



## 第 8 章： IP 编址



## 网络简介

Cisco | Networking Academy®  
Mind Wide Open™



# 第 8 章

## 8.0 简介

## 8.1 IPv4 网络地址

## 8.2 IPv6 网络地址

## 8.3 连接验证

## 8.4 单元小结



## 第 8 章：目标

在本章中，您将能够：

- 描述 IPv4 地址的结构。
- 描述子网掩码的用途。
- 比较单播、广播和组播 IPv4 地址的特征和用途。
- 解释 IPv6 编址的必要性。
- 描述 IPv6 地址的表示方式。
- 描述 IPv6 网络地址的类型。
- 配置全局单播地址。



# IP 编址 简介

在本章中，您将能够（续）：

- 描述组播地址。
- 描述 IP 网络（包括 IPv4 和 IPv6）中 ICMP 的作用
- 使用 ping 和 traceroute 实用程序测试网络连接



# 8.1

## IPv4 网络地址



# IPv4 地址结构

## 二进制记法

- 二进制记法是指计算机实际上是以 1 和 0 来通信的
- 要进行二进制到十进制的转换，要求了解一个数制系统的数学基础知识 — 位置记数法

位置记数法

192

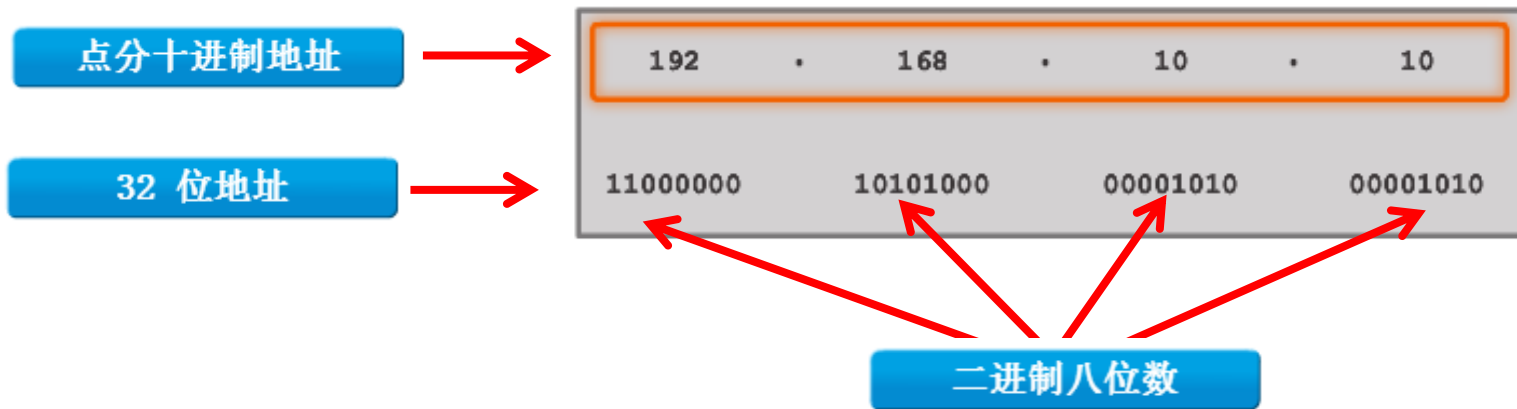
	百位	十位	个位
基	10	10	10
幂	2	1	0
位置的值	100	10	1
数字标识符	1	9	2
数值	$1 \times 100 = 100$	$9 \times 10 = 90$	$2 \times 1 = 2$

$100 + 90 + 2$



# IPv4 地址结构

## 二进制数字系统



192.168.10.10 is an IP address that is assigned to a computer.

基	2	2	2	2	2	2	2	2
幂	7	6	5	4	3	2	1	0
二进制八位数位值	128	64	32	16	8	4	2	1
二进制地址	1	1	0	0	0	0	0	0
二进制位值	128	64	0	0	0	0	0	0

对这些二进制位值求和。

$$128 + 64 = 192$$



## IPv4 地址结构

# 二进制地址转换为十进制地址

## 练习

$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	1	1	0	0	0	0

$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
128	64	32	16	8	4	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1





## IPv4 地址结构

# 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数  
192.168.10.10

11000000    10101000

	128	64	32	16	8	4	2	1
168 > 128, 因此在 128 的位置上置入 1 1 -128 减去 128	1							
40 < 64, 因此在 64 的位置上置入 1 0 请勿减去		1						
40 > 32, 因此在 32 的位置上置入 1 1 -32 减去 32			1					
8 < 16, 因此在 16 的位置上置入 1 0 请勿减去				1				
8 = 8, 因此在 8 的位置上置入 1 1 减去 8					1			
0 在所有剩余位置上置入 0 完成。结果						0	0	0

