

Rockchip Linux Graphics开发指南

文档标识: RK-SM-YF-345

发布版本: V1.1.1

日期: 2020-07-28

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

文档主要介绍 Rockchip Linux Graphics使用说明，旨在帮助工程师更快上手Graphics开发及相关调试方法。

读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

技术支持工程师

软件开发工程师

各芯片系统支持状态

芯片名称	Buildroot	Debian	Yocto
RK3288	Y	Y	N
RK3399	Y	Y	N
RK3399Pro	Y	Y	N

修订记录

日期	版本	作者	修改说明
2020-03-18	V1.0.0	Caesar Wang	初始版本
2020-07-03	V1.1.0	Caesar Wang	增加屏幕参数调整说明
2020-07-28	V1.1.1	Ruby Wang	一些语句描述修正

目录

Rockchip Linux Graphics开发指南

- 1. Rockchip Linux Graphics介绍
 - 1.1 概述
 - 1.2 芯片硬件模块介绍
 - 1.2.1 VOP (Video Output Processor)
 - 1.2.2 GPU (Graphics Process Unit)
 - 1.2.3 RGA (Raster Graphic Acceleration)
 - 1.3 图像软件模块介绍
 - 1.3.1 LIBDRM
 - 1.3.2 LIBMALI
 - 1.3.3 ZERO-COPY
 - 1.3.4 X11
 - 1.3.5 Wayland
 - 1.3.6 None
 - 1.3.7 QT EGLFS
 - 1.3.8 显示架构的选择
 - 1.4 双屏异显异音功能的介绍
 - 1.4.1 Debian双屏显示功能介绍
 - 1.4.1.1 系统的显示设备及设备名
 - 1.4.1.2 双屏显示模式设置
 - 1.4.2 Buildroot双屏显示功能介绍
 - 1.4.3 Debian双屏异音功能介绍
 - 1.4.4 Buildroot双屏异音功能介绍
 - 1.5 屏幕参数调整

1. Rockchip Linux Graphics介绍

1.1 概述

Rockchip Linux平台的Graphics，是应用DRM和DMA-BUF的ARM Linux平台。优势是，通用的架构，在上面客制化会很容易，可以利用很多现有组件，现有很多基础开源项目的开发，都开始基于Rockchip平台来作为ARM端的适配平台。但缺点是，很多人不是很理解这些内容，实际应用起来需要一个学习过程。更多资料可以参考Rockchip.wiki。

1.2 芯片硬件模块介绍

1.2.1 VOP (Video Output Processor)

VOP是从存储器帧缓冲区到显示设备的显示接口, 是显示单元用来显示图像（比如输入NV12,RGB的Buffer，显示到屏幕）。

VOP的一些特性：比如RK3399/RK3399PRO有VOP_LIT和VOP_BIG两个VOP，其中VOP_BIG有4个图层，VOP_LIT有2个图层。VOP_BIG最大可支持到4K（4096x2160）分辨率，VOP_LIT最大可支持到2K（2560x1600）分辨率。

1.2.2 GPU (Graphics Process Unit)

GPU提供了一个基于开放标准的完整图形加速平台，支持2D、3D和GPGPU计算，Rockchip Linux的GPU有提供OpenGL, EGL, OpenCL的API，不支持OPENGL。支持类型如下：

- OpenGL ES 3.0
- OpenGL ES 2.0
- OpenGL ES 1.1
- OpenCL 1.2
- OpenCL 1.1
- OpenCL 1.0
- DirectX 11.1
- DirectX 9

