

Rockchip Linux 4.4 Camera 开发指南

文件标识: RK-KF-YF-347

发布版本: V2.0.0

日期: 2020-03-18

文件密级: 绝密 秘密 内部资料 公开

免责声明

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

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

商标声明

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

本文档可能提及的其他所有注册商标或商标, 由其各自所有者所有。

版权所有 © 2020 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系列芯片的ISP、CIF的驱动结构，以及在此基础上如何编写/移植Sensor驱动、上层调试方法、应用程序开发接口、3A集成等。

本文所描述的ISP、CIF及Sensor驱动都尽可能满足V4L2标准，提供兼容适配的接口。同时尽量简化编写、移植Sensor驱动的难度。不过用户仍然需要了解V4L2一系列工具的使用，相关的概念等。

产品版本

芯片名称	内核版本	是否支持ISP	是否支持CIF
RK3399	4.4	有，两个	无
RK3326/PX30	4.4	有，一个	有，一个
RK3288	4.4	有，一个	有，一个
RK312x/PX3SE	4.4	无	有，一个
RK180x	4.4	有，一个	有，一个

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	ZhengSQ	2018-07-10	初始版本
V2.0.0	ZhengSQ	2020-03-18	添加应用接口、更新3A应用方法、调整章节顺序、修订错误

目录

Rockchip Linux 4.4 Camera 开发指南

1. 历史版本介绍及名词约定
 - 1.1 名词约定
 - 1.2 ISP及CIF驱动的历史版本
 - 1.3 FAQ文档
2. Sensor驱动开发移植
 - 2.1 上电时序
 - 2.1.1 判断上电时序是否正确
 - 2.2 Sensor 初始化寄存器列表
 - 2.3 v4l2_subdev_ops 回调函数
 - 2.4 V4l2 controller
 - 2.5 Probe 函数及注册 media entity, v4l2 subdev
 - 2.6 dts 示例: MIPI Sensor
 - 2.7 dts 示例: DVP Sensor
 - 2.8 Sensor调试
 - 2.8.1 Sensor是否注册成功
 - 2.8.2 抓图是否有输出
 - 2.8.3 检查control是否生效
3. 调试工具及常用命令
 - 3.1 v4l-utils
 - 3.2 使用media-ctl查看拓扑结构
 - 3.2.1 显示拓扑结构
 - 3.2.2 切换Sensor
 - 3.2.3 修改Entity的format、size
 - 3.2.4 常用的mbus-code格式
 - 3.2.5 找到video设备
 - 3.3 使用v4l2-ctl抓图
 - 3.3.1 使用v4l2-ctl抓帧
 - 3.3.2 设置曝光、gain 等 control
 - 3.3.3 抓取Raw图
 - 3.3.4 常用的FourCC格式
 - 3.4 Ubuntu下使用mplayer显示YUV图像
 - 3.5 使用GStreamer
 - 3.5.1 用GStreamer显示图像
 - 3.5.2 GStreamer视频、图片编码
 - 3.6 无屏板子调试
 - 3.7 打开调试开关
4. 3A集成方法
 - 4.1 部署rkisp_3A_server
 - 4.2 开启rkisp_3A_server log
 - 4.3 xml加载加速功能
 - 4.4 rkisp_3A_server的执行时序
5. 应用开发
 - 5.1 使用librkisp_api.so接口
 - 5.2 使用DMA Buffer共享存储
 - 5.3 设置区域曝光权重
 - 5.4 利用librkuvc.so模拟成uvc camera
6. RKISP1驱动介绍
 - 6.1 Rkisp1 dts 的板级配置
7. RKCIF驱动介绍

1. 历史版本介绍及名词约定

1.1 名词约定

- 3A, 指自动聚焦(AF), 自动曝光(AE)和自动白平衡(AWB)算法, 或者由RK提供的3A算法动态链接库
- Async Sub Device, 指在Media Controller结构下的异步注册的V4L2子设备, 如Sensor、MIPI DPHY
- Bayer Raw, 也写成Raw Bayer, 指设备(Sensor或ISP)输出的如RGGB、BGGR、GBRG、GRBG等帧格式
- Buildroot, 指Rockchip基于Buildroot发布的一系列Linux SDK
- Camera, 本文泛指由Rockchip芯片中的VIP或ISP及其连接的Sensor, 以及他们驱动共同组成的完整系统
- CIF, 指RK芯片中的VIP模块, 用以接收Sensor数据并保存到Memory中, 仅转存数据, 无ISP功能
- DVP, 一种并行数据传输接口, 即Digital Video Port
- Entity, 指Media Controller框架下的各节点
- FCC、FourCC, 指Four Character(FCC) codes, 是Linux Kernel中用4个字符表示的图像格式, 详见FourCC章节
- HSYNC, 指DVP接口的行同步信号
- ISP, Image Signal Processing, 用以接收并处理图像。本文中既指硬件本身, 也泛指ISP驱动
- IOMMU, Input-Output Memory Management Unit, 指Rockchip系列芯片中的IOMMU模块, 用于将物理上分散的内存页映射成CIF、ISP可见的连续内存。本文中既指硬件本身, 也泛指IOMMU驱动
- IQ, Image Quality, 指为Bayer Raw Camera调试的IQ xml, 用于 3A tuning
- Media Controller, Linux kernel的一种媒体框架, 主要用于拓扑结构的管理
- MIPI, 本文指MIPI协议
- MIPI-DPHY, 指MIPI-DPHY协议, 或Rockchip芯片中符合MIPI-DPHY协议的控制器的控制器
- MP, 即Main Path, 指Rockchip ISP驱动的一个输出节点, 可输出高分辨率图像, 一般用来拍照, 抓取Raw图
- PCLK, 指Sensor输出Pixel Clock
- Pipeline, 本文指Media Controller的各个Entity相互连接形成的链路
- RKCIF, 指CIF的驱动名称
- RKISP1, 指ISP驱动的名称
- SP, 即Self Path, 指Rockchip ISP驱动的一个输出节点, 最高只能输出1080p分辨率
- Userspace, 即Linux 用户空间(相对于Linux内核空间)
- V4L2, 即Video4Linux2, Linux kernel的视频处理模块
- VIP, 在Rockchip芯片中, 即Video Input Processor, 曾作为CIF的别名
- VSYNC, 指DVP接口的场同步信号

1.2 ISP及CIF驱动的历史版本

本文描述的RKISP1及RKCIF驱动基于Media Controller、V4L2 Framework、VB2, Sensor是作为Async Sub Device异步注册的。它们的代码分别位于 `drivers/media/platform/rockchip/isp1/` 及 `drivers/media/platform/rockchip/cif/` 目录; Sensor代码位于 `drivers/media/i2c` 目录。

其它的旧版本已经不再持续更新, 或不再继续支持。具体如下表:

驱动名称	类型	Kernel	是否在本文范畴	代码位置
RKISP1	ISP	4.4	是	drivers/media/platform/rockchip/isp1
RKCIF	CIF	4.4	是	drivers/media/platform/rockchip/cif
RK-ISP10	ISP	4.4	否	drivers/media/platform/rk-isp10/
RK-CAMSYS	CIF	4.4	否	drivers/media/video

1.3 FAQ文档

为方便客户快速调试Sensor，本文对应有一份FAQ文档，名称为《Rockchip_Trouble_Shooting_Linux4.4_Camera_CN》。它一般位于本文档的相同目录下。

2. Sensor驱动开发移植

Sensor 驱动位于 drivers/media/i2c 目录下，注意到本章节所描述的是具有 Media Controller 属性的 Sensor 驱动，故 drivers/media/i2c/soc_camera 目录下的驱动并不适用。

Sensor 驱动与 RKCIF 或者 RKISP1 驱动最大程度上独立，二者异步注册，在dts中由 remote-endpoint 声明连接关系。因此本章所描述的 Sensor 驱动同时适用于 RKCIF 和 RKISP1。

在 Media Controller 结构下，Sensor 一般作为 Sub Device 并通过 Pad 与 Rkcif、Rkisp1 或者 Mipi Dphy 驱动链接在一起。本章主要介绍 Sensor 驱动的代码，dts 配置，及如何调试 Sensor 驱动。

