



Linux CE 开发指南

版本号: 2.0
发布日期: 2021.04.02

版本历史

版本号	日期	制/修订人	内容描述
1.0	2020.7.19	AWA0480	添加基础模板
2.0	2021.04.02	AWA0480	适配 linux-5.4 平台

目 录

1 概述	1
1.1 编写目的	1
1.2 适用范围	1
1.3 相关人员	1
1.4 相关术语	1
2 CE 模块描述	3
2.1 CE 的算法支持	3
2.2 Linux Crypto 算法框架	3
2.2.1 使用 openssl 方式	4
2.2.2 使用 CE 设备节点方式	5
2.3 模块配置介绍	6
2.3.1 加解密接口的选择	6
2.3.1.1 选择 Linux 内核源生的配置	6
2.3.1.2 选择 CE 加解密接口的配置	8
2.3.1.3 选择 ARM 的加速指令的配置	9
2.3.2 选着 openssl 调用方式配置	10
2.3.3 选着 CE 设备节点调用方式配置	12
2.3.4 Device Tree 配置说明	13
2.4 源码结构介绍	14
2.4.1 linux-4.9 源代码结构	14
2.4.2 linux-5.4 源代码结构	15
3 模块接口描述	18
3.1 算法注册接口	18
3.1.1 crypto_register_alg()	18
3.1.1.1 函数原型	18
3.1.1.2 功能描述	18
3.1.1.3 返回值	18
3.1.1.4 参数说明	18
3.1.2 crypto_unregister_alg()	19
3.1.2.1 函数原型	19
3.1.2.2 功能描述	19
3.1.2.3 返回值	19
3.1.2.4 参数说明	19
3.1.3 crypto_register_ahash()	20
3.1.3.1 函数原型	20
3.1.3.2 功能描述	20
3.1.3.3 返回值	20
3.1.3.4 参数说明	20
3.1.4 crypto_unregister_ahash()	21
3.1.4.1 函数原型	21

3.1.4.2	功能描述	21
3.1.4.3	返回值	21
3.1.4.4	参数说明	21
3.2	算法处理接口	21
3.2.1	ss_aes_start()	22
3.2.1.1	函数原型	22
3.2.1.2	功能描述	22
3.2.1.3	返回值	22
3.2.1.4	参数说明	22
3.2.2	ss_hash_start	23
3.2.2.1	函数原型	23
3.2.2.2	功能描述	23
3.2.2.3	返回值	23
3.2.2.4	参数说明	23
3.2.3	ss_rng_start()	24
3.2.3.1	函数原型	24
3.2.3.2	功能描述	24
3.2.3.3	返回值	24
3.2.3.4	参数说明	24
4	openssl 的接口	26
4.1	openssl 的代码库	26
4.2	openssl 的配置与编译	26
4.2.1	openssl 的配置	26
4.2.2	openssl 的编译说明	26
4.2.3	openssl 的库文件的生成	27
4.3	CE 设备节点方式的 demo 用例说明	27
4.4	openssl 调用方式的 demo 用例说明	28
4.4.1	使用 af_alg 引擎	28
4.4.2	MD5 demo	29
4.4.3	AES demo	30
4.4.4	HMAC-SHA1 demo	32
4.4.5	DH demo	34
5	Linux CRYPTO API 使用说明	38
5.1	hash 接口	38

插图

2-1 Linux Crypto 算法框架图	3
2-2 openssl 调用方式图	4
2-3 CE 设备节点调用方式图	5
2-4 Cryptographic API 配置	6
2-5 Cryptographic API 配置	7
2-6 Cryptographic API 配置	7
2-7 Cryptographic API 配置	8
2-8 Cryptographic API 配置	8
2-9 Cryptographic API 配置	9
2-10 ARM 加速指令的配置	10
2-11 ARM 加速指令的配置	10
2-12 Cryptographic API 配置	11
2-13 Cryptographic API 配置	11
2-14 Cryptographic API 配置	12
2-15 NET 配置选项	12
2-16 Cryptographic API 配置	13
2-17 Cryptographic API 配置	13

1 概述

1.1 编写目的

本文档对 Sunxi 平台 CE 硬件的加密和解密功能接口使用进行详细的阐述，让用户明确掌握加解密接口的编程方法。

1.2 适用范围

表 1-1: 适用产品列表

内核版本	驱动文件
Linux-4.9	drivers/crypto/sunxi-ss/*
Linux-5.4	drivers/crypto/sunxi-ce/*

1.3 相关人员

CE 驱动、加解密应用层的开发/维护人员。

1.4 相关术语

- API: Application Program Interface 应用程序接口
- SUNXI: 指 Allwinner 的一系列 SOC 硬件平台
- SS: Security System, Sunxi SOC 中的系统安全模块，支持多种硬件加密解密算法
- CE: Crypto Engine, 算法引擎，以前称作 SS
- AES: Advanced Encryption Standard, 高级加密标准
- CRC32: Cyclic redundancy check 32, 循环冗余校验 (32 位)
- DES: Data Encryption Standard, 数据加密标准
- 3DES: 3DES 基于 DES 的一种改进算法，它使用 3 条 64 位的密钥对数据进行三次加密
- ECB: Electronic Code Book mode, 电子密码本模式
- CBC: Cipher Block Chaining mode, 加密块链模式
- CFB: Cipher feedback, 密码反馈模式

- CTR: Counter mode, 计数模式
- CTS: Ciphertext Stealing mode
- OFB: Output feedback, 输出反馈模式
- XTS: XEX-based tweaked-codebook mode with ciphertext stealing
- DH: Diffie-Hellman 算法, 密码一致协议
- ECC: Elliptic curve cryptography, 椭圆曲线加密算法
- ECDH: EC-based DH, 基于椭圆曲线的密码交换协议
- MD5: Message Digest Algorithm 5, 消息摘要算法第五版
- SHA: Secure Hash Algorithm, 安全散列算法
- HMAC: Hash-based Message Authentication Code, 基于 Hash 的消息鉴别码
- HMAC-SHA1: SHA1-based HMAC, 基于 SHA1 的 HMAC 算法
- HMAC-SHA256: SHA256-based HMAC, 基于 SHA256 的 HMAC 算法
- IDMA: Internal DMA
- RSA: 公钥加密算法
- TRNG: True Random Number Generator, 真随机数发生器
- PRNG: Pseudo Random Number Generator, 伪随机数发生器

2 CE 模块描述

2.1 CE 的算法支持

由于不同 sunxi 平台，硬件 CE 支持的算法不一样，因此需要了解支持具体的算法类型，请查阅相关平台 User Manual 的 CE 章节。

2.2 Linux Crypto 算法框架

Crypto 是内核一个独立的子系统，源码在 kernel/crypto 下，它实现了对算法的统一管理，并提供出统一的数据处理接口给其他子系统使用；因此基于这套框架，我们不仅可以使用 kernel 已有的 crypto 算法对数据做转换，还能自行扩展添加算法，整个算法框架如下：

