

浙江大学

本科实验报告

课程名称:	计算机网络
实验名称:	静态路由配置
姓 名:	孙培林: 50% 合作完成实验
	黄文杰: 50% 合作完成实验
学 院:	计算机学院
系:	软件工程系
专 业:	软件工程
学 号:	3210102981
	3210103379
指导教师:	陆魁军

第 13 页有错，已修改

2023 年 11 月 11 日

浙江大学实验报告

一、 实验目的：

- 学习掌握路由器的工作原理和配置方法；
- 加深路由和交换功能的区别和联系；
- 理解路由表的原理，掌握子网划分原则；
- 理解静态路由的概念，掌握设置静态路由和默认路由的方法；

二、 实验内容

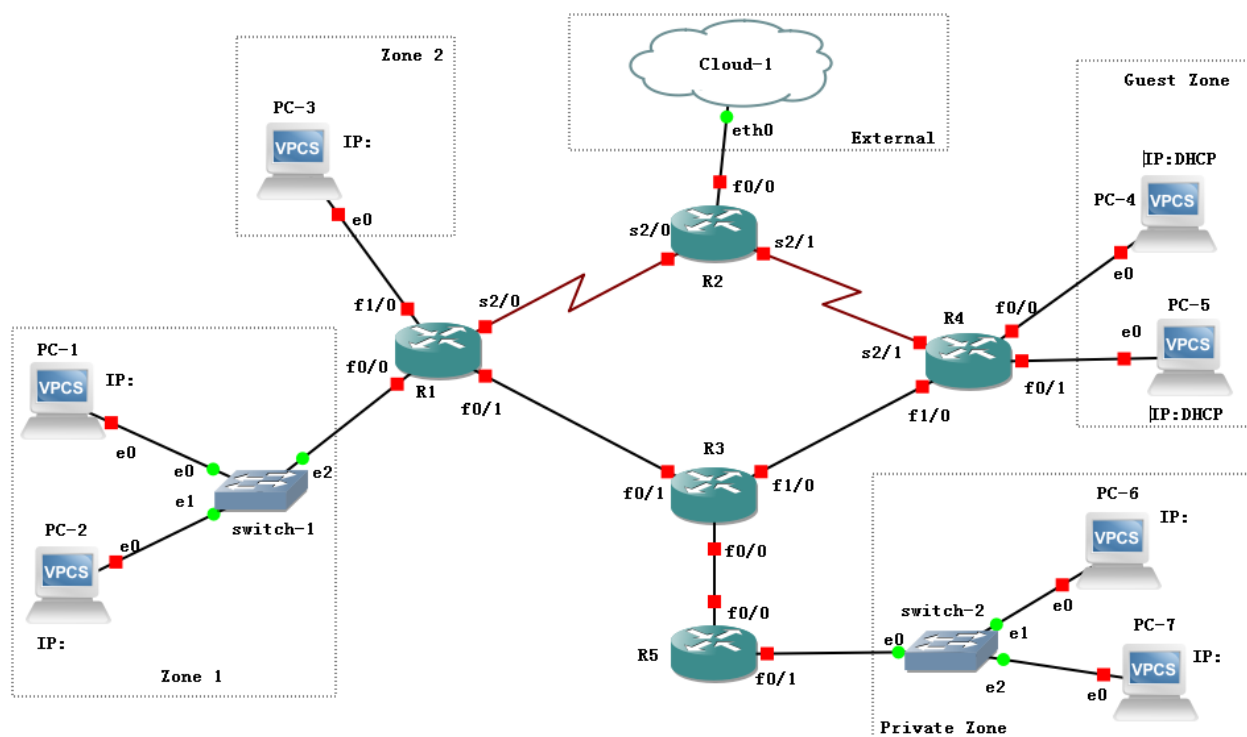
- 分别采用静态地址分配、动态地址分配构建多种类型的局域网；
- 使用多个路由器连接多个局域网；
- 分别采用以太网、高速串口等方式连接路由器；
- 通过路由器连接真实网络并实现数据通信；
- 在路由器上配置 NAT，实现私有网络和共有网络的互联；
- 在各路由器上配置静态路由，实现网络互联互通。

三、 主要仪器设备

联网的 PC 机、路由器、交换机（如果物理设备不足，可以使用模拟软件）。

四、 操作方法与实验步骤

- 按拓扑图连接路由器、交换机和 PC 机；



- 设计好每个区域内 PC 和路由器接口的 IP 地址及掩码，其中：
Zone1 区域的 IP 子网为 10.0.0.0/16；
Zone2 区域的 IP 子网为 10.1.0.0/16；
Guest 区域使用 DHCP 动态地址分配，IP 子网为 172.16.0.0/24 和 172.16.1.0/24；

Private 区域需要经过 NAT 转换后再和其他区域通信，IP 子网为 192.168.0.0/24；

External 区域代表外部实际网络（即 R2 的 f0/0 接口连接的是外部真实网络，如校园网），使用 GNS3 模拟时，是通过 Cloud-1 这个特殊设备连接外部网络（具体请参考 GNS3 指南）。