1.2.3 RGA (Raster Graphic Acceleration)

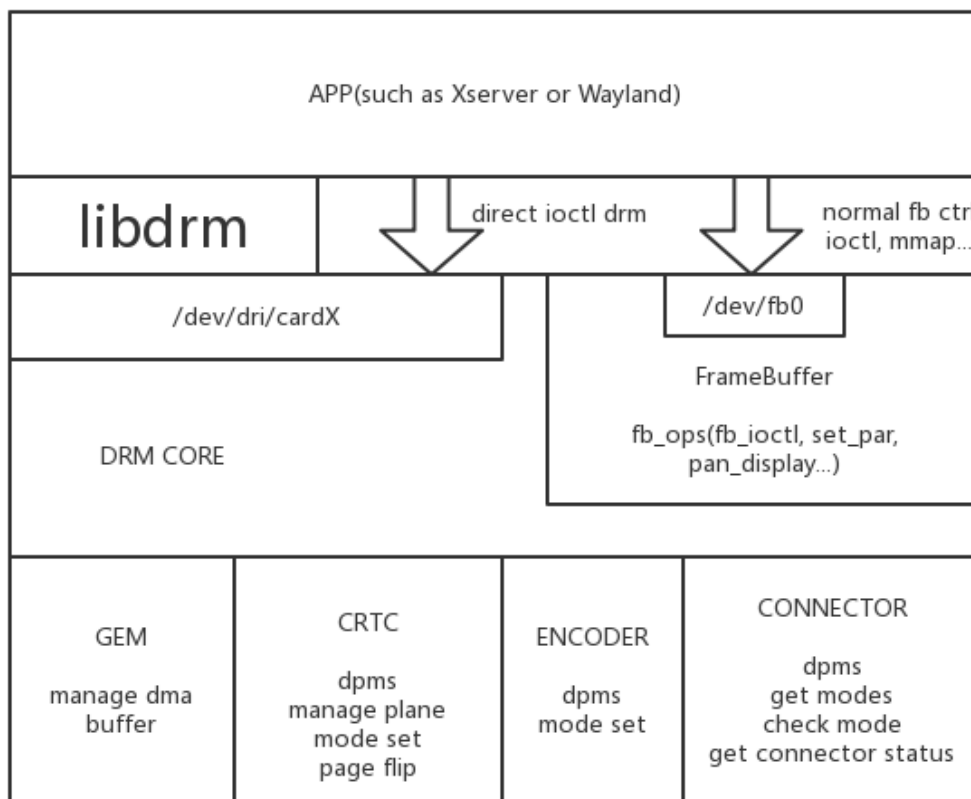
Rockchip RGA是一个独立的二维光栅图形加速单元。它加速了二维图形操作，例如点/线绘制、图像缩放、旋转、位图、图像合成等。

1.3 图像软件模块介绍

主要理解libdrm,wayland和x11(compositor), mesa和libmali,qt和gtk（application）的关系。可参考Linux_Graphics_Stack。

1.3.1 LIBDRM

LIBDRM是一个跨驱动的中间件，它允许用户空间应用（例如作为Mesa和2D驱动程序）通过DRI与内核通信协议。参考如下DRM结构图：



LIBDRM是DRM下沟通驱动和用户层的库。过去APP可能是直接使用`open(fb)`这样的方式来和图形驱动沟通，但是在现在的硬件演化下，已经不合适了。有以下一些理由：

- 有多个图层怎么办？
- 有多个屏幕怎么办？
- 怎么处理vsync的问题，怎么同步不撕裂？
- 怎么利用上dmabuf，做到memory zero-copy？

LIBDRM的存在就是用来方便用户层和驱动这些问题，提供API给X11, Wayland这样的display backend使用。如果程序比较简单，比如一个广告机循环播放视频，那是可以直接调用LIBDRM，但是不建议直接使用LIBDRM的API。原因很多：

- 首先，LIBDRM本身是一个比较新的API，而且接触者局限在相关的DRM驱动开发和Wayland/Xserver开发上。
- 另外，LIBDRM的演进比较快，比如说API还分atomic和legacy, 很多效果依赖于厂商的实现，Rockchip有修改一些core API的表现效果来辅助产品项目，所以同一个API在不同平台表现有可能完全不同。这里不是建议使用X11和Wayland，而是用我们封装好的东西。比如，广告机循环播放视频，最好是使用gstreamer，然后选kmssink显示，而不是直接调用LIBDRM的API。

DRM里有crtc, plane, connector这三个概念，可以这么理解：

- connector就是屏幕，比如一个HDMI一个connector num，一个DSI一个connector num。
- crtc表示vop，一个屏幕一般对应一个crtc。
- plane就是图层，比如视频层在plane2，UI在plane1，视频在UI上面。