本章将 Sensor 驱动的开发移植概括为 5 个部分，

- 按照 datasheet 编写上电时序，主要包括 vdd、reset、powerdown、clk 等
- 配置 sensor 的寄存器以输出所需的分辨率、格式
- 编写 struct v4l2_subdev_ops 所需要的回调函数，一般包括 set_fmt、get_fmt、s_stream、s_power
- 增加 v4l2 controller 用来设置如fps、exposure、gain、test pattern
- 编写 probe()函数，并添加 Media Control 及 Sub Device 初始化代码

作为良好的习惯，完成驱动编码后，也需要增加相应的 Documentation。可以参考 Documentation/devicetree/bindings/media/i2c/。这样板级 dts 可以根据该文档快速配置。

在板级 dts 中，引用 Sensor 驱动，一般需要，

- 配置正确的 clk及io mux
- 根据原理图设置上电时序所需要的 regulator 及 gpio
- 增加 port 子节点，与 cif 或者 isp 建立连接

本章以 ov5695 及 ov2685 为例，分析 Sensor 驱动。

2.1 上电时序

不同 Sensor 对上电时序要求不同，例如可能很大部分的 OV Sensor 对时序要求不严格，只要 mclk、vdd、reset 和 powerdown 状态是对的、就能正确进行 I2C 通讯并输出图片，而不用关心上电的先后顺序及延时。但还是有小部分 Sensor 对上电要求非常严格，例如 OV2685 必须严格按时序上电。

在 Sensor 厂家提供的 DataSheet 中，一般会有上电时序图，只需要按顺序配置即可。以 drivers/media/i2c/ov5695.c 为例，其中 `__ov5695_power_on()` 即是用来给 Sensor 上电。代码如下(有删减)。

```
static int __ov5695_power_on(struct ov5695 *ov5695)
{
    int ret;
    u32 delay_us;
    struct device *dev = &ov5695->client->dev;

    ret = clk_set_rate(ov5695->xvclk, OV5695_XVCLK_FREQ);

    if (clk_get_rate(ov5695->xvclk) != OV5695_XVCLK_FREQ)
        dev_warn(dev, "xvclk mismatched, modes are based on 24MHz\n");
    ret = clk_prepare_enable(ov5695->xvclk);

    if (!IS_ERR(ov5695->reset_gpio))
        gpiod_set_value_cansleep(ov5695->reset_gpio, 1);

    ret = regulator_bulk_enable(OV5695_NUM_SUPPLIES, ov5695->supplies);

    if (!IS_ERR(ov5695->reset_gpio))
        gpiod_set_value_cansleep(ov5695->reset_gpio, 0);

    if (!IS_ERR(ov5695->pwdn_gpio))
        gpiod_set_value_cansleep(ov5695->pwdn_gpio, 1);

    /* 8192 cycles prior to first SCCB transaction */
    delay_us = ov5695_cal_delay(8192);
    usleep_range(delay_us, delay_us * 2);

    return 0;
}
```

OV5695 的上电时序简要说明如下，

- 首先提供 xvclk(即 mclk)
- 紧接着 reset pin 使能
- 各路的 vdd 上电。这里使用了 `regulator_bulk`，因为 vdd, vodd, avdd 三者无严格顺序。如果 vdd 之间有严格的要求，需要分开处理，可参考 OV2685 驱动代码
- 设置 Sensor Reset, powerdown pin 为工作状态。Reset, powerdown 可能只需要一个。根据 Sensor 封装及硬件原理图的实际需要配置
- 最后按 ov5695 的时序要求，需要 delay 8192 个 clk cycle 之后，上电才算完成

注意，虽然不按 datasheet 要求上电许多 Sensor 也能正常工作，但按原厂建议的时序操作，无疑是最可靠的。

同样，datasheet 中还会有下电时序(Power Down Sequence)，也需要按要求实现。

2.1.1 判断上电时序是否正确

在.probe()阶段会去尝试读取 chip id, 如 ov5695 的 `ov5695_check_sensor_id()`, 如果能够正确读取到 chip id, 一般就认为上电时序正确, Sensor 能够正常进行 i2c 通信。

2.2 Sensor 初始化寄存器列表

在 OV5695 及 OV2685 中, 各定义了 `struct ov5695_mode` 及 `struct ov2685_mode`, 用来表示 Sensor 不同的初始化 mode, 即 Sensor 可以输出不同分辨率的图像、不同的 fps 等。Mode 可以包括如分辨率, Mbus Code, fps, 寄存器初始化列表等。

寄存器初始化列表, 请按厂家提供的直接填入即可。需要注意的是, 列表最后用了 `REG_NULL` 表示结束。注意 `REG_NULL` 不要和寄存器地址冲突。

2.3 v4l2_subdev_ops 回调函数

v4l2_subdev_ops 回调函数是 Sensor 驱动中逻辑控制的核心。回调函数包括丰富的接口, 具体可以查看 kernel 代码 `include/media/v4l2-subdev.h`。建议 Sensor 驱动至少包括如下回调函数。

- `.open()`, Userspace 通过在打开 `/dev/v4l-subdev?` 节点时, 会调用到该 `.open()` 函数。在上层需要单独对 sensor 设置 control 时 `.open()` 是必须实现的
- `.s_power()`, 包括 power on 和 power off。在这里上电或者下电
- `.s_stream()`, 即 set stream。包括 stream on 和 stream off。一般在这里配置寄存器, 使其输出图像
- `.enum_mbus_code()`, 枚举驱动支持的 `mbus_code`
- `.enum_frame_size()`, 枚举驱动支持的分辨率
- `.get_fmt()`, 返回当前 Sensor 选中的 format/size。如果 `.get_fmt()` 缺失, `media-ctl` 工具无法查看 sensor entity 当前配置的 format
- `.set_fmt()`, 设置 Sensor 的 format/size

以上回调中, `.s_power()` 和 `.s_stream()` 会比较复杂些。在 ov5695 驱动代码中, 使用了 `pm_runtime` 来管理电源。在 `.s_stream()` 中通过 `v4l2_ctrl_handler_setup()` 实际配置 control 信息 (v4l2 control 可能会在 sensor 下电时更新) 并写入寄存器。

2.4 V4l2 controller

对于需要动态更新 exposure、gain、blinking 的场景, v4l2 controller 部分是必要的。一般 Raw Bayer Sensor 都需要。

OV5695 驱动代码中,

- `ov5695_initialize_controls()`, 用来声明支持哪些 control 并设置最大最小值等信息
- `struct v4l2_ctrl_ops`, 指定了 `ov5695_set_ctrl()` 回调函数, 用以响应上层的设置

2.5 Probe 函数及注册 media entity, v4l2 subdev

Probe 函数中, 首先对 dts 进行解析, 获取 regulator、gpio、clk 等信息用以对 sensor 上下电。其次注册 media entity、v4l2 subdev、v4l2 controller 信息。注意到 v4l2 subdev 的注册是异步。如下几个关键的函数调用。

- v4l2_i2c_subdev_init(), 注册为一个 v4l2 subdev, 参数中提供回调函数
- ov5695_initialize_controls(), 初始化 v4l2 controls
- media_entity_init(), 注册成为一个 media entity, OV5695 仅有一个输出, 即 Source Pad
- v4l2_async_register_subdev(), 声明 Sensor 需要异步注册。因为 RKISP1 及 RKCIF 都采用异步注册 Sub Device, 所以这个调用是必须的

2.6 dts 示例: MIPI Sensor

根据硬件的设计, 主要是配置 pinctl(iomux)、clk、gpio、remote port
以下示例是 rk3326-evb-lp3-v10-linux.dts 中 OV5695 dts 节点。

```

ov5695: ov5695@36 {
    compatible = "ovti,ov5695";
    reg = <0x36>;

    clocks = <&cru SCLK_CIF_OUT>;
    clock-names = "xvclk";

    avdd-supply = <&vcc2v8_dvp>;
    dovdd-supply = <&vcc1v8_dvp>;
    dvdd-supply = <&vdd1v5_dvp>;

    /*reset-gpios = <&gpio2 14 GPIO_ACTIVE_HIGH>;*/
    pwn-gpios = <&gpio2 14 GPIO_ACTIVE_HIGH>;

    rockchip,camera-module-index = <0>;
    rockchip,camera-module-facing = "back";
    rockchip,camera-module-name = "TongJu";
    rockchip,camera-module-lens-name = "CHT842-MD";

    port {
        ucaml_out: endpoint {
            remote-endpoint = <&mipi_in_ucam>;
            data-lanes = <1 2>;
        };
    };
};