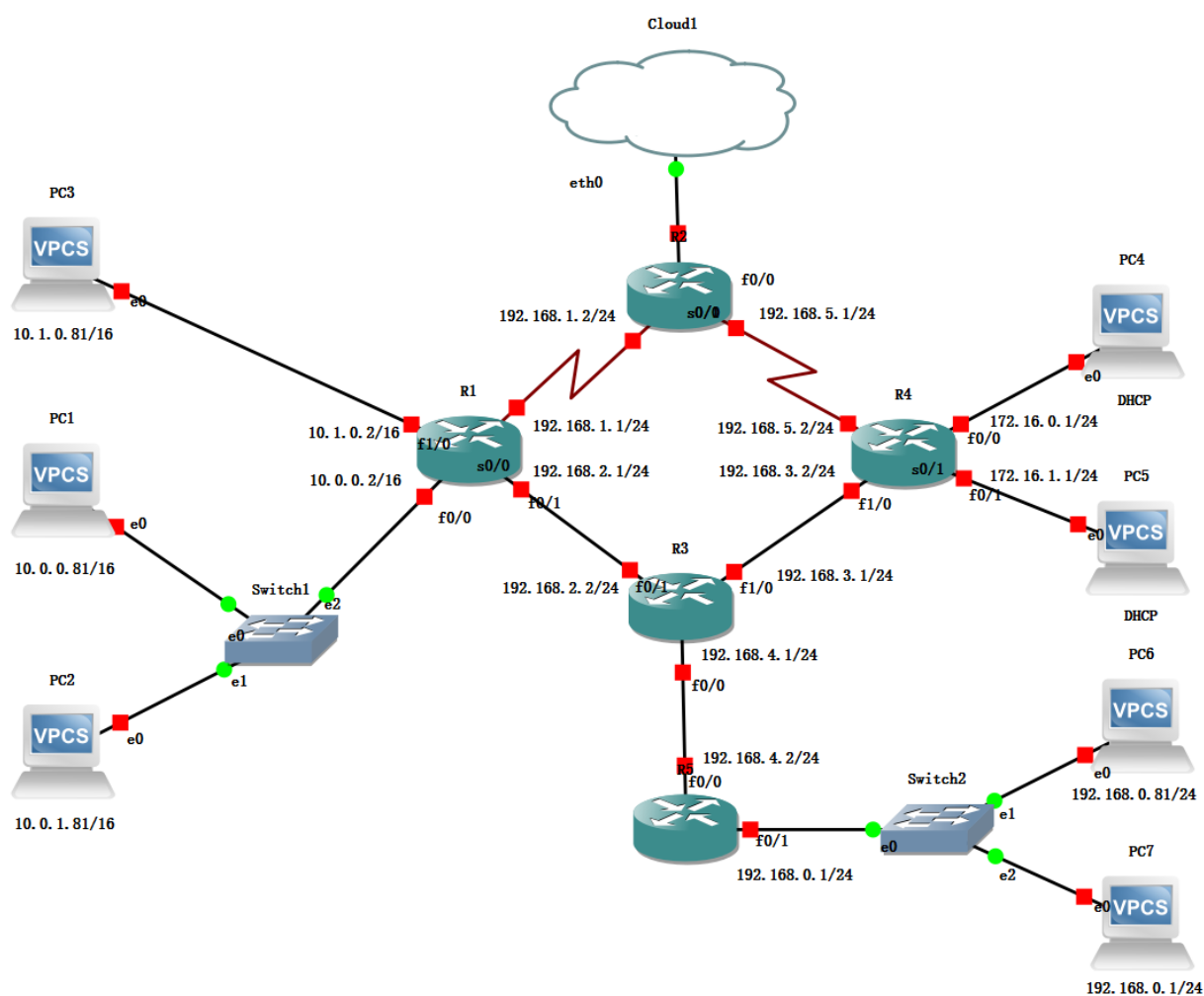
- 为便于记忆，建议路由器之间的接口统一采用 192.168.X.Y/24 的形式，其中 X 为两个路由器的编号组合，如 12 代表 R1 和 R2 之间的子网，Y 为路由器编号，如 192.168.12.1 分配给 R1 的 s2/0 接口，192.168.12.2 分配给 R2 的 s2/0 接口。
- 按照上述设计给 PC 配置合适的 IP 地址及掩码；
- 按照上述设计给各路由器接口分配合适的 IP 地址、掩码并激活接口（命令参考下面）：
R1(config)# interface 接口名
R1(config-if)# ip address IP 地址 掩码
R1(config-if)# no shutdown
- 给 PC 配置默认路由器地址，测试跨路由器通信；
- 在 R4 路由器上配置 DHCP 服务，步骤如下：
 - a) 配置路由器接口的 IP 地址；
 - b) 定义第一个子网的 DHCP 地址池（命令：ip dhcp pool 地址池编号）；
 - c) 定义 DHCP 网络地址（命令：network IP 地址 /子网掩码长度）；
 - d) 定义 DHCP 默认网关（命令：default-router 默认路由器 IP 地址）；
 - e) 根据需要定义第二个子网的 DHCP 地址池；
 - f) 启动 DHCP 服务（命令：service dhcp）；
 - g) 在 PC 上运行 ip dhcp，获取 IP 地址，并查看获得的 IP 地址。
- 配置 R1、R2 路由器之间的串口的数据链路层协议为 HDLC，并设置 IP 地址；
- 配置 R2、R4 路由器之间的串口的数据链路层协议为 PPP，并设置 IP 地址；
- 在各路由器上配置静态路由，使得不相邻路由器之间能够相互通信（命令：ip route 目标网络 子网掩码 下一跳地址）；
- 在 R5 路由器上配置 NAT 服务，使得 PC6、PC7 以 R5 的 f0/0 接口的 IP 地址对外通信。配置步骤如下：
 - a) 定义内部接口（命令：interface fa0/1, ip nat inside），假设 fa0/1 是连接内部网络的接口；
 - b) 定义外部接口（命令：interface fa0/0, ip nat outside），假设 fa0/0 是连接外部网络的接口；
 - c) 设置访问控制列表（命令：access-list 1 permit 192.168.0.0 0.0.0.255），允许网络（假设是 192.168.0.0/24）向外访问；
 - d) 定义从内到外的访问需要进行源地址转换，使用路由器的外部接口地址作为转换后的外部地址（命令：ip nat inside source list 1 interface fa0/0 overload）。
- 配置 R2 的 f0/0 接口，使其能够与外部真实网络上的主机进行通信（请参考《使用 GNS3 软件模拟 IOS 指南》中的第十二节“增加网络云”相关内容）；
- 使用 Ping 命令测试各个区域的 PC 之间的联通性，根据需要在相应的路由器上补充静态路由设置。

