XPI-3566 Linux 系统软件开发指南

前言

概述

文档作为 XPI-3566 Debian 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 XPI-3566 的开发及调试。

读者对象
本文档（本指南）主要适用于以下工程师：
技术支持工程师
软件开发工程师

修订记录

日期	版本	作者	修改说明
23/2/7	V1.0	WangHx	初始版本

地址： 南山区西丽街道国际创新谷 8 栋 A 座 1002-1004 室
网址： www.geniatech.com
客户服务电话： +86-0755-86028588
技术支持邮箱： support @geniatech.com
销售服务邮箱： sales@geniatech.com

目录

1. 编译环境搭建

本章介绍 Linux SDK 的编译环境搭建

注意：

（1）推荐在 X86_64 Ubuntu 18.04 系统环境下进行开发，若使用其它系统版本，可能需要对编译环境做相应调整。

（2）使用普通用户进行编译，不要使用 root 用户权限进行编译。

1.1 获取 SDK

首先准备一个空文件夹用于存放 SDK，建议在 home 目录下，本文以`~/proj`为例

不要在虚拟机共享文件夹以及非英文目录存放、解压 SDK，避免产生不必要的错误

SDK 包可以从公司官网的下载界面获取。

```
#解压
mkdir  ~/proj
cd  ~/proj

//此 sdk 名称 与你下载的可能不同，根据获取的 sdk 解压
tar -xf xpi-566-debain10-***.tar
```

1.2 安装依赖包

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 \
```

1.3 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 UBoot 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-linuxgnu/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)
```

1.4 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

```
.
├── app
├── buildroot                                          #Buildroot 根文件系统编译目录
├── build.sh -> device/rockchip/common/build.sh        # 编译脚本
├── debian                                             # Debian 根文件系统编译目录
├── device                                             # 编译相关配置文件
├── docs                                               # 文档
├── envsetup.sh -> buildroot/build/envsetup.sh
├── external
├── kernel                                             # Kernel
├── Makefile -> buildroot/build/Makefile
├── mkfirmware.sh -> device/rockchip/common/mkfirmware.sh  # 链接脚本
├── prebuilts                                          # 交叉编译工具链
├── rkbin
├── rkflash.sh -> device/rockchip/common/rkflash.sh    # 烧写脚本
├── rkbin                                              #存放 Rockchip 相关的 Binary 和工具。
├──rockdev                                             #存放编译输出固件
├── tools                                              # 工具目录
└── u-boot                                             # U-Boot
```

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。

2. 代码编译

2.1 编译前选择配置文件

```
#SDK 根目录选择配置文件
source lunch.sh 在选项中选择项目 7，选择默认配置。   #选择 rk3566-xpi
```

```
support project information
--> 1) for debian    rk3568-base
--> 2) for debian    rk3568-k3
--> 3) for debian    rk3568-ubuntu18.04
--> 4) for debian    rk3566-base
--> 5) for debian    rk3566-dk630
--> 6) for debian    rk3568-docker-openwrt
--> 7) for debian    rk3566-xpi
--> 8) for debian    rk3568-smarc
--> 9) for debian    rk3566-som
--> a) for ubuntu    dsrk3566-ubuntu18.04
--> b) for ubuntu    rk3568-vns-ubuntu18.04
--> c) for pi        rk3566-xpi-pi
no project select
```

2.2 编译 SDK

SDK 编译有 2 种方式，一种是单独编译各个部分，一种是全自动编译。第一次编译可使用全部编译，再次编译时可根据修改单独编译修改的部分。

2.2.1 U-Boot 编译

进入 SDK 工程。运行如下命令进行编译

```
#./build.sh uboot
```

2.2.2 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。

```
#./build.sh kernel
```

2.2.3 Debian 编译

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

2.2.4 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：

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

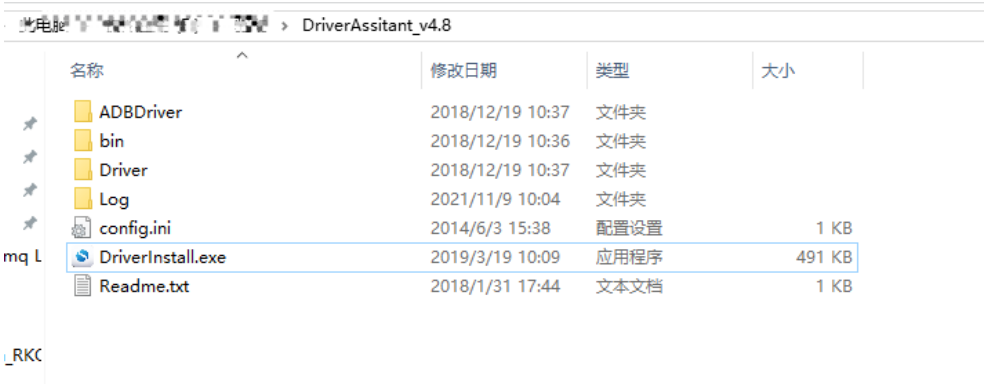
2.3 固件打包

```
# 固件打包
./build.sh firmware

update.img 打包
./build.sh updateimg

#生成 release 版本固件，路径 loong/out,时间较长
./build.sh  pack

注：编译出的散包在 rockdev/
整包在 loong/out
```