DRM里API分两套，legacy和atomic。

legacy看名字就是早期的API，我们现在大部分程序也都是用legacy API。里面有几个关键的功能接口需要注意，drmModeSetCrtc包括了drmModeSetPlane和drmModePageFlip。

drmModeSetCrtc一般是用来设置UI层，同时用来设置分辨率。

drmModeSetPlane用来设置不同图层的显示，比如视频。参数分别是要显示buffer fd，要操作的图层，要显示的大小，buffer的大小。它会缩放buffer显示到屏幕上。在Rockchip平台上这个API是async的，连续调用两次，前面的就被覆盖了，此时可能需要drmwaitvblank一下。

drmmodetestplane为什么会被这么多部分调用？因为想在legacy的API上也完成多图层的显示。假设目前有图层1和图层2，图层1调用一次drmModeSetPlane，图层2也调用一次drmModeSetPlane，然后它们都等一个vsync单位的时间，如果屏幕刷新率60hz，那么最大帧数是不是只有30fps？为了解决这个问题，上游的人又开发了atomic的API。

其中atomic API的实质可以理解为一个提交包括了所有图层的更新信息。这样就不用调用两次drmModeSetPlane了，而是一次的drmModeAtomicCommit，跟上所有的参数。atomic还有一个很特殊的功能在于它可以设置plane的zpos，这样就可以自由交换overlay plane和primary plane的显示层级了。之前我们都是在kernel里hard code层级使用legacy api（kmssink），但用atomic（mpv）的时候就不需要这样做，设置zpos后，osd（primary layer）也能在video(overlay layer)上面显示了。

```
1 mainline source code:
2 git clone git://anongit.freedesktop.org/mesa/drm
3 rockchip libdrm source code:
4 git clone https://github.com/rockchip-linux/libdrm-rockchip.git
```

详情请参考以下资料：

- Rockchip wiki官网[wiki Libdrm](#)。
- [官方文档](#)。

legacy的实例

- [mpp+libdrm](#)
- [rga+libdrm](#)
- [gststreamer里的kmssink](#)

atomic的实例

- [mpv播放器](#)

当然最好还是看libdrm的文档和test程序。如果你是自己写小程序，可以把mpp+libdrm实例里的rkdrm下的文件抽出来自己用，还是挺方便的；如果只是写给rockchip平台用，就用legacy api；如果还有多个平台的需求，那就需要研究下atomic。

1.3.2 LIBMALI

综上所述，GPU是提供opengles，egl，opencl API，若想要这几个工作，就需要把LIBMALI加进rootfs里。

默认的binary在[rockchip github](#)。

命名规则： GPU型号-软件版本-硬件版本（如果有的话，比如说r1p0区分RK3288和RK3288w）-编译选项。

要注意编译选项: 不带后缀。是x11-gbm，注意GBM是配置DRM使用的memory机制，如果不是3.10的kernel，不要用fbdev。GBM是给QT EGLFS程序用的，不依赖X11,Wayland。Wayland/ Wayland-gbm给Wayland使用。

1.3.3 ZERO-COPY

用mali显示dmabuf的数据，比如说摄像头，视频，其实是可以利用dmabuf ZERO-COPY机制优化的。不然载入texture还需要CPU去拷贝。X11/Wayland有ZERO-COPY的配置，可以搜下相关的Wayland dmabuf。

1.3.4 X11

就和一般桌面平台差不多，不过X11有个GPU性能缺陷的问题。

参考链接如下：

```
1 | https://en.wikipedia.org/wiki/X.Org\_Server
2 | https://www.comptechdoc.org/os/linux/howlinuxworks/linux\_hlxwindows.html
3 | https://dri.freedesktop.org/wiki/DDX/
4 | https://www.freedesktop.org/wiki/Software/Glamor/
5 | https://en.wikipedia.org/wiki/X.Org\_Server
```

1.3.5 Wayland

建议使用Yocto/Buildroot SDK做Wayland的开发。效率上Wayland要比X11好点，主要是兼容性问题。如果不需要桌面，又要多窗口，可以尝试使用Wayland。

参考资料：

```
1 | https://en.wikipedia.org/wiki/Wayland
```

1.3.6 None

除了X11和Wayland之外，还有None，这也是嵌入式上接触比较多的。比如MiniGUI，SDL皆是如此。

若要支持到DRM和opengl的话，就只能选择QT了。

1.3.7 QT EGLFS

QT EGLFS是QT自己实现的一个GUI系统，不支持多窗口，但也因此少了window compoiste。QT EGLFS和dri2的方式类似，区别就在于，QT EGLFS的font buffer在自己用gpu compoiste后，是直接送给DRM显示，而X里是送至Window manager做compoiste，所以EGLFS在效率上是有优势的。

