《计算机网络》实验报告

年级、专业、班级	2021 级计算机科学与技术 05 班	姓名	张梓健
实验题目	Ethernet 多端口交换机设计与开发		
实验时间	2023.11.17	实验地点	DS3 304
实验成绩		实验性质	☐验证性 ☐设计性 ☑综合性

教师评价：

☐算法/实验过程正确； ☐源程序/实验内容提交 ☐程序结构/实验步骤合理；

☐实验结果正确； ☐语法、语义正确； ☐报告规范；

其他：

评价教师签名：

一、 实验目的

- 了解硬件系统开发流程。
- 熟悉 Vivado 开发平台。
- 深入了解交换机的工作原理，以及如何设计与实现一个真实的交换机系统，同时验证交换机的基础功能。

二、实验项目内容

利用电脑和 Xilinx ZBOX 板卡实现 Ethernet 交换机核心功能。具体功能包括如下：

- ARM 处理器模块功能实现，实现 CPU 处理功能
- MAC 模块功能实现，实现网络数据的接收发送基本功能
- DMA 模块功能实现，实现 MAC 模块与存储器间的数据交换
- AXI 互联模块功能实现，实现不同 Ethernet 端口间通信互联
- 交换机功能模块实现，实现交换机端口的状态管理维护、地址转发表的查询与管理维护、基于源地址学习的转发表学、以及帧收发等功能
- 交换机配置软件实现。实现交换机的管理配置和操作命令

报告创建时间：

三、实验过程或算法（源程序）

1. 交换功能 IP 核完善封装

（1）打开已解压的 zynq_switch 工程。

（2）在 zynq_switch_i-zynq_switch 模块中右击 packet_pipeline_v1_0，选中 Edit in IP Packager 选项。

（3）选择 IP 核编辑工程的地址以及工程名称，点击 OK，打开 IP 核编辑工程界面。

（4）双击 Source 界面中 eth_parser.v，打开代码编辑界面，删除 always@(*)块，并在提示位置添加合适的代码，使之实现功能：解析数据包，从数据包中提取出源端口、源 mac 地址和目的 mac 地址等信息，并点击保存。

（5）双击 Source 界面中 mac_cam_lut.v，打开代码编辑界面，删除 always@(posedge clk)块，并在提示位置添加合适的代码。

（6）双击 Source 界面中 mac_cam_lut.v，并右击选择 Add Sources..选项，补充完整 cam.v 模块及其子模块，使之实现功能：根据源 MAC 地址实现地址自学习，根据目的 MAC 地址获取输出端口。并点击保存。

（7）点击工程左侧 Project Manager 下的 Package IP，依次点击 Packaging Steps 中的各个部分，查看 IP 核配置属性，点击 Review and Package，打开 Review and Package 界面，点击“Re_Package IP”，对 IP 进行再次封装。

2. 实验工程中更新交换功能 IP 核

（1）回到 zynq_switch 实验工程，点击工程界面中 IP 需要更新的提示中“Report IP Status”，或者点击菜单栏 Tools->Report->Report IP Status，查看 IP status。

（2）在 IP status 窗口选中 packet_pipeline_v1_0_0，点击“Upgrade Selected”对工程中的交换功能 IP 核进行更新，等待更新完毕，点击 OK。

（3）在 Generate Output Products 窗口点击 Generate。

3. 重新生成顶层文件，综合实现生成 bit 文件

（1）完成整个硬件设计后，点击“Generate Bitstream”按钮，在弹出的对话框中点击 OK，综合、实现、布局布线生成 FPGA 配置文件。

（2）完成“Generate Bitstream”后，需要导出 FPGA 配置文件：zynq_switch.bit。点击菜单“File”，选择“Export”，选择“Export Bitstream File”。选择预先下载的 linux 文件夹路径，输入 File name：zynq_switch，点击 Save 按钮。

（3）导出 FPGA 配置文件 zynq_switch.bit 成功，在 linux 文件夹下面可以看到配置

文件。

4. 创建 Boot.bin 启动文件

（1）打开 Xilinx SDK 工具，点击“Xilinx Tools”菜单选项，选择“Create Boot Image”。
（2）在弹出的“Create Boot Image”界面，在 Output BIF file path 中选择生成文件存放的路径名（不能涵盖中文路径），这里选择 linux 文件夹。

（3）按顺序添加三个文件：zynq_fsbl.elf，zynq_switch.bit，u-boot.elf。
（4）点击“Create Image”按钮，生成 Boot.bin 文件，在 linux 文件夹下面可以看到 BOOT.bin 文件。

5. 交换机配置软件

（1）创建编译 petalinux 工程

- 打开虚拟机，在虚拟机新建文件夹 zynq_switch，并进入到该文件夹目录下。
- 在虚拟机新建文件夹 zynq_switch，并进入到该文件夹目录下。
- 在使用 Petalinux 工具之前应该首先指明相应的环境变量,在 Linux 终端中执行以下命令：**source /opt/pkg/petalinux/settings.sh。**
- 将“zynq_nic_wrapper_hw_platform_0”这个文件夹**复制**到安装 Petalinux 的 Linux 系统中的 zynq_switch 文件夹中。
- 创建一个 petalinux 工程，给 petalinux 工程导入硬件工程描述：进入 znet 工程文件夹，通过 petalinux-config --get-hw-description=”../zynq_nic_wrapper_hw_platform_0”命令 cd 导入 HDF 文件，在配置界面不需要做任何改动，保存退出。
- 进入 zbox 工程文件夹，配置内核。
- 编译 Linux 系统。
- 修改 Device tree 文件。
- 再次编译 Linux 系统。

（2）创建编译交换机应用

- 编译完成后，在 zbox 工程路径下创建 switch-config 应用。
- 打开自动生成的应用源文件。
- 在 zbox 工程路径下创建 router-config 应用。
- 打开自动生成的应用源文件。
- 在 zbox 工程路径下，编译应用。
- 在 zbox/images/linux 路径下，可以看到：image.ub，上述两个应用已经封装进