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（本文档中的截图仅用于示例，请更换成你自己的）。记录输入的命令时，直接粘贴文字即可（保留命令前面的提示符，如 R1#）。

1. 设计好每个 PC、路由器各接口的 IP 地址及掩码，并标注在拓扑图上（后续全部按照这个图进行配置）。

设计的拓扑图:



2. 给 PC1 配置 IP 地址为 10.0.0.X, 给 PC2 配置 IP 地址为 10.0.1.X, 其中 X 为你的学号后 2 位或后 3 位(如果 3 位都为 0, 往前取, 直到 3 位不全为 0, 后同不再说明), 均使用 24 位长度的掩码(即 255.255.255.0)。然后用 Ping 检查 PC1、PC2 之间的连通性(思考为什么不通)。

```
PC1> ip 10.0.0.81 255.255.255.0
```

```
PC2> ip 10.0.1.81 255.255.255.0
```

Ping 结果截图:

```
PC2> ping 10.0.0.81
host (255.255.255.0) not reachable
```

3. 将 PC1、PC2 的掩码长度均改为 16 位(即 255.255.0.0)。然后用 Ping 检查 PC1、PC2 之间的连通性。

```
PC1> ip 10.0.0.81 255.255.0.0
```

```
PC2> ip 10.0.1.81 255.255.0.0
```

Ping 结果截图:

```
PC2> ping 10.0.0.81
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=1 ttl=64 time=1.101 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.772 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.977 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.988 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.947 ms
```

4. 给 R1 的两个接口 f0/0、f1/0 分别配置合适的 IP 地址, 掩码长度均为 16, 并激活接口。然后查看路由表信息。

输入的配置命令:

```
R1#config t
```

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

```
R1(config)#interface f0/0
```

```
R1(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.255.0.0
```

```
R1(config-if)#no shut
```

```
R1(config-if)#exit
```

```
R1#config t
```

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

```
R1(config)#interface f1/0
```

```
R1(config-if)#ip address 10.1.0.2 255.255.0.0
```

```
R1(config-if)#no shut
```

```
R1(config-if)#exit
```

路由表信息截图:

```
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

    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0
```

5. 给 PC3 配置 IP 地址 10.1.0.X, 其中 X 为你的学号后 2 位或后 3 位, 掩码长度 16 位 (即 255.255.0.0)。
- 然后用 Ping 检查 PC1、PC3 之间的连通性。

```
ip 10.1.0.81 255.255.0.0
```

Ping 结果截图:

```
PC3> ping 10.0.0.81
host (255.255.0.0) not reachable
```

6. 如果上一步 Ping 的结果是不通, 请给 PC1、PC3 配置合适的路由器地址 (Gateway), 并再次检查两者之间的连通性。

配置命令 (此处示例为截图形式, 请替换成文本形式):

```
PC1> ip 10.0.0.81 255.255.0.0 10.0.0.2
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.0.81 255.255.0.0 gateway 10.0.0.2

PC3> ip 10.1.0.81 255.255.0.0 10.1.0.2
Checking for duplicate address...
PC3 : 10.1.0.81 255.255.0.0 gateway 10.1.0.2
```

Ping 结果截图:

```
PC1> ping 10.1.0.81
10.1.0.81 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=2 ttl=63 time=30.966 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=3 ttl=63 time=30.741 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=4 ttl=63 time=30.939 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=5 ttl=63 time=30.315 ms
```

7. 给 R4 的 f0/0、f0/1 两个接口配置 IP 地址并激活接口。

配置命令:

```
R4(config)#interface f0/0
```

```
R4(config-if)#ip address 172.16.0.1 255.255.255.0
```

```
R4(config-if)#no shut
```

```
R4(config)#interface f0/1
```

```
R4(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
```

```
R4(config-if)#no shut
```

8. 在 R4 上为第一个接口（f0/0）连接的子网配置 DHCP 服务。

配置命令：

```
R4(config)#ip dhcp pool 1
```

```
R4(dhcp-config)#network 172.16.0.0 /24
```

```
R4(dhcp-config)#default-router 172.16.0.1
```

9. 在 PC4 上使用 DHCP 动态分配地址，查看获得的 IP 地址。

配置命令及获得的 IP 地址截图：

```
PC4> ip dhcp
DORA IP 172.16.0.2/24 GW 172.16.0.1
```

10. 在 R4 上为第二个接口（f0/1）配置 DHCP 服务。

配置命令：

```
R4(config)#ip dhcp pool 2
```

```
R4(dhcp-config)#network 172.16.1.0 /24
```

```
R4(dhcp-config)#default-router 172.16.1.1
```

11. 在 PC5 上使用 DHCP 动态分配地址，查看获得的 IP 地址。

配置命令及获得的 IP 地址截图：

```
PC5> ip dhcp
DORA IP 172.16.1.2/24 GW 172.16.1.1
```

12. 用 Ping 命令测试 PC4、PC5 之间的连通性。

Ping 结果截图：

```
PC5> ping 172.16.0.2

84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=31.468 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=15.087 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=14.518 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=20.707 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=13.526 ms
```

13. 显示 R4 上的已分配 DHCP 主机信息

```
R4#show ip dhcp binding
Bindings from all pools not associated with VRF:
IP address          Client-ID/          Lease expiration    Type
                   Hardware address/
                   User name
172.16.0.2          0100.5079.6668.01   Mar 02 2002 12:44 AM Automatic
172.16.1.2          0100.5079.6668.02   Mar 02 2002 12:51 AM Automatic
```

