

Rockchip Linux 软件开发指南

文档标识: RK-KF-YF-902

发布版本: V1.0.0

日期: 2021-04-10

文件密级: ☐绝密 ☐秘密 ☐内部资料 ☒公开

免责声明

本文档按“现状”提供, 瑞芯微电子股份有限公司(“本公司”, 下同)不对本文档的任何陈述、信息和内容的准确性、可靠性、完整性、适销性、特定目的性和非侵权性提供任何明示或暗示的声明或保证。本文档仅作为使用指导的参考。

由于产品版本升级或其他原因, 本文档将可能在未经任何通知的情况下, 不定期进行更新或修改。

商标声明

“Rockchip”、“瑞芯微”、“瑞芯”均为本公司的注册商标, 归本公司所有。

本文档可能提及的其他所有注册商标或商标, 由其各自所有者所有。

版权所有© 2021 瑞芯微电子股份有限公司

超越合理使用范畴, 非经本公司书面许可, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。

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

各芯片系统支持状态

芯片名称	Buildroot版本	Debian版本	Yocto版本	Kernel版本	SDK版本
RK3566、 RK3568	2018.02-rc3	10	3.2	4.19	V1.0.0

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

目录

Rockchip Linux 软件开发指南

1. Rockchip Linux SDK 软件包
 - 1.1 简介
 - 1.2 Rockchip Linux 通用软件包获取方法
 - 1.2.1 通过代码服务器下载
 - 1.2.2 通过本地压缩包解压获取
 - 1.3 SDK适配硬件全自动编译汇总
2. 文档说明
 - 2.1 通用开发指导文档 (Common)
 - 2.2 外设支持列表 (AVL)
 - 2.2.1 DDR支持列表
 - 2.2.2 eMMC支持列表
 - 2.2.2.1 高性能eMMC颗粒的选取
 - 2.2.3 SPI Nor及SLC Nand支持列表
 - 2.2.4 Nand Flash支持列表
 - 2.2.5 WIFI/BT支持列表
 - 2.2.6 Camera支持列表
 - 2.3 芯片平台相关文档 (Socs)
 - 2.3.1 SDK软件包适用的硬件开发指南
 - 2.3.2 多媒体编解码支持列表
 - 2.4 Linux 系统开发文档 (Linux)
 - 2.5 其他参考文档 (Others)
 - 2.6 文件目录结构 (docs_list.txt)
3. 工具说明
 - 3.1 驱动安装工具
 - 3.2 开发烧写工具
 - 3.3 打包工具
 - 3.4 SD升级启动制作工具
 - 3.5 写号工具
 - 3.6 固件签名工具
 - 3.7 烧录器升级工具
 - 3.8 PCBA测试工具
 - 3.9 DDR焊接测试工具
 - 3.10 eFuse烧写工具
 - 3.11 量产升级工具
 - 3.12 分区修改工具
 - 3.13 IPC工具
 - 3.14 EQTool工具
4. SDK软件架构
 - 4.1 SDK工程目录介绍
 - 4.2 SDK概述
 - 4.2.1 Distribution
 - 4.2.2 Buildroot
 - 4.2.3 Yocto
 - 4.3 SDK软件框图
 - 4.4 SDK开发流程
5. SDK 开发环境搭建
 - 5.1 概述
 - 5.2 Linux服务器开发环境搭建
 - 5.2.1 发布包使用Linux服务器系统版本
 - 5.2.2 网络环境搭建
 - 5.2.3 安装依赖包
 - 5.2.4 交叉编译工具链介绍
 - 5.3 Window PC 开发环境搭建
 - 5.3.1 开发工具安装

- 5.3.2 Rockchip USB 驱动安装
 - 5.3.3 Windows 烧录工具使用
 - 5.3.4 目标硬件板准备
- 6. SDK 安装准备工作
 - 6.1 简要介绍
 - 6.2 安装 repo
 - 6.3 Git 配置
 - 6.4 SDK 获取
 - 6.4.1 SDK 下载命令
 - 6.4.2 SDK 代码压缩包
 - 6.4.3 软件更新记录
 - 6.5 SDK 更新
 - 6.6 SDK 问题反馈
- 7. SDK 编译
 - 7.1 U-Boot 编译
 - 7.2 Kernel 编译
 - 7.3 Recovery 编译
 - 7.4 Buildroot 编译
 - 7.4.1 Rootfs 编译
 - 7.4.2 模块编译
 - 7.5 Debian 编译
 - 7.6 Yocto 编译
 - 7.7 全自动编译
- 8. SDK 固件升级
 - 8.1 烧写模式介绍
 - 8.1.1 Windows 刷机说明
 - 8.1.2 Linux 刷机说明
 - 8.1.3 系统分区说明
- 9. SDK 开发
 - 9.1 U-Boot 开发
 - 9.1.1 U-Boot 简介
 - 9.1.2 版本
 - 9.1.3 平台编译
 - 9.1.3.1 下载rkbin
 - 9.1.3.2 下载GCC
 - 9.1.3.3 选择defconfig
 - 9.1.3.4 编译
 - 9.1.3.5 启动流程
 - 9.1.3.6 快捷键
 - 9.2 Kernel 开发
 - 9.2.1 DTS 介绍
 - 9.2.1.1 DTS 概述
 - 9.2.1.2 新增一个产品 DTS
 - 9.2.2 内核模块开发文档
 - 9.2.3 GPIO
 - 9.2.4 CPU、GPU、DDR 频率修改
 - 9.2.5 温控配置
 - 9.2.6 LPDDR4 配置
 - 9.2.7 SD卡配置
 - 9.3 Recovery 开发
 - 9.3.1 简介
 - 9.3.2 调试
 - 9.4 Buildroot 开发
 - 9.4.1 环境变量的设定
 - 9.4.2 编译模块和系统
 - 9.4.3 开发相关模块
 - 9.4.4 定制相关模块
 - 9.5 Debian 10开发

- 9.6 Yocto 开发
- 9.7 多媒体开发
- 9.8 Graphics 开发
- 9.9 应用开发
- 9.10 安全机制开发
- 9.11 WIFI/BT开发
- 10. SDK 测试
 - 10.1 Benchmark 测试
 - 10.2 Rockchip 模块和压力测试
- 11. SDK 调试
 - 11.1 版权检测工具
 - 11.1.1 Buildroot
 - 11.1.2 Debian
 - 11.1.3 Yocto
- 12. 开源
 - 12.1 github
 - 12.2 wiki
 - 12.3 upstream
- 13. 常见问题（FAQ）
- 14. SSH 公钥操作说明
 - 14.1 多台机器使用相同 SSH 公钥
 - 14.2 一台机器切换不同 SSH 公钥
 - 14.3 密钥权限管理
 - 14.4 参考文档

1. Rockchip Linux SDK 软件包

1.1 简介

Rockchip Linux SDK 支持三个系统, 其中 Buildroot 是基于2018.02-rc3上开发, Yocto 是基于 Gatesgarth 3.2 上开发, 以及Debian是基于Buster上开发, 内核基于 Kernel 4.4或Kernel 4.19, 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。

目前支持 VPU 硬解码、GPU 3D、Wayland 显示、QT 等功能。具体功能调试和接口说明, 请阅读工程目录 docs/下文档。

备注: Yocto 在国内开发难度比较大, 所以推荐使用Buildroot、Debian去开发, 同时大部分 Rockchip Linux 软件工程师是基于 Buildroot 上开发。

1.2 Rockchip Linux 通用软件包获取方法

1.2.1 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, 请参考第 15 节 [SSH 公钥操作说明](#)。

Rockchip Linux SDK 下载命令如下:

芯片	下载命令
RK3566、RK3568	<pre>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 rk356x -m \ rk356x_linux_release.xml</pre>

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
```

1.2.2 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 RK356X_LINUX_SDK_V1.0.0_20210410.tgz 为例, 拷贝到该初始化包后, 通过如下命令可检出源码:

```
mkdir rk356x
tar xvf RK356X_LINUX_SDK_V1.0.0_20210410.tgz -C rk356x
cd rk356x
.repo/repo/repo sync -l
.repo/repo/repo sync -c --no-tags
```

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 --no-tags` 命令同步更新。

目前Linux发布的SDK初始压缩包如下：

芯片名称	压缩包	版本
RK3566、RK3568	RK356X_Linux_SDK_V1.0.0_20210410.tgz	v1.0.0
PX3SE	px3se_linux_beta_v0.2_20180710.tgz	v1.00
RV1108	rv1108_linux_sdk_v2.3.0_20191009.tar.gz	v2.3.4
RV1109、RV1126	rv1126_rv1109_linux_sdk_v1.1.0_20200717.tar.bz2	v1.1.0
RK1808、RK1806	rk1808_linux_v1.1.5_20200320.tgz	v1.1.5
RK3036	rk3036g_linux_echo_v1.0_20170531.tar.bz2	v1.2
RK312x	rk312x_linux_release_v1.1.3_20200317.tgz	v1.1.3
RK3229	RK3229_LINUX_ECHO-SDK_V1.10_20171013.tgz	v1.1.0
RK3288	rk3288_linux_sdk_release_v2.3.0_20201203.tgz	v2.3.0
RK3308	RK3308_Linux_SDK_V1.3.2_20191031.tar.gz	v1.3.2
PX30	px30_linux_sdk_release_v1.3.0_20200224.tar.gz	v1.4.0
RK3326	rk3326_linux_sdk_release_v1.4.0_20201203.tar.gz	v1.4.0
RK3328	rk3328_linux_beta_20200402.tgz	v1.00
RK3399	rk3399_linux_sdk_release_v2.5.1_20201203.tgz	v2.5.1
RK3399PRO	rk3399pro_linux_sdk_release_v1.4.0_20201203.tgz	v1.4.0

注意：初始压缩包可能有新版本替换更新！

1.3 SDK适配硬件全自动编译汇总

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 ./mkfirmware.sh 进行固件打包

./build.sh     # 在 ./build.sh all 基础上
               # 1. 增加固件打包 ./mkfirmware.sh
               # 2. update.img 打包
               # 3. 复制 rockdev 目录下的固件到 IMAGE/***_RELEASE_TEST/IMAGES 目录
               # 4. 保存各个模块的补丁到 IMAGE/***_RELEASE_TEST/PATCHES 目录
               # 注: ./build.sh 和 ./build.sh allsave 命令一样

```

默认是 Buildroot，可以通过设置环境变量 RK_ROOTFS_SYSTEM 指定 rootfs。RK_ROOTFS_SYSTEM 目前可设定三个类型：buildroot、debian、yocto。

如需要 debain 可以通过以下命令进行生成：

```

$export RK_ROOTFS_SYSTEM=debian
$./build.sh

```

硬件列表全自动编译汇总如下：

芯片	类型	板级配置	一键编译	kernel 编译	uboot 编译
RK3566	通用	BoardConfig-rk3566-evb2-lp4x-v10.mk	./build.sh device/rockchip/rk356x/BoardConfig-rk3566-evb2-lp4x-v10.mk && ./build.sh	./build.sh kernel	./build.sh uboot
RK3568	通用	BoardConfig-rk3568-evb1-ddr4-v10.mk	./build.sh device/rockchip/rk356x/BoardConfig-rk3568-evb1-ddr4-v10.mk && ./build.sh	./build.sh kernel	./build.sh uboot
RK3568	NVR	BoardConfig-rk3568-nvr.mk	./build.sh device/rockchip/rk356x/BoardConfig-rk3568-nvr.mk && ./build.sh	./build.sh kernel	./build.sh uboot

2. 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 目录下附带了 Common（通用开发指导文档）、Socs（芯片平台相关文档）、Linux（Linux 系统开发指南）、Others（其他参考文档）、docs_list.txt (docs 文件目录结构)。

2.1 通用开发指导文档 (Common)

详见 /docs/Common 各子目录下的文档。

2.2 外设支持列表 (AVL)

DDR/eMMC/NAND FLASH/WIFI-BT/CAMERA等支持列表实时更新在redmine上,链接如下:

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

2.2.1 DDR支持列表

Rockchip 平台 DDR 颗粒支持列表，详见 /docs/Common/AVL 目录下《Rockchip_Support_List_DDR_V2.46.pdf》，下表中所标示的DDR支持程度表，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

2.2.2 eMMC支持列表

Rockchip 平台 eMMC 颗粒支持列表，详见 /docs/Common/AVL 目录下《RKeMMCSupportList Ver1.56_20210325.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

2.2.2.1 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 Datasheet 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。

[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

2.2.3 SPI Nor及SLC Nand支持列表

Rockchip 平台 SPI Nor 及 SLC Nand 支持列表，详见 /docs/Common/AVL 目录下《RK SpiNor and SLC Nand SupportList Ver1.31_20210303.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

2.2.4 Nand Flash支持列表

Rockchip 平台 Nand Flash 支持列表，详见 /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

