

UART开发指南

发布版本：1.1

作者邮箱：hbb@rock-chips.com

日期：2019.01

文件密级：公开资料

前言

概述

产品版本

| 芯片名称 | 内核版本 |
|-------------------------|-----------|
| 全部采用 linux4.4 内核的 RK 芯片 | Linux4.4 |
| 全部采用 linux4.19内核的 RK 芯片 | Linux4.19 |

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 |
|------------|------|-----|-------------|
| 2017-12-21 | V1.0 | 洪慧斌 | 初始发布 |
| 2019-02-14 | V1.1 | 洪慧斌 | 更新版本 |
| 2019-11-13 | V1.2 | 洪慧斌 | 支持Linux4.19 |

UART开发指南

1 Rockchip UART 功能特点

2 内核软件

2.1 代码路径

2.2 内核配置

2.3 使能串口设备

2.3.1 使能 uart0

2.3.2 驱动设备注册 log

2.3.3 串口设备

2.4 DTS 节点配置

2.4.1 pinctrl 配置

2.4.2 关于 DMA 的使用

2.4.3 波特率配置说明

2.4.4 串口唤醒系统

3 Linux 串口打印

- 3.1 FIQ debugger, ttyFIQ0 设备作为 console
 - 3.1.1 DTS 使能 fiq_debugger 节点，禁止对应 uart 节点
 - 3.1.2 使能 early printk 功能
 - 3.1.3 安卓 parameter.txt 配置 console 设备
- 3.2 ttySx 设备作为 console
 - 3.2.1 uart2 作为 console
 - 3.2.2 使能 early printk 功能
 - 3.2.3 安卓 parameter.txt 配置 console 设备
- 3.3 关掉串口打印功能
 - 3.3.1 去掉或禁止 3.1 或 3.2 的所有配置
 - 3.3.2 去掉 8250 驱动 console 的配置
 - 3.3.3 安卓去掉 recovery 对 console 的使用，否则恢复出场设置的时候会卡住
- 4 调试串口设备

1 Rockchip UART 功能特点

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)，以下是 linux 4.4 uart 驱动支持的一些特性：

- 最高支持 4M 波特率
- 部分串口支持硬件自动流控，部分不支持，详细参看数据手册
- 支持中断传输模式和 DMA 传输模式

2 内核软件

2.1 代码路径

采用的是 8250 通用驱动，类型是 16550A

| | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| drivers/tty/serial/8250/8250_core.c | |
| drivers/tty/serial/8250/8250_dma.c | dma实现 |
| drivers/tty/serial/8250/8250_dw.c | design ware ip相关操作 |
| drivers/tty/serial/8250/8250_early.c | early console实现 |
| drivers/tty/serial/8250/8250_fsl.c | |
| drivers/tty/serial/8250/8250.c | |
| drivers/tty/serial/8250/8250_port.c | 端口相关的接口 |
| drivers/tty/serial/earlycon.c | 解析命令行参数，并提供注册early con接口 |

2.2 内核配置

```

Device Drivers --->
  Character devices --->
    Serial drivers --->
      [*] 8250/16550 and compatible serial support
      [ ] Support 8250_core.* kernel options (DEPRECATED)
      [*] Console on 8250/16550 and compatible serial port      8250串口开
启console功能
      [ ] DMA support for 16550 compatible UART controllers
      (5) Maximum number of 8250/16550 serial ports      一般
填最大串口数
      (5) Number of 8250/16550 serial ports to register at runtime      一般
填最大串口数
      [ ] Extended 8250/16550 serial driver options
      [*] Support for Synopsys DesignWare 8250 quirks

```

2.3 使能串口设备

2.3.1 使能 uart0

在板级 DTS 文件里添加以下代码：

```

&uart0 {
    status = "okay";
};

```

2.3.2 驱动设备注册 log

```

[0.464875] Serial: 8250/16550 driver, 5 ports, IRQ sharing disabled
[0.466561] ff180000.serial: ttyS0 at MMIO 0xff180000 (irq = 36, base_baud =
1500000) is a 16550A
[0.467112] ff1a0000.serial: ttyS2 at MMIO 0xff1a0000 (irq = 37, base_baud =
1500000) is a 16550A
[0.467702] ff370000.serial: ttyS4 at MMIO 0xff370000 (irq = 40, base_baud =
1500000) is a 16550A

```

设备正常注册就是以上 log，如果 pinctrl 跟其他驱动有冲突的话，会报 pinctrl 配置失败的 log。

2.3.3 串口设备

旧的驱动起来后会先注册 5 个 ttySx 设备。但如果没有经过 2.3.1 使能的串口，虽然也有设备节点，但是不能操作的。

```

1|root@android:/ # ls /dev/tty
ttyS0  ttyS1  ttyS2  ttyS3  ttyS4

