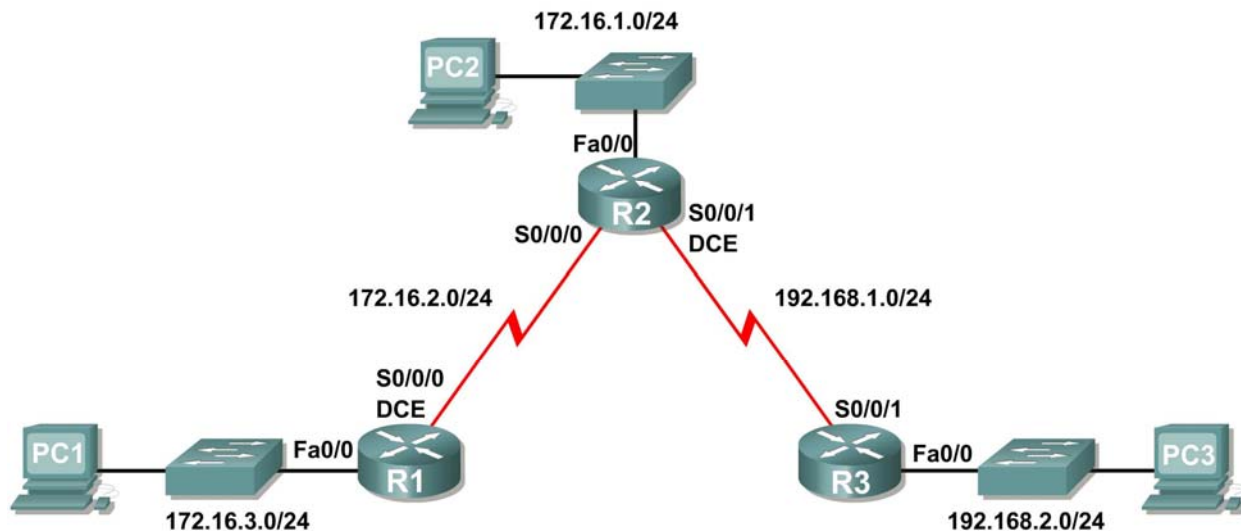


## 实验 2.8.1：基本静态路由配置

### 拓扑图



### 地址表

设备	接口	IP 地址	子网掩码	默认网关
R1	Fa0/0	172.16.3.1	255.255.255.0	不适用
	S0/0/0	172.16.2.1	255.255.255.0	不适用
R2	Fa0/0	172.16.1.1	255.255.255.0	不适用
	S0/0/0	172.16.2.2	255.255.255.0	不适用
	S0/0/1	192.168.1.2	255.255.255.0	不适用
R3	FA0/0	192.168.2.1	255.255.255.0	不适用
	S0/0/1	192.168.1.1	255.255.255.0	不适用
PC1	网卡	172.16.3.10	255.255.255.0	172.16.3.1
PC2	网卡	172.16.1.10	255.255.255.0	172.16.1.1
PC3	网卡	192.168.2.10	255.255.255.0	192.168.2.1

## 学习目标

完成本实验后，您将能够：

- 根据拓扑图进行网络布线。
- 清除启动配置并将路由器重新加载为默认状态。
- 在路由器上执行基本配置任务。
- 解释 **debug ip routing** 的输出。
- 配置并激活串行接口和以太网接口。
- 测试连通性。
- 收集信息并据此找出设备之间无法连通的原因。
- 使用中间地址配置静态路由。
- 使用送出接口配置静态路由。
- 比较使用中间地址的静态路由和使用送出接口的静态路由。
- 配置默认静态路由。
- 配置总结静态路由。
- 记录网络实施方案。

## 场景

在本次实验中，您将创建一个与拓扑图类似的网络。首先请根据拓扑图布线。然后执行网络通畅所需的初始路由器配置。使用地址表中提供的 IP 地址为网络设备分配地址。完成基本配置之后，测试网络设备间的连通性。首先测试直连设备之间的连接，然后测试非直连设备之间的连通性。要使网络主机之间能够实现端到端通信，必须在路由器上配置静态路由。所以您要配置主机间通信所需的静态路由。每添加一条静态路由，就请观察路由表，查看路由表是如何发生变化的。

### 任务 1：布线、清除配置并重新加载路由器。

**步骤 1：构建一个类似拓扑图所示的网络。**

**步骤 2：清除每台路由器上的配置。**

使用 **erase startup-config** 命令清除每台路由器上的配置，然后使用 **reload** 命令重新加载路由器。如果询问您是否保存更改，回答 **no**。