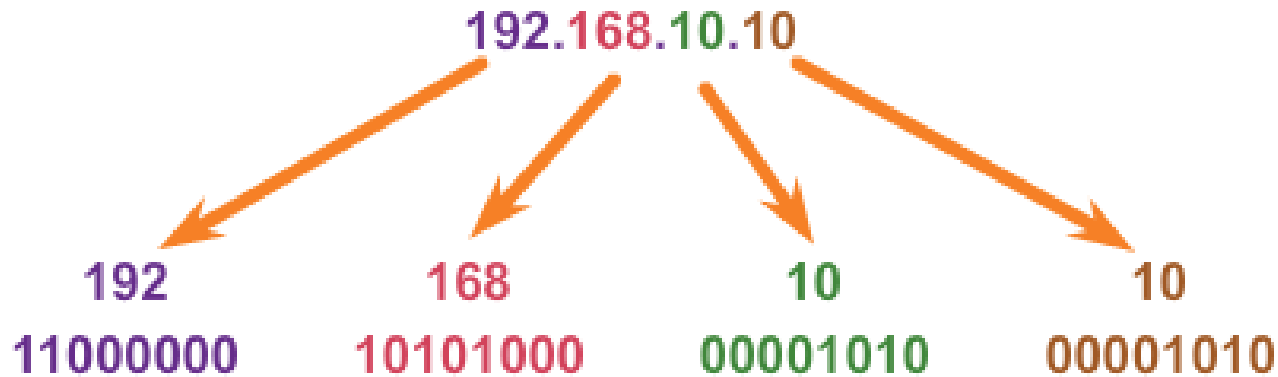
1    0    1    0    1    0    0    0



## IPv4 地址结构

# 十进制数到二进制数的转换

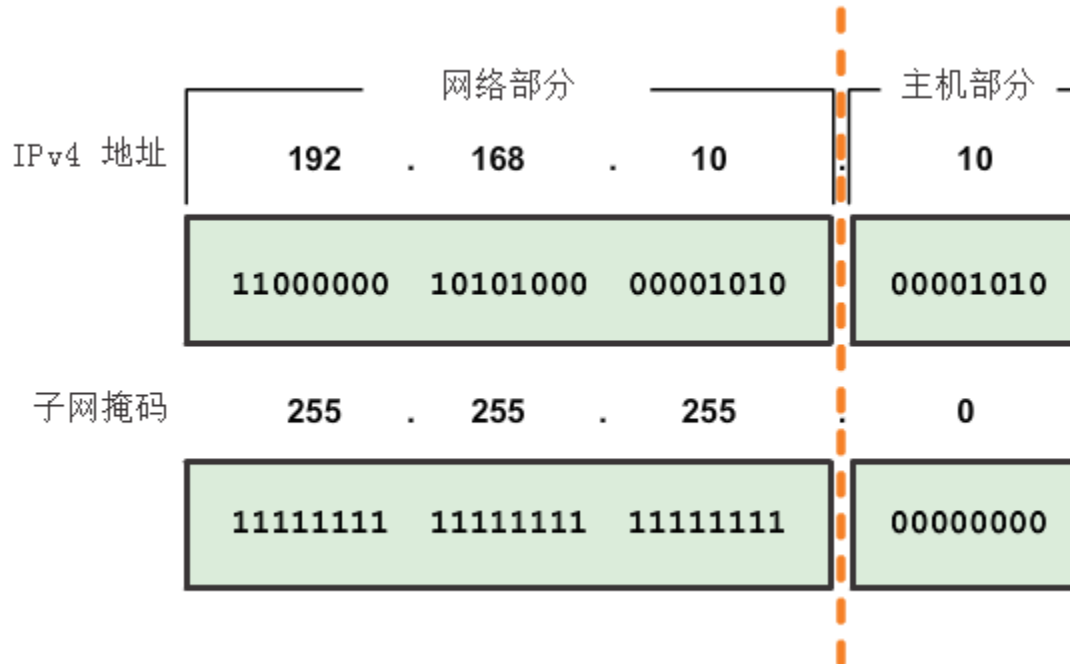
十进制数转换为二进制数





## IPv4 子网掩码

### IPv4 地址的网络部分和主机部分



- 为了定义地址的网络和主机部分，设备将使用一个单独的 32 位模式，称为子网掩码
- 子网掩码实际上并不包含 IPv4 地址的网络或主机部分，它只是指出在何处查找给定 IPv4 地址的这些部分



# IPv4 子网掩码

## IPv4 地址的网络部分和主机部分

### 有效子网掩码

子网值	位值							
	128	64	32	16	8	4	2	1
255	1	1	1	1	1	1	1	1
254	1	1	1	1	1	1	1	0
252	1	1	1	1	1	1	0	0
248	1	1	1	1	1	0	0	0
240	1	1	1	1	0	0	0	0
224	1	1	1	0	0	0	0	0
192	1	1	0	0	0	0	0	0
128	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0



# IPv4 子网掩码 检查前缀长度

	点分十进制	以二进制显示的有效位
网络地址	10.1.1.0/24	10.1.1.00000000
第一个主机地址	10.1.1.1	10.1.1.00000001
最后一个主机地址	10.1.1.254	10.1.1.11111110
广播地址	10.1.1.255	10.1.1.11111111
主机数: $2^8 - 2 = 254$ 台主机		

网络地址	10.1.1.0/25	10.1.1.00000000
第一个主机地址	10.1.1.1	10.1.1.00000001
最后一个主机地址	10.1.1.126	10.1.1.01111110
广播地址	10.1.1.127	10.1.1.01111111
主机数: $2^7 - 2 = 126$ 台主机		

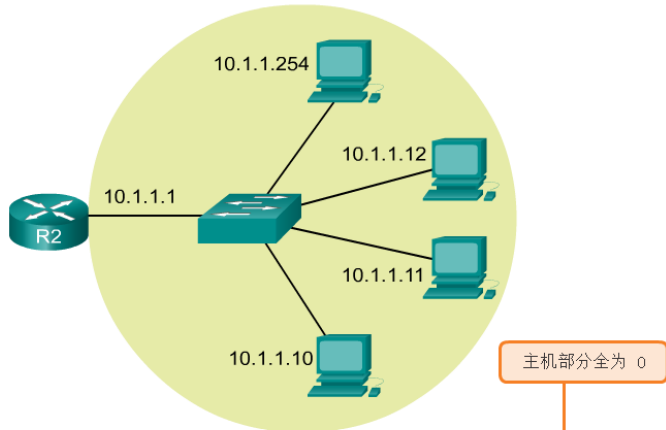
网络地址	10.1.1.0/26	10.1.1.00000000
第一个主机地址	10.1.1.1	10.1.1.00000001
最后一个主机地址	10.1.1.62	10.1.1.00111110
广播地址	10.1.1.63	10.1.1.00111111
主机数: $2^6 - 2 = 62$ 台主机		



## IPv4 子网掩码

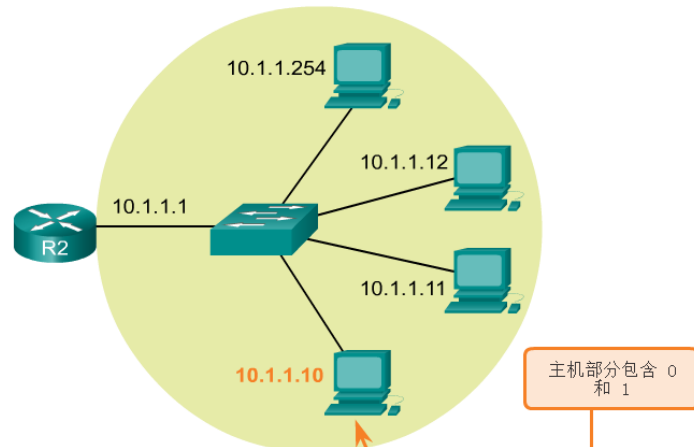
# IPv4 网络地址、主机地址和广播地址

网络地址



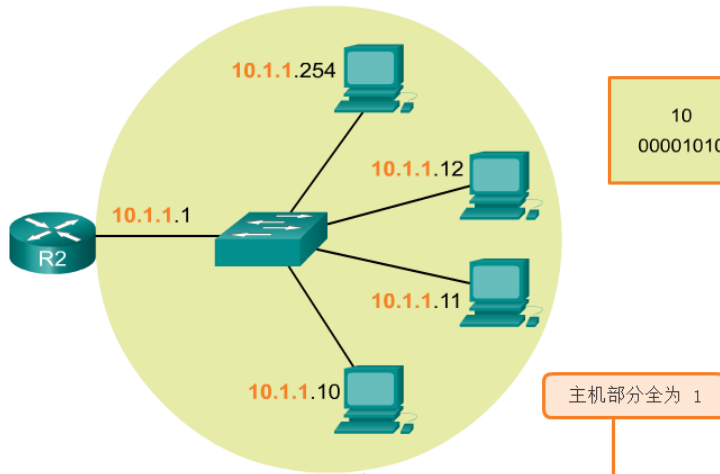
网络部分			主机部分
10	1	1	0
00001010	00000001	00000001	00000000