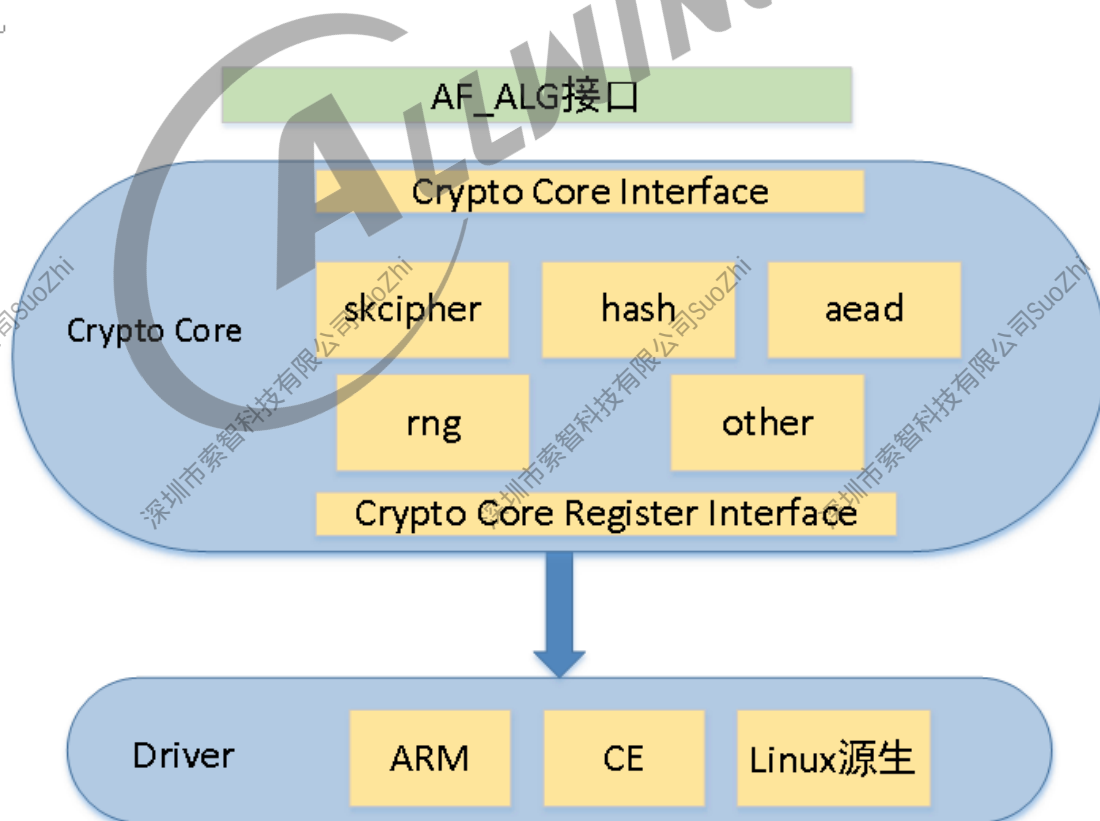


图 2-1: Linux Crypto 算法框架图

它实现了对称加解密，非对称加解密，认证加解密，hash，Hmac，伪随机数生成算法和压缩算法。

2.2.1 使用 openssl 方式

CE 按照 Linux 内核中的 crypto 框架设计，在应用层能够和 OpenSSL 完美配合，很容易扩展完成多种硬件算法的支持。整个软件架构的关系图如下：

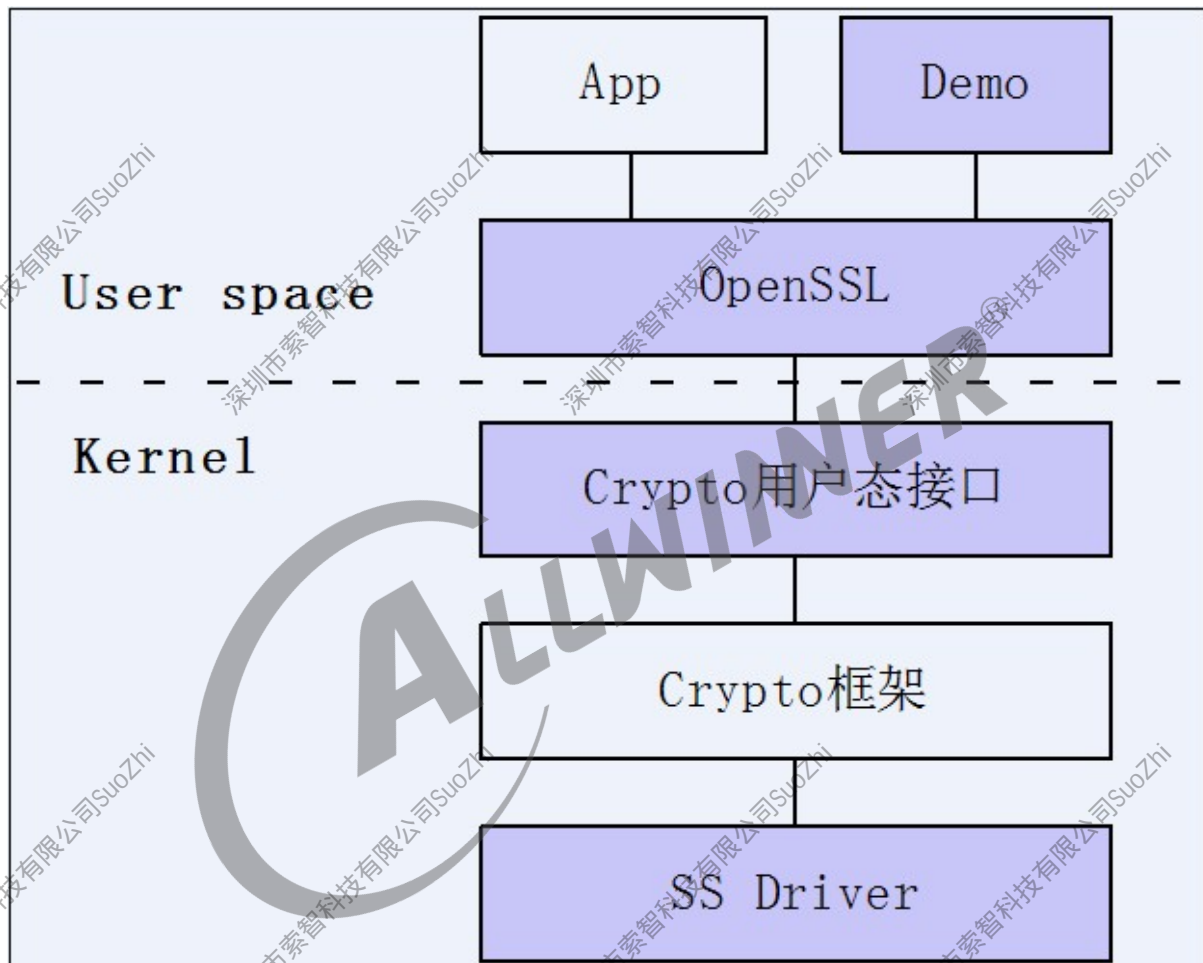


图 2-2: openssl 调用方式图

其中，[App] 是指用户的应用程序；[Crypto 框架] 是 Linux 内核自带的加密算法管理框架；紫色区域需要我们开发或修改，它们分别是：

1. Demo，基于 OpenSSL 的示例代码。
2. OpenSSL，一个基于密码学的安全开发包，OpenSSL 提供的功能相当强大和全面。
3. Crypto 用户态接口，内核 crypto 框架和用户态的接口部分。
4. SS Driver 即 CE Driver，负责操作 CE 硬件控制器。

可以看到，和用户应用程序直接打交道的是 OpenSSL 标准接口（将在第 4 章详述），这样 App 也很容易嵌入硬件的加解密功能。需要指出，标准的 OpenSSL 还不能直接和内核中的 Crypto 框架互通，需要在 OpenSSL 中注册一个引擎插件 (af_alg 插件)，并在 App 中要配置 OpenSSL 使用 af_alg 引擎。（使用方法详见 Demo）。

2.2.2 使用 CE 设备节点方式

由于某些应用场景中，不想使用 OpenSSL 标准接口来操作 CE 的接口，因为 openssl 编译出来的库比较大，不适合小内存方案。因此 CE 驱动还提供 CE 设备节点方式供用户空间使用，整个软件架构的关系图如下：

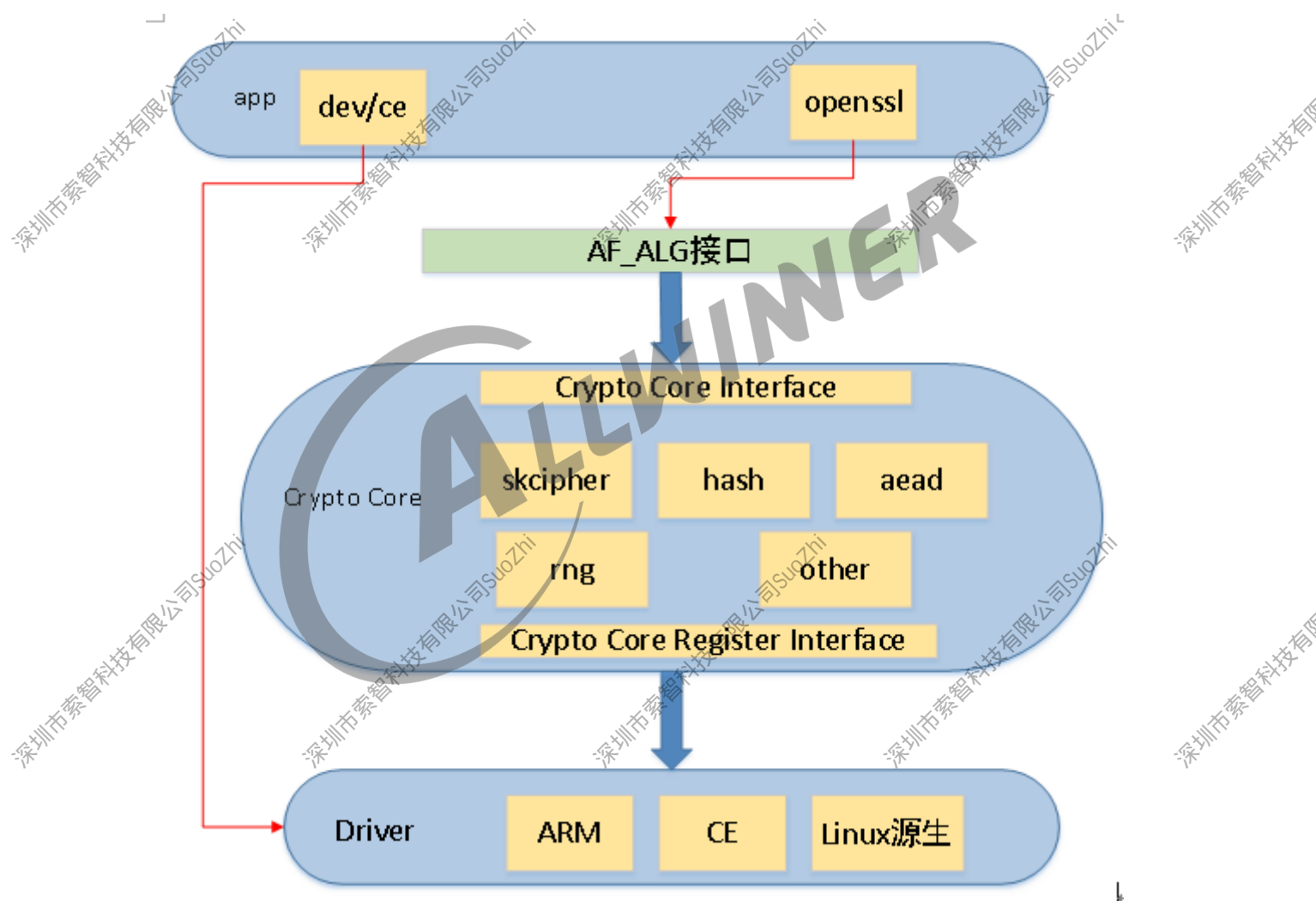


图 2-3: CE 设备节点调用方式图

如图所示，通过 CE 的设备节点方式不经过 Crypto 的框架，直接调用加解密接口。

2.3 模块配置介绍

在 longan 目录下执行：./build.sh menuconfig 进入配置主界面，并按以下步骤操作。

2.3.1 加解密接口的选择

Linux 内核支持 3 种加解密接口：

加解密接口	备注
Linux 内核原生加解密接口	C 语言实现
ARM 加解密接口	采用 ARM 的加速指令实现
CE 加解密接口	加解密硬件加速模块

2.3.1.1 选择 Linux 内核源生的配置

1. 首先选择 Cryptographic API 选项进入下一级配置，如图所示：

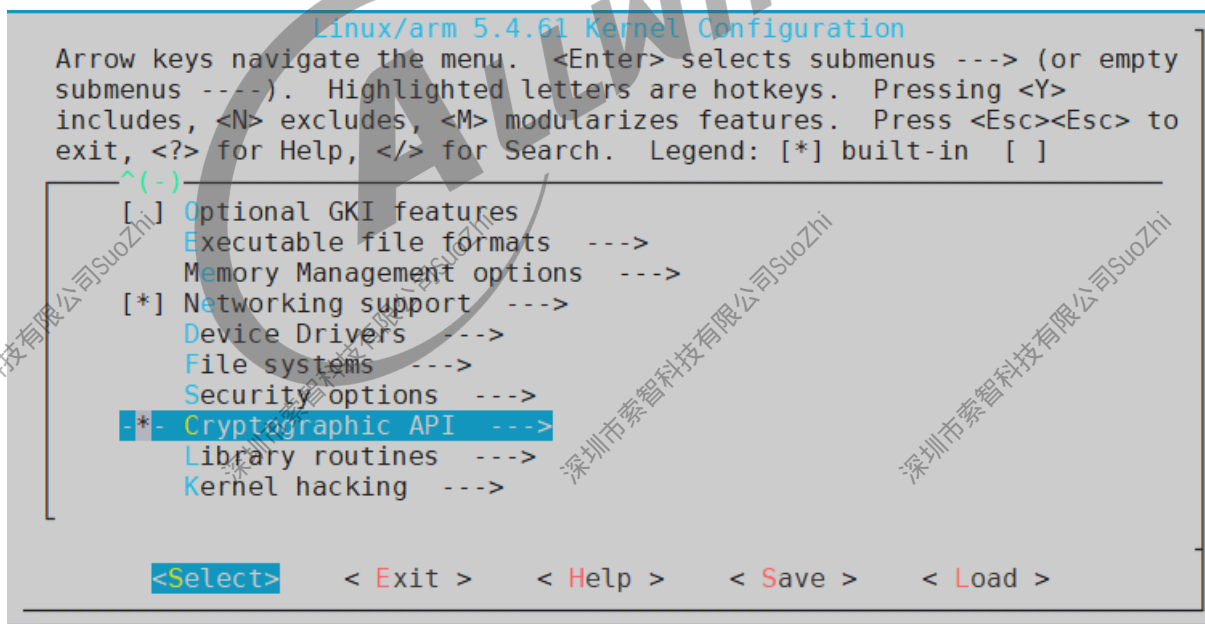


图 2-4: Cryptographic API 配置

2. 在 Cryptographic API 中选着相应的算法即可。

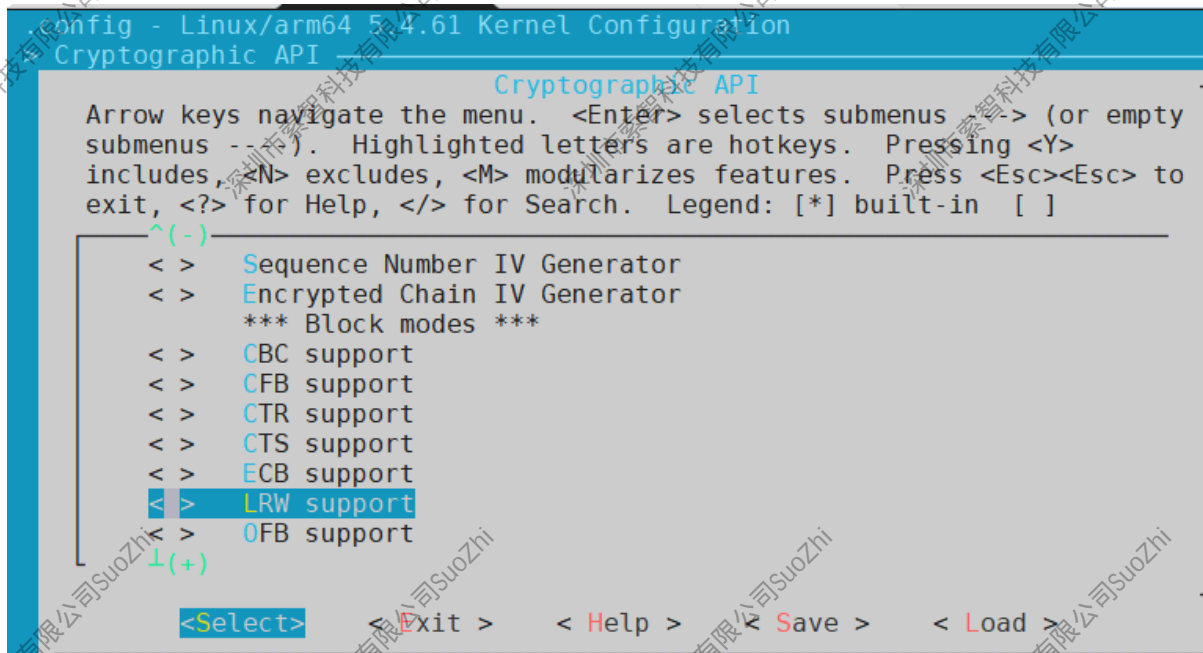


图 2-5: Cryptographic API 配置

警告

如果内核版本为 4.9，还需要关闭 Crypto 的自测功能，否则会进入测试模式产生异常

3. 然后, 选中 Disable run-time selftests 选项, 进入下一级配置, 如图所示:

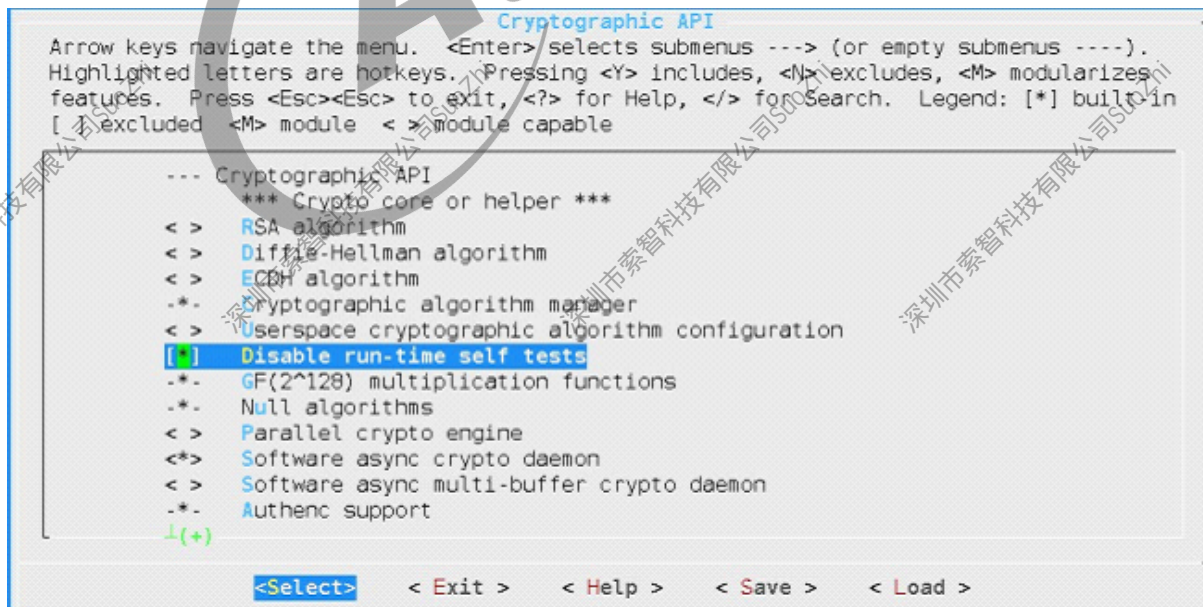


图 2-6: Cryptographic API 配置

2.3.1.2 选择 CE 加解密接口的配置

1. 首先, 选择 Cryptographic API 选项进入下一级配置, 如图所示:

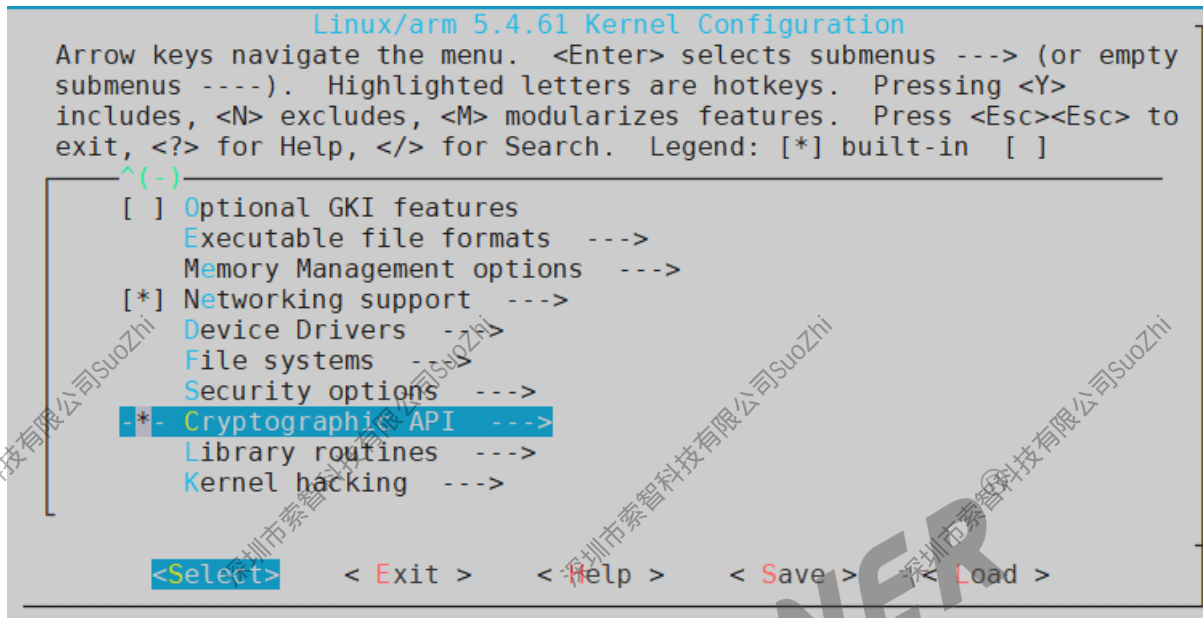


图 2-7: Cryptographic API 配置

2. 选择 Hardware crypto devices 选项进入下一级配置, 如图所示:

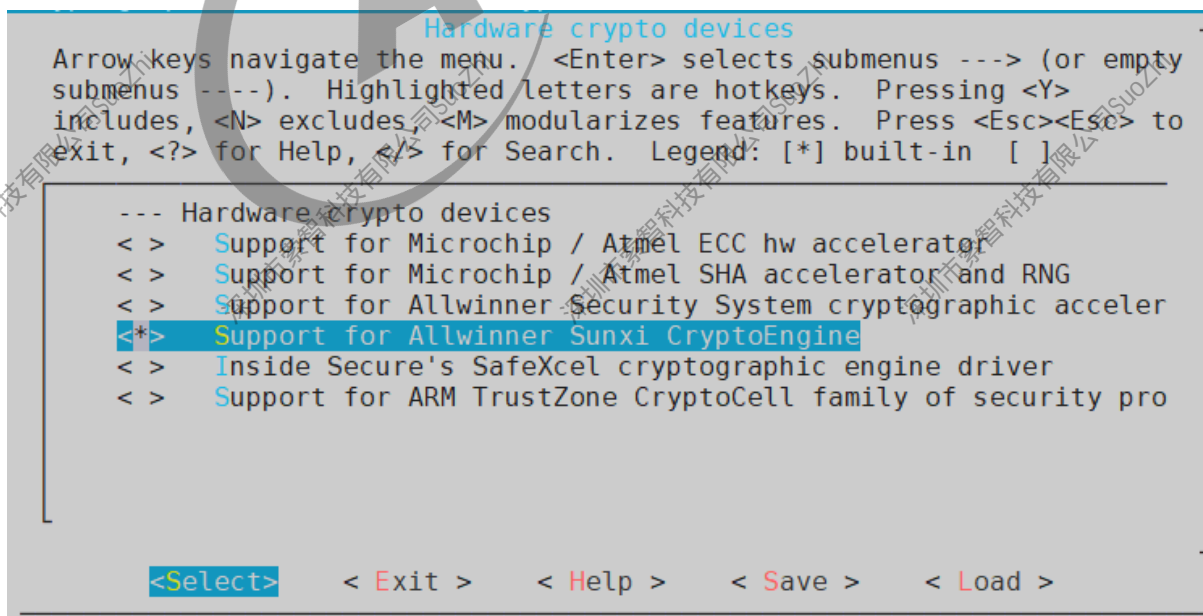


图 2-8: Cryptographic API 配置

3. 进入 Support for Allwinner Sunxi CryptoEngine, 如图所示:

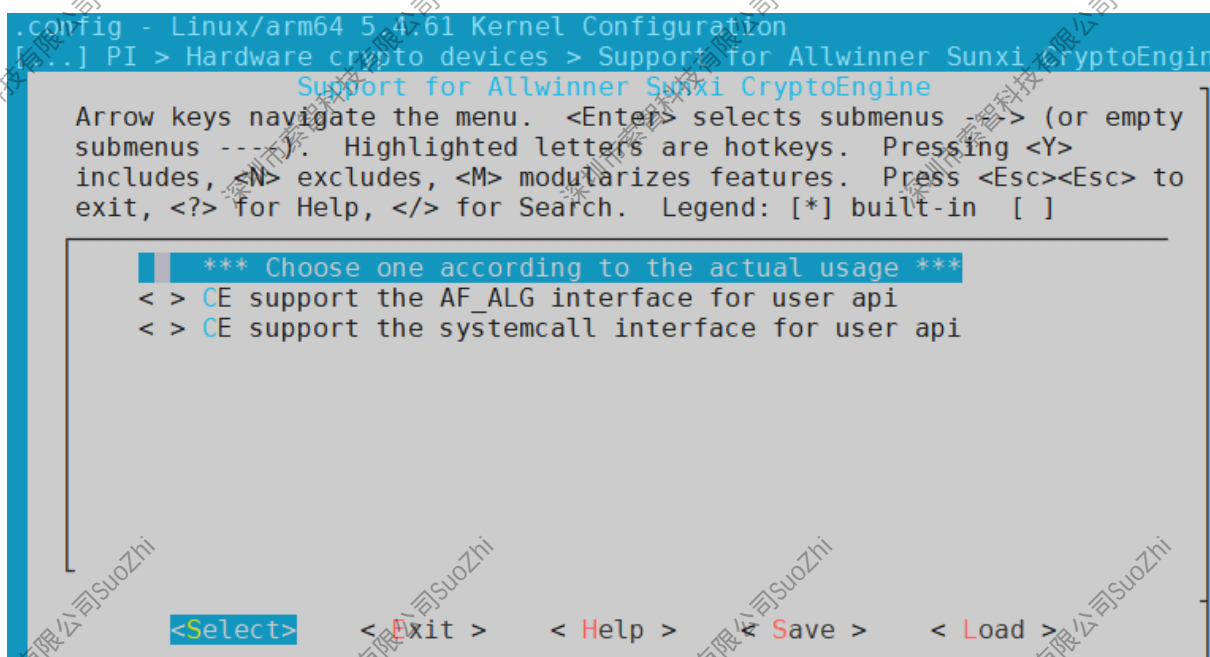


图 2-9: Cryptographic API 配置

2.3.1.3 选择 ARM 的加速指令的配置

如果数据块是以 8K 为单位，或 8K 以下，可以采用 ARM 的加速指令这比 CE 模块的性能更加有优势，需要注意的是如果开启 ARM 的加速指令，必须关闭 CE 的配置，因为 CE 的配置优先级更高。