### 任务 2：执行基本路由器配置。

**注意：**如果在使用本任务所涉及的命令时遇到任何困难，请参考**实验 1.5.1：网络布线和基本路由器配置**。

**步骤 1：使用全局配置命令。**

进入路由器的全局配置模式，然后配置基本全局配置命令，包括：

- **hostname**
- **no ip domain-lookup**
- **enable secret**

**步骤 2：在每台路由器上配置控制台口令和虚拟终端线路口令。**

- **password**
- **login**

### 步骤 3：在控制台和虚拟终端线路上添加 `logging synchronous` 命令。

此命令在实验室环境和生产环境中都非常有用，其语法如下：

```
Router(config-line)#logging synchronous
```

对于特定控制台端口线路、辅助端口线路或虚拟终端线路，要将自动提供的消息和调试输出与所请求的 Cisco IOS 软件输出以及提示符相同步，我们可以使用 `logging synchronous` 线路配置命令。也就是说 `logging synchronous` 命令能防止传送到控制台或 Telnet 线路的 IOS 消息对您的键盘输入造成干扰。

例如，您可能在实际操作过程中遭遇到过与下例类似的情况：

**注意：**目前不要配置 R1 接口。

```
R1(config)#interface fastethernet 0/0
R1(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#descri
*Mar  1 01:16:08.212: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed
state to up
*Mar  1 01:16:09.214: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
FastEthernet0/0, changed state to upption
R1(config-if)#
```

当您使用 `no shutdown` 命令激活接口时，IOS 会向控制台发送自动提供的消息。结果您输入的下一条命令（本例中为 `description`）被这些消息隔断。`logging synchronous` 命令可解决这一问题，它会复制您在受到干扰之前输入的命令，将其显示在下一个路由器提示符下。

```
R1(config)#interface fastethernet 0/0
R1(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#description
*Mar  1 01:28:04.242: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed
state to up
*Mar  1 01:28:05.243: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
FastEthernet0/0, changed state to up
R1(config-if)#description <-- 复制的键盘输入，显示在消息之后
```

此处的 R1 是一个范例。在所有路由器的控制台和虚拟终端线路上添加 `logging synchronous`。

```
R1(config)#line console 0
R1(config-line)#logging synchronous
R1(config-line)#line vty 0 4
R1(config-line)#logging synchronous
```

#### 步骤 4：在控制台和虚拟终端线路上添加 `exec-timeout` 命令。

要设置 EXEC 命令解释程序用来等待检测到用户输入的时间间隔，我们可使用 `exec-timeout` 线路配置命令。如果在此时间间隔内没有检测到任何输入，则 EXEC 程序会恢复当前连接。如果不存在任何连接，那么 EXEC 程序会使终端回到空闲状态，并断开与传入会话之间的连接。通过此命令，我们便可控制在会话终止以前，控制台或虚拟终端线路能够处于空闲状态的时间量。此命令的语法如下：

```
Router(config-line)#exec-timeout minutes [seconds]
```

语法说明：

*minutes*—整数，指定分钟数。

*seconds*—（可选）附加的时间间隔，以秒为单位。

在实验环境中，您可输入 `exec-timeout 0 0` 命令来指定“永不超时”。此命令非常有用，因为线路的默认超时时间是 10 分钟。但是，出于安全考虑，在生产环境中一般不要将线路设置为“永不超时”。

此处的 R1 是一个范例。

在所有路由器的控制台和虚拟终端线路上添加 `exec-timeout 0 0`。

```
R1(config)#line console 0
R1(config-line)#exec-timeout 0 0
R1(config-line)#line vty 0 4
R1(config-line)#exec-timeout 0 0
```

#### 任务 3：解释调试输出。

**注意：**如果您已在 R1 上配置了 IP 地址，请删除所有 `interface` 命令，然后再执行后续操作。在任务 2 结束时，我们所配置的 R1、R2 和 R3 上不能有任何接口配置。

##### 步骤 1：在 R1 的特权执行模式下，输入 `debug ip routing` 命令。

```
R1#debug ip routing
IP routing debugging is on
```

`debug ip routing` 命令显示路由表中的路由是何时添加、修改和删除的。例如，每次成功配置并激活接口后，Cisco IOS 便会在路由表中添加路由。观察 `debug ip routing` 命令的输出即可验证这一点。

##### 步骤 2：进入 R1 LAN 接口的接口配置模式。

```
R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#interface fastethernet 0/0
```

按照拓扑图配置 IP 地址。

```
R1(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
is_up: 0 state: 6 sub state: 1 line: 1 has_route: False
```

您只要一按 **Enter** 键，Cisco IOS 调试输出就会通知您目前有一条路由，但其状态为 `False`。也就是说该路由尚未添加到路由表中。为什么会这样？要确保该路由输入路由表，我们应该执行什么操作？