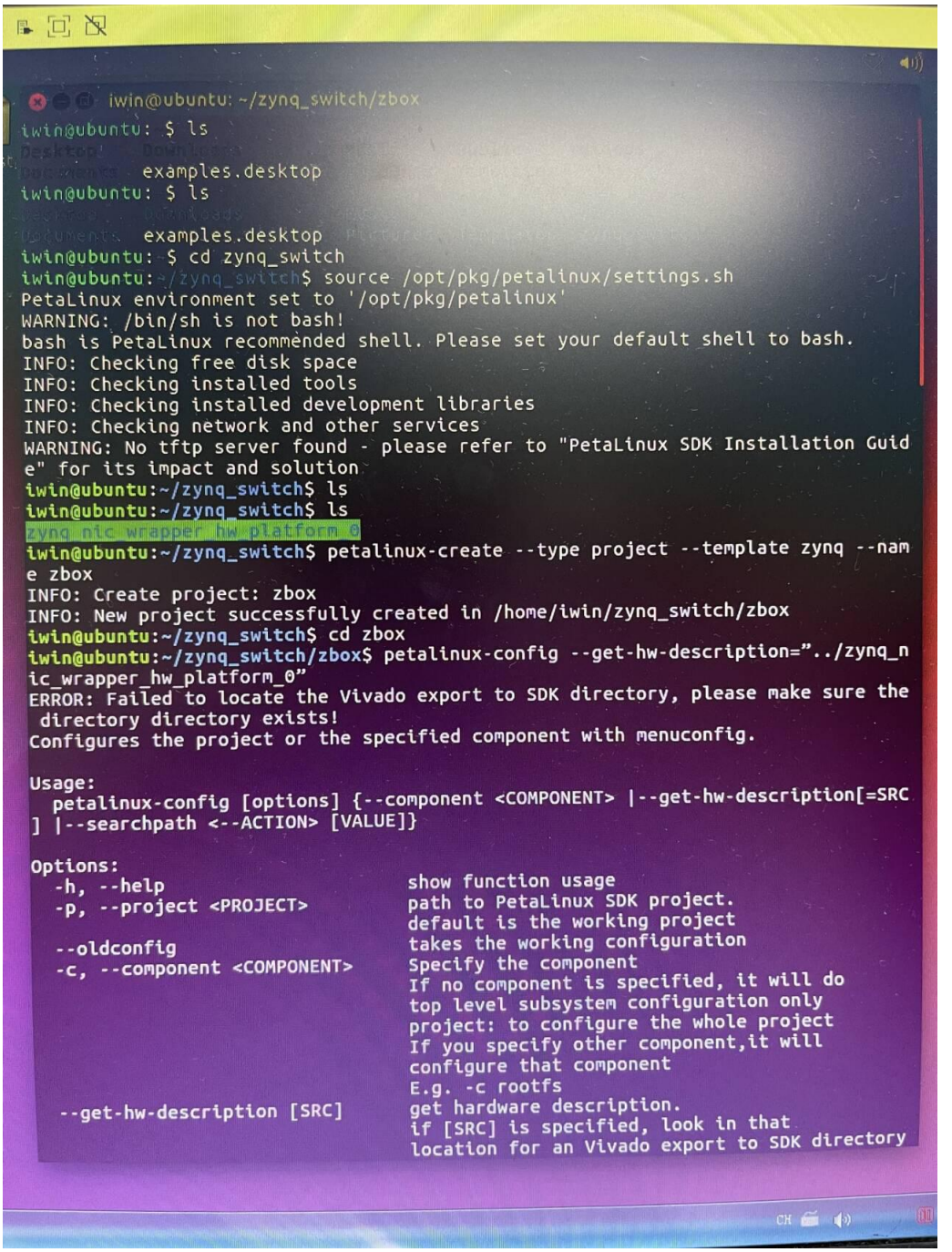
image.ub 文件，将该文件拷贝到 linux 文件夹下。

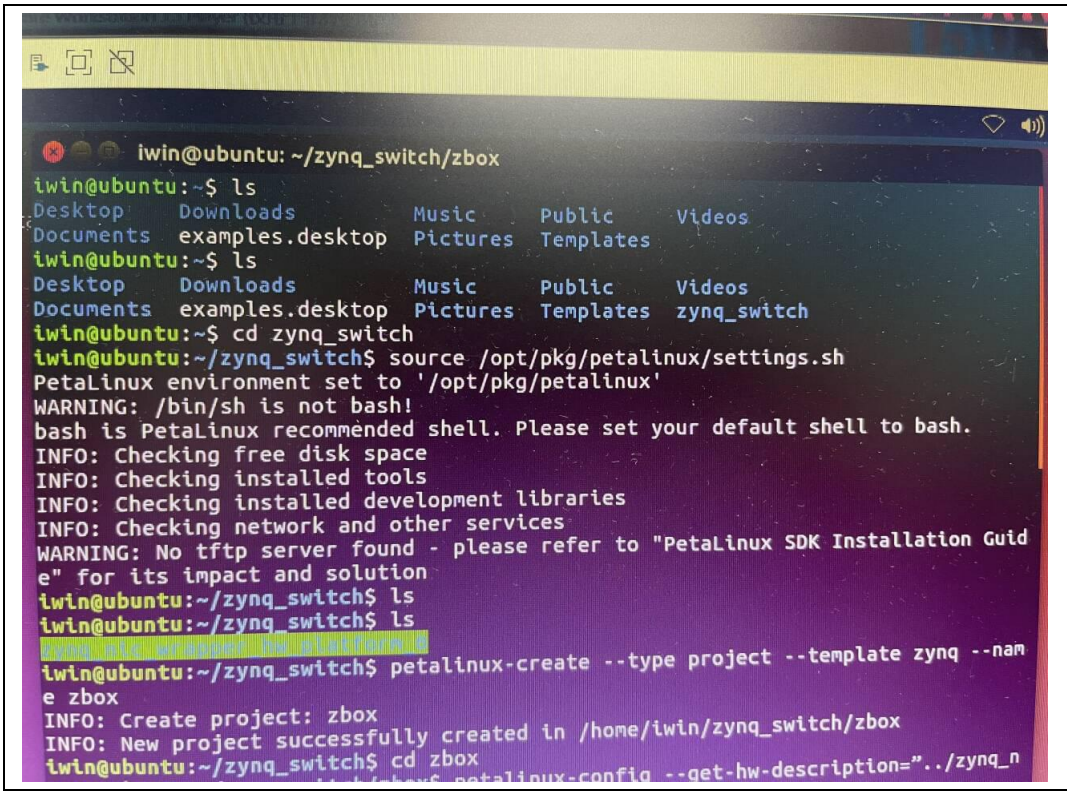
6. 交换机功能验证

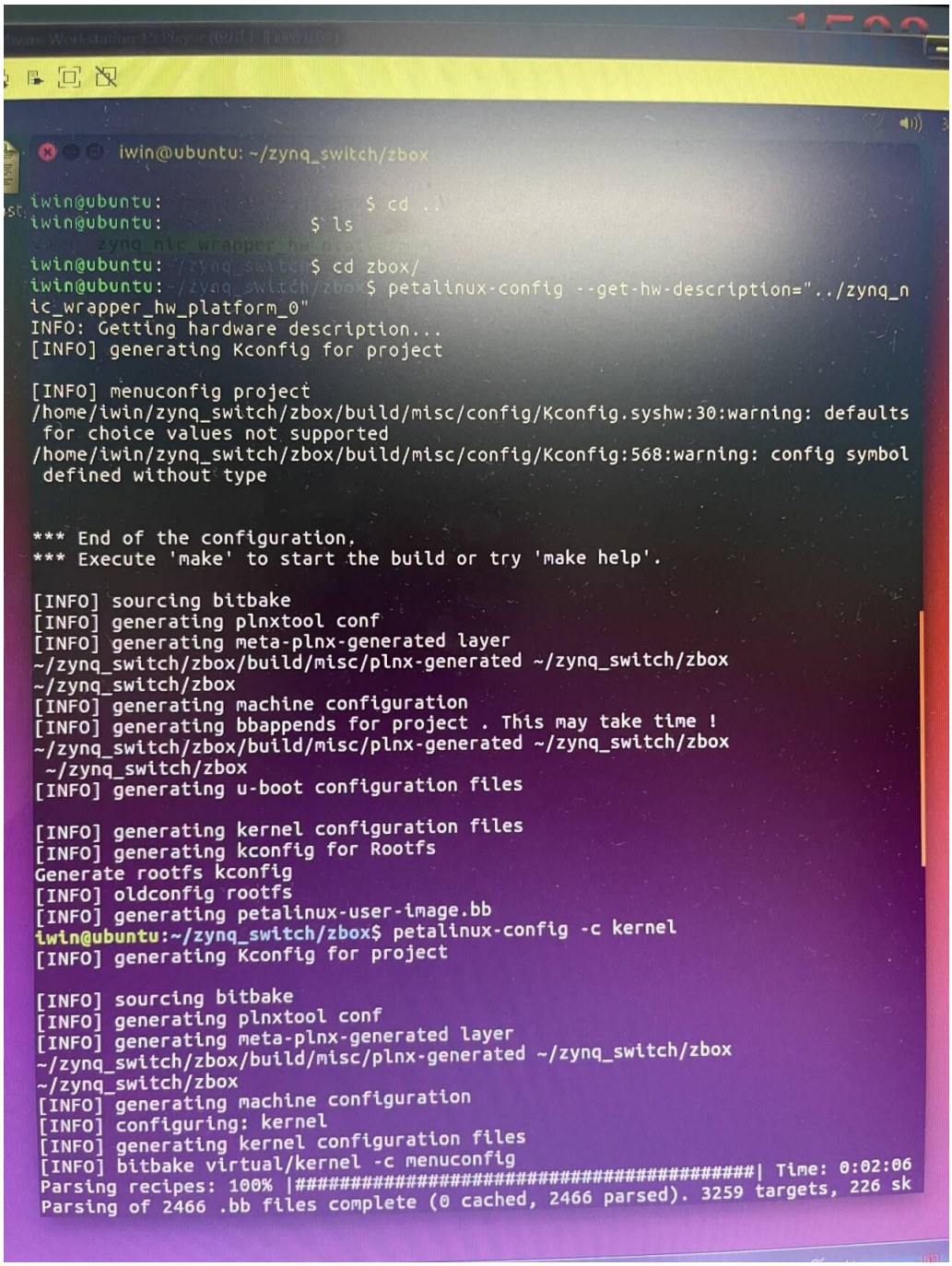
- 替换 SD 卡 FAT 分区的 BOOT.bin 和 image.ub 文件。
- 把烧写好系统的 Micro SD 卡插入卡槽，把 TypeC 连线接上，将 PS 网口接入局域网，看见板子亮一个红灯和一个蓝灯。
- 打开串口调试工具 putty，选择连接类型，配置端口号和比特率，登录 linux 系统。
- 查询交换机寄存器，查询交换机查找表，配置交换机查找表。
- 设置 eth3 相连 PC1 网口和 eth4 相连主机 PC2 网口，配置两台主机的 ip 为同一网段，启动开发板的相应端口。
- 在 PC 网口适配器属性-配置-高级 里面，把速度固定在 100M 全双工，重启计算机。
- 验证两主机之间是否能否互 ping。

