

PCIE 速度测试

2022-07-27

1. 实验简介

PCIE (PCI Express) 采用了目前业内流行的点对点串行连接，比起 PCI 以及更早期的计算机总线的共享并行架构，每个设备都有自己的专用连接，不需要向整个总线请求带宽，而且可以把数据传输率提高到一个很高的频率，达到 PCI 所不能提供的高带宽。开发板中的 logos2 PG2L100H FPGA，单通道通信速率可高达 5G bit 带宽，可配置成 X1、X2、X4 模式。该例程中通过利用 PG2L100H 的 PCIe IP 来实现 PCIE 速度测试。

2. 实验原理

2.1 例程简介

Logos2 PG2L100H FPGA 集成了 1 个 PCIe 硬核，可配置成 X1、X2、x4 来实现不同速率的高速串行数据通信。开发板上 PCIe 例程中，FPGA 端程序采用 PCIe Core 进行设计，例中配置成 x2 进行 PCIe 通信，具体设置可参考 PCIe IP 文档，在 IP 的配置界面中可浏览到该文档。

PCIe 通信例程由三部分组成：FPGA 端程序、PCIe 卡驱动、PCIe 上位机测试程序。

FPGA 端程序：负责建立与 PCIe 通信需具备的 FPGA 框架，PCIe 通信协议的构建；

PCIe 卡驱动：负责上位机测试程序与 PCIe 卡的数据交换；

PCIe 上位机测试程序：linux 下开发上位机速度测试程序。

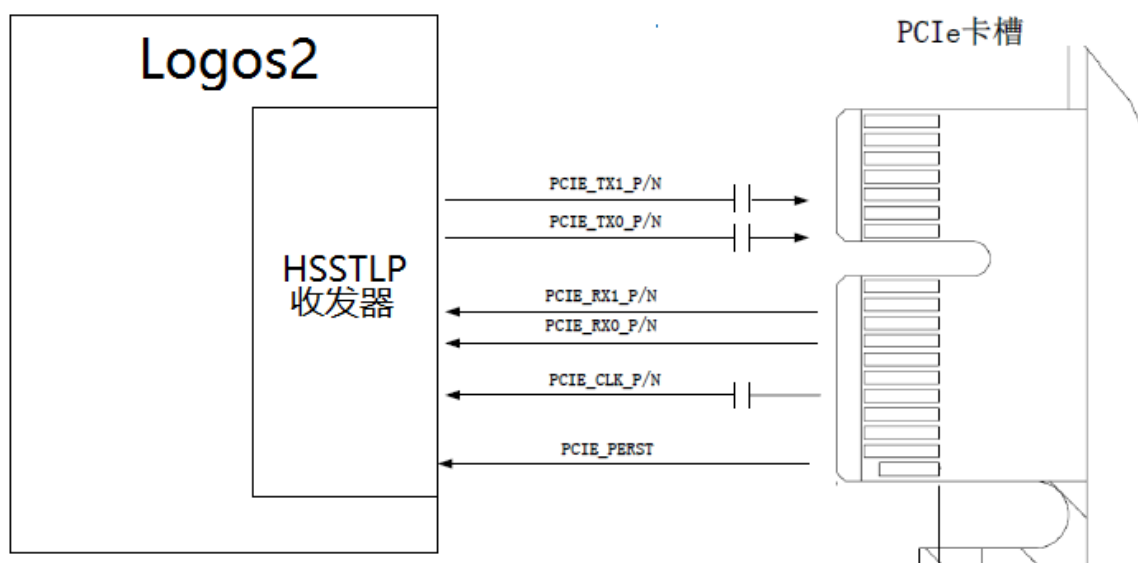
程序流程：PC 端发送 DMA 控制的读写指令，当 FPGA 端解析到是 DMA 读内存请求时，会触发 DMA 做读 PC 端内存数据；然后对传输的包进行统计，得出 PCIe 读测试速度；反之当 FPGA 端解析到是 DMA 写内存请求时，会触发 DMA 做写 PC 端内存数据；然后对传输的包进行统计，从而得出 PCIe 写测试速度。