```

注意:

- pinctrl, 初始化必要的pin iomux, 该例子中包括了 reset pin 初始化和 clk iomux
- clock, 指定名称为xvclk(驱动会讯取名为 xvclk 的 clock), 即 24M 时钟
- vdd supply, OV5695 需要的三路供电
- port 子节点, 定义了一个 endpoint, 声明需要与 mipi_in_ucam 建立连接。同样地 mipi dphy 会引用 ucaml_out
- data-lanes 指定了 OV5695 使用两个 lane。ucaml_out 节点中, data-lanes 需要与之相匹配

2.7 dts 示例: DVP Sensor

与Mipi Sensor相比, DVP Sensor的dts不用配置data-lanes, endpoint链接到cif, 其它的部分没有差别。

可以以 `arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3326-evb-lp3-v10-linux.dts` 中的gc2155为例,

- gc2155的dts节点中, remote-endpoint指向cif_in
- 不用配置data-lanes参数

2.8 Sensor调试

完成Sensor驱动移植后, 需要检查是否正常工作。

调试过程中遇到问题, 请首先根据FAQ文档排查。

2.8.1 Sensor是否注册成功

Sensor 调试的第一个关键节点是 i2c 能否通讯成功, chip id 检查是否正确。如果是, 说明上电时序没有问题。驱动中, 一般也会打印出相关的 log, 不同 Sensor 的 log 都不太一样不再举例。

使用 `media-ctl` 获取拓扑结构, 查看 Sensor 是否已经注册成一个 entity。如果是, 说明 Sensor 已经注册成功。

2.8.2 抓图是否有输出

通过抓图工具如 `v4l2-ctl`、`gststreamer`、`camera app`等获取图像。

2.8.3 检查control是否生效

利用 `v4l2-ctl` 设置相关的参数, 如 `gain`、`exposure`、`blinking` 并生成图片, 查看 sensor 的 controls 是否有生效。例如增加 `gain` 或 `exposure` 图片亮度是否增加; 加大 `blinking` 帧率是否下降。

3. 调试工具及常用命令

本章节主要介绍常用的抓图工具。

因为大部分命令都比较长, 为了方便阅读, 使用转义字符"将一行命令拆成多行, 用户在使用时可以直接复制粘贴, 但如果用户是将命令放在一行中, 请去掉转义字符"。

3.1 v4l-utils

在 Rockchip 发布的 Linux SDK 中, 默认已集成了 v4l-utils 包。用户可以通过 buildroot 的编译开关开启或关闭 v4l-utils 包。比如:

```
# grep -rn LIBV4L_UTILS -- buildroot/configs/rockchip/camera.config
BR2_PACKAGE_LIBV4L_UTILS=y
```

用户也可以在 www.linuxtv.org 的官网获取源码编译。

v4l-utils 包在 Ubuntu 系统下，可通过 apt 工具直接安装，如下，

```
# sudo apt-get install v4l-utils
```

3.2 使用media-ctl查看拓扑结构

media-ctl 是 v4l-utils 包中的一个工具，主要用来查看、配置 Media Framework 的各Entity的信息，如格式、裁剪、链接使能等。应用该工具可以更灵活地拓展Camera功能。

对于普通的应用场景，用户不必去配置具体的Entity信息，直接使用默认的就可以。

3.2.1 显示拓扑结构

使用以下命令可以显示拓扑结构。注意，当cif, isp都enabled时，或有多个isp enabled，或插入usb camera时，media设备可能有多个，如/dev/media0, /dev/media1, /dev/media2。

```
# media-ctl -p -d /dev/media0
```

对开发者来说，主要关注的是有没有找到Sensor的Entity。如果没有找到Sensor的Entity，说明Sensor注册有问题，请按FAQ文档排查。

例如，RK3326 SDK板接上ov5695摄像头后可以看到如下的输出（有删减）。

```
# media-ctl -p -d /dev/media1
- entity 9: m00_b_ov5695 2-0036 (1 pad, 1 link)
      type V4L2 subdev subtype Sensor flags 0
      device node name /dev/v4l-subdev2
      pad0: Source
            [fmt:SBGGR10_1X10/2592x1944@10000/300000 field:none]
            -> "rockchip-mipi-dphy-rx":0 [ENABLED,DYNAMIC]
```

从ov5695 entity信息中可以看到：

- 该Entity完整的名称是：m00_b_ov5695 2-0036
- 它是一个V4L2 subdev (Sub-Device) Sensor
- 它对应的节点是 /dev/v4l-subdev2，应用程序（如v4l2-ctl）可以打开它，并进行配置
- 它仅有一个输出（Source）节点，记为pad0
- 它的输出格式是 [fmt:SBGGR10_1X10/2592x1944@10000/300000 field:none]，其中SBGGR10_1X10是一种mbus-code的简写，下一小节会列出常见的mbus-code
- 它的Source pad0链接到（->）"rockchip-mipi-dphy-rx"的pad0，并且当前的状态是ENABLED。DYNAMIC表示可以将状态修改为DISABLED

如果同一个ISP或CIF接同时接两个Sensor，他们仅有一个是ENABLED的，如下这个例子（有删减）。

```
[root@rk3326_64:/]# media-ctl -p -d /dev/media1
- entity 9: irsl6x5c 1-003d (1 pad, 1 link)
```

```

    type V4L2 subdev subtype Sensor flags 0
    device node name /dev/v4l-subdev2
    pad0: Source
        [fmt:SBGGR12_1X12/224x1557@10000/300000 field:none]
        -> "rockchip-mipi-dphy-rx":0 [ENABLED,DYNAMIC]

- entity 10: irs16x5c 2-003d (1 pad, 1 link)
    type V4L2 subdev subtype Sensor flags 0
    device node name /dev/v4l-subdev3
    pad0: Source
        [fmt:SBGGR12_1X12/224x1557@10000/300000 field:none]
        -> "rockchip-mipi-dphy-rx":0 [DYNAMIC]

```

上例中:

- 两个Sensor irs16x5c都接到了"rockchip-mipi-dphy-rx":0, 但只有entity 9是ENABLED的
- 如果需要切换Sensor, 需要在整个链路停止工作的状态下操作, 即: 不能在抓图过程中改变pipeline中各Entity的配置

3.2.2 切换Sensor

如果接了多个的Sensor, 那么可以通过如下命令切换Sensor。

```

# media-ctl -d /dev/media0 \
  -l '"ov5695 7-0036":0->"rockchip-sy-mipi-dphy":0[0]'
# media-ctl -d /dev/media0 \
  -l '"ov2685 7-003c":0->"rockchip-sy-mipi-dphy":0[1]'

```

- 命令格式为media-ctl -l "entity name":pad->"entity name":pad[Status]
- 整个 link 需要用单引号, 因为有特殊字符: > []
- Entity name 需要用双引号, 因为中间有空格
- Status 用 0 或 1 表示 Active 或 In-Active

3.2.3 修改Entity的format、size

举例一, OV5695支持多个分辨率的输出, 默认为2592x1944。现将输出分辨率改为1920x1080。

```

# media-ctl -d /dev/media1 \
  --set-v4l2 '"m00_b_ov5695 2-0036":0[fmt:SBGGR10_1X10/1920x1080]'

```

修改OV5695输出后, rkisp1-isp-subdev的大小及video device crop也相应要修改。因为后级的大小不能大于前级的大小。

```

# media-ctl -d /dev/media1 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":0[fmt:SBGGR10_1X10/1920x1080]'
# media-ctl -d /dev/media1 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":0[crop:(0,0)/1920x1080]'
# media-ctl -d /dev/media1 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":2[crop:(0,0)/1920x1080]'
# v4l2-ctl -d /dev/video1 \
  --set-selection=target=crop,top=0,left=0,width=1920,height=1080

```

举例二，对于raw bayer sensor，rkisp1默认输出yuv格式，将rkisp1-isp-subdev的fmt修改为Sensor的fmt，可以让MP节点输raw图。

```
# media-ctl -d /dev/media1 \  
--set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":2[fmt:SBGGR10/2592x1944]'
```