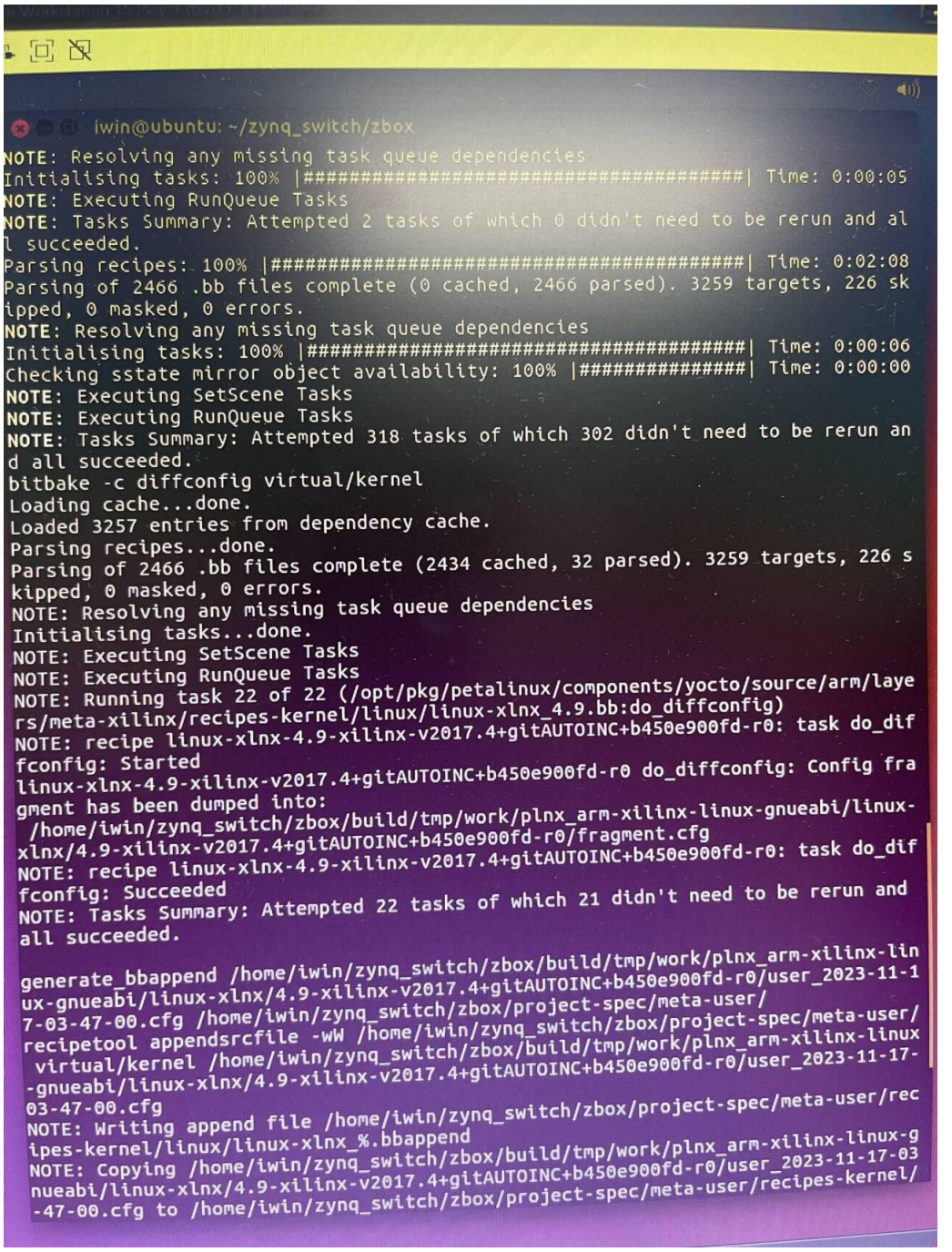
四、实验结果及分析和（或）源程序调试过程

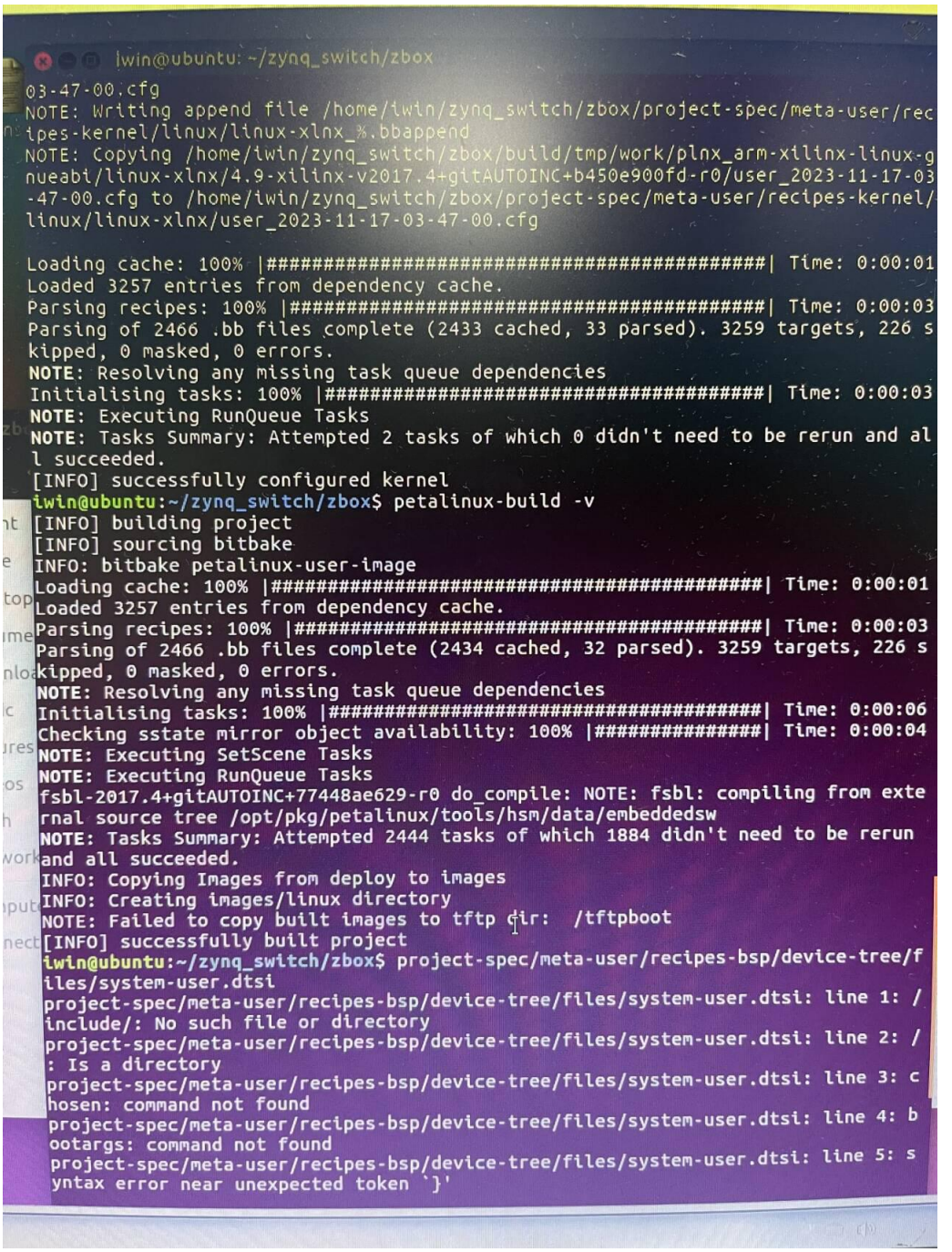
1.创建编译 petalinux 工程

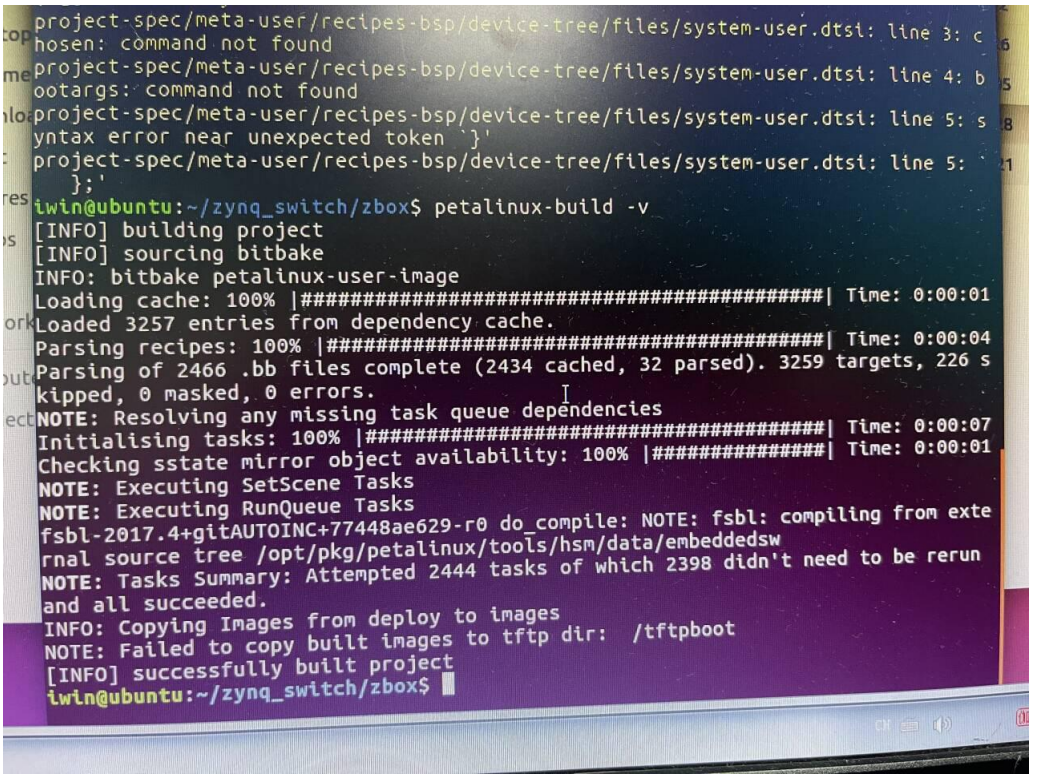

iwin@ubuntu: ~/zynq_switch/zbox
iwin@ubuntu: $ ls
examples.desktop
iwin@ubuntu: $ ls
examples.desktop
iwin@ubuntu: $ cd zynq_switch
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ source /opt/pkg/petalinux/settings.sh
PetaLinux environment set to '/opt/pkg/petalinux'
WARNING: /bin/sh is not bash!
bash is PetaLinux recommended shell. Please set your default shell to bash.
INFO: Checking free disk space
INFO: Checking installed tools
INFO: Checking installed development libraries
INFO: Checking network and other services
WARNING: No tftp server found - please refer to "PetaLinux SDK Installation Guide" for its impact and solution
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ ls
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ ls
zynq_nic_wrapper_hw_platform_0
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ petalinux-create --type project --template zynq --name zbox
INFO: Create project: zbox
INFO: New project successfully created in /home/iwin/zynq_switch/zbox
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ cd zbox
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-config --get-hw-description="../zynq_nic_wrapper_hw_platform_0"
ERROR: Failed to locate the Vivado export to SDK directory, please make sure the directory directory exists!
Configures the project or the specified component with menuconfig.
Usage:
petalinux-config [options] {--component <COMPONENT> |--get-hw-description[=SRC] |--searchpath <--ACTION> [VALUE]}
Options:
-h, --help
show function usage