14. 配置 R1、R2 路由器之间的串口，设置数据链路层协议为 HDLC（命令：`encapsulation hdlc`），在其中一台路由器上设置时钟速率（命令：`clock rate 速率值`），设置 IP 地址，激活接口，并测试两个路由器之间的连通性。

配置命令：

```
R1(config)#interface serial 0/0
```

```
R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#encapsulation hdlc
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R2(config)#interface serial 0/0
```

```
R2(config-if)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
```

```
R2(config-if)#encapsulation hdlc
```

```
R2(config-if)#clock rate 128000
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

Ping 结果截图:

```
R2#ping 192.168.1.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/9/36 ms
```

15. 配置 R4、R2 路由器之间的串口，设置 IP 地址，设置数据链路层协议为 PPP（命令：`encapsulation ppp`），设置 PPP 认证模式为 CHAP（命令：`ppp authentication chap`），为对方设置认证用户名和密码（命令：`username R4 password 1234`），用户名默认就是对方的路由器 hostname（区分大小写），密码要设置成一样的。激活接口，查看串口状态并测试两个路由器之间的连通性。

配置命令：

```
R2(config)#interface serial 0/1
```

```
R2(config-if)#ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
```



```
R2(config-if)#encapsulation ppp
R2(config-if)#ppp authentication chap
R2(config-if)#no shutdown
R2(config)#username R4 password 1234
R4(config)#interface serial 0/1
R4(config-if)#ip address 192.168.5.2 255.255.255.0
R4(config-if)#encapsulation ppp
R4(config-if)#ppp authentication chap
R4(config-if)#no shutdown
R4(config)#username R2 password 1234
```

查看串口状态（LCP Open 表明 PPP 的 LCP 已经协商完成，身份验证通过）：

```
R4#show interface s0/1
Serial0/1 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  Internet address is 192.168.5.2/24
  MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation PPP, LCP Open
  Open: IPCP, CDPCP, loopback not set
```

Ping 结果截图：

```
R4#ping 192.168.5.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/36/96 ms
```

16. 配置 R1、R3 路由器之间接口的 IP 地址，激活接口，并测试两个路由器之间的连通性。

配置命令：

```
R1(config)#interface f0/1
R1(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R3(config)#interface f0/1
R3(config-if)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
```

Ping 结果截图：

```

R3#ping 192.168.2.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.1, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 60/66/76 ms
R3#ping 192.168.2.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 64/64/68 ms

```

17. 配置 R4、R3 路由器之间接口的 IP 地址，激活接口，并测试两个路由器之间的连通性。

配置命令：

```

R3(config)#interface f1/0

R3(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0

R3(config-if)#no shutdown

R4(config)#interface f1/0

R4(config-if)#ip address 192.168.3.2 255.255.255.0

R4(config-if)#no shutdown

```

Ping 结果截图：

```

R4#ping 192.168.3.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.3.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/17/36 ms

```

18. 分别测试 PC1 与 PC4、PC1 与 PC5、PC3 与 PC4、PC3 与 PC5 之间的连通性。

Ping 结果截图：

PC1 与 PC4（此处为示例）：

```

PC1> ping 172.16.0.2
*10.0.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=5.243 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=1.760 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=8.019 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=5.246 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=4.232 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)

```

PC1 与 PC5：

```

PC1> ping 172.16.1.2
*10.0.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=3.439 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=10.639 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=6.619 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=15.993 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=15.389 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)

```

PC3 与 PC4：

```
PC3> ping 172.16.0.2
*10.1.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=10.465 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=2.643 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=5.034 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=0.841 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=6.074 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
```

PC3 与 PC5:

```
PC3> ping 172.168.1.2
*10.1.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=15.009 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=15.750 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=15.215 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=16.075 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=15.339 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
```

19. 查看各路由器的路由表信息（命令：show ip route），分析上述不能 Ping 通的原因是缺少了哪些路由信息，为下一步添加路由做准备。

路由表信息截图:

R1:

```
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

 10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
C    10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

R2:

```
R2#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

 192.168.5.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.5.0/24 is directly connected, Serial0/1
C    192.168.5.2/32 is directly connected, Serial0/1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
```

R3:

```

R3#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    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

```

R4:

```

R4#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

      172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
      192.168.5.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.5.1/32 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.5.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

```

20. 在各个路由器上为相应的目标网络（Zone1, Zone2, Guest zone 所在子网）添加静态路由（[优先选择以太网线路作为下一跳路径](#)），以便上述三个区内的 PC 能够互相 Ping 通（不通请仔细分析是哪一台路由器缺少了路由）。记录最后的路由表信息。

配置命令：

R1:

```
R1(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.2.2
```

```
R1(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.2.2
```

R2:

```
R2(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.1.1
```

```
R2(config)#ip route 10.1.0.0 255.255.0.0 192.168.1.1
```

```
R2(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.5.2
```

```
R2(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.5.2
```

R3:

```
R3(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.2.1
```

```
R3(config)#ip route 10.1.0.0 255.255.0.0 192.168.2.1
```

```
R3(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.3.2
```

```
R3(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.3.2
```

R4:

```
R4(config)#ip route 10.1.0.0 255.255.0.0 192.168.3.1
```

```
R4(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.3.1
```

Ping 结果截图:

PC1 与 PC4:

```
PC1> ping 172.16.0.2
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=74.422 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=61.364 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=42.694 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=62.082 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=56.488 ms
```

PC1 与 PC5:

```
PC1> ping 172.16.1.2
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=48.281 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=56.850 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=58.517 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=49.488 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=40.755 ms
```

PC3 与 PC4:

```
PC3> ping 172.16.0.2
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=89.251 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=91.114 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=92.595 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=92.197 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=90.927 ms
```

