Rockchip RK3399 DP 软件开发指南

文件标识：RK-KF-YF-C14

发布版本：V1.0.0

日期：2024-06-25

文件密级：□绝密 □秘密 □内部资料 ■公开

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

本文主要介绍 RK3399 DP 接口的使用和调试方法。

产品版本

芯片名称	内核版本
RK3399	Linux kernel 4.4 及以上内核

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	张玉炳	2024/06/25	初始版本

目录

1. RK3399 平台 DP 简介

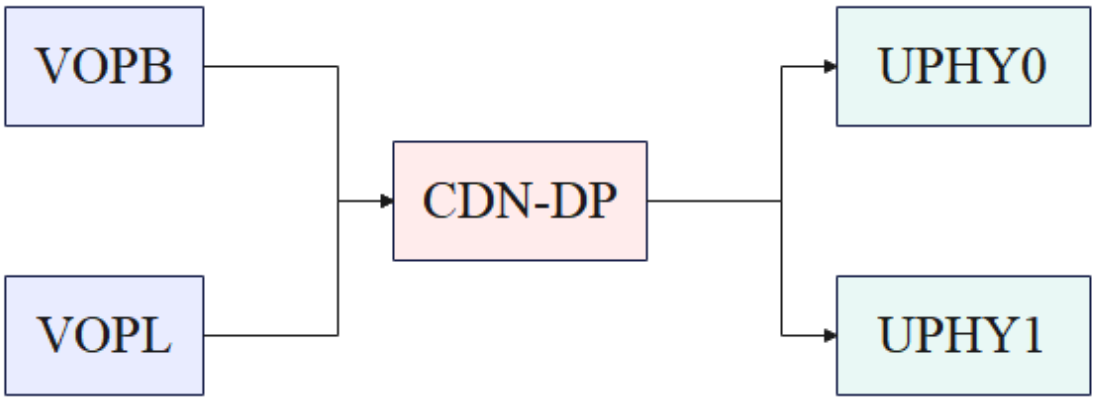
1.1 功能简介

RK3399 DP 接口功能参数如下表格：

功能	RK3399
Version	1.2
SST	Support
MST	Not Support
DSC	Not support
Max resolution	4K@60Hz
Main-Link lanes	1/2/4 lanes
Main-Link rate	5.4/2.7/1.62 Gbps/lane
AUX_CH	1 M
Color Format	RGB/YUV444/YUV422
Color Depth	8/10 bit
Type-C support	Support
I2S	Support
SPDIF	Support

1.2 DP 与 VOP 和 PHY 的连接关系

DP 与 VOP 和 PHY 的连接关系如下：



RK3399 上有两个 VOP，分别是 VOPB 和 VOPL，DP 可以选择其中一个 VOP 作为前级的输入源。当选择 VOPB 作为 DP 输入源，DP 支持的最大分辨率为 4096x2160@60Hz, 当选择 VOPL 作为 DP 输入源，DP 支持的最大分辨率为 2650x1600@60Hz。DP 后级的输出有两个 UPHY0 和 UPHY1 可以选择，但同一时间只能 UPHY0 或 UPHY1，不能同时使用。

1.3 代码路径

Kernel 驱动代码

```
# 控制器
drivers/gpu/drm/rockchip/cdn-dp-core.c
drivers/gpu/drm/rockchip/cdn-dp-core.h
drivers/gpu/drm/rockchip/cdn-dp-link-training.c
drivers/gpu/drm/rockchip/cdn-dp-reg.c
drivers/gpu/drm/rockchip/cdn-dp-reg.h
# phy
drivers/phy/rockchip/phy-rockchip-typec.c
```

参考 DTS 配置

```
arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3399-evb-ind.dtsi
```

1.4 驱动加载

RK3399 DP 内部有一个微控制器，DP 开始工作前，会先加载固件，固件存放位置为：

```
/lib/firmware/rockchip/dptx.bin
```

通过下面的 log， 判断驱动加载是否完成：

```
[    3.796582][    T9] rockchip-drm display-subsystem: bound fec00000.dp (ops
cdn_dp_component_ops)
```

2. 功能配置

DP 和 USB3.0 共用 PHY(Type-C PHY)，根据接口的不同有两种配置模式，一种是 DP Alt Mode(Type-C)，一种是 Legacy Mode(DP 标准口。

对于这两种方式，目前软件上的流程差异不大。 对于 Type-C 接口， 基于 TCPM 架构的 PD 芯片驱动会通过回调函数把 HPD 信息通知到 PHY 驱动和 DP 控制器驱动，对于 DP 标准口, 通过一个虚拟的 PD 驱动把 HPD Pin 上检测到的 HPD 信息通知到 PHY 驱动和 DP 控制器。

Type-C PHY 上的 Lane 序和 Pin 的对应关系如下：

PHY Lanes/Module Pins	**TypeC Receptacle Pins**
Lane0 (tx_p/m_ln_0)	TX1+/TX1- (pins A2/A3)
Lane1 (tx_rx_p/m_ln_1)	RX1+/RX1- (pins B11/B10)
Lane2 (tx_rx_p/m_ln_2)	RX2+/RX2- (pins A11/A10)
Lane3 (tx_p/m_ln_3)	TX2+/TX2- (pins B2/B3)

USB 和 DP lane 在 Type-C PHY 上的映射支持 DP Alt Mode 中所列的 C, D, E 等映射方式(Normal)：

PHY Lanes	**C**	**D**	**E**
0	ML2	SSTX	ML2
1	ML3	SSRX	ML3
2	ML0	ML0	ML0
3	ML1	ML1	ML1

Flip 的映射如下：

PHY Lanes	**C**	**D**	**E**
0	ML0	ML0	ML0
1	ML1	ML1	ML1
2	ML2	SSTX	ML2
3	ML3	SSRX	ML3

另外，Type-C 正反面的极性由 PHY 自身控制。

2.1 DP Alt Mode(Type-C)

以只使用 UPHY0 为例，使能 DP 接口配置如下：

```
&cdn_dp {
    status = "okay";
    phys = <&tcphy0_dp>;
};
```

指定 DP 使用的 VOP，如指定 VOPB 如下：

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

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

使能 PHY:

```
&tcphy0 {
    status = "okay";
};
```

在 Linux Kernel 5.10 及之后的内核版本，PD 芯片驱动采用 TCPM 架构，注册回调函数通知 HPD 信息。在 Linux Kernel 4.19 及之前的内核版本， PD 芯片采用 EXTCON 机制通知 HPD 信息，这两种不同的机制下 dts 和 PD 芯片相关的部分配置存在差异。

2.1.1 TCPM 架构配置

以只使用 UPHY0 为例，Type-C PHY 需要使能并配置如下内容：

```
&tcphy0 {
    status = "okay";

    /* DP related config */
    svid = <0xff01>;
    /* DP related config */

    orientation-switch;
    port {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;
        tcphy0_orientation_switch: endpoint@0 {
            reg = <0>;
            remote-endpoint = <&usbc0_orien_sw>;
        };

        /* DP related config */
        tcphy_dp_altmode_switch: endpoint@1 {
```

```
            reg = <1>;
            remote-endpoint = <&dp_mode_sw>;
        };
        /* DP related config */
    };
};
```