这里以 ARM-V7 架构的加速指令的进行配置：

1. 首先，选择 ARM Accelerated Cryptographic Algorithm 选项进入下一级配置，如图所示：

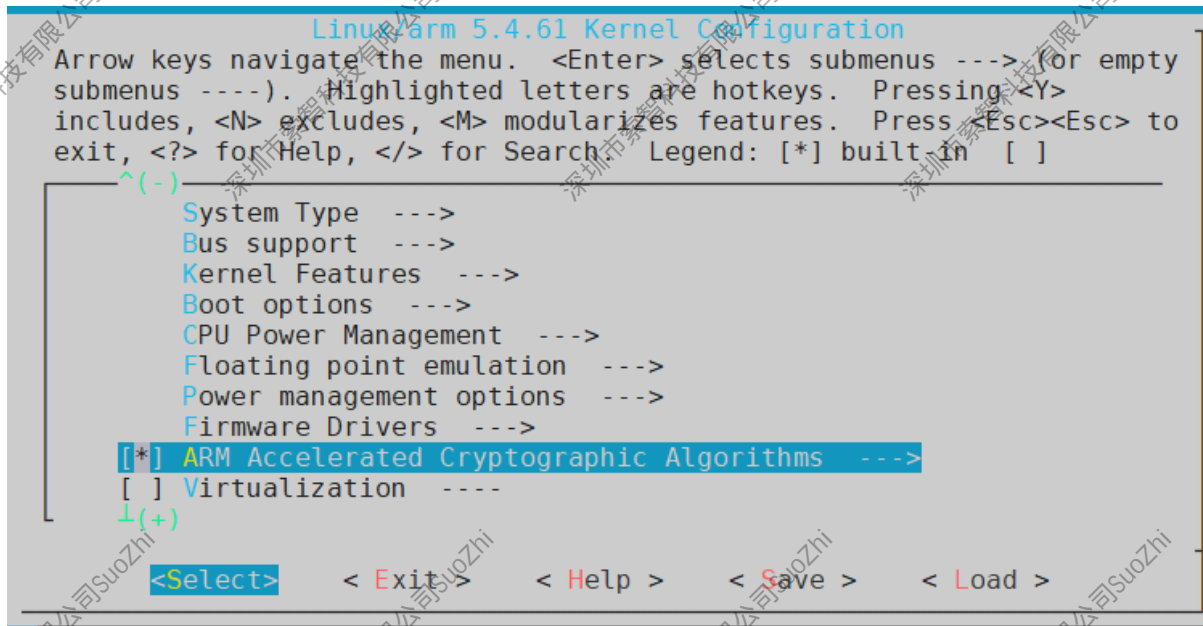


图 2-10: ARM 加速指令的配置

2. 首先, 选择进行配置相应的算法, 如图所示:

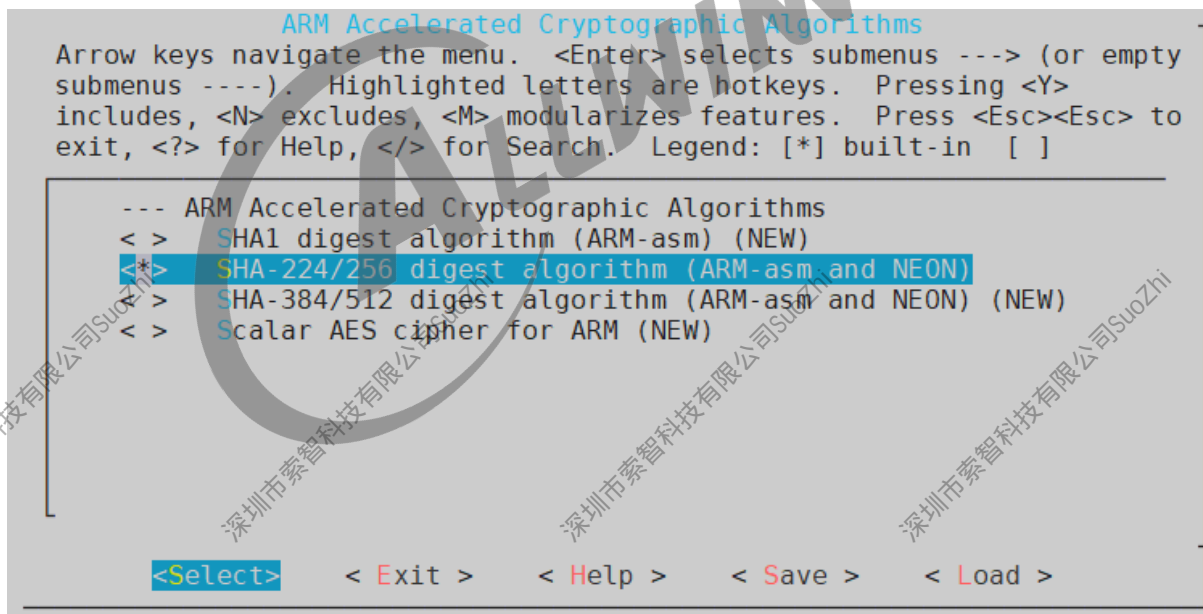


图 2-11: ARM 加速指令的配置

2.3.2 选着 openssl 调用方式配置

由于 openssl 调用方式依赖 crypto 框架的用户态接口支持, 配置如下:

1. 首先, 选择 Cryptographic API 选项进入下一级配置, 如图所示:

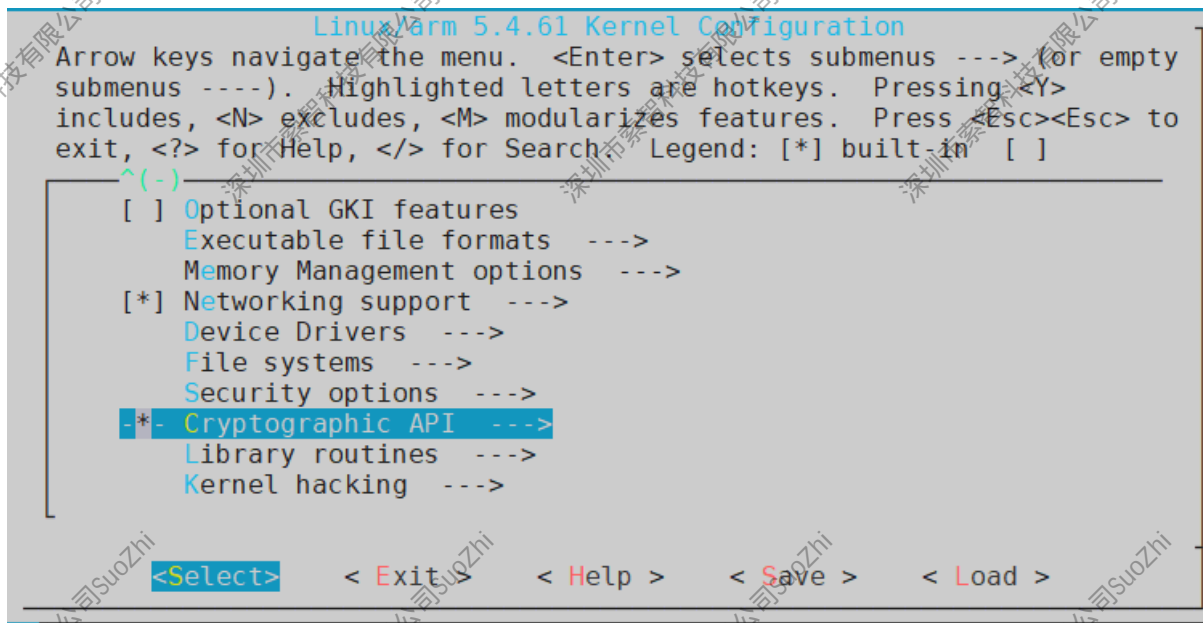


图 2-12: Cryptographic API 配置

2. 接着增加 crypto 框架的用户态接口支持，选中下图的四项，如图所示：

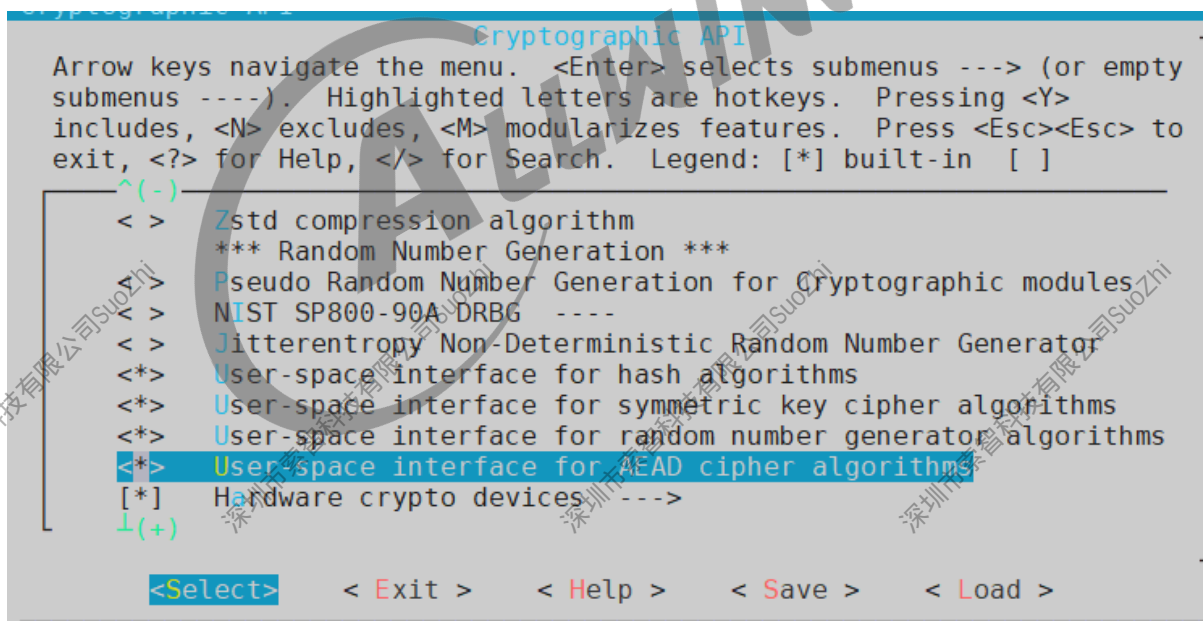


图 2-13: Cryptographic API 配置

3. 选择 AF_ALG 接口的 CE 驱动，如图所示：

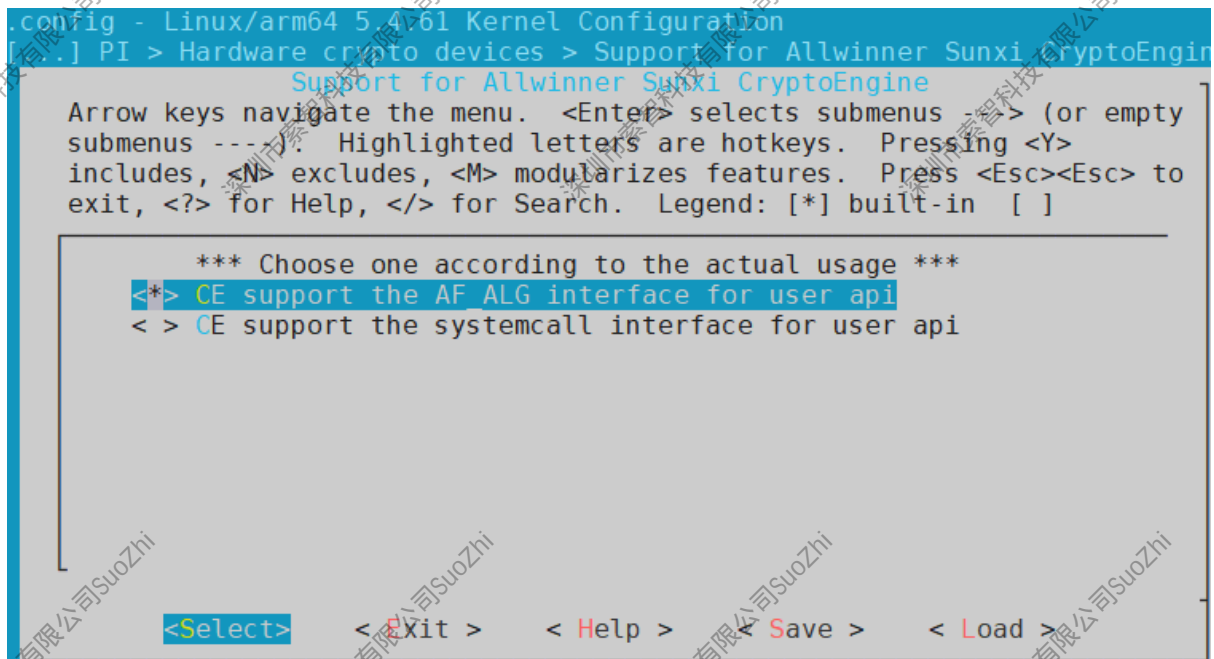


图 2-14: Cryptographic API 配置

另外还依赖 socket 的接口支持，需要保证 CONFIG_NET 是打开，配置如下：

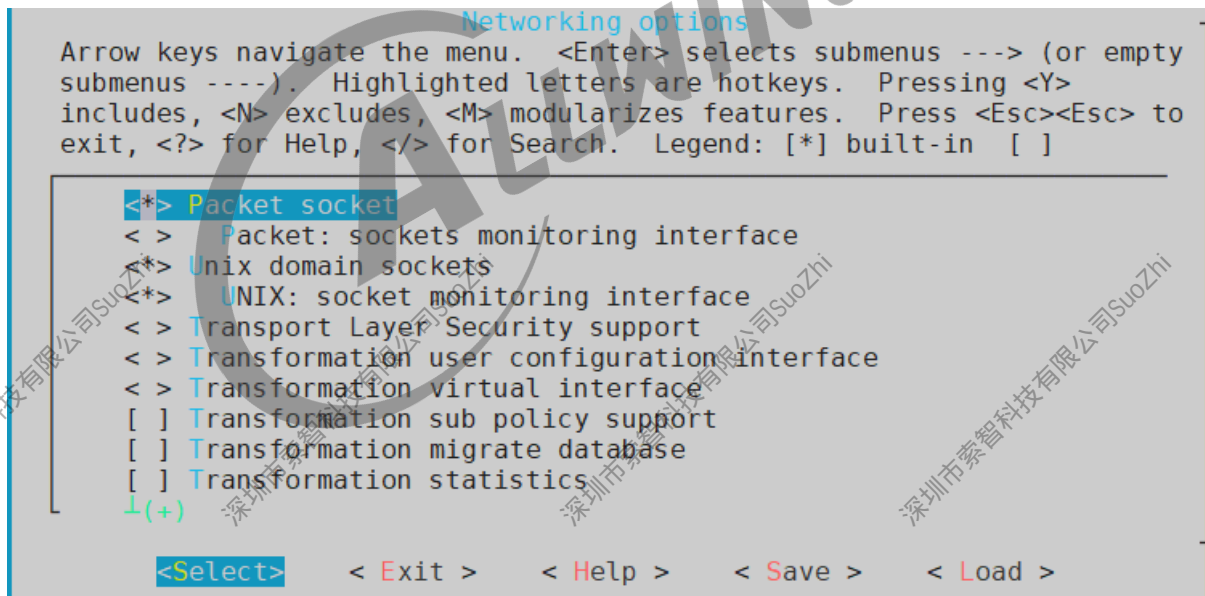


图 2-15: NET 配置选项

2.3.3 选着 CE 设备节点调用方式配置

CE 设备节点驱动的配置如下：

1. 首先，选择 Cryptographic API 选项进入下一级配置，如图所示：

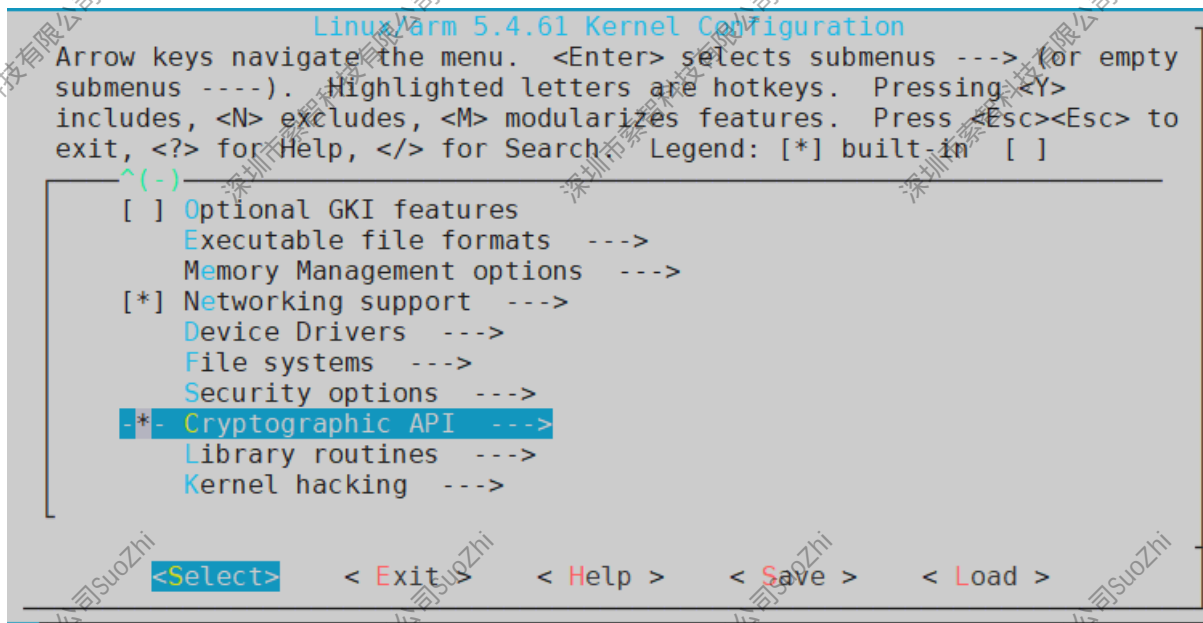


图 2-16: Cryptographic API 配置

2. 选择 syscall 接口的 CE 驱动, 如图所示:

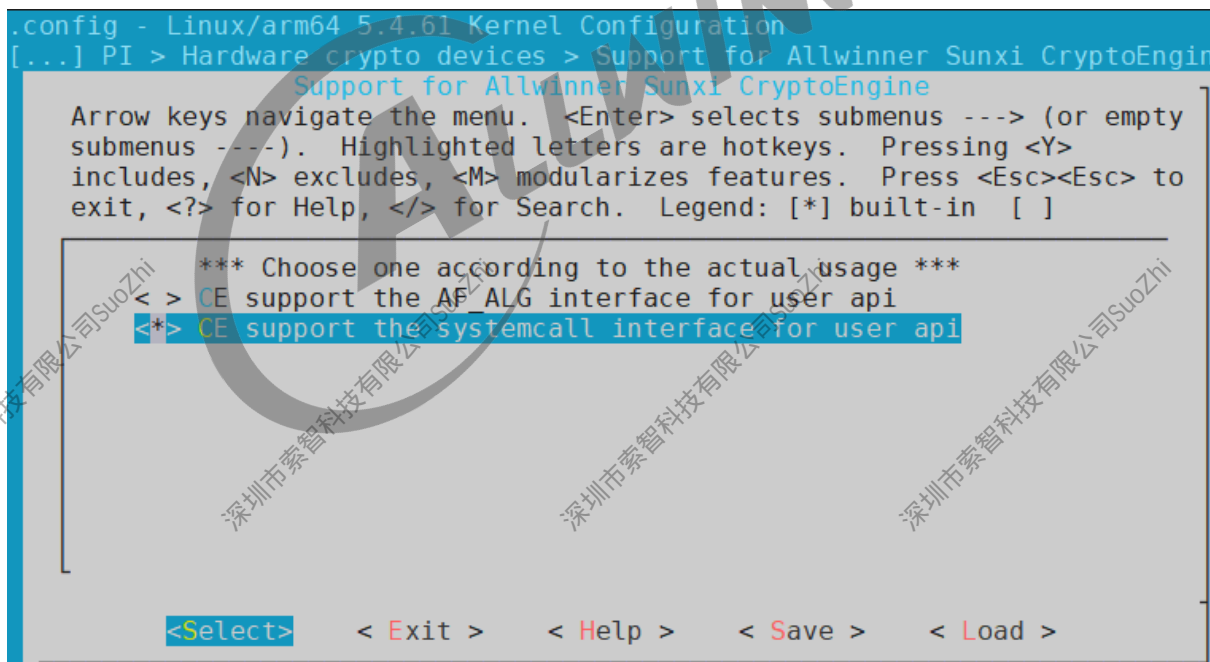


图 2-17: Cryptographic API 配置

2.3.4 Device Tree 配置说明

在 Device Tree 中对 CE 控制器进行配置, 如下:

```
cryptoengine: ce@03040000 {
    compatible = "allwinner,sunxi-ce";
    device_name = "ce";
    reg = <0x0 0x03040000 0x0 0xa0>, /* non-secure space */
        <0x0 0x03040800 0x0 0xa0>; /* secure space */
    interrupts = <GIC_SPI 52 IRQ_TYPE_EDGE_RISING>, /*non-secure*/
        <GIC_SPI 53 IRQ_TYPE_EDGE_RISING>; /* secure*/
    clock-frequency = <400000000>; /* 400MHz */
    clocks = <&ccu CLK_BUS_CE>, <&ccu CLK_CE>, <&ccu CLK_MBUS_CE>,
        <&ccu CLK_PLL_PERIPH0_2X>;
    clock-names = "bus_ce", "ce_clk", "mbus_ce", "pll_periph0_2x";
    resets = <&ccu RST_BUS_CE>;
    status = "okay";
};
```

其中:

1. compatible: 表征具体的设备, 用于驱动和设备的绑定。
2. reg: 设备使用的地址。
3. interrupts: 设备使用的中断。
4. clock-frequency: 设备使用的时钟频率。
5. clocks: 设备使用的时钟源。

2.4 源码结构介绍

2.4.1 linux-4.9 源代码结构

CE 驱动的源代码位于内核在 drivers/crypto/sunxi-ss 目录下:

```
drivers/crypto/sunxi-ss/
├── sunxi_ss.c // Sunxi平台的SS算法注册、处理流程的实现
├── sunxi_ss.h // 为Sunxi平台的SS驱动定义了一些共用的宏、数据结构
├── sunxi_ss_proc.h // 各种算法的接口声明
├── sunxi_ss_proc_comm.h // 三个版本SS控制器共用的算法处理过程
├── V1
│   ├── sunxi_ss_proc.c // V1版本SS控制器的算法处理过程
│   ├── sunxi_ss_reg.c // V1版本SS控制器的寄存器接口实现
│   └── sunxi_ss_reg.h // V1版本SS控制器的寄存器接口声明
├── V2
│   ├── sunxi_ss_proc.c // V2版本SS控制器的算法处理过程
│   ├── sunxi_ss_reg.c // V2版本SS控制器的寄存器接口实现
│   └── sunxi_ss_reg.h // V2版本SS控制器的寄存器接口声明
├── V3
│   ├── sunxi_ss_proc.c // V3版本SS控制器的算法处理过程
│   ├── sunxi_ss_reg.c // V3版本SS控制器的寄存器接口实现
│   └── sunxi_ss_reg.h // V3版本SS控制器的寄存器接口声明
├── V4
│   ├── sunxi_ss_proc.c // V4版本SS控制器的算法处理过程
│   ├── sunxi_ss_reg.c // V4版本SS控制器的寄存器接口实现
│   └── sunxi_ss_reg.h // V4版本SS控制器的寄存器接口声明
```