主机地址



网络部分			主机部分
10	1	1	10
00001010	00000001	00000001	00001010

广播地址



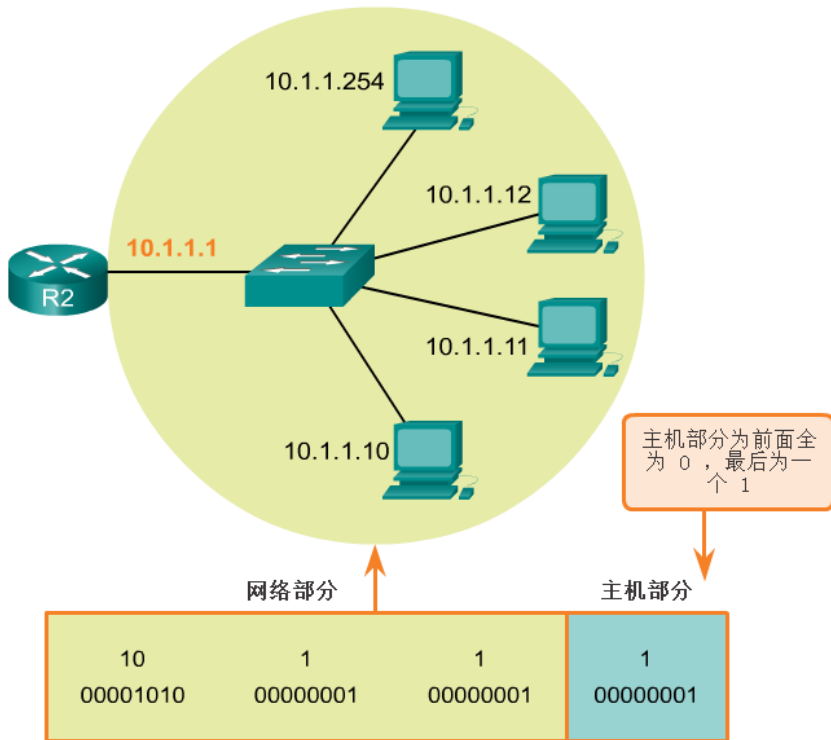
网络部分			主机部分
10	1	1	255
00001010	00000001	00000001	11111111