2.2 硬件描述

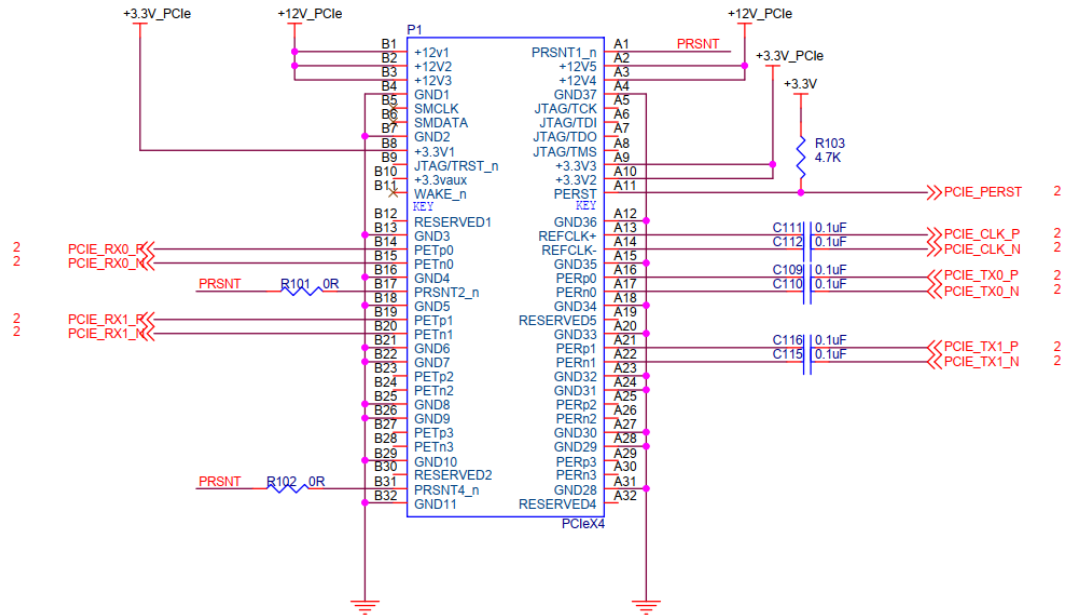
AXP100 扩展板上提供一个工业级高速数据传输 PCIe x4 接口(实际只用到 x2 模式), PCIe 卡的外形尺寸符合标准 PCIe 卡电气规范要求,可直接在普通 PC 的 x4 PCIe 插槽上使用。

PCIe 接口的收发信号直接跟 FPGA 的 GTP 收发器相连接,四通道的 TX 信号和 RX 信号都是以差分信号方式连接到 FPGA,单通道通信速率可高达 5G bit 带宽。PCIe 的参考时钟由 PC 的 PCIe 插槽提供给开发板,参考时钟频率为 100Mhz。

开发板的 PCIe 接口的设计示意图如下图所示,其中 TX 发送信号和参考时钟 CLK 信号用 AC 耦合模式连接。



在电路设计中硬件电路部分：



3. 程序设计

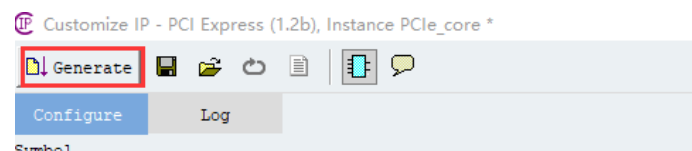
3.1 FPGA 程序

1. 新建 PCIe 的 FPGA 工程，然后导入 PCIeIP 到工程中，新建工程与 IP 导入在 LED 流水灯与 DDR 的读写测试教程中已介绍，这里不再讲述，在 IP 界面中进行如下配置，其它默认即可：

The screenshot shows the 'PCI Express' configuration window with the following settings:

- PCIe Basic Settings**
 - Device Type: PCI Express Endpoint
 - Maximum Link Width: X2
 - Maximum Link Speed: 5 GT/s
 - Reference Clk: 100 MHz
 - Number of AXI-Stream Slave: 3
 - Upconfigure Capable: ☒
 - Enable Lane Reversal: ☐
 - Disable Scrambling: ☒
 - Dynamic Configuration for PCIe: ☒
 - Enable Receive Queue Management: ☐
 - Enable Debug Ports: ☒
 - Enable Configuration Out Ports: ☒
 - Enable Credit Ports: ☒
- PCIe ID Settings**
 - Vendor ID: 0755 (Range'h0-FFFF')
 - Device ID: 0755 (Range'h0-FFFF')
 - Revision ID: 00 (Range'h0-FF')
 - Subsystem Vendor ID: 0000 (Range'h0-FFFF')
 - Subsystem ID: 0000 (Range'h0-FFFF')
- Class Code Settings**
 - Base Class Code: 05 (Range'h0-FF')
 - Sub Class Code: 80 (Range'h0-FF')
 - Programming Interface: 00 (Range'h0-FF')
- Base Address Registers Settings**
 - BAR0 Enable: ☒ BAR0 Type: 32bit Memory BAR0 Size: 8 Kilobytes
 - BAR1 Enable: ☒ BAR1 Type: 32bit Memory BAR1 Size: 4 Kilobytes
 - BAR2 Enable: ☒ BAR3 Enable: ☐

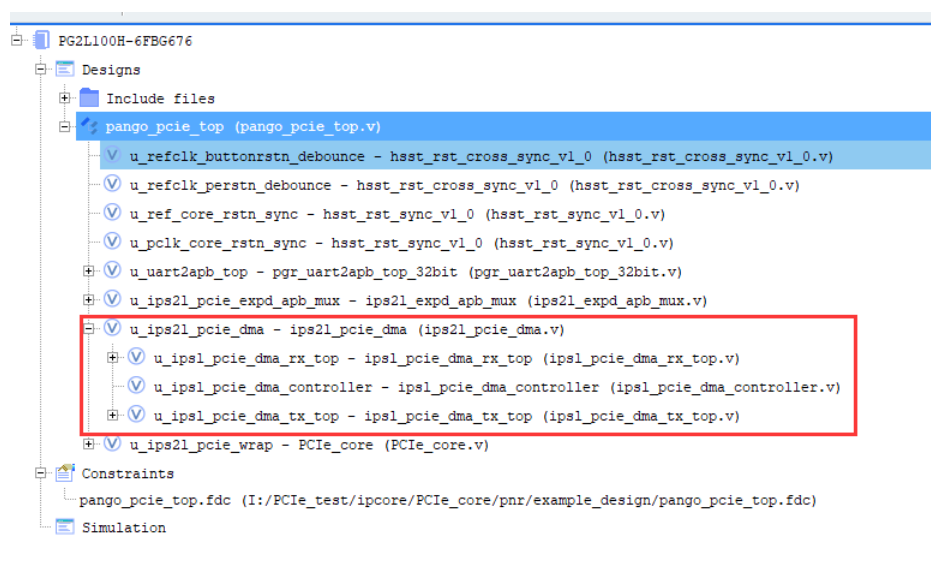
2. 配置完成后，点击 “Generate”产生 PCIe 的 demo



3. 打开自己生成的 demo 工程，位于如下文件夹：

PCie_test > ipcore > PCie_core > pnr > example_design				
名称	修改日期	类型	大小	
compile	2022/7/26 18:29	文件夹		
device_map	2022/7/26 18:29	文件夹		
generate_bitstream	2022/7/26 18:32	文件夹		
log	2022/7/26 18:21	文件夹		
place_route	2022/7/26 18:31	文件夹		
report_timing	2022/7/26 18:31	文件夹		
synthesize	2022/7/26 18:29	文件夹		
impl.tcl	2022/7/26 18:32	TCL 文件	7 KB	
pango_pcie_top.fdc	2022/7/26 18:16	FDC 文件	5 KB	
pango_pcie_top.pds	2022/7/26 18:32	PDS 文件	21 KB	
pds.log	2022/7/26 18:09	wrfile	6,769 KB	
run.log	2022/7/26 18:09	wrfile	5,499 KB	

