

# 浙江大学

## 本科实验报告

课程名称:	计算机网络基础
实验名称:	使用三层交换机组网
姓 名:	
学 院:	计算机学院
系:	计算机科学与技术
专 业:	计算机科学与技术
学 号:	
指导教师:	黄正谦

2021 年 11 月 25 日

# 浙江大学实验报告

## 一、实验目的

1. 掌握并比较两种 VLAN 间数据交换的方法。
2. 学习如何配置子接口；
3. 学习掌握三层交换机的工作原理；
4. 学习如何配置三层交换机；

## 二、实验内容

由于二层交换机不转发不同 VLAN 间的数据，所以有 2 种方式让不同 VLAN 的 PC 能够相互通信。第一种方式称为单臂路由器，是利用路由器的子接口功能，将路由器的物理接口逻辑上分为多个子接口，每个子接口属于不同的 VLAN，能够接收到不同的 VLAN 数据，然后在路由器内部通过第三层进行数据交换，实现 VLAN 间通信。第二种方式是采用三层交换机，是将二层交换机的功能加入了三层路由功能的做法。实验分为两部分，将分别按照两种方式进行。

## 三、主要仪器设备

PC 机、路由器、Console 连接线、直联网络线、交叉网络线

（可以使用模拟器完成）

## 四、操作方法与实验步骤

### Part 1. 单臂路由

- 将 2 台 PC（PC1、PC2）和一台路由器都连接到一台 **二层交换机**；
- 在交换机上增加 1 个 VLAN，并使得 2 台 PC 所连端口分别属于 2 个 VLAN。给 2 个 PC 配置不同子网的 IP 地址；
- 将二层交换机和路由器连接的端口配置成 VLAN Trunk 模式；
- 在路由器连接交换机的端口上创建 2 个子接口，并配置子接口所属的 VLAN，分别给 2 个子接口配置 IP 地址，并激活端口；
- 将 2 台 PC 的默认网关分别设置为路由器的 2 个子接口的 IP 地址；
- 测试 2 台 PC 能否互相 Ping 通。

### Part 2. 三层交换

- 将第一部分的路由器删除后，将二层交换机和一台三层交换机连接，并新增 2 台 PC（PC3、PC4）直接连接到三层交换机；
- 在三层交换机上增加 1 个 VLAN，并使得 PC3、PC4 所连端口分别属于 2 个 VLAN。给这 2 个 VLAN 接口配置 IP 地址，并启用路由功能；
- 给 PC3、PC4 配置所在 VLAN 内的合适 IP 地址，并将 2 台 PC 的默认网关分别设置为三层交换机 2 个 VLAN 接口的 IP 地址；
- 测试 PC3、PC4 能否互相 Ping 通。
- 测试不同交换机上的 PC 间（如 PC1、PC3）能否互相 Ping 通。

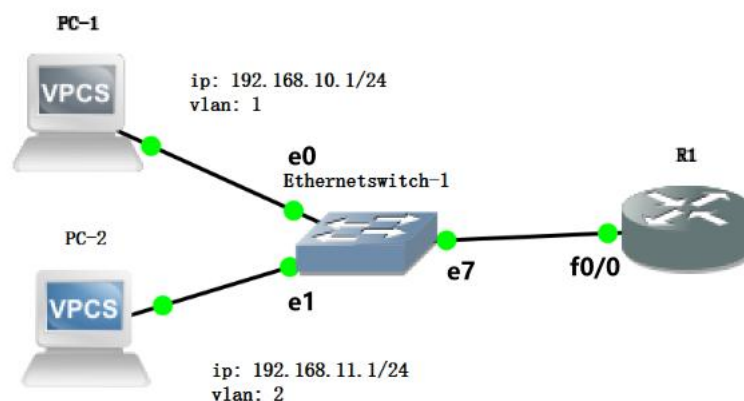
## 五、 实验数据记录和处理

以下实验记录均需结合屏幕截图进行文字标注和描述，图片应大小合适、关键部分清晰可见，可直接在图片上进行标注，也可以单独用文本进行描述。

### -----Part 1 单臂路由-----

1. 将 2 台 PC 和一台路由器都连接到一台二层交换机，在交换机上增加 1 个 VLAN，并使得 2 台 PC 所连端口分别属于 2 个 VLAN。给 2 个 PC 分配不同子网的 IP 地址。