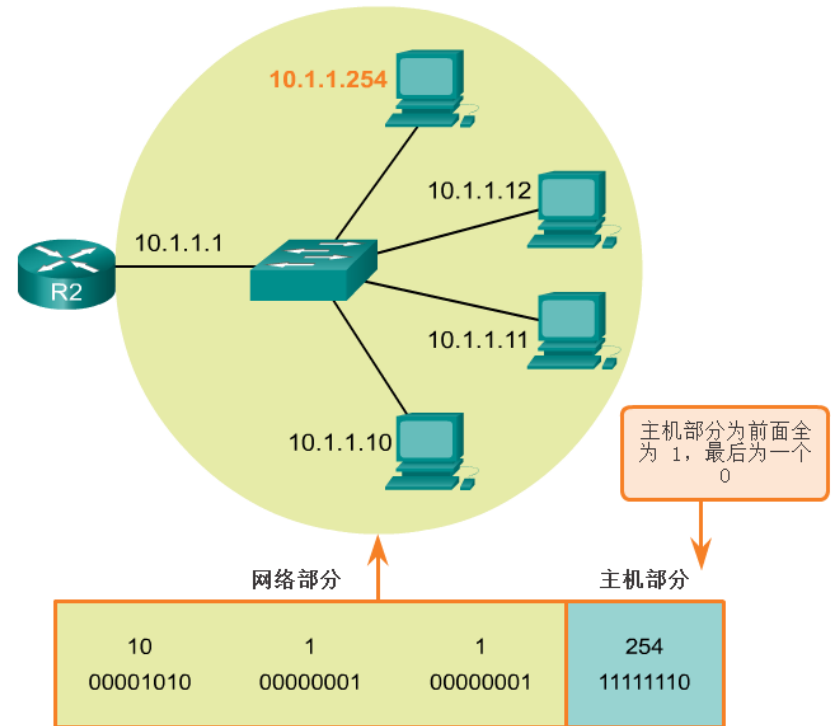
## IPv4 子网掩码

# 第一个主机和最后一个主机地址

第一个主机地址



最后一个主机地址





# IPv4 子网掩码 按位 AND 运算

IPv4 地址

1 1 0 0 0 0 0 0    1 0 1 0 1 0 0 0    0 0 0 0 1 0 1 0

0 0 0 0 1 0 1 0

子网掩码

1 1 1 1 1 1 1 1    1 1 1 1 1 1 1 1    1 1 1 1 1 1 1 1

0 0 0 0 0 0 0 0

网络地址

1 1 0 0 0 0 0 0    1 0 1 0 1 0 0 0    0 0 0 0 1 0 1 0

0 0 0 0 0 0 0 0

1 AND 1 = 1    1 AND 0 = 0    0 AND 1 = 0    0 AND 0 = 0

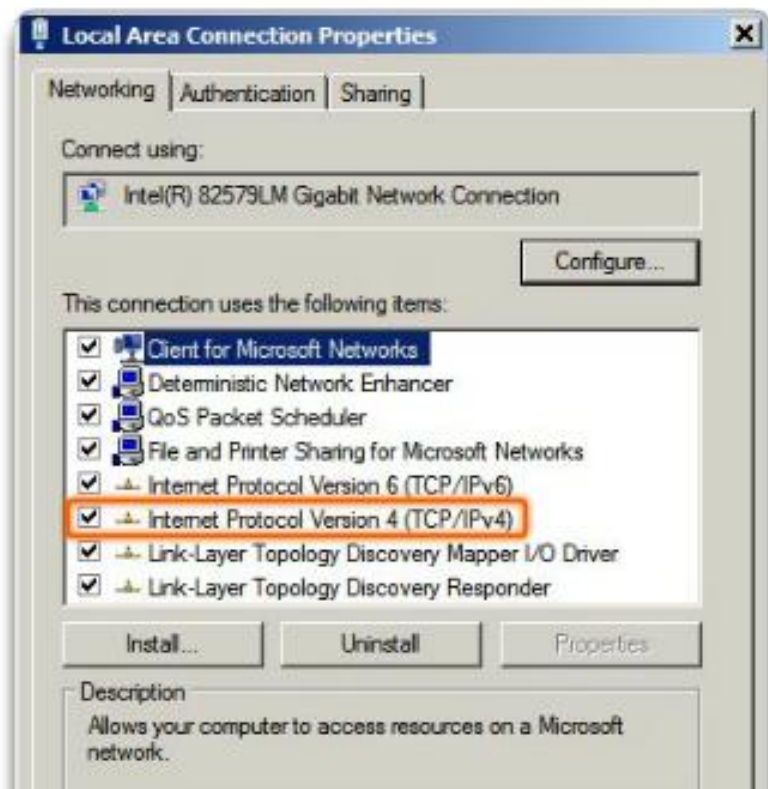




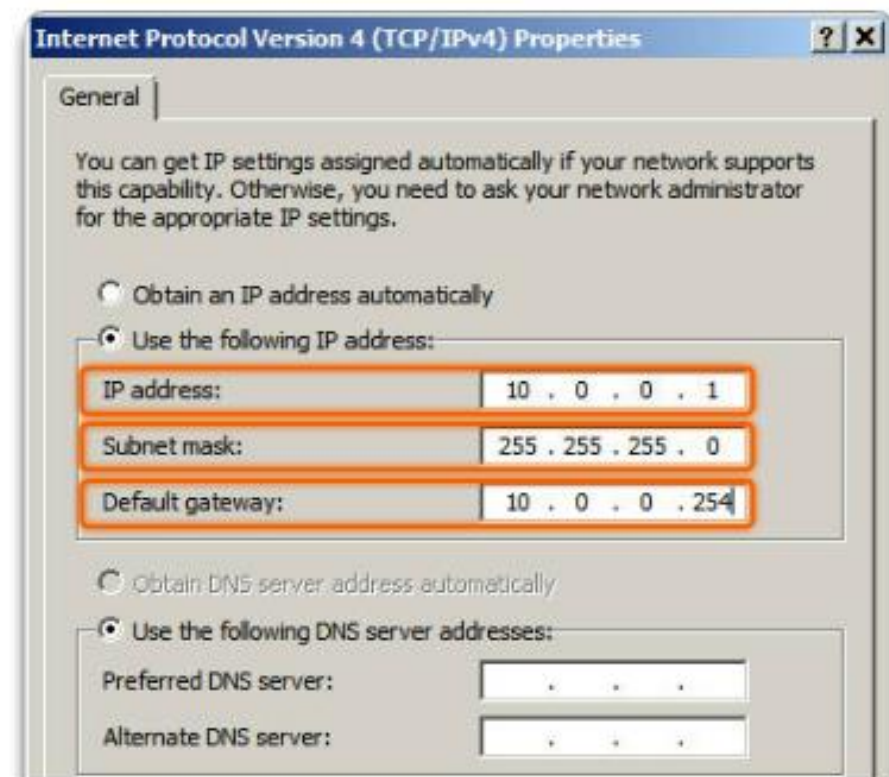
# IPv4 单播、广播和组播

## 为主机分配静态 IPv4 地址

### LAN 接口属性

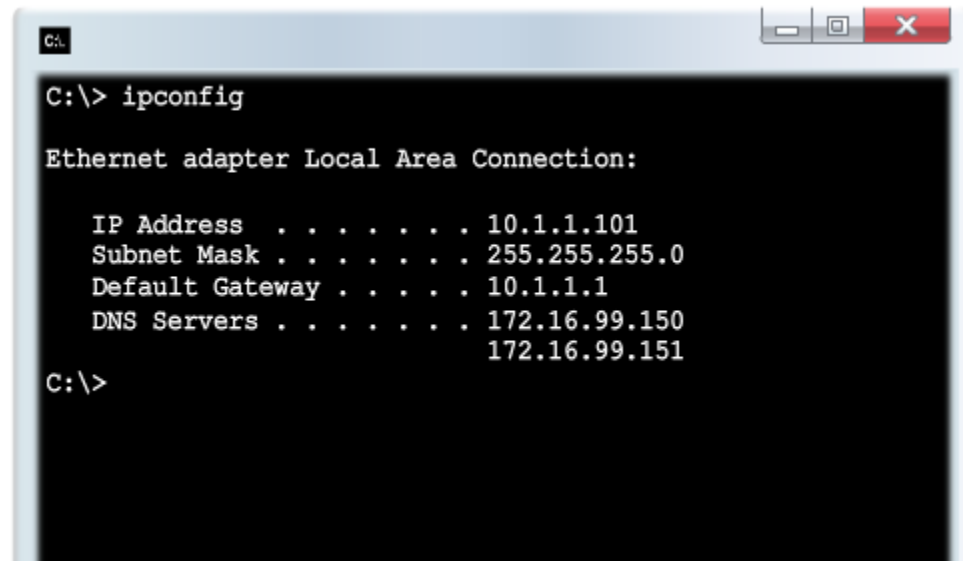
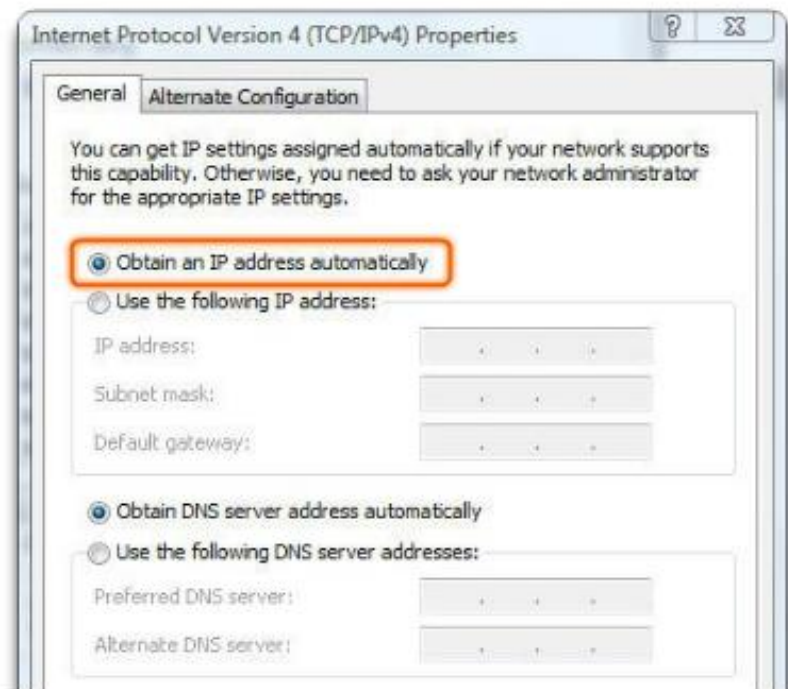