4.生成的 demo 可进行 DMA 常规的读写内存测试，但无法进行 PCIe 带宽测试，为了进行 DMA 的读写带宽测试，主要对图中如下标红框中的 DMA 控制器部分代码进行修改，由于修改部分较多，请自己参照提供例程代码理解，不进行讲述。



修改代码完成后对管脚进行约束后,Generate Bitstream 生成可执行代码并固化到 FPGA 板的 flash 中。接着 PC 机断电，插入 PCIe 板卡到 PC 后重启电脑。

3.2 上位机测试程序

说明：上位机测试程序的开发平台为 QT5.7.1，提供了测试源代码。linux 系统版本为 ubuntu-16.04.3。不能安装虚拟机，文中不进行简介，如无 GTK 安装包，请自行安装 GTK 版本 gtk+-2.0 安装包。

4. 实验步骤及结果

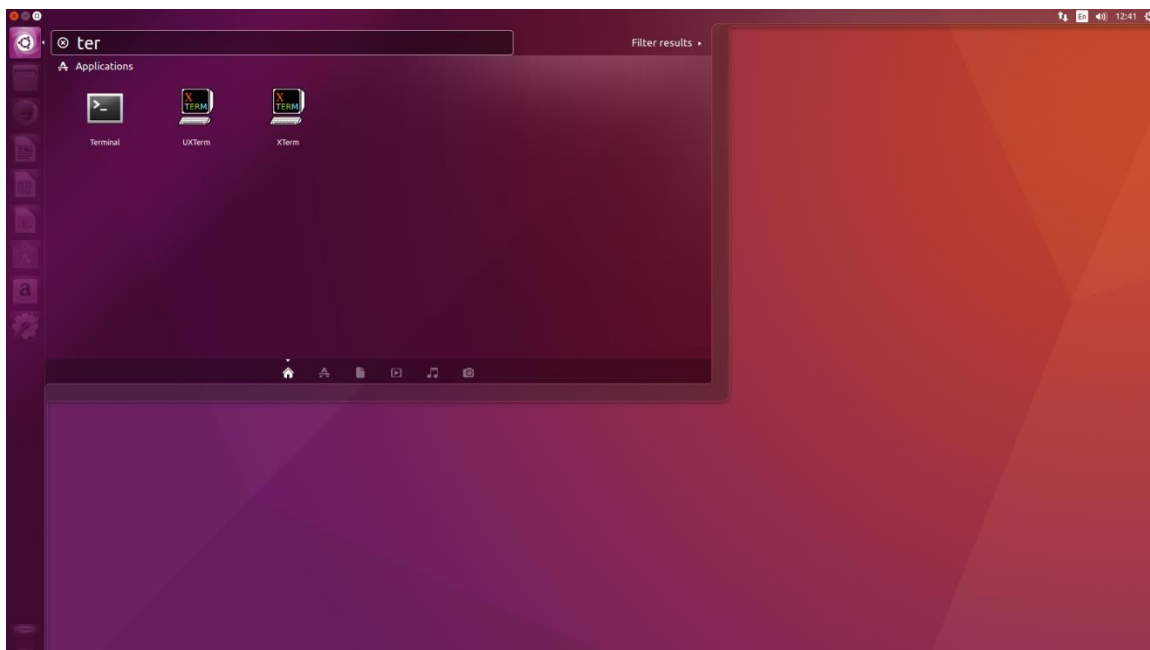
为了方便，把 01_demo_document/demo 目录下的 PCIe_test 文件 copy 到 linux 桌面上，接着近如下步骤执行。