以上的示例中，有一些注意点：

- 注意特殊字符,需要使用单引号或双引号
- 注意引号中不要少掉空格，也不要多出空格
- 请使用 `media-ctl --help` 查看更详细的使用帮助

3.2.4 常用的mbus-code格式

Mbus-code，全称是 Media Bus Pixel Codes，它描述的是用于在物理总线上传输的格式，比如 sensor 通过 mipi dphy 向 isp 传输的图像格式，或者在 ISP 内部各子模块间传输的格式。特别需要将 Mbus-code 与的 FourCC 区分，后者是指存储在 Memory 中的图像格式。

Mbus-code定义在kernel的 `include/uapi/linux/media-bus-format.h` 中。

下表列出本文中常用到的几种 Mbus-code。

Kernel中定义的宏	Mbus-code简称	类型	Bpp	Bus width	Samples
MEDIA_BUS_FMT_SBGGR8_1X8	SBGGR8_1X8	Bayer Raw	8	8	1
MEDIA_BUS_FMT_SRGGB8_1X8	SRGGB8_1X8	Bayer Raw	8	8	1
MEDIA_BUS_FMT_SBGGR10_1X10	SBGGR10_1X10	Bayer Raw	10	10	1
MEDIA_BUS_FMT_SRGGB10_1X10	SRGGB10_1X10	Bayer Raw	10	10	1
MEDIA_BUS_FMT_SBGGR12_1X12	SBGGR12_1X12	Bayer Raw	12	12	1
MEDIA_BUS_FMT_SRGGB12_1X12	SRGGB12_1X12	Bayer Raw	12	12	1
MEDIA_BUS_FMT_YUYV8_2X8	YVYU8_2X8	YUV 422	16	8	2
MEDIA_BUS_FMT_UYUV8_2X8	UYUV8_2X8	YUV 422	16	8	2
MEDIA_BUS_FMT_Y8_1X8	Y8_1X8	YUV GREY	8	8	1
MEDIA_BUS_FMT_RGB888_1X24	RGB888_1X24	RGB 888	24	24	1

media-ctl 可以列举出所支持的 mbus code。

```
# media-ctl --known-mbus-formats
```

3.2.5 找到video设备

拓扑结构中有多多个的Entity，一些是sub device，一些是video device。前者对应的设备节点是/dev/v4l-subdev，后者对应的是/dev/video。多个的video device中，用户最常关注的是哪个设备可以输出图像。

```
# media-ctl -d /dev/media1 -e "rkisp1_selfpath"  
/dev/video2  
# media-ctl -d /dev/media1 -e "rkisp1_mainpath"  
/dev/video1
```

上面两个命令分别显示出/dev/media1这个链路中，RKISP1的SP及MP节点的设备路径。RKISP1有两个视频输出设备，它们都能输出图像。

如果使用的是RKCIF，类似地：

```
# media-ctl -d /dev/media0 -e "stream_cif"  
/dev/video0
```

上述命令显示出/dev/media0这个链路中，RKCIF的video device设备路径。RKCIF只有一个视频输出节点。

```
# v4l2-ctl -d /dev/video1 --all
```

上述命令显示出了/dev/video1的一些主要参数，比如crop、fmt、v4l2 controls等。

3.3 使用v4l2-ctl抓图

Media-ctl 工具的操作是通过/dev/media0 等 media 设备，它所管理是 Media 的拓扑结构中各个节点的 format，大小，链接。V4l2-ctl 工具则是针对/dev/video0， /dev/video1 等 video 设备，它在 video 设备上进行 set_fmt, reqbuf, qbuf, dqbuf, stream_on, stream_off 等一系列操作。本文主要用 v4l2-ctl 进行采集帧数据，设置曝光、gain、VTS 等 v4l2_control。

建议先查看 v4l2-ctl 的帮助文档。帮助文档内容比较多，分成很多个部分，我们比较关心的是其中的 streaming, vidcap。

查看帮助文档梗概如下。

```
# v4l2-ctl --help
```

查看完整的帮助文档如下，内容相对较多。

```
# v4l2-ctl --help-all
```

查看与 streaming 相关的参数如下。

```
# v4l2-ctl --help-streaming
```

查看与 vidcap 相关的参数如下。它主要包括 get-fmt、set-fmt 等。

```
# v4l2-ctl --help-vidcap
```

3.3.1 使用v4l2-ctl抓帧

示例一，抓取RKCIF输出的 1 帧 NV12 数据保存到/tmp/nv12.bin，分辨率为 640x480。在保存数据前，先丢弃前面 3 帧(即前面 3 帧虽然返回给 userspace，但不保存到文件)。

```
# v4l2-ctl -d /dev/video0 \  
  --set-fmt-video=width=640,height=480,pixelformat=NV12 \  
  --stream-mmap=3 \  
  --stream-skip=3 \  
  --stream-to=/tmp/nv12.bin \  
  --stream-count=1 \  
  --stream-poll
```

示例二，抓取RKISP输出的 10 帧 NV12 数据保存到/tmp/nv12.bin，分辨率为1920x1080。

```
# v4l2-ctl -d /dev/video1 \  
  --set-selection=target=crop,top=0,left=0,width=1920,height=1080 \  
  --set-fmt-video=width=1920,height=1080,pixelformat=NV12 \  
  --stream-mmap=3 \  
  --stream-to=/tmp/nv12.bin \  
  --stream-count=10 \  
  --stream-poll
```

参数的说明:

- -d, 指定操作对象为/dev/video0设备。
- --set-selection, 指定对输入图像进行裁剪。特别是当RKISP1的前级大小发生变化时要保证selection不大于前级输出大小。RKCIF的裁剪则是通过--set-crop参数设置的
- --set-fmt-video, 指定了宽高及pixelformat(用FourCC表示)。NV12即用 FourCC 表示的 pixelformat。
- --stream-mmap, 指定 buffer 的类型为 mmap, 即由 kernel 分配的物理连续的或经过iommu 映射的 buffer。
- --stream-skip, 指定丢弃(不保存到文件)前 3 帧
- --stream-to, 指定帧数据保存的文件路径
- --stream-count, 指定抓取的帧数, 不包括--stream-skip 丢弃的数量
- --stream-poll, 该选项指示 v4l2-ctl 采用异步 IO, 即在 dqbuf 前先用 select 等等帧数据完成, 从而保证 dqbuf 不阻塞。否则 dqbuf 将会阻塞直到有数据帧到来

3.3.2 设置曝光、gain 等 control

如果 Sensor 驱动有实现 v4l2 control, 在采集图像前, 可以通过 v4l2-ctl 设置如曝光、gain 等。RKCIF 或 RKISP 会继承 sub device 的 control, 因此这里通过/dev/video3 可以看到 Sensor 的 v4l2 control。

如下是 RK3326 SDK 机子上查看到的 OV5695 的相关设置, 包括 exposure, gain, blanking, test_pattern 等。

```
# v4l2-ctl -d /dev/video1 -l  
  
User Controls  
  
    exposure 0x00980911 (int) : min=4 max=2228 step=1 default=1104  
value=1104
```

```

gain 0x00980913 (int) : min=0 max=16383 step=1 default=1024
value=1024

Image Source Controls

vertical_blanking 0x009e0901 (int) : min=1152 max=31687 step=1 default=1152
value=1152
analogue_gain 0x009e0903 (int) : min=16 max=248 step=1 default=248 value=248

Image Processing Controls

test_pattern 0x009f0903 (menu): min=0 max=4 default=0 value=0

```

用 v4l2-ctl 可以修改这些 control。如修改 exposure 及 analogue_gain 如下。

```
# v4l2-ctl -d /dev/video3 --set-ctrl 'exposure=1216,analogue_gain=10'
```

