

# 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：	张 溢 弛
学 院：	计算机学院
系：	软件工程
专 业：	软件工程
学 号：	3180103772
指导教师：	邱 劲 松

2020 年      10 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。

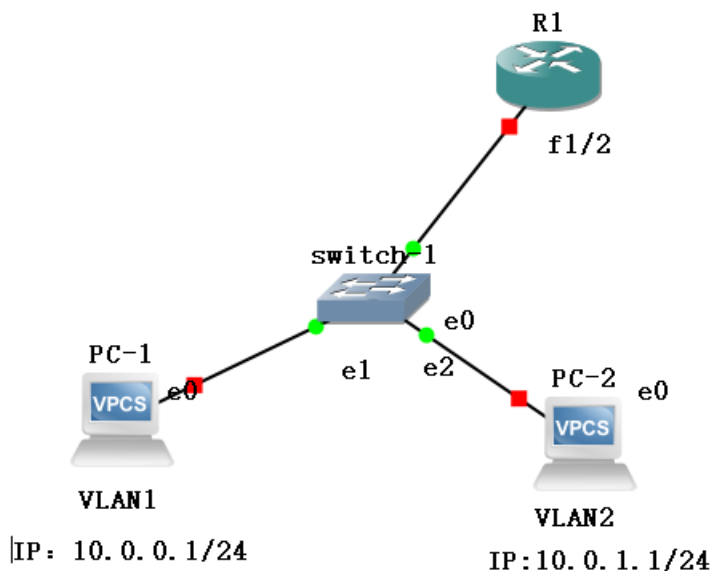
## 五、实验数据记录和处理

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-----

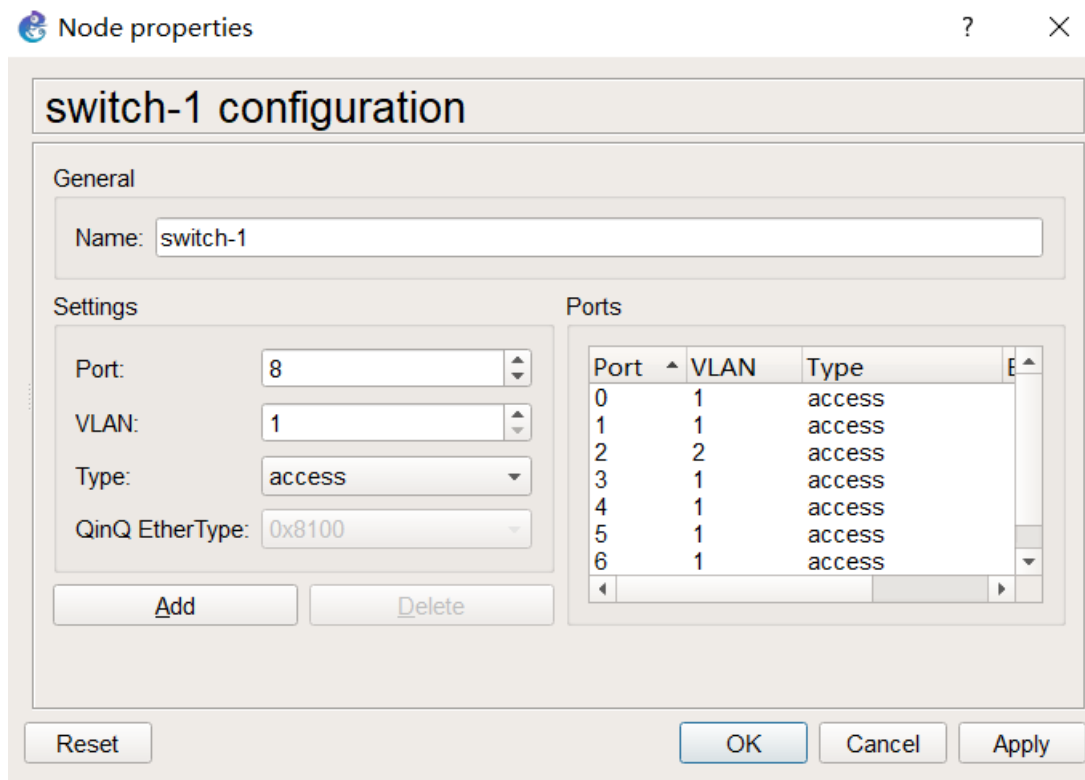
1. 将 2 台 PC 和一台路由器都连接到一台二层交换机，在交换机上增加 1 个 VLAN，并使得 2 台 PC 所连端口分别属于 2 个 VLAN。给 2 个 PC 分配不同子网的 IP 地址。

