

Rockchip Crypto/HWRNG 开发指南

文件标识: RK-KF-YF-852

发布版本: V1.2.2

日期: 2023-03-15

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, 由其各自拥有者所有。

版权所有 © 2023 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

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

产品版本

芯片名称	内核版本
RK 系列芯片	Linux 4.19
RK 系列芯片	Linux 5.10

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

版本号	作者	修改日期	修改说明
V1.0.0	林金寒/张志杰/王小滨	2022-01-25	初始版本
V1.1.0	张志杰	2022-02-28	增加 user space 调用 hwrng 的说明以及其他补充说明
V1.2.0	林金寒/张志杰	2022-09-14	1. rk_crypto_mem_alloc增加dma-heap分配支持 2. 增加cipher aead模式支持 3. 增加rsa算法支持 4. 增加crypto v3和trng v1说明 5. 增加日志打印级别说明 6. librkcrypto添加对kernel版本的依赖说明
V1.2.1	林金寒	2022-10-09	修复描述笔误
V1.2.2	林金寒	2023-03-15	CRYPTO配置说明补充

目录

Rockchip Crypto/HWRNG 开发指南

1. 概述
 - 1.1 crypto v1
 - 1.2 crypto v2
 - 1.3 crypto v3
 - 1.4 各平台版本情况
2. 驱动开发
 - 2.1 驱动代码说明
 - 2.1.1 hwrng
 - 2.1.2 crypto
 - 2.2 启用硬件 hwrng
 - 2.2.1 Menuconfig 配置
 - 2.2.2 板级 dts 文件配置
 - 2.2.3 新增芯片 dtsi 文件配置
 - 2.2.4 确认 hwrng 已启用的方法
 - 2.3 启用硬件 crypto
 - 2.3.1 Menuconfig 配置
 - 2.3.2 板级 dts 文件配置
 - 2.3.3 新增芯片平台支持
 - 2.3.4 确认硬件 crypto 已启用的方法
3. 应用层开发
 - 3.1 user space 调用硬件 hwrng
 - 3.1.1 读取 kernel 驱动节点
 - 3.1.2 调用 librkcrypto API
 - 3.2 user space 调用硬件 crypto
 - 3.2.1 适用范围
 - 3.2.2 版本依赖
 - 3.2.2.1 V1.2.0
 - 3.2.3 注意事项
 - 3.2.4 数据结构
 - 3.2.4.1 rk_crypto_mem
 - 3.2.4.2 rk_cipher_config
 - 3.2.4.3 rk_ae_config
 - 3.2.4.4 rk_hash_config
 - 3.2.4.5 rk_rsa_pub_key
 - 3.2.4.6 rk_rsa_pub_key_pack
 - 3.2.4.7 rk_rsa_priv_key
 - 3.2.4.8 rk_rsa_priv_key_pack
 - 3.2.5 常量
 - 3.2.5.1 RK_CRYPTOP_ALGO
 - 3.2.5.2 RK_CIPHER_MODE
 - 3.2.5.3 RK_OEM_OTP_KEYID
 - 3.2.5.4 RK_CRYPTOP_OPERATION
 - 3.2.5.5 RK_RSA_KEY_TYPE
 - 3.2.5.6 RK_RSA_CRYPT_PADDING
 - 3.2.5.7 RK_RSA_SIGN_PADDING
 - 3.2.5.8 其他常量
 - 3.2.6 API
 - 3.2.6.1 数据类型
 - 3.2.6.2 返回值
 - 3.2.6.3 rk_crypto_mem_alloc
 - 3.2.6.4 rk_crypto_mem_free
 - 3.2.6.5 rk_crypto_init
 - 3.2.6.6 rk_crypto_deinit
 - 3.2.6.7 rk_hash_init

- 3.2.6.8 rk_hash_update
- 3.2.6.9 rk_hash_update_virt
- 3.2.6.10 rk_hash_final
- 3.2.6.11 rk_cipher_init
- 3.2.6.12 rk_cipher_crypt
- 3.2.6.13 rk_cipher_crypt_virt
- 3.2.6.14 rk_cipher_final
- 3.2.6.15 rk_get_random
- 3.2.6.16 rk_write_oem_otp_key
- 3.2.6.17 rk_oem_otp_key_is_written
- 3.2.6.18 rk_set_oem_hr_otp_read_lock
- 3.2.6.19 rk_oem_otp_key_cipher
- 3.2.6.20 rk_oem_otp_key_cipher_virt
- 3.2.6.21 rk_ae_init
- 3.2.6.22 rk_ae_set_aad
- 3.2.6.23 rk_ae_set_aad_virt
- 3.2.6.24 rk_ae_crypt
- 3.2.6.25 rk_ae_crypt_virt
- 3.2.6.26 rk_ae_final
- 3.2.6.27 rk_rsa_pub_encrypt
- 3.2.6.28 rk_rsa_priv_decrypt
- 3.2.6.29 rk_rsa_priv_encrypt
- 3.2.6.30 rk_rsa_pub_decrypt
- 3.2.6.31 rk_rsa_sign
- 3.2.6.32 rk_rsa_verify

- 3.2.7 debug日志

4. 硬件 crypto 性能数据

4.1 uboot 层硬件 crypto 性能数据

4.1.1 crypto v1 性能数据

4.1.2 crypto v2 性能数据

5. References

6. 附录

6.1 术语

1. 概述

当前 RK 平台上 crypto IP 有三个版本，包括crypto v1/v2/v3。其中 V1 和 V2 两个 IP 版本支持的算法不同，使用方式差异也较大。V3 是在 V2 的基础上发展而来，大部分代码都可以通用。之前大部分芯片平台的硬件随机数模块都是存在于硬件 crypto IP 之中，从 RK356x 开始，HWRNG（TRNG）是独立的硬件模块。

1.1 crypto v1

算法	描述
DES/TDES	支持 ECB/CBC 两种模式，其中 TDES 支持 EEE 和 EDE 两种密钥模式
AES	支持 ECB/CBC/CTR/XTS 模式，支持 128/192/256 bit 三种密钥长度
HASH	支持 SHA1/SHA256/MD5。
RSA	支持 512/1024/2048 三种密钥长度。（RK3126、RK3128、RK3288 和 RK3368 不支持）
TRNG	支持 256bit 硬件随机数

1.2 crypto v2

算法	描述
DES/TDES	支持 ECB/CBC/OFB/CFB 四种模式，其中 TDES 只支持 EDE 密钥模式。
AES	支持 ECB/CBC/OFB/CFB/CTR/CTS/XTS/CCM/GCM/CBC-MAC/CMAC。
SM4	支持 ECB/CBC/OFB/CFB/CTR/CTS/XTS/CCM/GCM/CBC-MAC/CMAC。（可选）
HASH	支持 MD5/SHA1/SHA224/SHA256/SHA384/SHA512/SM3/SHA512-224/SHA512-256 带硬件填充。（SM3是可选的）
HMAC	支持 MD5/SHA1/SHA256/SHA512/SM3 带硬件填充。
RSA/ECC	支持最大 4096bit 的常用大数运算操作，通过软件封装该操作可实现 RSA/ECC 算法。
TRNG	支持 256bit 硬件随机数

1.3 crypto v3

在crypto v2算法基础上，增加多线程支持。从rv1106开始的crypto v3平台已经可以做到自动识别支持的算法，因此compatible上统一使用"rockchip,crypto-v3"作为标识符。

1.4 各平台版本情况

各个芯片平台的 crypto IP 版本如下：

采用 **crypto v1** 的平台有：

RK3399、RK3288、RK3368、RK3328/RK3228H、RK322x、RK3128、RK1108、RK3126

采用 **crypto v2** 的平台有：

RK3326/PX30、RK3308、RK1808、RV1126/RV1109、RK2206、RK356x、RK3588

采用 **crypto v3** 的平台有：

RV1106

2. 驱动开发

2.1 驱动代码说明

2.1.1 hwrng

由于hwrng驱动比较简单，因此crypto v1/v2, trngv1, rkng四种平台都集中到同一个.c文件中。

驱动中不区分具体的芯片型号，只按照"rockchip,cryptov1-rng"和"rockchip,cryptov2-rng"，"rockchip,trngv1"，"rockchip,rkng"四种compatible进行划分。目

前"rockchip,trngv1"，"rockchip,rkng"为独立的HWRNG模块，其他两种HWRNG均内置在CYRPTO模块中。

驱动代码：`drivers/char/hw_random/rockchip-rng.c`

2.1.2 crypto

当前驱动实现的算法如下：

crypto v1:

- **AES:** ECB/CBC
- **DES/TDES:** ECB/CBC
- **HASH:** SHA1/SHA256/MD5

crypto v2:（驱动已经实现的算法列表，有些算法在某些平台上支持，请对照算法支持表）

- **AES:** ECB/CBC/OFB/CFB/CTR/GCM
- **DES/TDES:** ECB/CBC/CFB/OFB

- **SM4**: ECB/CBC/OFB/CFB/OFB/CTR/GCM
- **HASH**: SHA1/SHA256/SHA384/SHA512/MD5/SM3
- **HMAC**: HMAC_SHA1/HMAC_SHA256/HMAC_SHA512/HMAC_MD5/HMAC_SM3
- **RSA**: 最大 4096bit

crypto v2/v3 硬件完整版（以下删除线部份模式驱动尚未实现）：

- **AES(128/192/256)**: ECB/CBC/OFB/CFB/CTR/~~XTS/CTS/ECM~~/GCM/~~CBC-MAC/CMAC~~
- **SM4**: ECB/CBC/OFB/CFB/CTR/~~XTS/CTS/ECM~~/GCM/~~CBC-MAC/CMAC~~
- **DES/TDES**: ECB/CBC/OFB/CFB
- **HASH**: MD5/SHA-1/SHA256/SHA512/SM3/SHA224/SHA384/~~SHA512_224/SHA512_384~~
- **HMAC**: SHA-1/SHA-256/SHA-512/MD5/SM3
- **RSA**: 4096bit PKA 大数运算支持

crypto v2/v3 硬件差异表

芯片平台	AES	DES/TDES	SM3/SM4	HASH	HMAC	RSA	多线程
RK3326/PX30/RK3308	√	√	×	√	√	√	×
RK1808	AES-128	×	×	SHA-1/SHA-224/SHA-256/MD5	√	√	×
RV1126/RV1109	AES-128/AES-256	√	√	√	√	√	×
RK2206	√	√	×	√	√	√	×
RK3568/RK3588	√	√	√	√	√	√	×
RV1106	√	√	×	SHA-1/SHA-224/SHA-256/MD5	√	√	√

注：

1. RK1808：AES 仅支持 128bit，对于 kernel 驱动来说可以认为不支持 AES。
2. RV1126/RV1109：由于不支持 AES-192，因此 AES-192 部分只能通过软算法实现，但是软算法不能支持硬算法的所有模式。因此建议不要去改动代码里已配置好的算法列表。

驱动相关文件如下：

```
drivers/crypto/rockchip
|-- procfs.c                // proc statistics info (clock rate, algo list, etc.)
|-- procfs.h                // proc head file
|-- rk_crypto_bignum.c      // crypto PKA bignum api
|-- rk_crypto_bignum.h      // crypto PKA bignum file
|-- rk_crypto_core.c        // linux crypto Driver framework and public interface
|-- rk_crypto_core.h        // linux crypto common head file
|-- rk_crypto_ahash_utils.c // ahash common api
|-- rk_crypto_ahash_utils.h // ahash common head file
```

```

|-- rk_crypto_skcipher_utils.c      // skcipher common api
|-- rk_crypto_skcipher_utils.h      // skcipher common head file
|-- rk_crypto_utils.c               // crypto common api
|-- rk_crypto_utils.h               // crypto common head file
|-- rk_crypto_v1.c                  // crypto v1 hardware related interface
implementation
|-- rk_crypto_v1.h                  // crypto v1 structure and interface
declaration
|-- rk_crypto_v1_skcipher.c          // crypto v1 block cipher algorithm implement
|-- rk_crypto_v1_ahash.c            // crypto v1 hash algorithm implement
|-- rk_crypto_v1_reg.h              // crypto v1 hardware register definition
|-- rk_crypto_v2.c                  // crypto v2 hardware related interface
implementation
|-- rk_crypto_v2.h                  // crypto v2 structure and interface
declaration
|-- rk_crypto_v2_skcipher.c          // crypto v2 block cipher algorithm implement
|-- rk_crypto_v2_ahash.c            // crypto v2 hash algorithm implement
|-- rk_crypto_v2_akcipher.c         // crypto v2 RSA algorithm implement
|-- rk_crypto_v2_pka.c              // crypto v2 pka operation implement
|-- rk_crypto_v2_reg.h              // crypto v2 hardware register definition
|-- rk_crypto_v3.c                  // crypto v3 Hardware related interface
implementation
|-- rk_crypto_v3.h                  // crypto v3 Structure and interface
declaration
|-- rk_crypto_v3_skcipher.c          // crypto v3 block cipher algorithm implement
|-- rk_crypto_v3_ahash.c            // crypto v3 hash algorithm implement
|-- rk_crypto_v3_reg.h              // crypto v3 hardware register definition
`-- cryptodev_linux                 // exporting the crypto interface to User space

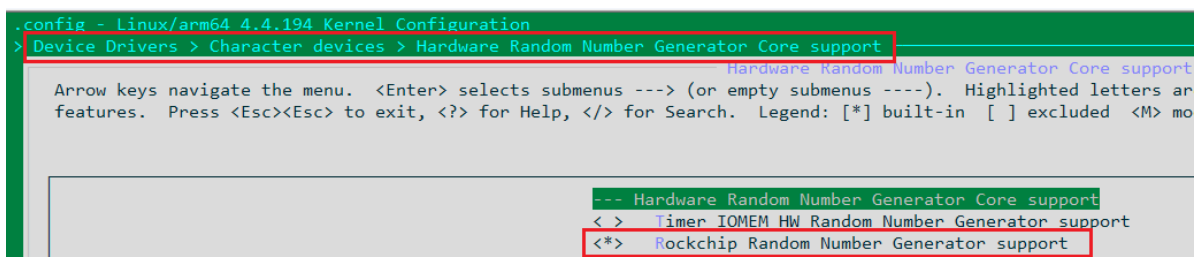
```

2.2 启用硬件 hwrng

2.2.1 Menuconfig 配置

hwrng驱动会默认编译进内核，由dts文件决定是否使能。

配置如下列图所示（红色标记表示配置路径和需要配置的选项）：



或在 config 文件（rockchip_defconfig 中已默认配置好）中添加如下语句：

```

CONFIG_HW_RANDOM=y
CONFIG_HW_RANDOM_ROCKCHIP=y

```


2.2.2 板级 dts 文件配置

当前大部分芯片 dtsi 都已配置好 hwrng 节点，只需在板级 dts 中将 rng 模块使能即可，如下所示：

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

2.2.3 新增芯片 dtsi 文件配置

当前大部分芯片平台均已配置好 rng 节点，如果 dtsi 未配置好 hwrng 节点，可以参考以下方式进行配置。

注意：

1. rng 基地址需要根据芯片 TRM 进行修改，rng 基地址即 CRYPTO 基地址
2. clocks 的宏不同平台可能略有不同，如果 dts 出现报错，可以去 include/dt-bindings/clock 目录下，grep -rn CRYPTO 查找对应的 clock 宏名称，如下所示：

```
troy@inno:~/kernel/include/dt-bindings/clock$ grep -rn CRYPTO
rk3328-cru.h:57:#define SCLK_CRYPTO          59
rk3328-cru.h:206:#define HCLK_CRYPTO_MST     336
rk3328-cru.h:207:#define HCLK_CRYPTO_SLV     337
rk3328-cru.h:284:#define SRST_CRYPTO         68
```

crypto v1:

```
rng: rng@ff060000 {
    compatible = "rockchip,cryptov1-rng";
    reg = <0x0 0xff060000 0x0 0x4000>;
    clocks = <&cru SCLK_CRYPTO>, <&cru HCLK_CRYPTO_SLV>;
    clock-names = "clk_crypto", "hclk_crypto";
    assigned-clocks = <&cru SCLK_CRYPTO>, <&cru HCLK_CRYPTO_SLV>;
    assigned-clock-rates = <150000000>, <100000000>;
    status = "disabled";
};
```

crypto v2:

实际 TRNG 不需要依赖全部的 clock，只需依赖 hclk_crypto 一个即可

```
rng: rng@ff500400 {
    compatible = "rockchip,cryptov2-rng";
    reg = <0xff500400 0x80>; # 需要加上0x400，如果rng在crypto内部
    clocks = <&cru HCLK_CRYPTO>;
    clock-names = "hclk_crypto";
    power-domains = <&power RV1126_PD_CRYPTO>;
    resets = <&cru SRST_CRYPTO_CORE>;
    reset-names = "reset";
    status = "disabled";
};
```

trng v1:

目前RK3588和RV1106使用的是trng v1的随机数模块，该模块与crypto v2中拆分出的trng模块设计完全不同，提升了随机性。

```
rng: rng@fe378000 {
    compatible = "rockchip,trngv1";
    reg = <0x0 0xfe378000 0x0 0x200>;
    interrupts = <GIC_SPI 400 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    clocks = <&scmi_clk SCMI_HCLK_SECURE_NS>;
    clock-names = "hclk_trng";
    resets = <&scmi_reset SRST_H_TRNG_NS>;
    reset-names = "reset";
    status = "disabled";
};
```

2.2.4 确认 hwrng 已启用的方法

1. 执行 `cat /sys/devices/virtual/misc/hw_random/rng_current` 可以看到信息为 rockchip，确定当前调用的是硬件驱动
2. linux：执行 `cat /dev/hwrng | od -x | head -n 1` 可以获取到一行随机数，每次执行，随机数的内容都不相同
3. Android：执行 `cat /dev/hw_random | od -x | head -n 1` 可以获取到一行随机数，每次执行，随机数的内容都不相同

