig

```
[*] Rootfs (Buildroot|Debian|Yocto)  --->
  [*]   Overlays  --->
        [*]   USB gadget  --->
                extra fonts (auto)  --->
                input-event-daemon (power-key handling) (auto)  --->
                [ ]   bootanim (Boot-time animation)
                [*]   irqbalance (Balance hardware IRQs)
                [*]   fstrim (Discard unused blocks on all filesystems)  --->
                [ ]   frecon virtual terminal (VT)
                [*]   prebuilt tools
                ()    extra overlay dirs
```

例如,如果需要启用 USB 设备支持中的 MTP 功能,可以进行如下配置:

```
[*] Rootfs (Buildroot|Debian|Yocto)  --->
  [*]   Overlays  --->
        [*]   USB gadget  --->
              [*]   Media Transfer Protocal (MTP)  --->
                      (devicon.ico) device icon (NEW)
                      (umtprd.conf) umtprd config file
```

配置完成后,保存配置并进行编译:
make savedefconfig && ./build.sh

通过这种方式,您可以根据需求启用或禁用不同的 Overlays 功能,并进行相应的配置,从而满足特定的开发需求。

10.16 SDK启动方式

目前Linux SDK中提供启动方式有三种， Sysv、Busybox、Systemd init三种启动方式。

其中Yocto系统默认使用Sysv init方式管理开机启动，用update-rc.d.bbclass来管理服务的开机启动配置。

Buildroot系统默认使用Busybox init方式管理开机启动，Busybox init 会在启动后读取 /etc/ 目录下的 inittab 文件。

Debian系统默认使用Systemd方式管理开机启动。Systemd init 会在启动后读取 `/etc/systemd/system/` 目录下的相关服务。

SDK针对不同启动服务有一些不同的处理。 比如下:

```
<SDK>/device/rockchip/common/scripts/post-disk.sh

if [ "$POST_INIT_BUSYBOX" ]; then
        mkdir -p "$TARGET_DIR/etc/init.d"
        install -m 0755 external/rkscript/$SCRIPT "$TARGET_DIR/etc/init.d/"
fi

if [ "$POST_INIT_SYSTEMD" ]; then
        mkdir -p "$TARGET_DIR/lib/systemd/system"
        install -m 0755 external/rkscript/$DISK_HELPER_TYPE-all.service \
                "$TARGET_DIR/lib/systemd/system/"
        mkdir -p "$TARGET_DIR/etc/systemd/system/sysinit.target.wants"
        ln -sf /lib/systemd/system/$DISK_HELPER_TYPE-all.service \
                "$TARGET_DIR/etc/systemd/system/sysinit.target.wants/"
```

```
fi

if [ "$POST_INIT_SYSV" ]; then
        mkdir -p "$TARGET_DIR/etc/init.d"
        install -m 0755 external/rkscript/$SCRIPT \
                "$TARGET_DIR/etc/init.d/${DISK_HELPER_TYPE}all.sh"
        mkdir -p "$TARGET_DIR/etc/rcS.d"
        ln -sf ../init.d/${DISK_HELPER_TYPE}all.sh \
                "$TARGET_DIR/etc/rcS.d/$SCRIPT"
fi
```

10.17 SDK 测试

10.17.1 集成Rockchip压力测试脚本

`rockchip_test`集成功能、压力、和性能相关测试

```
       ROCKCHIPS TEST TOOLS

ddr test:              1 (ddr stress test)
cpu test:              2 (cpu stress test)
gpu test:              3 (gpu stress test)
npu test:              4 (npu stress test)
suspend_resume test:   5 (suspend resume)
reboot test:           6 (auto reboot test)
power lost test:       7 (power lost test)
flash stress test:     8 (flash stress test)
recovery test:         9 (recovery wipe all test)
audio test:           10 (audio test)
camera test:          11 (camera test)
video test:           12 (video test)
bluetooth test:       13 (bluetooth on off test)
wifi test:            14 (wifi on off test)
chromium test:        15 (chromium with video test)
**************************************************

please input your test moudle:
```

10.17.2 Benchmark 测试

以下是一些常用基准测试的参考数据，你可以在以下测试文档中找到更多信息：

```
<SDK>/docs/cn/Linux/Profile/Rockchip_Introduction_Linux_Benchmark_KPI_CN.pdf
```

10.17.3 Rockchip 模块和压力测试

下面提供了一些常见模块功能和压力测试的方法，你可以在以下文档中找到更详细的信息：

```
<SDK>/docs/cn/Linux/Profile/Rockchip_User_Guide_Linux_Software_Test_CN.pdf
```

11. Chapter-11 SDK系统调试工具介绍

SDK预置静态编译的一些常用调试工具，具体如下：

```
device/rockchip/common/tools/
├── adbd
├── busybox
├── gdb
├── io
├── kmsgrab
├── modetest
├── perf-4.19
├── perf-4.4
├── perf-5.10
├── pmap
├── procrank
├── ps
├── slabtop
├── strace
├── top
├── update
├── vendor_storage
├── vmstat
└── watch
```

只要在SDK目录中`make menuconfig`，选中相关配置。

```
  | Symbol: RK_ROOTFS_PREBUILT_TOOLS [=y]                                 |
  | Type  : bool                                                          |
  | Prompt: prebuilt tools                                                |
  |   Location:                                                           |
  |     -> Rootfs                                                         |
  |       -> Post rootfs installs                                         |
  |   Defined at Config.in.post-rootfs:263
```

保存配置，比如RK3588 EVB1具体修改如下：

```
device/rockchip/rk3588/rockchip_rk3588_evb1_lp4_v10_defconfig
@@ -1,4 +1,7 @@
 RK_YOCTO_CFG="rockchip-rk3588-evb"
 RK_WIFIBT_TTY="ttyS8"
+RK_ROOTFS_PREBUILT_TOOLS=y
```

11.1 ADB工具

可在Buildroot中打开以下宏进行编译获取：

```
BR2_PACKAGE_ANDROID_TOOLS=y
BR2_PACKAGE_ANDROID_TOOLS_STATIC=y
```

ADB工具使用具体可参考ADB官方指导文档。

11.1.1 概述

- 运行设备的 shell（命令行）
- 管理模拟器或设备的端口映射
- 计算机和设备之间上传/下载文件
- 将本地软件安装至Debian、Buildroot等Linux设备
- ADB 是一个“客户端－服务器端”程序，其中客户端主要是指PC，服务器端是Debian 设备的实体机器或者虚拟机。根据PC连接Debian设备的方式不同，ADB 可以分为两类：
  网络 ADB：主机通过有线/无线网络（同一局域网）连接到STB设备
  USB ADB：主机通过 USB 线连接到STB设备

11.1.2 USB adb使用说明

USB adb 使用有以下限制：

- 只支持 USB OTG 口
- 不支持多个客户端同时使用
- 只支持主机连接一个设备，不支持连接多个设备
  连接步骤如下：
  测试是否连接成功，运行”adb devices”命令，如果显示机器的序列号，表示连接成功。

11.2 Busybox工具

可在Buildroot中打开以下宏进行编译获取：

```
BR2_PACKAGE_BUSYBOX=y
BR2_PACKAGE_BUSYBOX_STATIC=y
```

