

# 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:  | 信电学院      |
| 专 业:  | 电子科学与技术   |
| 学 号:  |           |
| 指导教师: | 陆系群       |

2020 年 11 月 4 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。

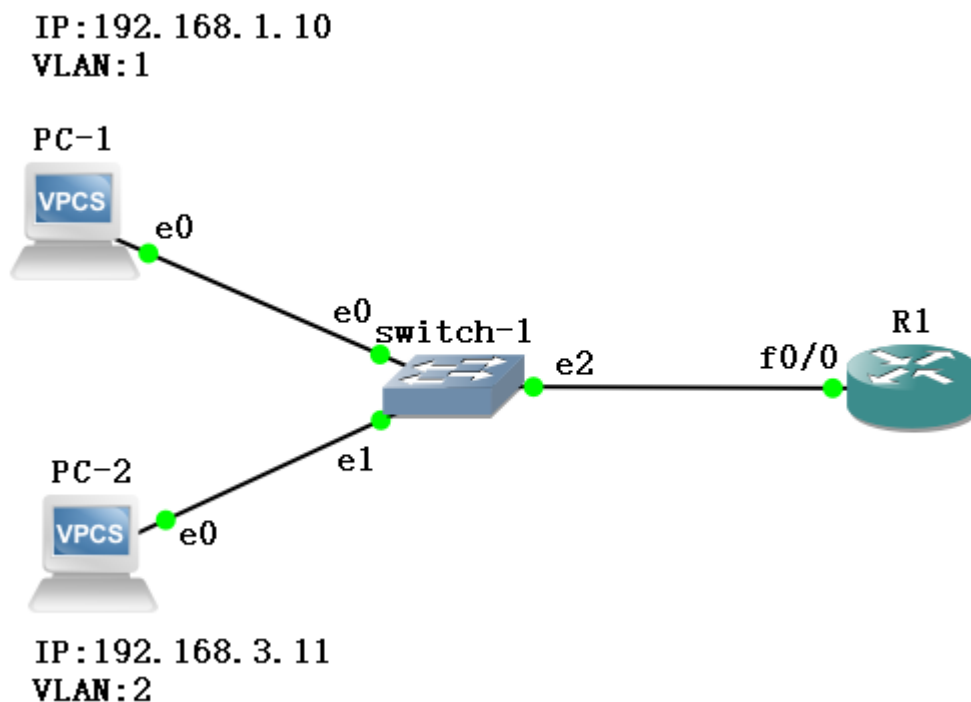
## 五、 实验数据记录和处理

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。

拓扑图：



2. 验证两个 PC 之间能否 Ping 通（不同的 VLAN 之间不通）

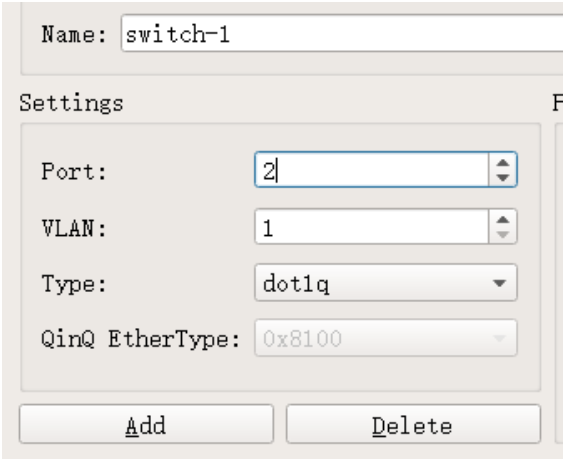
结果截图：

```
PC-1> ping 192.168.3.11
host (255.255.255.0) not reachable
```

无法 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：



配置后的结果截图：

| Port ^ | VLAN | Type   |
|--------|------|--------|
| 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 t
R1(config)#int fa0/0.1
```