2.3 启用硬件 crypto

当前驱动代码 crypto v1 支持 rk3328，crypto v2 支持 px30/rv1126/rk3568/rk3588，crypto v3支持rv1106。对于以上平台，只需开启 config 和 dts node 即可启用硬件 crypto。

从rv1106开始，支持的feature均会在寄存器信息中体现，crypto v3可以自动适配后续新增芯片的新增功能。

2.3.1 Menuconfig 配置

在 menuconfig 配置中使能 Rockchip 加解密驱动支持，在 dts 中会自动根据芯片平台 compatible id 进行自动适配 v1/v2/v3。（要先确保CONFIG_CRYPTO_HW开启，才能看到硬件crypto的相关配置项）

```
.config - Linux/arm64 5.10.66 Kernel Configuration
> Cryptographic API > Hardware crypto devices
Hardware crypto devices
Arrow keys navigate the menu. <Enter> selects submenus ---> (or empty submenus ----).
Highlighted letters are hotkeys. Pressing <Y> includes, <N> excludes, <M> modularizes features.
Press <Esc><Esc> to exit, <?> for Help, </> for Search. Legend: [*] built-in [ ] excluded
<M> module < > module capable

--- Hardware crypto devices
< > Support for Microchip / Atmel ECC hw accelerator
< > Support for Microchip / Atmel SHA accelerator and RNG
[ ] Support for AMD Secure Processor
< > Support for Cavium CNN55XX driver
< > Cavium ZIP driver
[*] Rockchip's Cryptographic Engine driver
[*] Export rockchip crypto device for user space
< > Inside Secure's SafeXcel cryptographic engine driver
```

或在 config 文件中添加如下语句，其中的 `CONFIG_CRYPTODEV_ROCKCHIP_V3` 只是示例，要根据实际的芯片配置，建议使用menuconfig的形式进行修改，会自动选择平台：

```
CONFIG_CRYPTODEV=y
CONFIG_CRYPTODEV_ROCKCHIP=y
CONFIG_CRYPTODEV_ROCKCHIP_V3=y
CONFIG_CRYPTODEV_ROCKCHIP_DEV=y
```

2.3.2 板级 dts 文件配置

确认 crypto 的 dts 节点配置正常后，直接在板级 dts 文件中开启 crypto 模块即可，如下所示：

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

2.3.3 新增芯片平台支持

如果芯片 dtsi 中没有配置 crypto 的 dts 节点，则需要按照以下步骤添加支持。

1. 确定芯片 crypto IP 的版本 v1/v2/v3，从RV1106开始的V3版本，compatible基本已确定为"rockchip,crypto-v3"，算法的裁剪和feature均由软件自行适配，只需配置好dts即可。
2. `drivers/crypto/rockchip/rk_crypto_core.c` 中添加对应的 `algs_name`，`soc_data`，`compatible` 等信息。

```
/* 增加芯片支持的算法信息，px30属于crypto v2，支持的算法参见crypto_v2_algs */
/* 特别注意：crypto_v2_algs为crypto v2支持的所有算法。*/
/* 某些芯片在crypto v2上做了些裁剪，如rk1808不支持SHA512算法，因此需要对比TRM确认支持的算法 */
static char *px30_algs_name[] = {
    "ecb(aes)", "cbc(aes)", "xts(aes)",
    "ecb(des)", "cbc(des)",
    "ecb(des3_ede)", "cbc(des3_ede)",
    "sha1", "sha256", "sha512", "md5",
};

/* 绑定px30_algs_name到px30_soc_data */
static const struct rk_crypto_soc_data px30_soc_data =
    RK_CRYPTOV2_SOC_DATA_INIT(px30_algs_name, false);

/* 绑定px30_soc_data到id_table */
static const struct of_device_id crypto_of_id_table[] = {
    /* crypto v2 in belows */
    {
        .compatible = "rockchip,px30-crypto",
        .data = (void *)&px30_soc_data,
    },
    {
        .compatible = "rockchip,rv1126-crypto",
        .data = (void *)&rv1126_soc_data,
    },
    /* crypto v1 in belows */
};
```

```

{
    .compatible = "rockchip,rk3288-crypto",
    .data = (void *)&rk3288_soc_data,
},
{ /* sentinel */ }
};

```

3. 芯片 dtsi 增加 crypto 配置

注意:

1. 根据芯片 TRM 进行修改确定 CRYPTO 基地址
2. clocks 的宏不同平台可能略有不同, 如果 dts 出现报错, 可以去 `include/dt-bindings/clock` 目录下, `grep -rn CRYPTO` 查找对应的 clock 宏名称, 如下所示:

```

troy@inno:~/kernel/include/dt-bindings/clock$ grep -rn CRYPTO
rk3328-cru.h:57:#define SCLK_CRYPTO          59
rk3328-cru.h:206:#define HCLK_CRYPTO_MST      336
rk3328-cru.h:207:#define HCLK_CRYPTO_SLV      337
rk3328-cru.h:284:#define SRST_CRYPTO          68

```

crypto v1:

```

crypto: cypto-controller@ff8a0000 {                                /* 根据实际配置crypto
基地址*/                                                         基地址*/
    compatible = "rockchip,rk3288-crypto";                        /* 修改芯片平台,
如"rk3399-crypto" */                                              如"rk3399-crypto" */
    reg = <0x0 0xff8a0000 0x0 0x4000>;                            /* 根据实际配置crypto基
地址 */                                                           地址 */
    interrupts = <GIC_SPI 48 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;               /* 根据实际配置crypto中
断号 */                                                            断号 */
    clocks = <&cru ACLK_CRYPTO>, <&cru HCLK_CRYPTO>,
              <&cru SCLK_CRYPTO>, <&cru ACLK_DMACH1>;
    clock-names = "aclk", "hclk", "sclk", "apb_pclk";
    resets = <&cru SRST_CRYPTO>;
    reset-names = "crypto-rst";
    status = "disabled";
};

```

crypto v2:

对于大部分 crypto v2 芯片, hwrng 的寄存器地址位于 crypto 中间, 因此配置 reg 时, 需要将 crypto 的地址空间拆分成两个部分, 第一部分为 CIPHER 使用的寄存器, 第二部分为 RSA 使用的寄存器。

```

----- reg map -----
|      cipher/hash      |      rng      |      pka      |
-----

```

```

crypto: crypto@ff500000 {                                /* 根据实际配置crypto
基地址 */
    compatible = "rockchip,rv1126-crypto";                /* 修改芯片平台 */
    reg = <0xff500000 0x400>, <0xff500480 0x3B80>;          /* 根据实际配置crypto
基地址 */
    interrupts = <GIC_SPI 3 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    clocks = <&cru CLK_CRYPT0_CORE>, <&cru CLK_CRYPT0_PKA>,
<&cru ACLK_CRYPT0>, <&cru HCLK_CRYPT0>;
    clock-names = "aclk", "hclk", "sclk", "apb_pclk";
    power-domains = <&power RV1126_PD_CRYPT0>;
    resets = <&cru SRST_CRYPT0_CORE>;
    reset-names = "crypto-rst";
    status = "disabled";
};

```

4. 板级 dts 配置 crypto 开启

```

&crypto {
    status = "okay";
};

```

2.3.4 确认硬件 crypto 已启用的方法

通过命令 `cat /proc/crypto | grep rk` 可以查看系统注册的 RK 硬件 crypto 算法。（以 RV1126 为例）

```

driver      : pkcs1pad(rsa-rk,sha256)
driver      : rsa-rk
driver      : hmac-sm3-rk
driver      : hmac-md5-rk
driver      : hmac-sha512-rk
driver      : hmac-sha256-rk
driver      : hmac-sha1-rk
driver      : sm3-rk
driver      : md5-rk
driver      : sha512-rk
driver      : sha256-rk
driver      : sha1-rk
driver      : ofb-des3_edc-rk
driver      : cfb-des3_edc-rk
driver      : cbc-des3_edc-rk
driver      : ecb-des3_edc-rk
driver      : ofb-des-rk
driver      : cfb-des-rk
driver      : cbc-des-rk
driver      : ecb-des-rk
driver      : xts-aes-rk
driver      : ctr-aes-rk
driver      : cfb-aes-rk
driver      : cbc-aes-rk
driver      : ecb-aes-rk
driver      : xts-sm4-rk
driver      : ctr-sm4-rk
driver      : ofb-sm4-rk

```

```
driver      : cfb-sm4-rk
driver      : cbc-sm4-rk
driver      : ecb-sm4-rk
```