Busybox类似Linux一个工具箱，它集成压缩了 Linux 的许多工具和命令。

```
## Chapter-11 ./busybox
BusyBox v1.36.0 (2023-05-20 11:25:39 CST) multi-call binary.
BusyBox is copyrighted by many authors between 1998-2015.
Licensed under GPLv2. See source distribution for detailed
copyright notices.

Usage: busybox [function [arguments]...]
   or: busybox --list[-full]
   or: busybox --show SCRIPT
```

```
   or: busybox --install [-s] [DIR]
   or: function [arguments]...

        BusyBox is a multi-call binary that combines many common Unix
        utilities into a single executable.  Most people will create a
        link to busybox for each function they wish to use and BusyBox
        will act like whatever it was invoked as.

Currently defined functions:
        [, [[, addgroup, adduser, ar, arch, arp, arping, ascii, ash, awk,
        base32, base64, basename, bc, blkid, bunzip2, bzcat, cat, chattr,
        chgrp, chmod, chown, chroot, chrt, chvt, cksum, clear, cmp, cp, cpio,
        crc32, crond, crontab, cut, date, dc, dd, deallocvt, delgroup, deluser,
        devmem, df, diff, dirname, dmesg, dnsd, dnsdomainname, dos2unix, du,
        dumpkmap, echo, egrep, eject, env, ether-wake, expr, factor, fallocate,
        false, fbset, fdflush, fdformat, fdisk, fgrep, find, flock, fold, free,
        freeramdisk, fsck, fsfreeze, fstrim, fuser, getopt, getty, grep,
        groups, gunzip, gzip, halt, hdparm, head, hexdump, hexedit, hostid,
        hostname, hwclock, i2cdetect, i2cdump, i2cget, i2cset, i2ctransfer, id,
        ifconfig, ifdown, ifup, inetd, init, insmod, install, ip, ipaddr,
        ipcrm, ipcs, iplink, ipneigh, iproute, iprule, iptunnel, kill, killall,
        killall5, klogd, last, less, link, linux32, linux64, linuxrc, ln,
        loadfont, loadkmap, logger, login, logname, losetup, ls, lsattr, lsmod,
        lsof, lspci, lsscsi, lsusb, lzcat, lzma, lzopcat, makedevs, md5sum,
        mdev, mesg, microcom, mim, mkdir, mkdosfs, mke2fs, mkfifo, mknod,
        mkpasswd, mkswap, mktemp, modprobe, more, mount, mountpoint, mt, mv,
        nameif, netstat, nice, nl, nohup, nologin, nproc, nslookup, nuke, od,
        openvt, partprobe, passwd, paste, patch, pidof, ping, pipe_progress,
        pivot_root, pmap, poweroff, printenv, printf, ps, pwd, rdate, readlink,
        readprofile, realpath, reboot, renice, reset, resize, resume, rm,
        rmdir, rmmod, route, run-init, run-parts, runlevel, sed, seedrng, seq,
        setarch, setconsole, setfattr, setkeycodes, setlogcons, setpriv,
        setserial, setsid, sh, sha1sum, sha256sum, sha3sum, sha512sum, shred,
        sleep, sort, start-stop-daemon, strings, stty, su, sulogin, svc, svok,
        swapoff, swapon, switch_root, sync, sysctl, syslogd, tail, tar,
        taskset, tc, tee, telnet, test, tftp, time, timeout, top, touch, tr,
        traceroute, tree, true, truncate, ts, tsort, tty, ubirename, udhcpc,
        uevent, umount, uname, uniq, unix2dos, unlink, unlzma, unlzop, unxz,
        unzip, uptime, usleep, uudecode, uuencode, vconfig, vi, vlock, w,
        watch, watchdog, wc, wget, which, who, whoami, xargs, xxd, xz, xzcat,
        yes, zcat
```

11.3 GDB工具

可在Buildroot中打开以下宏进行编译获取：

```
BR2_PACKAGE_GDB=y
BR2_PACKAGE_GDB_STATIC=y
BR2_PACKAGE_GDB_DEBUGGER=y
```

Linux常用调试工具gdb，是一个功能强大的程序调试器。具体使用参考GDB

使用gdb -p 调试进程，复现崩溃后通过bt查询调用栈，以及具体的代码，然后通过加log等方式调试。定位到具体代码后自行对比最新官方模块相应代码，或在官方模块issue系统咨询：

其他用法：
gdb --args

```
root@rk3588-buildroot:/# gdb --args ./waylandTest
GNU gdb (GDB) 11.2
...
(gdb)  r
  Starting program: /waylandTest
warning: Loadable section "" outside of ELF segments
  in /lib/libmali.so.1
....

(gdb)  bt f
#0  0x0000007ff66988dc in get_next_argument () from /lib/libwayland-client.so.0
No symbol table info available.
#1  0x0000007ff6698f68 in wl_argument_from_va_list ()
   from /lib/libwayland-client.so.0
No symbol table info available.
#2  0x0000007ff6696f00 in wl_proxy_marshal () from /lib/libwayland-client.so.0
No symbol table info available.
#3  0x0000007ff0109d18 in ?? () from /lib/libmali.so.1
No symbol table info available.
#4  0x000000000052bd20 in ?? ()
No symbol table info available.
```

由于Buildroot打包去掉符号表。可以通过更新buildroot编译的生成更新方便调试。
比如替换~/buildroot/output/rockchip_rk3588/build/wayland-1.22.0/wayland-1.22.0.tar

至于怎么查看库对应的Buildroot包可以通过`output/rockchip_rk3588/build/packages-file-list.txt`
查看。

```
file test/usr/lib/libwayland-client.so.0.22.0
test/usr/lib/libwayland-client.so.0.22.0: ELF 64-bit LSB shared object, ARM
aarch64, version 1 (SYSV), dynamically linked, not stripped ==》not stripped 表明
有符号表
```

一般buildroot打包都会被 stripped

```
target/usr/lib$ file libwayland-client.so.0.22.0
libwayland-client.so.0.22.0: ELF 64-bit LSB shared object, ARM aarch64, version 1
(SYSV), dynamically linked, stripped
```

11.4 IO工具

可在Buildroot中打开以下宏进行编译获取：

```
BR2_PACKAGE_RKTOOLKIT=y
BR2_PACKAGE_RKTOOLKIT_STATIC=y
```

一个可通过/dev/mem进行内存访问，都对芯片寄存器进行读写操作。

11.5 kmsgrab工具

在SDK工程中， 可进行如下进行编译获取。

```
For building kmsgrab:
1/ ./build.sh shell
2/ source ./buildroot/output/$RK_BUILDROOT_CFG/host/environment-setup
3/ $CC $RK_DATA_DIR/kmsgrab.c $(pkg-config --cflags --libs libdrm) -static -o
kmsgrab
```

捕获与指定CRTC或屏幕相关联的KMS扫描输出帧缓冲区，作为可以传递给其他硬件功能的DRM对象。

11.6 modetest工具

modetest是libdrm源码自带的调试工具, 可以对drm进行一些基础的调试。

modetest帮助信息:

```
(shell)# modetest -h
usage: modetest [-cDdefMPpsCvw]
 Query options:
    -c    list connectors
    -e    list encoders
    -f    list framebuffers
    -p    list CRTCs and planes (pipes)
 Test options:
    -P <crtc_id>:<w>x<h>[+<x>+<y>][*<scale>][@<format>]    set a plane
    -s <connector_id>[,<connector_id>][@<crtc_id>]:<mode>[-<vrefresh>][@<format>]
   set a mode
    -C    test hw cursor
    -v    test vsynced page flipping
    -w <obj_id>:<prop_name>:<value>    set property
 Generic options:
    -d    drop master after mode set
    -M module    use the given driver
    -D device    use the given device
    Default is to dump all info.
```

11.7 perf工具

可在Buildroot中打开以下宏进行编译获取：

```
For building perf:
1/ Build dynamic version firstly
2/ Enable BR2_PACKAGE_LINUX_TOOLS_PERF_STATIC
3/ Run: make linux-tools-reconfigure
```

perf是一款Linux性能分析工具。

11.8 pmap工具

查看进程用了多少内存, Pmap 提供了进程的内存映射，pmap命令用于显示一个或多个进程的内存状态。其报告进程的地址空间和内存状态信息。

```
#pmap PID
```

11.9 procrank工具

可在Buildroot中打开以下宏进行编译获取：

```
BR2_PACKAGE_PROCRANK_LINUX=y
BR2_PACKAGE_PROCRANK_LINUX_STATIC=y
```

使用procrank分析内存利用及分析源代码。procrank是一个统计内存使用的工具，包括VSS，PSS，PSS和USS的详细参数。作为内存常用的一个分析工具。

比如Buildroot用procrank分析内存使用情况：

```
root@rk3399-buildroot:/# procrank
  PID       Vss      Rss      Pss      Uss  cmdline
  690   452188K   37124K   24503K   15496K  /usr/bin/weston
  853    62012K   32468K   17955K    7496K  /usr/libexec/weston-desktop-shell
  850    46376K   16612K    8517K    4444K  /usr/libexec/weston-keyboard
  701   221584K    6104K    4208K    3596K  /usr/bin/pulseaudio
  778    84068K    5584K    2868K    1792K  /usr/libexec/pulse/gsettings-helper
  641     4784K    3500K    1667K    1224K  /usr/libexec/bluetooth/bluetoothd
  686    72824K    2836K    1645K    1468K  /usr/sbin/ntpd
  917     3620K    3116K    1493K    1188K  -/bin/sh
  435    13928K    2356K    1493K    1444K  /sbin/udevd
  883   234456K    2396K    1175K    1024K  /usr/bin/adbd
  487    10784K    1068K    1064K    1060K  /usr/sbin/irqbalance
  882     3752K    1904K     893K     648K  /bin/sh
  632     3488K    1712K     594K     348K  /bin/sh
  515     2492K    1488K     514K     392K  dbus-daemon
  669     2504K    1712K     503K     376K  dhcpcd: [manager] [ip4] [ip6]
  910     2464K    1372K     497K     448K  /usr/sbin/dnsmasq
  919      760K     472K     472K     472K  brcm_patchram_plus1
  698     2324K    1096K     390K     356K  /usr/sbin/dropbear
  408     2876K    1704K     367K     148K  /sbin/syslogd
  670     2536K    1912K     352K     104K  dhcpcd: [privileged proxy]
  412     2876K    1712K     350K     136K  /sbin/klogd
 1244     2044K    1248K     341K     292K  procrank
    1     2876K    1552K     321K     124K  init
 1216     2536K    1416K     272K      96K  dhcpcd: [BPF ARP] eth0 172.16.15.72
  671     2172K    1148K     202K      64K  dhcpcd: [network proxy]
  672     2172K    1084K     186K      64K  dhcpcd: [control proxy]
  915     1896K     452K     151K     136K  input-event-daemon
                          ------   ------  ------
                          73007K   44436K  TOTAL

RAM: 3923128K total, 3631820K free, 6120K buffers, 119388K cached, 51096K shmem,
65632K slab
```

cache回收可以这么操作：

```
root@rk3399-buildroot:/# free -h
               total        used        free      shared  buff/cache   available
Mem:           3.7Gi       131Mi       3.5Gi        49Mi       153Mi       3.5Gi
Swap:             0B          0B          0B

root@rk3399-buildroot:/# echo 3 > /proc/sys/vm/drop_caches
[16078.048750] sh (1074): drop_caches: 3

root@rk3399-buildroot:/# free -h
               total        used        free      shared  buff/cache   available
Mem:           3.7Gi       106Mi       3.5Gi        49Mi       100Mi       3.6Gi
Swap:             0B          0B          0B
```