拓扑图：



交换机的 0，1，2 号端口分别连接了路由器，PC1 和 PC2

给两台 PC 划分不同 VLAN 的过程：需要在交换机的 configuration 里进行设置



2. 验证两个 PC 之间能否 Ping 通（不同的 VLAN 之间不通）

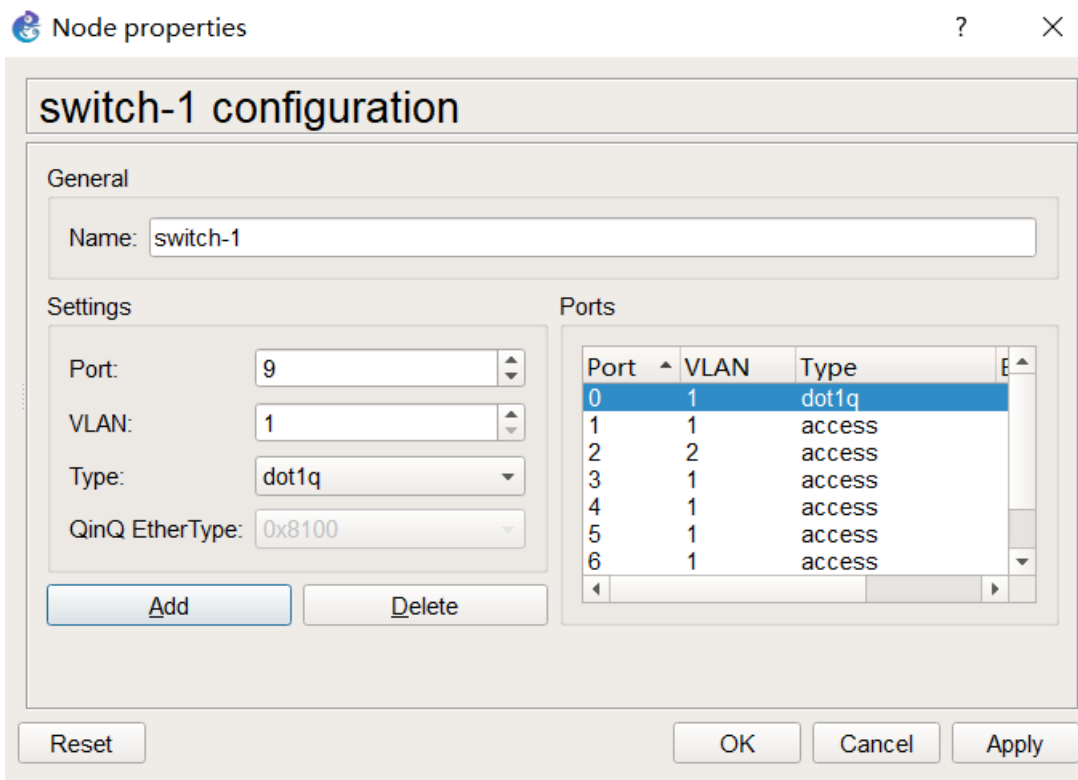
结果截图，自己做的 PC1 是 10.0.0.1 PC2 是 10.0.0.2

```
PC-1> ping 10.0.0.2
host (10.0.0.2) not reachable

PC-1> █
```