4.1 打开虚拟终端

然后打开终端，打开终端方法如下：按键盘上的 Windows 键，即可弹出应用程序搜索页面。输入“ter”即可看到虚拟终端的图标



window 键

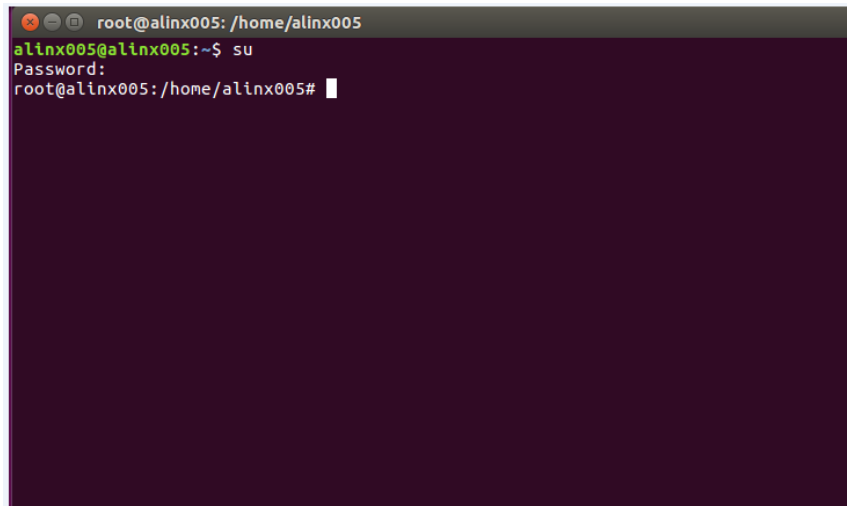


点击搜索出的第一个图标，打开终端。

4.2 驱动安装

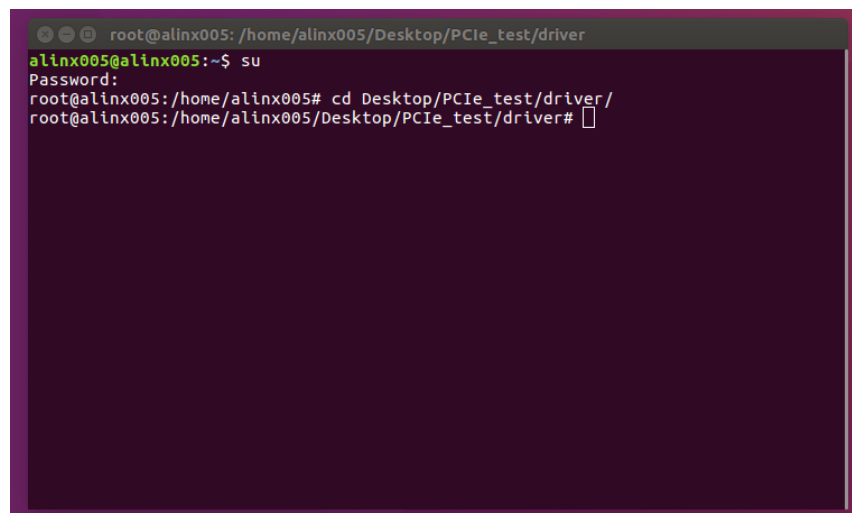
4.2.1 驱动编译

- 1) 先切换到管理权限，su 然后口 password:输入密码。



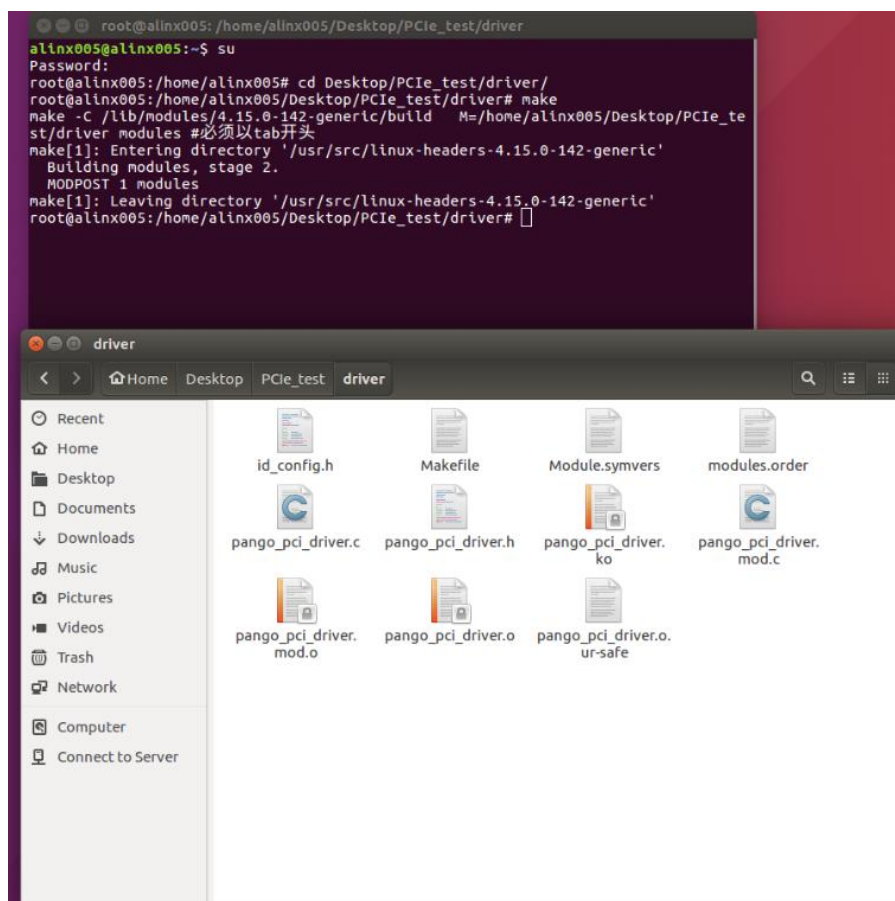
```
root@alinx005: /home/alinx005
alinx005@alinx005:~$ su