3.3.3 抓取Raw图

RKISP1的MP节点可以抓取Raw图，此时ISP是by-pass状态，不对数据做调制。

示例，抓取 Sensor OV5695 输出的 Raw Bayer 原始数据。格式为 SBGGR10_1X10 大小为 2592x1944。

```

# media-ctl -d /dev/media0 \
  --set-v4l2 '"ov5695 7-0036":0[fmt:SBGGR10_1X10/2592x1944]'
# media-ctl -d /dev/media0 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":0[fmt:SBGGR10_1X10/2592x1944]'
# media-ctl -d /dev/media0 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":0[crop:(0,0)/2592x1944]'
# media-ctl -d /dev/media0 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":2[fmt:SBGGR10_1X10/2592x1944]'
# media-ctl -d /dev/media0 \
  --set-v4l2 '"rkisp1-isp-subdev":2[crop:(0,0)/2592x1944]'
# v4l2-ctl -d /dev/video4 \
  --set-ctrl 'exposure=1216,analogue_gain=10' \
  --set-selection=target=crop,top=0,left=0,width=2592,height=1944 \
  --set-fmt-video=width=2592,height=1944,pixelformat=BG10 \
  --stream-mmap=3 \
  --stream-to=/tmp/mp.raw.out \
  --stream-count=1 \
  --stream-poll

```

说明：

- 第 4 行 media-ctl 设置了 isp-subdev 输出格式与 sensor 一致
- 第 3、5 行设置了 crop 与 Sensor 大小一致，即不裁剪
- 第 6 行，如果图片太暗，可以调节 expo、gain 以增加亮度，可选。且 Sensor 驱动需要有实现该 v4l2 control
- 第 7、8 行，v4l2-ctl 设置了 selection 不裁剪，且输出 pixelformat FourCC 为 BG10
- 特别要注意的是，ISP 虽然不对 Raw 图处理，但它仍然会将 10bit 的数据低位补 0 成 16bit。不管 Sensor 输入的是 10bit，12bit，最终上层拿的都是 16bit 每像素

在 Bayer Raw 文件头部加上 PGM 标识，即可其转成 Ubuntu 可直接打开查看的 pgm 图片。添加三行 PGM 头即可。

示例，将raw图转为pgm格式，以便打开。

```
# cat > /tmp/raw.pgm << EOF
P5
2592 1944
65535
EOF

# cat /tmp/mp.raw.out >> /tmp/raw.pgm
```

说明：

- 行 2，P5 为固定标识符
- 行 3，表示 Raw 图的分辨率，即长宽，中间用一个空格符分隔
- 行 4，表示深度，65535 即 16bit。如果是 8bit，相应地改成 255
- 行 7，将原始数据加在pgm文件头后面
- 注意pgm头只有三行，不要添加多余的空白行

3.3.4 常用的FourCC格式

FourCC，全称 Four Character Codes，它用 4 个字符(即 32bit)来命名图像格式。在 Linux Kernel 中，宏定义如下：

```
#define v4l2_fourcc(a,b,c,d) \
    (((__u32)(a)<<0)|((__u32)(b)<<8)|((__u32)(c)<<16)|((__u32)(d)<<24))
```

FourCC 所定义的格式，是图像视频在内存中存储的格式。这点要注意和 mbus-code 区分。

以下列出本文中常用到的几个格式。更详细的定义请参阅 kernel 代码之 `videodev2.h`。

Kernel定义的宏	FourCC
V4L2_PIX_FMT_NV12	NV12
V4L2_PIX_FMT_NV21	NV21
V4L2_PIX_FMT_NV16	NV16
V4L2_PIX_FMT_NV61	NV61
V4L2_PIX_FMT_NV12M	NM12
V4L2_PIX_FMT_YUYV	YUYV
V4L2_PIX_FMT_YUV420	YU12
V4L2_PIX_FMT_SBGGR10	BG10
V4L2_PIX_FMT_SGBRG10	GB10
V4L2_PIX_FMT_SGRBG10	BA10
V4L2_PIX_FMT_SRGGB10	RG10
V4L2_PIX_FMT_GREY	GREY

3.4 Ubuntu下使用mplayer显示YUV图像

前面小节中一些命令抓取了帧数据并保存成文件，在Ubuntu环境下可以用mplayer解析出来。

mplayer可通过apt安装，如下。

```
# sudo apt-get install mplayer
```

播放640x480大小的NV12图片，如下。

```
# W=640; H=480; mplayer /tmp/nv12.bin -loop 0 -demuxer rawvideo -fps 30 \
  -rawvideo w=${W}:h=${H}:size=$(( ${W} * ${H} * 3 / 2 )) :format=NV12
```

播放640x480大小的YUYV图片，如下。

```
# W=640; H=480; mplayer /tmp/yuyv.bin -loop 0 -demuxer rawvideo -fps 30 \
  -rawvideo w=${W}:h=${H}:size=$(( ${W} * ${H} * 2 )) :format=YUY2
```

以上示例中：

- W及H是变量，指定宽高方便后续引用
- fps指定了播放的速率，如果fps为1，那么1秒播放一帧
- size指每帧大小
- format指定了格式，`mplayer -rawvideo format=help` 可显示所有支持的格式

Windows下可以使用如7yuv工具解析图像

3.5 使用GStreamer

在 Rockchip 发布的 Linux SDK 下，可以使用GStreamer预览 Camera 的图像、编码。

使用v4l2src plugin即可从video device中获取图像。默认地，rkisp_3A_server 也会随之启动调制 (Tunning)，从而能够得到亮度、色彩正常的图像。

3.5.1 用GStreamer显示图像

以下命令可以将Camera图像显示在屏幕上。

```
# export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:/usr/lib/gstreamer-1.0
# export XDG_RUNTIME_DIR=/tmp/.xdg
# gst-launch-1.0 v4l2src device=/dev/video1 ! \
    video/x-raw,format=NV12,width=2592,height=1944,framerate=30/1 ! kmssink
```

3.5.2 GStreamer视频、图片编码

Linux SDK同时还带有硬件编码，如下命令可以将Camera数据流编码并保存成文件。

```
# gst-launch-1.0 v4l2src device=/dev/video1 num-buffers=100 ! \
    video/x-raw,format=NV12,width=1920,height=1088,framerate=30/1 ! \
    videoconvert ! mpph264enc ! h264parse ! mp4mux ! \
    filesink location=/tmp/h264.mp4
```

```
# gst-launch-1.0 -v v4l2src device=/dev/video1 num-buffers=10 ! \
    video/x-raw,format=NV12,width=1920,height=1080 ! mppjpegenc ! \
    multifilesink location=/tmp/test%05d.jpg
```

说明：

- mppjpegenc及mpph264enc encoder是rockchipmpp plugin提供的硬件编码
- mpp encoder需要height 16 对齐，因此需要kernel包含有该补丁：`fea937b015e7 media: rockchip: isp1/cif: set height alignment to 16 in queue_setup`

3.6 无屏板子调试

Rockchip Linux SDK提供了librkuvc.so，利用该接口可以将板子当作一个uvc camera使用，通过usb otg与PC端相连接。

应用开发这一章节给出了示例代码，供参考。

3.7 打开调试开关

RKISP1或RKCIF驱动中都包含一些v4l2_dbg() log，通过命令可以打开 log 开关,如下。

```
# echo 1 > /sys/module/video_rkcif/parameters/debug
```

或

```
# echo 1 > /sys/module/video_rkisp1/parameters/debug
```

除此之外，VB2和V4L2 也有相应的调试开关。

打开VB2 相关的 log如下。

```
# echo 7 > /sys/module/videobuf2_core/parameters/debug
```

VB2 log 主要包括 buffer 的轮转，如 reqbuf、qbuf、dqbuf 及 buffer状态变化等。需要注意 vb2 模块开关是通用的开关，其它使用了vb2(如 VPU/ISP 等)的相关 log 也会使能输出。

打开 v4l2 相关的 log，比如 ioctl 调用。如下命令将 v4l2 相关 log 全部打开。

```
# echo 0x1f > /sys/class/video4linux/video0/dev_debug
```

也可以分别只开一小部分的 log。如下Kernel宏定义了各个 bit 会 enable 哪些 log。将所需要的 log对应的 bit 打开即可。这些宏定义在 kernel 头文件 `include/media/v4l2-ioctl.h` 中。

```
/* Just log the ioctl name + error code */
#define V4L2_DEV_DEBUG_IOCTL          0x01
/* Log the ioctl name arguments + error code */
#define V4L2_DEV_DEBUG_IOCTL_ARG      0x02
/* Log the file operations open, release, mmap and get_unmapped_area */
#define V4L2_DEV_DEBUG_FOP            0x04
/* Log the read and write file operations and the VIDIOC_(D)QBUF ioctls */
#define V4L2_DEV_DEBUG_STREAMING      0x08
/* Log poll() */
#define V4L2_DEV_DEBUG_POLL           0x10
```