11.10 ps工具

Linux ps （英文全拼：process status）命令用于显示当前进程的状态，类似于 windows 的任务管理器。

ps 的参数非常多, 在此仅列出几个常用的参数并大略介绍含义
-A 列出所有的进程
-w 显示加宽可以显示较多的资讯
-au 显示较详细的资讯
-aux 显示所有包含其他使用者的进程

```
au(x) 输出格式 :
USER PID %CPU %MEM VSZ RSS TTY STAT START TIME COMMAND

USER: 行程拥有者
PID: pid
%CPU: 占用的 CPU 使用率
%MEM: 占用的记忆体使用率
VSZ: 占用的虚拟记忆体大小
RSS: 占用的记忆体大小
TTY: 终端的次要装置号码 (minor device number of tty)
STAT: 该行程的状态:

D: 无法中断的休眠状态 (通常 IO 的进程)
R: 正在执行中
S: 静止状态
T: 暂停执行
Z: 不存在但暂时无法消除
W: 没有足够的记忆体分页可分配
<: 高优先序的行程
N: 低优先序的行程
L: 有记忆体分页分配并锁在记忆体内
START: 行程开始时间
TIME: 执行的时间
COMMAND:所执行的指令
```

11.11 slabtop工具

实时显示内核slab缓冲信息。

每隔十秒钟刷新显示slab缓冲区信息：

```
slabtop -d 10
```

11.12 strace工具

strace 是一个可用于诊断、调试的 Linux 用户空间跟踪器。

测试时候新开一个终端执行：
strace -tttrTf -e ioctl -p
这里过滤ioctl抓取log

11.13 top工具

top命令是linux下常用的性能分析工具，能够实时的显示系统中各个进程的资源占用情况，常用于服务端性能分析。

11.14 update工具

进入recovery程序更新并格式化，然后重启进入正常系统。

11.15 vendor_storage 工具

对Vendor分区进行读写操作。

```
root@rk3588-buildroot:/armhf# ./vendor_storage --help
vendor storage tool - Revision: 2.0

./vendor_storage [-r/w <vendor_id> -t <pr_type> -i <input>] [-R]
  -r           Read specify vendor_id
  -R           Read common vendor_id
  -w           Write specify vendor_id
  -t           print type
  -i           input string
  <vendor_id>  There are 16 types
               "VENDOR_SN_ID"
               "VENDOR_WIFI_MAC_ID"
               "VENDOR_LAN_MAC_ID"
               "VENDOR_BT_MAC_ID"
               "VENDOR_HDCP_14_HDMI_ID"
               "VENDOR_HDCP_14_DP_ID"
               "VENDOR_HDCP_2x_ID"
               "VENDOR_DRM_KEY_ID"
               "VENDOR_PLAYREADY_Cert_ID"
```

```
                "VENDOR_ATTENTION_KEY_ID"
                "VENDOR_PLAYREADY_ROOT_KEY_0_ID"
                "VENDOR_PLAYREADY_ROOT_KEY_1_ID"
                "VENDOR_SENSOR_CALIBRATION_ID"
                "VENODR_RESERVE_ID_14"
                "VENDOR_IMEI_ID"
                "VENDOR_CUSTOM_ID"
                And custom can define other id like
                VENDOR_CUSTOM_ID_1A (define ID = 26)
  <pr_type>     In write case, used with -i <input>
                There are 3 types
                "hex": <input> must be hex form like 0123
                "string": <input> must be ASCII string
                "file": <input> must be path to file
                Note: If use "file" and -i with read, it means save storage to
file
Examples:
  ./vendor_storage -w VENDOR_CUSTOM_ID_1A -t file -i /userdata/test.bin
                        write userdata/test.bin to storage
                        Or -t string -i test_storage
                        write string "test_storage" to storage
                        ID = 26
  ./vendor_storage -r VENDOR_CUSTOM_ID_1A -t file -i /userdata/read.bin
                        read storage(ID=26) to userdata/read.bin
                        Or -t string
                        print storage(ID=26) with ASCII string
```

11.16 vmstat工具

vmstat 命令会报告有关内核线程、虚拟内存、磁盘、管理程序页面、陷阱和处理器活动的统计信息。

11.17 watch工具

watch 可以帮助监测一个命令的运行结果。

```
## Chapter-11 watch

Usage:
 watch [options] command

Options:
  -b, --beep             beep if command has a non-zero exit
  -c, --color            interpret ANSI color and style sequences
  -d, --differences[=<permanent>]
                         highlight changes between updates
  -e, --errexit          exit if command has a non-zero exit
  -g, --chgexit          exit when output from command changes
  -n, --interval <secs>  seconds to wait between updates
  -p, --precise          attempt run command in precise intervals
  -t, --no-title         turn off header
  -w, --no-wrap          turn off line wrapping
  -x, --exec             pass command to exec instead of "sh -c"
```

```
 -h, --help     display this help and exit
 -v, --version  output version information and exit
```

11.18 weston调试方式

root@rk3288-buildroot:/# WAYLAND_DEBUG=1 weston --debug

Weston相关参数如下：

```
root@rk3288-buildroot:/# weston --help
Usage: weston [OPTIONS]

This is weston version 12.0.1, the Wayland reference compositor.
Weston supports multiple backends, and depending on which backend is in use
different options will be accepted.

Core options:

  --version             Print weston version
  -B, --backend=BACKEND Backend module, one of
                                drm
  --renderer=NAME       Renderer to use, one of
                                auto    Automatic selection of one of the below
renderers
                                gl      OpenGL ES
                                noop    No-op renderer for testing only
                                pixman  Pixman software renderer
  --shell=NAME  Shell to load, defaults to desktop
  -S, --socket=NAME     Name of socket to listen on
  -i, --idle-time=SECS  Idle time in seconds
  --modules             Load the comma-separated list of modules
  --log=FILE            Log to the given file
  -c, --config=FILE     Config file to load, defaults to weston.ini
  --no-config           Do not read weston.ini
  --wait-for-debugger   Raise SIGSTOP on start-up
  --debug               Enable debug extension
  -l, --logger-scopes=SCOPE
                        Specify log scopes to subscribe to.
                        Can specify multiple scopes, each followed by comma
  -f, --flight-rec-scopes=SCOPE
                        Specify log scopes to subscribe to.
                        Can specify multiple scopes, each followed by comma
  -w, --warm-up         Hold display for the first app
  -h, --help            This help message

Options for drm:

  --seat=SEAT           The seat that weston should run on, instead of the seat
defined in XDG_SEAT
  --drm-device=CARD     The DRM device to use, e.g. "card0".
  --use-pixman          Use the pixman (CPU) renderer (deprecated alias for --
renderer=pixman)
  --current-mode        Prefer current KMS mode over EDID preferred mode
```

```
  --continue-without-input      Allow the compositor to start without input
devices
```

11.19 fiq

1、打开CONFIG_DEBUG_SPINLOCK

2、irqchip.gicv3_pseudo_nmi=1

```
diff --git a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3588-linux.dtsi
b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3588-linux.dtsi
index 12b815850b57..7cda66903ed6 100644
--- a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3588-linux.dtsi
+++ b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3588-linux.dtsi
@ -12,7 +12,7 @
};

chosen: chosen {
-               bootargs = "earlycon=uart8250,mmio32,0xfeb50000 console=ttyFIQ0
irqchip.gicv3_pseudo_nmi=0 root=PARTUUID=614e0000-0000 rw rootwait";
+               bootargs = "earlycon=uart8250,mmio32,0xfeb50000 console=ttyFIQ0
irqchip.gicv3_pseudo_nmi=1 root=PARTUUID=614e0000-0000 rw rootwait";
        };
```

3、Kernel hacking --->
Debug Oops, Lockups and Hangs --->
(0) panic timeout 这个要配成0

请打上上面3个修改， 复现死机，输入fiq， 进入debugger模式， 输入pcsr，确认是哪个cpu死锁了，用cpu x命令切到该cpu， 输入bt 查看cpu的调用栈。