-p, --project <PROJECT>
path to PetaLinux SDK project.
default is the working project
--oldconfig
takes the working configuration
-c, --component <COMPONENT>
Specify the component
If no component is specified, it will do top level subsystem configuration only
project: to configure the whole project
If you specify other component,it will configure that component
E.g. -c rootfs
--get-hw-description [SRC]
get hardware description.
if [SRC] is specified, look in that location for an Vivado export to SDK directory


iwin@ubuntu: ~/zynq_switch/zbox
iwin@ubuntu:~$ ls
Desktop Downloads Music Public Videos
Documents examples.desktop Pictures Templates
iwin@ubuntu:~$ ls
Desktop Downloads Music Public Videos
Documents examples.desktop Pictures Templates zynq_switch
iwin@ubuntu:~$ cd zynq_switch
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ source /opt/pkg/petalinux/settings.sh
PetaLinux environment set to '/opt/pkg/petalinux'
WARNING: /bin/sh is not bash!
bash is PetaLinux recommended shell. Please set your default shell to bash.
INFO: Checking free disk space
INFO: Checking installed tools
INFO: Checking installed development libraries
INFO: Checking network and other services
WARNING: No tftp server found - please refer to "PetaLinux SDK Installation Guid
e" for its impact and solution
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ ls
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ ls
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ petalinux-create --type project --template zynq --nam
e zbox
INFO: Create project: zbox
INFO: New project successfully created in /home/iwin/zynq_switch/zbox
iwin@ubuntu:~/zynq_switch$ cd zbox

