

# PCIe 开发指南

---

文件标识: RK-KF-YF-175

发布版本: V1.1.0

日期: 2021-06-10

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, 由其各自拥有者所有。

## 版权所有 © 2021 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](http://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](mailto:fae@rock-chips.com)

---

## 前言

### 概述

### 产品版本

芯片名称	内核版本
RK3399	4.4, 4.19

## 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

## 修订记录

版本号	作者	修改日期	修改说明
V1.0.0	林涛	2017-11-25	初始版本
V1.0.1	黄莹	2021-04-28	修改格式, 更改文件名为支持RK3399
V1.1.0	林涛	2021-06-10	删除带宽说明, 修改Lane交织说明

## 目录

### PCIe 开发指南

- [DTS 配置](#)
- [menuconfig 配置](#)
- [cmdline 配置](#)
- [常见应用问题](#)
- [异常排查](#)

## DTS 配置

1. `ep-gpios = <&gpio3 13 GPIO_ACTIVE_HIGH>;`

此项是设置 PCIe 接口的 PERST#复位信号; 不论是插槽还是焊贴的设备, 请在原理图上找到该引脚, 并正确配置。

否则将无法完成链路建立。

2. `num-lanes = <4>;`

此配置设置 PCIe 设备所使用的 lane 数量, 默认不需要调整, 软件可以自己探测并关闭不需要的 lane 以节省功耗。

3. `status = <okay>;`

此配置需要在 pcie0 和和 pcie\_phy 节点同时使能。默认不使能的原因是如果没有外设, pcie 在初始化时有一个较大的检测延时, 会额外增加不必要的开机时间。故, 有需要 PCIe 的项目自行开启。

4. `vpcie3v3-supply = <&vdd_pcie3v3>;`

此配置是可选项, 用于配置 PCIe 外设的 3V3 供电。如果板级针对 PCIe 外设的 3V3 需要控制使能, 则如范例所示定义一组对应的 regulator, regulator 的配置请参考 Documentation/devicetree/bindings/regulator/。

5. `vpcie1v8-supply = <&vdd_pcie1v8>;`

请参考第四点。

6. `vpcie0v9-supply = <&vdd_pcie1v8>;`

请参考第四点。

## menuconfig 配置

1. 需要确保如下配置打开, 方可正确的使用 PCIe 相关功能

```
CONFIG_PCI=y
CONFIG_PCI_DOMAINS=y
CONFIG_PCI_DOMAINS_GENERIC=y
CONFIG_PCI_SYSCALL=y
CONFIG_PCI_BUS_ADDR_T_64BIT=y
CONFIG_PCI_MSI=y
CONFIG_PCI_MSI_IRQ_DOMAIN=y
CONFIG_PHY_ROCKCHIP_PCIE=y
CONFIG_PCIE_ROCKCHIP=y
CONFIG_PCIEPORTBUS=y
CONFIG_PCIEASPM=y
CONFIG_PCIEASPM_POWERSAVE=y
CONFIG_PCIE_PME=y
CONFIG_GENERIC_MSI_IRQ=y
CONFIG_GENERIC_MSI_IRQ_DOMAIN=y
CONFIG_IRQ_DOMAIN=y
CONFIG_IRQ_DOMAIN_HIERARCHY=y
```

2. 使能 NVMe 设备(建立在 PCIe 接口的 SSD)

```
CONFIG_BLK_DEV_NVME=y
```

3. 使能 AHCI 设备(Pcie 转接成 SATA 的 SSD)

```
CONFIG_SATA_PMP=y
CONFIG_SATA_AHCI=y
CONFIG_SATA_AHCI_PLATFORM=y
CONFIG_ATA_SFF=y
CONFIG_ATA=y
```

特别说明, 默认 4.4 开源内核仅支持 drivers/ata/ahci.c 中列表内的设备, 超出部分请找原厂或者代理商支持。

4. 使能 PCIe 接口的 WIFI

请参考各 wifi 的 vendor 文档进行配置。

## cmdline 配置

详细的说明请参考内核中的文档 Documentation/kernel-parameters.txt, 这里仅仅列几个重要的进行说明。

1. nomsi

如果希望使用 Legacy 中断模式, 请在 parameter 添加 pci=nomsi 即可

2. pcie\_bus\_safe

如果希望将所有 PCIe 层级中的设备的最大数据负载(MPS)调整到最大, 请配置 pci=pcie\_bus\_safe, 可以提高

带宽。

3. pcie\_aspm

如果希望关闭 PCIe 链路的动态功耗管理，进行测试，请配置 `pcie_aspm=off`，否则默认按照硬件协商自动配置。

## 常见应用问题

Q1: 客户走线的时候不好走，问不同 lane 之间能否交织？

A1: 理论上可以交织，RC 的 lane[1-4]与 EP/switch 的 lane[1-4]随意对应。软件不需要改动。但我司未实际验证，请客户谨慎评估。

Q2: 同一个 lane 的差分信号能否交织？比如 RC 的 lane1 的 RX+ 与 EP/Switch 的 RX-对应，TX+与 EP/Switch 的 TX-对应。或者 RX 正负对应，TX 正负对应等等情况，怎么处理？