Port	VLAN	Type	EtherType
0	1	access	
1	2	access	
2	1	access	
3	1	access	
4	1	access	
5	1	access	
6	1	access	
7	1	access	



## 2. 验证两个 PC 之间能否 Ping 通（不同的 VLAN 之间不通）

可以看到不通

```
PC-2>
PC-2> ping 192.168.10.1
host (192.168.11.10) not reachable
```

```
PC-1>
PC-1> ping 192.168.11.1
192.168.11.1 icmp_seq=1 timeout
192.168.11.1 icmp_seq=2 timeout
192.168.11.1 icmp_seq=3 timeout
192.168.11.1 icmp_seq=4 timeout
192.168.11.1 icmp_seq=5 timeout
```

（做此步时我已经给路由器的 fa0/0 配置成了 PC1 的默认路由器 ip，因此没有显示 host not reachable。为了后续实验，这一步之后我把该端口的 ip 取消了）

## 3. 将二层交换机和路由器连接的端口配置成 VLAN Trunk 模式（使用 GNS3 的内建交换机模块时，请参考指南“十四、二层交换机”进行配置并截图，使用实际设备时，请参考“实验 1”进行配置并截图）。

配置截图（输入的命令或配置界面，换成你自己的）：

Ethernetswitch-1 configuration

General

Name: Ethernetswitch-1

Settings

Port: 7

VLAN: 1

Type: dot1q

QinQ EtherType: 0x8100

Ports

Port	VLAN	Type	EtherType
0	1	access	
1	2	access	
2	1	access	
3	1	access	
4	1	access	
5	1	access	
6	1	access	
7	1	dot1q	

Add Delete

## 4. 连接路由器的 Console 口，进入路由器的配置模式。在路由器连接交换机的端口上创建 2 个子接口（命令：interface <type> <slot/unit.sub>，例如 interface e0/1.1），并配置子接口

所属的 VLAN（命令：encapsulation dot1q VLAN 编号），然后使用与 2 台 PC 一致的子网，分别给 2 个子接口配置 IP 地址，最后激活端口（命令：no shutdown）

输入的命令，保留命令前面的提示符，如 R1(config)#:

R1#enab

R1#conf t

R1(config-if)#int fa0/0.1

R1(config-subif)#encap

R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1

R1(config-subif)#ip add 192.168.10.10 255.255.255.0

R1(config-subif)#no shut

R1(config-subif)#int fa0/0.2

R1(config-subif)#encap dot1q 2

R1(config-subif)#ip add 192.168.11.10 255.255.255.0

R1(config-subif)#no shut

5. 按照前述拓扑图，给 PC 配置 IP 地址，并将默认路由器地址（gateway）按照所属 VLAN，分别设置为路由器的 2 个子接口的 IP 地址。

我在第一步配置 PC 的 ip 时即已经确认好了 PC 的默认路由器 ip 和子端口的 ip 一致，因此这里以文字形式给出配置命令。结果用 show 展示。

PC1:

ip 192.168.10.1 255.255.255.0 192.168.10.10

```
PC-1> show
```

NAME	IP/MASK	GATEWAY	MAC	LPORT	RHOST:PORT
PC-1	192.168.10.1/24	192.168.10.10	00:50:79:66:68:00	10008	127.0.0.1:10009
	fe80::250:79ff:fe66:6800/64				

PC2:

ip 192.168.11.1 255.255.255.0 192.168.11.10

```
PC-2> show
```

NAME	IP/MASK	GATEWAY	MAC	LPORT	RHOST:PORT
PC-2	192.168.11.1/24	192.168.11.10	00:50:79:66:68:01	10010	127.0.0.1:10011
	fe80::250:79ff:fe66:6801/64				

6. 测试 2 台 PC 能否 Ping 通各自的路由器子接口地址

结果截图（换成你自己的）：



```
PC-1> ping 192.168.10.10
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=13.227 ms
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=16.384 ms
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=16.033 ms
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=15.408 ms
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=15.856 ms
```

```
PC-2> ping 192.168.11.10
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=9.054 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=12.747 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=11.146 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=6.528 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=8.606 ms
```