```

如果内核包含以下补丁，则串口驱动只会生成 dts 有使能的串口。

```

commit a997ba744c6b001b8a8033aaacc65d6f4ce849a2
Author: Huibin Hong <huibin.hong@rock-chips.com>
Date: Mon Nov 5 15:56:03 2018 +0800

    serial: 8250: add /dev/ttySx when uart is enable

before the patch:

```

```
ls /dev/ttyS
ttyS0 ttyS1 ttyS2 ttyS3 ttyS4 ttyS5 ttyS6 ttyS7

after the patch:
ls /dev/ttyS
ttyS3 ttyS4 ttyS6

Change-Id: I844523408751cb579bbfb50fafb7923d5c2cafd
Signed-off-by: Huibin Hong <huibin.hong@rock-chips.com>
```

驱动会根据 alias，来对应串口编号，如下：serial0 最终会生成 ttyS0，serial3 会生成 ttyS3 设备。

```
aliases {
    serial0 = &uart0;
    serial1 = &uart1;
    serial2 = &uart2;
    serial3 = &uart3;
    serial4 = &uart4;
};
```

2.4 DTS 节点配置

以 uart0 DTS 节点为例：

dtsi 文件里：

```
uart0: serial@ff180000 {
    compatible = "rockchip,rk3399-uart", "snps,dw-apb-uart";
    reg = <0x0 0xff180000 0x0 0x100>;
    clocks = <&cru SCLK_UART0>, <&cru PCLK_UART0>;
    clock-names = "baudclk", "apb_pclk";
    interrupts = <GIC_SPI 99 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH 0>;
    reg-shift = <2>;
    reg-io-width = <4>;
    dmas = <&dmac_peri 0>, <&dmac_peri 1>;
    dma-names = "tx", "rx";
    pinctrl-names = "default";
    pinctrl-0 = <&uart0xfer &uart0cts &uart0_rts>;
    status = "disabled";
};
```

板级 dts 文件添加：

```
&uart0 {
    status = "okay";
};
```

2.4.1 pinctrl 配置

有时一个串口有多组 IOMUX 配置，需要根据实际使用配置

```
pinctrl-names = "default";
pinctrl-0 = <&uart0xfer &uart0cts &uart0_rts>;
```

其中 `uart0_cts` 和 `uart0_rts` 是硬件流控脚，这只代表引脚有配置为相应的功能脚，并不代表使能硬件流控。使能硬件流控需要从运用层设置下来。**需要注意的是，如果使能流控，`uart0_cts` 和 `uart0_rts` 必须同时配上。如果不需要流控，可以把 `uart0_cts` 和 `uart0_rts` 去掉。**

2.4.2 关于 DMA 的使用

和中断传输模式相比，使用 DMA 并不一定能提高传输速度，相反可能略降低传输速度。因为现在 CPU 的性能都很高，传输瓶颈在外设，而且启动 DMA 还会消耗额外的资源。但整体上看中断模式会占用更多的 CPU 资源。只有传输数据量很大时，DMA 的使用对 CPU 负载的减轻效果才会比较明显。

- 关于 DMA 使用的几点建议：
 - 如果外接的设备传输数据量不大，请使用默认的中断模式。
 - 如果外接的设备传输数据量较大，可以使用 DMA。
 - 如果串口没接自动流控脚，可以使用 DMA 作为 FIFO 缓冲，防止数据丢失
- 需要使用 DMA 时需要以下配置，如果没有需要自己手动添加：
 - `dma-names = "tx", "rx";` 使能 DMA 发送和接收
 - `dma-names = "!tx", "!rx";` 禁止 DMA 发送和接收
 - `dmass = <&dmac_peri 0>, <&dmac_peri 1>;` 这里的 0 和 1 是外设和 DMAC 连接的通道号，DMAC 通过这个号来识别外设。通过手册查找 Req number，如下图

Table 12-2 DMAC1 Request Mapping Table

| Req number | Source | Polarity |
|------------|----------|------------|
| 0 | UART0 tx | High level |
| 1 | UART0 rx | High level |
| 2 | UART1 tx | High level |
| 3 | UART1 rx | High level |
| 4 | UART2 tx | High level |
| 5 | UART2 rx | High level |

