

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:	胡若凡
学 院:	计算机学院
系:	计算机科学与技术
专 业:	计算机科学与技术
学 号:	3200102312
指导教师:	张泉方

2022 年 12 月 9 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

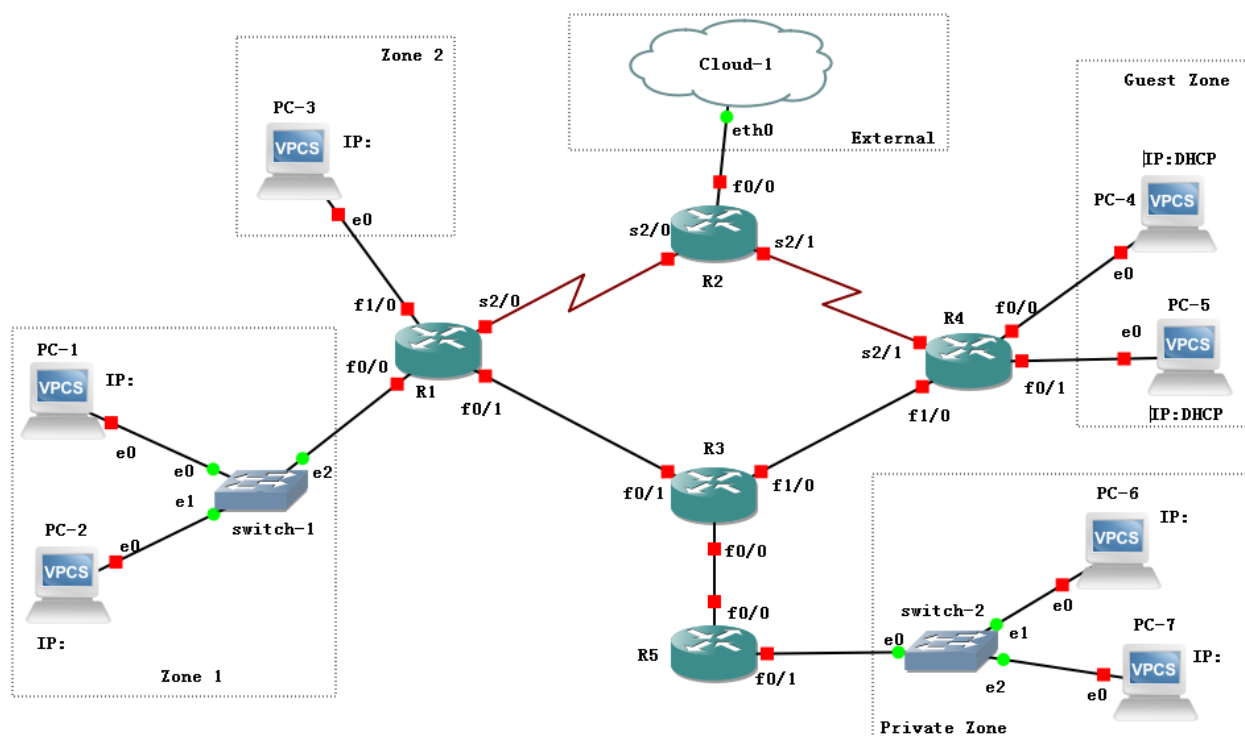
- 分别采用静态地址分配、动态地址分配构建多种类型的局域网；
- 使用多个路由器连接多个局域网；
- 分别采用以太网、高速串口等方式连接路由器；
- 通过路由器连接真实网络并实现数据通信；
- 在路由器上配置 NAT，实现私有网络和共有网络的互联；
- 在各路由器上配置静态路由，实现网络互联互通。

