

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:	鲍奕帆
学 院:	计算机学院
系:	计算机科学与技术系
专 业:	计算机科学与技术
学 号:	3180103499
指导教师:	张泉方

2020 年 10 月 31 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。

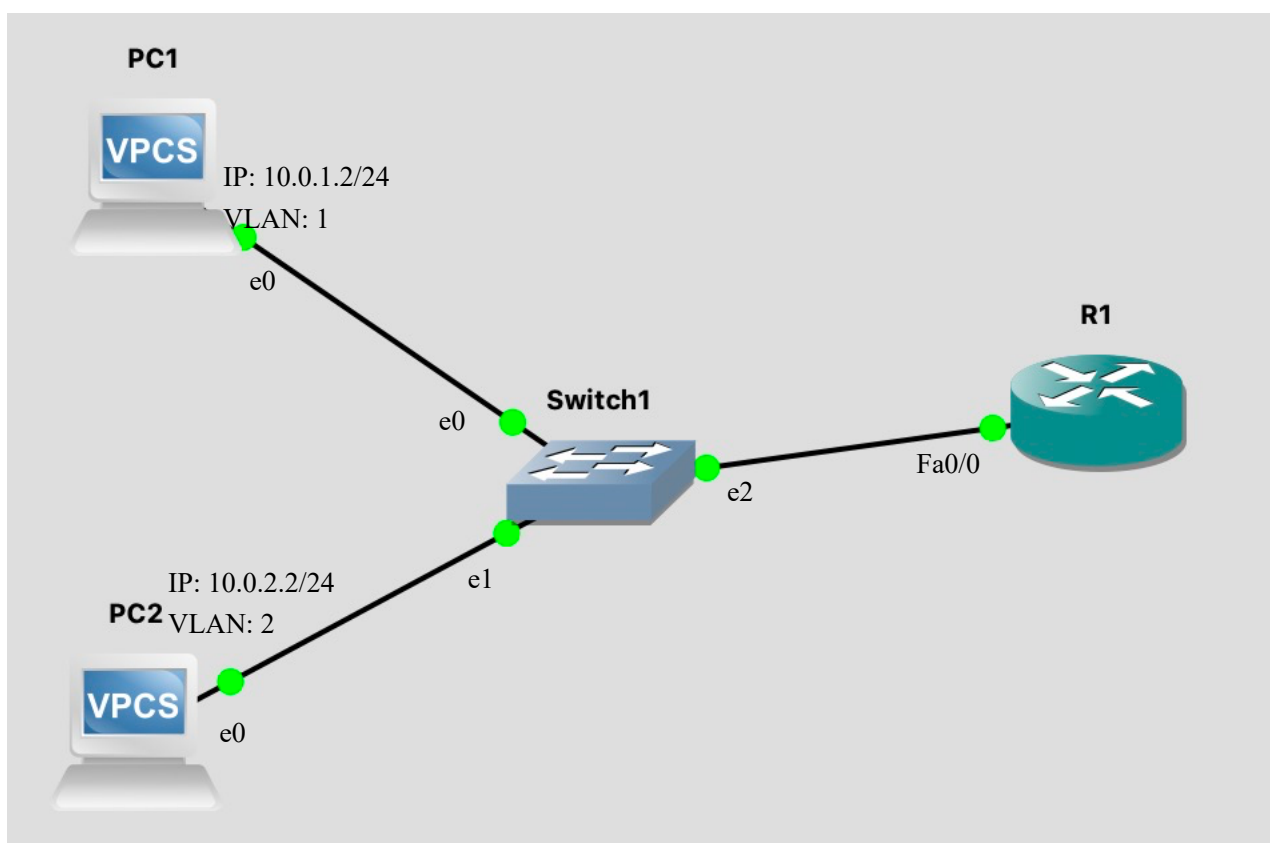
五、实验数据记录和处理

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。

实验拓扑图如下



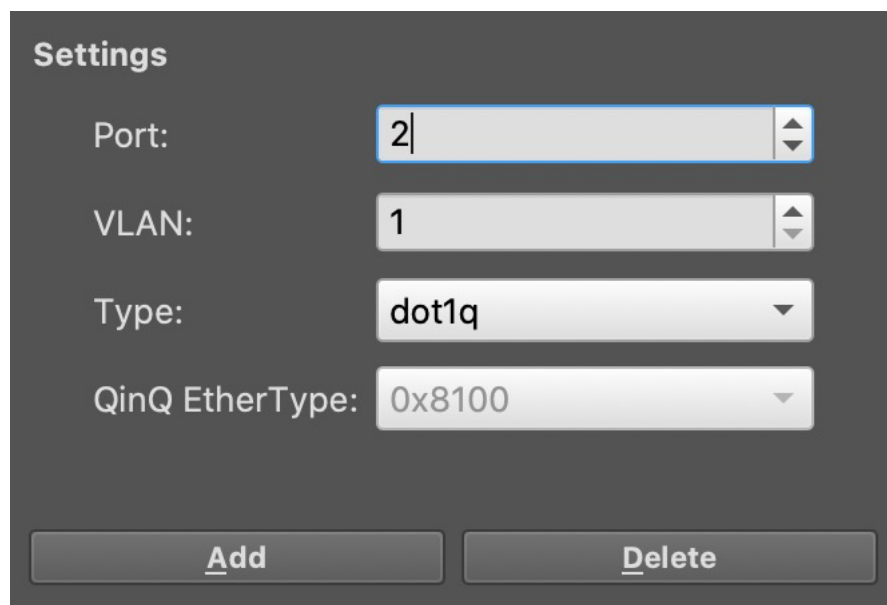
2. 验证两个 PC 之间能否 Ping 通（不同的 VLAN 之间不通）

```
[PC2> ping 10.0.1.2  
host (10.0.2.1) not reachable