### 步骤 3：输入将路由添加到路由表中所需的命令。

如果您不确定正确的命令是什么，请复习 2.2 节“路由器配置介绍”中“检查路由器接口”部分的内容。

输入正确的命令后，您应该就能看到调试输出。您的输出可能与以下所示的略有差异。

```
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 1 has_route: False
RT: add 172.16.3.0/24 via 0.0.0.0, connected metric [0/0]
RT: NET-RED 172.16.3.0/24
RT: NET-RED queued, Queue size 1
RT: interface FastEthernet0/0 added to routing table
%LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 1 has_route: True
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 1 has_route: True
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 1 has_route: True
```

您在 LAN 接口上配置的新网络现在便已添加到路由表中，如突出显示的输出所示。

如果您没有看到添加到路由表中的路由，则表示接口没有进入工作状态。使用以下流程来排除连接故障：

1. 检查与 LAN 接口的物理连接。  
所连接的接口是否正确？ \_\_\_\_\_  
您的路由器上可能不止一个 LAN 接口。您连接的 LAN 接口是否正确？ \_\_\_\_\_  
除非接口在物理层检测到来自其它设备的载波检测信号，否则接口不会进入工作状态。接口是否连接到了其它设备，例如集线器、交换机或 PC？ \_\_\_\_\_
2. 检查链路指示灯。是否所有链路指示灯都在闪烁？ \_\_\_\_\_
3. 检查布线。连接设备的电缆是否正确？ \_\_\_\_\_
4. 是否激活或启用了该接口？ \_\_\_\_\_

如果上述所有问题的答案都为**是**，那么接口就应该进入工作状态。

### 步骤 4：输入命令检验新路由是否加入路由表中。

屏幕上会显示与以下类似的输出。现在 R1 的表中应该有一条路由。您使用的是**什么命令**？

```
R1# _____
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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, 1 subnets
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

**步骤 5：进入连接到 R1 的 R2 WAN 接口的接口配置模式。**

```
R1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R1(config)#interface Serial 0/0/0
```

按照拓扑图配置 IP 地址。

```
R1(config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
is_up: 0 state: 0 sub state: 1 line: 0 has_route: False
```

您只要一按 Enter 键，Cisco IOS 调试输出就会通知您目前有一条路由，但其状态为 False。由于 R1 是实验环境中的 DCE 端，所以我们必须指定 R1 和 R2 之间的比特的时钟频率。

**步骤 6：在 R1 上输入 clock rate 命令。**

您可以指定任何有效的时钟速度。利用 ? 可查看有效的速率。在此，我们使用 64000 bps。

```
R1(config-if)#clock rate 64000
is_up: 0 state: 0 sub state: 1 line: 0 has_route: False
```

某些版本的 IOS 会每 30 秒显示一次以上输出。为什么该路由的状态仍为 False？要确保该接口得到完整配置，现在应该如何操作？

---

**步骤 7：输入必要的命令以确保该接口得到完整配置。**

如果您不确定正确的命令是什么，请复习 2.2 节“路由器配置介绍”中“检查路由器接口”部分的内容。

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

输入正确的命令后，您应该就能看到与以下类似的调试输出：is\_up: 0 state: 0 sub state: 1 line: 0 has\_route: False

```
%LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0/0, changed state to down
```

与配置 LAN 接口不同，完整配置 WAN 接口不一定能保证路由会添加到路由表中，即使您的电缆连接正确也一样。WAN 链路的另一端也必须进行相应的配置。

**步骤 8：如有可能，从另一个工作站进入 R2 控制台，然后建立一个单独的终端会话。这样您就可在对 R2 进行修改时，观察 R1 上的调试输出。您可以打开 R2 上的 debug ip routing。**

```
R2#debug ip routing
IP routing debugging is on
```

进入连接到 R1 的 R2 WAN 接口的接口配置模式。

```
R2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
R2(config)#interface serial 0/0/0
```

按照拓扑图配置 IP 地址。

```
R2(config-if)#ip address 172.16.2.2 255.255.255.0
is_up: 0 state: 6 sub state: 1 line: 0
```

### 步骤 9：输入必要的命令以确保该接口得到完整配置。

如果您不确定正确的命令是什么，请复习 2.2 节“路由器配置介绍”中“检查路由器接口”部分的内容。

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

输入正确的命令后，您应该就能看到与以下类似的调试输出：