上述配置中：

`svid`：对 DP 来说是固定值 0xff01。

`tcphy_dp_altmode_switch`：用于匹配 PD 芯片的节点。

Type-C 接口需要通过 Type-C 的 CC 检测和 PD 协商来配置 lane 和 HPD 的状态， 所以还需要配置 PD 芯片：

```
usb_con: connector {
    compatible = "usb-c-connector";
    label = "USB-C";
    data-role = "dual";
    power-role = "dual";
    try-power-role = "sink";
    op-sink-microwatt = <1000000>;
    sink-pdos =
        <PDO_FIXED(5000, 2500, PDO_FIXED_USB_COMM)>;
    source-pdos =
        <PDO_FIXED(5000, 1500, PDO_FIXED_USB_COMM)>;

    /* DP related config */
    displayport = <&cdn_dp>;

    altmodes {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;

        altmode@0 {
            reg = <0>;
            svid = <0xff01>;
            vdo = <0xffffffff>;
        };
    };
    /* DP related config */

    ports {
        #address-cells = <1>;
        #size-cells = <0>;

        port@0 {
            reg = <0>;
            usbc0_orien_sw: endpoint {
                remote-endpoint = <&tcphy0_orientation_switch>;
            };
        };
        /* DP related config */
        port@1 {
```

```
            reg = <1>;
            dp_mode_sw: endpoint {
                remote-endpoint = <&tcphy_dp_altmode_switch>;
            };
        };
        /* DP related config */
    };
};
```

`displayport` 配置为 DP 节点。

`altmode@0` 节点中， `svid` 固定配置为 0xff01, `vdo` 固定配置为 0xffffffff。

`dp_mode_sw` 用于匹配 Type-C PHY 节点。

Note: 当前支持的 PD 芯片为 fusb302, hub311。fusb302 对应的驱动为/drivers/usb/typec/tcpm/fusb302.c, hub311 对应的驱动为/drivers/usb/typec/tcpm/tcpci_husb311.c。

2.1.2 EXTCON 机制配置

以只使用 UPHY0 为例，Type-C PHY 需要使能并配置如下内容：

```
&tcphy0 {
        extcon = <&fusb0>;
        status = "okay";
};
```

DP 控制器配置如下：

```
&cdn_dp {
        status = "okay";
        extcon = <&fusb0>;
        phys = <&tcphy0_dp>;
};
```

上述配置中:

`extcon` 为引用的 PD 芯片节点。

2.2 Legacy Mode(DP 标准口)

以只使用 UPHY0 为例，使能 DP 接口部分的配置同 Type-C 接口一致，使能 DP 接口配置如下：

```
&cdn_dp {
    status = "okay";
    phys = <&tcphy0_dp>;
};
```

指定 DP 使用的 VOP，如指定 VOPB 如下：

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

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

使能 PHY:

```
&tcphy0 {
    status = "okay";
};
```

在使用标准接口时，Linux Kernel 5.10 及之后的内核版本，使用 GPIO 中断来获取 HPD 信息。Linux Kernel 4.19 及之前的内核版本， 采用 EXTCON 机制通知 HPD 信息， 需要专门的补丁把 HPD 引脚上的信息通过回调函数或 EXTCON 机制进行通知。

2.2.1 DP Lane 映射

在 Typec Phy 接口上，PHY lane 与 Typec 引脚直接的关系如下：

PHY Lanes/Module Pins	Type-C Receptacle Pins
Lane0 (tx_p/m_ln_0)	TX1+/TX1- (pins A2/A3)
Lane1 (tx_rx_p/m_ln_1)	RX1+/RX1- (pins B11/B10)
Lane2 (tx_rx_p/m_ln_2)	RX2+/RX2- (pins A11/A10)
Lane3 (tx_p/m_ln_3)	TX2+/TX2- (pins B2/B3)