1.3.8 显示架构的选择

- QT+ Wayland
- QT + EGLFS
- EGL program + X11
- X11
- Wayland
- None

多窗口的功能需求,选择:

- X11
- Wayland

桌面的功能需求,选择:

- X11

4K视频播放+全屏:

- QT+ Wayland
- QT + EGLFS
- X11
- Wayland

4K视频播放+多窗口:

- X11
- QT+ Wayland
- Wayland

1.4 双屏异显异音功能的介绍

Rockchip Linux 在 Debian/Buildroot 平台上对DP/HDMI/MIPI/eDP/LVDS等显示接口可以任意组合，支持双屏同显或异显的功能。当双屏异显时，一个显示接口当主屏，另一个当副屏。同时也支持不同声卡在不同显示上播放，下面主要介绍双屏异显和双屏异声功能。

1.4.1 Debian双屏显示功能介绍

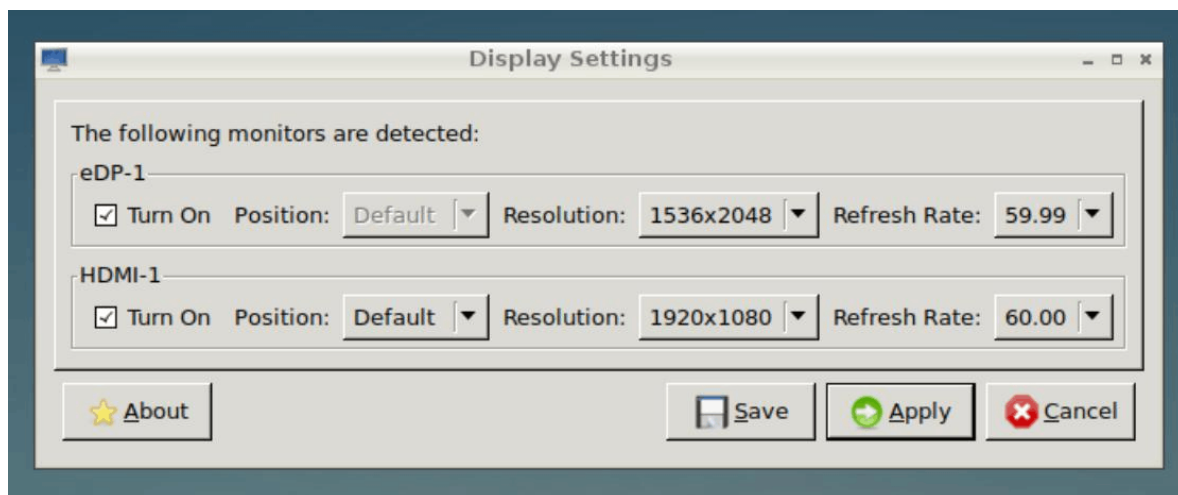
在 Debian 使用X11系统，可以使用 `xrandr` 去设置双屏同显和异显功能。

"xrandr" 是一款官方的 RandR (Resize and Rotate)Wikipedia:X Window System 扩展配置工具。它可以设置屏幕显示的大小、方向、镜像等。对多显示器的情况请参考 [Multihead](#) 页面。

1.4.1.1 系统的显示设备及设备名

支持命令行和界面下对双屏显示模式进行设置。

菜单界面：使用鼠标点击 menu->Preferences->Monitor Settings:



命令行:

```
1 | su linaro -c "DISPLAY=:0 xrandr"
```

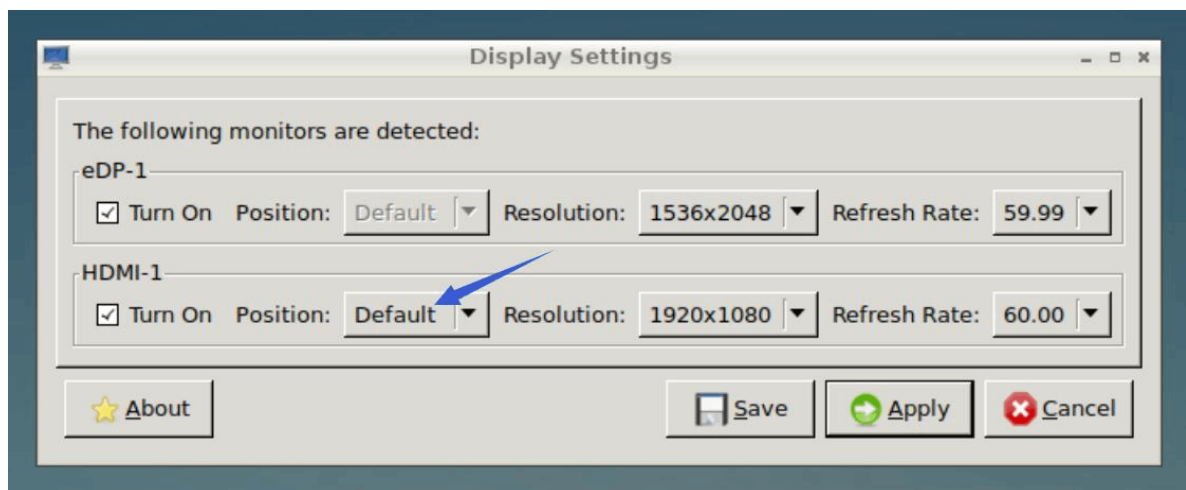
输出:

```
1 | root@linaro-alip:/# su linaro -c "DISPLAY=:0 xrandr"
2 | Screen 0: minimum 320 x 200, current 1920 x 2048, maximum 8192 x 8192
3 | eDP-1 connected primary 1536x2048+0+0 (normal left inverted right x axis y
   | axis) 0mm x 0mm
4 |    1536x2048    59.99*+
5 | HDMI-1 connected 1920x1080+0+0 (normal left inverted right x axis y axis)
   | 708mm x 398mm
6 |    1920x1080    60.00*+  50.00   59.94   30.00   24.00   29.97   23.98
7 |    1920x1080i    60.00   50.00   59.94
8 |    1280x1024    60.02
9 |    1440x900     59.90
10 |   1360x768     60.02
11 |   1280x720     60.00   50.00   59.94
12 |   1024x768     60.00
13 |    800x600     60.32
14 |    720x576     50.00
15 |    720x576i    50.00
16 |    720x480     60.00   59.94
17 |    720x480i    60.00   59.94
18 |    640x480     60.00   59.94
19 | DP-1 disconnected (normal left inverted right x axis y axis)
```

可以看到当前系统有两个显示设备，设备名分别为 HDMI-1 和 eDP-1。

1.4.1.2 双屏显示模式设置

双屏支持双屏同显，双屏异显模式。异显模式下支持 On right、Above、On left、Below 四种模式。菜单界面：在 Display Settings 中设置设备的 Position，则可以切换双屏的显示模式：



命令行:

```
1 | su linaro -c "DISPLAY=:0 xrandr --output HDMI-1 --above eDP-1"
```

其中--above 参数可以设置为 right-of, left-of, below, same-as 切换双屏的显示模式。Default/same-as 模式下为双屏同显。

1.4.2 Buildroot双屏显示功能介绍

Buildroot SDK的Weston支持多屏同异显及热拔插等功能，不同显示器屏幕的区分根据drm的name（通过Weston启动log或者/sys/class/drm/card0-<name>获取），相关配置通过环境变量设置，如：

```
1      # /etc/init.d/S50launcher
2      start)
3          ...
4          export WESTON_DRM_PRIMARY=HDMI-A-1 # 指定主显为HDMI-A-1
5          export WESTON_DRM_MIRROR=1 # 使用镜像模式（多屏同显），不设置此环境变
量即为异显
6          export WESTON_DRM_KEEP_RATIO=1 # 镜像模式下缩放保持纵横比，不设置此变
量即为强制全屏
7          export WESTON_DRM_PREFER_EXTERNAL=1 # 外置显示器连接时自动关闭内置显
示器
8          export WESTON_DRM_PREFER_EXTERNAL_DUAL=1 # 外置显示器连接时默认以第
一个外显为主显
9          weston --tty=2 -B=drm-backend.so --idle-time=0&
10         ...
```