Password:
root@alinx005: /home/alinx005#
```

- 2) 输入 “cd + 目录” 并敲回车，进入驱动文件所在目录



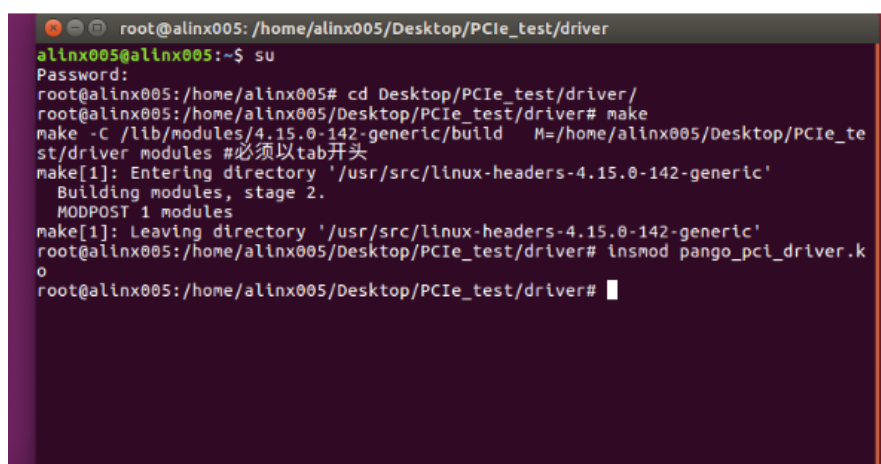
```
root@alinx005: /home/alinx005/Desktop/PCie_test/driver
alinx005@alinx005:~$ su
Password:
root@alinx005: /home/alinx005# cd Desktop/PCie_test/driver/
root@alinx005: /home/alinx005/Desktop/PCie_test/driver#
```