```
is_up: 0 state: 4 sub state: 1 line: 0
%LINK-3-UPDOWN: Interface Serial0/0/0, changed state to up
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 0
RT: add 172.16.2.0/24 via 0.0.0.0, connected metric [0/0]
RT: interface Serial0/0/0 added to routing table
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 0
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to
up
is_up: 1 state: 4 sub state: 1 line: 0
```

您在 LAN 接口上配置的新网络现在便已添加到路由表中，如突出显示的输出所示。

如果您没有看到添加到路由表中的路由，则表示接口没有进入工作状态。使用以下流程来排除连接故障：

1. 检查 R1 和 R2 上两个 WAN 接口之间的物理连接。  
所连接的接口是否正确？ \_\_\_\_\_  
您的路由器上可能不止一个 WAN 接口。所连接的 WAN 接口是否正确？ \_\_\_\_\_  
除非接口在物理层检测到来自其它设备的链路活动信号，否则接口不会进入工作状态。该接口是否连接到了其它路由器的接口？ \_\_\_\_\_
2. 检查链路指示灯。是否所有链路指示灯都在闪烁？ \_\_\_\_\_
3. 检查布线。R1 必须连接电缆的 DCE 端，R2 必须连接电缆的 DTE 端。连接路由器的电缆是否正确？ \_\_\_\_\_
4. 是否激活或启用了该接口？ \_\_\_\_\_

如果上述所有问题的答案都为是，那么接口就应该进入工作状态。

### 步骤 10：输入命令检验新路由是否加入 R1 和 R2 的路由表中。

屏幕上会显示与以下类似的输出。现在 R1 的路由表中应该有两条路由，R2 的表中应该有一条。您使用的是什么命令？

```
R1#_____
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    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
R2#_____
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
i - IS-IS, 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, 1 subnets

C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0

**步骤 11：**使用 `no debug ip routing` 或简单地输入 `undebug all` 来关闭两台路由器上的调试过程。

```
R1(config-if)#end
R1#no debug ip routing
IP routing debugging is off
```

#### 任务 4：完成路由器接口配置

##### 步骤 1：配置余下的 R2 接口

根据拓扑图和地址表，完成 R2 上余下接口的配置。

##### 步骤 2：配置 R3 的接口

进入 R3 控制台，根据拓扑图和地址表配置必要的接口。

#### 任务 5：配置主机 PC 上的 IP 地址。

##### 步骤 1：配置主机 PC1。

将主机 PC1 的 IP 地址配置为 172.16.3.10/24，默认网关配置为 172.16.3.1。

##### 步骤 2：配置主机 PC2。

将主机 PC2 的 IP 地址配置为 172.16.1.10/24，默认网关配置为 172.16.1.1。

##### 步骤 3：配置主机 PC3。

将主机 PC3 的 IP 地址配置为 192.168.2.10/24，默认网关配置为 192.168.2.1。

#### 任务 6：测试并校验配置。

##### 步骤 1：测试连通性。

从每台主机 ping 其默认网关，以此来测试连通性。

在主机 PC1 上，是否能 ping 通其默认网关？ \_\_\_\_\_

在主机 PC2 上，是否能 ping 通其默认网关？ \_\_\_\_\_

在主机 PC3 上，是否能 ping 通其默认网关？ \_\_\_\_\_



如果上述任一问题的答案为**不能**，则按照以下流程检查配置，找出问题所在：

1. 检查布线。  
PC 是否实际连接到了正确的路由器？ \_\_\_\_\_  
（应该是直连相连或通过交换机连接在一起）  
是否所有相关端口的链路指示灯都在闪烁？ \_\_\_\_\_
2. 检查 PC 的配置。PC 的配置是否与拓扑图一致？ \_\_\_\_\_
3. 使用 **show ip interface brief** 命令检查路由器接口。  
是否所有相关接口都为 **up** 和 **up**？ \_\_\_\_\_

如果上述所有三个环节的答案都为**是**，那么您应该能成功 ping 通默认网关。

### 步骤 2：使用 ping 命令测试直接相连路由器之间的连通性。

在路由器 R2 上，是否能 ping 通位于 172.16.2.1 的 R1？ \_\_\_\_\_

在路由器 R2 上，是否能 ping 通位于 192.168.1.1 的 R3？ \_\_\_\_\_

如果上述任一问题的答案为**否**，则按照以下流程检查配置，找出问题所在：

1. 检查布线。  
路由器是否连接妥当？ \_\_\_\_\_  
是否所有相关端口的链路指示灯都在闪烁？ \_\_\_\_\_
2. 检查路由器配置。  
路由器配置是否与拓扑图一致？ \_\_\_\_\_  
您是否在链路的 DCE 端配置了 **clock rate** 命令？ \_\_\_\_\_
3. 是否激活或启用了该接口？ \_\_\_\_\_
4. 使用 **show ip interface brief** 命令检查路由器接口。  
是否所有接口都为 **up** 和 **up**？ \_\_\_\_\_