2.2.5 WIFI/BT支持列表

Rockchip 平台 WIFI/BT 支持列表，详见 /docs/Common/AVL 目录下

《Rockchip_Support_List_WiFi_and_BT_20190801_EN.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。

成熟度详见文档中说明：

Perfect > Very Good > Good > Preliminary > X

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

2.2.6 Camera支持列表

Rockchip 平台 Camera 支持列表，详见 /docs/Common/AVL 目录下

《Rockchip_Camera_Module_AVL_v2.1.pdf》，文档列表中为目前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。

注释：

1.该表格中模组，Rockchip 向模组厂直接采购模组进行效果调试，客户按照模组编号向模组厂采购(可更改FPC连接线)，未改变模组结构以及配置前提下，Rockchip、模组厂尽量保证效果可以直接使用；

2.调试状态：(Y：调试完成，N：尚未调试完成)

IQ：效果调试状态

driver(linux)：适配 Rockchip Linux 系统的 sensor driver，具体详见 driver 目录说明；

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

2.3 芯片平台相关文档 (Socs)

详见 \docs\芯片名称 目录下的文档。

2.3.1 SDK软件包适用的硬件开发指南

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 /docs/芯片名称/ 目录下相关文档。

2.3.2 多媒体编解码支持列表

Rockchip芯片比如RK3399/RK3399Pro 支持强大的多媒体功能：支持 4K VP9 and 4K 10bits H265/H264 视频解码，高达 60fps，1080P 多格式视频解码 (WMV, MPEG-1/2/4, VP8)，1080P 视频编码，支持 H.264，VP8 格式，视频后期处理器：反交错、去噪、边缘/细节/色彩优化。

具体的编解码支持列表,详见 /docs/芯片名称/xxxMultimedia Codec Benchmarkxxx.pdf。

注意：这是芯片的支持情况,实际搭配不同系统可能支持格式和性能会有所不同。

2.4 Linux 系统开发文档 (Linux)

详见 /docs/Linux 目录下的文档。

2.5 其他参考文档 (Others)

其他参考文档，比如Linux 软件测试指南、Rockchip SDK申请及同步指南、Rockchip Bug 系统使用指南等，详见 /docs/Others 目录下的文档。

2.6 文件目录结构 (docs_list.txt)

详见 /docs/docs_list.txt 文档。

```
|— Common
|— docs_list.txt
|— Linux
|— Others
|— RK_Linux_SDK_Supported_System_Kernel_Version_and_ISP_Version_List.png
|— Socs
```

3. 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）、windows（Windows操作系统环境下使用工具）。

- Windows工具

工具说明文档：tools/windows/ToolsRelease.txt

工具名称	工具用途
RKDevTool	分立升级固件及整个update升级固件工具
FactoryTool	量产升级工具
SecureBootTool	固件签名工具
efuseTool	efuse烧写工具
RKDevInfoWriteTool	写号工具
SDDiskTool	SD卡镜像制作
SpIImageTools	烧录器升级工具
DriverAssitant	驱动安装工具
RKImageMaker	打包工具(打包成updata.img)
SpeakerPCBATool	音箱PCBA测试工具
RKDevTool_Release	固件烧录工具
ParameterTool	分区表修改工具
RK_IPCamera_Tool	IPC设备搜索工具

- Linux工具

工具说明文档：tools/linux/ToolsRelease.txt

工具名称	工具用途
Linux_Pack_Firmware	固件打包工具(打包成updata.img)
Linux_Upgrade_Tool	烧录固件工具
Linux_SecureBoot	固件签名工具
Linux_TA_Sign_Tool	loader（miniloader/trust/uboot）签名工具
Linux_SecurityAVB	boot/recovery签名工具
Linux_SecurityDM	rootfs签名工具
Firmware_Merger	SPI NOR固件打包工具(生成的固件可以用于烧录器)

3.1 驱动安装工具

Rockchip USB 驱动安装助手存放在 /tools/windows/DriverAssitant_xxx.zip。支持 xp,win7_32,win7_64, win10_32,win10_64等操作系统。

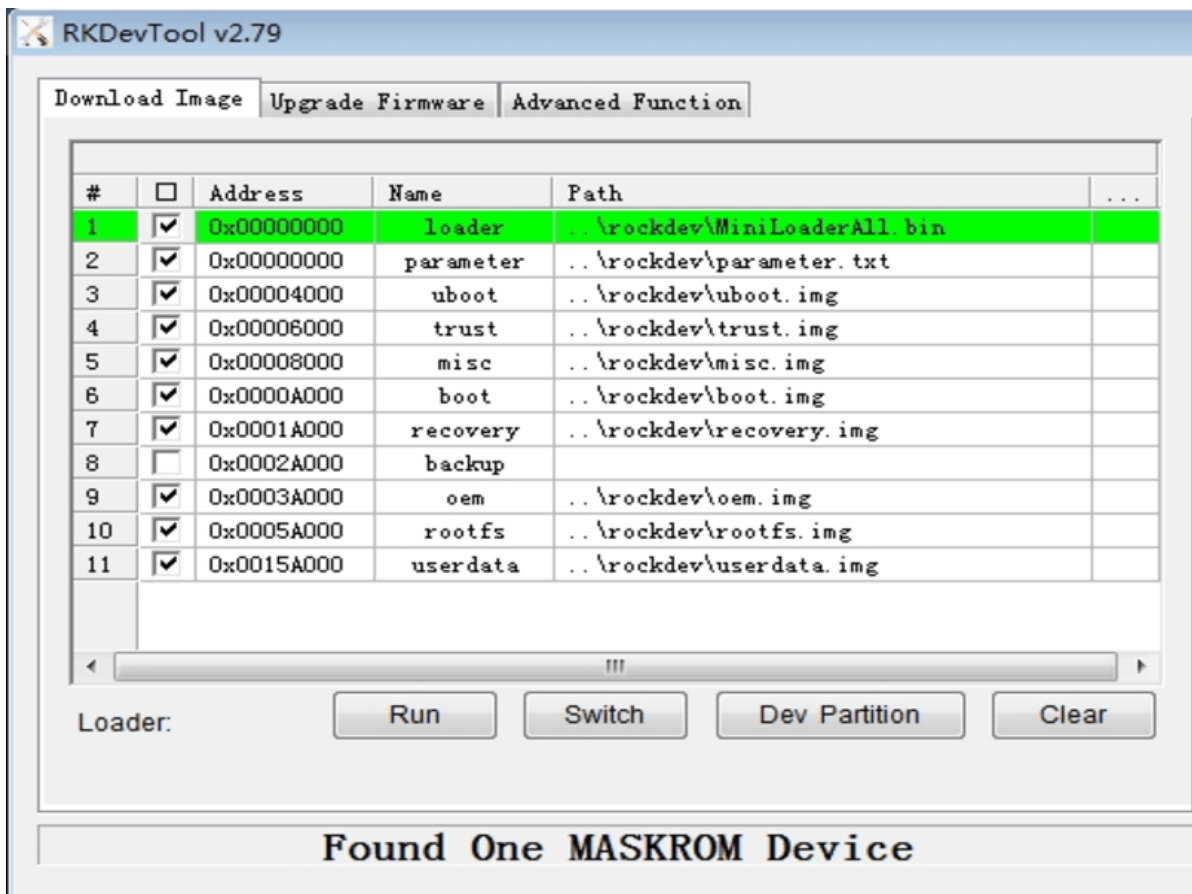
安装步骤如下：



3.2 开发烧写工具

- SDK 提供 Windows 烧写工具(工具版本需要 V2.55 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 V1.33 或以上), 工具位于工程根目录:

```
<SDK>/Tools/linux/Linux_Upgrade_Tool/
```

```
Linux_Upgrade_Tool$ sudo ./upgrade_tool -h
Program Data in /home/wxt/.config/upgrade_tool

-----Tool Usage -----
Help:                H
Quit:                Q
Version:             V
Clear Screen:       CS
-----Upgrade Command -----
ChooseDevice:       CD
ListDevice:         LD
SwitchDevice:       SD
UpgradeFirmware:    UF <Firmware> [-noreset]
UpgradeLoader:      UL <Loader> [-noreset]
DownloadImage:      DI <-p|-b|-k|-s|-r|-m|-u|-t|-re image>
DownloadBoot:       DB <Loader>
EraseFlash:         EF <Loader|firmware> [DirectLBA]
PartitionList:      PL
WriteSN:            SN <serial number>
ReadSN:             RSN
-----Professional Command -----
TestDevice:         TD
ResetDevice:        RD [subcode]
ResetPipe:          RP [pipe]
ReadCapability:     RCB
ReadFlashID:        RID
```

```

ReadFlashInfo:      RFI
ReadChipInfo:       RCI
ReadSector:         RS  <BeginSec> <SectorLen> [-decode] [File]
WriteSector:         WS  <BeginSec> <File>
ReadLBA:            RL  <BeginSec> <SectorLen> [File]
WriteLBA:           WL  <BeginSec> <File>
EraseLBA:           EL  <BeginSec> <EraseCount>
EraseBlock:         EB  <CS> <BeginBlock> <BlockLen> [--Force]
-----

```

3.3 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
```

3.4 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。

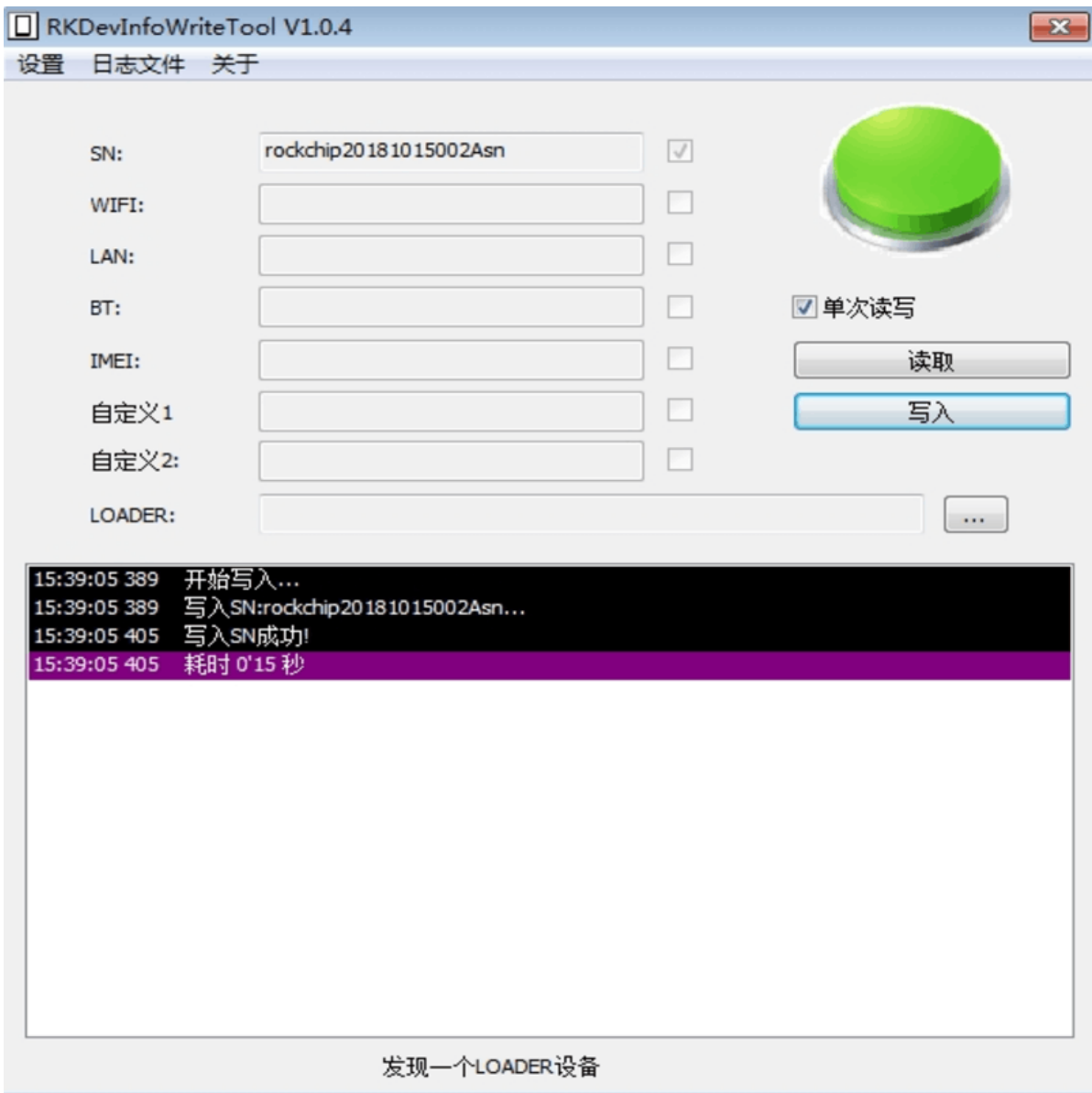
```
<SDK>/tools/windows/SDDiskTool_v1.62.zip
```



3.5 写号工具

/tools/windows/RKDevInfoWriteTool_Setup_V1.0.4_0422.zip

解压RKDevInfoWriteTool_Setup_V1.0.4_0422.zip后安装,以管理员权限打开软件，工具使用参考当前目录《RKDevInfoWriteTool使用指南.pdf》。

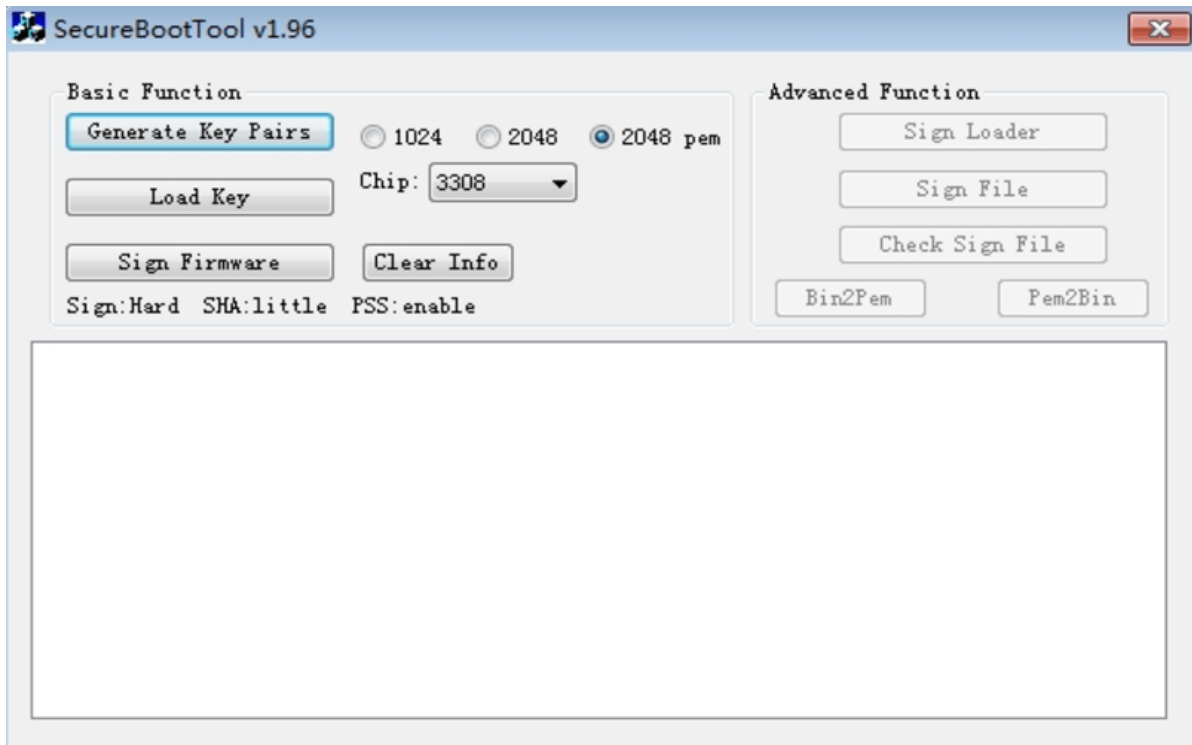


3.6 固件签名工具

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_v1.96
```