A2: 可以任意接，软件上不需要再额外处理。PCIe 的探测状态机已经考虑了这些所有情况。

Q3: RK3399 只有一个 RC，但是有四个 lane，能不能支持把这四个 lane 拆分，比如拆分成四个 1-1-1-1 或者拆分成两个 2-2 或者其他组合

A3: RK3399 不支持此类需求。如果客户希望接多个设备，请选用 PCIe switch，目前我们调试过 Pericom 的 switch，应该是最便宜的一款。

Q4: RK3399 支持 SSD 吗？

A4: 需要大家注意的是，SSD 有两种，一种是 NVMe，物理信号层走的是 PCIe 总线。另外一种为 mSATA，走 SATA 总线。第二种如果需要支持请客户购买 PCIe 转 SATA 或者 USB 转 SATA。

Q5: 既然支持 NVMe，支持最大容量多少，能不能作为启动盘？

A5: 存储设备的容量大小与文件系统有关，驱动层面没有任何限制。另外，NVMe 在 RK3399 支持从 Uboot 开始启动，也就是意味需要额外加一个 spi-nor 用来保存 miniloader，因为 maskrom 没有 NVMe 和 PCIe 驱动。

Q6: RK3399 的 PCIe 接入 NVMe 的情况下，带宽如何？怎么测试

A6: 测试采用 fio 程序进行，命令如下（客户需要有自己编译的 fio，并且静态打包了 libaio）

```
./fio -filename=/dev/block/nvme0n1 -direct=1 -iodepth 4 -thread=1 -rw=write -ioengine=libaio -bs=1M -size=200G -numjobs=30 -runtime=60 -group_reporting -name=my
```

测试数据大致如下

测试工具：FIO

测试平台：RK3399 EVB3/PCIe1.0×4 Payload:256

SSD: Samsung SM961 MZVPW256HEGL

测试项	iodepth	thread	ioengine	performance	AVG IOPS
1M顺序读	4	1	libaio	784032KB/s	
1M顺序写	4	1	libaio	792945KB/s	
4K随机写	64	6	libaio		194343
8K随机写	64	6	libaio		98200
16K随机写	64	6	libaio		49159
4K随机读	64	6	libaio		170677
8K随机读	64	6	libaio		93934
16K随机读	64	6	libaio		44893

测试工具: FIO

测试平台: RK3399 EVB3/PCIe2.0×4 Payload:256

SSD: Samsung SM961 MZVPW256HEGL

测试项	iodepth	thread	ioengine	performance	AVG IOPS
1M顺序读	4	1	libaio	1452.2MB/s	
1M顺序写	4	1	libaio	1039.1MB/s	
4K随机写	64	6	libaio		208538
8K随机写	64	6	libaio		105924
16K随机写	64	6	libaio		47737
4K随机读	64	6	libaio		246223
8K随机读	64	6	libaio		174749
16K随机读	64	6	libaio		80787

Q7: RK3399 支不支持独立显卡?

A7: 理论上支持, 只要能提供 ARM 版本的驱动。实际支持不了。原因是我们可用于 BAR 的物理总线地址只有 32M, 一般独立显卡都超过这个内存的要求。即使转接经过 switch, 也没有意义, 因为 switch 本身有内存要求, 转接之后, 对 RC 的 PCIe 总线地址范围要求反而更大。

Q8: PCIe 设备需要的电源使用情况

A8: 一般来说提供四类电源, 0.9V, 3V3, 3V3\_AUX, 12V。其中 0.9V 基本是给 PCIe wifi 设备使用。绝大部分设备都需要 3V3 这路。3V3\_AUX 是辅助电源, 要求在 suspend 情况下不断电, 使得设备继续工作, 比如 wifi 需要唤醒主控, 这路 AUX 电源就需要常开。12V 是一些大功率设备使用, 比如 switch, 显卡等。实际情况按照 EP/switch 厂家要求进行配置。

Q9: PCIe 设备在 RK3399 上如果动态开关 ASPM 的支持?