## 7. 测试 2 台 PC 能否互相 Ping 通

```
PC-2> ping 192.168.10.1
192.168.10.1 icmp_seq=1 timeout
192.168.10.1 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=31.964 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=32.484 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=31.316 ms
```

```
PC-2> ping 192.168.10.1
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=16.173 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=20.850 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.217 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=19.867 ms
84 bytes from 192.168.10.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=19.668 ms
```

```
PC-1> ping 192.168.11.1
84 bytes from 192.168.11.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=24.779 ms
84 bytes from 192.168.11.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=21.985 ms
84 bytes from 192.168.11.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=22.283 ms
84 bytes from 192.168.11.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=30.539 ms
84 bytes from 192.168.11.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=32.035 ms
```

## 8. 记录路由器的路由表内容（命令：show ip route）

结果截图（换成你自己的）：

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.1
C    192.168.11.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.2
R1#
```

## 9. 记录路由器上的运行配置（命令：show running-config），复制粘贴本节相关的文本（完整的内容请放在文件中，命名为 R1.txt）。

```

R1#show running-config
Building configuration...

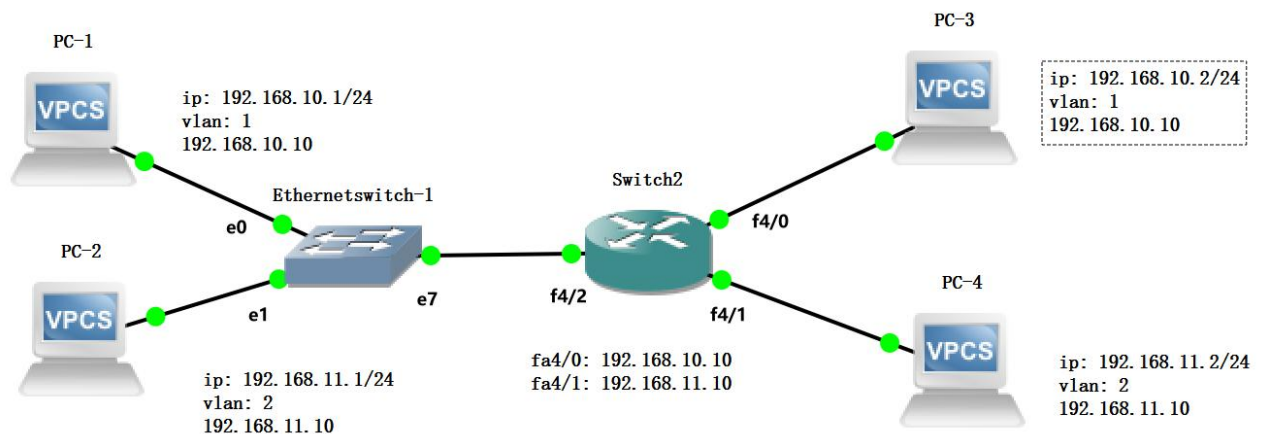
Current configuration : 1569 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname R1
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
memory-size iomem 5

```

## ----Part 2 三层交换----

1. 将第一部分的路由器删除后，将二层交换机和一台三层交换机连接（使用 GNS3 模拟时，请参见指南中“十五、使用路由器模拟三层交换机”的具体步骤，创建一个三层交换机设备），并新增 2 台 PC（PC3、PC4）直接连接到三层交换机，标记各设备的 IP 地址和 VLAN（给 PC3、PC4 分配所在 VLAN 内的合适 IP 地址）：

拓扑图参考，请替换成实际使用的：



2. 在三层交换机上增加 1 个 VLAN，并使得 2 台 PC 所连端口分别属于 2 个 VLAN。

输入的命令，保留命令前面的提示符，如 Switch2#:

Switch2#vlan data

Switch2#vlan database

Switch2(vlan)#vlan 2

VLAN 2 added:

Name: VLAN0002

Switch2(vlan)#exit

APPLY completed.

Exiting....

Switch2#conf t

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

Switch2(config)#int f4/1

Switch2(config-if)#switch access vlan 2

Switch2(config-if)#exit

Switch2(config)#exit

配置的结果（换成你自己的，命令 show vlan 或者 show vlan-switch）：

```
Switch2#show vlan-swit
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa4/0, Fa4/2, Fa4/3, Fa4/4 Fa4/5, Fa4/6, Fa4/7, Fa4/8 Fa4/9, Fa4/10, Fa4/11, Fa4/12 Fa4/13, Fa4/14, Fa4/15
2	VLAN0002	active	Fa4/1
1002	fddi-default	active	
1003	token-ring-default	active	
1004	fddinet-default	active	
1005	trnet-default	active	