- 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/Linux/Security/Rockchip_Developer_Guide_Linux4.4_SecureBoot_CN.pdf 中签名工具使用说明。

3.7 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/SpiImageTools_v1.41.zip
```



烧录器镜像制作步骤:

1. 点击”选择固件”，选取 update.img 升级固件
2. 勾选”数据区预留”
3. 空白填充选择 0
4. 点击”生成文件”，成功时会在工具目录下生成 boot0.bin 和 data.bin。
5. 将 data.bin 烧录到 emmc user 分区的 0 地址。

3.8 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。

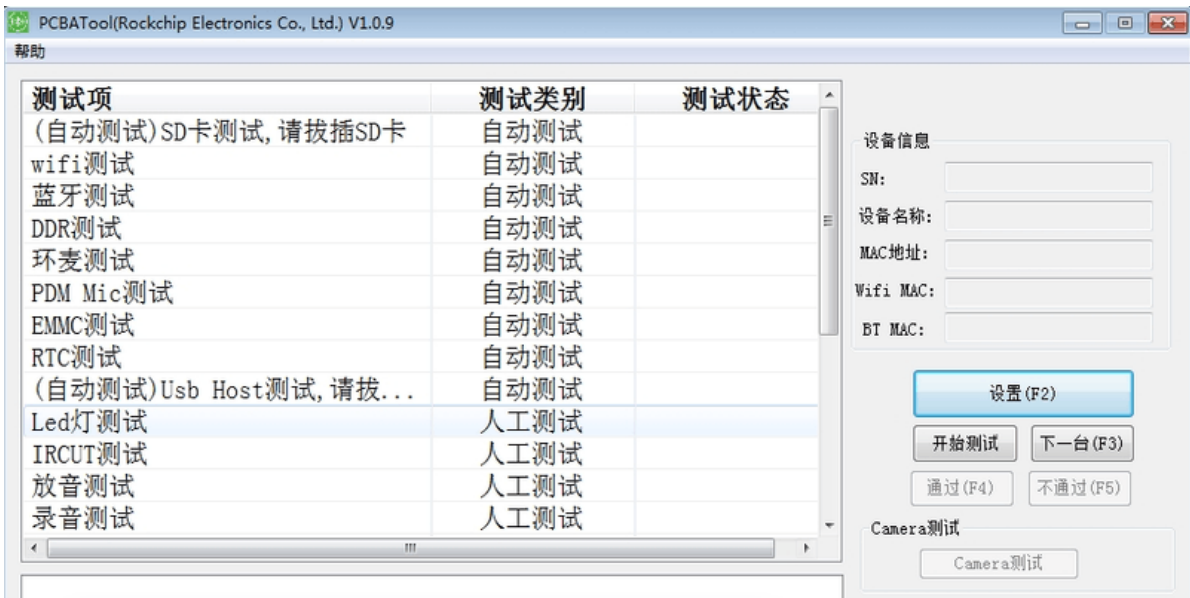
这些测试项目包括自动测试项和手动测试项,无线网络、DDR/EMMC、以太网为自动测试项,按键、SD卡、USB HOST、Codec、为手动测试项目。

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:

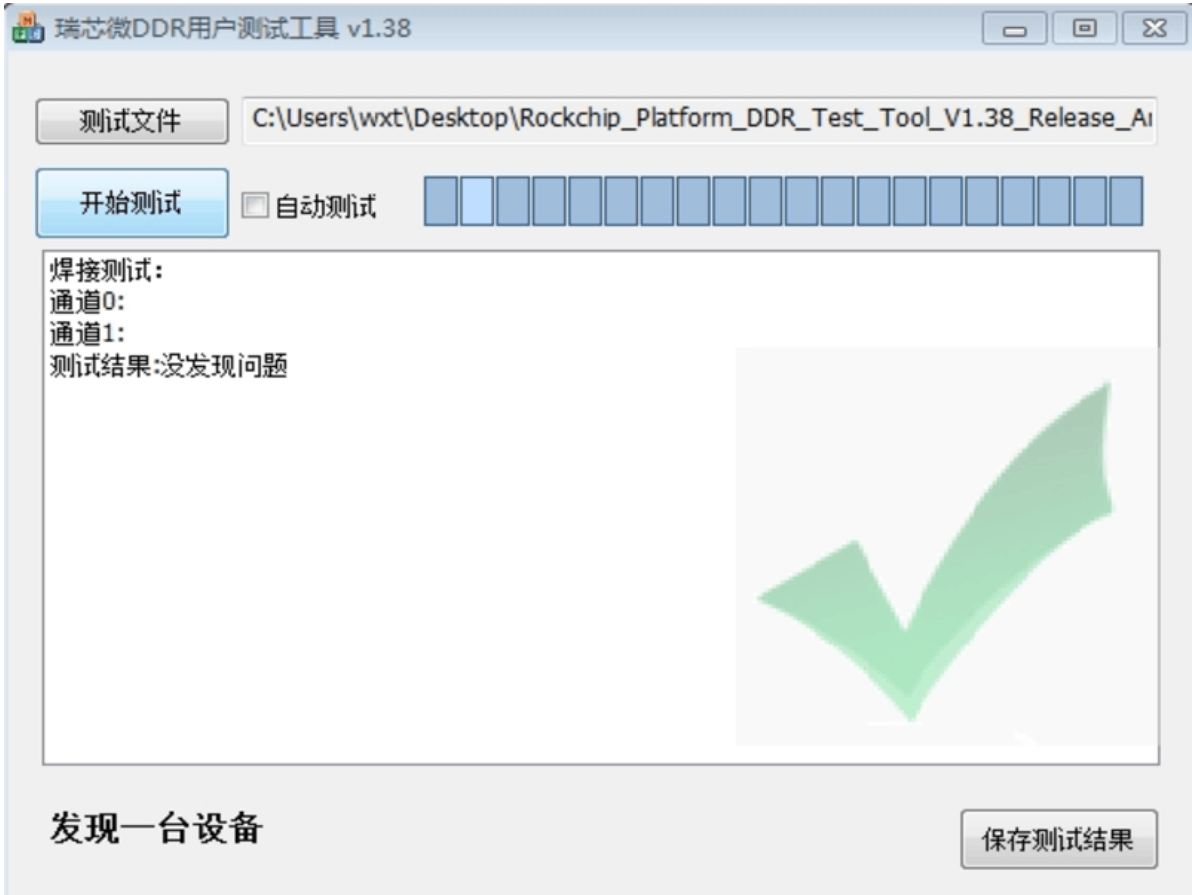
/tools/windows/RKPCBATool_V1.0.9/Rockchip PCBA测试开发指南_1.10.pdf



3.9 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/Rockchip_Platform_DDR_Test_Tool_V1.38_Release_Annoucement_CN.7z
<SDK>/tools/windows/Rockchip_Platform_DDR_Test_Tool_V1.38_Release_Annoucement_EN.7z
```

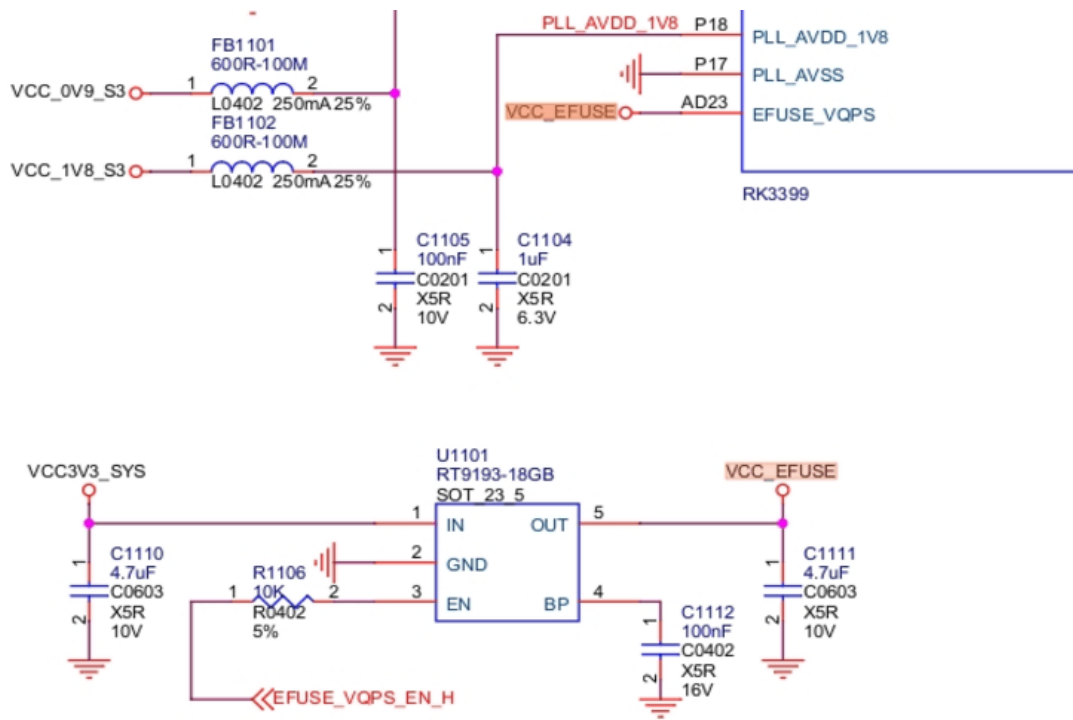


3.10 eFuse烧写工具

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

```
<SDK>/tools/windows/EfuseTool_v1.4.zip
```