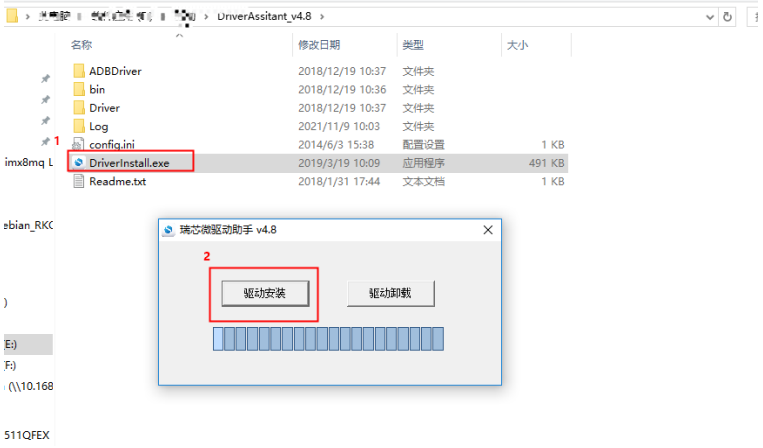
3. 固件烧写

3.1 安装烧写工具驱动:

DriverAssitant_v4.8.zip 见附件。



双击“DriverInstall.exe”应用程序，点击“驱动安装”

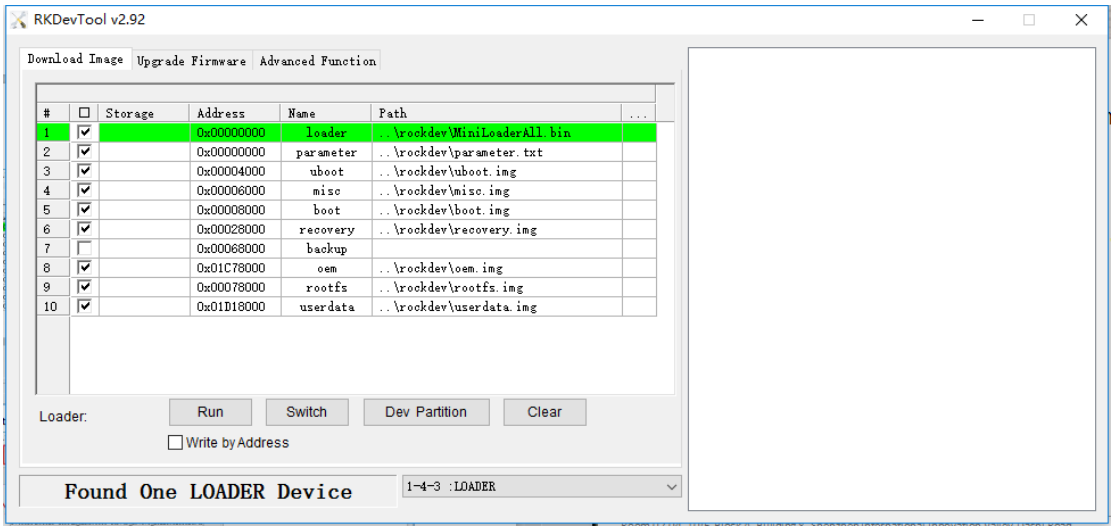


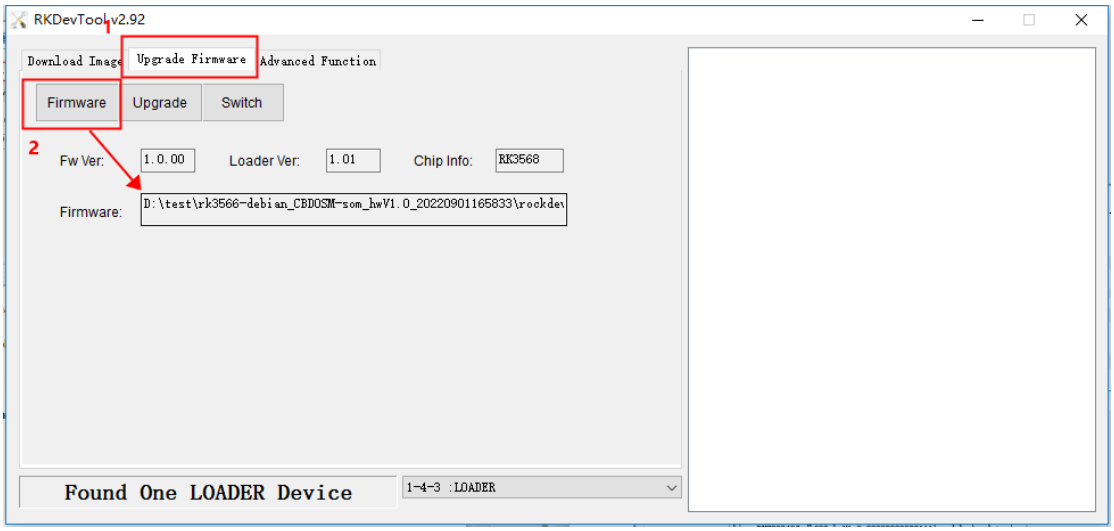
3.2 Windos 刷机说明

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/
```

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“Upgrade”不放并插上电源，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。


RKDevTool v2.92
Download Image
Upgrade Firmware
Advanced Function
Storage Address Name Path
1 0x00000000 loader ..\rockdev\MiniLoaderAll.bin
2 0x00000000 parameter ..\rockdev\parameter.txt
3 0x00004000 uboot ..\rockdev\uboot.img
4 0x00006000 misc ..\rockdev\misc.img
5 0x00008000 boot ..\rockdev\boot.img
6 0x00028000 recovery ..\rockdev\recovery.img
7 0x00068000 backup
8 0x01C78000 oem ..\rockdev\oem.img
9 0x00078000 rootfs ..\rockdev\rootfs.img
10 0x01D18000 userdata ..\rockdev\userdata.img
Loader:
Run
Switch
Dev Partition
Clear
Write by Address
Found One LOADER Device
1-4-3 :LOADER


RKDevTool v2.92
1
Download Image
Upgrade Firmware
Advanced Function
Firmware
Upgrade
Switch
2
Fw Ver:
1.0.00
Loader Ver:
1.01
Chip Info:
RK3568
Firmware:
D:\test\rk3566-debian_CBDOSM-som_hwV1.0_20220901165833\rockdev\
Found One LOADER Device
1-4-3 :LOADER

4. 软件开发

4.1 软件开发目录介绍

kerne 设备树目录：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip
```

u-boot 设备树目录：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/u-boot/arch/arm/dts
```

defconfig 目录

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig
```