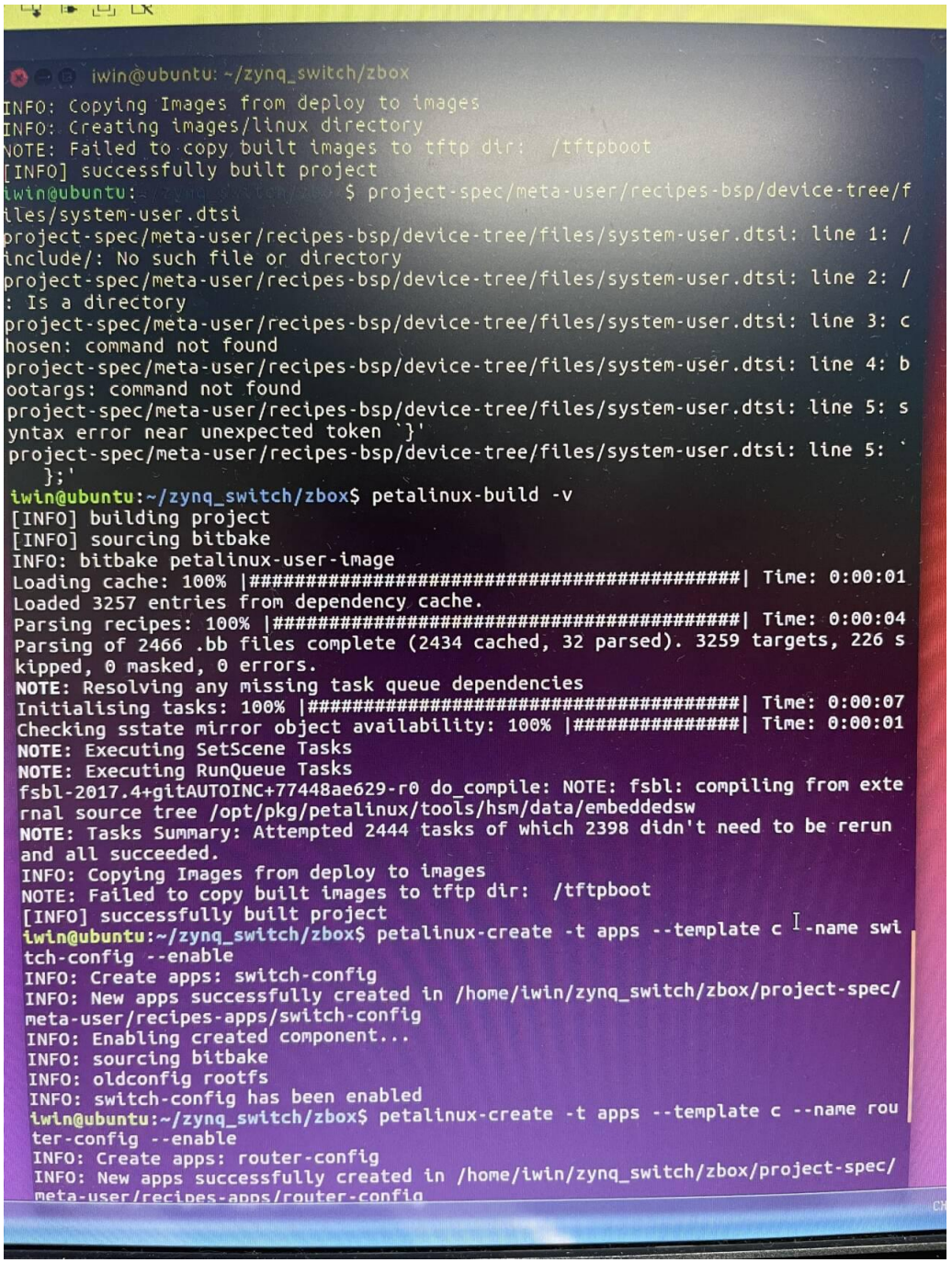

iwin@ubuntu: ~/zynq_switch/zbox
iwin@ubuntu: $ cd ..
iwin@ubuntu: $ ls
iwin@ubuntu: $ cd zbox/
iwin@ubuntu: $ petalinux-config --get-hw-description="../zynq_n
ic_wrapper_hw_platform_0"
INFO: Getting hardware description...
[INFO] generating Kconfig for project
[INFO] menuconfig project
/home/iwin/zynq_switch/zbox/build/misc/config/Kconfig.syshw:30:warning: defaults
for choice values not supported
/home/iwin/zynq_switch/zbox/build/misc/config/Kconfig:568:warning: config symbol
defined without type
*** End of the configuration.
*** Execute 'make' to start the build or try 'make help'.
[INFO] sourcing bitbake
[INFO] generating plnxtool conf
[INFO] generating meta-plnx-generated layer
~/zynq_switch/zbox/build/misc/plnx-generated ~/zynq_switch/zbox
~/zynq_switch/zbox
[INFO] generating machine configuration
[INFO] generating bbappends for project . This may take time !
~/zynq_switch/zbox/build/misc/plnx-generated ~/zynq_switch/zbox
~/zynq_switch/zbox
[INFO] generating u-boot configuration files
[INFO] generating kernel configuration files
[INFO] generating kconfig for Rootfs
Generate rootfs kconfig
[INFO] oldconfig rootfs
[INFO] generating petalinux-user-image.bb
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-config -c kernel
[INFO] generating Kconfig for project
[INFO] sourcing bitbake
[INFO] generating plnxtool conf
[INFO] generating meta-plnx-generated layer
~/zynq_switch/zbox/build/misc/plnx-generated ~/zynq_switch/zbox
~/zynq_switch/zbox
[INFO] generating machine configuration
[INFO] configuring: kernel
[INFO] generating kernel configuration files
[INFO] bitbake virtual/kernel -c menuconfig
Parsing recipes: 100% |##| Time: 0:02:06
Parsing of 2466 .bb files complete (0 cached, 2466 parsed). 3259 targets, 226 sk