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）：



配置后的结果截图（换成你自己的）：

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

- 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)#interface f1/0.1

R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1

R1(config-subif)#ip add 10.0.0.3 255.255.255.0

R1(config-subif)#no shutdown

R1(config-subif)#exit

R1(config)#interface f1/0.2

R1(config-subif)#encapsulation dot1Q 2

R1(config-subif)#ip add 10.0.1.3 255.255.255.0

R1(config-subif)#no shutdown

R1(config-subif)#exit

```
R1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#interface f1/0.1
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1
R1(config-subif)#ip add 10.0.0.3 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shutdown
R1(config-subif)#exit
R1(config)#interface f1/0.2
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 2
R1(config-subif)#ip add 10.0.0.3 255.255.255.0
% 10.0.0.0 overlaps with FastEthernet1/0.1
R1(config-subif)#ip add 10.0.0.4 255.255.255.0
% 10.0.0.0 overlaps with FastEthernet1/0.1
R1(config-subif)#no shutdown
% 10.0.0.0 overlaps with FastEthernet1/0.1
FastEthernet1/0.2: incorrect IP address assignment
R1(config-subif)#ip add 10.0.1.3 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shutdown
R1(config-subif)#exit
```

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，换成你自己的）：

```
PC-1> ip 10.0.0.1 /24 10.0.0.3
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.0.1 255.255.255.0 gateway 10.0.0.3
```

```
PC-2> ip 10.0.1.1 /24 10.0.1.3
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.1 255.255.255.0 gateway 10.0.1.3
```

现在 PC1 的 IP 是 10.0.0.1 PC2 的 IP 是 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（换成你自己的）：

```
PC-1> show

NAME      IP/MASK      GATEWAY      MAC      LPORT  RHOST:PORT
PC-1      10.0.0.1/24  10.0.0.3     00:50:79:66:68:00  10008  127.0.0.1:10009
          fe80::250:79ff:fe66:6800/64

PC-1> ping 10.0.0.3
64 bytes from 10.0.0.3 icmp_seq=1 ttl=255 time=5.569 ms
64 bytes from 10.0.0.3 icmp_seq=2 ttl=255 time=3.129 ms
64 bytes from 10.0.0.3 icmp_seq=3 ttl=255 time=5.772 ms
64 bytes from 10.0.0.3 icmp_seq=4 ttl=255 time=10.342 ms
64 bytes from 10.0.0.3 icmp_seq=5 ttl=255 time=8.977 ms
```

```
PC-2> show

NAME      IP/MASK      GATEWAY      MAC      LPORT  RHOST:PORT
PC-2      10.0.1.1/24  10.0.1.3     00:50:79:66:68:01  10010  127.0.0.1:10011
          fe80::250:79ff:fe66:6801/64

PC-2> ping 10.0.1.3
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=1 ttl=255 time=13.892 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=2 ttl=255 time=5.291 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=3 ttl=255 time=3.760 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=4 ttl=255 time=7.038 ms
84 bytes from 10.0.1.3 icmp_seq=5 ttl=255 time=4.121 ms
```

## 7. 测试 2 台 PC 能否互相 Ping 通：可以 ping 通

结果截图（换成你自己的）：

```
PC-1> ping 10.0.1.1
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=19.000 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=13.872 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=18.539 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=17.243 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=18.911 ms
```

```
PC-2> ping 10.0.0.1
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=39.888 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=40.515 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=40.492 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=16.098 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=20.097 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

    10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0.1
C       10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet1/0.2
```

## 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）。

```
R1#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 1559 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
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
!
```

与本节内容有关的文本:

```
interface FastEthernet1/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
!
interface FastEthernet1/0.1
  encapsulation dot1Q 1 native
  ip address 10.0.0.3 255.255.255.0
!
interface FastEthernet1/0.2
  encapsulation dot1Q 2
  ip address 10.0.1.3 255.255.255.0
!
```