如果上述所有四个环节的答案都为**是**，那么您应该能成功从 R2 ping 通 R1，从 R2 ping 通 R3。

### 步骤 3：使用 ping 检查非直接相连设备之间的连通性。

在主机 PC3 上，是否能 ping 通主机 PC1？ \_\_\_\_\_

在主机 PC3 上，是否能 ping 通主机 PC2？ \_\_\_\_\_

在主机 PC2 上，是否能 ping 通主机 PC1？ \_\_\_\_\_

在路由器 R1 上，是否能 ping 通路由器 R3？ \_\_\_\_\_

这些 ping 命令全部都会失败。为什么？

---

---

---

## 任务 7：收集信息。

### 步骤 1：检查接口的状态。

使用命令 **show ip interface brief** 检查每台路由器上接口的状态。以下为 R2 的输出。

```
R2#show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status        Protocol
FastEthernet0/0          172.16.1.1      YES manual up             up
FastEthernet0/1          unassigned      YES unset  administratively down down
Serial0/0/0              172.16.2.2      YES manual up             up
Serial0/0/1              192.168.1.2     YES manual up             up
Vlan1                    unassigned      YES manual administratively down down
```

是否每台路由器上的相关接口都已激活（即处于 **up** 和 **up** 状态）？ \_\_\_\_\_

R1 和 R3 上激活了多少个接口？ \_\_\_\_\_

为什么 R2 上激活了 3 个接口？ \_\_\_\_\_

### 步骤 2：查看所有三台路由器的路由表信息。

```
R1#
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, 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      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

哪些网络存在于拓扑图中，但不在 R1 的路由表中？

```
R2#
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
       U - per-user static route, o - ODR
```

Gateway of last resort is not set

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

哪些网络存在于拓扑图中，但不在 R2 的路由表中？

---

```
R3#  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default  
        U - per-user static route, o - ODR
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

哪些网络存在于拓扑图中，但不在 R3 的路由表中？

---

为什么并非所有网络都在这些路由器的路由表中？

---

---

要使非直接相连的设备能彼此 ping 通，应该在网络中添加什么？

---

## 任务 8：使用下一跳地址配置静态路由。

步骤 1：要使用指定的下一跳地址配置静态路由，使用以下语法：

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask ip-address
```

- *network-address*—要加入路由表的远程网络的目的网络地址。
- *subnet-mask*—要加入路由表的远程网络的子网掩码。可对此子网掩码进行修改，以总结一组网络。
- *ip-address*—一般指下一跳路由器的 IP 地址。

在 R3 路由器上，配置通往 172.16.1.0 网络的静态路由（使用 R2 的 Serial 0/0/1 接口作为下一跳地址）。

```
R3(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2  
R3(config)#
```

## 步骤 2：查看路由表，验证新添加的静态路由条目。

注意该路由前带有代码 **S**，这表示它是**静态**路由。

```
R3#  
  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default  
        U - per-user static route, o - ODR  
  
Gateway of last resort is not set  
  
      172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets  
S       172.16.1.0 [1/0] via 192.168.1.2  
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0  
R3#
```

此路由添加到路由表中后，凡是与 **172.16.1.0/24** 靠左 24 位匹配的数据包都会被转发到位于 **192.168.1.2** 的下一跳路由器。

**R3** 会使用哪个接口来将数据包转发到 **172.16.1.0/24** 网络？ \_\_\_\_\_

假设以下具有指定目的地址的数据包到达了 **R3**。**R3** 会丢弃还是转发这些数据包？如果 **R3** 转发数据包，那么它会使用哪个接口？

数据包	目的 IP	丢弃还是转发？	接口
1	172.16.2.1	_____	_____
2	172.16.1.10	_____	_____
3	192.168.1.2	_____	_____
4	172.16.3.10	_____	_____
5	192.16.2.10	_____	_____

尽管 **R3** 会将数据包转发到有路由的目的地，但这并不表示该数据包会安全到达最终目的地。

## 步骤 3：使用 ping 检查主机 PC3 与主机 PC2 之间的连通性。

在主机 **PC3** 上，是否能 ping 通主机 **PC2**？ \_\_\_\_\_

这些 ping 会失败。如果您已配置了所有设备并按照任务 7 “收集信息”进行了验证，那么 ping 会到达 **PC2**。**PC2** 将对 **PC3** 发回 ping 应答。然而，ping 应答会被 **R2** 丢弃，因为 **R2** 的路由表中没有通往 **192.168.2.0** 网络的返回路由。

## 步骤 4：在 **R2** 路由器上，配置通往 **192.168.2.0** 网络的静态路由。

**R2** 会将目的地为 **192.168.2.0/24** 网络的数据包转发到哪个下一跳地址？