4.2 DTS 介绍

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

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
```

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。

4.3 Kernel

4.3.1 内核定制

首先需要获取 SDK ，开发环境的准备和获取方法如第一章、第二章所示。
之后开始新增内核选项：

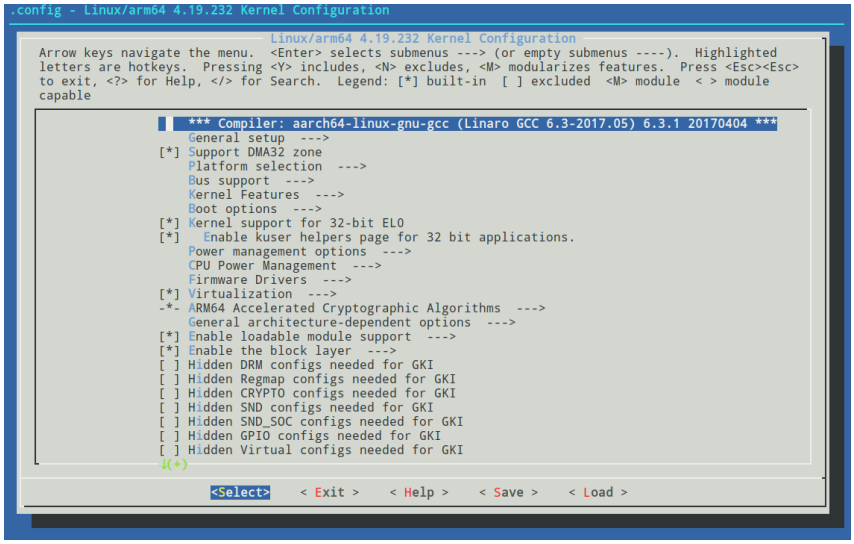
- 首先进入 SDK/kernel 文件夹，将配置文件写入 .config :

```
# Linux
make ARCH=arm64 rockchip_linux_defconfig
```

- 进入配置菜单

```
make ARCH=arm64 menuconfig
```

之后会进入一个图形化界面进行配置



- 使用介绍

1. 选项框内为星号 `*` 表示开启并编译进内核，空白表示不开启， `M` 表示开启并编译为模块
2. 选项框分为 `[]` 和 `<>` , `[]` 只能选择编译(按 Y)或者去除(按 N)， `<>` 除了选择编译或者去除外还可以选择编译为模块(按 M)；
3. 选项后面有 `–>` ，说明在改目录下还有子目录；
4. 双击 `ESC` 表示退出，按下 `?` 按键可以显示帮助信息，按下 `/` 按键可以输入搜索内容来全局搜索信息；
5. 上下左右四个方向键是移动光标， `Enter` 是选中；

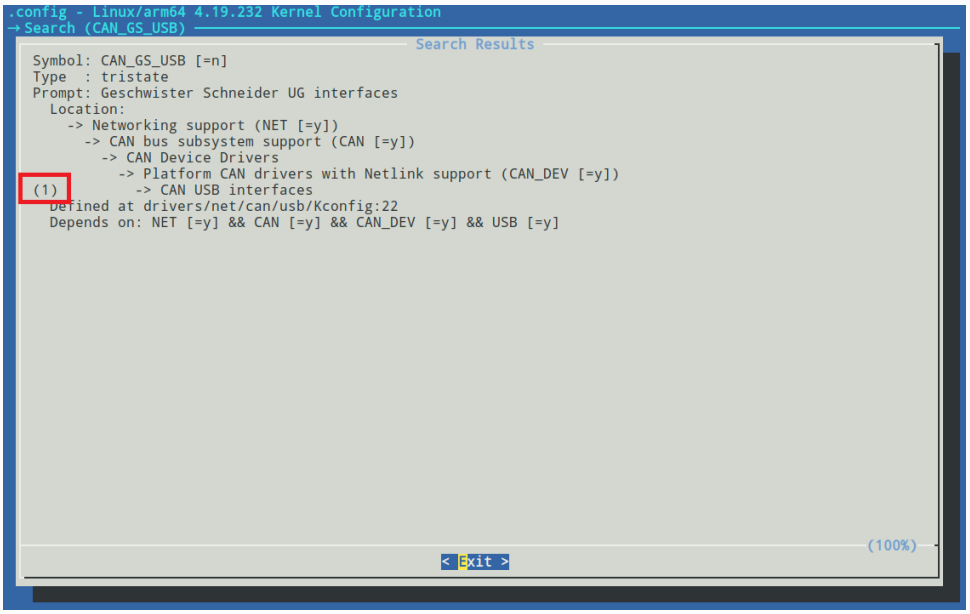
- 注意事项

选择编译为模块`(M)`需要后续进行安装才能正常使用，所以添加少量配置建议使用编译进内核方式`(Y)`，省去安装步骤

- 保存

打开需要的配置后，按方向键左右将光标移动到 Save 并按下 3 次回车进行保存之后，持续双击 Esc 退出，退出后将修改内容保存到配置文件：