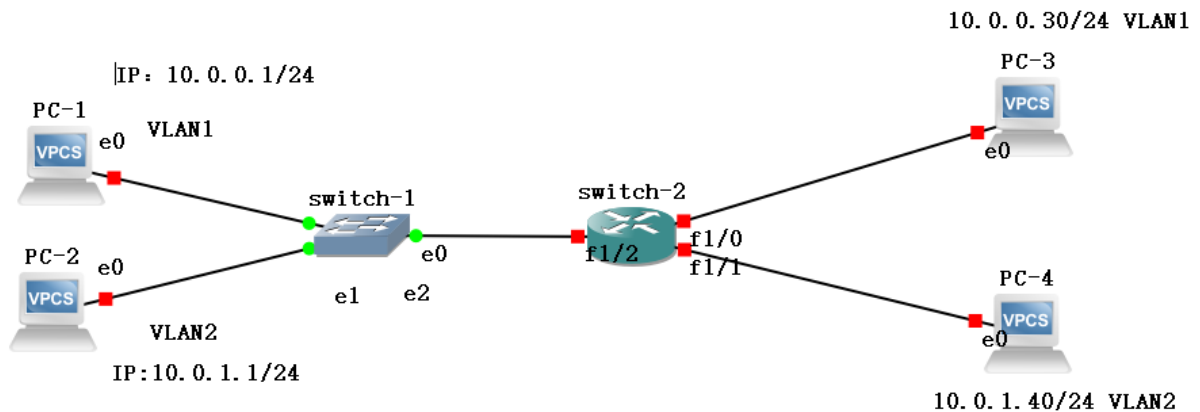
全文见 R1.txt



## ----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）：

实际的拓扑图如下：



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-2#vlan database
switch-2(vlan)#vlan 2
switch-2#config t
switch-2(config)#interface f1/1
switch-2(config-if)#switchport access vlan 2
switch-2(config-if)#exit
```

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

```
switch-2#show vlan-switch

VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                active    Fa1/0, Fa1/2, Fa1/3, Fa1/4
                                           Fa1/5, Fa1/6, Fa1/7, Fa1/8
                                           Fa1/9, Fa1/10, Fa1/11, Fa1/12
                                           Fa1/13, Fa1/14, Fa1/15
2    VLAN0002              active    Fa1/1
1002 fddi-default          active
1003 token-ring-default    active
1004 fddinet-default        active
1005 trnet-default          active
```

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#：

```
switch-2#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
switch-2(config)#int vlan 1
switch-2(config-if)#ip add 10.0.0.10 255.255.255.0
switch-2(config-if)#no shut
switch-2(config-if)#exit
switch-2(config)#int vlan 2
switch-2(config-if)#ip add 10.0.1.10 255.255.255.0
switch-2(config-if)#no shut
switch-2(config-if)#exit
```

```
switch-2#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
switch-2(config)#int vlan 1
switch-2(config-if)#ip add 10.0.0.10 255.255.255.0
switch-2(config-if)#no shut
switch-2(config-if)#exit
switch-2(config)#int vlan 2
switch-2(config-if)#ip add 10.0.1.10 255.255.255.0
switch-2(config-if)#no shut
switch-2(config-if)#exit
```

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）

// 我是在 GNS 模拟软件上面做的，因此不需要做这一步，直接跳过

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 10.0.0.30/24 10.0.0.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.0.30 255.255.255.0 gateway 10.0.0.10
```

```
PC-4> ip 10.0.1.40/24 10.0.1.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.40 255.255.255.0 gateway 10.0.1.10
```

6. 测试 PC3、PC4 能否 Ping 通各自的 VLAN 接口地址：可以 ping 通

结果截图（换成你自己的）：

```
PC-3> ping 10.0.0.10
84 bytes from 10.0.0.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=7.701 ms
84 bytes from 10.0.0.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=8.225 ms
84 bytes from 10.0.0.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=6.341 ms
84 bytes from 10.0.0.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=8.235 ms
84 bytes from 10.0.0.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=11.683 ms
```

```
PC-4> ping 10.0.1.10
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=9.013 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=7.251 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=5.380 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=3.597 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=11.970 ms
```

7. 测试 PC3、PC4 能否互相 Ping 通。可以 ping 通

结果截图（换成你自己的）：

```
PC-3> ping 10.0.1.40
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=1 ttl=63 time=18.405 ms
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=2 ttl=63 time=31.270 ms
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=3 ttl=63 time=30.965 ms
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=4 ttl=63 time=31.519 ms
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=5 ttl=63 time=31.364 ms
```