`&dmac_peri` 要根据手册确认外设属于哪个 DMAC，来选择，一般 DMAC1 是 `dmac_peri`，DMAC0 是 `dmac_bus`。

如下：

```
amba {
    compatible = "arm,amba-bus";
    #address-cells = <2>;
    #size-cells = <2>;
    ranges;

    dmam_bus: dma-controller@fff6d0000 {
        compatible = "arm,p1330", "arm,primecell";
        reg = <0x0 fff6d0000 0x0 0x4000>;
        interrupts = <GIC_SPI 5 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH 0>,
                    <GIC_SPI 6 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH 0>;
        #dma-cells = <1>;
        clocks = <&cru ACLK_DMAM0_PERILP>;
        clock-names = "apb_pclk";
        peripherals-req-type-burst;
```

```
};

dmac_peri: dma-controller@ff6e0000 {
    compatible = "arm,pl330", "arm,primecell";
    reg = <0x0 0xff6e0000 0x0 0x4000>;
    interrupts = <GIC_SPI 7 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH 0>,
                <GIC_SPI 8 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH 0>;
    #dma-cells = <1>;
    clocks = <&cru ACLK_DMACH1_PERILP>;
    clock-names = "apb_pclk";
    peripherals-req-type-burst;
};

};
```

注意：

有些不需要使用 DMA 的场景，也可以考虑收发都关闭 DMA，如下

```
dma-names = "!tx", "!rx";
```

会有以下 log：

```
[54696.575402] ttyS0 - failed to request DMA, use interrupt mode
```

由于 DMA 通道资源有限，在通道资源紧张的情况下，可以考虑关掉 TX 的 DMA 传输，如下

```
dma-names = "!tx", "rx";
```

会有以下 log：

```
[ 498.889713] dw-apb-uart ff0a0000.serial: got rx dma channels only
```

2.4.3 波特率配置说明

波特率=时钟源/16/DIV。（DIV 是分频系数）

目前的代码会根据波特率大小来设置时钟，一般 1.5M 以下的波特率都可以分出来。1.5M 以上的波特率，可能会经过小数分频或整数分频。如果以上都分不出来，则需要修改 PLL。但修改 PLL 有风险，会影响其他模块。可以通过 redmine 提需求。

如果在操作串口的时候出现以下 log，需要通过打印时钟树来确定串口的时钟设置是否正确。

```
[54131.273012] rockchip_fractional_approximation parent_rate(676000000) is low
than
rate(48000000)*20, fractional div is not allowed
```

注意以下命令必须在串口打开的时候打，否则 clk 可能不准。本次例子串口设置的是 3M 的波特率，从以下 log 可以看出，串口走的是 clk_uart4_pmu 整数分频，由 676M PLL 分出来接近 48M 的 clk（48M 根据上面的公式，是分出 3M 波特率的最小时钟）。这虽然有误差，但在允许范围内，这个误差的大小驱动里设定为正负 2%。

```

root@android:/ # cat /sys/kernel/debug/clk/clk_summary | grep uart
clk_uart4_src          1          1  676000000          0
0
clk_uart4_div          1          1  48285715          0
0
clk_uart4_pmu          1          1  48285715          0
0
clk_uart4_frac         0          0   285257          0
0
pclk_uart4_pmu         1          1  48285715          0
0

```

2.4.4 串口唤醒系统

内核需要打补丁，对应的 SOC 的 trust firmware 也可能需要修改，这块需要咨询维护 trust firmware 的人员。

```

&uart0 {
    wakeup-source;      使能串口唤醒功能，作用是待机时不去关闭串口，并把串口中断设置为唤醒源
    status = "okay";
};

```

3 Linux 串口打印

3.1 FIQ debugger, ttyFIQ0 设备作为 console

3.1.1 DTS 使能 fiq_debugger 节点，禁止对应 uart 节点

```

fiq_debugger: fiq-debugger {
    compatible = "rockchip,fiq-debugger";
    rockchip,serial-id = <2>; /*设置串口id, 如果想换不同的串口就改这个ID*/
    rockchip,wake-irq = <0>;
    rockchip,irq-mode-enable = <0>; /* If 1, uart uses irq instead of fiq */
    /*
    rockchip,baudrate = <1500000>; /* only 115200 and 1500000 */
    pinctrl-names = "default";
    pinctrl-0 = <&uart2c_xfer>; /*换了不同的串口后，需要配置iomux*/
    interrupts = <GIC_SPI 150 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH 0>; /* 配置signal irq, 一般可以是该SOC最大中断号加1 */
    status = "okay";
};
禁止对应uart节点
&uart2 {
    status = "disabled";
};