4.3A集成方法

该小节内容仅适用于RKISP1。RKCIF没有ISP功能，也不需要3A。

为了支持3A，过去的版本中增加了许多方式来支持，比如

- 提供librkisp.so库供应用程序链接
- 编写了rkisp、rkv4l2src gstreamer 插件来支持GStreamer。

但上述方式对应用来说显得麻烦且不好有效地适配已有程序，如VLC，Chrome浏览器。

在RKISP1 v0.1.5驱动及camera_engine_rkisp v2.2.0版本之后，新增了 `rkisp_3a_server` 进程，它会自动触发并且完成3A Tuning。如此一来，

- 应用程序不再需要3A库librkisp.so，而只负责数据流
- GStreamer 的v4l2src插件可直接使用，vlc等开源工具也可以直接使用，并且能得到3A正常的图像

4.1 布署rkisp_3A_server

包括Kernel的RKISP1驱动，camera_engine_rkisp，及相关启动脚本。如果已经更新到最新的Rockchip Linux SDK，那么3A默认已经集成好了。它的三个主要部分如下：

- RKISP1的驱动版本在v0.1.5或更新。版本号定义在
`kernel/drivers/media/platform/rockchip/isp1/version.h`
- camera_engine_rkisp包更新到v2.2.0以上。路径在 `external/camera_engine_rkisp`
- camera_engine_rkisp的编译脚本及自启动脚本。路径在
`buildroot/package/rockchip/camera_engine_rkisp`

由camera_engine_rkisp编译出来得到的文件如下所示：

```
/usr/bin/rkisp_3A_server
/usr/lib/librkisp.so
/usr/lib/librkisp_api.so
/usr/lib/rkisp/
    ├── ae
    │   └── librkisp_aec.so
    ├── af
    │   └── librkisp_af.so
    └── awb
        └── librkisp_awb.so

/etc/iqfiles/
/etc/init.d/S40rkisp_3A
```

其中，

- rkisp_3A_server，是一个可执行文件，负责监听并按需要启动3A调制
- librkisp.so，实现了3A的主要接口，并分别调用aec、af、awb链接库。后者没有开放源码
- iqfiles目录，存放Sensor的iq参数，xml文件
- S40rkisp_3A，是rkisp_3A_server的启动脚本，以便随开机启动

Rockchip提供Debian系统，除开机启动方式不一样外，其它逻辑是与Linux SDK相同的。

4.2 开启rkisp_3A_server log

通过声明环境变量，使能log，例如以下打开AEC log：

```
# export persist_camera_engine_log=0x40
```

将以上这一行加入到/etc/init.d/S40rkisp_3A中，log会保存到/var/log/messages。如log较多，messages文件会拆成多个文件，如/var/log/messages.0、/var/log/messages.1。用户在打包log时，记得将所有log打包。比如：

```
# tar zcvf /tmp/camera-log.tar.gz /var/log/messages*
```

可按模块开启log，说明如下，

```

bits:   31-28  27-24  23-20  19-16 15-12  11-8  7-4   3-0
module: [u]    [u]    [xcore] [ISP] [AF]   [AWB] [AEC] [NO]
        *[u] means unused now.
each module log has following ascending levels:
0: error
1: warning
2: info
3: verbose
4: debug
5: low1
6-7: unused, now the same as debug

```

特别需要注意：如果用户需要在终端启动rkisp_3A_server并开启log，因为log较多不能直接打印到慢速设备（如串口，shell默认输出）。建议将log重定向到文件中。如下所示。

```

# /etc/init.d/S40rkisp_3A stop
# export persist_camera_engine_log=0x40
# /usr/bin/rkisp_3A_server --mmedia=/dev/media0 > /tmp/log 2>&1

```

如上所示，先停止服务，设置环境变量，再手动执行命令开启rkisp_3A_server，并将log重定向到/tmp/log文件中。

4.3 xml加载加速功能

对于一些需要开机快速显示图像的产品，我们提供xml加载加速功能。通过开启宏定义

```

# make menuconfig

| | --- Rockchip BSP packages | |
| | [*] Rockchip Camera Engine for linux | |
| | [*] Rockchip Camera Engine 3A service run in booting | |
| | Specify a directory to store xml speed up bin (disabled) ---> | |
| | ( ) Rockchip Camera Engine IQ xml file | |

```

根据rootfs是否可写，选择 Specify a directory to store xml speed up bin 选项。

```

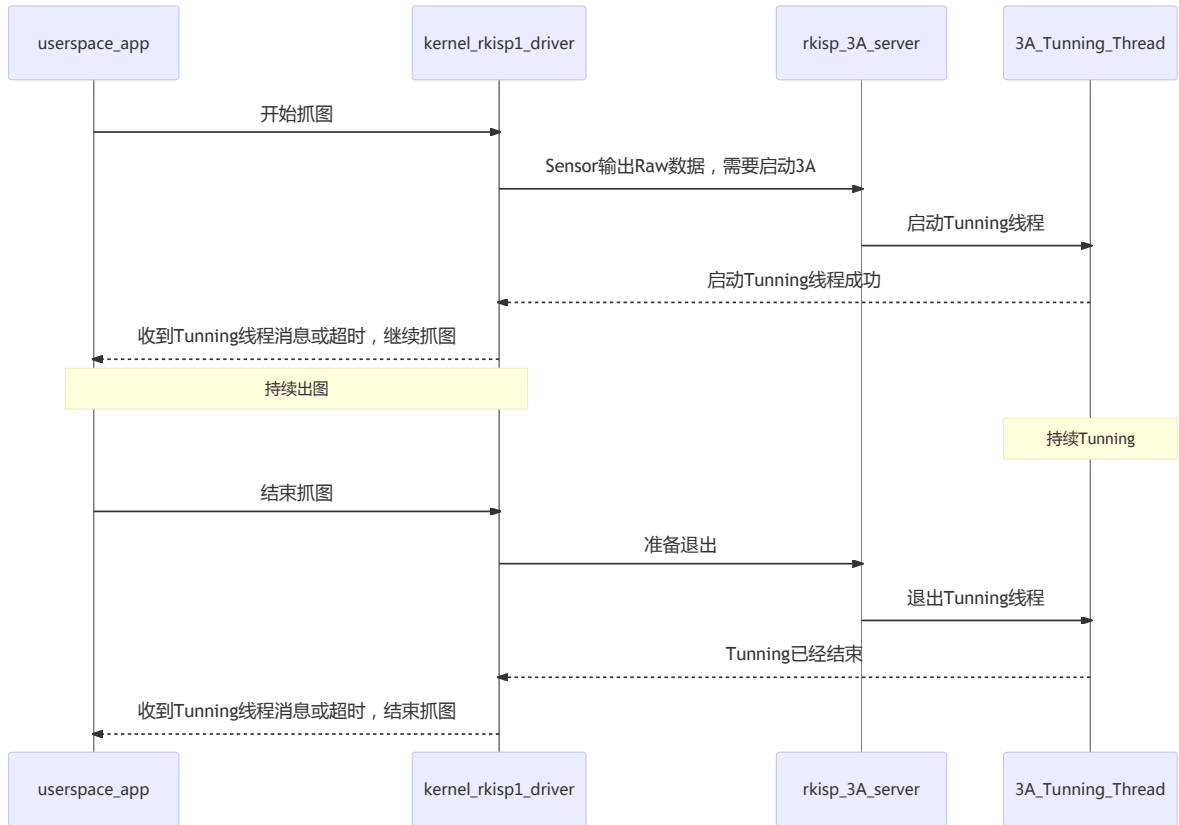
| | (X) disabled | |
| | ( ) /etc/iqfiles-db | |
| | ( ) /userdata/iqfiles-db | |