### 配置静态 IPv4 地址



# IPv4 单播、广播和组播

## 为主机分配动态 IPv4 地址



检验

DHCP - 在大型网络上主机“租用”IPv4 地址的首选方法，可以降低网络支持人员的工作负担，而且几乎可以杜绝任何输入错误。

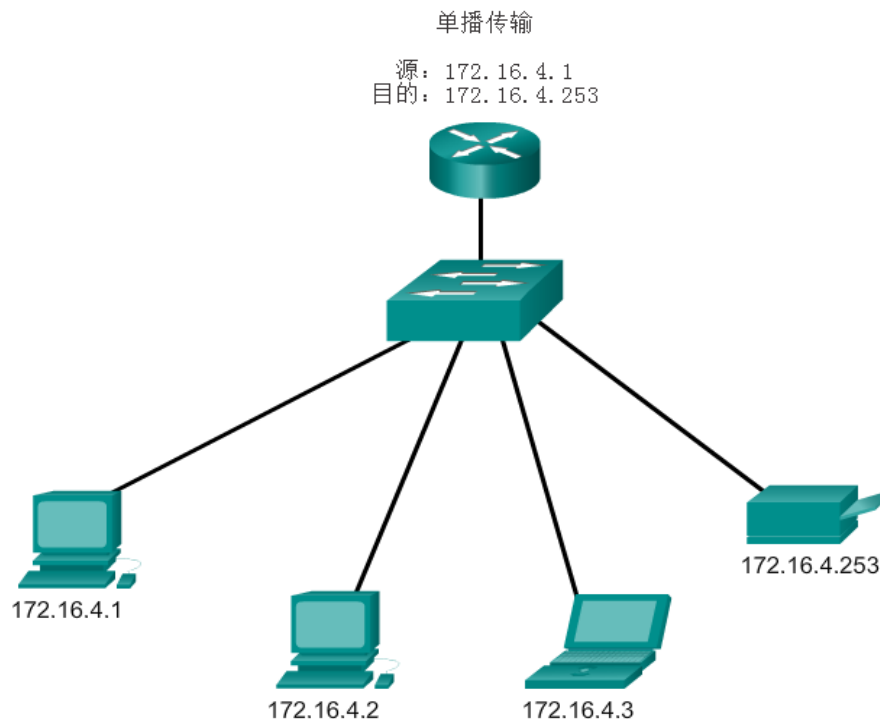


## IPv4 单播、广播和组播

### 单播传输

在 IPv4 网络中，主机可采用以下三种方式之一来通信：

1. 单播 - 从一台主机向另一台主机发送数据包的过程。

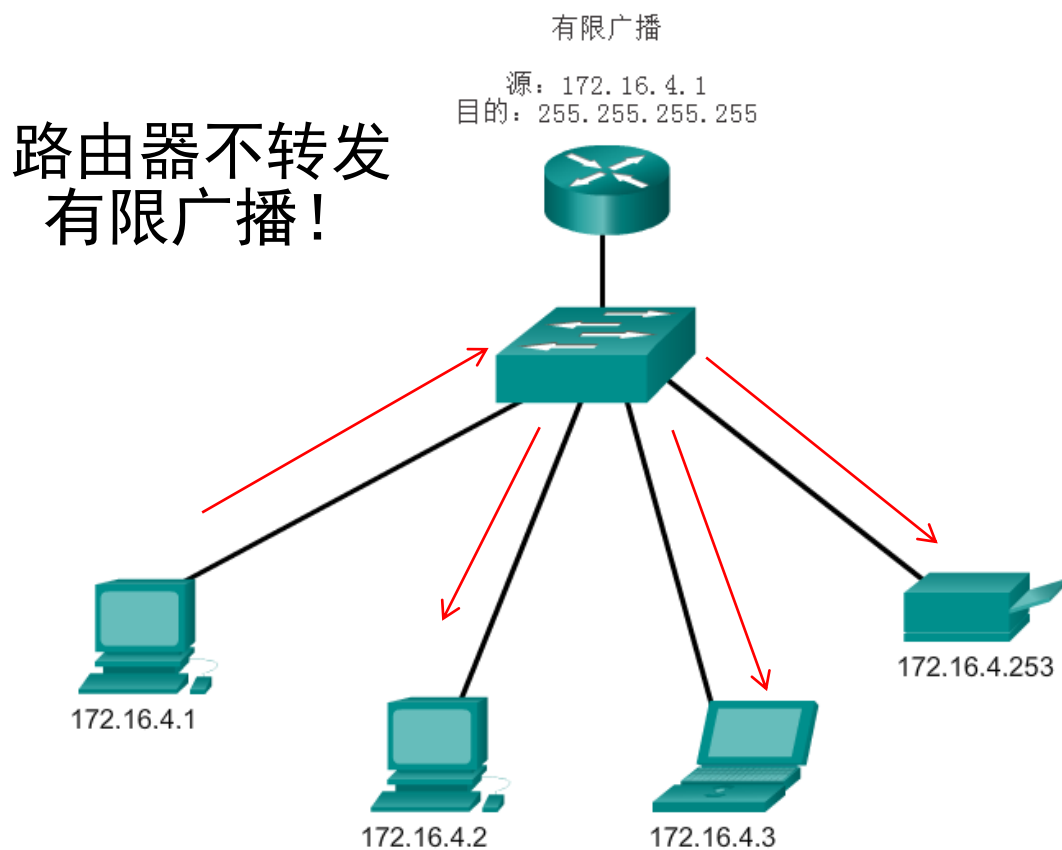




# IPv4 单播、广播和组播

## 广播传输

### 2. 广播 - 从一台主机向该网络中的所有主机发送数据包的过程



#### 定向广播

- 目的地址  
172.16.4.255
- 172.16.4.0/24  
网络中的主机



## IPv4 单播、广播和组播

# 组播传输

- **组播** - 从一台主机向选定的一组主机（可能在不同网络中）发送数据包的过程
- 减少流量
- 为组播组的编址保留 - 224.0.0.0 到 239.255.255.255
- 本地链路 - 224.0.0.0 到 224.0.0.255（示例：按路由协议交换的路由信息）
- 全局范围地址 - 224.0.1.0 到 238.255.255.255（示例：224.0.1.1 已为网络时间协议保留）



## IPv4 地址类型

# 公有和私有 IPv4 地址

### 私有地址块是：

- 不需要访问互联网的主机可以使用私有地址
- 10.0.0.0 到 10.255.255.255 (10.0.0.0/8)
- 172.16.0.0 到 172.31.255.255 (172.16.0.0/12)
- 192.168.0.0 到 192.168.255.255 (192.168.0.0/16)

### 共享地址空间的地址：

- 非全局可路由
- 仅在服务提供商网络中适用
- 地址块为 100.64.0.0/10



## IPv4 地址类型

# 专用 IPv4 地址

- **网络地址和广播地址** - 每个网络中的第一个和最后一个地址不能分配给主机
- **环回地址** - 127.0.0.1, 主机用于向自身发送流量的一个特殊地址 (地址 127.0.0.0 到 127.255.255.255 已保留)
- **本地链路地址** - 169.254.0.0 到 169.254.255.255 (169.254.0.0/16) 地址可以自动分配给本地主机
- **TEST-NET 地址** - 192.0.2.0 到 192.0.2.255 (192.0.2.0/24) 保留供教学和学习使用, 用在文档和网络示例中
- **实验地址** - 240.0.0.0 到 255.255.255.254 列为保留地址



# IPv4 地址类型

## 传统类编址

IP 地址分类				
地址分类	第 1 个二进制八位数的范围 (十进制)	第 1 个二进制八位数的位 (显示绿色的位保持不变)	地址的网络部分和主机部分 (N) (H)	默认子网掩码 (十进制和二进制)
A	1-127**	00000000-01111111	N . H . H . H	255. 0. 0. 0
B	128-191	10000000-10111111	N . N . H . H	255. 255. 0. 0
C	192-223	11000000-11011111	N . N . N . H	255. 255. 255. 0
D	224-239	11100000-11101111	NA (组播)	
E	240-255	11110000-11111111	NA (实验)	





## IPv4 地址类型

# 传统类编址

### 无类编址

- 正式名称为无类域间路由（CIDR，读作“cider”）
- 建立了一组新标准，允许服务提供商在任何地址位边界（前缀长度）上分配 IPv4 地址，而不是只分配 A、B 或 C 类地址