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> ping 10.0.1.40
10.0.1.40 icmp_seq=1 timeout
10.0.1.40 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.883 ms
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=4 ttl=63 time=15.694 ms
84 bytes from 10.0.1.40 icmp_seq=5 ttl=63 time=13.787 ms
```

PC2→PC3

```
PC-2> ping 10.0.0.30
host (10.0.0.30) not reachable
```

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#:

```
switch-2(config)#int f1/2
```

```
switch-2(config-if)#switchport mode trunk
```

10. 再次测试之前不通的 PC 间的连通性。可以 ping 通了

结果截图 (换成你自己的):

PC2→PC3

```
PC-2> ping 10.0.0.30
10.0.0.30 icmp_seq=1 timeout
10.0.0.30 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 10.0.0.30 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.731 ms
84 bytes from 10.0.0.30 icmp_seq=4 ttl=63 time=15.011 ms
84 bytes from 10.0.0.30 icmp_seq=5 ttl=63 time=21.936 ms
```

11. 显示三层交换机上的路由信息

结果截图 (换成你自己的):

```
switch-2#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       10.0.0.0 is directly connected, Vlan1
C       10.0.1.0 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)

```
switch-2#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 1902 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname switch-2
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
!
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
!
!
!
!
no ip domain lookup
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
!
```

完整的全文详见 S1.txt

## 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？
  - 因为二层交换机是数据链路层的设备，可以识别数据包中的 MAC 地址信息，根据 MAC 地址进行转发，并将这些 MAC 地址和对应的端口记录在自己内部的地址表中
  - 三层交换机就是将路由技术和交换技术合二为一的技术，所以端口不能配置 IP 地址
  - 路由器是具有路由功能的，处于网络层，可以识别并转发 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？

- 因为在 VLAN 中，一般都是一个物理接口对应一个 VLAN，在多个 VLAN 网络上，不能使用单台路由器的一个物理接口实现 VLAN 之间的通信，同时路由器又因为其物理局限性不可能带有大量的物理接口
- 子接口可以打破物理接口的局限性，允许路由器的单个物理接口通过划分多个子接口的方式实现多个 VLAN 之间的路由和通信

3. 直连三层交换机的 PC 的默认路由器地址应该设为什么？

- 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？

- 因为不在同一个 VLAN 上面

5. Ping 测试时，为什么一开始有几次不通，后面又通了？

- 因为需要一段时间来建立路由表，寻找目标 PC 的地址

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？

- 三层交换机的转发速率快
- 二层交换机是接收到由物理层送上来的二层数据帧的时候，根据源 MAC 学习并写 MAC

地址表，根据目的 MAC 查找 MAC 地址表决定是否转发

- 路由器本身位于 OSI 的第三层，也就是网络层，对于接收到的数据帧，必须解封装，取得三层数据，根据三层数据的目的 IP 地址进行查找路由表，封装 MAC 地址等操作，相比二层交换机，路由器是基于软件来查询而二层交换机是基于芯片来查询

## 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：

- 我的困惑在于为什么同样的设备拓扑图，在同样的计算机环境下，第一次做的时候反复失败，浪费了大量的时间，但是第二次又一下子就成功了，对此我感到非常不解
- 在助教的指导下重新上传了路由图

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：

- 刚开始做的时候安装软件、配置实验环境花比较久的时间，因为没有仔细对照说明书来做导致走了很多弯路，最后终于配好了 GNS3+虚拟机+3745 路由器映像文件
- 一开始做第一部分实验的时候出了很多状况，首先是打开的路由器接口和连线的不匹配，结果到了第六步和第七步的时候怎么搞也 ping 不通，后来又发现虽然配置了子端口但是没有打开物理端口，所以还是 ping 不通。解决了上面两个问题之后我又重新做了一次实验，最后终于成功了，前面走了不少弯路，感觉此类实验做起来非常搞心态。
- 同样的实验环境，第一次失败之后重新做一次又会成功，不知道为什么，感觉很搞心态

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

- 实验设计的很好，我没有任何意见，希望以后能继续发扬光大
- 希望可以考虑取消一些比较繁琐的模拟实验，增加编程类实验的比重，因为正经 985 院校的计算机专业的学生更应该注重写代码而不是接网线的能力