通过命令`cat /proc/rkcrypto`(需要确保升级最新代码, 旧的代码不支持该功能), 可以查看rockchip crypto驱动的相关信息。包括crypto 版本, clock时钟频率, 当前可用的算法, 以及当前驱动运行的一些统计信息, 后续会不断进行完善补充。(CRYPTO Version中"CRYPTO V3.0.0.0 multi"表示当前平台支持crypto支持多线程)。

```
Rockchip Crypto Version: CRYPTO V2.0.0.0
```

```
use_soft_aes192 : false
```

```
clock info:
```

```
    aclk      350000000
    hclk      150000000
    sclk      350000000
    pka       350000000
```

```
Valid algorithms:
```

```
    CIPHER:
```

```
        ecb(sm4)
        cbc(sm4)
        cfb(sm4)
        ofb(sm4)
        ctr(sm4)
        ecb(aes)
        cbc(aes)
        cfb(aes)
        ofb(aes)
        ctr(aes)
        ecb(des)
        cbc(des)
        cfb(des)
        ofb(des)
        ecb(des3_ede)
        cbc(des3_ede)
        cfb(des3_ede)
        ofb(des3_ede)
```

```
    AEAD:
```

```
        gcm(sm4)
        gcm(aes)
```

```
    HASH:
```

```
        sha1
        sha224
        sha256
        sha384
        sha512
        md5
        sm3
```

```
    HMAC:
```

```
        hmac(sha1)
        hmac(sha256)
        hmac(sha512)
```

```

        hmac(md5)
        hmac(sm3)

ASYM:
    rsa

Statistic info:
    busy_cnt      : 1
    equeue_cnt    : 28764
    dequeue_cnt   : 28765
    done_cnt      : 310710
    complete_cnt  : 28765
    fake_cnt      : 0
    irq_cnt       : 310710
    timeout_cnt   : 0
    error_cnt     : 0
    last_error    : 0

Crypto queue usage [0/50], ever_max = 1, status: idle

```

3. 应用层开发

3.1 user space 调用硬件 hwrng

user space 有两种方式可以获取到硬件 hwrng 输出的随机数：

- 读取 kernel 驱动节点
- 调用 librcrypto 库中的接口

注意：

1. hwrng 硬件驱动注册成功后可以为 kernel random 驱动增加熵，hwrng 产生的随机数会输入到 random 驱动的熵池中。kernel 的 random 驱动是 CSPRNG（Cryptography Secure Pseudo Random Number Generator），是符合密码学安全标准的。因此如果对随机数质量要求较高的话，可以读取 `/dev/random` 或者 `/dev/urandom` 节点获取随机数。

3.1.1 读取 kernel 驱动节点

若 kernel 已开启 rng，在 user space 可以通过读取节点方式获取到随机数。**Linux** 平台读取的节点为 `/dev/hwrng`，**Android** 平台读取的节点为 `/dev/hw_random`。参考代码如下：

```

#ifdef ANDROID
#define HWRNG_NODE    "/dev/hw_random"
#else
#define HWRNG_NODE    "/dev/hwrng"
#endif

RK_RES rk_get_random(uint8_t *data, uint32_t len)
{
    RK_RES res = RK_CRYPTO_SUCCESS;
    int hwrng_fd = -1;

```

```

int read_len = 0;

hwrng_fd = open(HWRNG_NODE, O_RDONLY, 0);
if (hwrng_fd < 0) {
    E_TRACE("open %s error!", HWRNG_NODE);
    return RK_CRYPT_ERR_GENERIC;
}

read_len = read(hwrng_fd, data, len);
if (read_len != len) {
    E_TRACE("read %s error!", HWRNG_NODE);
    res = RK_CRYPT_ERR_GENERIC;
}

close(hwrng_fd);

return res;
}

```

3.1.2 调用 librkcrypto API

参考 API 说明: [rk_get_random](#)。

3.2 user space 调用硬件 crypto

user space 使用 librkcrypto api 接口进行调用。本节是对 librkcrypto 的使用说明。

注意：使用前请确认 kernel 中硬件 crypto 是否已启用，启用方法与确认方法参考[启用硬件 crypto](#)和[确认硬件 crypto 已启用的方法](#)。

3.2.1 适用范围

API	RK3588	RK356x	RV1109/1126	others
rk_crypto_mem_alloc/free	√	√	√	
rk_crypto_init/deinit	√	√	√	
rk_get_random	√	√	√	
rk_hash_init/update/update_virt/final	√	√	√	
rk_cipher_init/encrypt/decrypt_virt/final	√	√	√	
rk_ae_init/set_aad/set_aad_virt/encrypt/decrypt_virt/final	√	√	√	
rk_rsa_pub_encrypt/priv_decrypt/priv_encrypt/pub_decrypt	√	√	√	
rk_rsa_sign/verify	√	√	√	
rk_write_oem_otp_key	√	√	√	
rk_oem_otp_key_is_written	√	√	√	
rk_set_oem_hr_otp_read_lock	√			
rk_oem_otp_key_cipher	√	√	√	
rk_oem_otp_key_cipher_virt	√	√	√	

3.2.2 版本依赖

3.2.2.1 V1.2.0

V1.2.0版本librkcrypto库功能依赖kernel以下提交点，若kernel crypto驱动没更新到以下提交点，可能会导致部分功能不可用。

1. kernel 4.19

```
commit c255a0aa097afbf7f28e3c0770c5ab778e5616b2
Author: Lin Jinhan <troy.lin@rock-chips.com>
Date: Tue Sep 13 17:20:46 2022 +0800

    crypto: rockchip: rk3326/px30 add aes gcm support

Signed-off-by: Lin Jinhan <troy.lin@rock-chips.com>
Change-Id: I75949554d4f573c63092841eef76765a69cc6b24
```

2. kernel 5.10

```
commit 47e85085826daf6401265b803ac9ac7116ae6bb4
Author: Lin Jinhan <troy.lin@rock-chips.com>
Date: Tue Sep 13 17:20:46 2022 +0800

    crypto: rockchip: rk3326/px30 add aes gcm support

Signed-off-by: Lin Jinhan <troy.lin@rock-chips.com>
Change-Id: I75949554d4f573c63092841eef76765a69cc6b24
```

3.2.3 注意事项

- 对称算法的输入数据长度，要求与所选算法和模式的数据长度要求一致。比如 ECB/CBC 等要求 block 对齐，CTS/CTR 等则无数据长度对齐要求。API 中不做填充处理。
- 如果计算数据量较大，为了提高效率，建议选用通过 `dma_fd` 传递数据的算法接口。由于 `crypto` 只支持 4G 以内连续物理地址，因此 `dma fd` 分配的 buffer 必须是 4G 以内物理连续地址（CMA）。可以使用 `librkcrypto` 提供的 `rk_crypto_mem` 相关接口分配，也可以自行用 `DRM` 等内存分配接口分配得到 `dma fd`。
- **CMA 配置：** 由于 `crypto` 只支持 4G 以内的 CMA 地址访问，如果设备使用内存超过 4G，需要修改 `dtb` 中 CMA 的配置，否则 `rk_crypto_mem` 虽然能分配成功，但是分配出的内存无法使用。以下以 `rk3588-android.dtsi` 平台为例。其中 `0x10000000` 为 CMA 的起始地址（256MB 处，尽量不要修改），`0x00800000` 为 CMA 的大小，可以根据实际需要进行修改。CMA 相关说明见文档 `<Rockchip_Developer_Guide_Linux_CMA_CN>`。

```
--- a/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3588-android.dtsi
+++ b/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3588-android.dtsi
@@ -70,7 +70,8 @@
        cma {
                                compatible = "shared-dma-pool";
                                reusable;

-                                size = <0x0 (8 * 0x1000000)>;
+                                //size = <0x0 (8 * 0x1000000)>;
+                                reg = <0x0 0x10000000 0x0 0x00800000>;
                                linux,cma-default;
        };
```

- 使用以下接口前，需确保 TEE 功能可用，TEE 相关说明见 `<Rockchip_Developer_Guide_TEE_SDK_CN>` 文档。

```
rk_write_oem_otp_key
rk_oem_otp_key_is_written
rk_set_oem_hr_otp_read_lock
rk_oem_otp_key_cipher
rk_oem_otp_key_cipher_virt
```

- `rk_set_oem_hr_otp_read_lock`：当设置的 `key_id` 为 `RK_OEM_OTP_KEY0/1/2` 时，设置成功后，会影响其他 `OTP` 区域的属性。例如部分 `OTP` 区域变为不可写，详见 `<Rockchip_Developer_Guide_OTP_CN>` 文档。因此，建议优先使用 `RK_OEM_OTP_KEY3`。
- `rk_oem_otp_key_cipher_virt`：支持的 `len` 最大值受 TEE 的共享内存影响，如果使用本接口前已占用 TEE 共享内存，那么 `len` 的最大值可能比预期的小。

3.2.4 数据结构

3.2.4.1 rk_crypto_mem

```
typedef struct {
    void            *vaddr;
    int             dma_fd;
    size_t          size;
} rk_crypto_mem;
```

- vaddr - memory 的虚拟地址
- dma_fd - memory 对应的 dma fd 句柄
- size - memory 区域的大小

3.2.4.2 rk_cipher_config

```
typedef struct {
    uint32_t        algo;
    uint32_t        mode;
    uint32_t        operation;
    uint8_t         key[64];
    uint32_t        key_len;
    uint8_t         iv[16];
    void            *reserved;
} rk_cipher_config;
```