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

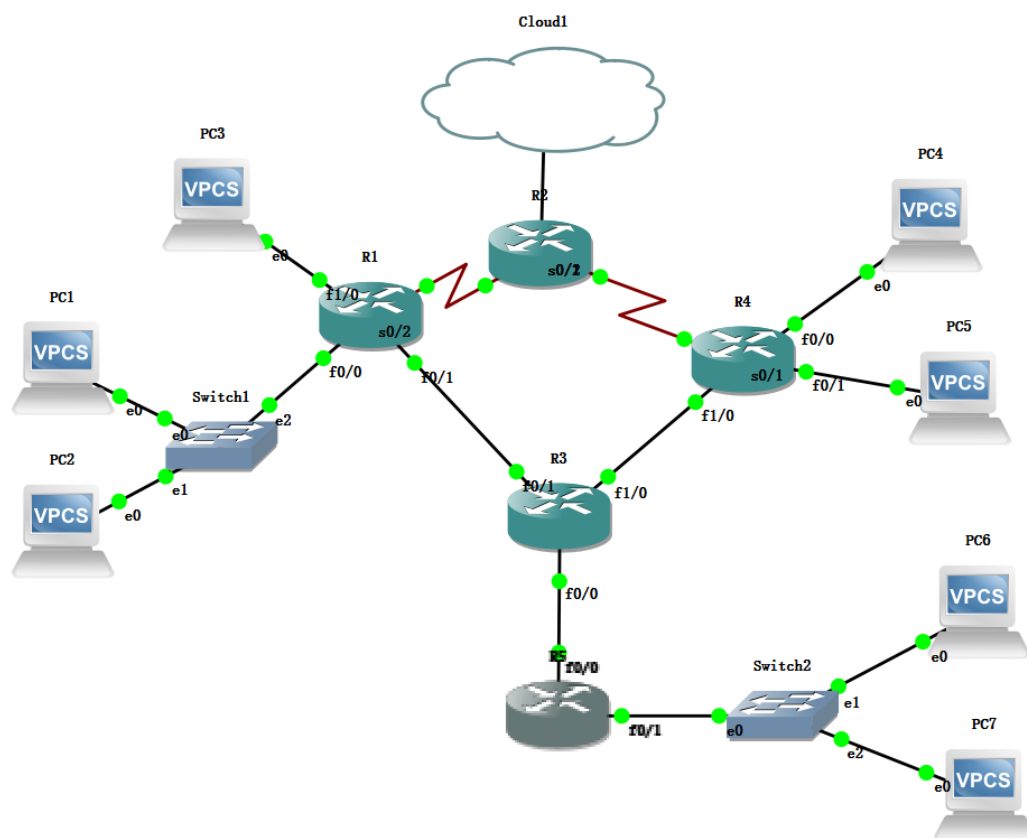
以下实验记录均需结合屏幕截图进行文字标注和描述, 图片应大小合适、关键部分清晰可见, 可直接在图片上进行标注

(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）。

Ping 结果截图:

```
PC2> ip 10.0.1.12/24
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.12 255.255.255.0

PC2> ping 10.0.0.12
No gateway found
```

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。

Ping 结果截图:

```
PC2> ping 10.0.0.12
No gateway found

PC2> ip 10.0.1.12/16
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.0.1.12 255.255.0.0

PC2> ping 10.0.0.12
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.235 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=2 ttl=64 time=2.196 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.431 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.448 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.283 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（此处示例为截图形式，请替换成文本形式，下同）:

```
1. R1(config)#int f0/0
2. R1(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
3. R1(config-if)#no shut
4. R1(config)#int f1/0
5. R1(config-if)#ip add 10.1.0.2 255.255.255.0
6. R1(config-if)#no shutdown
```

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

    10.0.0.0/24 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。

Ping 结果截图:

```
PC3> ip 10.1.0.12/16
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.1.0.12 255.255.0.0

PC3> ping 10.0.0.12
No gateway found
```

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）:

```
1. PC-1> ip 10.0.0.12/16 10.0.0.2
2. PC-3> ip 10.1.0.12/16 10.1.0.2
```

Ping 结果截图:

```
PC3> ip 10.1.0.12/16 10.1.0.2
Checking for duplicate address...
PC1 : 10.1.0.12 255.255.0.0 gateway 10.1.0.2

PC3> ping 10.0.0.12
10.0.0.12 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=2 ttl=63 time=14.777 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=3 ttl=63 time=22.646 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=4 ttl=63 time=12.338 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=5 ttl=63 time=16.291 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（此处示例为截图形式，请替换成文本形式）:

```
1. R4(config-if)#int f0/0
2. R4(config-if)#ip add 172.16.0.1 255.255.255.0
3. R4(config-if)#no shutdown
4. R4(config-if)#exit
5. R4(config)#int f0/1
6. R4(config-if)#ip add 172.16.1.1 255.255.255.0
7. R4(config-if)#no shutdown
8. R4(config-if)#exit
```