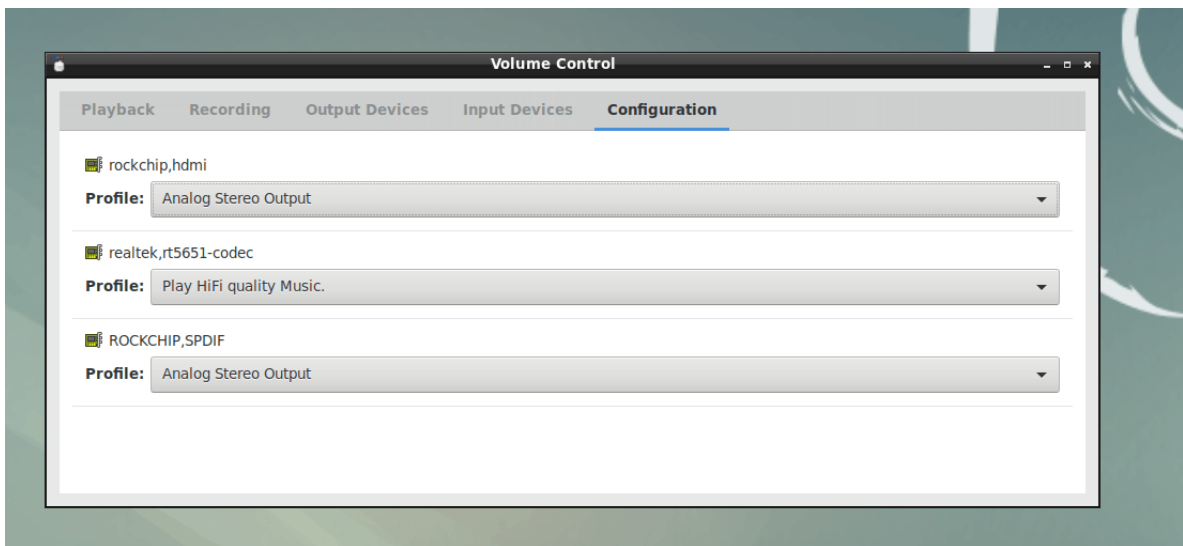
镜像模式缩放显示内容时需要依赖RGA加速。

同时也支持在weston.ini的output段单独禁用指定屏幕：

```
1      # /etc/xdg/weston/weston.ini
2
3      [output]
4      name=LVDS-1
5
6      mode=off
7      # off|current|preferred|<WIDTHxHEIGHT@RATE>
```