- algo - 算法类型，见[RK CRYPTO ALGO](#)，实际取值范围以 API 的描述为准，下同
- mode - 算法模式，见[RK CIPHER MODE](#)，支持 ECB/CBC/CTR/CFB/OFB/
- operation - 加解密模式见[RK CRYPTO OPERATION](#)
- key - 密钥明文，当使用 otp key 操作时无效
- key_len - key 的长度（单位：byte）
- iv - 初始向量，当 ECB 模式时无效，其他模式下，执行 `rk_cipher_crypt/crypt_virt` 会自动更新 iv，用于多次分段计算
- reserved - 预留

3.2.4.3 rk_ae_config

```
typedef struct {
    uint32_t        algo;
    uint32_t        mode;
    uint32_t        operation;
    uint8_t         key[32];
    uint32_t        key_len;
    uint8_t         iv[16];
    uint32_t        iv_len;
    uint32_t        tag_len;
    uint32_t        aad_len;
    uint32_t        payload_len;
    void            *reserved;
} rk_ae_config;
```

- algo - 算法类型，见[RK CRYPTO ALGO](#)，支持 AES/SM4
- mode - 算法模式，见[RK CIPHER MODE](#)，支持 GCM/CCM
- operation - 加解密模式见[RK CRYPTO OPERATION](#)
- key - 密钥明文，当使用 keyladder 操作时无效

- key_len - key 的长度（单位：byte）
- iv - 初始向量
- iv_len - iv 的长度（单位：byte）
- tag_len - tag 的长度（单位：byte）
- aad_len - aad 的长度（单位：byte）
- payload_len - payload 的长度（单位：byte）
- reserved - 预留

3.2.4.4 rk_hash_config

```
typedef struct {
    uint32_t      algo;
    uint8_t       *key;
    uint32_t      key_len;
} rk_hash_config;
```

- algo - 算法类型，见[RK CRYPTO ALGO](#)，支持 HASH/HMAC 等多种算法
- key - hash-mac 密钥，只有当 algo 为 HMAC 类型的算法才有效
- key_len - key 的长度（单位：byte）

3.2.4.5 rk_rsa_pub_key

```
typedef struct {
    const uint8_t      *n;
    const uint8_t      *e;

    uint16_t           n_len;
    uint16_t           e_len;
} rk_rsa_pub_key;
```

- n - 模长，与OpenSSL相同，大端模式
- e - 指数，与OpenSSL相同，大端模式
- n_len - 模长的长度
- e_len - 指数的长度

3.2.4.6 rk_rsa_pub_key_pack

```
typedef struct {
    enum RK_RSA_KEY_TYPE  key_type;
    rk_rsa_pub_key        key;
} rk_rsa_pub_key_pack;
```

- key_type - 密钥类型，见[RK RSA KEY TYPE](#)，支持明文密钥和OTP_KEY加密后的密文密钥，librkcrypto会将传入的密钥，用对应的otp key密钥解密之后再使用。
- key - 公钥内容，见[rk_rsa_pub_key](#)。

3.2.4.7 rk_rsa_priv_key

```
typedef struct {
    const uint8_t    *n;
    const uint8_t    *e;
    const uint8_t    *d;
    const uint8_t    *p;
    const uint8_t    *q;
    const uint8_t    *dp;
    const uint8_t    *dq;
    const uint8_t    *qp;

    uint16_t         n_len;
    uint16_t         e_len;
    uint16_t         d_len;
    uint16_t         p_len;
    uint16_t         q_len;
    uint16_t         dp_len;
    uint16_t         dq_len;
    uint16_t         qp_len;
} rk_rsa_priv_key;
```

- n - 模长，与OpenSSL相同，大端模式
- e - 指数，与OpenSSL相同，大端模式
- d - 模反元素，即私钥。与OpenSSL相同，大端模式
- p - 可选
- q - 可选
- dp - 可选
- dq - 可选
- qp - 可选
- len - 各个元素的长度信息，此处不再赘述。

3.2.4.8 rk_rsa_priv_key_pack

```
typedef struct {
    enum RK_RSA_KEY_TYPE    key_type;
    rk_rsa_priv_key         key;
} rk_rsa_priv_key_pack;
```

- key_type - 密钥类型，见[RK_RSA_KEY_TYPE](#)，支持明文密钥和OTP_KEY加密后的密文密钥，librkcrypto会将传入的密钥，用对应的otp key密钥解密之后再使用。
- key - 私钥内容，见[rk_rsa_priv_key](#)。

3.2.5 常量

3.2.5.1 RK_CRYPTO_ALGO

```
/* crypto algorithm */
enum RK_CRYPTO_ALGO {
    RK_ALGO_CIPHER_TOP = 0x00,
```

```

RK_ALGO_AES,
RK_ALGO_DES,
RK_ALGO_TDES,
RK_ALGO_SM4,
RK_ALGO_CIPHER_BUTT,

RK_ALGO_HASH_TOP = 0x10,
RK_ALGO_MD5,
RK_ALGO_SHA1,
RK_ALGO_SHA256,
RK_ALGO_SHA224,
RK_ALGO_SHA512,
RK_ALGO_SHA384,
RK_ALGO_SHA512_224,
RK_ALGO_SHA512_256,
RK_ALGO_SM3,
RK_ALGO_HASH_BUTT,

RK_ALGO_HMAC_TOP = 0x20,
RK_ALGO_HMAC_MD5,
RK_ALGO_HMAC_SHA1,
RK_ALGO_HMAC_SHA256,
RK_ALGO_HMAC_SHA512,
RK_ALGO_HMAC_SM3,
RK_ALGO_CMAC_AES,
RK_ALGO_CBCMAC_AES,
RK_ALGO_CMAC_SM4,
RK_ALGO_CBCMAC_SM4,
RK_ALGO_HMAC_BUTT,
};

```

3.2.5.2 RK_CIPHER_MODE

```

/* crypto mode */
enum RK_CIPHER_MODE {
    RK_CIPHER_MODE_ECB = 0x00,
    RK_CIPHER_MODE_CBC,
    RK_CIPHER_MODE_CTS,
    RK_CIPHER_MODE_CTR,
    RK_CIPHER_MODE_CFB,
    RK_CIPHER_MODE_OFB,
    RK_CIPHER_MODE_XTS,
    RK_CIPHER_MODE_CCM,
    RK_CIPHER_MODE_GCM,
    RK_CIPHER_MODE_BUTT
};

```

3.2.5.3 RK_OEM_HR_OTP_KEYID

```
enum RK_OEM_OTP_KEYID {
    RK_OEM_OTP_KEY0 = 0,
    RK_OEM_OTP_KEY1,
    RK_OEM_OTP_KEY2,
    RK_OEM_OTP_KEY3,

    RK_OEM_OTP_KEY_FW = 10,      //key id of fw_encryption_key
    RK_OEM_OTP_KEYMAX
};
```

3.2.5.4 RK_CRYPTO_OPERATION

```
/* Algorithm operation */
#define RK_OP_CIPHER_ENC      1
#define RK_OP_CIPHER_DEC      0
```

3.2.5.5 RK_RSA_KEY_TYPE

```
enum RK_RSA_KEY_TYPE {
    RK_RSA_KEY_TYPE_PLAIN = 0,
    RK_RSA_KEY_TYPE_KEY0_ENC = RK_OEM_OTP_KEY0 + 1,
    RK_RSA_KEY_TYPE_KEY1_ENC,
    RK_RSA_KEY_TYPE_KEY2_ENC,
    RK_RSA_KEY_TYPE_KEY3_ENC,
    RK_RSA_KEY_TYPE_MAX,
};
```

3.2.5.6 RK_RSA_CRYPT_PADDING

```
enum RK_RSA_CRYPT_PADDING {
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_NONE = 0x00,      /* without padding */
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_BLOCK_TYPE_0,      /* PKCS#1 block type 0 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_BLOCK_TYPE_1,      /* PKCS#1 block type 1padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_BLOCK_TYPE_2,      /* PKCS#1 block type 2 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_OAEP_SHA1,         /* PKCS#1 RSAES-OAEP-SHA1 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_OAEP_SHA224,       /* PKCS#1 RSAES-OAEP-SHA224 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_OAEP_SHA256,       /* PKCS#1 RSAES-OAEP-SHA256 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_OAEP_SHA384,       /* PKCS#1 RSAES-OAEP-SHA384 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_OAEP_SHA512,       /* PKCS#1 RSAES-OAEP-SHA512 padding*/
    RK_RSA_CRYPT_PADDING_PKCS1_V1_5,        /* PKCS#1 RSAES-PKCS1_V1_5 padding*/
};
```

3.2.5.7 RK_RSA_SIGN_PADDING

```

enum RK_RSA_SIGN_PADDING {
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_V15_SHA1 = 0x100, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_V15_SHA1
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_V15_SHA224, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_V15_SHA224
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_V15_SHA256, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_V15_SHA256
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_V15_SHA384, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_V15_SHA384
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_V15_SHA512, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_V15_SHA512
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_PSS_SHA1, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_PSS_SHA1
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_PSS_SHA224, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_PSS_SHA224
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_PSS_SHA256, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_PSS_SHA256
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_PSS_SHA384, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_PSS_SHA1
signature*/
    RK_RSA_SIGN_PADDING_PKCS1_PSS_SHA512, /* PKCS#1 RSASSA_PKCS1_PSS_SHA256
signature*/
};