- 3) 输入“make”并敲回车，等待编译完成，完成后可以在 driver 目录下看到.ko 文件。



4.2.2 驱动加载

输入“insmod pango_pci_driver.ko”并敲回车，
驱动加载成功后，界面如下：



4.3 Qt 软件安装

4.3.4 库安装

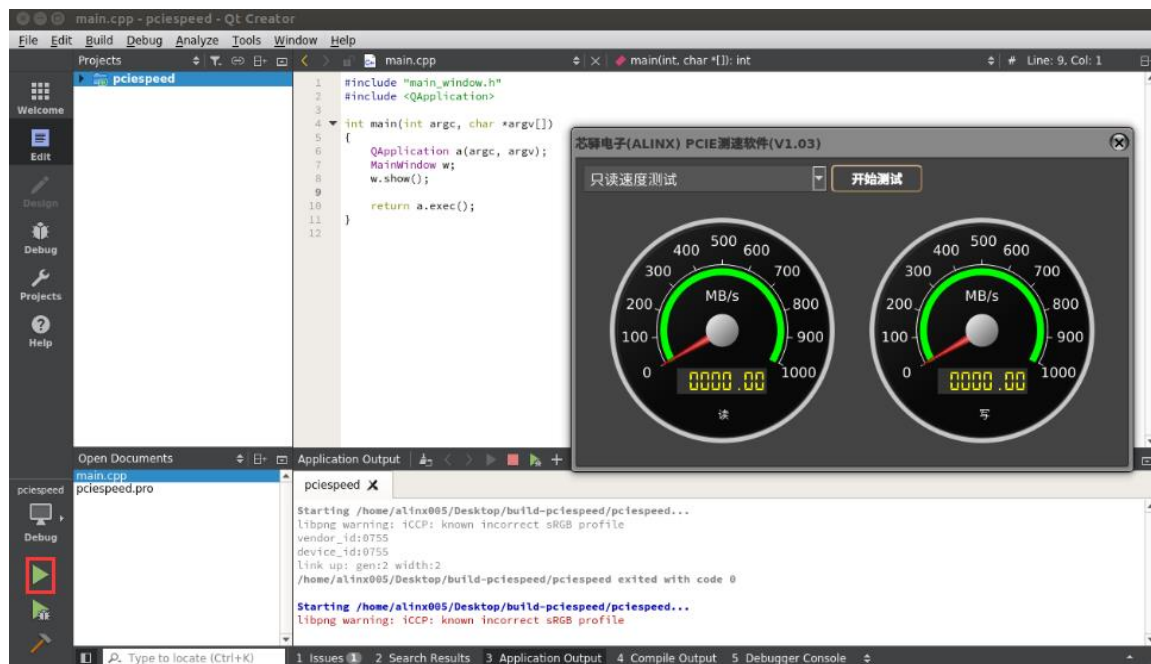
- 1) 保证 ubuntu 系统可以连接网络
- 2) 更新源列表
`sudo apt-get update`
- 3) 安装必要的库
`sudo apt-get install mesa-common-dev libgl1-mesa-dev libglu1-mesa-dev freeglut3-dev`

4.3.5 Qt 软件安装

- 1) 进入 Qt 安装程序所在目录
`cd ~/Download`
- 2) 添加运行权限
`chmod +x qt-opensource-linux-x64-5.7.1.run`
- 3) 运行安装程序
`./ qt-opensource-linux-x64-5.7.1.run`
- 4) 按照提示完成安装

4.4 测速

用刚安装的 QT 软件打开上位机测程序进行 PCIe 速度测试程序，程序位于 linux 桌面 PCIe_test/PC/pciespeed 中，打开下图的测速软件 pciespeed，打开后并单击红色框中 “run”按钮，出现如下测速码表界面。



实验结果如下：

1) 只读测试



2) 只写测试