A9: 目前有如下几种方法

方法一是在内核的 cmdline 加上 pcie\_aspm=off

方法二是在控制台中配置 link\_state 节点, 但需注意前提 config 中配置了 CONFIG\_PCIEASPM\_DEBUG=y

```
# cat /sys/bus/pci/devices/0000:00:00.0/power/link_state
```

7

```
# echo 0 > /sys/bus/pci/devices/0000:00:00.0/power/link_state
```

方法三是关闭 config 选项中的 CONFIG\_PCIEASPM

方法四是使用 setpci 命令: 例如 setpci -s 0:0 0xd0.w=0xc00, 此方法需要先了解对应设备的 BDF 信息

方法五在控制台输入 echo performance > /sys/module/pcie\_aspm/parameters/policy

Q10: 如何在 RK399 上查看 PCIe 设备的相关信息

A10: 请将 lspci 推送进机器, 并且添加可执行权限后, 执行 lspci 命令的相关信息

常见的操作是 lspci -vv 和 lspci -t, 分别用于输出设备的属性和各类运行状态, 以及输出 PCIe 拓扑的树形结构。剩余的参数请执行 lspci --help 后阅读帮助文档

Q11: 如何在用户态修改 PCIe 设备的某些寄存器信息

A11: 可以使用 setpci 工具进行修改, 修改的前提你需要使用 lspci 获得所需修改设备的 BDF, 以及

需要了解协议中对应的寄存器偏移。命令请使用 `setpci --help` 查看对应帮助文档，此工具属于较为高级的工具，一般不建议客户使用，除非客户足够了解 PCIe 协议。

## 异常排查

### 1. training 失败

```
rockchip-pcie f8000000.pcie: PCIe link training gen1 timeout!  
rockchip-pcie: probe of f8000000.pcie failed with error -1
```

异常原因：training 失败，外设没有处于工作状态。首先检测下 ep-gpios 这个是否配置对了。其次，检测下外设的供电是否有，是否足够。3.3V 理论上够，但是我们经常发现有写设备需要调整到 3.8 甚至 4V 才能工作。最后，即使电压够，也需要排除功率是否够(外接电源进行测试)。

### 2. config 配置死机

```
[ 0.459371] pci 0000:00:00.0: bridge configuration invalid ([bus 00-00]),  
reconfiguring  
[ 0.459585] pci 0000:01:00.0: reg 0x10: initial BAR value 0x00000000 invalid  
[ 0.460043] pci 0000:01:00.1: reg 0x10: initial BAR value 0x00000000 invalid  
[ 0.460503] pci 0000:01:00.2: reg 0x10: initial BAR value 0x00000000 invalid  
[ 0.460535] pci 0000:01:00.2: reg 0x14: initial BAR value 0x00000000 invalid  
[ 0.460904] Bad mode in Error handler detected, code 0xbf000002 -- SError  
[ 0.460919] Internal error: Oops - bad mode: 0 [#1] PREEMPT SMP  
[ 0.466658] Modules linked in:  
[ 0.466938] CPU: 5 PID: 1 Comm: swapper/0 Not tainted 4.4.55 #41  
[ 0.467464] Hardware name: Rockchip RK3399 Excavator Board edp (Android) (DT)  
[ 0.468089] task: ffffffff0f2160000 ti: ffffffff0f2168000 task.ti:  
fffffff0f2168000  
[ 0.468752] PC is at rockchip_pcie_rd_conf+0xb8/0x138  
[ 0.469200] LR is at pci_bus_read_config_dword+0x78/0xbc
```

这种情况设备工作了，完成了枚举，但是通信过程中挂死。绝大部分情况是电源电压不够或者功率不足导致。

### 3. RK3399 的 pcie phy 的 pll 无法完成 lock

```
[ 0.440803] rockchip-pcie f8000000.pcie: no vpcie3v3 regulator found  
[ 0.440831] rockchip-pcie f8000000.pcie: no vpcie1v8 regulator found  
[ 0.440854] rockchip-pcie f8000000.pcie: no vpcie0v9 regulator found  
[ 1.443759] pll lock timeout!  
[ 1.443826] phy phy-phy@e220.5: phy poweron failed --> -22  
[ 1.443847] rockchip-pcie f8000000.pcie: fail to power on phy, err -22  
[ 1.443968] rockchip-pcie: probe of f8000000.pcie failed with error -22
```

测量 PCIE\_AVDD\_0V9 PCIE\_AVDD\_1V8 电压正常的，供电是否够？这路需要 LDO 供电。

### 4. RK3399 pcie 与 usb3.0 同时使用出错。

以下是 NVMe 使用过程中插入 USB 设备，系统异常的 log

```
[ 2.801962] unhandled fault: synchronous external abort (0x96000210) at
0xffffffff800936401c
[ 2.801997] Internal error: : 96000210 [#1] PREEMPT SMP
[ 2.803157] Modules linked in:
[ 2.803437] CPU: 2 PID: 146 Comm: nvme Not tainted 4.4.16 #146
[ 2.803949] Hardware name: rockchip,rk3399-firefly-mini (DT)
[ 2.804445] task: ffffffff07187d400 ti: ffffffff071910000 task.ti:
fffffff071910000
[ 2.805108] PC is at nvme_kthread+0x84/0x1f8
[ 2.805484] LR is at nvme_kthread+0x60/0x1f8
```

结论就是 PCIE\_AVDD\_0V9 供电不够或者不稳，加电容或者加大电压试下。