PHY Lanes 只支持固定的两种映射方式，分别是 4 lane 映射和 2 lane 映射。

其中 4 lane 映射如下：

PHY Lanes	DP lane
Lane0	ML2
Lane1	ML3
Lane2	ML0
Lane3	ML1

2 lane 映射如下：

PHY Lanes	DP lane
Lane2	ML0
Lane3	ML1

2.2.2 HPD 通知补丁

Linux Kernel 4.19 及之前的内核版本， 采用 EXTCON 机制通知 HPD 信息，需要打上如下补丁：

```
diff --git a/drivers/extcon/Kconfig b/drivers/extcon/Kconfig
index de15bf55895b..90f5c9eb956c 100644
--- a/drivers/extcon/Kconfig
+++ b/drivers/extcon/Kconfig
@@ -158,4 +158,10 @@ config EXTCON_USBC_CROS_EC
          Say Y here to enable USB Type C cable detection extcon support when
          using Chrome OS EC based USB Type-C ports.
@@ -158,4 +158,10 @@ config EXTCON_USBC_CROS_EC
          Say Y here to enable USB Type C cable detection extcon support when
          using Chrome OS EC based USB Type-C ports.

+config EXTCON_PD_VIRTUAL
+       tristate "Rockchip Virtual PD EXTCON support"
+       depends on GPIOLIB
+       help
+         Say Y here to enable Rockchip Virtual PD extcon support.
+
 endif
diff --git a/drivers/extcon/Makefile b/drivers/extcon/Makefile
index 0888fdeded72..d8dd2b8647c9 100644
--- a/drivers/extcon/Makefile
+++ b/drivers/extcon/Makefile
@@ -22,3 +22,4 @@ obj-$(CONFIG_EXTCON_RT8973A)  += extcon-rt8973a.o
 obj-$(CONFIG_EXTCON_SM5502)    += extcon-sm5502.o
 obj-$(CONFIG_EXTCON_USB_GPIO)  += extcon-usb-gpio.o
 obj-$(CONFIG_EXTCON_USBC_CROS_EC) += extcon-usbc-cros-ec.o
+obj-$(CONFIG_EXTCON_PD_VIRTUAL) += extcon-pd-virtual.o
diff --git a/drivers/extcon/extcon-pd-virtual.c b/drivers/extcon/extcon-pd-
virtual.c
new file mode 100755
index 000000000000..94095beff9ff
--- /dev/null
+++ b/drivers/extcon/extcon-pd-virtual.c
@@ -0,0 +1,578 @@
+/*
+ * Copyright (c) 2024, Fuzhou Rockchip Electronics Co., Ltd
+ *
+ * This program is free software; you can redistribute it and/or modify it
+ * under the terms and conditions of the GNU General Public License,
+ * version 2, as published by the Free Software Foundation.
+ */
+
+#include <linux/init.h>
+#include <linux/kernel.h>
+#include <linux/module.h>
+#include <linux/platform_device.h>
+#include <linux/slab.h>
+#include <linux/extcon-provider.h>
+#include <linux/gpio.h>
+#include <linux/of_gpio.h>
```

```
+#include <linux/irq.h>
+#include <linux/interrupt.h>
+#include <linux/delay.h>
+
+struct virtual_pd {
+       struct extcon_dev *extcon;
+       struct gpio_desc *gpio_vbus_5v;
+       struct gpio_desc *gpio_hdmi_5v;
+       struct gpio_desc *gpio_irq;
+       struct device *dev;
+       bool flip;
+       bool usb_ss;
+       bool enable;
+       u8 mode;
+       int irq;
+       int enable_irq;
+       int plug_state;
+       struct work_struct work;
+       struct workqueue_struct *virtual_pd_wq;
+       spinlock_t irq_lock;
+       struct delayed_work irq_work;
+       int shake_lev;
+};
+
+static const unsigned int vpd_cable[] = {
+       EXTCON_USB,
+       EXTCON_USB_HOST,
+       EXTCON_USB_VBUS_EN,
+       EXTCON_CHG_USB_SDP,
+       EXTCON_CHG_USB_CDP,
+       EXTCON_CHG_USB_DCP,
+/*
+  FIXME: There's no real pd phy, control the charging is very
+  dangerous, just rely on the BC detection. We don't use slow
+  and fast.
+*/
+       EXTCON_CHG_USB_SLOW,
+       EXTCON_CHG_USB_FAST,
+       EXTCON_DISP_DP,
+       EXTCON_NONE,
+};
+
+enum vpd_mode {
+       VPD_DFP = 0,
+       VPD_UFP,
+       VPD_DP,
+       VPD_DP_UFP,
+};
+
+static void vpd_set_vbus_enable(struct virtual_pd *vpd, bool enable)
+{
+       extcon_set_state(vpd->extcon, EXTCON_USB_VBUS_EN, enable);
+       extcon_sync(vpd->extcon, EXTCON_USB_VBUS_EN);
+       if (vpd->gpio_vbus_5v)
+               gpiod_set_raw_value(vpd->gpio_vbus_5v, enable);
+}
```

```
+
+static void vpd_extcon_notify(struct virtual_pd *vpd, bool flip, bool usb_ss,
+                              bool dfp, bool ufp, bool dp)
+{
+       union extcon_property_value property;
+
+       property.intval = flip;
+       extcon_set_property(vpd->extcon, EXTCON_USB,
+                           EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY, property);
+       extcon_set_property(vpd->extcon, EXTCON_USB_HOST,
+                           EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY, property);
+       extcon_set_property(vpd->extcon, EXTCON_DISP_DP,
+                           EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY, property);
+
+       property.intval = usb_ss;
+       extcon_set_property(vpd->extcon, EXTCON_USB,
+                           EXTCON_PROP_USB_SS, property);
+       extcon_set_property(vpd->extcon, EXTCON_USB_HOST,
+                           EXTCON_PROP_USB_SS, property);
+       extcon_set_property(vpd->extcon, EXTCON_DISP_DP,
+                           EXTCON_PROP_USB_SS, property);
+       extcon_set_state(vpd->extcon, EXTCON_USB, ufp);
+       extcon_set_state(vpd->extcon, EXTCON_USB_HOST, dfp);
+       extcon_set_state(vpd->extcon, EXTCON_DISP_DP, dp);
+       extcon_sync(vpd->extcon, EXTCON_USB);
+       extcon_sync(vpd->extcon, EXTCON_USB_HOST);
+       extcon_sync(vpd->extcon, EXTCON_DISP_DP);
+}
+
+static void vpd_extcon_notify_set(struct virtual_pd *vpd)
+{
+       bool flip = vpd->flip, usb_ss = vpd->usb_ss;
+       bool dfp = 0, ufp = 0, dp = 0;
+
+       switch (vpd->mode) {
+       case VPD_DFP:
+               dfp = 1;
+               break;
+       case VPD_DP:
+               dp = 1;
+               dfp = 1;
+               break;
+       case VPD_DP_UFP:
+               dp = 1;
+               ufp = 1;
+               break;
+       case VPD_UFP:
+               /* fall through */
+       default:
+               ufp = 1;
+               break;
+       }
+
+       vpd_set_vbus_enable(vpd, !ufp);
+       vpd_extcon_notify(vpd, flip, usb_ss, dfp, ufp, dp);
+}
```

```
+
+static void vpd_extcon_notify_clr(struct virtual_pd *vpd)
+{
+       vpd_set_vbus_enable(vpd, 0);
+       vpd_extcon_notify(vpd, vpd->flip, vpd->usb_ss, 0, 0, 0);
+}
+
+static ssize_t vpd_flip_show(struct device *dev,
+                            struct device_attribute *attr, char *buf)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       return sprintf(buf, "%d\n", vpd->flip);
+}
+
+static ssize_t vpd_flip_store(struct device *dev,
+                             struct device_attribute *attr,
+                             const char *buf, size_t count)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       if (vpd->enable)
+               goto out;
+
+       if (strncmp(buf, "1", 1) == 0)
+               vpd->flip = true;
+       else
+               vpd->flip = false;
+out:
+       return count;
+}
+static DEVICE_ATTR(flip, S_IWUSR | S_IRUSR, vpd_flip_show, vpd_flip_store);
+
+static ssize_t vpd_ss_show(struct device *dev,
+                           struct device_attribute *attr, char *buf)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       return sprintf(buf, "%d\n", vpd->usb_ss);
+}
+
+static ssize_t vpd_ss_store(struct device *dev,
+                             struct device_attribute *attr,
+                             const char *buf, size_t count)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       if (vpd->enable)
+               goto out;
+
+       if (strncmp(buf, "1", 1) == 0)
+               vpd->usb_ss = true;
+       else
+               vpd->usb_ss = false;
+out:
+       return count;
```

```
+}
+static DEVICE_ATTR(ss, S_IWUSR | S_IRUSR, vpd_ss_show, vpd_ss_store);
+
+static ssize_t vpd_mode_show(struct device *dev,
+                             struct device_attribute *attr, char *buf)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       return sprintf(buf, "%d\n", vpd->mode);
+}
+
+static ssize_t vpd_mode_store(struct device *dev,
+                              struct device_attribute *attr,
+                              const char *buf, size_t count)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       if (vpd->enable)
+               goto out;
+
+       if (strncmp(buf, "0", 1) == 0)
+               vpd->mode = VPD_DFP;
+       else if (strncmp(buf, "2", 1) == 0)
+               vpd->mode = VPD_DP;
+       else if (strncmp(buf, "3", 1) == 0)
+               vpd->mode = VPD_DP_UFP;
+       else
+               vpd->mode = VPD_UFP;
+out:
+       return count;
+}
+static DEVICE_ATTR(mode, S_IWUSR | S_IRUSR, vpd_mode_show, vpd_mode_store);
+
+static ssize_t vpd_enable_show(struct device *dev,
+                              struct device_attribute *attr, char *buf)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       return sprintf(buf, "%d\n", vpd->enable);
+}
+
+static ssize_t vpd_enable_store(struct device *dev,
+                              struct device_attribute *attr,
+                              const char *buf, size_t count)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       if (strncmp(buf, "1", 1) == 0) {
+               if (vpd->enable)
+                       goto out;
+               vpd->enable = true;
+               vpd_extcon_notify_set(vpd);
+       } else {
+               if (!vpd->enable)
+                       goto out;
+               vpd->enable = false;
```

```
+               vpd_extcon_notify_clr(vpd);