```

显然二者不能直接 ping 通

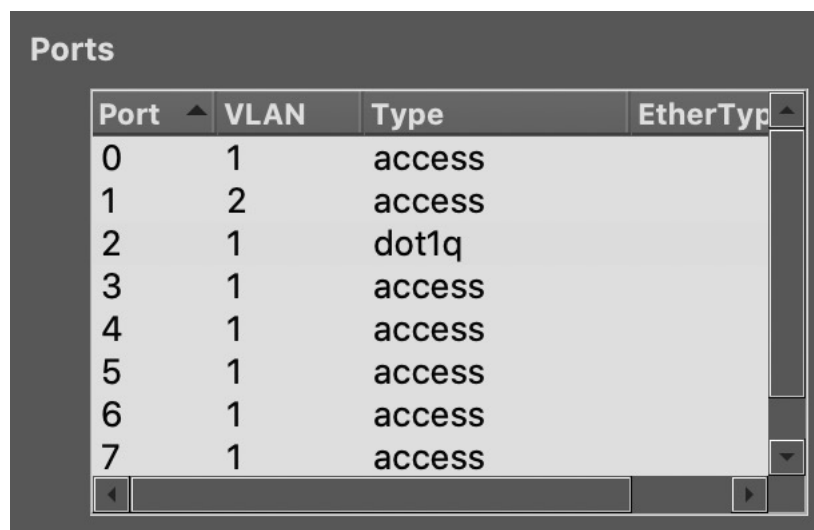
3. 将二层交换机和路由器连接的端口配置成 VLAN Trunk 模式（使用 GNS3 的内建交换机模块时，请参考指南“十四、二层交换机”进行配置并截图，使用实际设备时，请参考“实验 1”进行配置并截图）。

配置截图



The 'Settings' dialog box contains four input fields: 'Port' with the value '2', 'VLAN' with the value '1', 'Type' with the dropdown value 'dot1q', and 'QinQ EtherType' with the dropdown value '0x8100'. At the bottom are two buttons: 'Add' and 'Delete'.