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。

3.11 量产升级工具

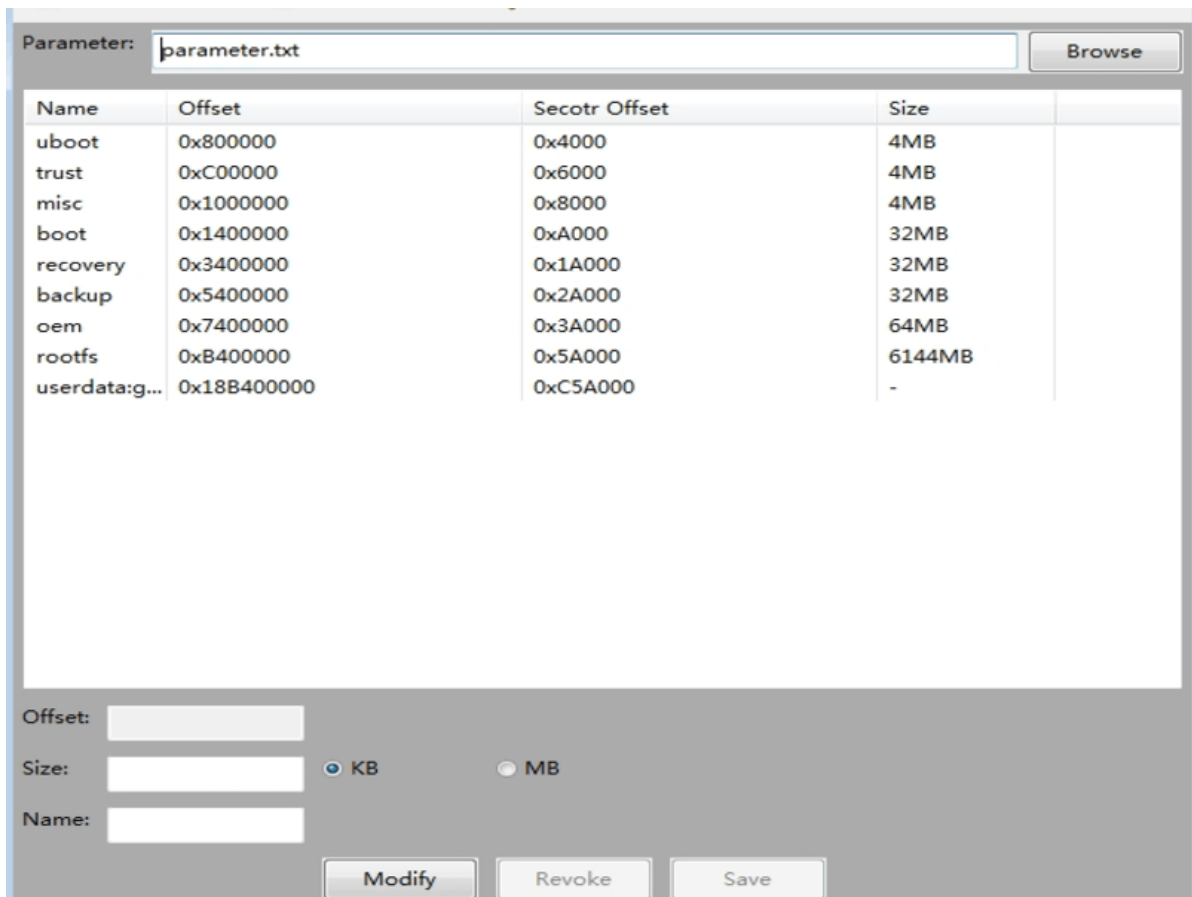
用于工厂批量烧写固件:

```
<SDK>/tools/windows/FactoryTool_v1.68.02.zip
```

3.12 分区修改工具

用于Paramter.txt中的分区修改工具:

```
<SDK>/tools/windows/ParameterTool_v1.0.zip
```



3.13 IPC工具

用于IPC设备搜索工具，该工具位于：

```
<SDK>/tools/windows/RK_IPCamera_Tool-V1.1.zip
```

3.14 EQTool工具

EQ_DRC工具(Equalizer& Dynamic Range Control Tool)是语音均衡器和动态范围规划调参工具——以下简称EQTool。使用该工具可以在线调试各类音频参数,适用于RK3308。

该工具位于：

```
<SDK>/tools/windows/eq_drc_tool-v1.23.zip
```

4. SDK软件架构

4.1 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。其中一些特性芯片如RK3308/RV1108/RV1109/RV1126等，会有所不同。每个目录或其子目录会对应一个 git 工程，提交需要在各自的目录下进行。

- app: 存放上层应用 app，主要是 qcamera/qfm/qplayer/settings 等一些应用程序。
- buildroot: 基于 buildroot (2018.02-rc3) 开发的根文件系统。
- debian: 基于 debian 10 开发的根文件系统，支持部分芯片。
- device/rockchip: 存放各芯片板级配置和Parameter文件，以及一些编译与打包固件的脚本和预备文件。
- docs: 存放芯片模块开发指导文档、平台支持列表、芯片平台相关文档、Linux开发指南等。
- IMAGE: 存放每次生成编译时间、XML、补丁和固件目录。
- external: 存放第三方相关仓库,包括音频、视频、网络、recovery 等。
- kernel: 存放 kernel 4.4 或 4.19 开发的代码。
- prebuilts: 存放交叉编译工具链。
- rkbin: 存放 Rockchip 相关的 Binary 和工具。
- rockdev: 存放编译输出固件。
- tools: 存放 Linux 和 Windows 操作系统环境下常用工具。
- u-boot: 存放基于 v2017.09 版本进行开发的 uboot 代码。
- yocto: 基于 yocto gatesgarth 3.2 开发的根文件系统，支持部分芯片。

4.2 SDK概述

4.2.1 Distribution

Distribution 就是我们日常在 Linux Host 上使用的那些系统。

如果是基于 Distribution 开发应用，事情相对变得简单。因为整个环境的配置，只要从网络源下已经编译和配置好的二进制包就可以了。比如，需要 qtmultimedia，python时，不需要关心 qtmultimedia 有哪些依赖，python 编译要做什么配置。比如在开发一些重度的 Web 应用，基于 python，nodejs 的后端，配置 nginx，iptables 等，如果想基于 Buildroot 和 Yocto 进行开发，恐怕需要准备一个庞大团队才能完成。

缺点也较明显，没办法定制，就带来了冗余和缺损。冗余的体现就是更大的体积，比如 Xserver，系统默认的 Xserver 都会开启 selinux，glx这些嵌入式系统上根本用不到的功能，占用空间会更大。同样的功能，Yocto可能做出来占用空间 500 Mb，而 Debian 需要 1 个 Gb空间。缺损的体现就是性能损失，没有做到最优的配置，比如QT，默认发行版的都没有开启 gles 的支持，默认都是使用 gl，而嵌入式系统上使用的都是 gles，这就导致在发行版上运行 QT 的时候，UI都是通过软件的 gl 来完成，而没走硬件的 gles，性能出现了损失。

4.2.2 Buildroot

Rockchip Buildroot Linux SDK 是基于 Buildroot-2018.02 的版本的软件开发包，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。你可以通过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。

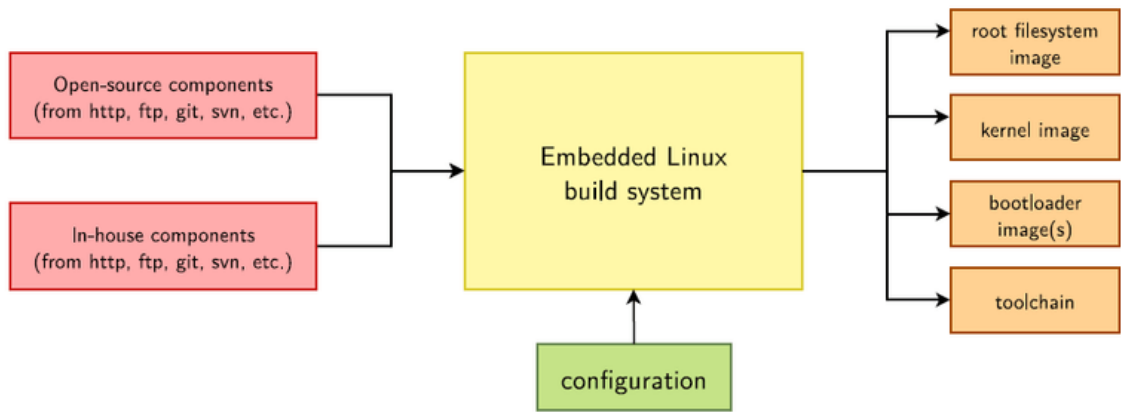


图4-1 Buildroot编译框图

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；
- 方便各系统组件配置及定制开发。

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 的地方：简单化。整个 Buildroot project 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。

4.2.3 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 project 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 Qt，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，每个人都分享自己低质量垃圾包到 github 上,这样的机制保证了我们可以从互联网复用别人的工作成果，相当有价值。

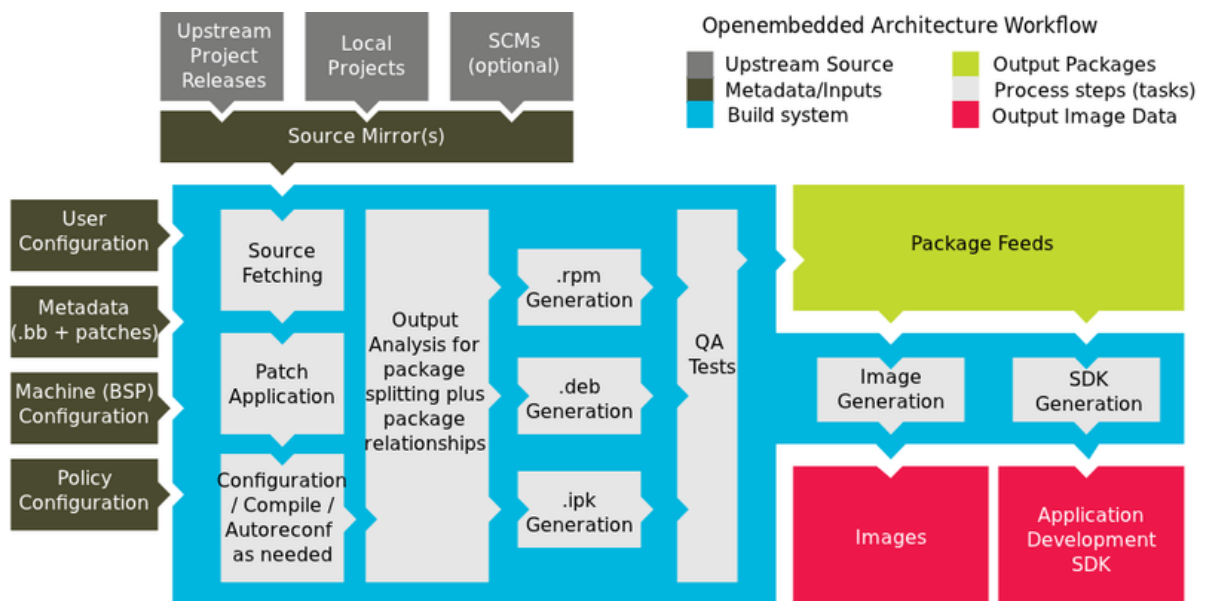


图4-2 Yocto编译框图

Yocto 有一个非常灵活的构建系统，允许用户使用shell 和 python 处理各种特殊情况。更多Yocto参考如下：

- [Yocto](#)
- [Rockchip Yocto](#)
- [Yocto stable branch](#)

4.3 SDK软件框图

SDK 软件框图4-3 所示， 从下至上分为Bootloader、Linux Kernel、Libraries、Applications四个层次。各层次内容如下：

- Bootloader层主要提供底层系统支持包，如Bootloader、U-Boot、ATF相关支持。
- Kernel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。
- Libraries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。
- Applications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案程序库支持，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。