+       }
+out:
+       return count;
+}
+static DEVICE_ATTR(enable, S_IWUSR | S_IRUSR, vpd_enable_show,
vpd_enable_store);
+
+static struct attribute *vpd_attributes[] = {
+       &dev_attr_flip.attr,
+       &dev_attr_ss.attr,
+       &dev_attr_mode.attr,
+       &dev_attr_enable.attr,
+       NULL
+};
+
+static const struct attribute_group vpd_attr_group = {
+       .attrs = vpd_attributes,
+};
+
+void vpd_irq_disable(struct virtual_pd *vpd)
+{
+       unsigned long irqflags = 0;
+
+       spin_lock_irqsave(&vpd->irq_lock, irqflags);
+       if (!vpd->enable_irq) {
+               disable_irq_nosync(vpd->irq);
+               vpd->enable_irq = 1;
+       } else {
+               dev_warn(vpd->dev, "irq have already disabled\n");
+       }
+       spin_unlock_irqrestore(&vpd->irq_lock, irqflags);
+}
+
+void vpd_irq_enable(struct virtual_pd *vpd)
+{
+       unsigned long irqflags = 0;
+
+       spin_lock_irqsave(&vpd->irq_lock, irqflags);
+       if (vpd->enable_irq) {
+               enable_irq(vpd->irq);
+               vpd->enable_irq = 0;
+       }
+       spin_unlock_irqrestore(&vpd->irq_lock, irqflags);
+}
+
+static void virtual_pd_work_func(struct work_struct *work)
+{
+       struct virtual_pd *vpd;
+
+       vpd = container_of(work, struct virtual_pd, work);
+       dev_info(vpd->dev, "%s %d =====>\n",__FUNCTION__,__LINE__);
+}
+
+static void extcon_pd_delay_irq_work(struct work_struct *work)
+{
```

```
+	struct virtual_pd *vpd =
+		container_of(work, struct virtual_pd, irq_work.work);
+	int lev;
+
+	lev = gpiod_get_raw_value(vpd->gpio_irq);
+
+	if(vpd->shake_lev != lev) {
+		vpd_irq_enable(vpd);
+		return;
+	}
+
+	switch(vpd->plug_state) {
+		case 1:
+			if(lev==0) {
+				vpd->enable = false;
+				vpd_extcon_notify_clr(vpd);
+				vpd->plug_state=0;
+			}
+			break;
+		case 0:
+			if(lev==1) {
+				vpd->enable = true;
+				vpd_extcon_notify_set(vpd);
+				vpd->plug_state=1;
+			}
+			break;
+		default:
+			break;
+	}
+	vpd_irq_enable(vpd);
+}
+
+static irqreturn_t dp_det_irq_handler(int irq, void *dev_id)
+{
+	struct virtual_pd *vpd = dev_id;
+	int lev;
+
+	lev=gpiod_get_raw_value(vpd->gpio_irq);
+	vpd->shake_lev = lev;
+	schedule_delayed_work(&vpd->irq_work, msecs_to_jiffies(10));
+	vpd_irq_disable(vpd);
+	return IRQ_HANDLED;
+}
+
+static void vpd_extcon_init(struct virtual_pd *vpd)
+{
+	struct device *dev = vpd->dev;
+	u32 tmp = 0;
+	int ret = 0;
+
+	ret = device_property_read_u32(dev, "vpd,init-flip", &tmp);
+	if (ret < 0)
+		vpd->flip = 0;
+	else
+		vpd->flip = tmp;
+	dev_dbg(dev, "init-flip = %d\n", vpd->flip);
```

```
+
+       ret = device_property_read_u32(dev, "vpd,init-ss", &tmp);
+       if (ret < 0)
+               vpd->usb_ss = 0;
+       else
+               vpd->usb_ss = tmp;
+       dev_dbg(dev, "init-ss = %d\n", vpd->usb_ss);
+
+       ret = device_property_read_u32(dev, "vpd,init-mode", &tmp);
+       if (ret < 0)
+               vpd->mode = 0;
+       else
+               vpd->mode = tmp;
+       dev_dbg(dev, "init-mode = %d\n", vpd->flip);
+       if(gpiod_get_raw_value(vpd->gpio_irq)) {
+               vpd_extcon_notify_set(vpd);
+               vpd->plug_state=1;
+       }
+}
+
+static int vpd_extcon_probe(struct platform_device *pdev)
+{
+       struct virtual_pd *vpd;
+       struct device *dev = &pdev->dev;
+       int ret = 0;
+
+       dev_info(dev, "%s: %d start\n", __func__, __LINE__);
+
+       vpd = devm_kzalloc(dev, sizeof(*vpd), GFP_KERNEL);
+       if (!vpd)
+               return -ENOMEM;
+
+       vpd->dev = dev;
+       dev_set_drvdata(dev, vpd);
+       vpd->enable = 1;
+
+       vpd->extcon = devm_extcon_dev_allocate(dev, vpd_cable);
+       if (IS_ERR(vpd->extcon)) {
+               dev_err(dev, "allocat extcon failed\n");
+               return PTR_ERR(vpd->extcon);
+       }
+
+       ret = devm_extcon_dev_register(dev, vpd->extcon);
+       if (ret) {
+               dev_err(dev, "register extcon failed: %d\n", ret);
+               return ret;
+       }
+
+       vpd->gpio_vbus_5v = devm_gpiod_get_optional(dev,"vbus-5v",
+                                                   GPIOD_OUT_LOW);
+       if (IS_ERR(vpd->gpio_vbus_5v)) {
+               dev_warn(dev, "maybe miss named GPIO for vbus-5v\n");
+               vpd->gpio_vbus_5v = NULL;
+       } else
+               gpiod_set_raw_value(vpd->gpio_vbus_5v, 0);
+
```

```
+	vpd->gpio_hdmi_5v = devm_gpiod_get_optional(dev,"hdmi-5v",
+                                                    GPIOD_OUT_LOW);
+	if (IS_ERR(vpd->gpio_hdmi_5v)) {
+		dev_warn(dev, "maybe miss named GPIO for gpio_hdmi_5v\n");
+		vpd->gpio_hdmi_5v = NULL;
+	}
+
+	vpd->gpio_irq = devm_gpiod_get_optional(dev,"dp-det",
+                                                    GPIOD_OUT_LOW);
+	if (IS_ERR(vpd->gpio_irq)) {
+		dev_warn(dev, "maybe miss named GPIO for dp-det\n");
+		vpd->gpio_irq = NULL;
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_USB,
+                                             EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set USB property capability failed: %d\n", ret);
+		return ret;
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_USB_HOST,
+                                             EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set USB_HOST property capability failed: %d\n",
+			ret);
+		return ret;
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_DISP_DP,
+                                             EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set DISP_DP property capability failed: %d\n",
+			ret);
+		return ret;
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_USB,
+                                             EXTCON_PROP_USB_SS);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set USB USB_SS property capability failed: %d\n",
+			ret);
+		return ret;
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_USB_HOST,
+                                             EXTCON_PROP_USB_SS);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set USB_HOST USB_SS property capability failed: %d\n",
+			ret);
+		return ret;
```

```
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_DISP_DP,
+					     EXTCON_PROP_USB_SS);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set DISP_DP USB_SS property capability failed: %d\n",
+			ret);
+		return ret;
+	}
+
+	ret = extcon_set_property_capability(vpd->extcon, EXTCON_CHG_USB_FAST,
+					     EXTCON_PROP_USB_TYPEC_POLARITY);
+	if (ret) {
+		dev_err(dev,
+			"set USB_PD property capability failed: %d\n", ret);
+		return ret;
+	}
+
+	vpd_extcon_init(vpd);
+	INIT_DELAYED_WORK(&vpd->irq_work, extcon_pd_delay_irq_work);
+
+	vpd->irq=gpiod_to_irq(vpd->gpio_irq);
+	dev_info(dev, "%s %d =====>%d\n",__FUNCTION__,__LINE__,vpd->irq);
+	if (vpd->irq){
+		ret = devm_request_threaded_irq(dev,
+						vpd->irq,
+						NULL,
+						dp_det_irq_handler,
+						//IRQF_TRIGGER_HIGH |
IRQF_ONESHOT,
+						IRQF_TRIGGER_FALLING |
IRQF_TRIGGER_RISING |
+						IRQF_ONESHOT,
+						NULL,
+						vpd);
+	} else {
+		dev_err(dev,"gpio can not be irq !\n");
+	}
+
+	vpd->virtual_pd_wq = create_workqueue("virtual_pd_wq");
+	INIT_WORK(&vpd->work, virtual_pd_work_func);
+	ret = sysfs_create_group(&dev->kobj, &vpd_attr_group);
+	if (ret < 0)
+		dev_warn(dev, "attr group create failed\n");
+
+	dev_info(dev, "%s: %d sussess\n", __func__, __LINE__);
+
+	return 0;
+}
+
+static int vpd_extcon_remove(struct platform_device *pdev)
+{
+	return 0;
+}
+
```

```
+#ifdef CONFIG_PM_SLEEP
+static int vpd_extcon_suspend(struct device *dev)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+
+       int lev=0;
+       lev = gpiod_get_raw_value(vpd->gpio_irq);
+       cancel_delayed_work_sync(&vpd->irq_work);
+       vpd_irq_disable(vpd);
+       if (vpd->gpio_hdmi_5v)
+               gpiod_set_raw_value(vpd->gpio_hdmi_5v, 0);
+       return 0;
+}
+
+static int vpd_extcon_resume(struct device *dev)
+{
+       struct virtual_pd *vpd = dev_get_drvdata(dev);
+       if (vpd->gpio_hdmi_5v) {
+               gpiod_set_raw_value(vpd->gpio_hdmi_5v, 1);
+               msleep(800);
+       }
+       vpd_irq_enable(vpd);
+       return 0;
+}
+#endif
+
+static SIMPLE_DEV_PM_OPS(vpd_extcon_pm_ops,
+                        vpd_extcon_suspend, vpd_extcon_resume);
+
+static const struct of_device_id vpd_extcon_dt_match[] = {
+       { .compatible = "linux,extcon-pd-virtual", },
+       { /* sentinel */ }
+};
+MODULE_DEVICE_TABLE(of, usb_extcon_dt_match);
+
+static struct platform_driver vpd_extcon_driver = {
+       .probe          = vpd_extcon_probe,
+       .remove         = vpd_extcon_remove,
+       .driver         = {
+               .name   = "extcon-pd-virtual",
+               .pm     = &vpd_extcon_pm_ops,
+               .of_match_table = vpd_extcon_dt_match,
+       },
+};
+
+static int __init __vpd_extcon_init(void)
+{
+               return platform_driver_register(&vpd_extcon_driver);
+}
+
+static void __exit __vpd_extcon_exit(void)
+{
+               platform_driver_unregister(&vpd_extcon_driver);
+}
+
+module_init(__vpd_extcon_init);
```