```
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1
R1(config-subif)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
R1(config-subif)#exit
R1(config)#int fa0/0.2
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 2
R1(config-subif)#ip address 192.168.3.254 255.255.255.0
R1(config-subif)#exit
R1(config)#int 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（输入的命令或配置界面）：

```
PC-1> ip 192.168.1.10/24 192.168.1.254
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.1.10 255.255.255.0 gateway 192.168.1.254
```

```
PC-2> ip 192.168.3.11/24 192.168.3.254
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.3.11 255.255.255.0 gateway 192.168.3.254
```

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：

```
PC-1> ping 192.168.1.254
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=1 ttl=255 time=8.986 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=2 ttl=255 time=7.110 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=3 ttl=255 time=8.411 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=4 ttl=255 time=10.509 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=5 ttl=255 time=7.899 ms
```

```
PC-2> ping 192.168.3.254
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=1 ttl=255 time=8.113 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=2 ttl=255 time=11.117 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=3 ttl=255 time=6.170 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=4 ttl=255 time=0.680 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=5 ttl=255 time=4.146 ms
```

2 台 PC 都可以 ping 通各自的路由子接口地址

## 7. 测试 2 台 PC 能否互相 Ping 通

结果截图（换成你自己的）：

```
PC-1> ping 192.168.3.11
84 bytes from 192.168.3.11 icmp_seq=1 ttl=63 time=16.018 ms
84 bytes from 192.168.3.11 icmp_seq=2 ttl=63 time=21.257 ms
84 bytes from 192.168.3.11 icmp_seq=3 ttl=63 time=15.166 ms
84 bytes from 192.168.3.11 icmp_seq=4 ttl=63 time=16.024 ms
84 bytes from 192.168.3.11 icmp_seq=5 ttl=63 time=16.556 ms
```

```
PC-2> ping 192.168.1.10
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=21.302 ms
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=11.897 ms
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=13.867 ms
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=13.265 ms
84 bytes from 192.168.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=16.463 ms
```

2 台 PC 可以 ping 通

## 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    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.1
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.2
```

## 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）。

```
interface FastEthernet0/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
!
interface FastEthernet0/0.1
  encapsulation dot1Q 1 native
```

```

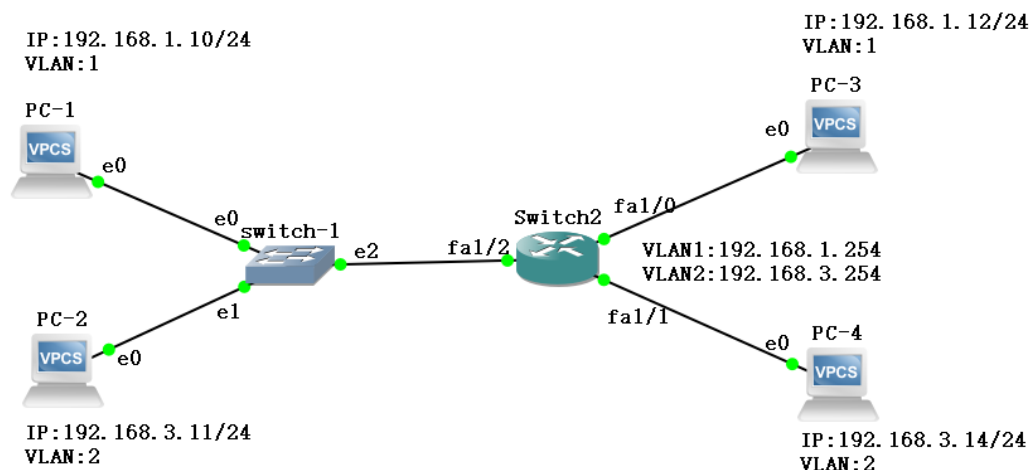
ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.2
encapsulation dot1Q 2
ip address 192.168.3.254 255.255.255.0
!

```

### ----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）：

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 database
Switch2(vlan)#vlan 2
Switch2(vlan)#exit
Switch2#config t
Switch2(config)#int fa1/1
Switch2(config-if)#switchport access vlan 2
Switch2(config-if)#end