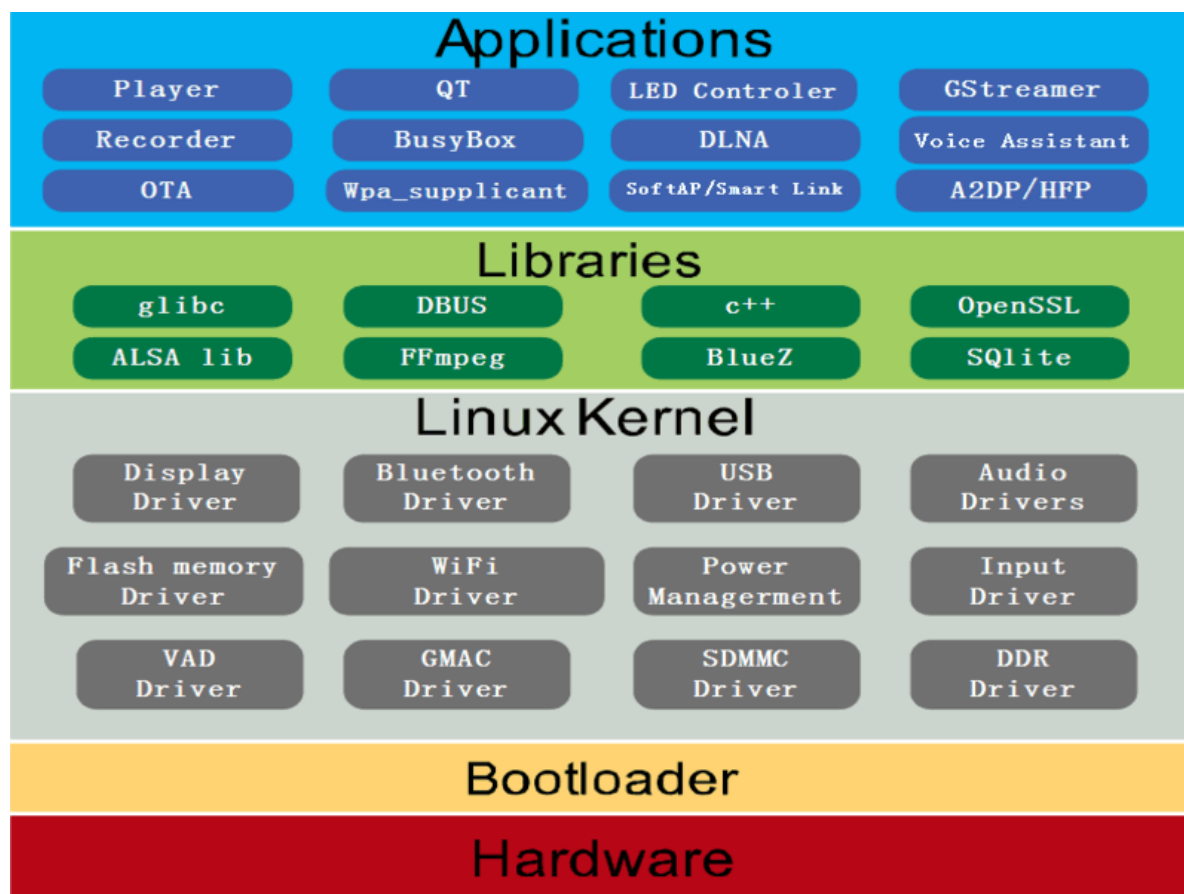


图4-3 SDK软件框图

SDK 系统启动流程如图4-3.1所示。

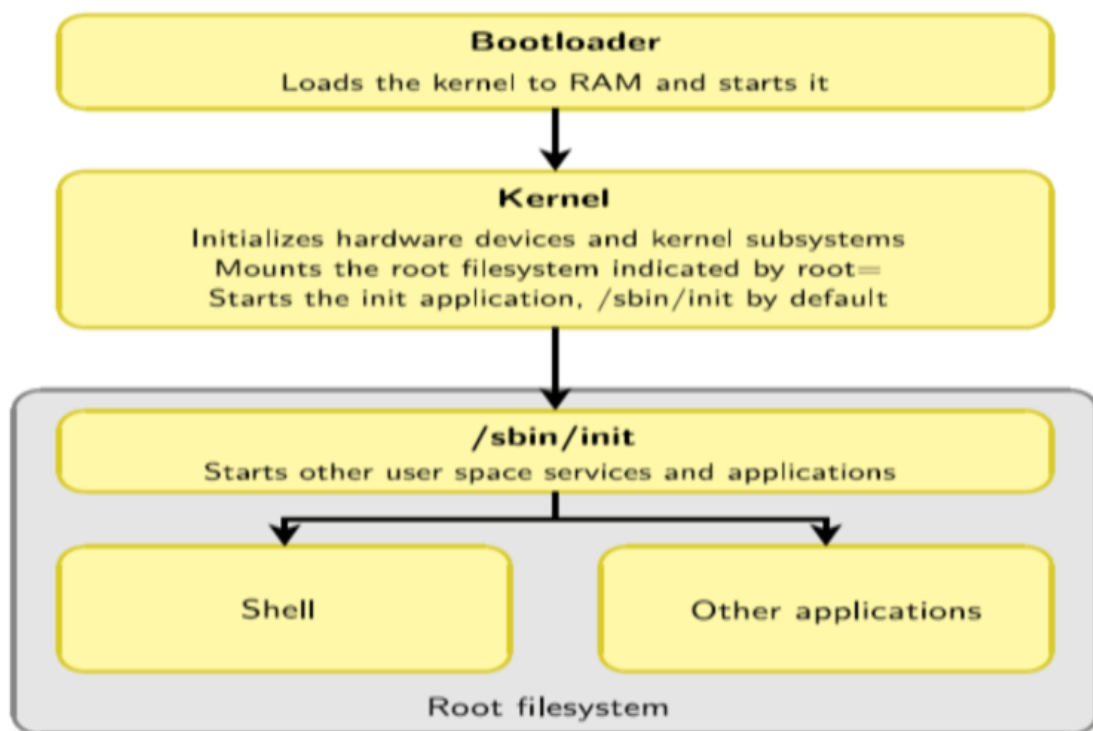


图4-3.1 SDK启动流程

4.4 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。

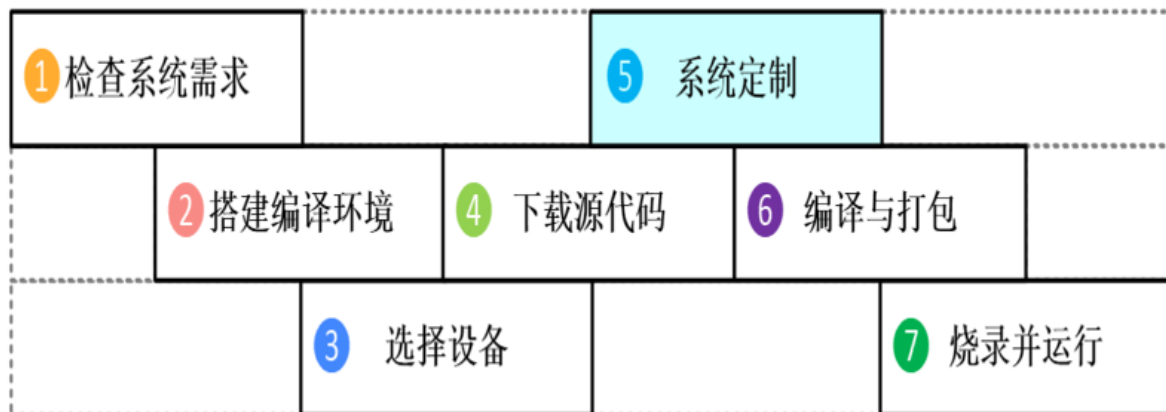


图4-4 SDK开发流程

如图4-4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5章开发环境搭建, 获知Rockchip Linux 已经验证过的 Linux 操作系统版本, 编译时依赖的库文件等。
- **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 6.4 节 SDK获取。
- **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 (详见 9.1 节 U-Boot开发)、Kernel (详见 9.2 节Kernel 开发) 及Buildroot (详见 9.4 节 Buildroot开发), 请参考章节中相关开发指南和配置的描述。

- 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 7 章 SDK编译。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 8.1 节 SDK镜像烧写。

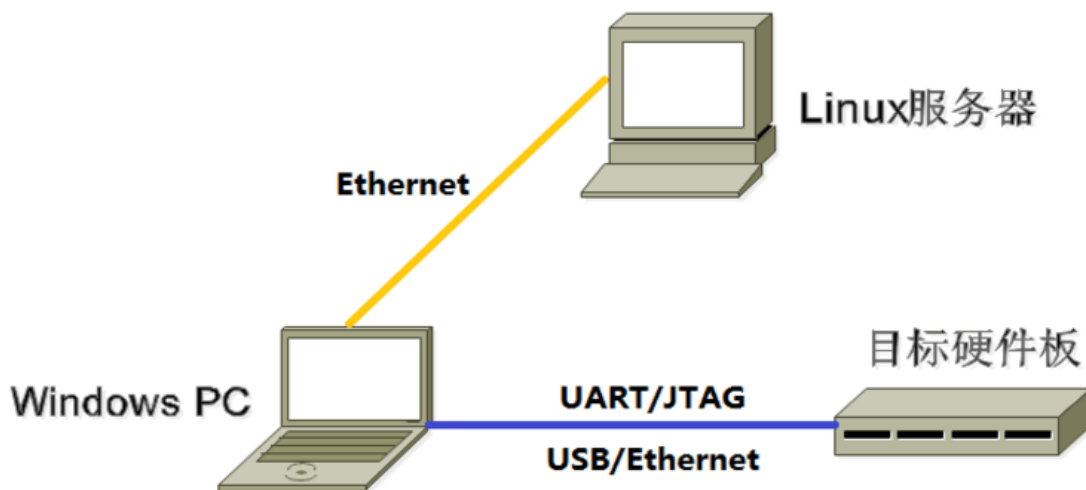
5. SDK 开发环境搭建

5.1 概述

本节主要介绍了如何在本地搭建编译环境来编译Rockchip Buildroot Linux SDK源代码。当前SDK只支持在Linux环境下编译，并提供Linux下的交叉编译工具链。

一个典型的嵌入式开发环境通常包括Linux 服务器、Windows PC和目标硬件板，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，代码交叉编译服务。
- Windows PC 和 Linux 服务器共享程序，并安装Putty，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。
- Windows 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。

5.2 Linux服务器开发环境搭建

Rockchip Linux SDK是在 Ubuntu 18.04 以上系统开发测试的。因此，我们推荐使用Ubuntu 18.04以上系统进行编译。其他版本没有具体测试，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。
- 软件包依赖：除了python 2.7, make 3.8, git 1.7之外，还需要安装一些额外的软件包，将在软件包安装章节中列出。

5.2.1 发布包使用Linux服务器系统版本

本SDK开发环境安装如下版本Linux 系统，SDK默认均以此Linux 系统进行编译：

```
Ubuntu 18.04.4 LTS
Linux version 4.15.0-109-generic (build@lgw01-amd64-010) (gcc version 7.5.0
(Ubuntu 7.5.0-3ubuntu1~18.04)) #110-Ubuntu SMP Tue Jun 23 02:39:32 UTC 2020
```

5.2.2 网络环境搭建

请用户自行配置网络，并安装nfs，samba，ssh 等网络组件。

5.2.3 安装依赖包

本 SDK 开发环境是在 Ubuntu 系统上开发测试。我们推荐使用 Ubuntu 18.04 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 18.04 系统：

编译 SDK 环境搭建所依赖的软件包安装命令如下：

```
sudo apt-get install repo git ssh make gcc libssl-dev liblz4-tool \
expect 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 python-pip ncurses-dev pyelftools \
```

建议使用 Ubuntu18.04 系统或更高版本开发，若编译遇到报错，可以视报错信息，安装对应的软件包。

5.2.4 交叉编译工具链介绍

鉴于Rockchip Buildroot SDK目前只在Linux下编译，我们也仅提供了Linux下的交叉编译工具链。其中U-Boot及Kernel使用的编译工具链预置目录在prebuilt/gcc下，buildroot使用该开源软件中编译出来的工具链。

U-Boot 及Kernel编译工具链：

```
prebuilts/gcc/linux-x86/aarch64/gcc-linaro-6.3.1-2017.05-x86_64_aarch64-linux-
gnu/bin/aarch64-linux-gnu-
```

对应版本

```
gcc version 6.3.1 20170404 (Linaro GCC 6.3-2017.05)
```

Buildroot编译工具链

64位系统：

buildroot/output/rockchip_rk356x/host/bin/aarch64-buildroot-linux-gnu-

32位系统：

buildroot/output/rockchip_rk356x/host/usr/arm-linux-gcc

对应版本：

```
gcc version 9.3.0 (Buildroot 2018.02-rc3-02723-gd3fbc6ae13)
```

如果需要其他平台或版本的工具链，需自行编译。

上述环境准备好后，Linux服务器开发环境搭建已完成，可以下载编译源代码了。

5.3 Window PC 开发环境搭建

5.3.1 开发工具安装

请用户自行安装 Vim，Notepad++等编辑软件。

5.3.2 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：



5.3.3 Windows 烧录工具使用

Windows 系统上的烧录工具发布在 `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 12.3 节 瑞芯微开发工具。

5.3.4 目标硬件板准备

请参考 SDK 软件包适用硬件列表 [SDK 软件包适用硬件列表](#)，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. SDK 安装准备工作

6.1 简要介绍

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 安装 repo

确保主目录下有一个 `bin/` 目录，并且该目录包含在路径中：

```
mkdir ~/bin
export PATH=~/bin:$PATH
```

如果可以访问 google 的地址，下载 Repo 工具，并确保它可执行：

```
curl https://storage.googleapis.com/git-repo-downloads/repo > ~/bin/repo
chmod a+x ~/bin/repo
```