11.20 linux下/proc/sysrq-trigger详解

如果系统出现挂起的情况或在诊断一些和内核相关，比较怪异，比较难重现的问题的时候，使用SysRq键是个比较好的方式。

怎么打开和关闭SysRq组合键? 默认SysRq组合键是关闭的。

打开功能：

```
echo 1 > /proc/sys/kernel/sysrq
```

关闭功能：

```
echo 0 > /proc/sys/kernel/sysrq
```

sysrq功能被打开后，有几种sysrq事件能被触发, echo "m" > /proc/sysrq-trigger

```
m - 导出关于内存分配的信息，

t - 导出线程状态信息，
```

```
p - 导出当前CPU寄存器信息和标志位的信息，

c - 故意让系统崩溃(在使用netdump或diskdump的时候有用)，

s - 即时同步所有挂载的文件系统，

u - 即时重新挂载所有的文件系统为只读，

b - 即时重新启动系统，

o - 即时关机(如果机器设置并支持此项功能).
```

11.21 generate_logs自动抓取logs

运行generate_logs可以抓取系统相关log信息

```
buildroot# generate_logs
Log files zipped to /tmp/log-110223-090017.tar.gz
```

log信息都会自动获取到/info目录下, 主要log信息如下:

```
├── clk_summary
├── cmdline
├── config-5.10
├── cpuinfo
├── device-tree
├── df.txt
├── diskstats
├── dma_buf
├── dmesg.txt
├── dri
├── fstab
├── gpio
├── interrupts
├── iomem
├── kallsyms
├── log
├── lsof.txt
├── manifest.xml
├── meminfo
├── modetest.txt
├── os-release
├── partitions
├── pinctrl
├── plane_58.raw
├── plane_58.txt
├── ps.txt
├── rk_dmabuf
├── rockchip_config
├── slabinfo
├── softirqs
├── sysrq.txt
├── System.map-5.10
```

```
├── timestamp.txt
├── top.txt
├── version
├── wakeup_sources
└── wifibt-info.txt
...
```

12. Chapter-12 SDK 软件及许可说明

客户在取得SDK之前，需要签署SDK开放协议。该协议约定了具体的权利义务，这就是具体的SDK License。

12.1 版权检测工具

12.1.1 Buildroot

```
make legal-info
```

SDK工程可以通过运行`make legal-info`命令自动生成相关License信息， 比如RK3566工程上：

```
$ source buildroot/envsetup.sh rockchip_rk3566
buildroot$ make legal-info
```

执行如上命令会生成如下一些信息：

```
buildroot$ tree -L 1 output/rockchip_rk3566/legal-info/
output/rockchip_rk3566/legal-info/
├── buildroot.config
├── host-licenses
├── host-manifest.csv
├── host-sources
├── legal-info.sha256
├── licenses
├── manifest.csv
├── README
└── sources
```

其中 `manifest.csv` 是RK3566工程使用相关仓库的License信息
`host-manifest.csv` 是RK3566工程使用PC端相关第三方工具的License信息

12.1.2 Debian

检测可参考官方工具

```
licensecheck --check '.*' --recursive --copyright --deb-fmt \
        --lines 0 * | /usr/lib/cdbs/licensecheck2dep5
```

各源码包相关版权说明位于 `/usr/share/doc/*/copyright`

12.1.3 Yocto

各源码包相关版权说明位于 `build/tmp/deploy/licenses/*/recipeinfo`

12.2 License许可证表

目前主流的License列表，可参考以下链接

license-list

13. Chapter-13 Rockchip开源信息

13.1 github

Rockchip代码仓库开源rockchip-github。

13.2 wiki

Rockchip资料开源rockchip-wiki

13.3 upstream

- Rockchip upstream uboot:

```
git clone https://gitlab.denx.de/u-boot/custodians/u-boot-rockchip.git
```

Upstream U-Boot support Rockchip SoCs:

`RK3036, RK3188, RK3288, RK3328, RK3399, RK3566, RK3568`

- Rockchip upstream kernel

```
git clone git://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/mmind/linux-rockchip.git
```

Mainline kernel supports:

`RV1108, RK3036, RK3066, RK3188, RK3228, RK3288, RK3368, RK3399, RK3566, RK3568`

14. Chapter-14 SDK常见问题

14.1 如何确认当前SDK版本和系统/内核版本？

可以通过/info/目录或' /etc/os-release '获取相关信息，比如

```
root@rk3588:/# cat /etc/os-release
NAME=Buildroot
VERSION=linux-5.10-gen-rkr3.4-48-gb0d2bfa6
ID=buildroot
VERSION_ID=2021.11
PRETTY_NAME="Buildroot 2021.11"
BUILD_INFO="wxt@ubuntu-191 Wed Nov 23 09:17:44 CST 2022 -
/home/wxt/test/rk3588/buildroot/configs/rockchip_rk3588_defconfig"
KERNEL="5.10 - rockchip_linux_defconfig"
```

14.2 SDK编译相关问题

以下提供了对SDK各个方面的常见问题的回答和澄清。以下是SDK FAQ可能包含的相关问题。

14.2.1 repo导致同步问题

`repo sync -c`更新的时候提示`No module named formatter`这个由于您得主机使用新版本的python, 比如python3.8+完全移除了 formatter, 对外SDK的repo版本太旧导致, 这类问题，只能通过更新repo版本解决，示例如下：

```
$ cd .repo/repo/
$ git checkout origin/stable

这个分支repo是2022版本, 默认master分支是2020的版本. 或者repo init工程时候增加`--repo-
rev=stable`来切换到新版本repo.

repo init --repo-url ssh://git@www.rockchip.com.cn/repo/rk/tools/repo --repo-
rev=stable \
-u ssh://git@www.rockchip.com.cn/linux/rockchip/platform/manifests -b linux -m \
rk3588_linux_release.xml
```

14.2.2 ./build.sh编译时候repo导致异常问题

会提示如下错误:

```
Adding information to /etc/os-release...
Traceback (most recent call last):
file "rk356x/.repo/repo/main.py", line 56, in <module>
from subcmds.version import Version
File "rk356x/.repo/repo/subcmds/__init__.py", line 35, in <module>
ModuleNotFoundError: No module named 'formatter'
```

这个由于buildroot中python3和工程repo版本匹配问题，`device/rockchip` 可做如下修改:

```
--- a/common/post-build.sh
+++ b/common/post-build.sh
@@ -171,8 +171,6 @@ function add_build_info()

     mkdir -p "$INFO_DIR"

-    yes | python3 .repo/repo/repo manifest -r -o "$INFO_DIR/manifest.xml"
```

14.2.3 Docker环境下./build.sh编译问题

编译时候提示权限问题:
rm: cannot remove '/home/zora/myjob/linux/rk3568/output/sessions/latest': Permission denied

有时候SDK源码拷贝上或PC环境的问题，需要把权限默认都改zora（普通用户名）:
chown zora:zora -R .

然后再进行其他操作。

14.2.4 Buildroot编译问题

如果一些网络原因，导致buildroot编译失败的。可以使用以下方法来解决：

预置dl目录，dl是预编的包可以提前集成到buildroot中。减少下载时间，提高编译效率。

比如rk3588 linux sdk可以这么修改增加dl目录：

```
$ cd .repo/manifests
$ rk3588_linux_release.xml文件做如下修改：

diff --git a/rk3588_linux_release.xml
b/rrk3588_linux_release.xml
index 5082dea..626f094 100644
--- a/rk3588_linux/rk3588_linux_release.xml
+++ b/rk3588_linux/rk3588_linux_release.xml
@@ -14,6 +14,7 @@

+  <project name="linux/buildroot/dl" path="buildroot/dl" revision="next"/>

$ cd -
$.repo/repo sync -c
```

其他芯片SDK修改方法类似。

14.3 Recovery FAQ

14.3.1 怎么让recovery不编译进update.img

较新SDK支持关闭recovery，make config ->反选recovery

update.img打包是基于package-file描述文件，早期SDK使用tools目录下预置的package-file，具体参考相关文档，删除recovery条目即可。

较新SDK的package-file是打包update.img前自动生成，基于parameter分区描述文件中的分区，以及打包时的output/firmware下的分区同名镜像，二者匹配就自动添加到package-file，然后打包进update.img。因此可以在使用的parameter.txt中删除recovery分区，或者手动删除output/firmware/recovery.img，然后再make updateimg打包。