通过 Makefile 控制四种 CE 版本的源码编译，linux-4.9/drivers/crypto/sunxi-ss/Makefile 内容如下

```
obj-$(CONFIG_CRYPTO_DEV_SUN4I_SS) += sun4i-ss.o
sun4i-ss-y += sun4i/sun4i-ss-core.o sun4i/sun4i-ss-hash.o sun4i/sun4i-ss-cipher.o

obj-$(CONFIG_CRYPTO_DEV_SUNXI) += ss.o

ss-y += sunxi_ss.o sunxi_ss_proc_comm.o sunxi_ce_cdev_comm.o
#ss-y += ss_kernel_test.o

ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW11
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW12
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW15
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW17
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW7
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW18
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50I
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW16
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW19
    SUNXI_SS_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50IW8
    SUNXI_SS_VER = v4
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50IW10
    SUNXI_SS_VER = v4
endif
ss-y += $(SUNXI_SS_VER)/sunxi_ss_reg.o $(SUNXI_SS_VER)/sunxi_ss_proc.o

ccflags-y += -Idrivers/crypto/sunxi-ss/$(SUNXI_SS_VER)

#ccflags-y += -DDEBUG
```

2.4.2 linux-5.4 源代码结构

CE 驱动的源代码位于内核在 drivers/crypto/sunxi-ce 目录下。

```
drivers/crypto/sunxi-ce/
```

```
├── drivers
│   ├── crypto
│   │   ├── sunxi-ce
│   │   │   ├── Kconfig
│   │   │   ├── Makefile
│   │   │   ├── sun4i
│   │   │   │   ├── sun4i-ss-cipher.c
│   │   │   │   ├── sun4i-ss-core.c
│   │   │   │   ├── sun4i-ss.h
│   │   │   │   └── sun4i-ss-hash.c
│   │   │   ├── sunxi_ce.c // Sunxi平台的SS算法注册、处理流程的实现
│   │   │   ├── sunxi_ce_cdev_comm.c
│   │   │   ├── sunxi_ce.h // 为Sunxi平台的SS驱动定义了一些共用的宏、数据结构
│   │   │   ├── sunxi_ce_proc_comm.c // 各版本CE控制器共用的算法处理过程
│   │   │   ├── sunxi_ce_proc.h // 各种算法的接口声明
│   │   │   ├── v2
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_proc.c // V1版本CE控制器的算法处理过程
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_reg.c // V1版本CE控制器的寄存器接口实现
│   │   │   │   └── sunxi_ce_reg.h // V1版本CE控制器的寄存器接口声明
│   │   │   ├── v3
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_proc.c
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_proc_walk.c
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_reg.c
│   │   │   │   └── sunxi_ce_reg.h
│   │   │   ├── v4
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_proc.c
│   │   │   │   ├── sunxi_ce_reg.c
│   │   │   │   └── sunxi_ce_reg.h
│   │   │   └── v5
│   │   │       ├── sunxi_ce_proc.c
│   │   │       ├── sunxi_ce_reg.c
│   │   │       └── sunxi_ce_reg.h
```

通过 Makefile 控制四种 CE 版本的源码编译，linux-5.4/drivers/crypto/sunxi-ce/Makefile 内容如下

```
obj-$(CONFIG_CRYPTO_DEV_SUN4I_SS) += sun4i-ss.o
sun4i-ss-y += sun4i/sun4i-ss-core.o sun4i/sun4i-ss-hash.o sun4i/sun4i-ss-cipher.o

obj-$(CONFIG_CRYPTO_DEV_SUNXI) += sunxi-ce.o

sunxi-ce-$(CONFIG_CRYPTO_DEV_SUNXI) += sunxi_ce.o sunxi_ce_proc_comm.o
#ss-y += ss_kernel_test.o

ifdef CONFIG_ARCH_SUN20IW1
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW11
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW12
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW15
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW17
```

```
SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW7
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW18
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50I
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW16
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW19
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN8IW20
    SUNXI_CE_VER = v3
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50IW8
    SUNXI_CE_VER = v4
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50IW10
    SUNXI_CE_VER = v4
endif
ifdef CONFIG_ARCH_SUN50IW12
    SUNXI_CE_VER = v5
endif

sunxi-ce-y += $(SUNXI_CE_VER)/sunxi_ce_reg.o $(SUNXI_CE_VER)/sunxi_ce_proc.o

ccflags-y += -I$(srctree)/drivers/crypto/sunxi-ce/$(SUNXI_CE_VER)

#ccflags-y += -DDEBUG
```

3 模块接口描述

描述 CE 驱动涉及的对内、对外接口，只限于 Linux 内核范围内。

3.1 算法注册接口

以下接口都是 Linux 内核中 crypto 的标准接口，主要完成算法的注册、注销。

3.1.1 crypto_register_alg()

3.1.1.1 函数原型

```
int crypto_register_alg(struct crypto_alg *alg)
```

3.1.1.2 功能描述

向 crypto 框架注册一种加密算法。

3.1.1.3 返回值

返回 0 表示成功，返回其他值表示失败。

3.1.1.4 参数说明

alg，算法的一些描述、配置信息。

3.1.2 crypto_unregister_alg()

3.1.2.1 函数原型

```
int crypto_unregister_alg(struct crypto_alg *alg)
```

3.1.2.2 功能描述

从 crypto 框架注销一种加密算法。

3.1.2.3 返回值

返回 0 表示成功，返回其他值表示失败。

3.1.2.4 参数说明

alg，算法的一些描述、配置信息，其中，结构 crypto_alg 的定义：

```
struct crypto_alg {
    struct list_head cra_list;
    struct list_head cra_users;

    u32 cra_flags;
    unsigned int cra_blocksize;
    unsigned int cra_ctxsize;
    unsigned int cra_alignmask;

    int cra_priority;
    atomic_t cra_refcnt;

    char cra_name[CRYPTO_MAX_ALG_NAME];
    char cra_driver_name[CRYPTO_MAX_ALG_NAME];

    const struct crypto_type *cra_type;

    union {
        struct ablkcipher_alg ablkcipher;
        struct aead_alg aead;
        struct blkcipher_alg blkcipher;
        struct cipher_alg cipher;
        struct compress_alg compress;
        struct rng_alg rng;
    } cra_u;

    int (*cra_init)(struct crypto_tfm *tfm);
    void (*cra_exit)(struct crypto_tfm *tfm);
};
```

```
void (*cra_destroy)(struct crypto_alg *alg);

struct module *cra_module;
};
```

3.1.3 crypto_register_ahash()

3.1.3.1 函数原型

```
int crypto_register_ahash(struct ahash_alg *alg)
```

3.1.3.2 功能描述

向 crypto 框架注册一种异步 Hash 类算法。

3.1.3.3 返回值

返回 0 表示成功，返回其他值表示失败。

3.1.3.4 参数说明

alg，算法的一些描述、配置信息，其中，结构 ahash_alg 的定义：

```
struct ahash_alg {
    int (*init)(struct ahash_request *req);
    int (*update)(struct ahash_request *req);
    int (*final)(struct ahash_request *req);
    int (*finup)(struct ahash_request *req);
    int (*digest)(struct ahash_request *req);
    int (*export)(struct ahash_request *req, void *out);
    int (*import)(struct ahash_request *req, const void *in);
    int (*setkey)(struct crypto_ahash *tfm, const u8 *key,
        unsigned int keylen);

    struct hash_alg_common halg;
};
```

3.1.4 crypto_unregister_ahash()

3.1.4.1 函数原型

```
int crypto_unregister_ahash(struct ahash_alg *alg)
```

3.1.4.2 功能描述

从 crypto 框注销一种异步 Hash 类算法。

3.1.4.3 返回值

返回 0 表示成功，返回其他值表示失败。

3.1.4.4 参数说明

alg，算法的一些描述、配置信息，其中，结构 ahash_alg 的定义：

```
struct ahash_alg {  
    int (*init)(struct ahash_request *req);  
    int (*update)(struct ahash_request *req);  
    int (*final)(struct ahash_request *req);  
    int (*finup)(struct ahash_request *req);  
    int (*digest)(struct ahash_request *req);  
    int (*export)(struct ahash_request *req, void *out);  
    int (*import)(struct ahash_request *req, const void *in);  
    int (*setkey)(struct crypto_ahash *tfm, const u8 *key,  
                  unsigned int keylen);  
  
    struct hash_alg_common halg;  
};
```

3.2 算法处理接口

这里分 AES 类、Hash 类、RNG 类描述几种算法的核心处理函数接口，都是 SS 驱动内部的接口，它们通过控制 DMA、SS 控制器完成一次运算。

3.2.1 ss_aes_start()

3.2.1.1 函数原型

```
static int ss_aes_start(ss_aes_ctx_t *ctx, ss_aes_req_ctx_t *req_ctx, int len)
```

3.2.1.2 功能描述

执行一次 AES 类算法的运算。

3.2.1.3 返回值

0，成功；其他值，失败。

3.2.1.4 参数说明

1. ctx, AES 类算法的上下文
2. req_ctx, 一次 AES 类算法请求的上下文
3. len, 要计算的数据长度

其中, ss_aes_ctx_t 的定义如下

```
/* The common context of AES and HASH */
typedef struct {
    u32 flow;
    u32 flags;
} ss_comm_ctx_t;

typedef struct {
    ss_comm_ctx_t comm; /* must be in the front. */

#ifdef SS_RSA_ENABLE
    u8 key[SS_RSA_MAX_SIZE];
    u8 iv[SS_RSA_MAX_SIZE];
#else
    u8 key[AES_MAX_KEY_SIZE];
    u8 iv[AES_MAX_KEY_SIZE];
#endif

#ifdef SS_SCATTER_ENABLE
    u8 next_iv[AES_MAX_KEY_SIZE]; /* saved the next IV/Counter in continue mode */
#endif
    int key_size;
    int iv_size;
    int cnt; /* in Byte */
} ss_aes_ctx_t;
```

ss_aes_req_ctx_t 的定义如下（源文件 sunxi_ss.h）

```
/* The common context of AES and HASH */
typedef struct {
    u32 flow;
    u32 flags;
} ss_comm_ctx_t;

typedef struct {
    ss_comm_ctx_t comm; /* must be in the front. */

#ifdef SS_RSA_ENABLE
    u8 key[SS_RSA_MAX_SIZE];
    u8 iv[SS_RSA_MAX_SIZE];
#else
    u8 key[AES_MAX_KEY_SIZE];
    u8 iv[AES_MAX_KEY_SIZE];
#endif
#ifdef SS_SCATTER_ENABLE
    u8 next_iv[AES_MAX_KEY_SIZE]; /* saved the next IV/Counter in continue mode */
#endif
    int key_size;
    int iv_size;
    int cnt; /* in Byte */
} ss_aes_ctx_t;
```

3.2.2 ss_hash_start

3.2.2.1 函数原型

```
static int ss_hash_start(ss_hash_ctx_t *ctx, ss_aes_req_ctx_t *req_ctx, int len)
```

3.2.2.2 功能描述

执行一次 HASH 类算法的运算。

3.2.2.3 返回值

返回 0 表示成功，返回其他值表示失败。

3.2.2.4 参数说明

1. ctx, Hash 类算法的上下文
2. req_ctx, 一次 AES 类算法请求的上下文

3. len, 要计算的数据长度

其中, ss_hash_ctx_t 的定义如下

```
typedef struct {  
    ss_comm_ctx_t comm; /* must be in the front. */  
  
    u8 md[SS_DIGEST_SIZE];  
    u8 pad[SS_HASH_PAD_SIZE];  
    int md_size;  
    int cnt; /* in Byte */  
} ss_hash_ctx_t;
```