```
R2(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 _____  
R2(config)#
```

### 步骤 5：查看路由表，验证新添加的静态路由条目。

注意该路由前带有代码 **S**，这表示它是**静态**路由。

```
R2#  
  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default  
       U - per-user static route, o - ODR  
  
Gateway of last resort is not set  
  
      172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets  
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0  
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0  
C     192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
S     192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1  
R2#
```

### 步骤 6：使用 ping 检查主机 PC3 与主机 PC2 之间的连通性。

在主机 PC3 上，是否能 ping 通主机 PC2? \_\_\_\_\_

该 ping 操作应该能够成功。

### 任务 9：使用送出接口配置静态路由。

要使用指定的送出接口配置静态路由，使用以下语法：

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask exit-interface
```

- *network-address*—要加入路由表的远程网络的目的网络地址。
- *subnet-mask*—要加入路由表的远程网络的子网掩码。可对此子网掩码进行修改，以总结一组网络。
- *exit-interface*—将数据包转发到目的网络时使用的传出接口。

### 步骤 1：在 R3 路由器上配置静态路由。

在 R3 路由器上，配置通往 172.16.2.0 网络的静态路由（使用 R3 路由器的 Serial 0/0/0 接口作为送出接口）。

```
R3(config)# ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 Serial0/0/1  
R3(config)#
```

## 步骤 2：查看路由表，验证新添加的静态路由条目。

```
R3#  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default  
       U - per-user static route, o - ODR  
  
Gateway of last resort is not set  
  
      172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets  
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.1.2  
S      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/1  
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
C      192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0  
R3#
```

使用 **show running-config** 命令验证 R3 上当前配置的静态路由。

```
R3#show running-config  
Building configuration...  
  
<省略输出>  
!  
!  
hostname R3  
!  
interface FastEthernet0/0  
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0  
!  
interface Serial0/0/0  
no ip address  
shutdown  
!  
interface Serial0/0/1  
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0  
!  
ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2  
ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 Serial0/0/1  
!  
end
```

怎样从配置中删除这些路由？

## 步骤 3：在 R2 路由器上配置静态路由。

在 R2 路由器上，配置通往 172.16.3.0 网络的静态路由（使用 R2 路由器的 Serial 0/0/0 接口作为送出接口）。

```
R2(config)# ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 Serial0/0/0  
R2(config)#
```

#### 步骤 4：查看路由表，验证新添加的静态路由条目。

```
R2#  
  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default  
        U - per-user static route, o - ODR  
  
Gateway of last resort is not set  
  
      172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets  
C       172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0  
C       172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0  
S       172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0/0  
C     192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
S     192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1  
R2#
```

此时，R2 具有完整的路由表，其中包含通往拓扑图所示的所有五个网络的有效路由。

这是否意味着 R2 能够收到拓扑图所示的所有目的地的 ping 应答？\_\_\_\_\_

原因是什么？

#### 步骤 5：使用 ping 检查主机 PC2 与 PC1 之间的连通性。

该 ping 应该会失败，因为 R1 路由器的路由表中没有通往 172.16.1.0 网络的返回路由。

#### 任务 10：配置默认静态路由。

在之前的步骤中，您已为路由器配置了通往特定目的地的具体路由。但是您能为 Internet 上的每一台路由器都执行同样的操作吗？答案是不能。工作量是如此之大，您根本无法应付。为了缩小路由表的大小，我们使用了默认静态路由。当路由器没有更好、更精确的路由能到达目的地时，它就会使用默认静态路由。

先不要急着在 R1 的路由表中添加静态路由，在本实验中 R1 实际是一台末节路由器。这意味着 R2 即是 R1 的默认网关。如果 R1 要路由的数据包不属于其任何一个直连网络，那么 R1 应将该数据包发给 R2。不过，我们必须首先在 R1 上明确配置一条默认路由，这样 R1 才能将目的地未知的数据包发给 R2。否则 R1 会将目的地未知的数据包丢弃。

要配置默认静态路由，请使用以下语法：

```
Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 { ip-address | interface }
```

##### 步骤 1：为 R1 路由器配置默认路由。

为 R1 配置默认路由，使用 R1 的 Serial 0/0/0 接口作为下一跳接口。

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.2.2  
R1(config)#
```

## 步骤 2：查看路由表，验证新添加的静态路由条目。

```
R1#  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default  
        U - per-user static route, o - ODR
```

```
Gateway of last resort is 172.16.2.2 to network 0.0.0.0
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets  
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0  
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0  
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 172.16.2.2
```