IPv4 地址类型

# IP 地址的分配

地区级 Internet 注册管理机构 (RIR)  
主要的注册管理机构包括：

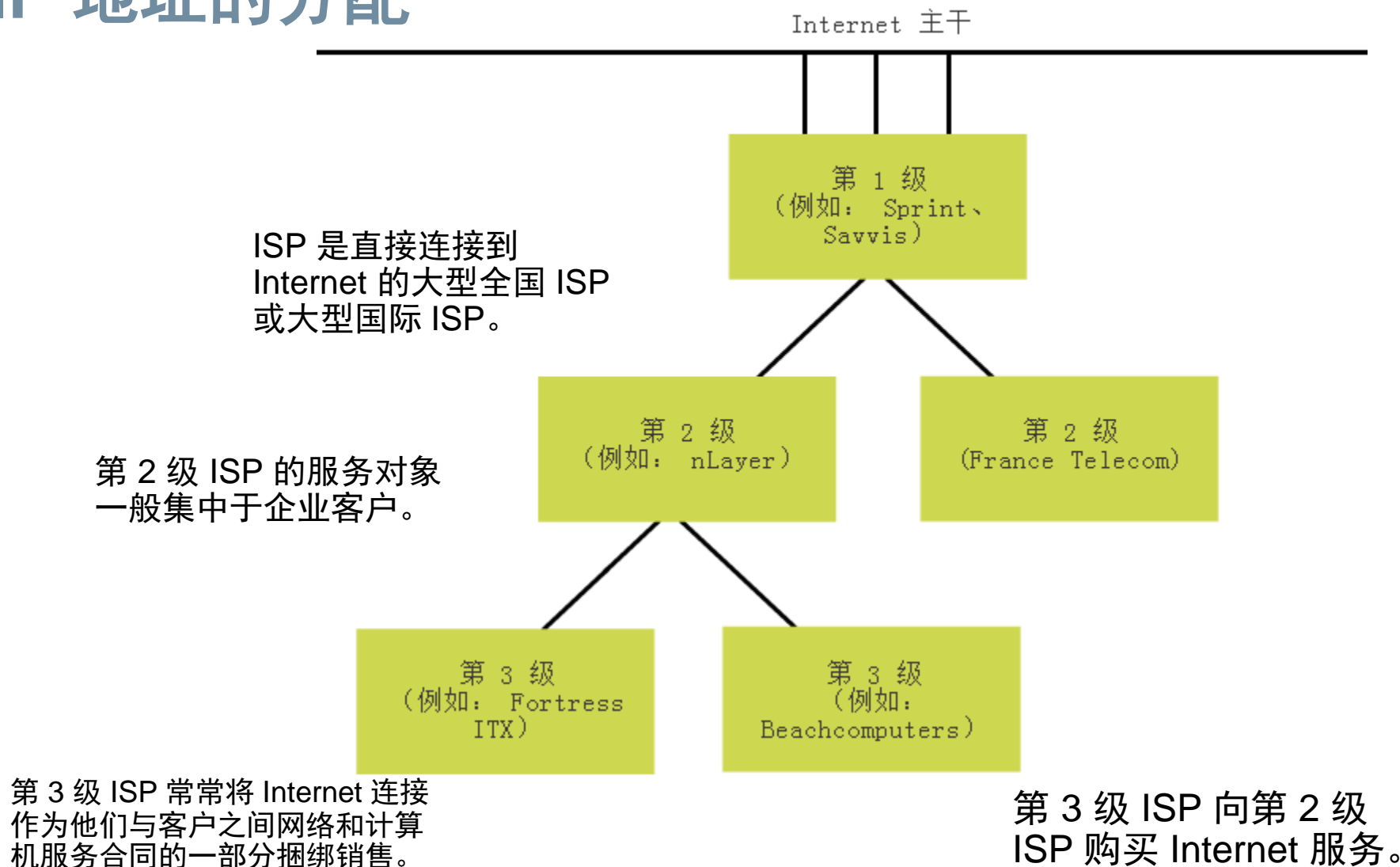




# IPv4 地址类型

## IP 地址的分配

### ISP 的三个级别 - 第 3 级





## 8.2

# IPv6 网络地址



## IPv4 问题

# IPv6 的必要性

- IPv6 旨在取代 IPv4
- IPv4 地址空间耗尽的问题是迁移到 IPv6 的主要诱因
- 投影显示所有五个 RIR 的 IPv4 地址在 2015 年到 2020 年之间都将耗尽
- 随着上网人数的增加，IPv4 地址空间的局限，NAT 和物联网问题的出现，向 IPv6 迁移的时代已经开始了！



## IPv4 问题

# IPv6 的必要性

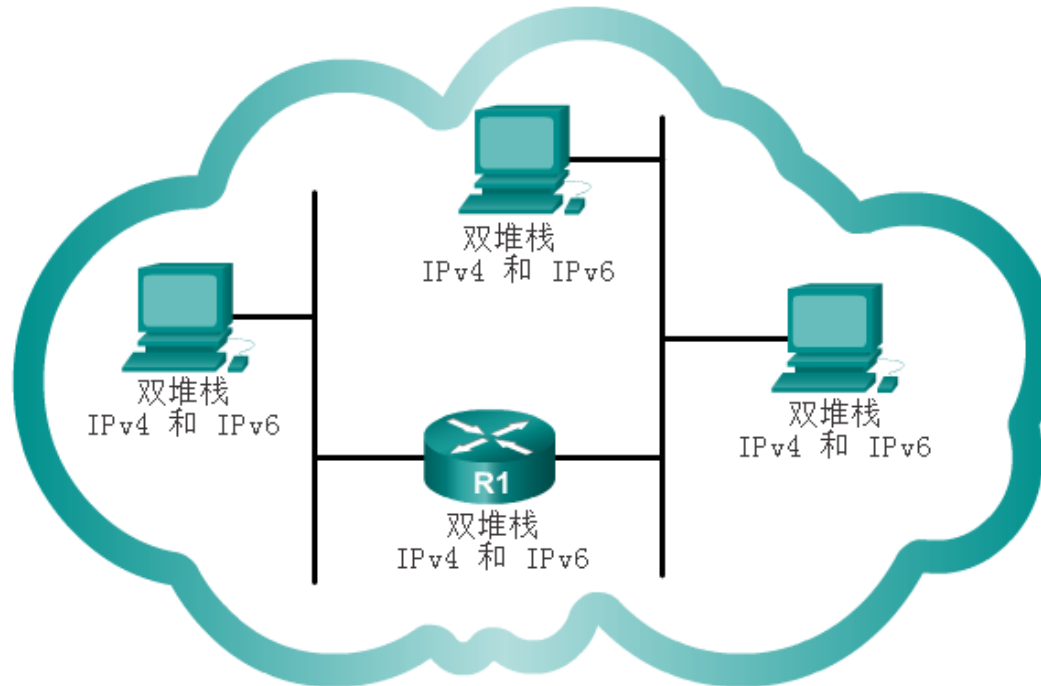
- IPv4 理论上最多有 43 亿个地址，再加上与 NAT 组合形成的私有地址
- IPv6 使用更大的 128 位地址空间，提供  $340 \times 10^{36}$  个地址
- IPv6 弥补了 IPv4 的局限性并且包含其他改进（例如 ICMPv6）