备注: 为了兼容 V3.2 的硬件 Padding 功能, 这个函数增加了一个参数 last, 用来表示是否最后一包。

3.2.3 ss_rng_start()

3.2.3.1 函数原型

```
static int ss_rng_start(ss_aes_ctx_t *ctx, u8 *rdata, unsigned int dlen)
```

3.2.3.2 功能描述

执行一次 RNG 类算法的运算。

3.2.3.3 返回值

返回值大于 0, 实际读取到的随机数长度; 其他值, 失败。

3.2.3.4 参数说明

1. ctx, RNG 类 (和 AES 类共用同一种类型) 算法的上下文
2. rdata, 用于保存输出的随机数
3. dlen, 要请求的随机数长度 (字节为单位)

其中, ss_hash_ctx_t 的定义如下

```
typedef struct {  
    ss_comm_ctx_t comm; /* must be in the front. */  
  
    u8 md[SS_DIGEST_SIZE];  
    u8 pad[SS_HASH_PAD_SIZE];  
    int md_size;  
    int cnt; /* in Byte */  
} ss_hash_ctx_t;
```

4 openssl 的接口

OpenSSL 的接口说明, 可以在官网中找到对应的算法接口。下文以 demo 形式演示 OpenSSL 的几种应用,demo 源文件需要放在 OpenSSL 中, 编译和运行都需要 OpenSSL 的动态库支持。

4.1 openssl 的代码库

openssl 的代码库都已经上传 Gerrit 上。

```
git clone ssh://yourname@gerrit.allwinnertech.com:29418/longan/platform/framework/openssl/openssl-1.0.0
```

4.2 openssl 的配置与编译

如果应用层想采用硬件 CE 进行开发, 则需要利用 openssl 标准的接口, 才能调用 CE 驱动。

4.2.1 openssl 的配置

openssl 现在代码库, 已经适配好一些标准算法和架构平台的配置, 并且和 longan 的配置文件绑定在一起了, 因此只需要在 longan 下进行配置即可。

```
$cd longan  
$./build.sh config
```

4.2.2 openssl 的编译说明

openssl 现在代码库, 已经和 longan 的 linux 的编译工具绑定在一起了, 因此当 longan 配置好后, 进行如下编译

```
$cd openssl-1.0.0  
$make clean  
$make
```

4.2.3 openssl 的库文件的生成

如果应用层用 openssl 进行开发, 则需要包含 openssl 的库文件进行开发。openssl 的库文件的生成, 命令如下:

```
$cd openssl-1.0.0  
$make install
```

执行成功后, 会在 openssl-1.0.0/out 目录下生成以下文件:

```
openssl-1.0.0/out  
├── usr  
│   └── ssl  
│       ├── bin          // OpenSSL可执行文件  
│       ├── certs        // 目前为空, 可存放数据证书  
│       ├── include      // OpenSSL的接口头文件  
│       ├── lib           // OpenSSL会用到的动态库, cd 包括所有engine  
│       ├── man          // 帮助手册 (man命令需要的格式)  
│       ├── misc         // 其他工具ls  
│       └── openssl.cnf   // OpenSSL的配置文件  
└── private              // 目前为空
```

应用层在进行开发时, 需要链接 lib 目录下 3 个动态库文件:

```
├── libcrypto.so.1.0.0  
├── libssl.so.1.0.0  
└── libaf_alg.so
```

4.3 CE 设备节点方式的 demo 用例说明

测试代码的 demo 在 kernel/tools/ce 的目录下。

```
int ce_test(void)  
{  
    int ce_fd, ret;  
  
    /*get ce fd*/  
    ce_fd = open("/dev/ce", O_RDWR);  
    if (ce_fd < 0) {  
        printf("open /dev/ce error");  
        return -1;  
    }  
    printf("open successful ,ce_fd = %d\n", ce_fd);  
  
    #ifdef AES_FUNCTION_TEST  
        /*进行AES算法测试*/  
        ret = aes_test(ce_fd);  
        if (ret < 0) {  
            printf("aes_test fail\n");  
            goto fail;  
        }  
    #endif  
}
```

```
#ifdef AES_TEST_MAX
    ret = aes_test_max(ce_fd);
    if (ret < 0) {
        printf("aes_test_max fail\n");
        goto fail;
    }
#endif

    close(ce_fd);
    return 0;

fail:
    close(ce_fd);
    return ret;
}
```

4.4 openssl 调用方式的 demo 用例说明

4.4.1 使用 af_alg 引擎

因为要使用 af_alg 引擎，需要在初始化 OpenSSL 时显式的指定加密引擎。

```
ENGINE *openssl_engine_init(char *type)
{
    ENGINE *e = NULL;
    const char *name = "af_alg";

    OpenSSL_add_all_algorithms();
    ENGINE_load_builtin_engines();

    e = ENGINE_by_id(name);
    if (!e) {
        DBG("find engine %s error\n", name);
        return NULL;
    }

    ENGINE_ctrl_cmd_string(e, "DIGESTS", type, 0);
    return e;
}

void openssl_engine_free(ENGINE *e)
{
    if (e != NULL)
        ENGINE_free(e);

    ENGINE_cleanup();
    EVP_cleanup();
}
```

4.4.2 MD5 demo

详细的 demo 文件请查看 openssl-1.0.0/ss_test/目录下。

```
void print_md(unsigned char *md, int len)
{
    int i;

    for (i=0; i<len; i++)
        printf("%02x", md[i]);
    printf("\n");
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    int ret = 0;
    FILE *in = NULL;
    ENGINE *e = NULL;
    EVP_MD_CTX ctx = {0};
    const EVP_MD *e_md = NULL;
    unsigned int md_size = 0;
    unsigned char md[MD5_DIGEST_LENGTH] = {0};

    if (argc != PT_NUM) {
        usage();
        return -1;
    }

    in = fopen(argv[PT_IN_FILE], "rb");
    if (in == NULL) {
        DBG("Failed to fopen(%s)! \n", argv[PT_IN_FILE]);
        return -1;
    }

    e = openssl_engine_init("md5");
    if (e == NULL) {
        ret = -1;
        goto error;
    }

    e_md = ENGINE_get_digest(e, NID_md5);
    if (e_md == NULL) {
        DBG("ENGINE_get_digest() failed! \n");
        ret = -1;
        goto error;
    }

    EVP_DigestInit(&ctx, e_md);
    for (;;) {
        ret = fread(g_buf, 1, SS_TEST_BUF_SIZE, in);
        if (ret <= 0) {
            if (ret < 0)
                DBG("read(%d) return %d. \n", SS_TEST_BUF_SIZE, ret);
            break;
        }
        EVP_DigestUpdate(&ctx, g_buf, (unsigned long)ret);
    }
    EVP_DigestFinal(&ctx, md, &md_size);
}
```

```
printf("MD5(%s)= ", argv[PT_IN_FILE]);  
print_md(md, MD5_DIGEST_LENGTH);  
  
error:  
if (in != NULL)  
    fclose(in);  
  
EVP_MD_CTX_cleanup(&ctx);  
openssl_engine_free(e);  
return ret;  
}
```

4.4.3 AES demo

详细的 demo 文件请查看 openssl-1.0.0/ss_test/目录下。

```
/* The identification string to indicate the key source. */  
#define CE_KS_INPUT        "default"  
#define CE_KS_SSK          "KEY_SEL_SSK"  
#define CE_KS_HUK          "KEY_SEL_HUK"  
#define CE_KS_RSSK        "KEY_SEL_RSSK"  
#define CE_KS_INTERNAL_0   "KEY_SEL_INTRA_0"  
#define CE_KS_INTERNAL_1   "KEY_SEL_INTRA_1"  
#define CE_KS_INTERNAL_2   "KEY_SEL_INTRA_2"  
#define CE_KS_INTERNAL_3   "KEY_SEL_INTRA_3"  
#define CE_KS_INTERNAL_4   "KEY_SEL_INTRA_4"  
#define CE_KS_INTERNAL_5   "KEY_SEL_INTRA_5"  
#define CE_KS_INTERNAL_6   "KEY_SEL_INTRA_6"  
#define CE_KS_INTERNAL_7   "KEY_SEL_INTRA_7"  
  
unsigned char g_inbuf[SS_TEST_BUF_SIZE] = {0};  
unsigned char g_outbuf[SS_TEST_BUF_SIZE] = {0};  
unsigned char g_key[AES_KEY_SIZE_256] = {  
    0xFF, 0xEE, 0xDD, 0xCC, 0xBB, 0xAA, 0x99, 0x88,  
    0x77, 0x66, 0x55, 0x44, 0x33, 0x22, 0x11, 0x00,  
    0x00, 0x11, 0x22, 0x33, 0x44, 0x55, 0x66, 0x77,  
    0x88, 0x99, 0xAA, 0xBB, 0xCC, 0xDD, 0xEE, 0xFF};  
const unsigned char g_iv[AES_BLOCK_SIZE] = {  
    0x00, 0x11, 0x22, 0x33, 0x44, 0x55, 0x66, 0x77,  
    0x88, 0x99, 0xAA, 0xBB, 0xCC, 0xDD, 0xEE, 0xFF};  
  
int main(int argc, char *argv[])  
{  
    int ret = 0;  
    int enc = 0;  
    int inl = 0;  
    int outl = 0;  
    FILE *in = NULL;  
    FILE *out = NULL;  
    ENGINE *e = NULL;  
    EVP_CIPHER_CTX ctx = {0};  
    const EVP_CIPHER *e_cipher = NULL;  
  
    if (argc != PT_NUM) {  
        usage();  
    }
```

```
        return -1;
    }

    in = fopen(argv[PT_IN_FILE], "rb");
    if (in == NULL) {
        DBG("Failed to fopen(%s)! \n", argv[PT_IN_FILE]);
        return -1;
    }
    out = fopen(argv[PT_OUT_FILE], "wb");
    if (out == NULL) {
        DBG("Failed to fopen(%s)! \n", argv[PT_OUT_FILE]);
        ret = -1;
        goto error;
    }

    if (strncmp(argv[PT_ENC_DIR], "enc", 3) == 0)
        enc = 1;

    e = openssl_engine_init();
    if (e == NULL) {
        ret = -1;
        goto error;
    }
    e_cipher = ENGINE_get_cipher(e, NID_aes_128_cbc);
    if (e_cipher == NULL) {
        ret = -1;
        goto error;
    }

    EVP_CipherInit(&ctx, e_cipher, g_key, g_iv, enc);
    for (;;) {
        inl = fread(g_inbuf, 1, SS_TEST_BUF_SIZE, in);
        if (inl <= 0) {
            if (inl < 0)
                DBG("read(%d) return %d. \n", SS_TEST_BUF_SIZE, inl);
            break;
        }
        if (inl > 0) {
            EVP_CipherUpdate(&ctx, g_outbuf, &outl, g_inbuf, inl);
            DBG("Update: inl %d, outl %d \n", inl, outl);
            fwrite(g_outbuf, 1, outl, out);
        }
    }
    EVP_CipherFinal(&ctx, g_outbuf, &outl);
    DBG("Update: outl %d \n", outl);
    if (outl > 0)
        fwrite(g_outbuf, 1, outl, out);

error:
    if (in != NULL)
        fclose(in);
    if (out != NULL)
        fclose(out);

    EVP_CIPHER_CTX_cleanup(&ctx);
    openssl_engine_free(e);
    return ret;
}
```