```
R1#
```

注意，R1 路由器现在拥有一条默认路由，即最后选用网关，所有未知流量都会从连接到 R2 的 Serial 0/0/0 接口转发出去。

## 步骤 3：使用 ping 检查主机 PC2 与 PC1 之间的连通性。

在主机 PC2 上，是否能 ping 通 PC1? \_\_\_\_\_

这次 ping 应该能成功，因为 R1 路由器现在能使用默认路由返回数据包。

在主机 PC3 上，是否能 ping 通主机 PC1? \_\_\_\_\_

R3 路由器的路由表中是否有通往 172.16.3.0 网络的路由? \_\_\_\_\_

## 任务 11：配置总结静态路由。

我们可以在 R3 上再配置一条指向 172.16.3.0 网络的静态路由。但是，我们现在已有两条静态路由，可分别到达 172.16.2.0/24 和 172.16.1.0/24。由于这些网络彼此非常接近，所以我们将它们总结为一条路由。此方法同样可缩小路由表的大小，从而使得路由查找过程更有效率。

观察以二进制形式表示的这三个网络，您会发现它们的靠左 22 位完全相同。

```
172.16.1.0    10101100.00010000.00000001.00000000  
172.16.2.0    10101100.00010000.00000010.00000000  
172.16.3.0    10101100.00010000.00000011.00000000
```

如果不考虑这 22 位之后的其余位，我们可以将这三个网络总结为 172.16.0.0。

```
Prefix    172.16.0.0
```

为了屏蔽靠左前 22 位，我们使用靠左 22 位为全 1 的掩码：

```
Bit Mask  11111111.11111111.11111100.00000000
```

如果以点分十进制格式来表示，则此掩码为：

```
Mask      255.255.252.0
```

## 步骤 1：在 R3 路由器上配置总结静态路由。

总结路由中将使用网络 172.16.0.0/22。

```
R3(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.252.0 192.168.1.2
```



## 步骤 2：检查该总结路由是否确实添加到了路由表中。

```
R3#  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
        i - IS-IS, 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  
  
      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks  
S       172.16.0.0/22 [1/0] via 192.168.1.2  
S       172.16.1.0/24 [1/0] via 192.168.1.2  
S       172.16.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

在 R3 上配置总结路由不会删除之前配置的静态路由，因为这些路由更加精确。之前的路由都使用 /24 掩码，而新的总结路由使用 /22 掩码。为了缩小路由表的大小，我们现在可以删除更为精确的 /24 路由。

## 步骤 3：删除 R3 上的静态路由。

使用 **no** 形式的以下命令，将 R3 上当前配置的两条静态路由删除。

```
R3(config)#no ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2  
R3(config)#no ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 Serial0/0/0
```