PC3 与 PC5:

```
PC3> ping 172.16.1.2
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=67.213 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=54.300 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=55.404 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=47.686 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=42.542 ms
```

路由表信息截图:

R1:

```
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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.2.2
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.2.2
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
C      10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C     192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
C     192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

R2:

```
R2#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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.5.2
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.5.2
    192.168.5.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.5.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.5.2/32 is directly connected, Serial0/1
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [1/0] via 192.168.1.1
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.1.1
C     192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
```

R3:

```
R3#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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.3.2
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.3.2
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [1/0] via 192.168.2.1
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.2.1
C      192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C      192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

R4:

```
R4#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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
    192.168.5.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.5.1/32 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.5.0/24 is directly connected, Serial0/1
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [1/0] via 192.168.3.1
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.3.1
C      192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

21. 在 R1 和 R4 上增加备用路由，选择串口线路作为下一跳的路径，并将路由距离设置成 30（命令：[ip route 目标网络 子网掩码 下一跳地址 距离](#)）。此时查看路由表，该新增路由信息并不会出现，但在主路由链路断开时（在 R1、R4 上关闭与 R3 连接的端口），该路由会被自动添加进路由表。通过实验验证一下。

配置命令：

R1:

```
R1(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.1.2 30
```

```
R1(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2 30
```

R4:

R4(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.5.1 30

R4(config)#ip route 10.1.0.0 255.255.0.0 192.168.5.1 30

A) R1-R3、R4-R3 间链路断开前:

R1 路由表信息截图

```
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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.2.2
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.2.2
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
C      10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C     192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
C     192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

R4 路由表信息截图

```
R4#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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [1/0] via 192.168.3.1
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.3.1
C     192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

PC1 上的路由跟踪截图 (命令: trace 目标网络):

```
PC1> trace 172.16.0.0
trace to 172.16.0.0, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.0.0.2    9.905 ms  4.513 ms  9.654 ms
 2  192.168.2.2 25.551 ms 25.731 ms 25.656 ms
 3  192.168.3.2 46.919 ms 47.644 ms 36.836 ms
```

B) R1-R3、R4-R3 间链路断开后:

R1 路由表信息截图:

```
R1#show ip route
*Mar  1 00:09:39.663: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [30/0] via 192.168.1.2
S      172.16.1.0 [30/0] via 192.168.1.2
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
C      10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C     192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
```

R4 路由表信息截图:

```
R4#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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
    192.168.5.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.5.1/32 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.5.0/24 is directly connected, Serial0/1
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [30/0] via 192.168.5.1
S      10.1.0.0 [30/0] via 192.168.5.1
```

PC1 上的路由跟踪截图 (如果不通, 请检查 R2 上是否添加了相应的路由):

```
PC1> trace 172.16.0.0
trace to 172.16.0.0, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.0.0.2    6.931 ms  1.699 ms  7.051 ms
 2  192.168.1.2 14.182 ms  8.941 ms  3.849 ms
 3  192.168.5.2  8.845 ms  4.257 ms  9.652 ms
```

C) R1-R3、R4-R3 间链路重新打开后:

R1 路由表信息截图:

```

R1#show ip route
*Mar  1 00:40:16.743: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S       172.16.0.0 [1/0] via 192.168.2.2
S       172.16.1.0 [1/0] via 192.168.2.2
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
C       10.0.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet1/0
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1

```

R4 路由表信息截图:

```

R4#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

    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       172.16.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
    192.168.5.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.5.1/32 is directly connected, Serial0/1
C       192.168.5.0/24 is directly connected, Serial0/1
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S       10.0.0.0 [1/0] via 192.168.3.1
S       10.1.0.0 [1/0] via 192.168.3.1
C       192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

```

22. 在 R1 上分别使用 f1/0、s2/0 接口的 IP 地址作为源地址，测试到 R4 的 s2/1 接口地址的连通性（命令：
ping 目标 IP 地址 source 源 IP 地址），如果有哪个不通，在各个路由器上增加相应的静态路由信息。

Ping 结果截图:

R1 的 f0/0 与 R4 的 s0/0:

```
R1#ping 192.168.5.2 source 10.0.0.2

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.2, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 10.0.0.2
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/32/36 ms
```

R1 的 f0/1 与 R4 的 s0/0:

```
R1#ping 192.168.5.2 source 10.1.0.2

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.2, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 10.1.0.2
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 64/67/76 ms
```

R1 的 f1/0 与 R4 的 s0/0:

```
R1#ping 192.168.5.2 source 192.168.2.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.2, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.168.2.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/34/36 ms
```

R1 的 s0/0 与 R4 的 s0/0:

```
R1#ping 192.168.5.2 source 192.168.1.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.2, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.168.1.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/19/24 ms
```

补充静态路由的配置命令:

R1:

```
R1(config)#ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```

R2:

无

R3:

```
R3(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.2.1
```

```
R3(config)#ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 192.168.3.2
```

R4:

```
R4(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.3.1
```

```
R4(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.3.1
```

23. 给 R3 的 f1/0 (R3-R5 之间) 接口配置 IP 地址, 给 R5 各接口配置 IP 地址, 激活接口, 并测试两个路由

器之间的连通性。

配置命令：

R3:

```
R3(config)#interface f0/0
```

```
R3(config-if)#ip address 192.168.4.1 255.255.255.0
```

```
R3(config-if)#no shutdown
```

R5:

```
R5(config)#interface f0/0
```

```
R5(config-if)#ip address 192.168.4.2 255.255.255.0
```