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（此处示例为截图形式，请替换成文本形式）：

```
1. R4(config)#ip dhcp pool 1
2. R4(dhcp-config)#network 172.16.0.0 /24
3. R4(dhcp-config)#default-route 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
DDORA IP 172.16.0.2/24 GW 172.16.0.1

PC4> █
```

10. 在 R4 上为第二个接口（f0/1）配置 DHCP 服务。

配置命令（此处示例为截图形式，请替换成文本形式）：

```
1. R4(config)#ip dhcp pool 2
2. R4(dhcp-config)#network 172.16.1.0 /24
3. R4(dhcp-config)#default-route 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
DDORA 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：

```
PC4> ping 172.16.1.2
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=63 time=22.861 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=63 time=18.563 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=63 time=20.533 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=63 time=21.344 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=63 time=12.956 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      0100.5079.6668.03    Mar 02 2002 12:11 AM    Automatic
172.16.1.2      0100.5079.6668.04    Mar 02 2002 12:13 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：

```
1. R1#config t
2. R1(config)#ip add 192.168.12.1 255.255.255.0
3. R1(config)#int s0/0
4. R1(config-if)#ip add 192.168.12.1 255.255.255.0
5. R1(config-if)#encapsulation hdlc
6. R1(config-if)#no shutdown
7. R2(config)#int s0/0
8. R2(config-if)#ip add 192.168.12.2 255.255.255.0
9. R2(config-if)#encapsulation hdlc
10. R2(config-if)#clock rate 128000
11. R2(config-if)#no shutdown
```

Ping 结果截图：

```
R1#ping 192.168.12.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.12.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/3/4 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：

```
1. R2(config-if)#int s0/1
2. R2(config-if)#ip add 192.168.24.2 255.255.255.0
3. R2(config-if)#encapsulation ppp
4. R2(config-if)#ppp authentication chap
5. R2(config-if)#no shutdown
```



```

6. R2(config)#username R4 password 123456
7.
8. R4#config t
9. R4(config)#int s0/1
10. R4(config-if)#ip address 192.168.24.4 255.255.255.0
11. R4(config-if)#encapsulation ppp
12. R4(config-if)#ppp authentication chap
13. R4(config-if)#no shutdown
14. R4(config-if)#exit
15. R4(config)#username R2 password 123456

```

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）：

```

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms
R2#show int s0/1
Serial0/1 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  Internet address is 192.168.24.2/24
  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
  Keepalive set (10 sec)
  Last input 00:00:36, output 00:00:10, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 00:02:22
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations  0/1/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 0/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 1158 kilobits/sec
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    45 packets input, 1840 bytes, 0 no buffer
    Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
    63 packets output, 2212 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 8 interface resets
  --More--

```

Ping 结果截图：

```

R2#ping 192.168.24.4
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.24.4, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms
R2#

```

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：

```

1. R1(config)#int f0/1
2. R1(config-if)#ip add 192.168.2.1 255.255.255.0
3. R1(config-if)#no shutdown
4. R1(config-if)#exit
5. R3#config t
6. R3(config)#int f0/1
7. R3(config-if)#ip add 192.168.2.2 255.255.255.0

```

8. R3(config-if)#no shutdown

Ping 结果截图:

```
Mar 2 00:25:10.103: %SYS-5-CONFIG-I: Configured from console by console
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 = 64/66/72 ms
R3#
```

17. 配置 R4、R3 路由器间接口的 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:

```
1. R3(config)#int f1/0
2. R3(config-if)#ip add 192.168.4.1 255.255.255.0
3. R3(config-if)#no shutdown
4. R3(config-if)#exit
5. R4(config)#int f1/0
6. R4(config-if)#ip add 192.168.4.2 255.255.255.0
7. R4(config-if)#no shutdown
```

Ping 结果截图:

```
*Mar 1 00:25:11.103: %SYS-5-CONFIG-I: Configured from console by console
R4#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 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 16/20/28 ms
R4#
```

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=11.176 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=10.287 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=8.602 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=4.146 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=12.218 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=5.638 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=9.104 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=10.313 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=7.374 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=0.864 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
```

PC3 与 PC4:

```
PC3> ping 172.16.1.2
*10.1.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=14.998 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=14.613 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=15.995 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=16.185 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=10.486 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
```

PC3 与 PC5:

```
PC3> ping 172.16.1.2
*10.1.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=8.233 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=2.154 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=8.351 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=5.407 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.1.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=10.426 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（此处为示例）:

```
Gateway of last resort is not set

C    192.168.12.0/24 is directly connected, Serial0/2
C    192.168.13.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    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
R1#
```

R2:

```
Gateway of last resort is not set

C    192.168.12.0/24 is directly connected, Serial0/2
C    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.24.4/32 is directly connected, Serial0/1
R2#
```

R3:

```
Gateway of last resort is not set

C    192.168.13.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    192.168.34.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R3#
```

R4:

```

Gateway of last resort is not set

    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C       192.168.24.2/32 is directly connected, Serial0/1
    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
C       192.168.34.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R4#

```

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（请保留路由器提示符）：

```

1. R1(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.2.2
2. R1(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.2.2
3. R1(config)#exit
4. R2(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.24.4
5. R2(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.255.0 192.168.12.1
6. R2(config)#exit
7. R3(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.4.2
8. R3(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.4.2
9. R3(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.2.1
10. R3(config)#ip route 10.1.0.0 255.255.0.0 192.168.2.1
11. R3(config)#exit
12. R4(config)#ip route 10.1.0.0 255.255.0.0 192.168.4.1
13. R4(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.4.1

```

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=87.543 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=73.612 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=61.457 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=79.210 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=59.605 ms

```

PC1 与 PC5：

```
PC1> ping 172.16.1.2
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=75.356 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=72.892 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=70.288 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=99.586 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=88.024 ms
```

PC3 与 PC4:

```
PC3> ping 172.16.0.2
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=72.544 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=81.956 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=93.658 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=60.439 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=62.575 ms
```

PC3 与 PC5:

```
PC3> ping 172.16.1.2
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=84.600 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=61.578 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=99.774 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=78.740 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=64.812 ms
```

路由表信息截图:

R1（此处为示例）:

```
Gateway of last resort is not set

C    192.168.12.0/24 is directly connected, Serial0/2
C    192.168.13.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
     172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.13.3
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.13.3
     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
R1#
```

R2:

```
Gateway of last resort is not set

C    192.168.12.0/24 is directly connected, Serial0/2
     192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.24.4/32 is directly connected, Serial0/1
     172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.24.4
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.24.4
     10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [1/0] via 192.168.12.1
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.12.1
R2#
```

R3:

```
Gateway of last resort is not set

C    192.168.13.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.34.4
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.34.4
    10.0.0.0/16 is subnetted, 2 subnets
S      10.0.0.0 [1/0] via 192.168.13.1
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.13.1
C    192.168.34.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

R4:

```
Gateway of last resort is not set

    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.24.2/32 is directly connected, Serial0/1
    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 192.168.34.3
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.34.3
C    192.168.34.0/24 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:

1. R1(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.12.2 30
2. R4(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.0.0 192.168.24.2 30

A) R1-R3、R4-R3 间链路断开前:

R1 路由表信息截图

```
Gateway of last resort is not set

    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.24.2/32 is directly connected, Serial0/1
    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 192.168.34.3
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.34.3
C    192.168.34.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

R4 路由表信息截图

```

Gateway of last resort is not set

    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C       192.168.24.2/32 is directly connected, Serial0/1
    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 192.168.34.3
S       10.1.0.0 [1/0] via 192.168.34.3
C       192.168.34.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

```

PC1 上的路由跟踪截图（命令：trace 目标网络）：

```

PC1> trace 172.16.0.1
trace to 172.16.0.1, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.0.0.2    2.971 ms  10.196 ms  9.298 ms
 2  192.168.2.2 30.344 ms  30.609 ms 20.726 ms
 3  *192.168.2.2 19.512 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)

```

B) R1-R3、R4-R3 间链路断开后：

R1 路由表信息截图：

```

Gateway of last resort is not set

C       192.168.12.0/24 is directly connected, Serial0/2
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S       172.16.0.0 [30/0] via 192.168.12.2
S       172.16.1.0 [30/0] via 192.168.12.2
    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
R1#

```

R4 路由表信息截图：

```

Gateway of last resort is not set

    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C       192.168.24.2/32 is directly connected, Serial0/1
    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 [30/0] via 192.168.24.2
S       10.1.0.0 [30/0] via 192.168.24.2

```

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 172.16.0.1
trace to 172.16.0.1, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.0.0.1    10.926 ms  16.147 ms  9.178 ms
 2  192.168.12.2 34.572 ms  22.834 ms  9.965 ms
 3  *192.168.24.4 24.326 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

C) R1-R3、R4-R3 间链路重新打开后：

R1 路由表信息截图：