```

3.2.5.8 其他常量

```

/* Algorithm block length */
#define DES_BLOCK_SIZE      8
#define AES_BLOCK_SIZE     16
#define SM4_BLOCK_SIZE     16
#define SHA1_HASH_SIZE     20
#define SHA224_HASH_SIZE   28
#define SHA256_HASH_SIZE   32
#define SHA384_HASH_SIZE   48
#define SHA512_HASH_SIZE   64
#define MD5_HASH_SIZE      16
#define SM3_HASH_SIZE      32
#define AES_AE_DATA_BLOCK  128
#define MAX_HASH_BLOCK_SIZE 128
#define MAX_TDES_KEY_SIZE   24
#define MAX_AES_KEY_SIZE    32
#define MAX_AE_TAG_SIZE     16

#define RSA_BITS_1024      1024
#define RSA_BITS_2048      2048
#define RSA_BITS_3072      3072
#define RSA_BITS_4096      4096
#define MAX_RSA_KEY_BITS   RSA_BITS_4096

#define RK_CRYPTOMAX_DATA_LEN (1 * 1024 * 1024)

```


3.2.6 API

3.2.6.1 数据类型

```
typedef uint32_t RK_RES;  
typedef uint32_t rk_handle;
```

3.2.6.2 返回值

```
/* API return codes */  
#define RK_CRYPTO_SUCCESS 0x00000000  
#define RK_CRYPTO_ERR_GENERIC 0xF0000000  
#define RK_CRYPTO_ERR_PARAMETER 0xF0000001  
#define RK_CRYPTO_ERR_STATE 0xF0000002  
#define RK_CRYPTO_ERR_NOT_SUPPORTED 0xF0000003  
#define RK_CRYPTO_ERR_OUT_OF_MEMORY 0xF0000004  
#define RK_CRYPTO_ERR_ACCESS_DENIED 0xF0000005  
#define RK_CRYPTO_ERR_BUSY 0xF0000006  
#define RK_CRYPTO_ERR_TIMEOUT 0xF0000007  
#define RK_CRYPTO_ERR_UNINITED 0xF0000008  
#define RK_CRYPTO_ERR_KEY 0xF0000009  
#define RK_CRYPTO_ERR_VERIFY 0xF000000A  
#define RK_CRYPTO_ERR_PADDING 0xF000000B  
#define RK_CRYPTO_ERR_PADDING_OVERFLOW 0xF000000C  
#define RK_CRYPTO_ERR_MAC_INVALID 0xF000000D
```

3.2.6.3 rk_crypto_mem_alloc

```
rk_crypto_mem *rk_crypto_mem_alloc(size_t size);
```

功能

申请一块内存，返回 rk_crypto_mem，包含内存的虚拟地址和 dma_fd 等信息。

参数

- [in] size - 待申请内存的大小
- [out] memory - 返回的内存地址，见[rk_crypto_mem](#)

注意

1. 申请内存允许的最大值依赖于 kernel CMA buffer 大小以及使用情况。

3.2.6.4 rk_crypto_mem_free

```
void rk_crypto_mem_free(rk_crypto_mem *memory);
```

功能

释放通过 rk_crypto_mem_alloc 申请的内存。

参数

- [in] memory - 内存地址, 见[rk_crypto_mem](#)

3.2.6.5 rk_crypto_init

```
RK_RES rk_crypto_init(void);
```

功能

crypto 初始化, 例如打开设备节点等。

参数

- 无

3.2.6.6 rk_crypto_deinit

```
void rk_crypto_deinit(void);
```

功能

释放 crypto 相关资源, 例如关闭设备节点等。

参数

- 无

3.2.6.7 rk_hash_init

```
RK_RES rk_hash_init(rk_hash_config *config, rk_handle *handle);
```

功能

初始化 hash 算法, 支持 MD5/SHA1/SHA224/SHA256/SHA384/SHA512/SM3。

参数

- [in] config - hash/hmac 配置
- [out] handle - hash/hmac 句柄

注意

1. init 成功后, 无论 `rk_hash_update()` 或者 `rk_hash_update_virt` 是否成功执行, 都必须调用 `rk_hash_final()` 销毁相关资源。
2. 如果 init 返回 `RK_CRYPT_ERR_BUSY`, 则说明当前平台不支持多线程, 同时只能有一个 handle 在工作。需要等待前一个 handle 释放掉, 才能 init 申请新的 handle。

3.2.6.8 rk_hash_update

```
RK_RES rk_hash_update(rk_handle handle, int data_fd, uint32_t data_len);
```

功能

接收 dma_fd 数据作为输入，计算 hash/hmac 值，支持分组多次计算。

参数

- [in] handle- hash/hmac 句柄
- [in] data_fd - 待计算 hash/hmac 的一组数据的句柄
- [in] data_len - data 的长度（单位：byte）

注意

1. handle 必须经过 rk_hash_init() 初始化。
2. 可以分多次调用，多次喂入需要计算哈希的数据。
3. 若 data 不是最后一组数据，则数据长度 data_len 必须 64 字节对齐，最后一组数据无此限制。

3.2.6.9 rk_hash_update_virt

```
RK_RES rk_hash_update_virt(rk_handle handle, uint8_t *data, uint32_t data_len);
```

功能

接收虚拟地址数据作为输入，计算 hash 值，支持分组多次计算。

参数

- [in] handle - hash/hmac 句柄
- [in] data - 待计算 hash/hmac 的一组数据
- [in] data_len - data 的长度（单位：byte）

注意

1. handle 必须经过 rk_hash_init() 初始化。
2. 可以分多次调用，多次喂入需要计算哈希的数据。
3. 若 data 不是最后一组数据，则数据长度 data_len 必须 64 字节对齐，最后一组数据无此限制。

3.2.6.10 rk_hash_final

```
RK_RES rk_hash_final(rk_handle handle, uint8_t *hash);
```

功能

在计算完所有的数据后，调用这个接口获取最终的 hash/hmac 值，并释放句柄。如果在计算过程中，需要中断计算，也必须调用该接口结束 hash 计算。

参数

- [in] handle- hash/hmac 句柄
- [out] hash - 输出的 hash/hmac 数据

注意

1. handle 必须经过 `rk_hash_init()` 初始化。
2. 存放哈希数据的内存 hash 大小必须大于等于哈希长度。

3.2.6.11 rk_cipher_init

```
RK_RES rk_cipher_init(rk_cipher_config *config, rk_handle *handle);
```

功能

对称分组算法的初始化，支持 TDES/AES/SM4 算法，支持 ECB/CBC/CTR/CFB/OFB 模式。

参数

- [in] config - 算法、模式、密钥、iv 等，见[rk_cipher_config](#)
- [out] handle - cipher 的 handle

注意

1. init 成功后，无论 `rk_cipher_crypt/crypt_virt()` 是否成功执行，都必须调用 `rk_cipher_final()` 销毁相关资源。

3.2.6.12 rk_cipher_crypt

```
RK_RES rk_cipher_crypt(rk_handle handle, int in_fd, int out_fd, uint32_t len);
```

功能

接收 dma_fd 数据使用对称分组算法执行加解密。

参数

- [in] handle - cipher 的 handle
- [in] in_fd - 输入数据
- [out] out_fd - 输出计算结果
- [in] len - 输入数据的长度（单位：byte）

注意

1. handle 必须经过 `rk_cipher_init()` 初始化。
2. in_fd 可以和 out_fd 相同，即支持原地加解密。
3. 计算完成之后，`rk_cipher_config` 中的 iv 会被更新。重复多次调用，即可实现分段调用。

3.2.6.13 rk_cipher_crypt_virt

```
RK_RES rk_cipher_crypt_virt(rk_handle handle, const uint8_t *in, uint8_t *out, uint32_t len);
```

功能

接收虚拟地址数据使用对称分组算法执行加解密。

参数

- [in] handle - cipher 的 handle

- [in] in - 输入数据 buffer
- [out] out - 输出计算结果
- [in] len - 输入数据的长度（单位：byte）

注意

1. handle 必须经过 `rk_cipher_init()` 初始化。
2. in 和 out 可以为相同地址，即支持原地加解密。
3. 计算完成之后，`rk_cipher_config` 中的iv会被更新。重复多次调用，即可实现分段调用。

3.2.6.14 rk_cipher_final

```
RK_RES rk_cipher_final(rk_handle handle);
```

功能

对称分组算法，结束计算，清除 handle。

参数

- [in] handle - cipher 的 handle，必须经过 `rk_cipher_init()` 初始化。

3.2.6.15 rk_get_random

```
RK_RES rk_get_random(uint8_t *data, uint32_t len)
```

功能

从 HWRNG 获取指定长度的随机数。

参数

- [out] data - 输出的随机数
- [in] len - 需要获取的随机数的长度（单位：byte）

3.2.6.16 rk_write_oem_otp_key

```
RK_RES rk_write_oem_otp_key(enum RK_OEM_OTP_KEYID key_id, uint8_t *key,
                             uint32_t key_len);
```