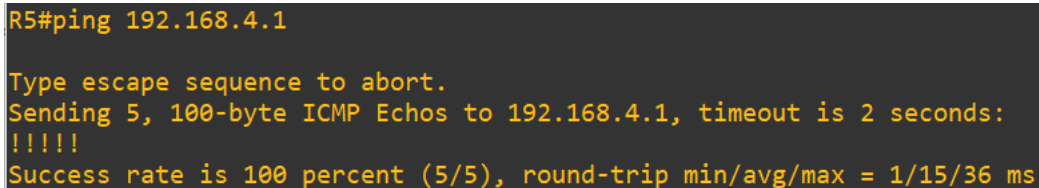
```
R5(config-if)#no shutdown
```

```
R5(config)#interface f0/1
```

```
R5(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
```

```
R5(config-if)#no shutdown
```

Ping 结果截图:



```
R5#ping 192.168.4.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.4.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/15/36 ms
```

24. 给 PC6、PC7 配置 IP 地址及默认路由器地址（选 R5 作为默认路由器），其中 PC6 地址的主机部分为 [你的学号后 2 位或后 3 位（规则同前）](#)。

配置命令：

```
ip 192.168.0.81 255.255.255.0 192.168.0.1
```

```
ip 192.168.0.2 255.255.255.0 192.168.0.1
```

25. 在 R5 路由器上配置 NAT 服务，定义 fa0/1 接口为 **外部内部** 接口，定义 fa0/0 接口为 **内部外部** 接口。配置完成后同时在 PC6、PC7 上持续 Ping 路由器 R3 的 fa0/0 接口地址（命令 `ping ip 地址 -t`），Ping 通后在 R5 上显示 NAT 信息（命令：`show ip nat translation`），可以看出内部的源 IP 地址被转换成了外部 IP 地址。

配置命令：

```
R5(config)#interface f0/1
R5(config-if)#ip nat inside
R5(config-if)#interface f0/0
R5(config-if)#ip nat outside
R5(config-if)#exit
R5(config)#access-list 1 permit 192.168.0.0 0.0.0.255
R5(config)#ip nat inside source list 1 interface f0/0 overload
```

NAT 信息截图：

```
R5#show ip nat translation
Pro Inside global      Inside local      Outside local      Outside global
icmp 192.168.4.2:6769  192.168.0.2:6769  192.168.4.1:6769  192.168.4.1:6769
icmp 192.168.4.2:7281  192.168.0.2:7281  192.168.4.1:7281  192.168.4.1:7281
icmp 192.168.4.2:7537  192.168.0.2:7537  192.168.4.1:7537  192.168.4.1:7537
icmp 192.168.4.2:7793  192.168.0.2:7793  192.168.4.1:7793  192.168.4.1:7793
icmp 192.168.4.2:8049  192.168.0.2:8049  192.168.4.1:8049  192.168.4.1:8049
icmp 192.168.4.2:8305  192.168.0.2:8305  192.168.4.1:8305  192.168.4.1:8305
icmp 192.168.4.2:8561  192.168.0.2:8561  192.168.4.1:8561  192.168.4.1:8561
icmp 192.168.4.2:8817  192.168.0.2:8817  192.168.4.1:8817  192.168.4.1:8817
icmp 192.168.4.2:9073  192.168.0.2:9073  192.168.4.1:9073  192.168.4.1:9073
icmp 192.168.4.2:9329  192.168.0.2:9329  192.168.4.1:9329  192.168.4.1:9329
icmp 192.168.4.2:9585  192.168.0.2:9585  192.168.4.1:9585  192.168.4.1:9585
icmp 192.168.4.2:9841  192.168.0.2:9841  192.168.4.1:9841  192.168.4.1:9841
icmp 192.168.4.2:10097 192.168.0.2:10097 192.168.4.1:10097 192.168.4.1:10097
icmp 192.168.4.2:10353 192.168.0.2:10353 192.168.4.1:10353 192.168.4.1:10353
icmp 192.168.4.2:10609 192.168.0.2:10609 192.168.4.1:10609 192.168.4.1:10609
icmp 192.168.4.2:1038  192.168.0.2:10865 192.168.4.1:10865 192.168.4.1:1038
icmp 192.168.4.2:1039  192.168.0.2:11121 192.168.4.1:11121 192.168.4.1:1039
icmp 192.168.4.2:1040  192.168.0.2:11377 192.168.4.1:11377 192.168.4.1:1040
icmp 192.168.4.2:1041  192.168.0.2:11633 192.168.4.1:11633 192.168.4.1:1041
icmp 192.168.4.2:1042  192.168.0.2:11889 192.168.4.1:11889 192.168.4.1:1042
icmp 192.168.4.2:1043  192.168.0.2:12145 192.168.4.1:12145 192.168.4.1:1043
icmp 192.168.4.2:1044  192.168.0.2:12401 192.168.4.1:12401 192.168.4.1:1044
```

26. 在各路由器上增加静态路由信息，使得 PC6 能够与 Zone1、Zone2、Guest Zone 的 PC 机通信。提示：在 R5 上可以通过设置默认路由方式简化路由配置（命令：ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 默认路由器 IP 地址），而 Private Zone 对其他区域是不可见的，所以在外部路由器上是不需要为其添加路由的（只需要添加 R3-R5 之间的子网）。

配置命令（请保留路由器提示符）：

R1:

```
R1(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.2.2
```

R2:

R2(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.5.2

R3:

无

R4:

R4(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.3.1

R5:

R5(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.4.1

Ping 结果截图:

PC6 与 PC1:

```
PC6> ping 10.0.0.81

84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=1 ttl=61 time=52.736 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=2 ttl=61 time=53.616 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=3 ttl=61 time=60.726 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=4 ttl=61 time=61.881 ms
84 bytes from 10.0.0.81 icmp_seq=5 ttl=61 time=53.160 ms
```