## IPv4 问题

## IPv4 和 IPv6 共存

迁移技术可以分为三类：

#1



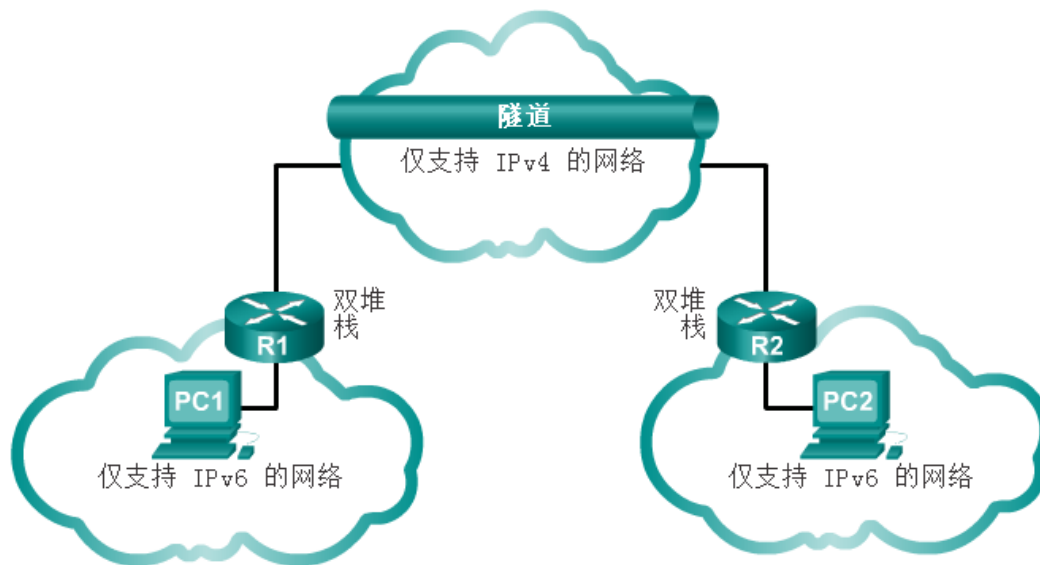
**双堆栈：**允许 IPv4 和 IPv6 在同一网络中共存  
设备可以同时运行 IPv4 和 IPv6 协议栈。

## IPv4 问题

## IPv4 和 IPv6 共存

迁移技术可以分为三类：

#2



**隧道：**通过 IPv4 网络传输 IPv6 数据包的方法  
将 IPv6 数据包封装到 IPv4 数据包中。



## IPv4 问题

## IPv4 和 IPv6 共存

迁移技术可以分为三类：

#3



**转换：**网络地址转换 64 (NAT64) 允许支持 IPv6 的设备与支持 IPv4 的设备使用类似于 IPv4 中 NAT 的转换技术进行通信。IPv6 数据包转换为 IPv4 数据包，反之亦然。



# 十六进制数字系统

- 十六进制是以 16 为基数的计数系统
- 以 16 为基数的计数系统使用数字 0 到 9 和字母 A 到 F
- 四位（半字节）可以用一个十六进制值表示

十六进制	十进制	二进制
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111



## IPv6 编址

# IPv6 地址的表示方法

- 查看与十进制和十六进制值匹配的二进制位模式

十六进制	十进制	二进制
00	0	0000 0000
01	1	0000 0001
02	2	0000 0010
03	3	0000 0011
04	4	0000 0100
05	5	0000 0101
06	6	0000 0110
07	7	0000 0111
08	8	0000 1000
0A	10	0000 1010
0F	15	0000 1111
10	16	0001 0000
20	32	0010 0000
40	64	0100 0000
80	128	1000 0000
C0	192	1100 0000
CA	202	1100 1010
F0	240	1111 0000
FF	255	1111 1111



## IPv6 编址

# IPv6 地址的表示方法

- 长度为 128 位，写为一串十六进制值
- 在 IPv6 中，4 位代表一个十六进制数字；32 个十六进制值 = IPv6 地址

**2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200**

**FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF**

- Hextet（十六进制数）用于表示一个 16 位或四个十六进制数片段
- 可以以大写或小写形式表示



## IPv6 编址

# 规则 1 - 省略前导 0

- 有助于缩短 IPv6 地址记法的第一个规则就是省略任何 16 位部分或十六进制数中的前导 0（零）
- 01AB 可表示为 1AB
- 09F0 可表示为 9F0
- 0A00 可表示为 A00
- 00AB 可表示为 AB

建议	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
无前导 0	2001: DB8: 0:1111: 0: 0: 0: 200



## 规则 2 - 忽略全 0 网段

- 双冒号 (::) 可以代替包含一个或多个 16 位全 0 数据段（十六进制数）的任意一个连续字符串
- 双冒号 (::) 在每个地址中只能使用一次，否则地址就会不明确。
- 称为*压缩格式*
- 错误地址 - 2001:0DB8::ABCD::1234



# IPv6 编址

## 规则 2 - 忽略全 0 网段

### ■ 示例

#1

建议	2001:0DB8:0000:0000:ABCD:0000:0000:0100
无前导 0	2001: DB8: 0: 0:ABCD: 0: 0: 100
压缩文件	2001:DB8::ABCD:0:0:100
或	
压缩文件	2001:DB8:0:0:ABCD::100

只能使用一个 ::。

#2

建议	FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
无前导 0	FE80: 0: 0: 0: 123:4567:89AB:CDEF
压缩文件	FE80::123:4567:89AB:CDEF



IPv6 地址类型

# IPv6 地址类型

IPv6 地址分为三种类型：

- 单播
- 组播
- 任意播。

注意：IPv6 没有广播地址。

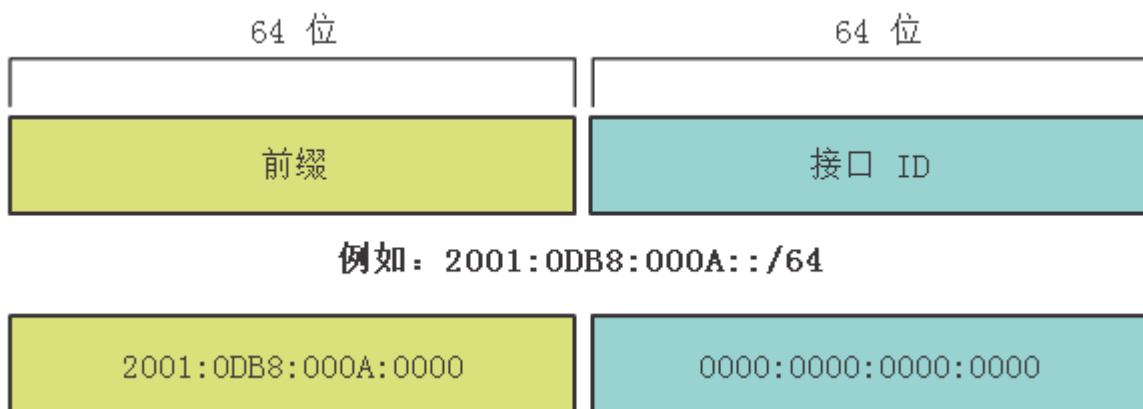




## IPv6 地址类型

# IPv6 前缀长度

- IPv6 不使用点分十进制子网掩码记法
- 前缀长度采用以下格式表示 IPv6 地址的网络部分：
  - IPv6 地址/前缀长度
  - 前缀长度的范围为 0 到 128
  - 典型的前缀长度是 /64