VLAN	Type	SAID	MTU	Parent	RingNo	BridgeNo	Stp	BrdgMode	Trans1	Trans2
1	enet	100001	1500	-	-	-	-	-	1002	1003
2	enet	100002	1500	-	-	-	-	-	0	0
1002	fddi	101002	1500	-	-	-	-	-	1	1003
1003	tr	101003	1500	1005	0	-	-	srb	1	1002
1004	fdnet	101004	1500	-	-	1	ibm	-	0	0
1005	trnet	101005	1500	-	-	1	ibm	-	0	0

3. 给 2 个 VLAN 接口配置 IP 地址（命令：interface vlan VLAN 编号，ip address IP 地址）

输入的命令，保留命令前面的提示符，如 Switch2#:

Switch2#ena

Switch2#conf t

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

Switch2(config)#int vlan 1

Switch2(config-if)#ip add 192.168.10.10 255.255.255.0



Switch2(config-if)#int vlan 2

Switch2(config-if)#ip add 192.168.11.10 255.255.255.0

4. 在三层交换机上启用路由功能（命令：ip routing）（在 GNS3 上用路由器模拟三层交换机时，此步骤不需要）
5. 按照前述拓扑图，给 PC3、PC4 配置 IP 地址，并将 PC3、PC4 的默认路由器分别设置为三层交换机 2 个 VLAN 接口的 IP 地址。

```
PC-3>
PC-3> ip 192.168.10.2 255.255.255.0 192.168.10.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.10.2 255.255.255.0 gateway 192.168.10.10
```

```
PC-3> █
```

```
PC-4>
PC-4> ip 192.168.11.2 255.255.255.0 192.168.11.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.11.2 255.255.255.0 gateway 192.168.11.10
```

```
PC-4> █
```

6. 测试 PC3、PC4 能否 Ping 通各自的 VLAN 接口地址

结果截图（换成你自己的）：

```
PC-3> ping 192.168.10.10
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=299.837 ms
192.168.10.10 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=914.818 ms
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=946.002 ms
84 bytes from 192.168.10.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=927.063 ms
```

```
PC-4> ping 192.168.11.10
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=480.726 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=901.653 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=862.559 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=865.520 ms
84 bytes from 192.168.11.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=715.399 ms
```

```
PC-4> █
```

7. 测试 PC3、PC4 能否互相 Ping 通。

```
PC-4> ping 192.168.10.2
192.168.10.2 icmp_seq=1 timeout
192.168.10.2 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.10.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=48.578 ms
84 bytes from 192.168.10.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=32.388 ms
84 bytes from 192.168.10.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=32.695 ms
PC-4>
```

8. 测试不同交换机上属于不同 VLAN 的 PC 间的连通性（如 PC1->PC4, PC2->PC3）

结果截图（换成你自己的）：

PC1→PC4

```
PC-1>
PC-1> ping 192.168.11.2
84 bytes from 192.168.11.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=29.819 ms
84 bytes from 192.168.11.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=13.947 ms
84 bytes from 192.168.11.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=17.168 ms
84 bytes from 192.168.11.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=16.304 ms
84 bytes from 192.168.11.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=13.842 ms
PC-1>
```

PC2→PC3

```
PC-2>
PC-2> ping 192.168.10.2
host (192.168.11.10) not reachable
PC-2>
```

9. 如果有些 PC 之间是不能 Ping 通的，思考一下是什么原因造成的。接下来在三层交换机上把与二层交换机互联的端口设置成 Trunk 模式。

输入的命令，保留命令前面的提示符，如 Switch2#：

Switch2#ena

Switch2#conf t

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

Switch2(config)#int f4/2

Switch2(config-if)#switch trunk encapsulation dot1q

Switch2(config-if)#switch mode trunk

Switch2(config-if)#no shut

10. 再次测试之前不通的 PC 间的连通性。

结果截图（换成你自己的）：

PC2→PC3

```
PC-2> ping 192.168.10.2
192.168.10.2 icmp_seq=1 timeout
192.168.10.2 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.10.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=15.815 ms
84 bytes from 192.168.10.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=18.663 ms
84 bytes from 192.168.10.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=12.599 ms

PC-2> █
```