```
make ARCH=arm64 savedefconfig
mv defconfig arch/arm64/configs/XPI-3566_linux_defconfig
```



4.3.2 内核编译

回到 SDK 根目录进行编译：

```
# 编译内核
./build.sh kernel
```

生成的文件位置：`SDK/kernel/boot.img`

4.4 GPIO

4.4.1 简介

GPIO，全称 General-Purpose Input/Output（通用输入输出），是一种软件运行期间能够动态配置和控制的通用引脚。 所有的 GPIO 在上电后的初始状态都是输入模式，可以通过软件设为上拉或下拉，也可以设置为中断脚，驱动强度都是可编程的,其核心是填充 GPIO bank 的方法和参数，并调用 gpiochip_add 注册到内核中。

XPI-3566 有 5 组 GPIO bank：GPIO0~GPIO4，每组又以 A0~A7, B0~B7, C0~C7, D0~D7 作为编号区分,常用以下公式计算引脚：

```
GPIO pin 脚计算公式：pin = bank * 32 + number
GPIO 小组编号计算公式：number = group * 8 + X
```

下面演示 GPIO4_D5 pin 脚计算方法：

bank = 4;　　//GPIO4_D5 => 4, bank ∈ [0,4]

group = 3;　　//GPIO4_D5 => 3, group ∈ {(A=0), (B=1), (C=2), (D=3)}

X = 5;　　//GPIO4_D5 => 5, X ∈ [0,7]

number = group * 8 + X = 3 * 8 + 5 = 29

pin = bank*32 + number= 4 * 32 + 29 = 157;

GPIO4_D5 对应的设备树属性描述为:<&gpio4 29 IRQ_TYPE_EDGE_RISING>, 由 `kernel/include/dt-bindings/pinctrl/rockchip.h` 的宏定义可知，也可以将 GPIO4_D5 描述为<&gpio4 RK_PD5 IRQ_TYPE_EDGE_RISING>。

```
#define RK_PA0            0
#define RK_PA1            1
#define RK_PA2            2
#define RK_PA3            3
#define RK_PA4            4
#define RK_PA5            5
#define RK_PA6            6
#define RK_PA7            7
#define RK_PB0            8
#define RK_PB1            9
#define RK_PB2            10
#define RK_PB3            11
......
```

4.4.2 用户空间控制 GPIO

GPIO4_D5 可能被其他功能占用，我们可以使用 cat /sys/kernel/debug/gpio 命令查看哪些 GPIO 已经被占用。当引脚没有被其它外设复用时，我们可以通过 export 导出该引脚去使用

```
root@linaro-alip: # cat /sys/kernel/debug/gpio
gpiochip0: GPIOs 0-31, parent: platform/fdd60000.gpio, gpio0:
 gpio-0   (                    |work                ) out lo
 gpio-5   (                    |vcc5v0_otg          ) out hi
 gpio-6   (                    |vcc5v0_host         ) out hi
 gpio-8   (                    |vcc_camera          ) out hi
 gpio-16  (                    |bt_default_wake     ) out hi
 gpio-18  (                    |pcie20_3v3          ) out hi
 gpio-23  (                    |vcc3v3_lcd1_n       ) out hi
 gpio-28  (                    |vcc_wifi_en         ) out hi
 gpio-30  (                    |reset               ) out hi

gpiochip1: GPIOs 32-63, parent: platform/fe740000.gpio, gpio1:
 gpio-42  (                    |reset               ) out hi

gpiochip2: GPIOs 64-95, parent: platform/fe750000.gpio, gpio2:
 gpio-77  (                    |bt_default_rts      ) out lo
 gpio-79  (                    |bt_default_reset    ) out hi
 gpio-80  (                    |bt_default_wake_host) in  lo

gpiochip3: GPIOs 96-127, parent: platform/fe760000.gpio, gpio3:
 gpio-119 (                    |reset               ) out lo
 gpio-121 (                    |vcc3v3_panel_n      ) out hi

gpiochip4: GPIOs 128-159, parent: platform/fe770000.gpio, gpio4:
 gpio-137 (                    |reset               ) out lo
 gpio-146 (                    |mdio-reset          ) out hi
 gpio-148 (                    |spk                 ) out lo

gpiochip5: GPIOs 255-255, parent: platform/rk805-pinctrl, rk817-gpio, can sleep:
root@linaro-alip:~# [   32.067054] vcc3v3_lcd0_n: disabling
[   32.067172] vcc3v3_panel_n: disabling
[   32.067220] pcie20_3v3: disabling
```

配置 GPIO 为一般的输入输出口的步骤如下：
步骤一、在控制台使用 echo 命令将要操作的 GPIO 编号 export：
echo N > /sys/class/gpio/export
步骤二、在控制台使用 echo 命令设置 GPIO 方向：
1、对于输入
echo in > /sys/class/gpio/gpioN/direction
2、对于输出
echo out > /sys/class/gpio/gpioN/direction
3、可使用 cat 命令查看 GPIO 方向
cat /sys/class/gpio/gpioN/direction
步骤三、在控制台使用 cat 或 echo 命令查看 GPIO 输入值或设置 GPIO 输出值：
1. 查看输入值
cat /sys/class/gpio/gpioN/value
2. 输出低
echo 0 > /sys/class/gpio/gpioN/value

3. 输出高

echo 1 > /sys/class/gpio/gpioN/value

4.4.3 驱动控制 GPIO

本文以 GPIO0_A0 和 GPIO2_B4 这两个 GPIO 口为例写了一份简单操作 GPIO 口的驱动，在 SDK 的路径为：kernel/drivers/gpio/gpio-control.c,以下就以该驱动为例介绍 GPIO 的操作。

A. GPIO 当做普通输入输出

首先在 DTS 文件中增加驱动的资源描述：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3568-evb.dtsi

gpio_group{
        compatible = "gpio-group";
        pinctrl-names = "gpio-lte";
        status = "okay";
        gtc-gpios = <&gpio2 12  GPIO_ACTIVE_HIGH>;
    };
```