较新SDK也可以使用make edit-package-file，直接编辑package-file调整需要打包的镜像。

14.4 Buildroot FAQ

14.4.1 双屏异显时钟时间不同步

`/etc/xdg/weston/weston.ini`可以配置时钟格式为秒进行对比：

clock-format=seconds

默认配置是分别每分钟更新一次时间，在具体屏幕使能时候启动更新，第一次会按照当前时间去对齐到整分钟。

从之前的现象描述可能是屏幕没有一起使能，然后系统时间又发生过变化（网络同步或者手动设置），导致两边错开。

如果一定要分钟级别并且考虑这个场景，可以修改weston。不然的话直接用秒钟级别即可。

```
diff --git a/clients/desktop-shell.c b/clients/desktop-shell.c
index bf75927..67289e2 100644
--- a/clients/desktop-shell.c
+++ b/clients/desktop-shell.c
@@ -531,12 +531,16 @@ panel_launcher_tablet_tool_button_handler(struct widget
*widget,
        launcher_activate(launcher->argp, launcher->envp);
 }

+static int clock_timer_reset(struct panel_clock *clock);
+
 static void
 clock_func(struct toytimer *tt)
 {
    struct panel_clock *clock = container_of(tt, struct panel_clock, timer);

    widget_schedule_redraw(clock->widget);
+
+   clock_timer_reset(clock);
 }

 static void
```

```
@@ -589,7 +593,7 @@ clock_timer_reset(struct panel_clock *clock)
    clock_gettime(CLOCK_REALTIME, &ts);
    tm = localtime(&ts.tv_sec);

-   its.it_interval.tv_sec = clock->refresh_timer;
+   its.it_interval.tv_sec = 0;
    its.it_interval.tv_nsec = 0;
    its.it_value.tv_sec = clock->refresh_timer - tm->tm_sec % clock-
>refresh_timer;
    its.it_value.tv_nsec = 10000000; /* 10 ms late to ensure the clock digit has
actually changed */
```

14.4.2 buildroot系统如何设置开机启动进入命令行模式

buildroot中关闭weston（对应板级defconfig里面去掉include的weston.config），然后：

1、kernel端defconfig开启CONFIG_VT CONFIG_VT_CONSOLE CONFIG_FRAMEBUFFER_CONSOLE CONFIG_DRM_FBDEV_EMULATION
或者
2、buildroot中开启BR2_PACKAGE_FRECON BR2_PACKAGE_FRECON_VT1

区别是frecon可以支持旋转和缩放和中文，但是只能单显

14.5 Debian FAQ

本章节主要解答基于Rockchip平台一些关于 Debian GNU/Linux 的常见问题，其他可参考官方Debian FAQ。

14.5.1 遇到" noexec or nodev"问题

```
noexec or nodev issue /usr/share/debootstrap/functions: line 1450:
..../rootfs/ubuntu-build-service/buster-desktop-arm64/chroot/test-dev-null:
Permission denied E: Cannot install into target '/rootfs/ubuntu-build-
service/buster-desktop-arm64/chroot' mounted with noexec or nodev
```

解决方法：

```
mount -o remount,exec,dev xxx
（其中xxx 是工程目录路径，然后重新编译）
```

另外如果还有遇到其他编译异常，先排除使用的编译系统是 ext2/ext4 的系统类型。

14.5.2 下载"Base Debian"失败问题

- 由于编译 Base Debian 需要访问国外网站，而国内网络访问国外网站时，经常出现下载失败的情况:

Debian 使用 live build,镜像源改为国内可以这样配置：

```

```

```
32位系统：

+++ b/ubuntu-build-service/{buster/bullseye}-desktop-armhf/configure
@@ -11,6 +11,11 @@ set -e
 echo "I: create configuration"
 export LB_BOOTSTRAP_INCLUDE="apt-transport-https gnupg"
 lb config \
+ --mirror-bootstrap "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian" \
+ --mirror-chroot "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian" \
+ --mirror-chroot-security "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian-security" \
+ --mirror-binary "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian" \
+ --mirror-binary-security "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian-security" \
  --apt-indices false \
  --apt-recommends false \
  --apt-secure false \

  64位系统：
  --- a/ubuntu-build-service/{buster/bullseye}-desktop-arm64/configure
+++ b/ubuntu-build-service/{buster/bullseye}-desktop-arm64/configure
@@ -11,6 +11,11 @@ set -e
 echo "I: create configuration"
 export LB_BOOTSTRAP_INCLUDE="apt-transport-https gnupg"
 lb config \
+ --mirror-bootstrap "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian" \
+ --mirror-chroot "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian" \
+ --mirror-chroot-security "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian-security" \
+ --mirror-binary "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian" \
+ --mirror-binary-security "http://mirrors.ustc.edu.cn/debian-security" \
  --apt-indices false \
  --apt-recommends false \
  --apt-secure false \
```

如果其他网络原因不能下载包，有预编生成的包分享在百度云网盘，放在当前目录直接执行下一步操作。

14.5.3 异常操作导致挂载/dev出错问题

比如出现这种 askpass command or cannot use one

引起原因可能是编译过程频繁异常操作（CTRL+C），导致上面出错的，可以通过如下方式修复：

```
sudo -S  umount  /dev
```

14.5.4 多次挂载导致/dev出错问题

比如出现这种 sudo: unable to allocate pty: No such device

引起原因可能是编译过程多次挂载，导致上面出错的，可以通过如下方式修复：

```
ssh <用户名>@<IP地址> -T sudo -S umount /dev -l
```

14.5.5 怎么查看系统相关信息

14.5.5.1 如何查看系统Debian版本？

```
root@linaro-alip:~# cat /etc/debian_version
11.1
```

14.5.5.2 如何查看Debian显示用X11还是Wayland？

在X11系统上：

```
$ echo $XDG_SESSION_TYPE
x11
```

在Wayland系统上：

```
$ echo $XDG_SESSION_TYPE
wayland
```

14.5.5.3 如何查看系统分区情况

```
root@linaro-alip:~# parted -l

Model: MMC BJTD4R (sd/mmc)
Disk /dev/mmcblk0: 31.3GB
Sector size (logical/physical): 512B/512B
Partition Table: gpt
Disk Flags:

Number  Start   End     Size    File system  Name      Flags
 1      8389kB  12.6MB  4194kB               uboot
 2      12.6MB  16.8MB  4194kB               misc
 3      16.8MB  83.9MB  67.1MB               boot
 4      83.9MB  218MB   134MB                recovery
 5      218MB   252MB   33.6MB               backup
 6      252MB   15.3GB  15.0GB  ext4         rootfs
 7      15.3GB  15.4GB  134MB   ext2         oem
 8      15.6GB  31.3GB  15.6GB  ext2         userdata
```

14.5.5.4 系统出现ssh.service服务异常

这是Debian10或早期存在的问题 /etc/rc.local 添加如下：

```
#!/bin/sh -e
#
## Chapter-14 rc.local
#
## Chapter-14 This script is executed at the end of each multiuser runlevel.
```

```
## Chapter-14 Make sure that the script will "exit 0" on success or any other
## Chapter-14 value on error.
#
## Chapter-14 In order to enable or disable this script just change the execution
## Chapter-14 bits.
#
## Chapter-14 By default this script does nothing.
## Chapter-14 Generate the SSH keys if non-existent
if [ ! -f /etc/ssh/ssh_host_rsa_key ]
then
    # else ssh service start in dpkg-reconfigure will fail
    systemctl stop ssh.socket||true
    dpkg-reconfigure openssh-server
fi

exit 0
```

14.5.6 Debian11 base包编译不过

会遇到类似如下报错

```
W: Failure trying to run:  /sbin/ldconfig
W: See //debootstrap/debootstrap.log for details
```

主要要求PC的kernel版本是5.10+, 这是旧的QEMU存在的bug. 解决方法主要两种：

- PC自带的内核版本需满足5.10+的需求。

检查PC内核版本

```
cat /proc/version
Linux version 5.13.0-39-generic
```

- 更新系统的qemu

参考 qemu。

14.5.7 Debian deb包的解压、修改、重新打包方法

如果很多想在原先deb上修改重新打包,方法如下:

```
#解压出包中的文件到extract目录下
dpkg -X xxx.deb extract/

#解压出包的控制信息extract/DEBIAN/下:
dpkg -e xxx.deb extract/DEBIAN/

#修改文件XXX

## Chapter-14 对修改后的内容重新进行打包生成deb包
dpkg-deb -b extract/ .
```

14.5.8 Debian如何增加swap分区

当系统的物理内存不够用的时候，就可以增加Debian的swap虚拟内存分区，以供当前运行的程序使用。比如创建一个2G的虚拟内存

- 创建一个swap文件

```
cd /opt
mkdir swap
dd if=/dev/zero of=swapfile bs=1024 count=2000000
## Chapter-14 count代表的是大小，这里是2G。
```

- 把文件转换为swap文件

```
sudo mkswap swapfile
```

- 激活swap文件

```
swapon /opt/swapfile

卸载：
swapoff /opt/swapfile
```

开机启动后自动挂载的话，可以把它添加到/etc/fstab文件中
eg : /opt/swapfile swap swap defaults 0 0

- 验证是否生效

```
root@linaro-alip:/opt# free -h
               total        used        free      shared  buff/cache   available
内存：         1.9Gi       390Mi        91Mi        75Mi       1.5Gi       1.4Gi
交换：         1.9Gi          0B       1.9Gi
e =h
```

14.5.9 Debian第一次更新系统会重启显示服务

通用Debian为了兼容不同芯片, /etc/init.d/rockchip.sh 第一次启动的时候,会根据芯片安装各种差异包,比如libmali isp等packages. 安装完后会重启显示服务. 如果是独立项目可以放到制作镜像的时候处理这部分差异即可。

14.5.10 Debian中libGL相关dri.so调用出错问题

解释主要如下:

- EGL 是用ARM 平台上 OpenGL 针对 x window system 的扩展，功能等效于 x86 下的 glx 库。
- 由于 Xorg 使用的 Driver modesettings 默认会加载 libglx.so (禁用 glx 会导致某些通过检测 glx 环境的应用启动失败)，libglx.so 会搜索系统中的 dri 实现库。但是 Xorg 2D 加速是直接基于 DRM 实现，并未实现 dri 库，所以启动过程中，libglx.so 会报告如下的错误。

```
AIGLX error: dlopen of /usr/lib/aarch64-linux-gnu/dri/rockchip_dri.so failed`
```

这个对系统运行没有任何影响，不需要处理。

基于同样的道理，某些应用启动过程中，也会报告如下错误，不用处理，对应用的运行不会造成影响。

```
libGL error: unable to load driver: rockchip_dri.so
libGL error: driver pointer missing
libGL error: failed to load driver: rockchip
```

14.5.11 Debian中怎么确认硬件鼠标图层有用起来

- 内核dts配置起来

类似如下log:

```
root@linaro-alip:~# dmesg |grep cursor
[    2.062561] rockchip-vop2 fe040000.vop: [drm:vop2_bind] Cluster1-win0 as
cursor plane for vp0
[    2.062669] rockchip-vop2 fe040000.vop: [drm:vop2_bind] Cluster0-win0 as
cursor plane for vp1
```

- modetest测试图层是否有上报

```
102     0       0       0,0             0,0     0               0x00000002
  formats: XR30 AR30 XB30 AB30 XR24 AR24 XB24 AB24 RG24 BG24 RG16 BG16 YU08 YU10
YUYV Y210
  props:
        8 type:
                flags: immutable enum
                enums: Overlay=0 Primary=1 Cursor=2
                value: 2
```

- 看下summary是否有调用硬鼠标图层

root@linaro-alip:~# cat /sys/kernel/debug/dri/0/summary |grep 64 x 64

如果步骤1/2都有, 如果还有问题的话, 再检查下`/var/log/drm-cursor.log`是否有异常。

14.5.12 Debian中日志太大问题

Debian有提供**logrotate**专门管理日志文件。 logrotate 是为了给将生成许多日志文件的系统简化日志文件的管理。logrotate 支持自动 rotation 压缩，删除和发送日志相关邮件。logrotate 可以按每天，每周，每月或者当日志文件的大小达到某个数值之后再运行。一般地，logrotate 是 作为每天运行的 cron 任务。

```
apt install -fy logrotate cron
```

14.5.13 Debian设置多用户模式问题

系统启动时，`systemd` 进程会尝试启动 `/lib/systemd/system/default.target`（通常图形界面系统是到”`graphical.target`“的符号链接）可通过如下获取状态

```
systemctl get-default
graphical.target
```

设置多用户模式（命令行系统）

```
systemctl set-default multi-user.target
```

重启后发现界面卡在logo，进不了系统

系统正常启动顺序是 `sysinit->multi-user->graphic` 如果设置到`multi-user.target` 等于图形界面没有启动，这时候需要VT2（终端交互需要开启）即内核需要开启以下两个宏

```
CONFIG_FRAMEBUFFER_CONSOLE=y
CONFIG_VT=y
```

14.5.14 Debian用户名和密码

系统默认的用户名和密码是`linaro`和`linaro`，
`root`无需密码即可登陆， 可通过命令行切入 `sudo su`

14.5.15 Debian XFCE桌面图标双击异常

XFCE桌面原生Bug，可以通过 `设置--->桌面--->图标` 勾选上`单击激活项目`来绕过去这个问题。

14.5.16 Chromium浏览器会有命令行标记：--no-sandbox

除非用非硬件加速，官方原生的浏览器版本。不然定制的浏览器版本，都需要带`-no-sandbox`参数启动， 因为sandbox是权限管理, 控制文件访问, 不带sandbox才能允许访问硬件节点，实现硬加速。

14.5.17 Debian系统X11里面设置支持DRI2扩展

SDK中的glmark2-es2，Mali GPU库通过dri2接口送显。

具体可以参考xserver的相关实现代码：
./hw/xfree86/drivers/modesetting/dri2.c
ms_dri2_get_msc
ms_dri2_schedule_wait_msc

Xserver可通过如下log来确认是否支持DRI2

```
root@linaro-alip:/# grep -i dri2 /var/log/Xorg.0.log
[    47.696] (II) modeset(0): [DRI2] Setup complete
[    47.699] (II) modeset(0): [DRI2]   DRI driver: rockchip
[    47.712] (II) modeset(0): [DRI2]   VDPAU driver: rockchip
[    48.502] (II) Initializing extension DRI2
```

下面是一段DRI2的一段dri2-test.c的测试代码

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <xcb/xcb.h>
#include <xcb/dri2.h>
#include <X11/Xlib.h>
#include <X11/Xlib-xcb.h>

int main(void)
{
    xcb_connection_t *c;
    xcb_dri2_connect_cookie_t cookie;
    xcb_dri2_connect_reply_t *reply;
    Display *display = XOpenDisplay(NULL);
    Window window = DefaultRootWindow(display);
    c = XGetXCBConnection(display);
    cookie = xcb_dri2_connect(c, window, XCB_DRI2_DRIVER_TYPE_DRI);
    reply = xcb_dri2_connect_reply(c, cookie, 0);
    printf("%s[%d] device(%s)\n", __func__, __LINE__,
xcb_dri2_connect_device_name (reply));
    c = xcb_connect(NULL, NULL);
    xcb_screen_t *screen = xcb_setup_roots_iterator(xcb_get_setup(c)).data;
    cookie = xcb_dri2_connect(c, screen->root, XCB_DRI2_DRIVER_TYPE_DRI);
    reply = xcb_dri2_connect_reply(c, cookie, 0);
    printf("%s[%d] device(%s)\n", __func__, __LINE__,
xcb_dri2_connect_device_name (reply));
    return 0;
}
```

编译进行测试：

```
## Chapter-14 gcc dri2-test.c -lxcb -lxcb-dri2 -lX11 -lX11-xcb -o dri2-test
## Chapter-14 ./dri2-test
main[21] device(/dev/dri/card0)
main[27] device(/dev/dri/card0)
```

14.5.18 Debian上安装GCC工具链

运行如下命令进行安装：

```
apt update && apt install -y build-essential manpages-dev
```

安装完确认GCC版本：

```
root@linaro-alip:/# gcc -v
Using built-in specs.
COLLECT_GCC=gcc
COLLECT_LTO_WRAPPER=/usr/lib/gcc/aarch64-linux-gnu/10/lto-wrapper
Target: aarch64-linux-gnu
Configured with: ../src/configure -v --with-pkgversion='Debian 10.2.1-6' --with-
bugurl=file:///usr/share/doc/gcc-10/README.Bugs --enable-
languages=c,ada,c++,go,d,fortranx
Thread model: posix
Supported LTO compression algorithms: zlib zstd
gcc version 10.2.1 20210110 (Debian 10.2.1-6)
```

14.5.19 Debian安装package时无法自动补全

属于linux系统通用操作，正常linux发行版均需要自行安装bash-complition软件包。

具体操作请自行百度搜索一下，大致为

```
sudo apt-get install bash-completion
source /etc/bash_completion
```

14.5.20 在Debian X11系统中支持DRI3扩展

DRI3扩展是X11的一部分，它为直接渲染提供了改进的支持。在Debian系统中，DRI3通常是默认启用的。由于它是一个底层协议，没有外部调用通常不会被直接执行。

要在应用程序中使用DRI3扩展，您需要参考DRI3的相关文档，并编写代码来调用相应的接口。例如，您可以使用XCB（X protocol C-language Binding）库提供的DRI3接口。下面是如何在Debian系统中安装和查看这些接口的步骤：

- **安装XCB DRI3开发库**

使用以下命令安装libxcb-dri3开发库：

```
sudo apt-get install libxcb-dri3-dev
```

这将安装必要的库和头文件，以便您能够在应用程序中使用DRI3相关的功能。

- **查看DRI3接口**

要查看DRI3接口的定义和可用函数，可以查看`dri3.h`头文件：

```
    vi /usr/include/xcb/dri3.h
```

这个文件包含了DRI3接口的具体实现，可以帮助您了解如何在您的应用程序中使用DRI3扩展。

通过遵循这些步骤，您可以开始在Debian系统中利用DRI3扩展来开发或改进您的图形应用程序。记得在编写应用程序时参考XCB和DRI3的官方文档，以确保正确且高效地使用这些接口。

14.5.21 系统如何设置开机启动进入命令行模式

大致方式为：

- 卸载xserver
- kernel开启CONFIG_FRAMEBUFFER_CONSOLE、CONFIG_DRM_FBDEV_EMULATION、CONFIG_VT、CONFIG_VT_CONSOLE

14.5.22 如何配置屏幕旋转

参考/etc/X11/xorg.conf.d/20-modesetting.conf