```

该节点驱动加载后会注册/dev/ttyFIQ0 设备，需要注意的是 rockchip,serial-id 即便改了，注册的也是 ttyFIQ0。

rockchip,irq-mode-enable = <0>; 这个如果为 1，串口中断方式采用的是 irq，一般不会遇到问题。但如果是 0，用的是 FIQ 模式，有些带有 trust firmware 的平台就需要谨慎用，这可能会因为 trust firmware 版本和内核版本不匹配出问题。

3.1.2 使能 early printk 功能

添加一下参数，其中 0xff1a0000 是 uart2 的物理基地址，不同的串口基地址不一样。

一般后面参数不加 115200 等波特率，用 uboot 或 loader 起来后配置的波特率即可。

如果配了波特率可能会出问题，因为内核 early con 对这块的支持不是很好。

```
chosen {
    bootargs ="earlycon=uart8250,mmio32,0xff1a0000";
};
```

3.1.3 安卓 parameter.txt 配置 console 设备

一般以下参数可以不指定，会用默认的 console device，比如上面注册的 ttyFIQ0。但如果指定为 ttyS2 的话，就不能敲命令了。

```
commandline: androidboot.console=ttyFIQ0 console=ttyFIQ0
```

3.2 ttySx 设备作为 console

3.2.1 uart2 作为 console

添加以下配置，其中 0xff1a0000 是 uart2 的物理基地址，不同的串口基地址不一样。

一般后面参数不加 115200 等波特率，用 uboot 或 loader 起来后配置的波特率即可。

如果配了波特率可能会出问题，因为内核 early con 对这块的支持不是很好。

```
chosen {
    bootargs ="console=uart8250,mmio32,0xff1a0000";
};

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

3.2.2 使能 early printk 功能

```
console=uart8250,mmio32,0xff1a0000 已经包含early printk的功能
```

3.2.3 安卓 parameter.txt 配置 console 设备

一般以下参数可以不指定，会用默认的 console device，比如上面注册的 ttyS2。单如果指定为 ttyFIQ0 的话，就不能敲命令了。

```
commandline: androidboot.console=ttyS2 console=ttyS2
```

注意：3.1 和 3.2 不能同时存在，否则打印有问题。fiq debugger 的 rockchip,serial-id = ; 与 ttySx 互斥，就是说某个串口被 fiq debugger 驱动用了，就不能作为普通串口用。

3.3 关掉串口打印功能

3.3.1 去掉或禁止 3.1 或 3.2 的所有配置

3.3.2 去掉 8250 驱动 console 的配置

```
Device Drivers --->
  Character devices --->
    Serial drivers --->
      [ ] Console on 8250/16550 and compatible serial port
```

如果不想修改这个配置的，需要再 command line 增加 console=，什么都不指定，表示不适用 console。

3.3.3 安卓去掉 recovery 对 console 的使用，否则恢复出场设置的时候会卡住

```
android/device/rockchip/common/recovery/etc/init.rc
service recovery /sbin/recovery
#console 这个注释掉
seclabel u:r:recovery:s0
```

4 调试串口设备

调试串口设备最好不要用 echo cat 等命令来粗鲁地调试，最好用测试的 APK 软件，或找我司 FAE 获取 ts_uart 测试 bin 文件。在命令行输入 ts_uart 会有使用帮助。

```
1|root@android:/ # ts_uart
Use the following format to run the HS-UART TEST PROGRAM
ts_uart v1.0
For sending data:
./ts_uart <tx_rx(s/r)> <file_name> <baudrate> <flow_control(0/1)> <max_delay(0-100)> <random_size(0/1)>
tx_rx : send data from file (s) or receive data (r) to put in file
file_name : file name to send data from or place data in
baudrate : baud rate used for TX/RX
flow_control : enables (1) or disables (0) Hardware flow control using RTS/CTS lines
max_delay : defines delay in seconds between each data burst when sending.
Choose 0 for continuous stream.
random_size : enables (1) or disables (0) random size data bursts when sending.
Choose 0 for max size.
max_delay and random_size are useful for sleep/wakeup over UART testing. ONLY meaningful when sending data
Examples:
Sending data (no delays)
ts_uart s init.rc 1500000 0 0 0 /dev/ttyS0
loop back mode:
ts_uart m init.rc 1500000 0 0 0 /dev/ttyS0
receive then send
ts_uart r init.rc 1500000 0 0 0 /dev/ttyS0
```

如果串口 APK 无法打开串口设备，那可能是权限问题，需要修改/dev/ttySx 的设备权限为 0666。

以安卓为例，在 ueventd.rc 里添加以下配置，如果还是不行请联系安卓开发人员修改权限。

| | | | |
|------------|------|--------|--------|
| /dev/ttySx | 0666 | system | system |
|------------|------|--------|--------|