然后配置 deconfig 文件，使其能编译到 gpio-control.c 文件：

```
SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig

CONFIG_GPIO_CONTROL=y
```

这里定义了一个脚作为一般的输出输入口： gtc-gpios GPIO2_B4 GPIO_ACTIVE_HIGH 表示高电平有效，如果想要低电平有效，可以改为：GPIO_ACTIVE_LOW，这个属性将被驱动所读取。

然后在 probe 函数中对 DTS 所添加的资源进行解析，代码如下：

```
static int gpio_irc_probe(struct platform_device *pdev)
{
    int ret;
    int gpio, gpio_enable_value;
    enum of_gpio_flags flag;
    struct device_node *gtc_gpio_node = pdev->dev.of_node;

    printk("gtc GPIO Test Program Probe\n");

    gpio = of_get_named_gpio_flags(gtc_gpio_node, "gtc-gpios", 0, &flag);
    if (!gpio_is_valid(gpio)) {
        printk("gtc-gpios: %d is invalid\n", gpio);
        return -ENODEV;
    }

    if (gpio_request(gpio, "gtc-gpios")) {
        printk("gpio %d request failed!\n", gpio);
        gpio_free(gpio);
        return -ENODEV;
    }
        gpio_enable_value = (flag == OF_GPIO_ACTIVE_LOW) ? 0:1;
    gpio_direction_output(gpio, gpio_enable_value);
    printk("gtc gpio putout\n");
    ...
}
```

注：若原先 gpio_irc_probe 函数有程序，可删除原 gpio_irc_probe 函数内容。

of_get_named_gpio_flags 从设备树中读取 gtc-gpios 的 GPIO 配置编号和标志，gpio_is_valid 判断该 GPIO 编号是否有效，gpio_request 则申请占用该 GPIO。如果初始化过程出错，需要调用 gpio_free 来释放之前申请过且成功的 GPIO 。在驱动中调用 gpio_direction_output 就可以设置输出高还是低电平，这里默认输出从 DTS 获取得到的有效电平 GPIO_ACTIVE_HIGH，即为高电平，如果驱动正常工作，可以用万用表测得对应的引脚应该为高电平。

实际中如果要读出 GPIO，需要先设置成输入模式，然后再读取值：

```
int val;
gpio_direction_input(your_gpio);
val = gpio_get_value(your_gpio);
```

下面是常用的 GPIO API 定义：

```
#include <linux/gpio.h>
#include <linux/of_gpio.h>

enum of_gpio_flags {
     OF_GPIO_ACTIVE_LOW = 0x1,
};
int of_get_named_gpio_flags(struct device_node *np, const char *propname,
int index, enum of_gpio_flags *flags);
int gpio_is_valid(int gpio);
int gpio_request(unsigned gpio, const char *label);
void gpio_free(unsigned gpio);
int gpio_direction_input(int gpio);
int gpio_direction_output(int gpio, int v);
```

B. GPIO 当做中断脚使用

GPIO 口的中断使用与 GPIO 的输入输出类似，首先在 DTS 文件中增加驱动的资源描述：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip/
rk3568-evb.dtsi

gpio_group{
        compatible = "gpio-group";
        pinctrl-names = "gpio-lte";
        status = "okay";
       gtc-irq-gpio = <&gpio4 29 IRQ_TYPE_EDGE_RISING>;  /* GPIO4_D5 */
    };
```

IRQ_TYPE_EDGE_RISING 表示中断由上升沿触发，当该引脚接收到上升沿信号时可以触发中断函数。 这里还可以配置成如下：

```
IRQ_TYPE_NONE         //默认值，无定义中断触发类型
IRQ_TYPE_EDGE_RISING  //上升沿触发
IRQ_TYPE_EDGE_FALLING //下降沿触发
IRQ_TYPE_EDGE_BOTH    //上升沿和下降沿都触发
IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH   //高电平触发
IRQ_TYPE_LEVEL_LOW    //低电平触发
```

然后在 probe 函数中对 DTS 所添加的资源进行解析，再做中断的注册申请，代码如下：

```
static int gpio_irc_probe(struct platform_device *pdev)
{
    int ret;
    int gpio, gtc_irq_gpio, gtc_irq;
    enum of_gpio_flags flag;
    struct device_node *gtc_gpio_node = pdev->dev.of_node;
    ...