```
...
Section "Screen"
    Identifier  "Default Screen"
    Device      "Rockchip Graphics"
    Monitor     "Default Monitor"
    DefaultDepth        24
    SubSection "Display"
            Depth       24
            Modes       "1024x600"
    EndSubSection
EndSection

#### Valid values for rotation are "normal", "left", "right"
Section "Monitor"
    Identifier  "HDMI-A-1"
    Option      "Rotate" "inverted"
    Option      "Position" "0x0"
EndSection
Section "Monitor"
    Identifier  "DSI-1"
    Option      "Rotate" "left"
    Option      "Position" "0x0"
EndSection
```

14.5.23 Debian无黑屏功能实现

黑屏是X服务启动到桌面应用开始显示（耗时在桌面应用自身）。

如果是希望这个耗时保持logo，可以如下方式添加

`/usr/bin/X`里执行Xorg.wrap前添加：

```
export XSERVER_FREEZE_DISPLAY=/.freeze_xserver
touch $XSERVER_FREEZE_DISPLAY
$(sleep 6; rm $XSERVER_FREEZE_DISPLAY)&
```

冻结6秒，然后显示桌面。冻结时间多少合理可根据具体产品需求更改。

```
{
    export XSERVER_FREEZE_DISPLAY=/.freeze_xserver
    touch $XSERVER_FREEZE_DISPLAY
    while sleep .5; do
        pgrep panel && break # 等待状态栏服务
    done
    sleep 2 # 等待状态栏绘制
    rm $XSERVER_FREEZE_DISPLAY
}&
```

14.5.24 Debian系统如何删除桌面鼠标指针显示

原生机制就是这样，大致是为了兼容一些不支持触摸的应用，Xserver会强制将第一指触摸事件同时转成鼠标事件发出。

如需绕过的话可以尝试如下三种方法：

- 使用透明鼠标主题（具体请自行网上搜索）
- 修改hw/xfree86/drivers/modesetting/drmmode_display.c源码，去掉drmModeSetCursor、drmModeMoveCursor调用
- 如果SDK带有drm-cursor库，修改/etc/drm-cursor.conf，添加hide=1

14.5.25 Debian中编译和移植rkaiq/rkisp仓库的步骤

在Buildroot中rkaiq/rkisp功能调试正常，如何正确移植到Debian中？

14.5.25.1 步骤概览

比如RK3588芯片，可以切换使用低版本的GCC和GLIBC来生成移植到第三方系统。

步骤一：修改Buildroot配置以支持GCC 8

```
diff --git a/configs/rockchip/chips/rk3588.config
b/configs/rockchip/chips/rk3588.config
index f806813a6e..affb5e71ad 100644
--- a/configs/rockchip/chips/rk3588.config
+++ b/configs/rockchip/chips/rk3588.config
@@ -1,4 +1,4 @@
-BR2_cortex_a76_a55=y
+BR2_cortex_a72_a53=y
 BR2_PACKAGE_RK3588=y
 BR2_ROOTFS_OVERLAY+="board/rockchip/rk3588/fs-overlay/"
 BR2_TARGET_GENERIC_HOSTNAME="rk3588"
diff --git a/package/gcc/Config.in.host b/package/gcc/Config.in.host
index 7556e1ece6..c917823f57 100644
--- a/package/gcc/Config.in.host
+++ b/package/gcc/Config.in.host
@@ -17,7 +17,6 @@ config BR2_GCC_VERSION_ARC
 config BR2_GCC_VERSION_8_X
     bool "gcc 8.x"
-    depends on !BR2_ARCH_NEEDS_GCC_AT_LEAST_9
     # ARC HS48 rel 31 only supported by gcc arc fork.
```

```
    depends on !BR2_archs4x_rel31
    select BR2_TOOLCHAIN_GCC_AT_LEAST_8
```

步骤二：设置Buildroot配置，默认使用GCC 8和GLIBC 2.28进行编译。

```
buildroot#cat configs/rockchip_rk3588_glibc2.28_defconfig

#include "../rockchip_rk3588_defconfig"
BR2_GCC_VERSION_8_X=y
BR2_PACKAGE_GLIBC_2_28=y
```

步骤三：使用Buildroot进行相应配置的编译。

设置Buildroot环境，并编译camera-engine-rkaiq模块。

```
<SDK>#source buildroot/envsetup.sh rockchip_rk3588_glibc2.28
<SDK>## cd buildroot
buildroot# make camera-engine-rkaiq
```

编译完成后，将生成的文件（例如`output/rockchip_rk3588_glibc2.28/build/camera-engine-rkaiq-1.0/camera-engine-rkaiq-1.0.tar`）移植到Debian系统中。

14.5.26 Debian怎么下载离线deb包

```
root@linaro-alip:/# apt-get download <package name>
```

14.5.27 Debian怎么查看glibc版本

```
root@linaro-alip:/# ldd --version
ldd (Debian GLIBC 2.31-13+deb11u7) 2.31
或者
## Chapter-14 /lib/libc.so.6
GNU C Library (GNU libc) stable release version 2.35.
```

14.5.28 Debian系统切割屏支持问题

客户的屏幕是物理切割屏，分辨率是3840x2160切割成3840x720，
底层上输出的分辨率是3840x2160才能点亮屏幕，但是点亮的屏幕只显示720部分，还有1440的分辨率在底部鼠标可以划进去，但是不显示。

最新xserver添加了padding支持

设置方式：

```
+++ b/overlay/etc/X11/xorg.conf.d/20-modesetting.conf
@ -2,6 +2,9 @ Section "Device"
Identifier "Rockchip Graphics"
Driver "modesetting"

+ Option "VirtualSize" "LVDS-1:3840x720"
+ Option "Padding" "LVDS-1:0,1440,0,0"
```

/etc/X11/xorg.conf.d/20-modesetting.conf按照上面方法修改

VirtualSize配置为应用希望看到的分辨率，Padding按照上下左右顺序切割掉的像素配置，顺序是top bottom left right

如果遇到屏幕字迹不清晰。可以Padding顺序改为：left right top bottom

Option "VirtualSize" "DSI-1:1920x316"
Option "Padding" "DSI-1:0,0,0,764"

鼠标是相对移动，正常不需要特殊修改。如出现比例或者位置偏移，可以尝试改成软件鼠标（kernel dts配置去掉鼠标图层，或者上层modesetting conf里面配置SWcursor）

kernel dts搜索cursor删除，类似：

```
kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip# ag cursor
rk3566-evb2-lp4x-v10-linux.dts
12:     cursor-win-id = <ROCKCHIP_VOP2_CLUSTER0>;
```

或者：

```
--- a/overlay/etc/X11/xorg.conf.d/20-modesetting.conf
+++ b/overlay/etc/X11/xorg.conf.d/20-modesetting.conf
@@ -2,6 +2,8 @@ Section "Device"
     Identifier  "Rockchip Graphics"
     Driver      "modesetting"

+    Option      "SWcursor"       "TRUE"
+
```

14.6 Linux视频相关问题

14.6.1 播放视频卡顿，日志出现丢帧错误，要怎么解决

可以使用 fpsdisplaysink 确认最高帧率，如果最高帧率接近期望帧率，可以通过指定 sync=false 解决，部分平台可以开启 AFBC。卡顿也可以通过如下命令确认硬件运行时间，`echo 0x100 > /sys/module/rk_vcodec/parameters/mpp_dev_debug`

14.6.2 gst-launch-1.0 进行摄像头视频预览命令

可以使用 v4l2src 插件，如 gst-launch-1.0 v4l2src ! autovideosink

14.6.3 开启 AFBC 后播放画面出现抖动，要怎么解决

画面抖动一般是 ddr 带宽不足，可以尝试固定性能模式。另外由于显示硬件实现方式，垂直方向上如果有缩放，需要的性能和带宽会比较高，容易不足，需要使用其他方式缩放(如 rga/gpu)

14.6.4 Gstreamer 框架 buffer 是零拷贝吗

使用dmabuf 相关接口进行数据处理实现零拷贝

14.6.5 gst-launch-1.0 怎么测试解码最高的性能？

设置性能模式，用官方的 fpsdisplaysink 查看帧率，以及驱动的调试接口查看驱动帧率

14.6.6 播放时如果画面出现抖动，水波纹，要怎么解决

抖动一般都是显示硬件的性能不足，大部分是 ddr 带宽不够，可以用 ddr 性能模式，固定最高频

14.6.7 Gstreamer怎么快速接入opengles

一般是合成上有 gl 插件支持，送显上由第三方显示服务支持，显示服务内部可以进行 opengles 合成(如 weston)

14.7 第三方 OS 移植问题

14.7.1 有没有介绍麒麟系统移植的，即下载标准的 iso 镜像提取 rootfs.squafs 来移植

可以参考SDK中移植文档介绍，也适用于麒麟 os，但麒麟 os 相对比较封闭，如果要效果比较好，可以找到麒麟拿对接 RK 平台的镜像。

14.7.2 适配过哪些国产OS

统信、麒麟有适配过。另外鸿蒙社区目前正在做RK3588、RK356X、RK3399的适配。具体进展也可以咨询我司业务，或者关注鸿蒙开源社区。

14.7.3 是否支持 UEFI 的引导启动

RK3588 会优先支持UEFI

14.8 显示相关问题

14.8.1 鼠标闪烁问题

“参考SDK docs下vop相关文档配置primary及鼠标图层为非cluster图层”

有些芯片端支持存在smart esmart cluster这些类型图层，其中cluster被默认设置为鼠标图层，依赖SDK中的一些特殊处理。

有些客户应用使用不支持cluster图层的使用方式，需要改用其他类型图层（如smart、esmart）作为鼠标图层，比如：