配置后的结果截图



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

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#config terminal

R1(config)#interface fa0/0.1

R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1

R1(config-subif)#ip address 10.0.1.1 255.255.255.0

R1(config-subif)#no shutdown
R1(config-subif)#interface fa0/0.2
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 2
R1(config-subif)#ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shutdown
R1(config-subif)#interface fa0/0
R1(config-if)#no shutdown

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。

配置截图

```
[PC2> ip 10.0.2.2/24 10.0.2.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.2.2 255.255.255.0 gateway 10.0.2.1
```

```
[PC1> ip 10.0.1.2/24 10.0.1.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.2 255.255.255.0 gateway 10.0.1.1
```

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

```
[PC2> ping 10.0.2.1
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=1 ttl=255 time=20.077 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=2.043 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=3 ttl=255 time=4.491 ms
```

```
[PC1> ping 10.0.1.1
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=1 ttl=255 time=9.001 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=9.633 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=3 ttl=255 time=8.003 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=4 ttl=255 time=8.784 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=5 ttl=255 time=10.302 ms
```

显然两台 PC 都能 ping 通各自的路由器子接口地址

7. 测试2台PC能否互相Ping通

结果截图（换成你自己的）：

```
[PC2> ping 10.0.1.2
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=14.492 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=12.065 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.497 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=11.813 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=20.140 ms
```

```
[PC1> ping 10.0.2.2
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=12.797 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=11.344 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=11.377 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=18.832 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=15.779 ms
```

由于单臂路由器的配置，最终两台路由器一定是能相互 ping 通的

8. 记录路由器的路由表内容（命令：[show ip route](#)）

结果截图

```
[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

    10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      10.0.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0.2
C      10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0.1
```

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）。

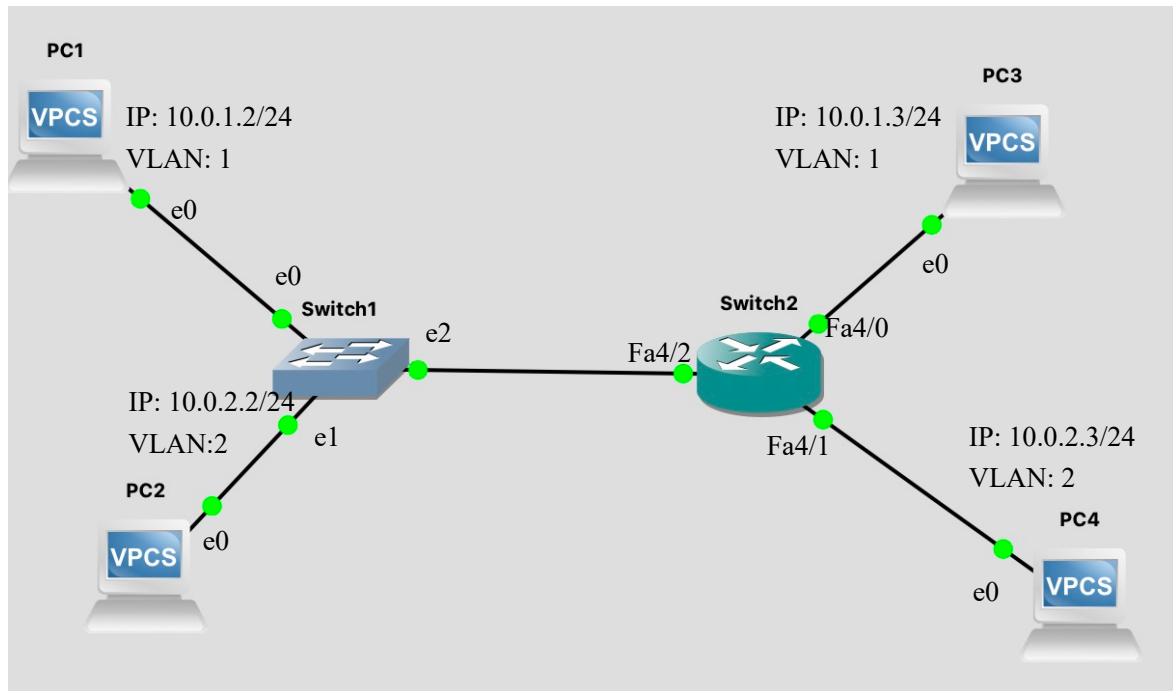
本节相关的内容如下

```
!  
interface FastEthernet0/0  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/0.1  
  encapsulation dot1Q 1 native  
  ip address 10.0.1.1 255.255.255.0  
!  
interface FastEthernet0/0.2  
  encapsulation dot1Q 2  
  ip address 10.0.2.1 255.255.255.0  
!
```