```

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

```
Switch2#show vlan-switch
```

| VLAN | Name     | Status | Ports   |
|------|----------|--------|---|
| 1    | default  | active | Fa1/0, Fa1/2, Fa1/3, Fa1/4<br>Fa1/5, Fa1/6, Fa1/7, Fa1/8<br>Fa1/9, Fa1/10, Fa1/11, Fa1/12<br>Fa1/13, Fa1/14, Fa1/15 |
| 2    | VLAN0002 | active | Fa1/1   |

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 t
```

```
Switch2(config)#interface vlan 1
```

```
Switch2(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
```

```
Switch2(config-if)#exit
```

```
Switch2(config)#interface vlan 2
```

```
Switch2(config-if)#ip address 192.168.3.254 255.255.255.0
```

```
Switch2(config-if)#end
```

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。

配置截图（输入的命令或配置界面，换成你自己的）:

```
PC-3> ip 192.168.1.12/24 192.168.1.254
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.1.12 255.255.255.0 gateway 192.168.1.254
```

```
PC-4> ip 192.168.3.14/24 192.168.3.254
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.3.14 255.255.255.0 gateway 192.168.3.254
```

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 192.168.1.254
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=1 ttl=255 time=9.106 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=2 ttl=255 time=4.968 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=3 ttl=255 time=9.236 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=4 ttl=255 time=6.576 ms
84 bytes from 192.168.1.254 icmp_seq=5 ttl=255 time=3.066 ms
```

```
PC-4> ping 192.168.3.254
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=1 ttl=255 time=9.696 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=2 ttl=255 time=3.980 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=3 ttl=255 time=9.357 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=4 ttl=255 time=11.021 ms
84 bytes from 192.168.3.254 icmp_seq=5 ttl=255 time=6.699 ms
```

PC3、PC4 能否 Ping 通各自的 VLAN 接口地址

#### 7. 测试 PC3、PC4 能否互相 Ping 通。

结果截图（换成你自己的）：

```
PC-3> ping 192.168.3.14
192.168.3.14 icmp_seq=1 timeout
192.168.3.14 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.056 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=4 ttl=63 time=17.480 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=5 ttl=63 time=13.343 ms
```

```
PC-4> ping 192.168.1.12
192.168.1.12 icmp_seq=1 timeout
192.168.1.12 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.844 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=4 ttl=63 time=13.206 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=5 ttl=63 time=17.192 ms
```

PC3、PC4 能互相 Ping 通

#### 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→PC2:

```
PC-1> ping 192.168.3.11
192.168.3.11 icmp_seq=1 timeout
192.168.3.11 icmp_seq=2 timeout
192.168.3.11 icmp_seq=3 timeout
192.168.3.11 icmp_seq=4 timeout
192.168.3.11 icmp_seq=5 timeout
```

PC1 不可以 ping 通 PC2

PC1→PC3:

```
PC-1> ping 192.168.1.12
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.141 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.212 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.137 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.467 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.242 ms
```

PC1 可以 ping 通 PC3

PC1→PC4:

```
PC-1> ping 192.168.3.14
192.168.3.14 icmp_seq=1 timeout
192.168.3.14 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=3 ttl=63 time=11.314 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.421 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=5 ttl=63 time=15.654 ms
```

PC1 可以 ping 通 PC4

PC2→PC1:

```
PC-2> ping 192.168.1.10
host (192.168.3.254) not reachable
```

PC2 不能 ping 通 PC1

PC2→PC3:

```
PC-2> ping 192.168.1.12
host (192.168.3.254) not reachable
```

PC2 不能 ping 通 PC3

PC2→PC4:

```
PC-2> ping 192.168.3.14
host 192.168.3.14) not reachable
```

PC2 不能 ping 通 PC4

结论: PC1 与 PC3、PC4 可以 ping 通, PC2 与 PC3、PC4 不可以 ping 通

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 t
```

```
Switch2(config)#int fa1/2
```

```
Switch2(config-if)#switchport mode trunk
```

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 192.168.1.12
192.168.1.12 icmp_seq=1 timeout
192.168.1.12 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=3 ttl=63 time=16.591 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=4 ttl=63 time=11.835 ms
84 bytes from 192.168.1.12 icmp_seq=5 ttl=63 time=11.709 ms
```