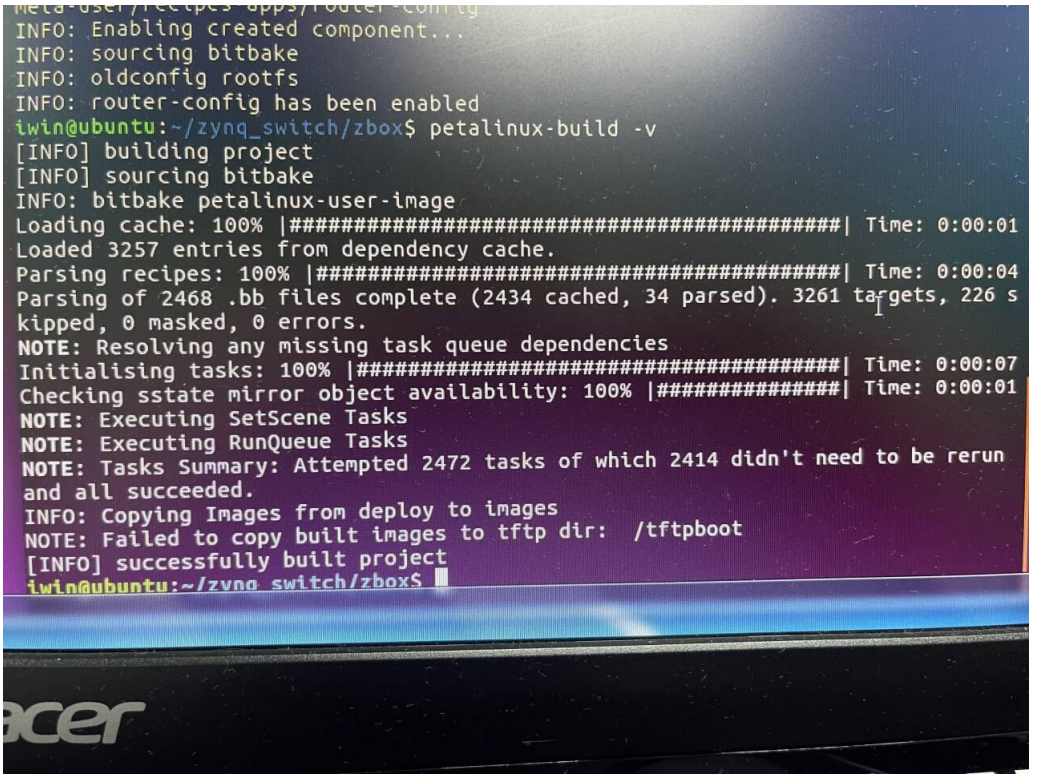

iwin@ubuntu: ~/zynq_switch/zbox
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks: 100% |#####| Time: 0:00:05
NOTE: Executing RunQueue Tasks
NOTE: Tasks Summary: Attempted 2 tasks of which 0 didn't need to be rerun and al
l succeeded.
Parsing recipes: 100% |#####| Time: 0:02:08
Parsing of 2466 .bb files complete (0 cached, 2466 parsed). 3259 targets, 226 sk
ipped, 0 masked, 0 errors.
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks: 100% |#####| Time: 0:00:06
Checking sstate mirror object availability: 100% |#####| Time: 0:00:00
NOTE: Executing SetScene Tasks
NOTE: Executing RunQueue Tasks
NOTE: Tasks Summary: Attempted 318 tasks of which 302 didn't need to be rerun an
d all succeeded.
bitbake -c diffconfig virtual/kernel
Loading cache...done.
Loaded 3257 entries from dependency cache.
Parsing recipes...done.
Parsing of 2466 .bb files complete (2434 cached, 32 parsed). 3259 targets, 226 s
kipped, 0 masked, 0 errors.
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks...done.
NOTE: Executing SetScene Tasks
NOTE: Executing RunQueue Tasks
NOTE: Running task 22 of 22 (/opt/pkg/petalinux/components/yocto/source/arm/laye
rs/meta-xilinx/recipes-kernel/linux/linux-xlnx_4.9.bb:do_diffconfig)
NOTE: recipe linux-xlnx-4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0: task do_dif
fconfig: Started
linux-xlnx-4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0 do_diffconfig: Config fra
gment has been dumped into:
/home/iwin/zynq_switch/zbox/build/tmp/work/plnx_arm-xilinx-linux-gnueabi/linux-
xlnx/4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0/fragment.cfg
NOTE: recipe linux-xlnx-4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0: task do_dif
fconfig: Succeeded
NOTE: Tasks Summary: Attempted 22 tasks of which 21 didn't need to be rerun and
all succeeded.
generate_bbappend /home/iwin/zynq_switch/zbox/build/tmp/work/plnx_arm-xilinx-lin
ux-gnueabi/linux-xlnx/4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0/user_2023-11-1
7-03-47-00.cfg /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/
recipetool appendsrcfile -wW /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/
virtual/kernel /home/iwin/zynq_switch/zbox/build/tmp/work/plnx_arm-xilinx-linux
-gnueabi/linux-xlnx/4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0/user_2023-11-17-
03-47-00.cfg
NOTE: Writing append file /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/rec
ipes-kernel/linux/linux-xlnx_%.bbappend
NOTE: Copying /home/iwin/zynq_switch/zbox/build/tmp/work/plnx_arm-xilinx-linux-g
nueabi/linux-xlnx/4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0/user_2023-11-17-03
-47-00.cfg to /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/recipes-kernel/


iwin@ubuntu: ~/zynq_switch/zbox
03-47-00.cfg
NOTE: Writing append file /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/recipes-kernel/linux/linux-xlnx_%.bbappend
NOTE: Copying /home/iwin/zynq_switch/zbox/build/tmp/work/plnx_arm-xilinx-linux-gnueabi/linux-xlnx/4.9-xilinx-v2017.4+gitAUTOINC+b450e900fd-r0/user_2023-11-17-03-47-00.cfg to /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/recipes-kernel/linux/linux-xlnx/user_2023-11-17-03-47-00.cfg
Loading cache: 100% |#########| Time: 0:00:01
Loaded 3257 entries from dependency cache.
Parsing recipes: 100% |#########| Time: 0:00:03
Parsing of 2466 .bb files complete (2433 cached, 33 parsed). 3259 targets, 226 skipped, 0 masked, 0 errors.
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks: 100% |#########| Time: 0:00:03
NOTE: Executing RunQueue Tasks
NOTE: Tasks Summary: Attempted 2 tasks of which 0 didn't need to be rerun and all succeeded.
[INFO] successfully configured kernel
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-build -v
[INFO] building project
[INFO] sourcing bitbake
INFO: bitbake petalinux-user-image
Loading cache: 100% |#########| Time: 0:00:01
Loaded 3257 entries from dependency cache.
Parsing recipes: 100% |#########| Time: 0:00:03
Parsing of 2466 .bb files complete (2434 cached, 32 parsed). 3259 targets, 226 skipped, 0 masked, 0 errors.
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks: 100% |#########| Time: 0:00:06
Checking sstate mirror object availability: 100% |#########| Time: 0:00:04
NOTE: Executing SetScene Tasks
NOTE: Executing RunQueue Tasks
fsbl-2017.4+gitAUTOINC+77448ae629-r0 do_compile: NOTE: fsbl: compiling from external source tree /opt/pkg/petalinux/tools/hsm/data/embeddedsw
NOTE: Tasks Summary: Attempted 2444 tasks of which 1884 didn't need to be rerun and all succeeded.
INFO: Copying Images from deploy to images
INFO: Creating images/linux directory
NOTE: Failed to copy built images to tftp dir: /tftpboot
[INFO] successfully built project
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 1: /include/: No such file or directory
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 2: /: Is a directory
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 3: chosen: command not found
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 4: bootargs: command not found
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 5: syntax error near unexpected token `}'