----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）：

网络拓扑图



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#:

```
Switch#vlan database
Switch(vlan)#vlan 2
Switch(vlan)exit
Switch#config terminal
Switch2(config)#interface f4/1
Switch2(config-if)#switchport access vlan 2
```

配置的结果

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#config terminal

Switch2(config)#interface vlan 1

Switch2(config-if)#ip address 10.0.1.1 255.255.255.0

Switch2(config)#interface vlan 2.

Switch2(config)#ip address 10.0.2.1 255.255.255.0

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）

- 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。

```
[PC3> ip 10.0.1.3 255.255.255.0 10.0.1.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.3 255.255.255.0 gateway 10.0.1.1

[PC4> ip 10.0.2.3 255.255.255.0 10.0.2.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.2.3 255.255.255.0 gateway 10.0.2.1
```

- 测试 PC3、PC4 能否 Ping 通各自的 VLAN 接口地址

结果截图

```
[PC3> ping 10.0.1.1
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=1 ttl=255 time=801.702 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=175.174 ms
10.0.1.1 icmp_seq=3 timeout
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=4 ttl=255 time=999.548 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=5 ttl=255 time=933.922 ms

[PC4> ping 10.0.2.1
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=1 ttl=255 time=50.738 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=2 ttl=255 time=997.162 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=3 ttl=255 time=995.031 ms
10.0.2.1 icmp_seq=4 timeout
10.0.2.1 icmp_seq=5 timeout
```

可以看到 PC3 和 PC4 都能够 ping 通各自的 VLAN 接口地址

- 测试 PC3、PC4 能否互相 Ping 通。

结果截图

```
[PC3> ping 10.0.2.3
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=1 ttl=63 time=20.343 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=2 ttl=63 time=13.075 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.304 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.359 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=5 ttl=63 time=11.682 ms
```

可以看到 PC3 能够 Ping 通 PC4, 进一步也能说明 PC4 能 ping 通 PC3 (此处已经实验, 但未截图)。

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

```
[PC1> ping 10.0.2.3
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=1 ttl=63 time=16.986 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=2 ttl=63 time=34.971 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=3 ttl=63 time=15.798 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=4 ttl=63 time=10.693 ms
84 bytes from 10.0.2.3 icmp_seq=5 ttl=63 time=19.826 ms
```

可以看到 PC1 能够 ping 通 PC4

PC2→PC3

```
[PC2> ping 10.0.1.3
host (10.0.2.1) not reachable
```

可以看到 PC2 不能 ping 通 PC3

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#config terminal
Switch2(config)#interface fa4/2
Switch2(config-if)#switchport mode trunk
```

思考：我认为可能是因为 PC2 是 VLAN2 的，交换机出口的端口是 VLAN1，默认转发 VLAN1 的数据到路由器，因此 PC1 和 PC4 能 ping 通，但 PC2 和 PC3 不能 ping 通。

10. 再次测试之前不通的 PC 间的连通性。

结果截图

PC2→PC3

```
[PC2> ping 10.0.1.3
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=1 ttl=63 time=12.430 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=2 ttl=63 time=12.050 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.755 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=4 ttl=63 time=14.451 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=5 ttl=63 time=11.682 ms
```

此时 PC2 能够 ping 通 PC3

11. 显示三层交换机上的路由信息

结果截图

```
[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

10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      10.0.2.0 is directly connected, Vlan2
C      10.0.1.0 is directly connected, Vlan1
```

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)

如下为与本节相关的配置文本内容

```
!  
interface FastEthernet4/0  
!  
interface FastEthernet4/1  
  switchport access vlan 2  
!  
interface FastEthernet4/2  
  switchport mode trunk  
!  
  