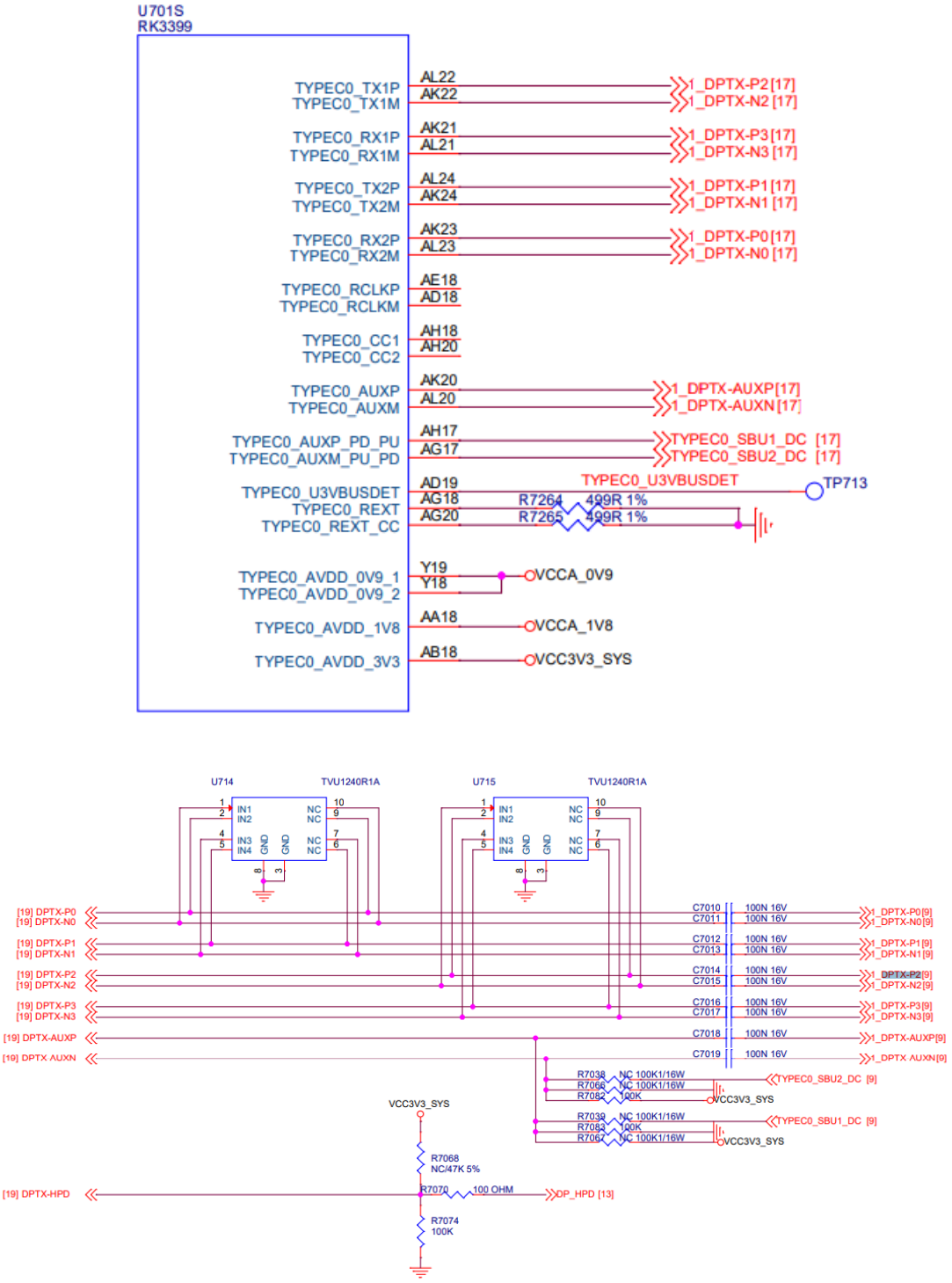
```
+module_exit(__vpd_extcon_exit);
+
+MODULE_LICENSE("GPL");
+MODULE_AUTHOR("rockchip");
+MODULE_DESCRIPTION("Virtual Typec-pd extcon driver");
```