## 11. 显示三层交换机上的路由信息

结果截图（换成你自己的）：

```
Switch2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    192.168.10.0/24 is directly connected, Vlan1
C    192.168.11.0/24 is directly connected, Vlan2
Switch2# █
```

## 12. 记录三层交换机上的当前运行配置，复制粘贴本节相关的文本（完整的内容请放在文件中，命名为 S2.txt）。

（此处示例是截图形式，应换成文本形式）

```
interface FastEthernet4/10
!
interface FastEthernet4/11
!
interface FastEthernet4/12
!
interface FastEthernet4/13
!
interface FastEthernet4/14
!
interface FastEthernet4/15
!
interface Vlan1
 ip address 192.168.10.10 255.255.255.0
!
interface Vlan2
 ip address 192.168.11.10 255.255.255.0
!
!
ip forward-protocol nd
!
!
no ip http server
no ip http secure-server
```

## 六、实验结果与分析

根据你观察到的实验数据和对实验原理的理解，分别解答以下问题：

1. 为什么路由器的端口可以配置 IP 地址，而三层交换机的端口跟二层交换机一样不能配置 IP 地址？

路由器是三层设备，它工作于网络层，每台连接在网络中的设备都需要有一个唯一的 IP 地址，所以路由器得端口需要有一个 IP 地址才能在网络层正常工作。

而三层交换机是具有部分路由功能的交换机，其物理端口默认是二层端口，只具有二层特性，不能配置 IP 地址。把二层端口配置为三层端口后，该端口就具备路由功能了，可以配置 IP 地址，但同时也就关闭了其二层特性，比如不能把三层端口加入 VLAN。实验采取的方法是：先给三层交换机分配 vlan，再给 vlan 配置 ip，而不是直接给三层交换机的物理端口分配 ip。

2. 本实验中为什么要用子接口？有什么好处？使用物理接口可以吗？

子接口可以在逻辑上设置更多接口，在一个物理接口上实现多个 vlan 的相互通信，因此实验中只需要一根线即可实现多个 vlan 下的 PC 通信。如果只用一个物理接口，就需要为每一个 vlan 都连一根线，为每一个 vlan 分配物理端口，开销较大。

3. 直连三层交换机的 PC 的默认路由器地址应该设为什么？

PC 连接到该交换机的端口的 IP 地址，即网关

4. 三层交换机和二层交换机互联时，连在二层交换机上 VLAN 2 的 PC 为什么 Ping 不通连在三层交换机上 VLAN 1 的 PC？

因为三层交换机上的该端口没有设置成 trunk 模式，不允许不同 vlan 通信

5. Ping 测试时，为什么一开始有几次不通，后面又通了？

交换机接收到第一个包时还没有学习到目标地址的 MAC 地址，因此需要广播寻找；目标接收到包后再发送响应。这一过程耗时较长，超过了 ping 命令设置的阈，因此被判定超时。但是之后，交换机的 MAC 地址表有了目标的 MAC 地址，直接进行转发，耗时断，因此被判定通了。

6. 既然路由器可以实现 VLAN 间数据交换，为何还要设计三层交换机呢？

三层交换机的主要功能是提供快速数据交换，以满足局域网数据的频繁交换；路由器的主要功能是连接不同的网络，接口类型丰富。数据包通过路由器的速度比交换机慢，转发效率比较低；如果多个 vlan 通信使用一个路由器，交换机和路由器之间的链路会成为瓶颈。采用三层交换机能提高转发速度，并解决瓶颈问题。

## 七、 讨论、心得

在完成本实验后，你可能会会有很多待解答的问题，你可以把它们记在这里，接下来的学习中，你也许会逐渐得到答案的，同时也可以让老师了解到你有哪些困惑，老师在课堂可以安排针对性地解惑。等到课程结束后，你再回头看看这些问题时你或许会有不同的见解：

做三层交换，PC3 和 PC4 在 ping 网关时很容易超时，五个包会出现部分有回应部分超时的情况。接收到回应的 latency 基本都在 700ms 到 900ms。但是几个 PC 之间互相 ping 的时候 latency 又很短(<100ms)。上网查了一下还是不太清楚为什么会这样。

在实验过程中你可能会遇到的困难，并得到了宝贵的经验教训，请把它们记录下来，提供给其他人参考吧：

如果遇到 ping 不通的情况，可以保存配置然后 reload

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

可以配一些参考资料，比如 packettracer 和 gns3 的常见问题