

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：

专 业：

学 号：

指导教师：

2020 年 12 月 26 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。

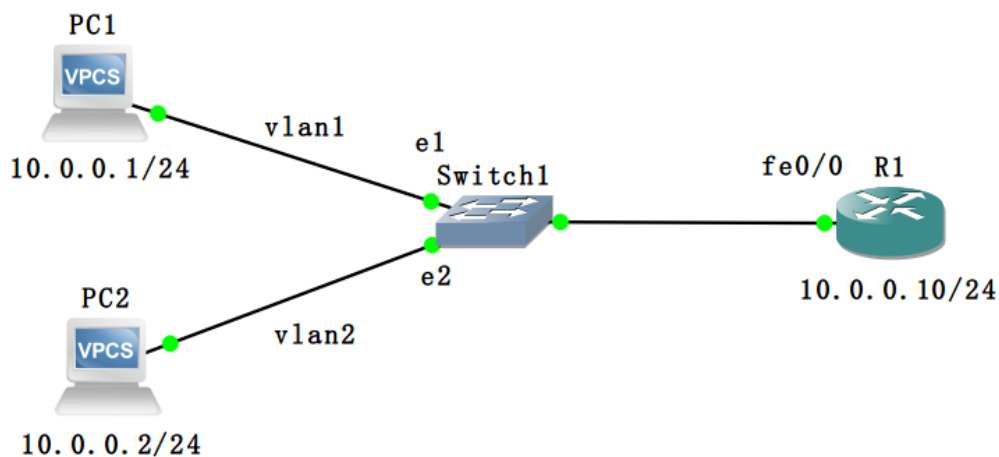
Part 2. 三层交换

- 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

----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。



2. 验证两个 PC 之间能否 Ping 通（不同的 VLAN 之间不通）

PC1 ping PC2:

```

PC1> ping 10.0.0.2
host (10.0.0.2) not reachable

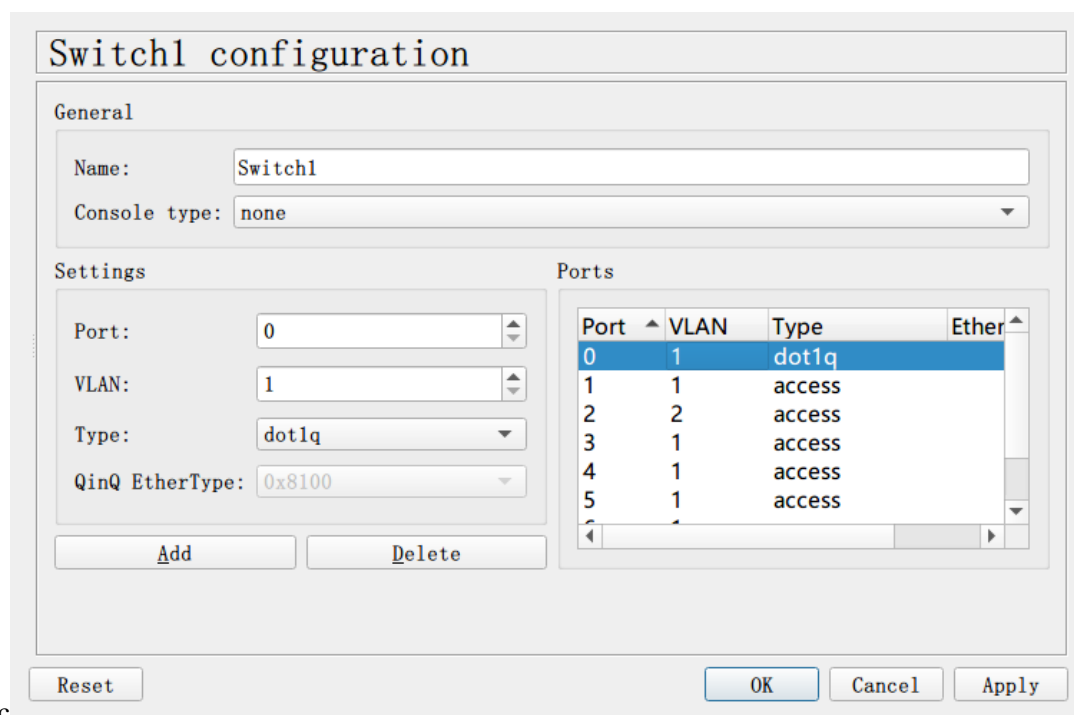
PC1> █
  
```

PC2 ping PC1:

```
PC2> ping 10.0.0.1
host (10.0.0.1) not reachable

PC2> █
```

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）。



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）

```
R1(config)#interface f 0/0.1
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1
R1(config-subif)#ip address 10.0.1.10 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shut
R1(config-subif)#exit
R1(config)#interface f 0/0.2
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 2
R1(config-subif)#ip address 10.0.2.10 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shut
R1(config-subif)#exit
R1(config)#█
```

输入的命令：

```
R1#config t
R1(config)#interface f 0/0.1
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1
R1(config-subif)#ip address 10.0.1.10 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shut
R1(config-subif)#exit
R1(config)#interface f 0/0.2
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 2
R1(config-subif)#ip address 10.0.2.10 255.255.255.0
R1(config-subif)#no shut
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。