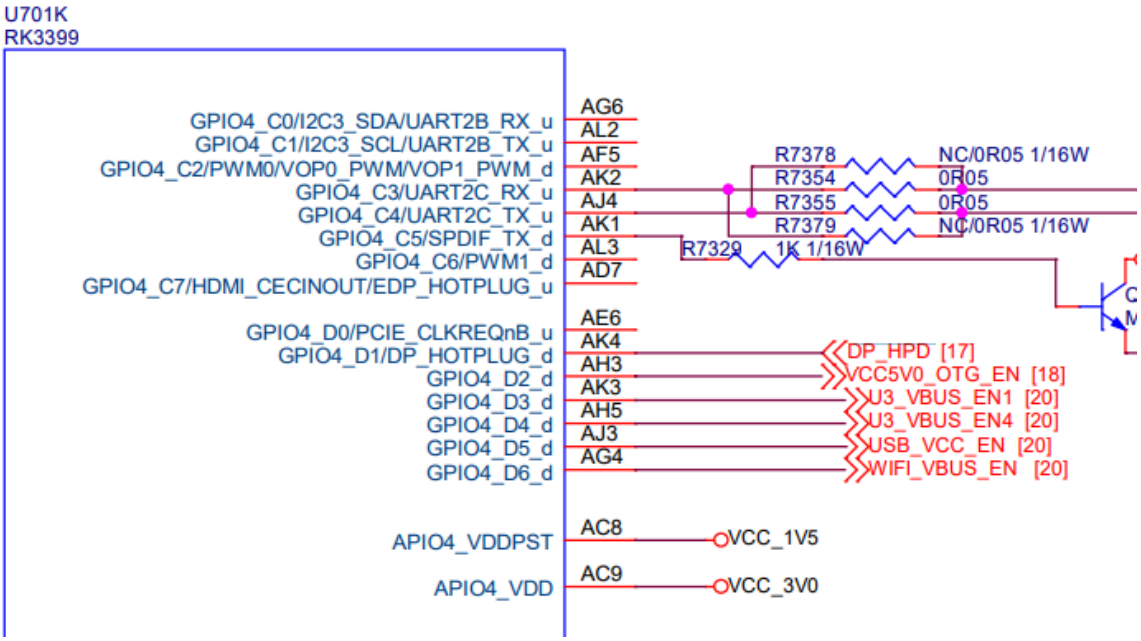
除上述补丁外，需要使能如下的编译选项：

```
CONFIG_EXTCON_PD_VIRTUAL=y
```

2.2.3 DTS 配置

以只使用 UPHY0 为例，如若硬件设计如下，DP lane 映射如下图：





2.2.3.1 Kernel 5.10 及以上版本

cdn-dp 节点配置如下：

虚拟 PD 驱动配置 dts 如下：

```
&cdn_dp {
    status = "okay";
    pinctrl-names = "default";
    pinctrl-0 = <&dp_hpd>;
    hpd-gpios = <&gpio4 RK_PD1 GPIO_ACTIVE_HIGH>;
    phys = <&tcphy0_dp>;
};

&pinctrl {
    ...
    dp {
        dp_hpd: dp-hpd {
            rockchip,pins = <4 RK_PD1 RK_FUNC_GPIO &pcfg_pull_down>;
        };
    };
    ...
};
```

phy 节点配置如下：

```
&tcphy0 {
    status = "okay";
    rockchip, dp-lane-mux = <2 3 0 1>;
}
```

如果硬件设计为 2 lane 的配置，修改 phy 节点配置如下：

```
&tcphy0 {
    status = "okay";
    rockchip, dp-lane-mux = <2 3>;
}
```

2.2.3.2 Kernel 4.19 及以下版本

虚拟的 EXTCON 驱动配置如下：

```
/ {
    vpd0: virtual-pd0 {
        compatible = "linux,extcon-pd-virtual";
        dp-det-gpios = <&gpio4 RK_PD1 GPIO_ACTIVE_HIGH>;
        /* 0: normal, 1: flip*/
        vpd,init-flip = <0>;
        /* 0: dfp, 1: ufp, 2: dp 3: dp/ufp */
        vpd,init-mode = <2>;
    };
};
```

上述配置中：

`dp-det-gpios`: 为 hpd gpio

`vpd,init-flip`: 用于配置 Type-C 是否为 flip 的 mapping, 0 为 normal 的mapping， 1 为 flip mapping

`vpd,init-mode`： 用于配置当前 PHY 的使用模式， 0, 1 为 USB only，2 为 DP only, 3 为 USB/DP 共用

DP 控制器节点配置如下：

```
&cdn_dp {
    status = "okay";
    extcon = <&vpd0>;
    phys = <&tcphy0_dp>;
};
```

如果硬件设计为 2 lane 的配置，修改虚拟的 EXTCON 驱动配置如下：

```
/ {
    vpd0: virtual-pd0 {
        compatible = "linux,extcon-pd-virtual";
        dp-det-gpios = <&gpio4 RK_PD1 GPIO_ACTIVE_HIGH>;
        /* 0: normal, 1: flip*/
        vpd,init-flip = <0>;
        /* 0: dfp, 1: ufp, 2: dp 3: dp/ufp */
        vpd,init-mode = <3>;
    };
};
```

2.3 DP 开机 logo

RK3399 不支持开机 U-Boot logo。

3. 常用 DEBUG 方法

3.1 查看 connector 状态

在 /sys/class/drm 目录下可以看到驱动注册的各个 card，在如下显示的内容汇总，card0-DP-1 和 card0-DP-2 是 DP 显示设备

```
console:/ # ls /sys/class/drm
card0  card0-DP-1  card0-HDMI-A-1  card0-eDP-1  renderD128  version
```

在 card0-DP-1 目录下有如下内容：

```
console:/ # ls /sys/class/drm/card0-DP-1/
device  dpms  edid  enabled  modes  power  status  subsystem  uevent
```

enable 查看使能状态：

```
console:/ # cat /sys/class/drm/card0-DP-1/enabled
enabled
```

status 查看连接状态：

```
console:/ # cat /sys/class/drm/card0-DP-1/status
connected
```

modes 设备支持的分辨率列表：

```
console:/ # cat /sys/class/drm/card0-DP-1/modes
2560x1440
2048x1280
2048x1152
1920x1200
2048x1080
1920x1080
1920x1080
1920x1080
1920x1080
1920x1080
1920x1080
1600x1200
1680x1050
1280x1024
1280x1024
```

```
1280x800
1152x864
1280x720
1280x720
1280x720
1024x768
1024x768
800x600
800x600
720x576
720x576
720x480
720x480
720x480
720x480
640x480
640x480
640x480
640x480
720x400
```

edid 设备的 EDID, 通过如下命令保存：

```
console:/ # cat /sys/class/drm/card0-DP-1/edid > /data/edid.bin
```

3.2 强制使能/禁用 DP

```
#强制禁用 DP
console:/ # echo off > /sys/class/drm/card0-DP-1/status
#强制使能 DP
console:/ # echo on > /sys/class/drm/card0-DP-1/status
#恢复热插拔检测
console:/ # echo detect > /sys/class/drm/card0-DP-1/status
```