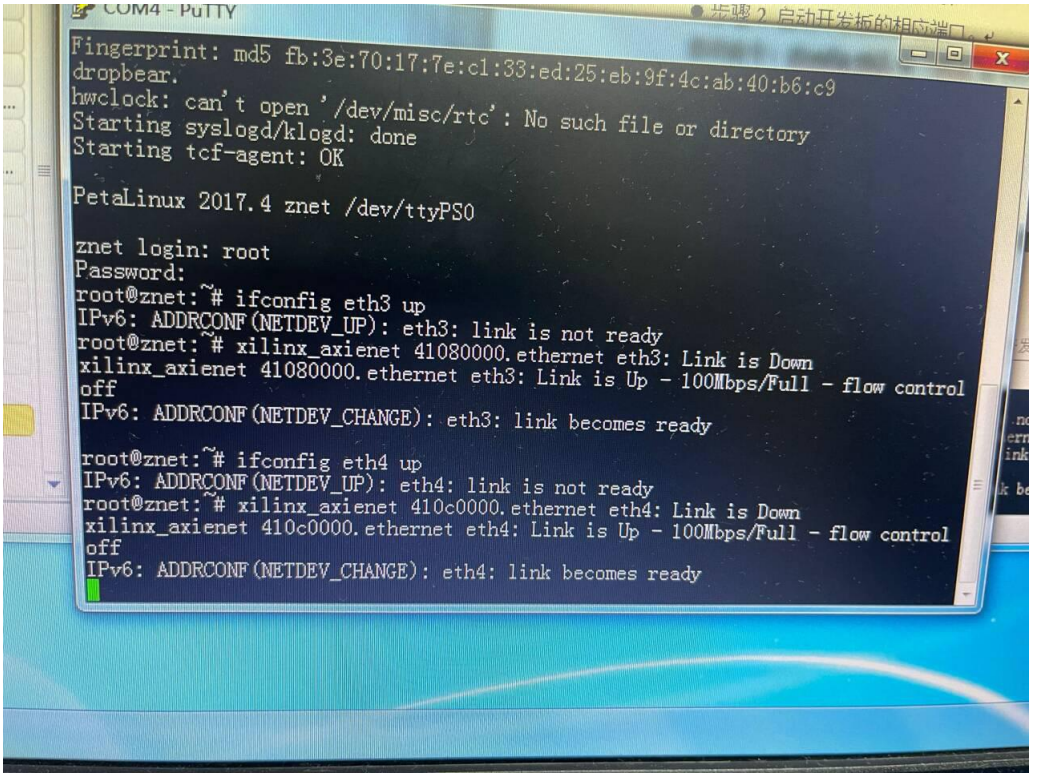

project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 3: c
hosen: command not found
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 4: b
ootargs: command not found
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 5: s
yntax error near unexpected token `}'
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 5: `
};'
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-build -v
[INFO] building project
[INFO] sourcing bitbake
INFO: bitbake petalinux-user-image
Loading cache: 100% |##| Time: 0:00:01
Loaded 3257 entries from dependency cache.
Parsing recipes: 100% |##| Time: 0:00:04
Parsing of 2466 .bb files complete (2434 cached, 32 parsed). 3259 targets, 226 s
kipped, 0 masked, 0 errors.
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks: 100% |###| Time: 0:00:07
Checking sstate mirror object availability: 100% |#################| Time: 0:00:01
NOTE: Executing SetScene Tasks
NOTE: Executing RunQueue Tasks
fsbl-2017.4+gitAUTOINC+77448ae629-r0 do_compile: NOTE: fsbl: compiling from exte
rnal source tree /opt/pkg/petalinux/tools/hsm/data/embeddedsw
NOTE: Tasks Summary: Attempted 2444 tasks of which 2398 didn't need to be rerun
and all succeeded.
INFO: Copying Images from deploy to images
NOTE: Failed to copy built images to tftp dir: /tftpboot
[INFO] successfully built project
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$

2. 创建编译交换机应用

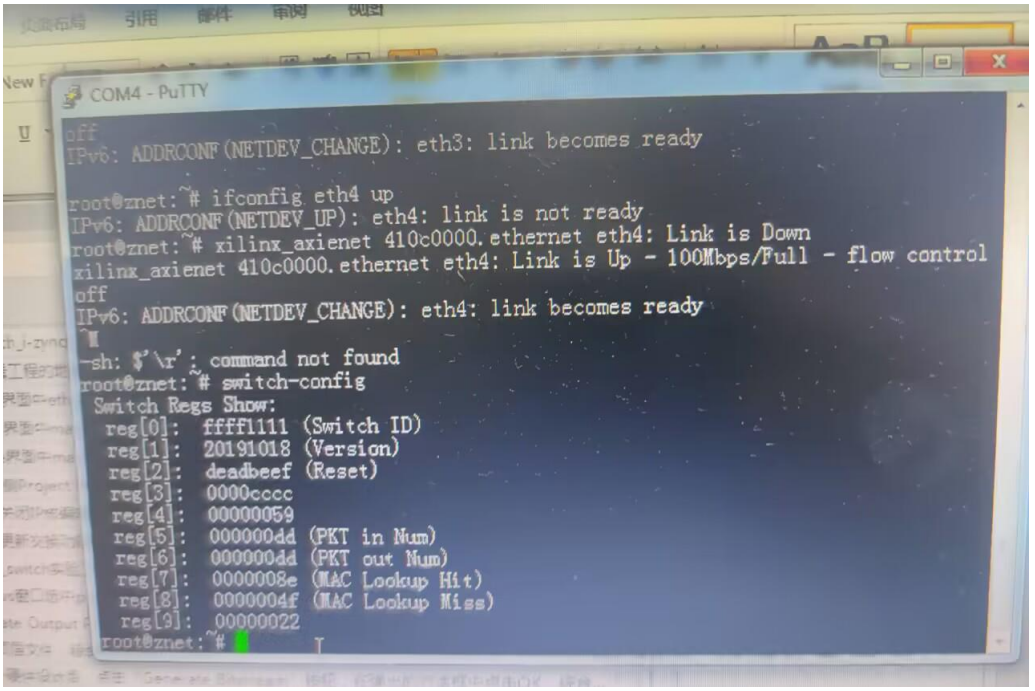

iwin@ubuntu: ~/zynq_switch/zbox
INFO: Copying Images from deploy to images
INFO: Creating images/linux directory
NOTE: Failed to copy built images to tftp dir: /tftpboot
[INFO] successfully built project
iwin@ubuntu: $ project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 1: /include/: No such file or directory
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 2: /: Is a directory
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 3: chosen: command not found
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 4: bootargs: command not found
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 5: syntax error near unexpected token `}'
project-spec/meta-user/recipes-bsp/device-tree/files/system-user.dtsi: line 5: `};'
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-build -v
[INFO] building project
[INFO] sourcing bitbake
INFO: bitbake petalinux-user-image
Loading cache: 100% |###| Time: 0:00:01
Loaded 3257 entries from dependency cache.
Parsing recipes: 100% |###| Time: 0:00:04
Parsing of 2466 .bb files complete (2434 cached, 32 parsed). 3259 targets, 226 skipped, 0 masked, 0 errors.
NOTE: Resolving any missing task queue dependencies
Initialising tasks: 100% |#####################################| Time: 0:00:07
Checking sstate mirror object availability: 100% |#############| Time: 0:00:01
NOTE: Executing SetScene Tasks
NOTE: Executing RunQueue Tasks
fsbl-2017.4+gitAUTOINC+77448ae629-r0 do_compile: NOTE: fsbl: compiling from external source tree /opt/pkg/petalinux/tools/hsm/data/embeddedsw
NOTE: Tasks Summary: Attempted 2444 tasks of which 2398 didn't need to be rerun and all succeeded.
INFO: Copying Images from deploy to images
NOTE: Failed to copy built images to tftp dir: /tftpboot
[INFO] successfully built project
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-create -t apps --template c -name switch-config --enable
INFO: Create apps: switch-config
INFO: New apps successfully created in /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/recipes-apps/switch-config
INFO: Enabling created component...
INFO: sourcing bitbake
INFO: oldconfig rootfs
INFO: switch-config has been enabled
iwin@ubuntu:~/zynq_switch/zbox$ petalinux-create -t apps --template c --name router-config --enable
INFO: Create apps: router-config
INFO: New apps successfully created in /home/iwin/zynq_switch/zbox/project-spec/meta-user/recipes-apps/router-config