中国国内环境如果执行上述命令后发现 `~/bin/repo` 为空，此时可以访问国内的站点来下载 repo 工具

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

除以上两种方式外，也可以使用如下命令获取 repo

```
sudo apt-get install repo
```

6.3 Git 配置

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：

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

6.4 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](#)。

6.4.1 SDK 下载命令

Rockchip Linux SDK 被设计为可以适配到不同的芯片平台上，如 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 -m <芯片平台_linux_release>.xml 来声明自己想要下载的对应该芯片平台。

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。

6.4.2 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](#)。

6.4.3 软件更新记录

为方便客户及开发者了解到 SDK 更新所覆盖的修改，解决的问题。SDK 上加入了 ReleaseNote.txt，该文件会记录每次更新解决的问题，及是否建议客户全部更新。请客户及开发者更新 ReleaseNote 后，查看更新内容，并决定是否更新 SDK 代码。

软件发布版本升级通过工程 xml 进行查看当前版本，具体方法如下：

```
.repo/manifests$ ls -l -h 芯片名称_linux_release.xml
```

软件发布版本升级更新内容通过工程文本可以查看，具体方法如下：

```
.repo/manifests$ cat */芯片型号_Linux_SDK_Release_Note.txt
```

或者参考工程目录：

```
<SDK>/docs/芯片型号/Rockchip_芯片型号_Linux_SDK_Release_Note.txt
```

6.5 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 --no-tags
```

6.6 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 [/docs/Others/Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN.pdf](#)。

7. SDK 编译

本 SDK 开发环境是在 Ubuntu 系统上开发测试。我们推荐使用 Ubuntu 18.04 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 18.04 系统。

编译 SDK 环境搭建所依赖的软件包安装，参考 [软件包安装](#)。

7.1 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。

7.2 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。

7.3 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_芯片型号/recovery/images 生成 recovery.img。

需要特别注意 recovery.img 是包含 kernel.img，所以每次 Kernel 更改，Recovery 是需要重新打包生成。例如下：

```
<SDK>$source envsetup.sh rockchip_芯片名称
<SDK>$make recovery-rebuild
<SDK>$. /build.sh recovery
```

更多编译说明请参考SDK发布文档。

7.4 Buildroot 编译

7.4.1 Rootfs 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_芯片型号/images下生成 rootfs.ext4。

7.4.2 模块编译

比如 qplayer 模块，常用相关编译命令如下：

- 编译 qplayer

```
SDK$make qplayer
```

- 重编 qplayer

```
SDK$make qplayer-rebuild
```

- 删除 qplayer

```
SDK$make qplayer-dirclean
```

或者

```
SDK$rm -rf /buildroot/output/rockchip_芯片型号/build/qplayer-1.0
```

7.5 Debian 编译

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

或进入 debian/ 目录:

```
cd debian/
```

后续的编译和 Debian 固件生成请参考当前目录 `readme.md`。

(1) Building base Debian system

```
sudo apt-get install binfmt-support qemu-user-static live-build
sudo dpkg -i ubuntu-build-service/packages/*
sudo apt-get install -f
```

编译 32 位的 Debian:

```
RELEASE=buster TARGET=desktop ARCH=armhf ./mk-base-debian.sh
```

或编译 64 位的 Debian:

```
RELEASE=buster TARGET=desktop ARCH=arm64 ./mk-base-debian.sh
```

编译完成会在 `debian/` 目录下生成: `linaro-buster-alip-xxxxx-1.tar.gz` (xxxxx 表示生成时间戳)。

FAQ:

- 上述编译如果遇到如下问题情况:

```
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。

- 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-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.163.com/debian" \
+ --mirror-chroot "http://mirrors.163.com/debian" \
+ --mirror-chroot-security "http://mirrors.163.com/debian-security" \
+ --mirror-binary "http://mirrors.163.com/debian" \
+ --mirror-binary-security "http://mirrors.163.com/debian-security" \
  --apt-indices false \
  --apt-recommends false \
  --apt-secure false \

64位系统:
--- a/ubuntu-build-service/buster-desktop-arm64/configure
+++ b/ubuntu-build-service/buster-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.163.com/debian" \
+ --mirror-chroot "http://mirrors.163.com/debian" \
+ --mirror-chroot-security "http://mirrors.163.com/debian-security" \
+ --mirror-binary "http://mirrors.163.com/debian" \
+ --mirror-binary-security "http://mirrors.163.com/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。

(2) Building rk-debian rootfs

编译 32位的 Debian:

```
VERSION=debug ARCH=armhf ./mk-rootfs-buster.sh
```

或编译 64位的 Debian:

```
VERSION=debug ARCH=arm64 ./mk-rootfs-buster.sh
```

(3) Creating the ext4 image(linaro-rootfs.img)

```
./mk-image.sh
```

此时会生成 linaro-rootfs.img。

7.6 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/ build/lastest 目录下生成 rootfs.img。

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](#) 编译后生成的 image 在 yocto/build/latest/rootfs.img, 默认用户名登录是 root。

Yocto 更多信息请参考 [Rockchip Wiki](#)。

7.7 全自动编译

完成上述 Kernel/U-Boot/Recovery/Rootfs 各个部分的编译后, 进入工程目录根目录执行以下命令自动完成所有的编译:

```
<SDK>$ ./build.sh all
```

默认是 Buildroot, 可以通过设置环境变量 RK_ROOTFS_SYSTEM 指定 rootfs。

比如需要 buildroot 可以通过以下命令进行生成:

```
<SDK>$ export RK_ROOTFS_SYSTEM=buildroot
<SDK>$ ./build.sh all
```

具体参数使用情况, 可 help 查询, 比如:

```
<SDK>$ ./build.sh --help
Usage: build.sh [OPTIONS]
Available options:
BoardConfig*.mk    -switch to specified board config
uboot               -build uboot
spl                 -build spl
kernel              -build kernel
modules             -build kernel modules
toolchain           -build toolchain
rootfs              -build default rootfs, currently build buildroot as default
buildroot           -build buildroot rootfs
ramboot             -build ramboot image
multi-npu_boot      -build boot image for multi-npu board
yocto               -build yocto rootfs
debian              -build debian9 stretch rootfs
distro              -build debian10 buster rootfs
pcba                -build pcba
recovery            -build recovery
all                 -build uboot, kernel, rootfs, recovery image
cleanall            -clean uboot, kernel, rootfs, recovery
firmware            -pack all the image we need to boot up system
```

```
updateimg          -pack update image
otapackage         -pack ab update otapackage image
save               -save images, patches, commands used to debug
allsave            -build all & firmware & updateimg & save

Default option is 'allsave'.
```

8. 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

8.1 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：

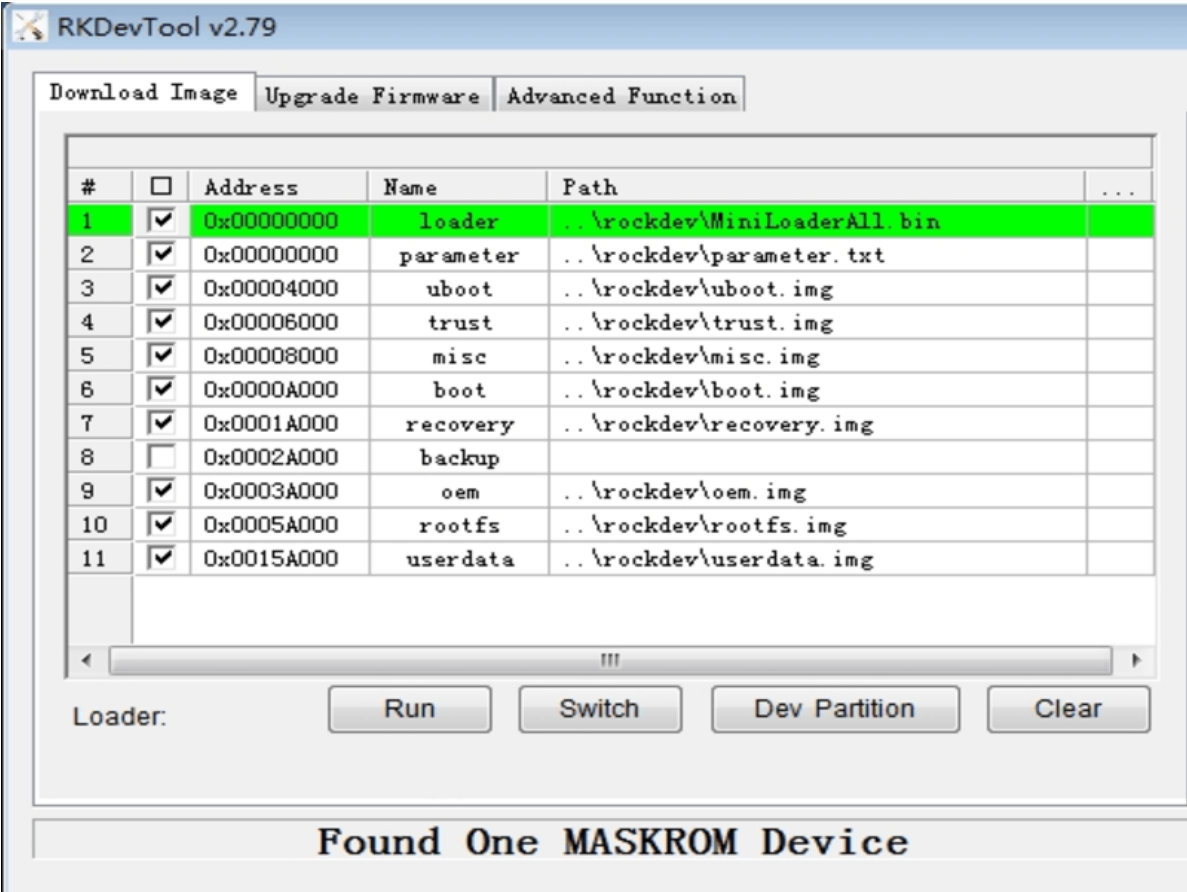
- 未烧录过固件，上电，进入 Maskrom 模式。
- 烧录过固件，按住 recovery 按键上电或复位，系统将进入 Loader 固件烧写模式。
- 烧录过固件，按住 Maskrom 按键上电或复位，系统将进入 MaskRom 固件烧写模式。
- 烧录过固件，上电或复位后开发板正常进入系统后，瑞芯微开发工具上显示“发现一个 ADB 设备”或“发现一个 MSC 设备”，然后点击工具上的按钮“切换”，进入 Loader 模式。
- 烧录过固件，可在串口或 ADB 命令行模式下，输入 reboot loader 命令，进入 Loader 模式。

8.1.1 Windows 刷机说明

SDK 提供 Windows 烧写工具(工具版本需要 V2.79 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_v5.0.zip
```

8.1.2 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 V1.57 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
sudo ./upgrade_tool di -p rockdev/parameter.txt
sudo ./upgrade_tool di -u rockdev/uboot.img
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 rockdev/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

```

8.1.3 系统分区说明

默认分区说明（下面是 RK3568 EVB 分区参考）

Number	Start (sector)	End (sector)	Size	Name
1	16384	24575	4096K	uboot
2	24576	32767	4096K	misc
3	32768	98303	32M	boot
4	98304	163839	32M	recovery
5	163840	229375	32M	backup
6	229376	12812287	6144M	rootfs
7	12812288	13074431	128M	oem
8	13074432	61071326	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，后续跟 Android 一样作为 recovery 的 backup 使用。
- 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。

9. SDK 开发

9.1 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/docs/Common/U-Boot 目录下《Rockchip-Developer-Guide-UBoot-*.pdf》。

9.1.1 U-Boot 简介

Rockchip U-Boot next-dev 分支是 Rockchip 从 U-Boot 官方的 v2017.09 正式版本中切出来进行开发的版本。目前在该平台上已经支持 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；

9.1.2 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

9.1.3 平台编译

9.1.3.1 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。

9.1.3.2 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/
```

9.1.3.3 选择defconfig

芯片	defconfig	支持kernel dtb	说明
rv1108	evb-rv1108_defconfig	N	\
rk1808	rk1808_defconfig	Y	\
rk1806	rk1806_defconfig	Y	\
rk3036	rk3036_defconfig	Y	\
rk3128x	rk3128x_defconfig	Y	\
rk3128	evb-rk3128_defconfig	N	\
rk3126	rk3126_defconfig	Y	\
rk322x	rk322x_defconfig	Y	\
rk3288	rk3288_defconfig	Y	\
rk3368	rk3368_defconfig	Y	\
rk3328	rk3328_defconfig	Y	\
rk3399	rk3399_defconfig	Y	\
rk3399pro	rk3399pro_defconfig	Y	\
rk3399pro-npu	rknpu-lion_defconfig	Y	\
rk3308	rk3308_defconfig	Y	\
rk3308-aarch32	rk3308-aarch32_defconfig	Y	\
px30	px30_defconfig	Y	\
rk3326	rk3326_defconfig	Y	\
rk3326-aarch32	rk3326-aarch32_defconfig	Y	\
rv1126	rv1126_defconfig	Y	通用版本
rv1126	rv1126-ab.config	Y	通用版本+支持A/B
rv1126	rv1126-emmc-tb.config rv1126-lp3-emmc-tb.config rv1126-spi-nor-tb.config	Y	eMMC+DDR3 快速开机 eMMC+LP3 快速开机 Spi Nor+DDR3 快速开机
rv1126	rv1126-spi-nor-tiny_defconfig rv1126-ramboot.config rv1126-usbplug.config	Y	Spi Nor 小容量 无存储器件(内存启动) usbplug功能
rk3566	rk3566.config rk3566-eink.config	Y	通用版本 电子书版本

芯片	defconfig	支持kernel dtb	说明
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

注意：如果表格和SDK发布的defconfig不同，请以SDK为准。

9.1.3.4 编译