功能

把密钥明文写到指定的 OEM OTP 区域。

OEM OTP 的相关特性说明，见<Rockchip_Developer_Guide_OTP_CN>文档。

参数

- [in] key_id - 将要写的 key 区域索引
- [in] key - 密钥明文
- [in] key_len - 密钥明文长度（单位：byte）

注意

1. key_id 默认支持 RK_OEM_OTP_KEY0 - 3 共 4 个密钥，对于 RV1126/RV1109，额外支持 key_id 为 RK_OEM_OTP_KEY_FW 的密钥。RK_OEM_OTP_KEY_FW 为 BootROM 解密 loader 时用的密钥，rk_oem_otp_key_cipher_virt 接口支持用这个密钥去做业务数据加解密。
2. 对于 RK_OEM_OTP_KEY_FW，key_len 仅支持 16 字节，对于其他密钥，key_len 支持 16、24、32 字节。

3.2.6.17 rk_oem_otp_key_is_written

```
RK_RES rk_oem_otp_key_is_written(enum RK_OEM_OTP_KEYID key_id, uint8_t *is_written);
```

功能

判断密钥是否已经写入指定的 OEM OTP 区域。

OEM OTP 的相关特性说明，见<Rockchip_Developer_Guide_OTP_CN>文档。

参数

- [in] key_id - 将要写的 key 区域索引。
- [out] is_written - 判断是否已经写入密钥，1 表示已写入，0 表示未写入。

返回值

当返回值为 #define RK_CRYPT0_SUCCESS 0x00000000 时，is_written 值才有意义。

RK3588 平台还会判断 key_id 是否被 lock，若对应 key_id 被 lock 则会返回错误 #define RK_CRYPT0_ERR_ACCESS_DENIED 0xF0000005。

注意

1. key_id 默认支持 RK_OEM_OTP_KEY0 - 3 共 4 个密钥，对于 RV1126/RV1109，额外支持 key_id 为 RK_OEM_OTP_KEY_FW 的密钥。

3.2.6.18 rk_set_oem_hr_otp_read_lock

```
RK_RES rk_set_oem_hr_otp_read_lock(enum RK_OEM_OTP_KEYID key_id);
```

功能

设置指定 OEM OTP 区域的 read lock 标志，设置成功后，该区域禁止写数据，并且该区域已有的数据 CPU 软件不可读，可通过 rk_oem_otp_key_cipher_virt 接口使用密钥。

OEM OTP 的相关特性说明，见 Rockchip_Developer_Guide_OTP_CN 文档。

参数

- [in] key_id - 将要设置的 key_id，支持 RK_OEM_OTP_KEY0 - 3

3.2.6.19 rk_oem_otp_key_cipher

```
RK_RES rk_oem_otp_key_cipher(enum RK_OEM_OTP_KEYID key_id, rk_cipher_config *config, int32_t in_fd, int32_t out_fd, uint32_t len);
```

功能

选择 OEM OTP 区域的密钥，以 dma_fd 的方式，进行 cipher 单次计算。

参数

- [in] key_id - 将要使用的 otp key 索引
- [in] config - 算法、模式、密钥、iv 等
- [in] in_fd - 待计算数据，支持等同于 out_fd，即支持原地加解密
- [out] out_fd - 输出计算结果
- [in] len - 输入和输出数据的长度（单位：byte）

注意

1. key_id 默认支持 RK_OEM_OTP_KEY0 - 3，对于 RV1126/RV1109，额外支持 RK_OEM_OTP_KEY_FW。
2. 算法模式支持 AES/SM4-ECB/CBC/CTS/CTR/CFB/OFB。
3. 密钥长度支持 16、24、32 字节，若是 RV1109/RV1126 平台，密钥长度仅支持 16、32，当 key_id 为 RK_OEM_OTP_KEY_FW 时密钥长度仅支持 16。
4. in_fd 与 out_fd 可以相同，即支持原地加解密。

3.2.6.20 rk_oem_otp_key_cipher_virt

```
RK_RES rk_oem_otp_key_cipher_virt(enum RK_OEM_OTP_KEYID key_id, rk_cipher_config
*config,
                                uint8_t *src, uint8_t *dst, uint32_t len);
```

功能

选择 OEM OTP 区域的密钥，执行 cipher 单次计算。

参数

- [in] key_id - 将要使用的 otp key 索引
- [in] config - 算法、模式、密钥、iv 等
- [in] src - 待计算数据的 buffer
- [out] dst - 计算结果的 buffer
- [in] len - 输入和输出数据 buffer 的长度（单位：byte）

注意

1. key_id 默认支持 RK_OEM_OTP_KEY0 - 3，对于 RV1126/RV1109，额外支持 RK_OEM_OTP_KEY_FW。
2. 算法模式支持 AES/SM4-ECB/CBC/CTS/CTR/CFB/OFB。
3. 密钥长度支持 16、24、32 字节，若是 RV1109/RV1126 平台，密钥长度仅支持 16、32，当 key_id 为 RK_OEM_OTP_KEY_FW 时密钥长度仅支持 16。
4. src 与 dst 可以为相同地址，即支持原地加解密。
5. 输入和输出 buffer 的长度 len 默认最大支持 1MB，对于 RV1126/RV1109，len 最大约为 500KB。

3.2.6.21 rk_ae_init

功能

AEAD算法的初始化，支持 AES/SM4，当前仅支持 GCM模式。

参数

- [in] config - 算法、模式、密钥、iv、aad长度、tag长度等，见[rk_ae_config](#)

- [out] handle - AEAD的 handle

注意

init 成功后, 无论后续 是否成功执行, 都必须调用 `rk_ae_final()` 销毁相关资源。

3.2.6.22 rk_ae_set_aad

```
RK_RES rk_ae_set_aad(rk_handle handle, int aad_fd);
```

功能

接收 dma_fd 数据设置aad参数。

参数

- [in] handle - cipher 的 handle
- [in] aad_fd - AAD输入数据

注意

1. handle 必须经过 `rk_ae_init()` 初始化。
2. 目前 `rk_ae_set_aad` 在一次 `rk_ae_init` 后只能调用一次, 不支持AAD分段多次更新。多次更新会导致AAD的内容不断被覆盖, 以最后一次调用的aad_fd为准。

3.2.6.23 rk_ae_set_aad_virt

```
RK_RES rk_ae_set_aad_virt(rk_handle handle, uint8_t *aad_virt);
```

功能

接收虚拟地址数据设置aad数据。

参数

- [in] handle - cipher 的 handle
- [in] in - aad输入数据 buffer

注意

1. handle 必须经过 `rk_ae_init()` 初始化。
2. 目前 `rk_ae_set_virt` 在一次init后只能调用一次, 不支持add分段多次更新。多次更新会导致add的内容不断被覆盖, 以最后一次调用的buffer为准。

3.2.6.24 rk_ae_crypt

```
RK_RES rk_ae_crypt(rk_handle handle, int in_fd, int out_fd, uint32_t len, uint8_t *tag);
```

功能

接收 dma_fd 数据使用AEAD算法执行加解密和TAG计算/验证。

参数

- [in] handle - ae的 handle
- [in] in_fd - 输入数据
- [out] out_fd - 输出计算结果
- [in] len - 输入数据的长度（单位：byte）
- [in/out] tag - 当加密时，tag为out。当解密时，tag为in。

注意

1. handle 必须经过 `rk_ae_init()` 初始化。
2. in_fd 可以和 out_fd 相同，即支持原地加解密。
3. 不支持分段多次调用。

3.2.6.25 rk_ae_crypt_virt

```
RK_RES rk_ae_crypt_virt(rk_handle handle, const uint8_t *in, uint8_t *out,
uint32_t len, uint8_t *tag);
```

功能

接收虚拟地址数据使用AEAD算法执行加解密。

参数

- [in] handle - ae 的 handle
- [in] in - 输入数据 buffer
- [out] out - 输出计算结果
- [in] len - 输入数据的长度（单位：byte）
- [in/out] tag - 当加密时，tag为out。当解密时，tag为in。

1. 注意

1. handle 必须经过 `rk_ae_init()` 初始化。
2. in可以和 out为相同地址，即支持原地加解密。
3. 不支持分段多次调用。

3.2.6.26 rk_ae_final

```
RK_RES rk_ae_final(rk_handle handle);
```

功能

AEAD算法，结束计算，清除 handle。

参数

- [in] handle - ae 的 handle，必须经过 `rk_ae_init()` 初始化。

3.2.6.27 rk_rsa_pub_encrypt

```
RK_RES rk_rsa_pub_encrypt(const rk_rsa_pub_key_pack *pub, enum
RK_RSA_CRYPT_PADDING padding, const uint8_t *in, uint32_t in_len, uint8_t *out,
uint32_t *out_len);
```

功能

使用公钥对数据进行加密，支持加密填充。

参数

- [in] pub - rsa的公钥信息，见[rk_rsa_pub_key_pack](#)
- [in] padding - 加密填充格式，见[RK_RSA_CRYPT_PADDING](#)
- [in] in - 输入数据
- [in] in_len - 输入数据的长度（单位：byte），输入数据过长将会返回错误码 `RK_CRYPT0_ERR_PADDING_OVERFLOW`
- [out] out - 公钥加密后的数据
- [out] out_len - 加密后的数据长度