PC6 与 PC3:

```
PC6> ping 10.1.0.81

84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=1 ttl=61 time=91.263 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=2 ttl=61 time=92.636 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=3 ttl=61 time=94.375 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=4 ttl=61 time=94.431 ms
84 bytes from 10.1.0.81 icmp_seq=5 ttl=61 time=92.777 ms
```

PC6 与 PC4:

```
PC6> ping 172.16.0.2

84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=58.707 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=40.288 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=40.901 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=42.162 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=43.637 ms
```

PC6 与 PC5:

```
PC6> ping 172.16.1.2

84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=58.211 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=54.625 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=60.989 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=51.717 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=55.215 ms
```

27. 默认情况下，Cloud-1 的 eth0 接口工作在仅主机模式，IP 地址是动态分配的，与电脑主机的某个虚拟网卡处于同一个子网。因此配置 R2 的 f0/0 接口 IP 地址时也采用动态分配方式（命令：ip address dhcp）。配置完成后查看 R2 获得的 IP 地址，然后在电脑主机上打开命令行，Ping 一下 R2 的 IP 地址。

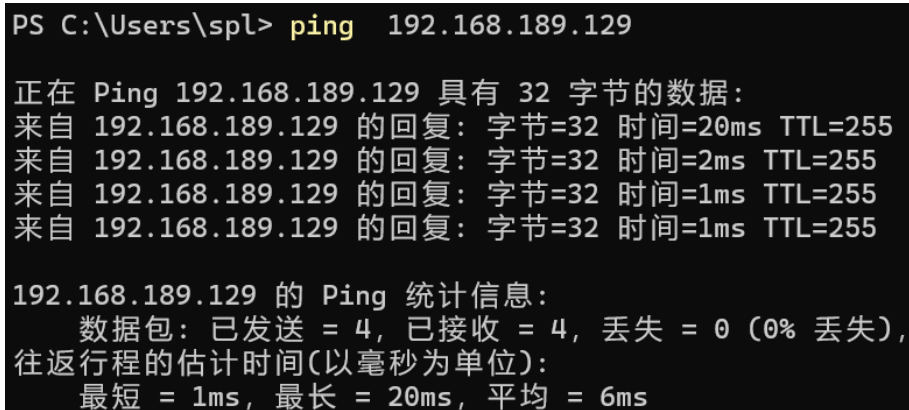
配置命令：

```
R2(config)#interface f0/0
```

```
R2(config-if)#ip address dhcp
```

```
R2(config-if)#no shut
```

电脑主机与 R2 之间 Ping 结果截图：



```
PS C:\Users\spl> ping 192.168.189.129

正在 Ping 192.168.189.129 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.189.129 的回复: 字节=32 时间=20ms TTL=255
来自 192.168.189.129 的回复: 字节=32 时间=2ms TTL=255
来自 192.168.189.129 的回复: 字节=32 时间=1ms TTL=255
来自 192.168.189.129 的回复: 字节=32 时间=1ms TTL=255

192.168.189.129 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
    最短 = 1ms, 最长 = 20ms, 平均 = 6ms
```

28. 在 R2 上配置 NAT 服务，并且在 R1 上添加电脑主机的子网路由，使得 Zone 1 的 PC 机也能与电脑主机通信。提示：定义 f0/0 接口为外部接口，s2/0 为内部接口。

R2 配置命令：

```
R2(config)#interface f0/0
```

```
R2(config-if)#ip nat outside
```

```
R2(config-if)#interface s3/0
```

```
R2(config-if)#ip nat inside
```

```
R2(config-if)#exit
```

```
R2(config)#access-list 2 permit 10.0.0.0 0.255.255.255
```

```
R2(config)#ip nat inside source list 2 interface f0/0 overload
```

R1 配置命令：

```
R1(config)#ip route 192.168.189.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```


电脑主机的 IP 地址:

```
以太网适配器 VMware Network Adapter VMnet1:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . : 
    本地链接 IPv6 地址 . . . . . : fe80::f6df:4b28:1671:3a60%18
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.189.1
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关 . . . . . :
```

PC1 与电脑主机 Ping 结果截图（请关闭电脑上的防火墙）:

```
PC1> ping 192.168.189.1

84 bytes from 192.168.189.1 icmp_seq=1 ttl=126 time=20.253 ms
84 bytes from 192.168.189.1 icmp_seq=2 ttl=126 time=13.993 ms
84 bytes from 192.168.189.1 icmp_seq=3 ttl=126 time=11.662 ms
84 bytes from 192.168.189.1 icmp_seq=4 ttl=126 time=11.761 ms
84 bytes from 192.168.189.1 icmp_seq=5 ttl=126 time=12.418 ms
```

29. 找一个不需要认证、没有地址绑定限制的网络环境（首选实验室、机房，或者自己搭一个环境），首先配置电脑主机的 IP 地址和默认网关，以便让电脑主机能够正常连接真实网络，再找一台该网络可以 Ping 通的主机 H。

接下来让 R2 的 f0/0 口改为连接 Cloud-1 的 eth2 接口（该接口采用桥接模式，如果没有 eth2，请参照 GNS 指南添加一个），使用静态或动态方式给 R2 的 f0/0 口配置 IP 地址（采用动态分配时需要再次输入 `ip address dhcp`，以便路由器重新获取 IP 地址），设置 R2 的默认路由地址为真实网络上的默认网关，在 R1 上为主机 H 的子网配置路由（可以简化配置成默认路由），测试 R2 以及 PC1 能否 Ping 通该主机。

R2 配置命令:

```
R2(config)#interface f0/0
```

```
R2(config-if)#ip address dhcp
```

R1 配置命令:

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.192.0.1
```

R2 与真实网络主机 H 的 Ping 结果截图:

```
R2#ping 10.10.0.21

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.0.21, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 64/67/72 ms
```