```
./make.sh [board] // [board]: configs/[board]_defconfig文件。
```

首次编译：无论32位或64位平台，第一次或想重新指定defconfig，则编译命令必须指定[board]。例如：

```
./make.sh rk3399 // build for rk3399_defconfig
./make.sh evb-rk3399 // build for evb-rk3399_defconfig
./make.sh firefly-rk3288 // build for firefly-rk3288_defconfig
```

二次编译：无论32位或64位平台，如果要基于当前".config"二次编译，则编译命令不用指定[board]：

```
./make.sh
```

注意：如果编译时出现奇怪的问题导致编译失败，请尝试make distclean后重新编译。

固件生成：编译完成后会在U-Boot根目录下打包生成：trust、uboot、loader。

9.1.3.5 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_banksizes
system_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
    system_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】

```

9.1.3.6 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；

9.2 Kernel 开发

本节简单介绍内核一些常见配置的修改，主要是 dts 的配置，帮助客户更快更方便的进行一些简单的修改。Kernel 版本以 4.4 作为基准，做相应的介绍。

9.2.1 DTS 介绍

9.2.1.1 DTS 概述

早期版本的 Linux Kernel 是直接在板级配置文件配置板子相关的信息，如 IOMUX，默认拉高/低的 GPIO，每个 I2C/SPI 总线下的 client 设备信息。为了摒弃这种‘hard code’的方式，Linux 引入设备树（Device Tree）的概念来描述不同的硬件结构。

Device Tree 数据可读性较高，遵循 DTS 规范，通常被描述在 .dtsi 和 .dts 源文件。在内核编译的过程中，被编译为 .dtb 的二进制文件。在开机启动阶段，dtb 会被 bootloader（如 U-Boot）加载到 RAM 的某个地址空间，并且将该地址作为参数传递给 Kernel space。内核解析整个 dtb 文件，提炼每个设备信息以初始化。

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 dts 语法说明，关于更详细 dts 的语法介绍不在本文范围内，如有兴趣，请参考：[devicetree-specifications](#)和[devicetree-bindings](#)

9.2.1.2 新增一个产品 DTS

- 创建 dts 文件

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

```
ARM: arch/arm/boot/dts/  
ARM64: 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 Kernel 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";
};
```

9.2.2 内核模块开发文档

\docs\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。

模块功能	子目录	对应文档
音频	Audio	Rockchip_Developer_Guide_Audio_CN.pdf
显示	DISPLAY	Rockchip_Developer_Guide_HDMI-CEC_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_HDMI_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_HDMI-PHY-PLL_Config_CN.pdf Rockchip_DRM_Display_Driver_Development_Guide_V1.0.pdf rockchip_drm_integration_helper-zh.pdf Rockchip_DRM_Panel_Porting_Guide_V1.6_20190228.pdf Rockchip_DRM_RK628_Porting_Guide_CN.pdf
USB	USB	Rockchip_Developer_Guide_Linux_USB_Initialization_Log_Analysis_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_USB_Performance_Analysis_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_USB2_Compliance_Test_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_USB_PHY_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_USB_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_USB_EN.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_RK3399_Developer_Guide_USB_DTS_CN.pdf Rockchip_RK356x_Developer_Guide_USB_CN.pdf Rockchip_Trouble_Shooting_Linux4.19_USB_Gadget_UVC_CN.pdf
I2C	I2C	Rockchip_Developer_Guide_I2C_CN.pdf
IOMMU	IOMMU	Rockchip_Developer_Guide_Linux_IOMMU_CN.pdf
MMC	MMC	Rockchip_Developer_Guide_SD_Boot_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_SDMMC_SDIO_eMMC_CN.pdf
PCIe	PCIe	Rockchip_Developer_Guide_Linux4.4_PCIe_CN.pdf Rockchip_RK356X_Developer_Guide_PCIe_CN.pdf
GPIO	Pin-Ctrl	Rockchip-Developer-Guide-Linux-Pin-Ctrl-CN.pdf Rockchip_Problem_Shooting_Linux_GPIO_CN.pdf
电源、功耗	Power	Rockchip_Developer_Guide_Power_Analysis_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Power_Analysis_EN.pdf
SARADC	SARADC	Rockchip_Developer_Guide_Linux_SARADC_CN.pdf
温控	THERMAL	Rockchip_Developer_Guide_Thermal_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Thermal_EN.pdf
TRUST	TRUST	Rockchip_Developer_Guide_Trust_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Trust_EN.pdf Rockchip_RK3308_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf Rockchip_RK3308_Developer_Guide_System_Suspend_EN.pdf Rockchip_RK3399_Developer_Guide_System_Suspend_CN.pdf
U-Boot	U-Boot	Rockchip_Developer_Guide_Linux_AB_System_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
喂狗	WATCHDOG	Rockchip_Developer_Guide_Linux_WDT_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_WDT_EN.pdf
Clock时钟配置	CRU	Rockchip-Clock-Developer-Guide-RTOS-CN.pdf Rockchip_RK3399_Developer_Guide_Linux4.4_Clock_CN.pdf

模块功能	子目录	对应文档
JTAG GDB等常用调试	DEBUG	Rockchip_Developer_Guide_DS5_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_GDB_Over_ADB_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_OpenOCD_CN.pdf Rockchip_User_Guide_J-Link_CN.pdf
CPU/GPU等频率电压调节	DVFS	Rockchip_Developer_Guide_CPUFreq_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_CPUFreq_EN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Devfreq_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Devfreq_EN.pdf
以太网配置	GMAC	Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_RGMII_Delayline_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_RGMII_Delayline_EN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_GMAC_Mode_Configuration_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_MAC_TO_MAC_CN.pdf
GPIO电源域	IO-DOMAIN	Rockchip_Developer_Guide_Linux_IO_DOMAIN_CN.pdf
PMIC电量计、DCDC	PMIC	Rockchip_Developer_Guide_Power_Discrete_DCDC_EN.pdf Rockchip_RK805_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
PWM	PWM	Rockchip_Developer_Guide_Linux_PWM_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_PWM_EN.pdf
SPI	SPI	Rockchip_Developer_Guide_Linux_SPI_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_Linux_SPI_EN.pdf
串口通信	UART	Rockchip_Developer_Guide_UART_CN.pdf Rockchip_Developer_Guide_UART_EN.pdf

9.2.3 GPIO

比如 RK3399/RK3399Pro 提供 5 组 GPIO(GPIO0~GPIO4)共 122 个，所有的 GPIO 都可以用作中断，GPIO0/GPIO1 可以作为系统唤醒脚，所有 GPIO 都可以软件配置为上拉或者下拉，所有 GPIO 默认为输入，GPIO 的驱动能力软件可以配置。关于原理图上的 GPIO 跟 dts 里面的 GPIO 的对应关系，例如 GPIO4c0，那么对应的 dts 里面应该是“gpio4 16”。因为 GPIO4A 有 8 个 pin，GPIO4B 也有 8 个 pin，以此计算可得 c0 口就是 16，c1 口就是 17，以此类推；GPIO 的使用请参考 docs\Kernel\Pin-Ctrl\目录下《Rockchip Pin-Ctrl 开发指南 V1.0-20160725.pdf》。

9.2.4 CPU、GPU、DDR 频率修改

DVFS（Dynamic Voltage and Frequency Scaling）动态电压频率调节，是一种实时的电压和频率调节技术。目前 4.4 内核中支持 DVFS 的模块有 CPU、GPU、DDR。CPUFreq 是内核开发者定义的一套支持动态调整 CPU 频率和电压的框架模型。它能有效的降低 CPU 的功耗，同时兼顾 CPU 的性能。CPUFreq 通过不同的变频策略，选择一个合适的频率供 CPU 使用，目前的内核版本提供了以下几种策略：

- **interactive:** 根据 CPU 负载动态调频调压；
- **conservative:** 保守策略，逐级调整频率和电压；
- **ondemand:** 根据 CPU 负载动态调频调压，比 interactive 策略反应慢；

- **userspace**: 用户自己设置电压和频率，系统不会自动调整；
- **powersave**: 功耗优先，始终将频率设置在最低值；
- **performance**: 性能优先，始终将频率设置为最高值；

详细的模块功能及配置，请参考 docs\Kernel\DVFS\目 录下文档。ARM/GPU/DDR 分别有对应的调试接口，可以通过 ADB 命令进行操作，对应的接口目录如下：

```
CPU小核: /sys/devices/system/cpu/cpu0/cpufreq/
CPU大核: /sys/devices/system/cpu/cpu4/cpufreq/
GPU: /sys/class/devfreq/ff9a0000.gpu/
DDR: /sys/class/devfreq/dmc/
```

这些目录下有如下类似节点：

- **available_frequencies**: 显示支持的频率
- **available_governors**: 显示支持的变频策略
- **cur_freq**: 显示当前频率
- **governor**: 显示当前的变频策略
- **max_freq**: 显示当前最高能跑的频率
- **min_freq**: 显示当前最低能跑的频率

以 RK3399/RK3399pro GPU 为例进行定频操作，流程如下：

查看支持哪些频率：

```
cat /sys/class/devfreq/ff9a0000.gpu/available_frequencies
```

切换变频策略：

```
echo userspace > /sys/class/devfreq/ff9a0000.gpu/governor
```

定频：

```
echo 400000000 > /sys/class/devfreq/ff9a0000.gpu/userspace/set_freq
cat /sys/class/devfreq/ff9a0000.gpu/cur_freq
```

9.2.5 温控配置

RK3399/RK3399Pro 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 docs\Kernel\THERMAL\目录下相关文档。

9.2.6 LPDDR4 配置

RK3399Pro 使用 LPDDR4 的 dts 配置请参考文件：arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3399pro-evb-lp4-v11-avb.dts，将该文件中的下述 3 个节点拷贝到对应的产品 dts 中即可：

```
&dfi {
    status = "okay";
};
&dmc {
    status = "okay";
    center-supply = <&vdd_center>;//这里需要客户根据实际硬件电路来配置
    upthreshold = <40>;
    downthreshold = <20>;
    system-status-freq = <
        /*system status freq(KHz)*/
        SYS_STATUS_NORMAL 856000
        SYS_STATUS_REBOOT 416000
        SYS_STATUS_SUSPEND 416000
        SYS_STATUS_VIDEO_1080P 416000
        SYS_STATUS_VIDEO_4K 856000
        SYS_STATUS_VIDEO_4K_10B 856000
        SYS_STATUS_PERFORMANCE 856000
        SYS_STATUS_BOOST 856000
        SYS_STATUS_DUALVIEW 856000
        SYS_STATUS_ISP 856000
    >;
    vop-pn-msch-readlatency = <
        /* plane_number readlatency */
        0 0
        4 0x20
    >;
    vop-bw-dmc-freq = <
```

```

        /* min_bw(MB/s) max_bw(MB/s) freq(KHz) */
        763 1893 416000
        3013 99999 856000 \
    >;
    auto-min-freq = <0>;
};

&dmc_opp_table {
    compatible = "operating-points-v2";
    opp-200000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000> ;
        status = "disabled";
    };
    opp-300000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000> ;
        status = "disabled";
    };
    opp-400000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000> ;
        status = "disabled";
    };
    opp-416000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000> ;
    };
    opp-528000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000> ;
        status = "disabled";
    };
    opp-600000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000>;
        status = "disabled";
    };
    opp-800000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000>;
        status = "disabled";
    };
    opp-856000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000>;
    };
    opp-928000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000>;
        status = "disabled";
    };
    opp-1056000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 ;
        opp-microvolt = <900000>;
        status = "disabled";
    };
};
};

```

这里需要注意的是：

LPDDR4 我们只支持 416M 和 856M 两档频率，其他频率已经被 disabled，所以如果客户要使用同一个 dts 来支持 LPDDR4 和其他类型的 DDR，则其他类型的 DDR 也将只有 416M 和 856M 的频率，此时请务必注意配置默认开启 DDR 变频功能。LPDDR4 的变频功能对声卡的数量有所限制，原因如下：