```
PC1> ip 10.0.1.1/24 10.0.1.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.1 255.255.255.0 gateway 10.0.1.10

PC1> █
```

```
PC2> ip 10.0.2.1/24 10.0.2.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.2.1 255.255.255.0 gateway 10.0.2.10

PC2> █
```

6. 测试 2 台 PC 能否 Ping 通各自的路由器子接口地址

```
PC1> ping 10.0.1.10
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=31.710 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=5.510 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=6.031 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=1.746 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=3.197 ms

PC1> █
```

```
PC2> ping 10.0.2.10
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=14.418 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=15.784 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=15.976 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=16.790 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=14.260 ms

PC2> █
```


7. 测试2台PC能否互相Ping通

PC1 ping PC2

```
PC1> ping 10.0.2.1
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=28.934 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=30.837 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=31.820 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=31.139 ms
84 bytes from 10.0.2.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=31.415 ms

PC1> █
```

PC2 ping PC1:

```
PC2> ping 10.0.1.1
10.0.1.1 icmp_seq=1 timeout
10.0.1.1 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=33.066 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=32.351 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=47.502 ms

PC2> ping 10.0.1.1
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=1 ttl=63 time=29.142 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=2 ttl=63 time=30.376 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=3 ttl=63 time=32.246 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=4 ttl=63 time=32.785 ms
84 bytes from 10.0.1.1 icmp_seq=5 ttl=63 time=32.016 ms

PC2> █
```

8. 记录路由器的路由表内容（命令：[show ip route](#)）

```
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

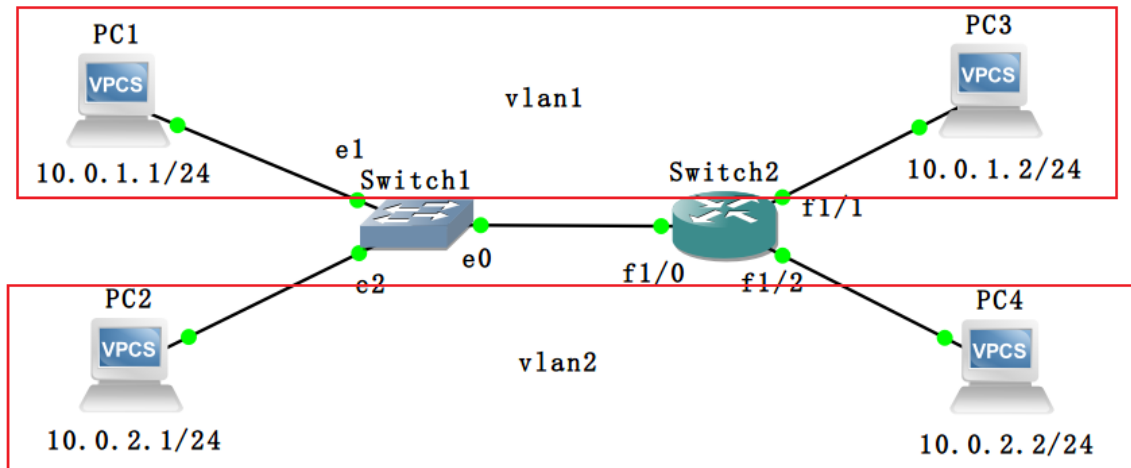
    10.0.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       10.0.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0.2
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.0.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0.1
R1# █
```

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）。

```
interface FastEthernet0/0.1
 encapsulation dot1Q 1 native
 ip address 10.0.1.10 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.2
 encapsulation dot1Q 2
 ip address 10.0.2.10 255.255.255.0
!
```

----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）：



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。

```
Switch2#config t
Switch2(config)#interface f1/1
Switch2(config-if)#switchport access vlan 1
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#interface f1/2
Switch2(config-if)#switchport access vlan 2
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#exit
```

```
Switch2#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch2(config)#interface f1/1
Switch2(config-if)#switchport access vlan 1
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#interface f1/2
Switch2(config-if)#switchport access vlan 2
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#exit
```

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

| VLAN | Name | Status | Ports |
|------|--------------------|--------|---|
| 1 | default | active | Fa1/0, Fa1/1, 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, Fa2/0 Fa2/1, Fa2/2, Fa2/3, Fa2/4 Fa2/5, Fa2/6, Fa2/7, Fa2/8 Fa2/9, Fa2/10, Fa2/11, Fa2/12 Fa2/13, Fa2/14, Fa2/15 |
| 2 | VLAN0002 | active | Fa1/2 |
| 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）

```
Switch2#config t
Switch2(config)#int vlan 1
Switch2(config-if)#ip address 10.0.1.10 255.255.255.0
Switch2(config-if)#no shut
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#int vlan 2
Switch2(config-if)#ip address 10.0.2.10 255.255.255.0
Switch2(config-if)#no shut
Switch2(config-if)#exit
```