!  
interface Vlan1  
  ip address 10.0.1.1 255.255.255.0  
!  
interface Vlan2  
  ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
```

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?

这是因为路由器是网络层的设备, 他的端口必须有自己的 IP 地址, 通常也就是作为默认网关, 只有这样数据包才能发送到路由器。而三层交换机作为交换机而言, 他是数据链路层的设备, 因此无法直接给三层交换机的物理端口配置 ip 地址。不过 VLAN 是在网络层的, 因此可以给 VLAN 口配置 ip 地址。

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？

使用子接口的主要原因是交换机只连接到了路由器的一个物理端口上。因此只能使用子接口的方式，将一个物理上的接口变为逻辑上的两个独立的接口，从而实现路由转发，进而实现两个 VLAN 之间的通信。

如上所述，子接口可以将一个物理接口抽象为 2 个逻辑接口，因此可以有效的节省物理接口。

可以使用物理接口，只需要交换机增加一根网线，连接到路由器上，并配置好相应的 ip 地址。

3. 直连三层交换机的 PC 的默认路由器地址应该设为什么？

对应的三层交换机上的 VLAN 的 IP 地址。

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？

这是因为二层交换机的出口端口是 VLAN1，并且模式默认为 access 模式，因此 VLAN2 的数据包无法在这个端口转发，因此也就无法到达三层交换机，也就无法到达连在三层交换机上的 VLAN1 的 PC。只有将这一端口设置为 trunk 模式，才能转发 VLAN2 的数据包。

5. Ping 测试时，为什么一开始有几次不通，后面又通了？

有几种可能。一是目标 IP 的 MAC 地址不在本地 ARP 缓存中，因此会发送 arp 请求，导致超时。也有可能是路由器需要一定的时间建立路由表，导致超时。

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？

路由器的有更多其他的功能，实现 VLAN 的数据交换仅仅是其功能之一，他有更多更重要的功能。而三层交换机上专门的用于 VLAN 之间数据交换的设备，他的效率远远的高于路由器。他的优点主要有 1. 子网间传输带宽可以任意分配。2. 有利于信息资源的合理配置。3. 方便交换机之间的连接。

简而言之：不同的目的和要求造就了不同的硬件设备。性能与成本是我们设计中着重考虑的因素。

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：

主要是对于路由器的三层交换机的含义有一定的疑惑，无法理解路由器同时又是交换机的概念。同时对于单臂路由器中的子接口的概念也不是特别明晰，这里我仅仅是跟着实验指导进行，并没有完全理解。感觉应该是物理上的接口划分为逻辑上的 2 个接口，从而实现了两个 vlan 之间的路由。

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：

本次实验相对上次的硬件实验，简单了许多，GNS3 在 Mac 上的配置也比较简单，没有花费太多时间。目前对思科 IOS 的命令比较熟悉，所以做起来也比较游刃有余。遇到的一个问题是在 part2 中，检查 PC1 和 PC4 的连通性时没有成功。后来发现是我路由器(switch2)和交换机的连接口出错了，因为自己的能够作为交换机端口的部分是在 fa4/x，而自己之前连接的是 fa0/x。修改后仍然不能成功，后面将设备断开，重新连接并配置后解决了问题。

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

实验安排十分合理，很好的让我从实践中认识了计算机网络的工作原理，很有启发意义。实验指导十

分详细，有关 GNS3 的配置内容也十分详细，解决了我许多实验中遇到的问题。感谢制作文档的老师助教们。