```

Gateway of last resort is not set

C    192.168.12.0/24 is directly connected, Serial0/2
C    192.168.13.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S      172.16.0.0 [1/0] via 192.168.13.3
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.13.3
    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

```

R4 路由表信息截图:

```

Gateway of last resort is not set

    192.168.24.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.24.0/24 is directly connected, Serial0/1
C      192.168.24.2/32 is directly connected, Serial0/1
    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 192.168.34.3
S      10.1.0.0 [1/0] via 192.168.34.3
C      192.168.34.0/24 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（通了后再截图）：

R1 的 f0/0 与 R4 的 s2/1:

```

R1#ping 192.168.24.4 source 10.0.0.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.24.4, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 10.0.0.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/33/152 ms

```

R1 的 f0/1 与 R4 的 s2/1:

```

R1#ping 192.168.24.4 source 192.168.13.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.24.4, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.168.13.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms

```

R1 的 f1/0 与 R4 的 s2/1:


```
R1#ping 192.168.24.4 source 10.1.0.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.24.4, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 10.1.0.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/16/36 ms
```

R1 的 s2/0 与 R4 的 s2/1:

```
R1#ping 192.168.24.4 source 192.168.12.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.24.4, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.168.12.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms
```

补充静态路由的配置命令:

1. R1(config)#ip route 192.168.24.0 255.255.255.0 192.168.12.2
2. R1(config)#exit
3. R3(config)#ip route 192.168.24.0 255.255.255.0 192.168.4.2
4. R3(config)#ip route 192.168.12.0 255.255.255.0 192.168.2.1
5. R3(config)#exit
6. R4(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.4.1
7. R4(config)#ip route 192.168.12.0 255.255.255.0 192.168.4.1

23. 给 R3 的 f0/0 (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:

1. R3(config)#int f0/0
2. R3(config-if)#ip add 192.168.13.1 255.255.255.0
3. R3(config-if)#no shutdown
4. R3(config-if)#exit
5. R5(config)#int f0/0
6. R5(config-if)#ip address 192.168.13.2 255.255.255.0
7. R5(config-if)#no shutdown
8. R5(config-if)#exit
9. R5(config)#int f0/1
10. R5(config-if)#ip address 192.168.33.1 255.255.255.0
11. R5(config-if)#no shutdown

Ping 结果截图:

```
R3#ping 192.168.35.5
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.35.5, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 32/50/96 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：

```
PC6> ip 192.168.0.23 255.255.255.0 192.168.0.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.0.23 255.255.255.0 gateway 192.168.0.1

PC7> ip 192.168.0.24 255.255.255.0 192.168.0.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 192.168.0.24 255.255.255.0 gateway 192.168.0.1
```

25. 在 R5 路由器上配置 NAT 服务，定义 fa0/1 接口为外部接口，定义 fa0/0 接口为内部接口。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（此处为截图形式的示例，请使用文本形式）：

```
1. R5(config)#int f0/1
2. R5(config-if)#ip nat inside
3. R5(config-if)#exit
4. R5(config)#int f0/0
5. R5(config-if)#ip nat outside
6. R5(config-if)#exit
7. R5(config)#access-list 1 permit 192.168.33.0 0.0.0.255
8. R5(config)#ip nat inside source list 1 interface f0/0 overload
9. R5(config)#exit
```

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）：

```
1. R1(config)#ip route 192.168.13.0 255.255.255.0 192.168.2.2
2. R1(config)#exit
3. R2(config)#ip route 192.168.13.0 255.255.255.0 192.168.24.4
4. R2(config)#exit
5. R4(config)#ip route 192.168.13.0 255.255.255.0 192.168.4.1
6. R4(config)#exit
```

```
7. R5(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.13.1
8. R5(config)#exit
```

Ping 结果截图:

PC6 与 PC1:

```
PC6> ping 10.0.0.12
10.0.0.12 icmp_seq=1 timeout
10.0.0.12 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=3 ttl=61 time=92.996 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=4 ttl=61 time=94.702 ms
84 bytes from 10.0.0.12 icmp_seq=5 ttl=61 time=96.019 ms
```

PC6 与 PC3:

```
PC6> ping 10.1.0.12
10.1.0.12 icmp_seq=1 timeout
10.1.0.12 icmp_seq=2 timeout
84 bytes from 10.1.0.12 icmp_seq=3 ttl=61 time=93.730 ms
84 bytes from 10.1.0.12 icmp_seq=4 ttl=61 time=92.787 ms
84 bytes from 10.1.0.12 icmp_seq=5 ttl=61 time=94.419 ms
```

PC6 与 PC4:

```
PC6> ping 172.16.0.2
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=94.267 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=92.239 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=93.879 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=45.758 ms
84 bytes from 172.16.0.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=59.849 ms
```

PC6 与 PC5:

```
PC6> ping 172.16.1.2
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=51.303 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=62.725 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=43.585 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=55.189 ms
84 bytes from 172.16.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=60.737 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:

```
1. R2#config t
2. R2(config)#int f0/0
3. R2(config-if)#ip address dhcp
```

4. R2(config-if)#no shutdown
5. R2(config-if)#exit

电脑主机与 R2 之间 Ping 结果截图:

```
C:\Users\23850>ping 192.168.129

正在 Ping 192.168.129 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.129 的回复: 字节=32 时间=238ms TTL=46
来自 192.168.129 的回复: 字节=32 时间=235ms TTL=46
来自 192.168.129 的回复: 字节=32 时间=238ms TTL=46
来自 192.168.129 的回复: 字节=32 时间=246ms TTL=46

192.168.129 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 = 235ms, 最长 = 246ms, 平均 = 239ms
```

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。

1. R2(config)#int f0/0
2. R2(config-if)#ip nat outside
3. R2(config-if)#exit
4. R2(config)#int s0/0
5. R2(config-if)#ip nat inside
6. R2(config-if)#exit
7. R2(config)#access-list 2 permit 10.0.0.0 0.255.255.255
8. R2(config)#ip nat inside source list 2 interface f0/0 overload
9. R2(config)#exit
10. R1(config)#ip route 172.16.138.0 255.255.255.0 192.168.12.2
11. R1(config)#exit

PC1 与电脑主机 Ping 结果截图 (请关闭电脑上的防火墙):

```
PC1> ping 192.168.18.1
*10.0.0.2 icmp_seq=1 ttl=255 time=10.008 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=2 ttl=255 time=1.408 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=3 ttl=255 time=5.438 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=4 ttl=255 time=2.340 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
*10.0.0.2 icmp_seq=5 ttl=255 time=5.615 ms (ICMP type:3, code:1, Destination host unreachable)
```

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。

```
1. R2(config)#int f0/0
2. R2(config-if)#ip address 10.188.137.222 255.255.240.0
3. R2(config-if)#no shutdown
4. R2(config-if)#exit
5. R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.188.137.1
6. R2(config)#exit
7. R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.12.2
8. R1(config)#exit
```

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？

答：因为端口被打开了，但是封装的格式不匹配。

- 路由起什么作用？什么是静态路由？

答：路由的定义大概为，路由器从一个接口上收到数据包，然后根据数据包的目的地址进行定向，再转发到另一个接口。静态路由是一种路由的方式，路由项手动配置，而非动态决定。与动态路由不同，静态路由是固定的，不会改变，它不会根据现实情况来进行相应的变化。一般来说，静态路由是由网络管理员逐项加入路由表。

- 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？

答：需要为网络地址添加路由。

- 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？

答：下一跳填写的是目的网络的路由器端口地址。

- 什么是默认路由？添加默认路由的命令格式是什么？

答：默认路由是对 IP 数据包中目的地址找不到存在的其他路由时，路由器选择出来的路由。格式举例：route -p add 目的网路地址 mask 子网掩码 本机的网关地址

- 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？

答：当子网掩码变 16 位，两台 PC 机就在一个网段，一个 vlan 下，能够接通。

- 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？

答：否。只需要把 ping 通的路线添加到静态路由里就可以了，多余的是不会用到的。

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：

我的问题是：为什么有时候一些传输会有丢包的情况发生，而且比较奇怪的是这个丢包的现象和实验指导竟然保持吻合，感觉是共性现象，但是不知道理论上如何解释。

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：

我觉得其实比较大的困难是设备安装上的问题，有些时候难以配置，就比较困难，我最后是借了别人配置好的电脑做的。我推测是因为它自动寻址的时候我对 VMware 安装并不是默认路径下的。

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

比较希望这个实验也能有一个理论初略讲解的 demo。