注意

1. pub必须正确设置，指明当前传递的key是明文，还是OTP KEY加密后的密文，该步骤会影响密钥的解析。
2. 不推荐原地加解密。

3.2.6.28 rk_rsa_priv_decrypt

```
RK_RES rk_rsa_priv_decrypt(const rk_rsa_priv_key_pack *priv, enum
RK_RSA_CRYPT_PADDING padding, const uint8_t *in, uint32_t in_len, uint8_t *out,
uint32_t *out_len);
```

功能

使用私钥对数据进行解密，支持PADDING解析。

参数

- [in] priv - rsa的私钥信息，见[rk_rsa_priv_key_pack](#)
- [in] padding - 加密填充格式，需要与加密时使用的格式一致。见[RK_RSA_CRYPT_PADDING](#)
- [in] in - 输入数据
- [in] in_len - 输入数据的长度（单位：byte）
- [out] out - 私钥解密后的数据
- [out] out_len - 解密后的数据长度

注意

1. priv 必须正确设置，指明当前传递的key是明文，还是OTP KEY加密后的密文，该步骤会影响密钥的解析。
2. 不推荐原地加解密。

3.2.6.29 rk_rsa_priv_encrypt

```
RK_RES rk_rsa_priv_encrypt(const rk_rsa_priv_key_pack *priv, enum
RK_RSA_CRYPT_PADDING padding, const uint8_t *in, uint32_t in_len, uint8_t *out,
uint32_t *out_len);
```

功能

使用私钥对数据进行加密，支持加密填充。

参数

- [in] priv - rsa的私钥信息，见[rk_rsa_priv_key_pack](#)
- [in] padding - 加密填充格式，见[RK_RSA_CRYPT_PADDING](#)
- [in] in - 输入数据
- [in] in_len - 输入数据的长度（单位：byte），输入数据过长将会返回错误码 RK_CRYPT_ERR_PADDING_OVERFLOW
- [out] out - 私钥加密后的数据
- [out] out_len - 加密后的数据长度

注意

1. priv必须正确设置，指明当前传递的key是明文，还是OTP KEY加密后的密文，该步骤会影响密钥的解析。
2. 不推荐原地加解密。

3.2.6.30 rk_rsa_pub_decrypt

```
RK_RES rk_rsa_pub_decrypt(const rk_rsa_pub_key_pack *pub, enum RK_RSA_CRYPT_PADDING padding, const uint8_t *in, uint32_t in_len, uint8_t *out, uint32_t *out_len);
```

功能

使用公钥对数据进行解密，支持PADDING解析。

参数

- [in] pub - rsa的公钥信息，见[rk_rsa_pub_key_pack](#)
- [in] padding - 加密填充格式，需要与加密时使用的格式一致。见[RK_RSA_CRYPT_PADDING](#)
- [in] in - 输入数据
- [in] in_len - 输入数据的长度（单位：byte）
- [out] out - 公钥解密后的数据
- [out] out_len - 解密后的数据长度

注意

1. pub必须正确设置，指明当前传递的key是明文，还是OTP KEY加密后的密文，该步骤会影响密钥的解析。
2. 不推荐原地加解密。

3.2.6.31 rk_rsa_sign

```
RK_RES rk_rsa_sign(const rk_rsa_priv_key_pack *priv, enum RK_RSA_SIGN_PADDING padding, const uint8_t *in, uint32_t in_len, const uint8_t *hash, uint8_t *out, uint32_t *out_len);
```

功能

使用私钥对输入数据算hash或者直接使用外部传入的hash值，进行签名。

参数

- [in] priv - rsa的私钥信息，见[rk_rsa_priv_key_pack](#)
- [in] padding - 签名填充格式，见[RK_RSA_SIGN_PADDING](#)

- [in] in - 待签名的数据（可选），支持先算hash，后签名。
- [in] in_len - 待签名数据的长度（单位：byte）
- [in] hash - 哈希值（可选），根据填充算法确定哈希长度，支持直接对哈希值进行签名
- [out] out - 私钥签名后的数据
- [out] out_len - 签名后的数据长度

注意

1. priv必须正确设置，指明当前传递的key是明文，还是OTP KEY加密后的密文，该步骤会影响密钥的解析。
2. 当 `in != NULL && hash == NULL` 时，该接口会先对in计算hash值（hash算法由padding格式确定），然后再对hash值进行padding后签名。
3. 当 `hash != NULL` 时，该接口会直接对传入hash值进行padding后签名。

3.2.6.32 rk_rsa_verify

```
RK_RES rk_rsa_verify(const rk_rsa_pub_key_pack *pub, enum RK_RSA_SIGN_PADDING padding, const uint8_t *in, uint32_t in_len, const uint8_t *hash, uint8_t *sign, uint32_t sign_len);
```

功能

使用公钥对签名进行验签。

参数

- [in] pub - rsa的公钥信息，见[rk_rsa_pub_key_pack](#)
- [in] padding - 签名填充格式，需要与签名时使用的格式一致。见[RK_RSA_SIGN_PADDING](#)
- [in] in - 签名的原始数据（可选）
- [in] in_len - 签名的原始数据的长度（单位：byte）
- [in] hash - 签名的原始哈希值（可选）
- [in] sign - 签名数据
- [in] sign_len - 签名数据的长度（单位：byte）

注意

1. pub必须正确设置，指明当前传递的key是明文，还是OTP KEY加密后的密文，该步骤会影响密钥的解析。
2. 当 `in != NULL && hash == NULL` 时，该接口会先对in计算hash值（hash算法有padding格式确定），然后再对hash值进行验签。
3. 当 `hash != NULL` 时，该接口会直接对传入hash值进行验签。

3.2.7 debug日志

当前librkcrypto的日志划分为以下几个级别。

```
enum RKCRYPTO_TRACE_LEVEL {
    TRACE_TOP      = 0,
    TRACE_ERROR    = 1,
    TRACE_INFO     = 2,
    TRACE_DEBUG    = 3,
    TRACE_VERBOSE  = 4,
    TRACE_BUTT,
};
```

默认为 `TRACE_INFO`，可以通过设置环境变量的方式修改日志的级别（需要在librkcrypto库加载之前设置好环境变量才会生效），也可以在 `rk_crypto_init` 之前通过 `rkcrypto_set_trace_level` 接口来进行设置。

Android：

```
setprop vendor.rkcrypto.trace.level 1/2/3/4
```

Linux：

```
export rkcrypto_trace_level=1/2/3/4
```

4. 硬件 crypto 性能数据

4.1 uboot 层硬件 crypto 性能数据

4.1.1 crypto v1 性能数据

测试环境（uboot RK3399）：

时钟：CRYPTO_CORE = 200M，不同芯片的最高频率略有不同

CIPHER/HASH 算法性能测试：

ALGO	Actual (MBps)	Theoretical (MBps)
DES	-	<=94
TDES	-	<=31
AES-128	-	<=290
AES-192	-	<=246
AES-256	-	<213
MD5	125	<196
SHA1	125	<158
SHA256	125	-

RSA 算法性能测试：

RSA 算法长度(nbits)	公钥加密/私钥解密 (ms)
2048	8 / 632

4.1.2 crypto v2 性能数据

测试环境（uboot RV1126）：

时钟：CRYPTO_CORE = 200M, CRYPTO_PKA=300M, DDR=786M

Hash/HMAC：总共测试 128M 的数据，每次计算 4M 的数据

DES/3DES/AES/SM4：总共测试 128M 数据，每次计算 4M 的明文和 4M 的 aad 数据

ALGO	MODE	Actual (MBps)			Theoretical (MBps)		
HASH/HMAC	MD5	183			196		
	SHA1	148			158		
	SHA256/224	183			196		
	SHA512/384/512_224/512_256	288			316		
	SM3	183			-		
DES	ECB	289			352		
	CBC/CFB/OFB	79			88		
3DES	ECB	107			116		
	CBC/CFB/OFB	27			29		
AES (128 192 256)	ECB/CTR/XTS	447	442	436	1066	914	800
	CBC/CFB/OFB/CTS	234	204	180	266	228	200
	CMAC/CBC_MAC	245	212	186	266	228	200
	CCM(data+aad)	180	162	146	-		
	GCM(data+aad)	196	184	174	-		
SM4	ECB/CTR/XTS	320			-		
	CBC/CFB/OFB/CTS	87			-		
	CMAC/CBC_MAC	89			-		
	CCM(data+aad)	156			-		
	GCM(data+aad)	114			-		

RSA 测试方法：生成 rsa key，包含 n, e, d，执行加密和解密测试

加密测试：密文 = $d^e \% n$

解密测试：明文 = $d^d \% n$

	ENC/DEC	Time(ms)
RSA-1024	ENC	< 1
	DEC	12
RSA-2048	ENC	1
	DEC	93
RSA-3072	ENC	1
	DEC	304
RSA-4096	ENC	2
	DEC	710

5. References

6. 附录

6.1 术语