3.3 DPCD 读写

DPCD 通过 AUX_CH 读写，读写节点的实现在

```
/drivers/gpu/drm/drm_dp_aux_dev.c
```

使用此功能前，先确认相关的编译选项是否已经配置：

```
CONFIG_DRM_DP_AUX_CHARDEV=y
```

读取 DPCD 如下：

```
#if 后面为 aux 节点，当注册两个 DP 接口时，会有 /dev/drm_dp_aux0 和 /dev/drm_dp_aux1
#skip 值为起始的 DPCD 寄存器地址
#count 值为要读取的 DPCD 寄存器的数量
dd if=/dev/drm_dp_aux0 bs=1 skip=$((0x00200)) count=2 status=none | od -tx1
#如下为读取地址为 0x00200 开始的 2 个 DPCD 寄存器的内容
console:/ # dd if=/dev/drm_dp_aux1 bs=1 skip=$((0x00200)) count=2 status=none |
od -tx1
0000000 01 00
0000002
```

写入 DPCD 寄存器：

```
#echo 后为要写入的值，如下为需要写入两个 16 进制的值，分别为 0x0a，0x80
#of 后面为 aux 节点，当注册两个 DP 接口时，会有 /dev/drm_dp_aux0 和 /dev/drm_dp_aux1
#seek 后为起始的 DPCD 寄存器地址
#count 值为要写入的 DPCD 寄存器的数量
#如下指令为把 0x0a 和 0x80 两个值写入 0x100 起始的两个 DPCD 寄存器处
echo -e -n "\x0a\x80" | dd of=/dev/drm_dp_aux0 bs=1 seek=$((0x100)) count=2
status=none
```

3.4 Type-C 接口 Debug

Note: 此章节内容仅使用 Linux Kernel 5.10 及以上版本。

Type-C 接口的 HPD 检测部分由 PD 芯片完成，这部分的软件流程主要由 TCPM 的框架完成，TCPM 检测这部分 log 可以由以下方式获取：

```
rk3588_s:/ # ls -l /sys/kernel/debug/usb/
total 0
-r--r--r--  1 root root 0 1970-01-01 00:00 devices
drwxr-xr-x 18 root root 0 1970-01-01 00:00 fc000000.usb
drwxr-xr-x  2 root root 0 1970-01-01 00:00 fc400000.usb
-r--r--r--  1 root root 0 1970-01-01 00:00 fusb302-2-0022
drwxr-xr-x  4 root root 0 1970-01-01 00:00 ohci
-r--r--r--  1 root root 0 1970-01-01 00:00 tcpm-2-0022
drwxr-xr-x  2 root root 0 1970-01-01 00:00 usbmon
drwxr-xr-x  2 root root 0 2021-01-01 12:00 uvcvideo
drwxr-xr-x  3 root root 0 1970-01-01 00:00 xhci
```

在 /sys/kernel/debug/usb/ 目录中，可以看到 fusb302-2-0022 和 tcpm-2-0022， 其中 fusb302-2-0022 为 PD 芯片的节点， tcpm-2-0022 为 TCPM 框架的节点， 获取 TCPM 框架的 log 命令如下：

```
cat /sys/kernel/debug/usb/tcpm-2-0022
```

Note: tcpm-2-0022, 中间的 2 为 对应的 i2c 总线，最后的 0022 为 PD 芯片对应的 i2c 地址

获取 PD 芯片的 log 如下：

```
cat /sys/kernel/debug/usb/fusb302-2-0022
```

Note: fusb302-2-0022, 中间的 2 为 对应的 i2c 总线，最后的 0022 为 PD 芯片对应的 i2c 地址, 上述节点对应 fusb302 芯片，不同芯片节点名称不一样。

除了 log 外，在 Type-C 节点下还可以获取其他的一些信息，Type-C 节点路径如下：

```
console:/ # ls /sys/class/typec
port0  port0-partner
```

port0 表示 SoC 这端的 Type-C 接口， port0-partner 表示通过 Type-C 连接设备后设备端的节点目录。

Type-C 连接的正反面信息：

```
cat /sys/class/typec/port0/orientation
reverse
```

port0-partner 下可能有多个 目录，对于 DP Alt Mode 对应的目录，其对应的目录先会有 displayport 子目录，并且 svid 的值为 0xff01。

```
ls -l /sys/class/typec/port0-partner/port0-partner.0/
total 0
-r--r--r-- 1 root root 4096 2022-04-14 14:50 active
-r--r--r-- 1 root root 4096 2022-04-14 14:50 description
drwxr-xr-x 2 root root    0 2022-04-14 14:50 displayport
lrwxrwxrwx 1 root root    0 2022-04-14 14:50 driver ->
../../../../../../../../../bus/typec/drivers/typec_displayport
-r--r--r-- 1 root root 4096 2022-04-14 14:50 mode
drwxr-xr-x 2 root root    0 2022-04-14 14:50 mode1
lrwxrwxrwx 1 root root    0 2022-04-14 14:50 port -> ../../port0.0
drwxr-xr-x 2 root root    0 2022-04-14 14:50 power
lrwxrwxrwx 1 root root    0 2022-04-14 14:50 subsystem ->
../../../../../../../../../bus/typec
-r--r--r-- 1 root root 4096 2022-04-14 14:50 svid
-rw-r--r-- 1 root root 4096 2022-04-14 14:50 uevent
-r--r--r-- 1 root root 4096 2022-04-14 14:50 vdo
```

```
cat /sys/class/typec/port0-partner/port0-partner.0/svid
ff01
```

获取当前的 pin assignment 信息：

```
cat /sys/class/typec/port0-partner/port0-partner.0/displayport/pin_assignment
C [D]
#当前连接的设备支出 C assignment 和 D assignment, 目前配置的是 D assignment
```

Note: 以上描述的是使用TCPM框架的 PD 芯片的相关信息获取，若搭配使用的 PD 芯片不是基于 TCPM 框架，请同 PD 芯片 vendor 确认相关信息。

3.5 查看 VOP 状态

查看 VOP 状态命令如下：

```
console:/ # cat /sys/kernel/debug/dri/0/summary
```

在 3399 上接 DP 显示 cat 结果如下：

```
console:/ # cat /sys/kernel/debug/dri/0/summary
VOP [ff8f0000.vop]: ACTIVE
    Connector: DP-1
        bus_format[0]: Unknown
        overlay_mode[0] output_mode[0] color_space[0]
    Display mode: 2560x1440p60
        clk[241500] real_clk[241500] type[40] flag[9]
        H: 2560 2608 2640 2720
        V: 1440 1443 1448 1481
    win0-0: DISABLED
    win2-0: ACTIVE
        format: AB24 little-endian (0x34324241) SDR[0] color_space[0]
        csc: y2r[0] r2r[0] r2y[0] csc mode[0]
        zpos: 0
        src: pos[0x0] rect[2560x1440]
        dst: pos[0x0] rect[2560x1440]
        buf[0]: addr: 0x00000000f9228000 pitch: 10240 offset: 0
    win2-1: DISABLED
    win2-2: DISABLED
    win2-3: DISABLED
    post: sdr2hdr[0] hdr2sdr[0]
    pre : sdr2hdr[0]
    post CSC: r2y[0] y2r[0] CSC mode[1]
VOP [ff900000.vop]: DISABLED
```