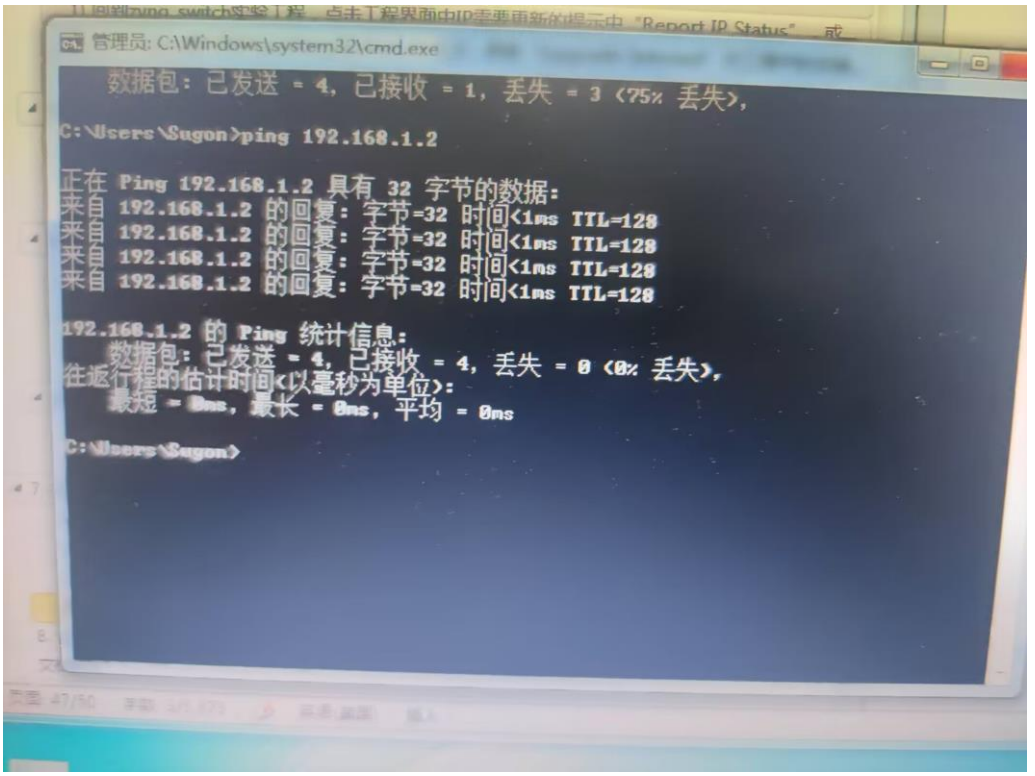
3. 启动开发板 eth3 和 eth4 端口



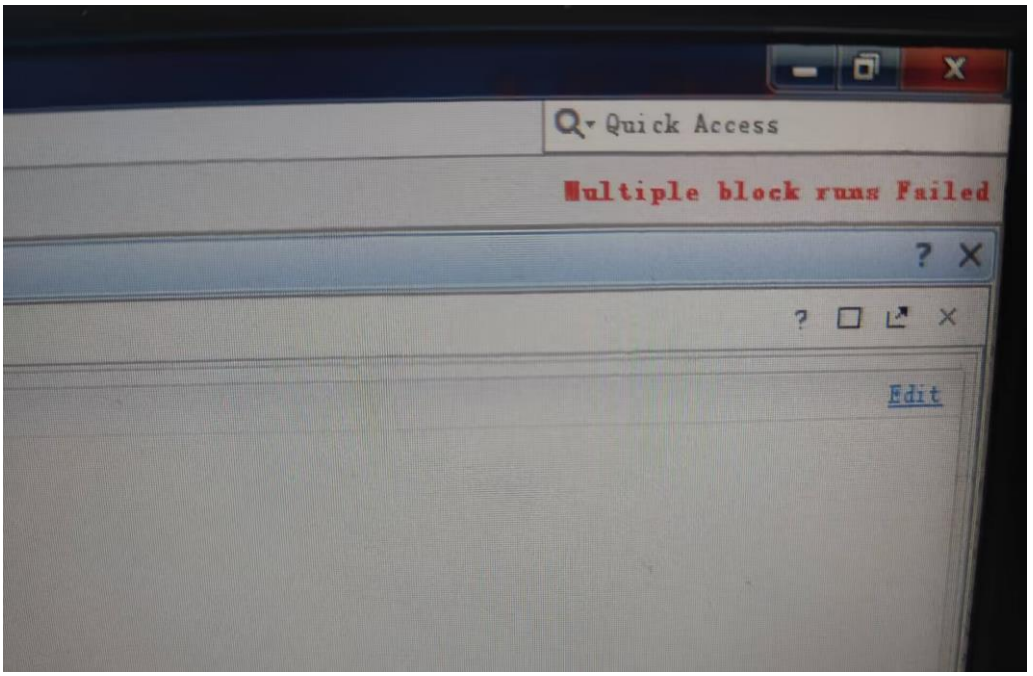
4. 查询交换机寄存器，查询交换机查找表，配置交换机查找表。



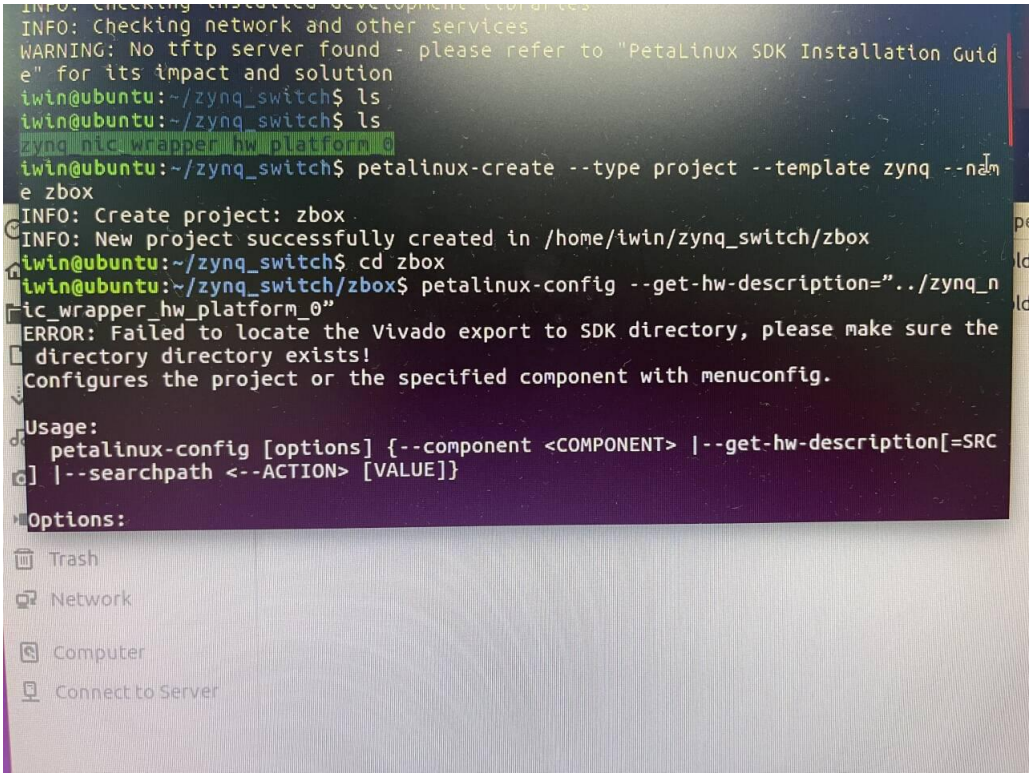
5. 两台主机之间互 ping 成功



6. 生成比特文件时候由于有中文路径报错



7. 输入指令中引号为中文字符导致错误



8. 总结

这次实验的内容是设计与实现一个真实的交换机系统，同时验证交换机的基础功能，相比之前两次实验难度和工作量都有所提升。实验难度方面，还好有写得很详细的实验指导书,可以一步步按着指导来,并且遇到解决不了的问题也有助教和老师的帮助。工作量方面，这次实验步骤比较多，主要是生成 boot.bin 和 image.ub 文件，并且其中某些步骤的执行需要等待几十分钟，所以我们小组进行了分工，3 个人生成 boot.bin 文件，2 个人生成 image.ub 文件，两队同步进行。这样大大节省了时间，很巧的是最后我们两队几乎同时完成了任务,此外这样合理分配任务也可以避免因为太多人做一个任务而导致有人摸鱼。实验中我们都遇到了不少问题，有中文路径，中文字符，文件生成位置选择错误，电脑端口失效等等。最后在连板子时发现板子的蓝灯一直不亮，检查发现生成的 boot.bin 文件有问题，替换后连接正常。验证过程也是一波三折，好在最后还是验证成功，两台主机在我们实现的交换机下成功连通。