```

如果rootfs是只读的，那么只能选择 /userdata/iqfiles-db。该选项指定了一个用以存放xml bin的目录，所在的文件系统需要可写入。

4.4 rkisp_3A_server的执行时序

以下显示rkisp_3A_server的时序图。



5. 应用开发

除了直接通过v4l2-ctl、GStreamer、VLC等获取、预览图像外，用户也可以基于V4L2接口编写程序获取图像进而处理。

应用程序还可以自行链接librkisp.so库，从而获得更丰富的图片信息，比如：

- 手动控制曝光的时间(time)和增益(gain)
- 设置曝光权重，对某一区域进行点测光
- 获取亮度统计信息，如各区域的平均亮度、整个图片的直方图

- 控制最大的fps、gain以改善图像质量

以上这些功能，都需要应用程序链接librkisp.so后，才能获取到。因此需要先停止rkisp_3A_server进程，由应用程序自行完成3A的初始化、启动等。

```
# /etc/init.d/S40rkisp_3A stop
```

或者直接将S40rkisp_3A删除。

```
# rm /etc/init.d/S40rkisp_3A
```

5.1 使用librkisp_api.so接口

为了快速使用，camera_engine_rkisp提供了rkisp_api接口，编译成librkisp_api.so，可直接调用。同时也可作为一份参考。它的主要API声明在rkisp_api.h头文件。

举例一，打开并获取1920x1080大小的图像。

```
int test_capture_mmap_quick()
{
    const struct rkisp_api_ctx *ctx;
    const struct rkisp_api_buf *buf;
    int count = 10;

    ctx = rkisp_open_device("/dev/video1", 0);
    if (ctx == NULL)
        return -1;

    rkisp_set_fmt(ctx, 1920, 1080, ctx->fcc);

    if (rkisp_start_capture(ctx))
        return -1;

    do {
        buf = rkisp_get_frame(ctx, 0);

        /* Deal with the buffer */

        rkisp_put_frame(ctx, buf);
    } while (count--);

    rkisp_stop_capture(ctx);
    rkisp_close_device(ctx);

    return 0;
}
```

上述代码中，仍然需要使用rkisp_3A_server对3A调制。如果应用程序要获取更多3A相关信息，只需要在open时修改参数：

```
ctx = rkisp_open_device("/dev/video1", 1);
```

获取的buf中会包含更多统计的信息。

举例二，修改Sensor的分辨率，比如将ov5695的默认输出分辨率修改为1920x1080。

```
const struct rkisp_api_ctx *ctx;

ctx = rkisp_open_device("/dev/video1", 0);
if (ctx == NULL)
    return -1;
rkisp_set_sensor_fmt(ctx, 1920, 1080, MEDIA_BUS_FMT_SBGGR10_1X10);
```

5.2 使用DMA Buffer共享存储

在多个模块之间共享Buffer可以减少内存的拷贝，提高效率。DMA Buffer是一种具体的方法。DMA Buffer能够在Camera、RGA(图像处理模块)、DRM(显示)、MPP(编码)之间共享存储。

默认地，rkisp_api使用mmap从kernel分配内存，它可以将内存export到userspace，作为DMA Buffer供其它模块使用。相反地，它也可以接受其它模块的DMA Buffer，并在Kernel采集数据帧时直接写到目标Buffer中，从而避免一次拷贝。

举例一，使用MMAP，导出DMA Buffer给其它模块使用。

```
const struct rkisp_api_ctx *ctx;
const struct rkisp_api_buf *buf;

ctx = rkisp_open_device("/dev/video1", 0);
if (ctx == NULL || rkisp_start_capture(ctx))
    return -1;

rkisp_get_frame(ctx, 0);
printf("size: %d, dmabuf fd: %d\n", buf->size, buf->fd);
```

上例中，buf->fd即是DMA Buffer的描述符，可直接给其它模块使用。但需要注意：

- 在该buffer使用完毕前，不能够调用rkisp_put_frame()
- 在该buffer使用完毕后，也不能忘了要调用rkisp_put_frame()

举例二，使用其它模块的DMA Buffer，Kernel采集到Camera数据直接填充到目标Buffer中。

```
int test_capture_ext_dmabuf()
{
    ctx = rkisp_open_device("/dev/video1", 0);
    if (ctx == NULL)
        return -1;

    for (i = 0, ret = 0; i < buf_count; i++) {
        if (drmGetBuffer(dev.drm_fd, width, height, FORMAT, &buf[i]))
            goto out;
        dmabuf_fd[i] = buf[i].dmabuf_fd;
    }
    rkisp_set_fmt(ctx, width, height, ctx->fcc);
    rkisp_set_buf(ctx, buf_count, dmabuf_fd, buf[0].size);

    if (rkisp_start_capture(ctx))
        goto out;

    buf = rkisp_get_frame(ctx, 0);
```



```

printf("The ext buf fd is: %d\n", buf->fd);
rkisp_put_frame(ctx, buf);

rkisp_stop_capture(ctx);

out:
while (--i >= 0)
    drmPutBuffer(dev.drm_fd, &buf[i]);

rkisp_close_device(ctx);
}

```

上例中，`rkisp_set_buf()` 将DRM的DMA Buffer直接给Camera使用，Buffer通过drm接口分配出来。这里主要介绍`rkisp_api`接口的用法，其中的`drmGetBuffer()`、`drmPutBuffer()`等函数不再详细把代码贴出来。

5.3 设置区域曝光权重

在一些特殊的场景中，默认的全局曝光方式得不到最好的效果，用户可以改变测光的重点区域，提升这个区域的权重值，从而得到该区域的最佳亮度。当然此时其它区域可能过曝或偏暗。例如以下两个场景，

- 逆光下的人脸识别。在没有HDR时逆光使得人脸区域偏暗不利于识别；此时可以在检测到人脸区域后，提升该区域的权重使得人脸更加清晰
- 扫地机识别地面物体。此时图片的下半部分是应用关心的，且因物体反射差异，上下部分的亮度往往有明显的差异；此时可提升下半部分图像的测光权重

举例一，调用设置权重接口。

```

unsigned char weights[] = {
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
    1, 1, 5, 9, 15, 31, 15, 5, 1,
};
rkisp_set_expo_weights(ctx, weights, 81);

```

上例中，定义了9x9的数组，每个元素的取值范围是[1, 31]分别对应图像的81个区域，数值越大说明该区域的权重越大。

5.4 利用librkuvc.so模拟成uvc camera

Rockchip Linux SDK集成了librkuvc.so库，其源码位于`external/uvc_app`。在获取到Camera图像后，可以经librkuvc.so压缩传输给PC。

举例一，调用librkuvc.so

```

#include "uvc_control.h"
#include "uvc_video.h"

int test_uvc_mmap()
{
    const struct rkisp_api_ctx *ctx;
    const struct rkisp_api_buf *buf;
    uint32_t flags = 0;
    int extra_cnt = 0;

    ctx = rkisp_open_device("/dev/video1", 0);

    if (ctx == NULL)
        return -1;

    if (rkisp_set_fmt(ctx, 640, 480, V4L2_PIX_FMT_NV12))
        return -1;

    if (rkisp_start_capture(ctx))
        return -1;

    flags = UVC_CONTROL_LOOP_ONCE;
    uvc_control_run(flags);

    do {
        buf = rkisp_get_frame(ctx, 0);
        extra_cnt++;
        uvc_read_camera_buffer(buf->buf, buf->fd, buf->size, &extra_cnt,
sizeof(extra_cnt));

        rkisp_put_frame(ctx, buf);
    } while (1);

    uvc_control_join(flags);

    rkisp_stop_capture(ctx);
    rkisp_close_device(ctx);

    return 0;
}

```

上例中，内存由Camera驱动分配，并将DMA Buffer交给UVC编码。

```

# GCC=buildroot/output/rockchip_rk3326_64/host/bin/aarch64-buildroot-linux-gnu-
gcc
# SYSROOT=buildroot/output/rockchip_rk3326_64/staging
# ENGINE=external/camera_engine_rkisp
# $GCC --sysroot=$SYSROOT camera_uvc.c \
    -L$ENGINE/build/lib/ -lrkisp -lrkisp_api \
    -L $SYSROOT/usr/lib/ -lrkuvc \
    -I $SYSROOT/usr/include/uvc/ \
    -I./ \
    -o camera_uvc