`VOP [ff8f0000.vop]: ACTIVE` 中， `ff8f0000.vop` 为 VOPL, `ACTIVE` 表示当前 VOP 已使能。

`VOP [ff900000.vop]: DISABLED` 中，`ff900000.vop` 为 VOPB, `DISABLED` 表示当前 VOP 已关闭。

`Connector: DP-1` 为接口信息。

`Display mode: 2560x1440p60` 为当前输出分辨率信息

`winx-x: DISABLED/ACTIVE` 为图层信息

3.6 调整 DRM log 等级

DRM 有如下的打印等级定义，可以根据需要，动态的打开对应的 log 打印：

```
enum drm_debug_category {
        DRM_UT_CORE             = 0x01,
        DRM_UT_DRIVER           = 0x02,
        DRM_UT_KMS              = 0x04,
        DRM_UT_PRIME            = 0x08,
        DRM_UT_ATOMIC           = 0x10,
        DRM_UT_VBL              = 0x20,
        DRM_UT_STATE            = 0x40,
        DRM_UT_LEASE            = 0x80,
        DRM_UT_DP               = 0x100,

        DRM_UT_DRMRES           = 0x200,
};
```

DP 接口排查问题时，commit 异常的问题，目前比较多的是打开 ATOMIC，如下：

```
echo 0x10 > /sys/module/drm/parameters/debug
```

如果要打印 DPCD 的读写 log， 输入如下命令：

```
echo 0x100 > /sys/module/drm/parameters/debug
```

4. PHY 信号调整

UPHY0 和 UPHY1 的寄存器基地址如下：

```
UPHY0 BASE: 0xff7c0000
UPHY1 BASE: 0xff800000
```

4.1 电压幅值寄存器

电压幅值寄存器为 TX_TXCC_MGNFS_MULT_000，各 lane 对应的寄存器偏移：

```
lane0: 0x10140[7:0]
lane1: 0x10940[7:0]
lane2: 0x11140[7:0]
lane3: 0x11040[7:0]
```

寄存器调整范围：0x00 ~ 0x36， 寄存器值设置越大，幅值越小，寄存器值越小，幅值越大。

以 UPHY0 Lane0 为例，配置最大幅值：

```
io -4 0xff7d0140 0x00
```

配置最小值：

```
io -4 0xff7d0140 0x36
```

4.2 加重寄存器

加重寄存器为 TX_TXCC_CPOST_MULT_00， 各 lane 对应的寄存器偏移：

```
lane0: 0x10130[7:0]
lane1: 0x10930[7:0]
lane2: 0x11130[7:0]
lane3: 0x11930[7:0]
```

寄存器调整范围：0x00 ~ 0xff， 寄存器值设置越大，加重幅度越大，寄存器值越小，加重幅度越大。

以 UPHY0 Lane0 为例，配置最大加重幅度：

```
io -4 0xff7d0140 0xff
```

配置最小加重幅度：

```
io -4 0xff7d0140 0x00
```

4.3 boost 寄存器

boost 寄存器为 TX_DIAG_TX_DRV，各 lane 对应的寄存器偏移：

```
lane0: 0x10784[10:8]
lane1: 0x10f84[10:8]
lane2: 0x11784[10:8]
lane3: 0x11f84[10:8]
其中 bit[10] 为使能位， bit[9:8] 为配置的值
```

开启 boost 功能时，寄存器值配置越大，加重幅值越大， 寄存器值配置越小，加重幅度越小。

以 UPHY0 Lane0 为例，关闭 boost 功能：

```
io -4 0xff7d0784 0x000
```

以 UPHY0 Lane0 为例，开启 boost, 可配置的值如下：

```
io -4 0xff7d0784 0x400
io -4 0xff7d0784 0x500
io -4 0xff7d0784 0x600
io -4 0xff7d0784 0x700
```

4.4 scale 寄存器

scale 寄存器为 TX_TXCC_CAL_SCLR_MULT， 各 lane 对应的寄存器偏移：

```
lane0: 0x1011c[8:0]
lane1: 0x1091c[8:0]
lane2: 0x1111c[8:0]
lane3: 0x1191c[8:0]
其中 bit[8] 为方向位， bit[7:0] 为配置的值
```

当`bit[8]=1`, 寄存器值配置越大，表示对电压幅值的增强作用越大，配置的范围为 0x100 ~ 0x13c。

以 UPHY0 Lane0 为例， 幅值增强最大配置：

```
io -4 0xff7d011c 0x13c
```

幅值增强最小配置：

```
io -4 0xff7d011c 0x100
```

当`bit[8]=0`, 寄存器值配置越大，表示对电压幅值的减弱作用越大，配置的范围为 0x00 ~ 0x3c。

以 UPHY0 Lane0 为例， 幅值减弱最大配置：

```
io -4 0xff7d011c 0x3c
```

幅值减弱最小配置：

```
io -4 0xff7d011c 0x00
```

4.5 调试方法

当默认配置不满足要求时，优先调整电压幅值寄存器和预加重寄存器。

当调整电压幅值寄存器不能满足电压幅值要求时，再去调整 scale 寄存器。

当调整预加重寄存器不能满足加重幅度要求时，再去调整 boost 寄存器。

Note: RK3399 支持自动化信号测试，如有测试需求，请找 FAE 提供相关补丁支持。

4.6 代码配置

默认的寄存器配置在`drivers/phy/rockchip/phy-rockchip-typec.c`中。

电压幅值寄存器和加重寄存器如下：

```
static const struct phy_config tcphy_default_config[3][4] = {
        {{ .swing = 0x2a, .pe = 0x00 },
         { .swing = 0x1f, .pe = 0x15 },
         { .swing = 0x14, .pe = 0x22 },
```

```
          { .swing = 0x02, .pe = 0x2b } },

        {{ .swing = 0x21, .pe = 0x00 },
          { .swing = 0x12, .pe = 0x15 },
          { .swing = 0x02, .pe = 0x22 },
          { .swing = 0,    .pe = 0 } },

        {{ .swing = 0x15, .pe = 0x00 },
          { .swing = 0x00, .pe = 0x15 },
          { .swing = 0,    .pe = 0 },
          { .swing = 0,    .pe = 0 } },
};
```

数组的的行对应 swing level, 数组的列对应 pre-emphasis level, 例如 swing level = 0, pre-emphasis level = 1 对应的数据元素为 tcphy_default_config[0][1]。

boost 寄存器和 scale 寄存器默认配置在`rockchip_dp_phy_set_voltages`函数中，如下：

```
if (dp->voltage[lane] == 2 && dp->pre[lane] == 0 && dp->link_rate != 540000) {
    writel(0x700, tcphy->base + TX_DIAG_TX_DRV(lane));
    writel(0x13c, tcphy->base + TX_TXCC_CAL_SCLR_MULT(lane));
} else {
    writel(0x128, tcphy->base + TX_TXCC_CAL_SCLR_MULT(lane));
    writel(0x0400, tcphy->base + TX_DIAG_TX_DRV(lane));
 }
```

Note: RBR, HBR 和 HBR2 速率下在 swing level = 2, pre-emphasis level = 0 下， boost 寄存器和 scale 寄存器的默认配置存在差异。

5. FAQ

5.1 I2C-over-AUX 支持

I2C-over-AUX 只能支持读取 EDID，不支持 MCCS 等其他功能。