- 如果 LPDDR4 需要变频功能，则需要将音频 buffer 移到 sram 中，RK3399Pro 的 sram 空间有限，可用空间 128k。目前预分配给单个音频流的空间为 32k，所以系统支持的上限声卡数最多只能2个（32k*2，每个声卡包含播放和录制），更多的声卡无法创建成功，除非减小单个流的预分配大小，但这也相对的减小了底下支持的最大buffer大小，如果用户层使用声卡想设置更大buffer时将受限。需注意USB 声卡由于未使用dma，所以不在限制范围内。也就是说，可以有2个声卡（包含hdmi、spdif、i2s 等接口的声卡）加上多个 usb 声卡。
- 如果需要 LPDDR4 变频，则需要将音频 buffer 移到 sram 中，此时系统最多只能支持 2 个声卡。

请按照如下方法进行配置：

dts 中添加 sram 节点

```
/* first 64k(0xff8c0000~0xff8d0000) for ddr and suspend */
iram: sram@ff8d0000 {
    compatible = "mmio-sram";
    reg = ; /* 128k */
};
```

相对应的产品 dts 中引用 iram 节点。

```
&dmac_bus {
    iram = <&iram>;
    rockchip,force-iram;
};
```

- 如果不需要 LPDDR4 的变频, 由于 LPDDR4 变频有 2 个声卡的限制, 因此如果需要 3 个以上声卡, 需要关闭 LPDDR4 的变频, 即在对应产品的 dts 中将 dmc 节点 disable, 如下所示:

```
&dmc {
    status = "disabled";
    ...
};
```

另外，需要确保在内核中删除掉 如下2个配置：

删除 dts 中的如下配置：

```
/* first 64k(0xff8c0000~0xff8d0000) for ddr and suspend */
iram: sram@ff8d0000 {
    compatible = "mmio-sram";
    reg = ; /* 128k */
};

&dmac_bus {
    iram = <&iram>;
    rockchip,force-iram;
};
```

9.2.7 SD卡配置

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";
};
```

9.3 Recovery 开发

9.3.1 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。

9.3.2 调试

常用调试手段是开启debug

buildroot/output/rockchip 芯片型号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/docs/Linux/Recovery/Rockchip_Developer_Guide_Linux_Recovery_CN.pdf

9.4 Buildroot 开发

Rockchip已经配置好环境变量，BSP配置和各模块开发，方便客户开发和定制。

9.4.1 环境变量的设定

```
source ./envsetup.sh (config_name)
```

config_name 可以source ./envsetup.sh列出来，选择具体平台编译。

9.4.2 编译模块和系统

选好编译平台，接下来就可以编译每一个package，它主要是config、build、install三部分组成

```
make <package>-reconfigure
make <package>-rebuild
make <package>-reinstall
```

清理包命令如下：

```
make <package>-dirclean
```

编译Buildroot系统，直接make即可

```
make
```

9.4.3 开发相关模块

相关package的开发，可以参考 /buildroot/package/*, 其中package/rockchip是Rockchip开发的相关package.

9.4.4 定制相关模块

参考/buildroot/configs/rockchip* 配置开关,各模块可自行定制开发。

```
buildroot$ tree configs/rockchip/
├─ adbd.config
├─ arm_a7.config
├─ audio.config
├─ audio_gst.config
├─ base.config
├─ base_extra.config
├─ benchmark.config
├─ bt.config
├─ camera.config
├─ camera_gst.config
├─ chromium.config
├─ debug.config
├─ demo.config
├─ display.config
├─ freerdp.config
├─ game.config
├─ gdb.config
├─ gpu.config
```

```
|— kernel_4_4.config
|— network.config
|— ntfs.config
...
```

9.5 Debian 10开发

Rockchip提供了对Debian 10的支持，基于X11的显示架构。系统基于Linaro版本。添加一些图形和视频加速的支持。它包括libmali、xserver、gststreamer rockchip等package，这些packages通过docker搭建编译相关deb包，存放在/debian/packages/*。

docker搭建编译deb package参考文

档/docs/Linux/ApplicationNote/Rockchip_Developer_Guide_Debian_Docker_EN.pdf

9.6 Yocto 开发

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

9.7 多媒体开发

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

```
vpu_service --> mpp --> gststreamer/ffmpeg --> 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

gststreamer: 对接app的组件

目前rockchip提供的完整solution是基于gststreamer的，使用gststreamer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。

具体资料参考：

/docs/Linux/Multimedia

|— Rockchip_Developer_Guide_Linux_DLNA_CN.pdf

|— Rockchip_Developer_Guide_Linux_RGA_CN.pdf

|— Rockchip_Developer_Guide_MPP_CN.pdf

|— Rockchip_Developer_Guide_MPP_EN.pdf

9.8 Graphics 开发

Rockchip Linux平台的Graphics,是应用DRM和DMA-BUF的ARM Linux平台。优势是，通用的架构，在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/Linux/Graphics/  
├─ Rockchip_Developer_Guide_Linux_Graphics_CN.pdf  
└─ Rockchip_Developer_Guide_Linux_Graphics_EN.pdf
```

9.9 应用开发

SDK常用应用有Weston、QT、ROS等应用开发，参考/docs/Linux/Graphics/ApplicationNote目录下文档

9.10 安全机制开发

参考/docs/Linux/Security目录下文档

9.11 WIFI/BT开发

参考/docs/Linux/Wifibt目录下文档

10. SDK 测试

10.1 Benchmark 测试

一些常用基准测试的参考数据，该测试文档位于：

```
<SDK>/docs/Linux/Profile/Rockchip_Introduction_Linux_Benchmark_KPI_EN.pdf
```

10.2 Rockchip 模块和压力测试

提供一些常用模块功能和压力测试的方法，该文档位于：

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

11. SDK 调试

11.1 版权检测工具

11.1.1 Buildroot

```
make legal-info
```

11.1.2 Debian

检测可参考[官方工具](#)

```
licensecheck --check '.*' --recursive --copyright --deb-fmt \
  --lines 0 * | /usr/lib/cdb/lsc2dep5
```

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

11.1.3 Yocto

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

12. 开源

12.1 github

Rockchip代码仓库开源[rockchip-github](#)。

12.2 wiki

Rockchip资料开源[rockchip-wiki](#)

12.3 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

- 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

13. 常见问题（FAQ）

- 如何确认当前kernel和u-boot版本？

Linux 4.19对应的kernel版本为:develop-4.19,u-boot的分支为next-dev分支

14. SSH 公钥操作说明

请根据/docs/Others/Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN.pdf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。

14.1 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

```
~/tmp$ git clone git@172.16.10.211:rk292x/mid/4.1.1_r1
Initialized empty Git repository in /home/cody/tmp/4.1.1_r1/.git/
The authenticity of host '172.16.10.211 (172.16.10.211)' can't be established.
RSA key fingerprint is fe:36:dd:30:bb:83:73:e1:0b:df:90:e2:73:e4:61:46.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
Warning: Permanently added '172.16.10.211' (RSA) to the list of known hosts.
git@172.16.10.211's password: 
```

添加正确的私钥后，就可以使用 git 克隆代码，如下图。

```
~$ cd tmp/
~/tmp$ git clone git@172.16.10.211:rk292x/mid/4.1.1_r1
Initialized empty Git repository in /home/cody/tmp/4.1.1_r1/.git/
The authenticity of host '172.16.10.211 (172.16.10.211)' can't be established.
RSA key fingerprint is fe:36:dd:30:bb:83:73:e1:0b:df:90:e2:73:e4:61:46.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
Warning: Permanently added '172.16.10.211' (RSA) to the list of known hosts.
remote: Counting objects: 237923, done.
remote: Compressing objects: 100% (168382/168382), done.
Receiving objects: 9% (21570/237923), 61.52 MiB | 11.14 MiB/s
```

添加 SSH 私钥可能出现如下提示错误。

```
Agent admitted failure to sign using the key
```

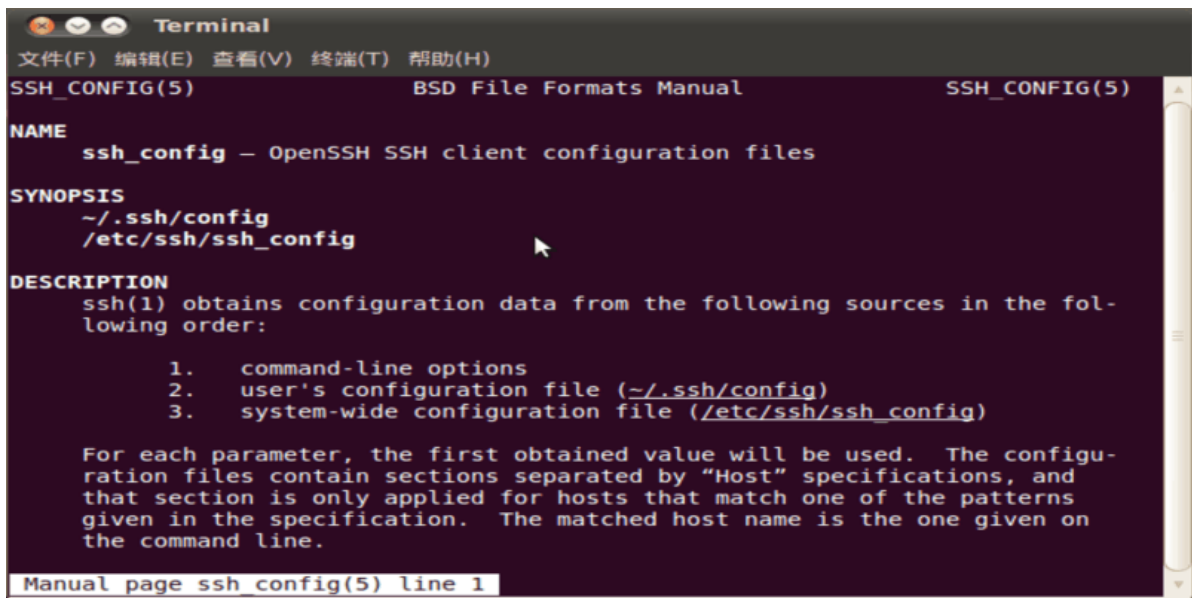
在 console 输入如下命令即可解决。

```
ssh-add ~/.ssh/id_rsa
```

14.2 一台机器切换不同 SSH 公钥

可以参考 ssh_config 文档配置 SSH。

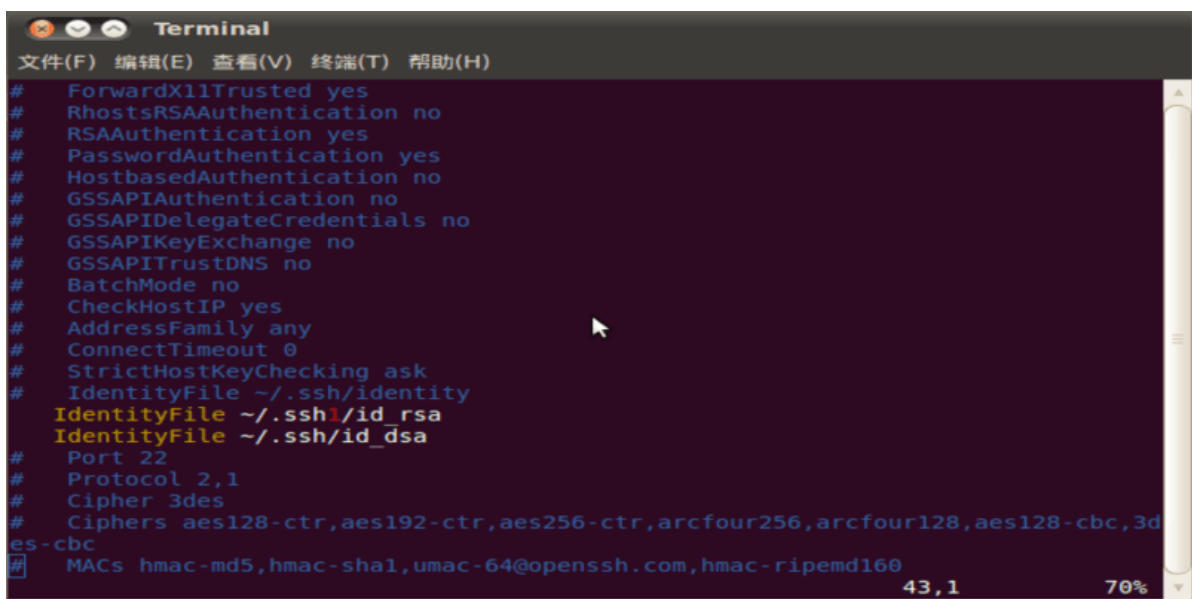
```
~$ man ssh_config
```



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，可以切换不同的密钥。



14.3 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。

14.4 参考文档

更多详细说明，可参考文

档/docs/Others/Rockchip_User_Guide_SDK_Application_And_Synchronization_CN.pdf。