    gtc_irq_gpio = gpio;
    gtc_irq = gpio_to_irq(gtc_irq_gpio);
    if (gtc_irq) {
        if (gpio_request(gpio, "gtc-irq-gpio")) {
            printk("gpio %d request failed!\n", gpio);
            gpio_free(gpio);
            return IRQ_NONE;
        }


        ret = request_irq(gtc_irq, gtc_gpio_irq, flag, "gtc-gpio", NULL);
        if (ret != 0)
            free_irq(gtc_irq, NULL);
    }
        return 0;
}

static irqreturn_t gtc_gpio_irq(int irq, void *dev_id) //中断函数
{
    printk("Enter gtc gpio irq test program!\n");
    return IRQ_HANDLED;
}
```

调用 gpio_to_irq 把 GPIO 的 PIN 值转换为相应的 IRQ 值，调用 gpio_request 申请占用该 IO 口，调用 request_irq 申请中断，如果失败要调用 free_irq 释放，该函数中 gtc_irq 是要申请的硬件中断号，gtc_gpio_irq 是中断函数，flag 是中断处理的属性，gtc-gpio 是设备驱动程序名称。

4.5 I2C

4.5.1 简介

XPI-3566 开发板上有 6 个片上 I2C 控制器，各个 I2C 的使用情况如下表：

Port	Pin name	Device
I2C0	GPIO0_B1/I2C0_SCL GPIO0_B2/I2C0_SDA	RK809
I2C1	GPIO0_B3/I2C1_SCL GPIO0_B4/I2C1_SDA	pcf8563
I2C2_M0	GPIO0_B5/I2C2_SCL_M0 GPIO0_B6/I2C2_SDA_M0	复用为其他功能
I2C2_M1	GPIO4_B5/I2C2_SCL_M1 GPIO4_B4/I2C2_SDA_M1	Camera/dsi
I2C3_M0	GPIO1_A1/I2C3_SCL_M0 GPIO1_A0/I2C3_SDA_M0	复用为其他功能
I2C3_M1	GPIO3_B5/I2C3_SCL_M1 GPIO3_B6/I2C3_SDA_M1	复用为其他功能
I2C4_M0	GPIO4_B3/I2C4_SCL_M0 GPIO4_B2/I2C4_SDA_M0	复用为其他功能
I2C4_M1	GPIO2_B2/I2C4_SCL_M1 GPIO2_B1/I2C4_SDA_M1	复用为其他功能
I2C5_M0	GPIO3_B3/I2C5_SCL_M0 GPIO3_B4/I2C5_SDA_M0	复用为其他功能
I2C5_M0	GPIO4_C7/I2C5_SCL_M1 GPIO4_D0/I2C5_SDA_M1	复用为其他功能

本章主要描述如何在该开发板上配置 I2C。

配置 I2C 可分为两大步骤：

定义和注册 I2C 设备

定义和注册 I2C 驱动

下面以配置 rtc-pcf8563 为例,驱动所在位置：kernel/drivers/rtc/rtc-pcf8563.c。

4.5.2 定义和注册 I2C 设备

在注册 I2C 设备时，需要结构体 i2c_client 来描述 I2C 设备。然而在标准 Linux 中，用户只需要提供相应的 I2C 设备信息，Linux 就会根据所提供的信息构造 i2c_client 结构体。

用户所提供的 I2C 设备信息以节点的形式写到 DTS 文件中，如下所示：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip/
rk3566-evb2-lp4x-v10.dtsi
&i2c1 {
        status = "okay";
        pcf8563_rtc: pcf8563@51 {
                compatible = "nxp,pcf8563";
                dev_name = "rtc_pcf8563";
                reg = <0x51>;
                init_date = "2015/01/01";
                status = "okay";
        };
};
```

配置好 dts 节点后，需要配置 defconfig 文件，使其编译 rtc 驱动程序：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/configs/rockchip_
linux_defconfig

CONFIG_RTC_DRV_PCF8563=y
```

4.5.3 定义和注册 I2C 驱动

A. 定义 I2C 驱动

在定义 I2C 驱动之前，用户首先要定义变量 of_device_id 和 i2c_device_id。
of_device_id 用于在驱动中调用 DTS 文件中定义的设备信息，其定义如下所示：

```
<sdk>/kernel/drivers/rtc/rtc-pcf8563.c

static const struct of_device_id pcf8563_of_match[] = {
    { .compatible = "nxp,pcf8563" },
    {}
};
MODULE_DEVICE_TABLE(of, pcf8563_of_match);
```

定义变量 i2c_device_id：

```
static const struct i2c_device_id pcf8563_id[] = {
    { "pcf8563", 0 },
    { "rtc8564", 0 },
    { }
};
MODULE_DEVICE_TABLE(i2c, pcf8563_id);
```

i2c_driver 如下所示：

```
static struct i2c_driver pcf8563_driver = {
    .driver     = {
        .name   = "rtc-pcf8563",
        .of_match_table = of_match_ptr(pcf8563_of_match),
    },
    .probe      = pcf8563_probe,
    .id_table   = pcf8563_id,
};
```

注：变量 id_table 指示该驱动所支持的设备。

B. 注册 I2C 驱动

使用 i2c_register_driver 函数注册 I2C 驱动。

```
module_i2c_driver(pcf8563_driver);
#module_i2c_driver 为宏定义，可以展开为：
static int __init pcf8563_driver_init(void)
{
    return i2c_register_driver(&pcf8563_driver);
}
module_init(pcf8563_driver_init);
static void __exit pcf8563_driver_exit(void)
{
    i2c_del_driver (&pcf8563_driver);
}
module_exit(pcf8563_driver_exit);
```

在调用 i2c_register_driver 注册 I2C 驱动时，会遍历 I2C 设备，如果该驱动支持所遍历到的设备，则会调用该驱动的 probe 函数。

4.5.4 通过 I2C 收发数据

在注册好 I2C 驱动后，即可进行 I2C 通讯。
向从机发送信息：