## 步骤 4：检查这些路由是否确实已从路由表中消失。

```
R3#  
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP  
        i - IS-IS, 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  
  
      172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets  
S       172.16.0.0 [1/0] via 192.168.1.2  
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1  
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

R3 现在只有一条路由可到达 172.16.0.0/24、172.16.1.0/24、172.16.2.0/24 和 172.16.3.0/24 网络上的主机。发往这些网络的流量会被发送给位于 192.168.1.2 的 R2。

## 步骤 5：使用 ping 检查主机 PC3 与 PC1 之间的连通性。

在主机 PC3 上，是否能 ping 通主机 PC1？ \_\_\_\_\_

这次 ping 应该能够成功，因为 R3 路由器上有通往 172.16.3.0 网络的路由，而且 R1 路由器可以使用默认路由返回数据包。

## 任务 12：总结、思考并记录

通过完成本实验，您已经：

- 结合使用静态路由和默认路由配置完成您的首个网络，该网络中的所有网络都能相互连通
- 观察到在正确配置和激活接口后，路由是如何添加到路由表中的
- 了解如何配置指向非直接相连目的地的静态路由
- 了解如何配置用来转发目的地未知的数据包的路由
- 了解如何将一组网络总结为一条静态路由，从而缩小路由表的大小

在此过程中，您可能在实验环境搭建或执行配置时遇到一些问题。希望您已学会使用系统化的方法来解决这些问题。现在，请记录下能对您将来的实验有所帮助的想法或注意事项。

---

---

---

---

最后，请记录下您的网络实施方案。在每台路由器上，截取以下命令的输出并保存到文本文件 (.txt)，以供将来参考。

- **show running-config**
- **show ip route**
- **show ip interface brief**

如果您需要回顾截取命令输出的方法，请参考实验 1.5.1。

## 任务 13：清理实验设施

清除配置并重新加载路由器。断开连接并将电缆收好。对于平时连接到其它网络（例如学校 LAN 或 Internet）的 PC 主机，请恢复往日的连接并还原 TCP/IP 设置。

## 任务 14：测验

请填写下列空白，将 ping 从源到目的地之间的过程补充完整。如果您在做练习时遇到困难，可以参考 1.4 节“路径决定和交换功能”。

1. PC3 上的 ICMP 过程生成一个对 PC2 的 ping 请求，并将该请求发送给 IP 过程。
2. PC3 上的 IP 过程将 ping 封装到数据包中，其中源 IP 地址为 \_\_\_\_\_，目的 IP 地址为 \_\_\_\_\_。
3. PC3 随后将该数据包封装到帧中，其中源 MAC 地址为（指出设备名称）\_\_\_\_\_，而目的 MAC 地址为（指出设备名称）\_\_\_\_\_。
4. 然后，PC3 将帧作为编码后的比特流通过介质发送出去。
5. R3 在 \_\_\_\_\_ 接口上收到该比特流。由于目的 MAC 地址与接收接口的 MAC 地址匹配，所以 R3 解开了以太网报头。
6. R3 在其路由表中查找目的网络地址 \_\_\_\_\_。该目的地的下一跳 IP 地址为 \_\_\_\_\_。该下一跳 IP 地址可通过接口 \_\_\_\_\_ 到达。

7. R3 将数据包封装到 HDLC 帧中，然后将该帧从正确的接口转发出去。（因为这是一条点对点链路，所以不需要地址。不过，HDLC 数据包的地址字段的值为 0x8F。）
8. R2 在 \_\_\_\_\_ 接口上收到该帧。由于该帧为 HDLC，R2 解开其报头并在自己的路由表中查找网络地址 \_\_\_\_\_。该目的地址直接连接到 \_\_\_\_\_ 接口。
9. R2 将 ping 请求封装到帧中，其中源 MAC 地址为（指出设备名称） \_\_\_\_\_，而目的 MAC 地址为（指出设备名称） \_\_\_\_\_。
10. 然后，R2 将帧作为编码后的比特流通过介质发送出去。
11. PC2 在 \_\_\_\_\_ 接口上收到该比特流。由于目的 MAC 地址与 PC2 的 MAC 地址匹配，所以 PC2 解开了以太网报头。
12. PC2 上的 IP 过程检查 \_\_\_\_\_ IP 地址，以确保其与自己的 IP 地址相匹配。接着 PC2 将数据传递给 ICMP 过程。
13. PC2 上的 ICMP 过程生成一个对 PC3 的 ping 应答，并将该应答发给 IP 过程。
14. PC2 上的 IP 过程将 ping 封装到数据包中，其中源 IP 地址为 \_\_\_\_\_，目的 IP 地址为 \_\_\_\_\_。
15. PC2 随后将该数据包封装到帧中，其中源 MAC 地址为（指出设备名称） \_\_\_\_\_，而目的 MAC 地址为（指出设备名称） \_\_\_\_\_。
16. 然后，PC2 将帧作为编码后的比特流通过介质发送出去。
17. R2 在 \_\_\_\_\_ 接口上收到该比特流。由于目的 MAC 地址与接收接口的 MAC 地址匹配，所以 R2 解开了以太网报头。
18. R2 在其路由表中查找目的网络地址 \_\_\_\_\_。该目的地的下一跳 IP 地址为 \_\_\_\_\_。该下一跳 IP 地址可通过接口 \_\_\_\_\_ 到达。
19. R2 将数据包封装到 HDLC 帧中，然后将该帧从正确的接口转发出去。（因为这是一条点对点链路，所以不需要地址。不过，HDLC 数据包的地址字段的值为 0x8F。）
20. R3 在 \_\_\_\_\_ 接口上收到该帧。由于该帧为 HDLC，R3 解开其报头并在自己的路由表中查找目的网络地址 \_\_\_\_\_。该目的地址直接连接到 \_\_\_\_\_ 接口。
21. R3 将 ping 请求封装到帧中，其中源 MAC 地址为（指出设备名称） \_\_\_\_\_，而目的 MAC 地址为（指出设备名称） \_\_\_\_\_。
22. 然后，R3 将帧作为编码后的比特流通过介质发送出去。
23. PC3 在 \_\_\_\_\_ 接口上收到该比特流。由于目的 MAC 地址与 PC3 的 MAC 地址匹配，所以 PC3 解开了以太网报头。
24. PC3 上的 IP 过程检查 \_\_\_\_\_ IP 地址，以确保其与自己的 IP 地址相匹配。接着 PC3 将数据传递给 ICMP 过程。
25. ICMP 对发送请求的应用程序发出 "success"（成功）消息。