PC1 与真实网络主机 H 的 Ping 结果截图:

```
PC1> ping 10.10.0.21
84 bytes from 10.10.0.21 icmp_seq=1 ttl=127 time=13.487 ms
84 bytes from 10.10.0.21 icmp_seq=2 ttl=127 time=14.579 ms
84 bytes from 10.10.0.21 icmp_seq=3 ttl=127 time=17.633 ms
84 bytes from 10.10.0.21 icmp_seq=4 ttl=127 time=10.925 ms
84 bytes from 10.10.0.21 icmp_seq=5 ttl=127 time=30.378 ms
```

30. 整理各路由器的当前运行配置，选择与本实验相关的内容记录在文本文件中，每个设备一个文件，分别命名为 R1.txt、R2.txt 等，随实验报告一起打包上传。

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：

- 路由器的接口为什么会出现：FastEthernet0/1 is up, line protocol is down 的状态？

这表示物理连接正常，但数据链路层协议未建立，通常有以下几种可能的原因：

1. 速率和双工设置不匹配：若连接的两端速率或双工设置不匹配，则可能导致 line protocol down 的状态
2. 协议不匹配：两端使用不同的数据链路层协议也可能导致 line protocol down 的状态。例如，一个端口使用了 Ethernet II 协议，而另一个端口使用了 IEEE 802.3 协议
3. 配置问题：接口的配置有错误或者配置不一致。例如对端路由器帧封装格式不匹配、没有设置时钟频率等。

- 路由起什么作用？什么是静态路由？

路由是一种网络通信中用于确定数据包从源到目的地之间传输路径的过程。路由的主要作用包括：

确定路径： 确定数据包从源设备到目标设备的路径，使数据能够在网络中传递。

转发数据： 根据路由表中的信息，将数据包从一个网络节点传递到另一个网络节

点。

连接不同网络： 连接不同类型的网络，使得它们能够互相通信，例如将局域网连接到广域网。

静态路由是一种手动配置的路由方式，其中网络管理员手动指定网络路径和下一跳。这种配置是固定的，不会自动适应网络拓扑的变化。在静态路由中，管理员手动输入路由表的信息，指定了网络地址和下一跳路由器的 IP 地址。这些信息告诉路由器如何将数据包发送到目标网络。

- 需要为每个 PC 的 IP 地址添加路由，还是只需要为其网络地址添加路由？

只需要为其网络地址添加路由。

- 添加静态路由时，下一跳地址是填写本路由器的端口地址，还是对方路由器的端口地址？或者是目的地网络的路由器端口地址？

静态路由配置中下一跳的地址是对端直连路由器的接口地址，也就是对方路由器的端口地址。

- 什么是默认路由？添加默认路由的命令格式是什么？

默认路由是一种特殊类型的路由，用于指示如果路由表中没有匹配的目的地网络，将所有未知流量发送到指定的下一跳。它是一种通用的网关，用于处理路由表中未列出的所有目标。默认路由也即缺省路由。

添加默认路由的命令格式：

`ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 [192.168.54.38] (下一跳路由器端口 ip 地址)`

- 在同一个局域网内的 2 台 PC 机，IP 地址分别为 10.0.0.x/24 和 10.0.1.x/24，都属于 VLAN1，一开始不能互相 Ping 通，为什么把子网掩码长度从 24 位变成 16 位，就通了？

初始情况下，24 位子网掩码决定了这两个 IP 地址分别位于不同的子网，因此它们之间的通信可能会受到路由的限制。而把子网掩码长度从 24 位变为 16 位之后，两台 PC 位于相同的子网，且又位于同一个 VLAN，所以此时能 ping 通。

- 如果仅仅是为了让不同区域内的 PC 之间能够互相 Ping 通，在设置静态路由时，路由器之间互联的子网是否全部都要加入到所有路由器的路由表中？为什么？

不需要，因为两台 PC 能够 ping 通的条件只需要存在一条可以连通的路由线路即可，而不需要所以路由器之间形成连通图。

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. 在做第 29 题时，我们小组曾尝试用热点将两台 PC 绑定在一个网段下，但是此时 GNS 里的 PC1 无法 ping 通外界真实的 PC，但是 R2 路由器却可以 ping 通。我们琢磨了很久也不明白其中的原因。
2. 在使用 GNS 软件的保存功能时，它会重新 load 你保存的项目，但是会出现之前配置好的部分莫名其妙坏掉的情况，而且这种情况一般不是由于配置不当引起（因为重新按照正确的配置流程做一遍还是不行，而且重新 save 之后该问题就好了，但是这又会导致新问题，且该问题也不是由配置错误引起），一般也只能通过删掉相应的设备并重新配置来解决。

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. Ping IP 地址前一定要记得关防火墙
2. 使用 GNS 软件做实验时最好保证一次性做完，如果实在做不完，要记得为每台 PC 和路由器保存配置（PC 打 save 指令，路由器打 write 指令），然后再点击 GNS 软件的保存功能（但是

这仍有可能出现 GNS 软件保存功能自带的一些 bug)

3. 在做实验碰到一些问题时，除了检查配置有无出错外，还要注意是否由软件自身的 bug 引起。如果碰到了重新配置多遍无果的情况，可以尝试 GNS 的 save 功能，它会重新 load 你的项目，如果此时你发现你的问题被解决了，那说明原来的问题可能由 GNS 软件引起（不过由于你选择了 GNS 的 save 功能，它仍有可能给你抛出新的错误，需要你进一步排查）。

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

1. 建议下一届停止使用 GNS 软件，改用 Cisco Packet Tracer，因为 GNS 软件存在许多问题，包括但不限于 save 功能存在 bug，这些问题会增加学生做实验的时间（而且增加的时间大多耗费在和软件作斗争上，没有实际意义）。
2. 建议在下一届提供实验报告的 markdown 模板文件，方便学生调整格式。