```
int i2c_master_send(const struct i2c_client *client, const char *buf, int count)
 {
     int ret;
     struct i2c_adapter *adap = client->adapter;
     struct i2c_msg msg;
     msg.addr = client->addr;
     msg.flags = client->flags & I2C_M_TEN;
     msg.len = count;
     msg.buf = (char *)buf;
     ret = i2c_transfer(adap, &msg, 1);
     /*
      * If everything went ok (i.e. 1 msg transmitted), return #bytes
      * transmitted, else error code.
      */
    return (ret == 1) ? count : ret;
 }
```

向从机读取信息：

```
int i2c_master_recv(const struct i2c_client *client, char *buf, int count)
 {
     struct i2c_adapter *adap = client->adapter;
     struct i2c_msg msg;
     int ret;
     msg.addr = client->addr;
     msg.flags = client->flags & I2C_M_TEN;
     msg.flags |= I2C_M_RD;
     msg.len = count;
     msg.buf = buf;
     ret = i2c_transfer(adap, &msg, 1);
     /*
      * If everything went ok (i.e. 1 msg received), return #bytes received,
      * else error code.
      */
     return (ret == 1) ? count : ret;
 }
```

4.5.5 测试 I2C 设备

可以通过 i2ctool 测试 i2c 设备是否注册成功，步骤如下：

a. 输入命令更新软件库：sudo apt-get update

```
root@linaro-alip:~#
root@linaro-alip:~# sudo apt-get update
```

b. 下载 i2ctool 工具: sudo apt-get install i2c-tools

```
root@linaro-alip:~# sudo apt-get install i2c-tools
```

c. 查看使用的 i2c 下是否有注册设备的地址： i2cdetect -y 1

```
root@linaro-alip:~# i2cdetect -y 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:                         -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50: -- UU -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- --
root@linaro-alip:~#
root@linaro-alip:~#
```

可看到 i2c1 下注册有一个地址为 0x51 的设备。

4.6 UART

4.6.1 简介

RK3566-XPI 开发板上有 10 个片上 uart 控制器，各个 uart 的使用情况如下表：

Port	Pin name	Device
uart0	GPIO0_C0/uart0_rx GPIO0_C1/uart0_tx GPIO0_C7/uart0_ctsn GPIO0_C4/uart0_rtsn	复用为其他功能
Uart1_m0	GPIO2_B3/uart2_rx GPIO2_B4/uart2_tx GPIO2_B6/uart2_ctsn GPIO2_B5/uart2_rtsn	复用为其他功能
Uart1_m1	GPIO3_D7/uart1_rx GPIO3_D6/uart1_tx GPIO4_C1/uart1_ctsn GPIO4_B6/uart1_rtsn	复用为其他功能
Uart2_m0	GPIO0_D0/uart2_rx GPIO0_D1/uart2_tx	debug
Uart2_m1	GPIO1_D6/uart2_rx GPIO1_D5/uart2_tx	复用为其他功能
Uart3_m0	GPIO1_A0/uart3_rx GPIO1_A1/uart3_tx GPIO1_A3/uart3_ctsn GPIO1_A2/uart3_rtsn	复用为其他功能
.....		复用为其他功能
Uart5_m1	GPIO3_C3/uart5_rx GPIO3_C2/uart5_tx	复用为其他功能
.....		复用为其他功能

注：其它 uart 引脚配置可以在 <sdk>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3568-pinctrl.dtsi 文件中查看。

本章主要描述如何在该开发板上配置 uart。

下面以配置 uart1 和板卡 debug 口(调试串口)为例。

4.6.2 配置 UART1 接口

a. 确定 uart1 使用的引脚，若 uart1 使用引脚：
GPIO2_B3、GPIO2_B4、GPIO2_B6、GPIO2_B5
b. 在 rk3568-pinctrl.dtsi 文件中查找上边引脚标号：

```
uart1m0_xfer: uart1m0-xfer {
            rockchip,pins =
                /* uart1_rxm0 */
                <2 RK_PB3 2 &pcfg_pull_up>,
                /* uart1_txm0 */
                <2 RK_PB4 2 &pcfg_pull_up>;
        };

 uart1m0_ctsn: uart1m0-ctsn {
            rockchip,pins =
                /* uart1m0_ctsn */
                <2 RK_PB6 2 &pcfg_pull_none>;
        };

 uart1m0_rtsn: uart1m0-rtsn {
            rockchip,pins =
                /* uart1m0_rtsn */
              <2 RK_PB5 2 &pcfg_pull_none>;
        };
```

c. 配置 dts 文件

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip
/rk3566-evb2-lp4x-v10.dtsi

&uart1 {
    status = "okay";
    pinctrl-names = "default";
    pinctrl-0 = <&uart1m0_xfer &uart1m0_ctsn>;
};
```

4.6.3 配置调试串口

a. 找到板卡使用的 debug 及使用的引脚。

b. 在 dts 文件 rk3568-linux.dtsi 中添加：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip
/rk3568-linux.dtsi

fiq-debugger {
        compatible = "rockchip,fiq-debugger";
        rockchip,serial-id = <2>;     //使用的串口号
        rockchip,wake-irq = <0>;
        /* If enable uart uses irq instead of fiq */
        rockchip,irq-mode-enable = <1>;
        rockchip,baudrate = <1500000>;  /* Only 115200 and 1500000 */
        interrupts = <GIC_SPI 252 IRQ_TYPE_LEVEL_LOW>;
        pinctrl-names = "default";
        pinctrl-0 = <&uart2m0_xfer>;  //串口使用的引脚
        status = "okay";
    };