4.4.4 HMAC-SHA1 demo

详细的 demo 文件请查看 openssl-1.0.0/ss_test/目录下。

```
struct af_alg_digest_data
{
    char key[SHA_CBLOCK];
    int keylen;
};

static struct test_st {
    char key[128];
    int key_len;
    char data[128];
    int data_len;
    unsigned char *digest;
} test[] = {
    {
        "",
        0,
        "More text test vectors to stuff up EBCDIC machines :-)",
        54,
        (unsigned char *) "b760e92d6662d351eb3801057695ac0346295356",
    }, {
        "Jefe",
        4,
        "what do ya want for nothing?",
        28,
        (unsigned char *) "effcdf6ae5eb2fa2d27416d5f184df9c259a7c79",
    }, {
        {0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,
         0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa},
        16,
        {0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd},
        50,
        (unsigned char *) "d730594d167e35d5956fd8003d0db3d3f46dc7bb",
    }, {
        {0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,
         0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,0xaa,
         0xaa,0xaa,0xaa,0xaa},
        20,
        {0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
         0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd},
        56,
        (unsigned char *) "09a13335188749ec35ce0dd46185eb6c65719cf2",
    }, {
        {0x01,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
         0x02,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
         0x03,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
         0x04,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b},
    }
```

```

    0x05,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
    0x06,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
    0x07,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
    0x08,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,0x0b,
    0x09},
    65,
    {0xd1,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd2,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd3,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd4,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd5,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd6,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd7,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd8,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xd9,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,
    0xda,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd,0xdd},
    80,
    (unsigned char *)"5422e0af0382e0384f2500f0527d92b7bd3d67c8",
    },
};

static unsigned char md[SHA_DIGEST_LENGTH];

static char *pt(unsigned char *md)
{
    int i;
    static char buf[80] = {0};

    for (i=0; i<SHA_DIGEST_LENGTH; i++)
        sprintf(&(buf[i*2]),"%02x",md[i]);
    return(buf);
}

int check_key(char *dst, char *src, int len)
{
    memset(dst, 0, SHA_CBLOCK);
    if (len <= SHA_CBLOCK) {
        memcpy(dst, src, len);
        return len;
    }

    /* Get the hash value of src. */
    EVP_Digest(src, len, (unsigned char *)dst, NULL, EVP_sha1(), NULL);
    return SHA_DIGEST_LENGTH;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    int ret = 0;
    unsigned int i = 0;
    char *p = NULL;

    ENGINE *e = NULL;
    EVP_MD_CTX ctx = {0};
    const EVP_MD *e_md = NULL;
    struct af_alg_digest_data *ddata = NULL;

    if (argc == 2)
        i = atoi(argv[1]);
    if (i > 4)

```

```

    i = 4;

    e = openssl_engine_init("hmac-sha1");
    if (e == NULL) {
        ret = -1;
        goto error;
    }

    e_md = ENGINE_get_digest(e, NID_hmac_sha1);
    if (e_md == NULL) {
        DBG("ENGINE_get_digest() failed! \n");
        ret = -1;
        goto error;
    }

    EVP_DigestInit(&ctx, e_md);

    ddata = (struct af_alg_digest_data *)ctx.md_data;
    ddata->keylen = check_key(ddata->key, test[i].key, test[i].key_len);

    EVP_DigestUpdate(&ctx, test[i].data, (unsigned long)test[i].data_len);
    EVP_DigestFinal(&ctx, md, NULL);

    p = pt(md);
    if (strcmp(p, (char *)test[i].digest) != 0) {
        printf("HMAC-SHA1 test %d failed!\n", i);
        printf("\tActual: %s \n\tExpect: %s\n", p, test[i].digest);
        ret = 1;
    }
    else
        printf("HMAC-SHA1 test %d ok\n", i);

    EVP_MD_CTX_cleanup(&ctx);
error:
    return ret;
}

```

4.4.5 DH demo

```

void rand_seed_update(void)
{
    static int pos = 0;
    char rnd_seed[] = "string to make the random number generator think it has entropy";

    RAND_seed(&rnd_seed[pos], sizeof rnd_seed);
    pos += 8;
    if (pos >= strlen(rnd_seed))
        pos = 0;
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    DH *a;
    DH *b=NULL;
    char buf[12];
    unsigned char *abuf=NULL, *bbuf=NULL;

```

```
int i,alen,blen,aout,bout,ret=-1;
BIO *out = NULL;
BIO *in = NULL;

ENGINE *e = NULL;

if (argc != 2) {
    printf("You should input as follow: \n");
    printf("\t%s [param file]\n", argv[0]);
    return -1;
}

e = openssl_engine_init();
if (e == NULL)
    goto err;

CRYPTO_malloc_debug_init();
CRYPTO_dbg_set_options(V_CRYPTO_MDEBUG_ALL);
CRYPTO_mem_ctrl(CRYPTO_MEM_CHECK_ON);

out=BIO_new(BIO_s_file());
if (out == NULL) EXIT(1);
BIO_set_fp(out,stdout,BIO_NOCLOSE);

/* Load DH parameters from a given file. */
in = BIO_new(BIO_s_file());
if (BIO_read_filename(in, argv[1]) <= 0) {
    printf("Failed to open %s \n", argv[1]);
    goto err;
}

a = PEM_read_bio_DHparams(in, NULL, NULL, NULL);
if (a == NULL) {
    printf("unable to load DH parameters\n");
    goto err;
}

BIO_puts(out,"\np: \n");
BN_print(out,a->p);
BIO_puts(out,"\ng: \n");
BN_print(out,a->g);
BIO_puts(out,"\n\n");

b = DH_new();
if (b == NULL) goto err;

b->p = BN_dup(a->p);
b->g = BN_dup(a->g);
if ((b->p == NULL) || (b->g == NULL)) goto err;

/* Set a to run with normal modexp and b to use constant time */
a->flags &= ~DH_FLAG_NO_EXP_CONSTTIME;
b->flags |= DH_FLAG_NO_EXP_CONSTTIME;

/* 1.1 a->pub_key = (g ^ a->pri_key) mod p */
rand_seed_update();
if (!DH_generate_key(a)) goto err;
BIO_puts(out,"pri 1: \n");
BN_print(out,a->priv_key);
```

```

    BIO_puts(out, "\npub 1: \n");
    BN_print(out, a->pub_key);
    BIO_puts(out, "\n");

    /* 1.2 b->pub_key = (g ^ b->pri_key) mod p */
    rand_seed_update();
    if (!DH_generate_key(b)) goto err;
    BIO_puts(out, "pri 2: \n");
    BN_print(out, b->priv_key);
    BIO_puts(out, "\npub 2: \n");
    BN_print(out, b->pub_key);
    BIO_puts(out, "\n");

    /* 2.1 key1 = (b->pub_key ^ a->pri_key) mod p */
    alen=DH_size(a);
    abuf=(unsigned char *)OPENSSL_malloc(alen);
    aout=DH_compute_key(abuf, b->pub_key, a);

    BIO_puts(out, "key1 : \n");
    for (i=0; i<aout; i++)
    {
        sprintf(buf, "%02X", abuf[i]);
        BIO_puts(out, buf);
    }
    BIO_puts(out, "\n");

    /* 2.2 key2 = (a->pub_key ^ b->pri_key) mod p */
    blen=DH_size(b);
    bbuf=(unsigned char *)OPENSSL_malloc(blen);
    bout=DH_compute_key(bbuf, a->pub_key, b);

    BIO_puts(out, "key2 : \n");
    for (i=0; i<bout; i++)
    {
        sprintf(buf, "%02X", bbuf[i]);
        BIO_puts(out, buf);
    }
    BIO_puts(out, "\n\n");

    /* Compare key1 and key2 */
    if ((aout < 4) || (bout != aout) || (memcmp(abuf, bbuf, aout) != 0))
    {
        fprintf(stderr, "Error in DH routines\n");
        ret=1;
    }
    else
        ret=0;

    DBG("key1 len = %d, key2 len = %d. [%s]\n", alen, blen, ret==1 ? "fail" : "OK");

err:
    ERR_print_errors_fp(stderr);

    if (abuf != NULL) OPENSSL_free(abuf);
    if (bbuf != NULL) OPENSSL_free(bbuf);
    if (b != NULL) DH_free(b);
    if (a != NULL) DH_free(a);
    if (in != NULL) BIO_free(in);
    if (out != NULL) BIO_free(out);
#endif OPENSSL_SYS_NETWARE

```

```
if (ret) printf("ERROR: %d\n", ret);  
#endif  
  
openssl_engine_free(e);  
EXIT(ret);  
return(ret);  
}
```

5 Linux CRYPTO API 使用说明

因为 CE 的接口已经注册到内核的 crypto 的框架之中，因此如果需要在内核态中调用 CE 的接口，只需要调用内核 crypto 的接口即可。

5.1 hash 接口

由于算法太多，这里就不一一列举了，这里以 hash 算法为例，首先查看 include/crypto/hash.h，这里定义每个 hash 接口定义，而且还有相关的描述：

```
/**
 * crypto_ahash_init() - (re)initialize message digest handle
 * @req: ahash_request handle that already is initialized with all necessary
 * data using the ahash_request_* API functions
 *
 * The call (re-)initializes the message digest referenced by the ahash_request
 * handle. Any potentially existing state created by previous operations is
 * discarded.
 *
 * Return: 0 if the message digest initialization was successful; < 0 if an
 * error occurred
 */
static inline int crypto_ahash_init(struct ahash_request *req)
{
    struct crypto_ahash *tfm = crypto_ahash_reqtfm(req);

    if (crypto_ahash_get_flags(tfm) & CRYPTO_TFM_NEED_KEY)
        return -ENOKEY;

    return tfm->init(req);
}

/**
 * crypto_ahash_update() - add data to message digest for processing
 * @req: ahash_request handle that was previously initialized with the
 * crypto_ahash_init call.
 *
 * Updates the message digest state of the &ahash_request handle. The input data
 * is pointed to by the scatter/gather list registered in the &ahash_request
 * handle
 *
 * Return: 0 if the message digest update was successful; < 0 if an error
 * occurred
 */
static inline int crypto_ahash_update(struct ahash_request *req)
{
    return crypto_ahash_reqtfm(req)->update(req);
}
```

著作权声明

版权所有 © 2022 珠海全志科技股份有限公司。保留一切权利。

本文档及内容受著作权法保护，其著作权由珠海全志科技股份有限公司（“全志”）拥有并保留一切权利。

本文档是全志的原创作品和版权财产，未经全志书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制、修改、发表或传播本文档内容的部分或全部，且不得以任何形式传播。

商标声明

、 **全志科技** （不完全列举）均为珠海全志科技股份有限公司的商标或者注册商标。在本文档描述的产品中出现的其它商标，产品名称，和服务名称，均由其各自所有人拥有。

免责声明

您购买的产品、服务或特性应受您与珠海全志科技股份有限公司（“全志”）之间签署的商业合同和条款的约束。本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您所购买或使用的范围内。使用前请认真阅读合同条款和相关说明，并严格遵循本文档的使用说明。您将自行承担任何不当使用行为（包括但不限于如超压，超频，超温使用）造成的不利后果，全志概不负责。

本文档作为使用指导仅供参考。由于产品版本升级或其他原因，本文档内容有可能修改，如有变更，恕不另行通知。全志尽全力在本文档中提供准确的信息，但并不确保内容完全没有错误，因使用本文档而发生损害（包括但不限于间接的、偶然的、特殊的损失）或发生侵犯第三方权利事件，全志概不负责。本文档中的所有陈述、信息和建议并不构成任何明示或暗示的保证或承诺。

本文档未以明示或暗示或其他方式授予全志的任何专利或知识产权。在您实施方案或使用产品的过程中，可能需要获得第三方的权利许可。请您自行向第三方权利人获取相关的许可。全志不承担也不代为支付任何关于获取第三方许可的许可费或版税（专利税）。全志不对您所使用的第三方许可技术做出任何保证、赔偿或承担其他义务。