1.4.3 Debian双屏异音功能介绍

(1) 在Debian系统Sound&Video---->PulseAudio Volume Control，然后对应声卡进行播放，比下图：



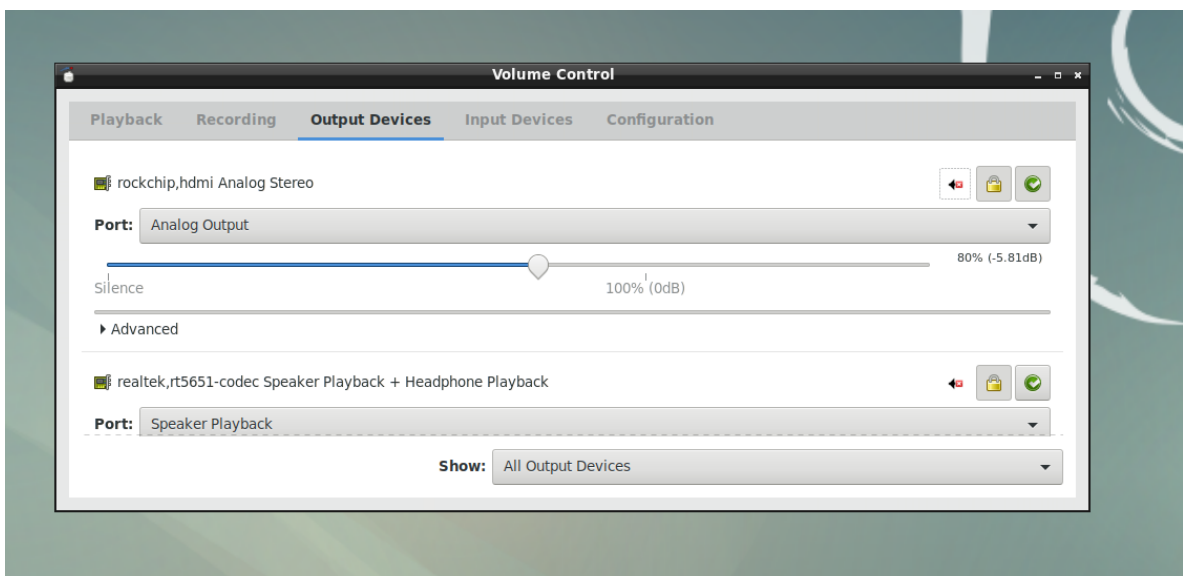
我们也可以使用 `aplay` 来确认声卡和选择声卡播放。 `aplay -l`:

```

1 root@linaro-alip:~# aplay -l
2 **** List of PLAYBACK Hardware Devices ****
3 card 0: realtekrt5651co [realtek,rt5651-codec], device 0: dailink-
   multicodecs rt5651-aif1-0 []
4   Subdevices: 0/1
5   Subdevice #0: subdevice #0
6 card 1: rockchiphdmi [rockchip,hDMI], device 0: ff8a0000.i2s-i2s-hifi i2s-
   hifi-0 []
7   Subdevices: 0/1
8   Subdevice #0: subdevice #0
9 card 2: ROCKCHIPSPDIF [ROCKCHIP,SPDIF], device 0: ff870000.spdif-dit-hifi
   dit-hifi-0 []
10  Subdevices: 0/1
11  Subdevice #0: subdevice #0
12
13 RT5651测试: aplay -D plughw:0,0 /dev/urandom
14 HDMI声卡测试: aplay -D plughw:1,0 /dev/urandom
15 SPDIF声卡测试: aplay -D plughw:2,0 /dev/urandom

```

(2) 打开一个音乐歌曲从主屏拖到副屏，然后在主屏中同样方式选择一个声卡来播放。比如下：



1.4.4 Buildroot双屏异音功能介绍

Buildroot上应用还没开发对应功能，可以在qfm/oem/piano2-CoolEdit.mp3进行播放，声卡可以通过如下命令进行切换：

```
1 RT5651: aplay -D plughw:0,0 /dev/urandom
2 HDMI声卡测试: aplay -D plughw:1,0 /dev/urandom
3 SPDIF声卡测试: aplay -D plughw:2,0 /dev/urandom
```

1.5 屏幕参数调整

在Linux平台上可以通过modetest对屏幕的色调、饱和度、对比度和亮度（hue, saturation, contrast and brightness）等参数进行调整。

需要libdrm和kernel的drm驱动去支持atomic属性。

- [libdrm](#)

```
1 331017ae06a modetest: Add option to enable atomic capabilities
```

- [Kernel](#)

```
1 3fdcc6dc0779 drm/rockchip: dsi: add support legacy api to set property
2 0de45ac60e93 drm/bridge: analogix_dp: add support legacy api to set property
3 ad0afccfcd79 drm/rockchip: lvds: add support legacy api to set property
4 1210fcf23a85 drm/rockchip: rgb: add support legacy api to set property
```

使用modetest和modetest -w选项设置 -w <obj_id>:<prop_name>: 相关属性。

比如设置EDP屏幕的色调：

modetest -M rockchip 可以获取eDP屏幕Connectors id是92。

```
1 Connectors:
2 id      encoder status      name      size (mm)      modes
3 92      91      connected    eDP-1      129x171      1      91
4 modes:
5 name refresh (Hz) hdisp hss hse htot vdisp vss vse vtot)
6 1536x2048 60 1536 1548 1564 1612 2048 2056 2060 2068 200000 flags: nhsync,
nvsync; type: preferred
7 ...
```

设置EDP屏幕的hue值为60，默认hue值是50，可以调整范围是0~100。

```
1 modetest -M rockchip -a -w 92:hue:60
```

同理可以设置lvds/hdmi/mipi等其他屏幕的色调、饱和度、对比度和亮度等参数。