注：uart2m0_xfer 在 rk3568-pinctrl.dtsi 文件定义的。
```

c. 关闭 uart2 功能(做调试串口时，要关闭 uart2)：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip
/rk3566-evb2-lp4x-v10.dtsi

&uart2{
    status = "disabled";
};
```

注：此调试串口默认已配置完成。

4.7 SPI

4.7.1. 简介

RK3566-PC 开发板上有 4 个片上 SPI，各个 spi 的使用情况如下表：

Port	Pin name	Device
spi0_m0	GPIO0_B5/spi0_clkm0 GPIO0_C5/spi0_misom0 GPIO0_B6/spi0_mosim0 GPIO0_C6/spi0_cs0m0 GPIO0_C4/spi0_cs1m0	复用为其他功能
spi0_m1	GPIO2_D3/spi0_clkm1 GPIO2_D0/spi0_misom1 GPIO2_D1/spi0_mosim1 GPIO2_D2/spi0_cs0m1	复用为其他功能
……	……	复用为其他功能
Spi1_m1	GPIO3_C3/spi1_clkm1 GPIO3_C2/spi1_misom1 GPIO3_C1/spi1_mosim1 GPIO3_A1/spi1_cs0m1	复用为其他功能
……	……	复用为其他功能
spi3_m1	GPIO4_C2/spi3_clkm1 GPIO4_C5/spi3_misom1 GPIO4_C3/spi3_mosim1 GPIO4_C6/spi3_cs0m1 GPIO4_D1/spi3_cs1m1	复用为其他功能

注：其它 SPI 引脚配置可以在 <sdk>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3568-pinctrl.dtsi 文件中查看。

本章主要描述如何在该开发板上配置 SPI。

下面以配置 SPI 测试程序 为例。

4.7.2 定义和注册 SPI 设备

在标准 Linux 中，用户只需要提供相应的 SPI 设备信息，Linux 就会根据所提供的信息构造 spi_client 结构体。

用户所提供的 spi 设备信息以节点的形式写到 DTS 文件中，如下所示：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3566-evb2-lp4x-v10.dtsi

&spi0{
    status = "okay";
    max-freq = <48000000>; /* spi internal clk, don't modify */
    pinctrl-names = "default";
    pinctrl-0 = <&spi0m1_cs0 &spi0m1_pins>;

    spi_dev@0 {
                compatible = "rockchip,spidev";
                reg = <0>;
                spi-max-frequency = <12000000>;
                spi-lsb-first;
        };
```

配置好 dts 节点后，需要配置 defconfig 文件，使其编译 spidev.c 驱动程序：

```
<SDK>/loong/devices/rk3566-xpi-debian10/kernel/arch/arm64/configs/rockchip_linux_defconfig

CONFIG_SPI_SPIDEV=y
```

4.7.3 定义和注册 SPI 驱动

A. 定义 SPI 驱动

在定义 spi 驱动之前，用户首先要定义变量 of_device_id 。
of_device_id 用于在驱动中调用 DTS 文件中定义的设备信息，其定义如下所示：

```
<SDK/kernel/drivers/spi/spidev.c>

static const struct of_device_id spidev_dt_ids[] = {
    { .compatible = "rohm,dh2228fv" },
    { .compatible = "lineartechnology,ltc2488" },
    { .compatible = "ge,achc" },
    { .compatible = "semtech,sx1301" },
    { .compatible = "rockchip,spidev" },
    {},
};
MODULE_DEVICE_TABLE(of, spidev_dt_ids);
```

spi_driver 如下所示：

```
static struct spi_driver spidev_spi_driver = {
    .driver = {
        .name =     "spidev",
        .of_match_table = of_match_ptr(spidev_dt_ids),
        .acpi_match_table = ACPI_PTR(spidev_acpi_ids),
    },
    .probe =    spidev_probe,
    .remove =   spidev_remove,
};
```

B. 注册 SPI 驱动

使用 spi_register_driver 函数注册 SPI 驱动。

```
spi_register_driver(&spidev_spi_driver);
```

在调用 spi_register_driver 注册 SPI 驱动时，会遍历 SPI 设备，如果该驱动支持所遍历到的设备，则会调用该驱动的 probe 函数。

4.7.4 测试 SPI 设备:

查看 spi 节点是否注册成功: ls /dev

```
root@imx8mqevk:~# ls /dev
alpum            hugepages        memory_bandwidth  ptyp1   spidev1.0  tty
autofs           hwrng            mmcblk0           ptyp2   stderr     tty
block            i2c-0            mmcblk0boot0      ptyp3   stdin      tty
btrfs-control    i2c-1            mmcblk0boot1      ptyp4   stdout     tty
bus              i2c-2            mmcblk0p1         ptyp5   tee0       tty
cec0             initctl          mmcblk0p2         ptyp6   teepriv0   tty
char             input            mmcblk0p3         ptyp7   tty        tty
```

使用 kernel/tools/spi/spidev_test.c 测试程序。先查看此测试程序内打开的设备节点与注册的设备节点是否相同，不同则修改。

```
static const char *device = "/dev/spidev1.0";
static uint32_t mode;
```

复制到板卡并编译：gcc spidev_test.c -o spidev_test

短接 spi_miso 和 spi_mosi

输入命令：./spidev_test -v 直接比较出现的输入和输出否一致。

```
root@smarc-rzg2l:~# ./spidev_test -v
spi mode: 0x0
bits per word: 8
max speed: 500000 Hz (500 KHz)
TX | FF FF FF FF FF FF 40 00 00 00 00 95 FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF F0 0D  |
RX | FF FF FF FF FF FF 40 00 00 00 00 95 FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF F0 0D  |
```