```
Switch2#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch2(config)#int vlan 1
Switch2(config-if)#ip address 10.0.1.10 255.255.255.0
Switch2(config-if)#no shut
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#int vlan 2
Switch2(config-if)#i
*Mar 1 00:15:47.539: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan2, changed state
to up
Switch2(config-if)#ip address 10.0.2.10 255.255.255.0
Switch2(config-if)#no shut
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#
Switch2#
*Mar 1 00:16:41.103: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Switch2#
Switch2#
```

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。

```
PC3> ip 10.0.1.2/24 10.0.1.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.2 255.255.255.0 gateway 10.0.1.10

PC3> █
```

```
PC4> ip 10.0.2.2/24 10.0.2.10
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.2.2 255.255.255.0 gateway 10.0.2.10

PC4> █
```

6. 测试 PC3、PC4 能否 Ping 通各自的 VLAN 接口地址

```
PC3> ping 10.0.1.10
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=31.506 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=16.565 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=15.892 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=14.219 ms
84 bytes from 10.0.1.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=1.782 ms
```

```
PC4> ping 10.0.2.10
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=1 ttl=255 time=10.023 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=2 ttl=255 time=7.656 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=3 ttl=255 time=3.514 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=4 ttl=255 time=5.584 ms
84 bytes from 10.0.2.10 icmp_seq=5 ttl=255 time=2.349 ms
```

7. 测试 PC3、PC4 能否互相 Ping 通。

```
PC3> ping 10.0.2.2
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=29.128 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=31.100 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=32.918 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=30.216 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=30.754 ms
```

```
PC4> ping 10.0.1.2
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=27.458 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=31.342 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.321 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=13.040 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=22.070 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）

PC1→PC4:

```
PC1> ping 10.0.2.2
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=30.868 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=31.525 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=33.701 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=32.448 ms
84 bytes from 10.0.2.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=32.806 ms
```

PC2→PC3:

```
PC2> ping 10.0.1.2
host (10.0.2.10) not reachable

PC2> ping 10.0.1.2
host (10.0.2.10) not reachable

PC2> █
```

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。

```
Switch2(config)#interface f1/0
Switch2(config-if)#switchport mode trunk
```

```
Switch2(config)#
Switch2(config)#interface f1/0
Switch2(config-if)#switchport mode trunk
Switch2(config-if)#
*Mar  1 00:15:58.383: %DTP-5-TRUNKPORTON: Port Fa1/0 has become dot1q trunk
Switch2(config-if)#exit
Switch2(config)#█
```

10. 再次测试之前不通的 PC 间的连通性。

PC2→PC3:

```
PC2> ping 10.0.1.2
10.0.1.2 icmp_seq=1 timeout
10.0.1.2 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=31.540 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=32.135 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=32.524 ms

PC2> ping 10.0.1.2
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=30.007 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=32.103 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=31.777 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=30.100 ms
84 bytes from 10.0.1.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=30.330 ms

PC2> █
```

11. 显示三层交换机上的路由信息

```
Switch2#show ip rou
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
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）。

```
interface Vlan1
  ip address 10.0.1.10 255.255.255.0
!
interface Vlan2
  ip address 10.0.2.10 255.255.255.0
!
```

```
interface FastEthernet1/0
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet1/1
!
interface FastEthernet1/2
  switchport access vlan 2
!
```

六、实验结果与分析

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？

二层交换机属数据链路层设备，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 地址与对应的端口记录在自己内部的一个地址表中。

三层交换机：三层交换技术就是将路由技术与交换技术合二为一的技术。所以端口不可以配置 IP 地址。

路由器是具有路由功能的，处于网络层，可以将识别 IP 地址并转发，所以可以配置 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？

在 VLAN 虚拟局域网中，通常是一个物理接口对应一个 VLAN。在多个 VLAN 的网络上，无法使用单台路由器的一个物理接口实现 VLAN 间通信，同时路由器有其物理局限性，不可能带有大量的物理接口。

子接口的产生正是为了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，实现多个 VLAN 间的路由和通信。

使用物理接口也可以。

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

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？

不在同一个 VLAN

5. Ping 测试时，为什么一开始有几次不通，后面又通了？

需要一段时间建立路由表，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？

三层交换机转发速率快。

二层交换机：接收到由自己的物理层送上来的二层数据帧时，根据源 MAC 学习并写 MAC 地址表，根据目的 MAC 查找 MAC 地址表决定是转发还是泛洪。

路由器：由于自身处于 OSI 第三层，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，查找路由表，封装下一跳的 MAC 地址等一系列动作，相比二层交换机而言：路由器查找路由表是通过基于软件的 CPU 来查找，比二层交换机查找 MAC 地址表用的 ASIC 硬件芯片来得慢，另外路由器还得对数据进行拆封，解封动作，而且还改写了数据帧（只改写二层数据帧的目的 MAC，源 MAC，FCS，当然不会改变数据帧的正文内容即三层数据包）。

7. 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：

对用路由器代替三层交换机的原理还不是很清楚；

对路由器的原理的理解还不是很深刻；

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：

在 Part2 中，出现了 PC3 和 PC4 不能 ping 通对应的 vlan 的 ip 的现象，重启三层交换机并重新配置后解决

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

希望老师可以将实验安排时间尽量提前一些。