```
&vp0 {
cursor-win-id = <ROCKCHIP_VOP2_SMART0>;
};
```

14.8.2 如何使视频送显到视频层

drm 有接口，可以查询到 plane 的 type。具体可以参考 gstreamer 的 kmssink 方式。

14.8.3 wayland 多屏异显模式如何配置每个屏幕的位置，比如左右或者上下位置的

weston 异显只支持左右排列，按照屏幕加载顺序， 具体可以参考 `<SDK>/docs/cn/Linux/*/Rockchip_Developer_Guide_Buildroot_Weston_CN.pdf` 2.9 多屏配置

14.8.4 Debian xserver 版本是多少

Debian10使用 xserver1.20.4，Debian11使用 xserver1.20.11

14.9 浏览器相关问题

14.9.1 chromium R114缩放问题

使用--force-device-scale-factor=1.5参数会使整个屏幕显示变小，从而导致无法全屏显示

chromium wayland端该功能较新版本只适配了google定制的aura wayland协议，在标准的weston下存在bug。

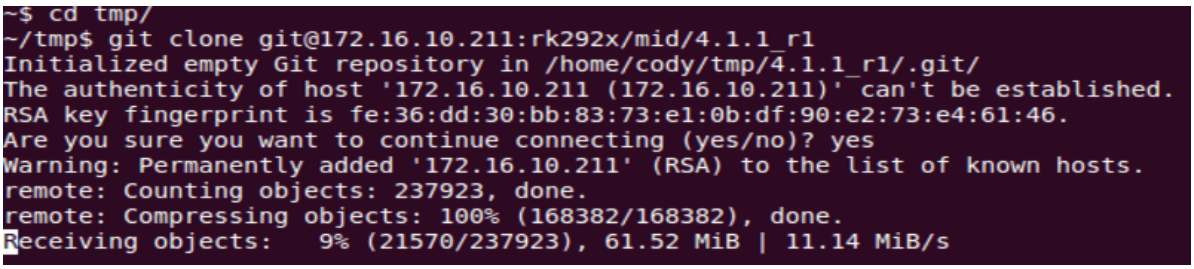
15. Chapter-15 SSH 公钥操作说明

请根据《Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN》文档说明操作，生成 SSH 公钥，发邮件至fae@rock-chips.com，申请开通 SDK 代码。
该文档会在申请开通权限流程中，释放给客户使用。

15.1 多台机器使用相同 SSH 公钥

在不同机器使用，可以将你的 SSH 私钥文件 id_rsa 拷贝到要使用的机器的 “~/.ssh/id_rsa” 即可。
在使用错误的私钥会出现如下提示，请注意替换成正确的私钥

添加正确的私钥后，就可以使用 git 克隆代码，如下图。



添加 ssh 私钥可能出现如下提示错误。

```
Agent admitted failture to sign using the key
```

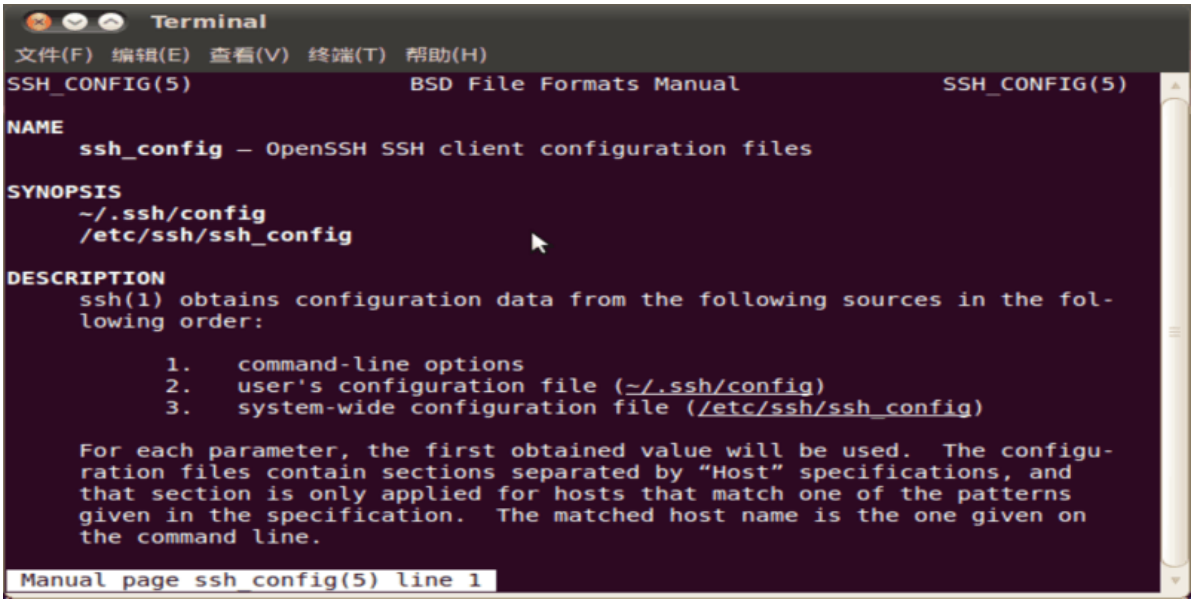
在 console 输入如下命令即可解决。

```
ssh-add ~/.ssh/id_rsa
```

15.2 一台机器切换不同 SSH 公钥

可以参考 ssh_config 文档配置 SSH。

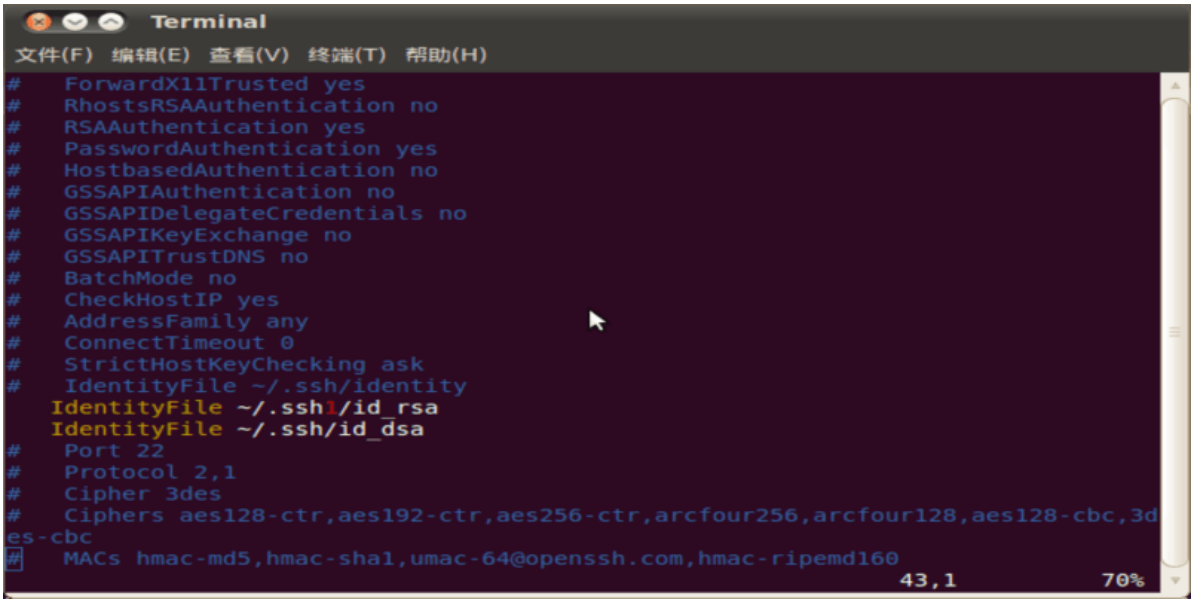
```
~$ man ssh_config
```



通过如下命令，配置当前用户的 SSH 配置。

```
~$ cp /etc/ssh/ssh_config ~/.ssh/config
~$ vi .ssh/config
```

如图，将 SSH 使用另一个目录的文件 “~/.ssh1/id_rsa” 作为认证私钥。通过这种方法，可以切换不同的的密钥。



15.3 密钥权限管理

服务器可以实时监控某个 key 的下载次数、IP 等信息，如果发现异常将禁用相应的 key 的下载权限。
请妥善保管私钥文件。并不要二次授权与第三方使用。

15.4 参考文档

更多详细说明，可参考文档

`<SDK>/docs/cn/Others/Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN.pdf`

。