此时 PC2 可以 ping 通 PC3

PC2→PC4

```
PC-2> ping 192.168.3.14
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.159 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.245 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.138 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.147 ms
84 bytes from 192.168.3.14 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.197 ms
```

此时 PC2 可以 ping 通 PC4

## 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#sh 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    192.168.1.0/24 is directly connected, Vlan1
C    192.168.3.0/24 is directly connected, Vlan2
```

## 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 FastEthernet1/1
  switchport access vlan 2
!
interface FastEthernet1/2
  switchport mode trunk
!
interface Vlan1
  ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
!
interface Vlan2
  ip address 192.168.3.254 255.255.255.0
!
```

## 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？

答：因为三层交换机的端口默认为二层口，当端口由三层模式切换到二层模式时，端口的三层功能和标识将被进制，采用系统的 MAC 地址。因此三层交换机的端口不能配置 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？

答：在本实验中，路由器的一个物理接口对应了两个局域网划分，因此需要子接口。子接口的好处是可以打破物理接口的局限性，它允许一个路由器的单个物理接口通过划分多个子接口的方式，实现一个接口多个 VLAN 间的路由和通信。不可以使用物理接口，因为与 PC1 和 PC2 对应的物理接口只有 1 个。

3. 直连三层交换机的 PC 的默认路由器地址应该设为什么？

答：应该设置为三层交换机两个 vlan 接口的 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？

答：因为三层交换机和二层交换机互联的端口属于 vlan 1，连在二层交换机上 VLAN 2 的 PC 无法通过属于 vlan 1 的互联端口与连在三层交换机上 VLAN 1 的 PC 通信。

5. Ping 测试时，为什么一开始有几次不通，后面又通了？

答：因为要进行通信的两台 PC 不在同一子网，源 PC 需要向网关发出 ARP 包，经过第三层的路由处理，得到 MAC 地址与 IP 地址的映射表，因此网络延迟较大，开始几次 ping 不通。

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？

答：因为路由器虽然控制性能强但是报文转发速度慢，交换机交换速度快但是控制功能弱，三层交换机结合了路由器和交换机的优点，既有快速转发报文的能力，又有良好的控制功能。和传统路由器相比，三层交换机可以把多个端口定义成一个虚拟网，子网间传输带宽没有限制，便于合理配置信息资源，降低成本。

## 七、 讨论、心得

在完成本实验后，你可能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：

1、三层交换机 show ip route 命令显示的 vlan 1 和 vlan 2 的 ip 地址与自己设置的 vlan 的 ip 地址不同，自己设置的为 192.168.3.254 而显示的为 192.168.3.0

2、不是特别清楚为什么不同 vlan 的 pc 经由三层交换机通信时，ping 命令每次都是前两次 ping 不同，后面三次能通，每次 ping 的结果里面的 icmp\_seq=1, 2, 3, 4, 5 也不是很清楚对应的意义。

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：

1、在给 PC 设置 IP 地址的时候，不能忘记设置网关，在没有要求的时候可以设置为 255.255.255.0

2、Part 2 三层交换机配置的时候 slot 记得清空，只保留 slot 0 和 slot 1，slot 1 设置为 NM-16ESW 交换模块，否则会出现奇奇怪怪的问题。

3、GNS 软件 show vlan 命令得换成 show vlan-switch，否则会报错

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

这次实验的时间和内容安排感觉挺合理，正好在学网络层的知识，无更好的建议。