```

编译并将camera_uvc拷贝到/usr/bin目录下，在开发板上按以下方式调用：

```
# /usr/bin/uvc_MJPEG.sh
# /usr/bin/camera_uvc
```

几个注意点:

- `uvc_MJPEG.sh`开机后只需要初始化一次即可
- 支持分辨率640x480、1280x720、1920x1080、2560x1440, 如有变更, 请查看`/usr/bin/uvc_MJPEG.sh`

硬件要求: `mpp`编码需要`buffer`的`height`需要16对齐, 否则会内存访问越界。

6. RKISP1驱动介绍

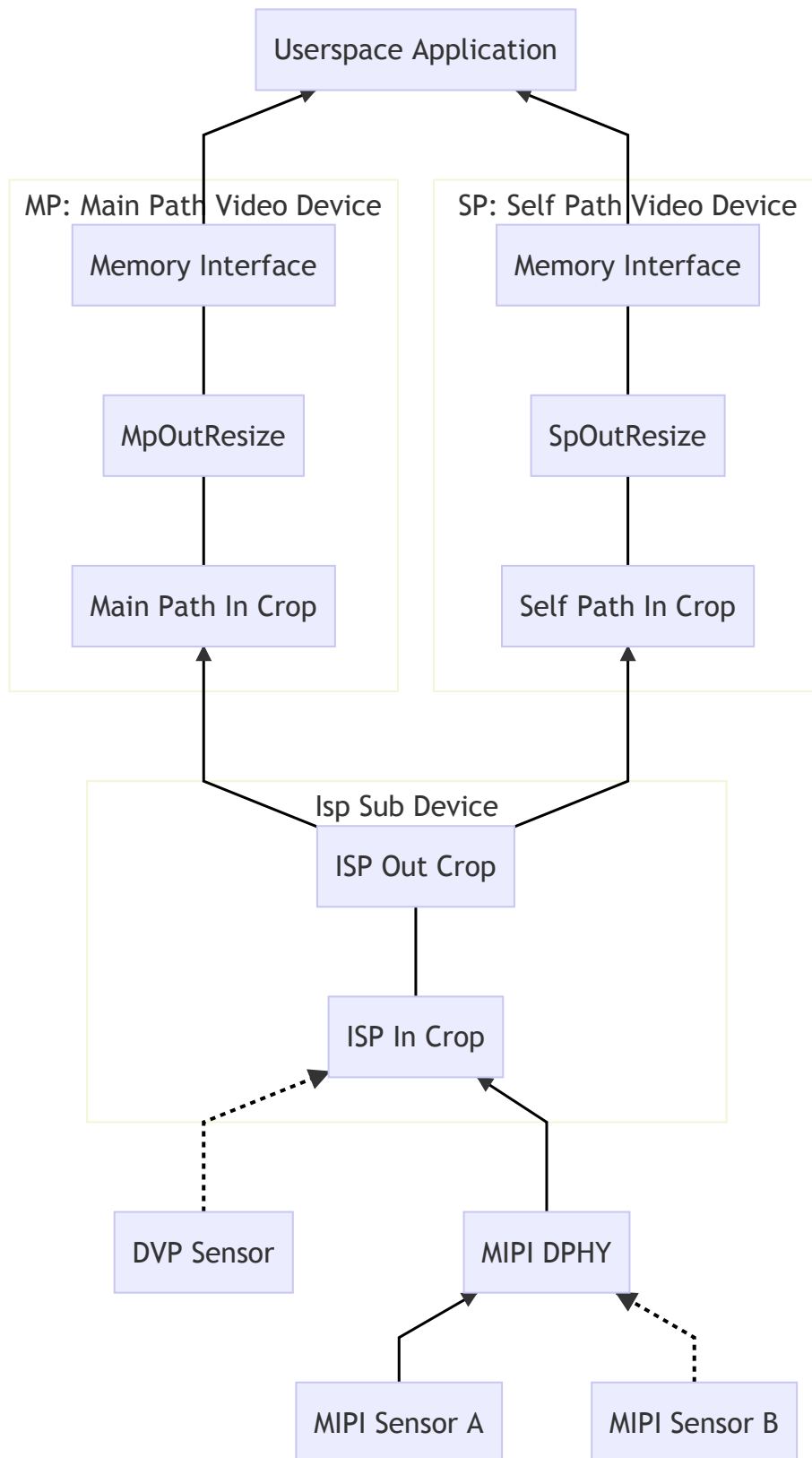
RKISP1的驱动代码位于 `drivers/media/platform/rockchip/isp1` 目录。它主要是依据 v4l2 / `media framework` 实现硬件的配置, 中断处理, 控制 `buffer` 轮转, 控制 `subdevice` (如 `mipi dphy` 及 `sensor`) 的上下电等功能。

简单介绍驱动中各个文件的内容如下。

```
# tree drivers/media/platform/rockchip/isp1/
drivers/media/platform/rockchip/isp1/
├─ capture.c      #包含 mp/sp 的配置及 vb2, 帧中断处理
├─ dev.c          #包含 probe、Sensor注册、clock、pipeline、iommu
├─ isp_params.c  #3A 相关参数设置
├─ isp_stats.c   #3A 相关统计
├─ regs.c        #寄存器相关的读写操作
├─ rkisp1.c      #对应 rkisp-isp-sd entity, 包含从mipi/dvp接收数据及crop功能
```

`Mipi Dphy`的代码则位于 `drivers/phy/rockchip/phy-rockchip-mipi-rx.c`。它也是一个v4l2 `sub-device`。

下图的各个节点是用户在开发、使用过程中比较常遇到的, 从`Sensor`到`ISP`输出的连接关系图。



如上图，RKISP1有以下一些特点，

- 可以适配MIPI或DVP接口，连接MIPI Sensor时需要 MIPI DPHY
- 可以接多个Sensor，但同时只能一个是Active
- 图像输入到 ISP 后，可以分成两路 MP 和 SP 输出。MP和SP基于同一张原图处理后，两路可以同时输出
- MP即 Main Path。可以输出全分辨率的图像,最大到 4416x3312。MP可以输出 yuv 或 raw 图，且仅 MP 可以输出 raw 图

- SP即 Self Path。最高支持 1920x1080 分辨率。SP 可以输出 yuv 或 rgb 图像，但不能输出 raw 图
- MP 和 SP 都有 crop 和 resize 功能，相互不影响

MP 与 SP 输出功能比较如下表：

输出设备	最大分辨率	支持格式	Crop/Resize
SP	1920x1080	YUV、RGB	支持
MP	4416x3312	YUV、RAW	支持

RKISP1还有其它一些节点如rkisp1-input-params、rkisp1-statistics是专门给3A调制使用的；rkisp1_rawpath和rkisp1_dmapath是特殊场景下使用，一般情况下App开发过程中使用不到。

6.1 Rkisp1 dts 的板级配置

在 RK Linux SDK 发布时，若芯片支持ISP，其dtsi中已经有定义好 rkisp1节点，如rk3288-rkisp1.dtsi 中的 isp 节点，rk3399.dtsi 中的rkisp1_0、rkisp1_1 节点。下表描述各芯片 ISP 的信息。

芯片名称	dts 节点名称	对应的mipi dphy	对应的iommu
RK3399	rkisp1_0	mipi_dphy_rx0	isp0_mmu
RK3399	rkisp1_1	mipi_dphy_tx1rx1	isp1_mmu
RK3288	rkisp1	mipi_phy_rx0 或 mipi_phy_tx1rx1	isp_mmu
PX30/RK3326	rkisp1	mipi_dphy_rx0	isp_mmu
RK1808	rkisp1	mipi_dphy_rx	isp_mmu

上表中，

- RK3399有两个isp分别对应不同的dphy和mmu
- RK3288只有一个isp，但硬件上dphy可以选择rx0或tx1rx1

在板级配置时，只需要将对应的节点分别使能，并且建立remote-endpoint链接关系即可。可参考kernel现有的配置，如 `arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3326-evb-lp3-v10-linux.dts`，将Sensor、mipi_dphy_rx0、rkisp1、isp_mmu分别使能，且设置remote-endpoint关联节点。

特别需要注意的是，对于MIPI Sensor，data-lane参数Sensor和mipi_dphy_rx0都需要正确配置同样的值。

7. RKCIF驱动介绍

TODO