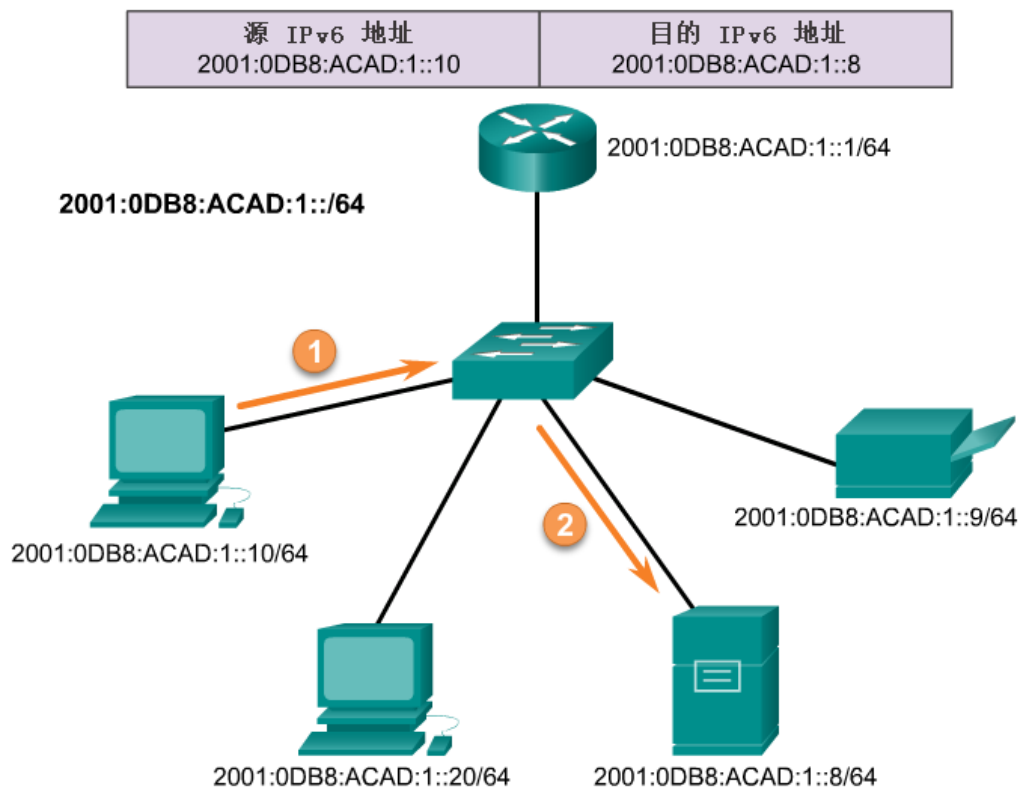


## IPv6 地址类型

# IPv6 单播地址

### ■ 单播

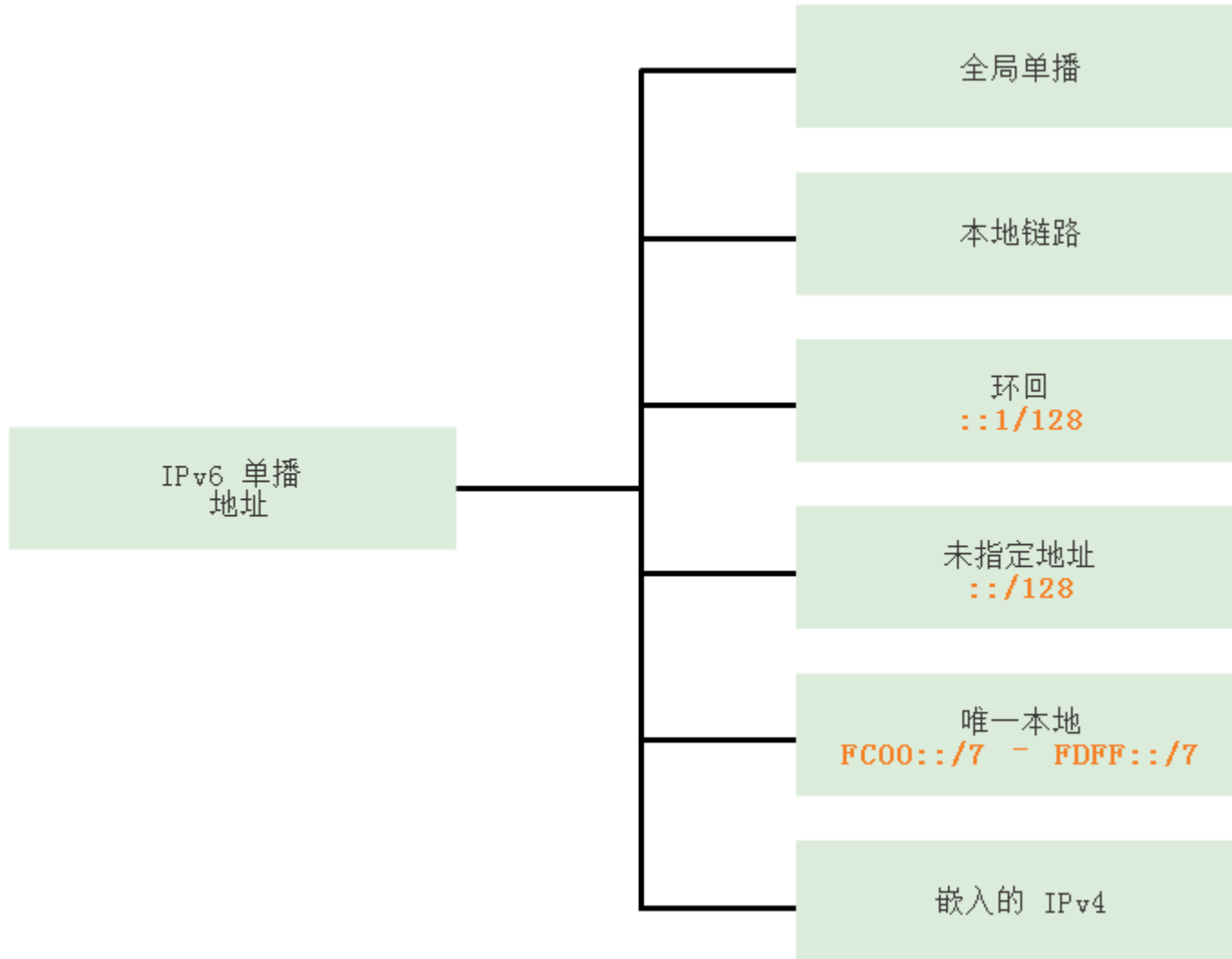
- 唯一标识支持 IPv6 的设备上的接口
- 发送到单播地址的数据包由该地址分配的接口接收。





## IPv6 地址类型

# IPv6 单播地址





## IPv6 地址类型

# IPv6 单播地址

### ■ 全局单播

- 类似于公有 IPv4 地址
- 全局唯一
- Internet 可路由地址。
- 可以静态配置也可以动态配置

### ■ 本地链路

- 用于与同一本地链路上的其他设备通信
- 限于单个链路 - 在链路外不能路由



## IPv6 地址类型

# IPv6 单播地址

### ■ 环回

- 主机用它来向自身发送数据包，并且不能将其分配给物理接口
- 通过对 IPv6 环回地址执行 ping 操作可以测试本地主机上的 TCP/IP 配置
- 除最后一位外都为 0，用 `::1/128` 或只用 `::1` 表示

### ■ 未指定地址

- 全 0 地址用 `::/128` 或只用 `::` 表示
- 不能分配给接口，并且只能用作源地址
- 当设备没有永久 IPv6 地址或数据包的源与目的地无关时，将未指定地址用作源地址



IPv6 地址类型

# IPv6 单播地址

## ■ 唯一本地

- 类似于 IPv4 私有地址
- 用于站点内或有限数量的站点之间的本地编址
- 在 FC00::/7 至 FDFF::/7 范围内

## ■ 嵌入式 IPv4（本课程中不会涉及）

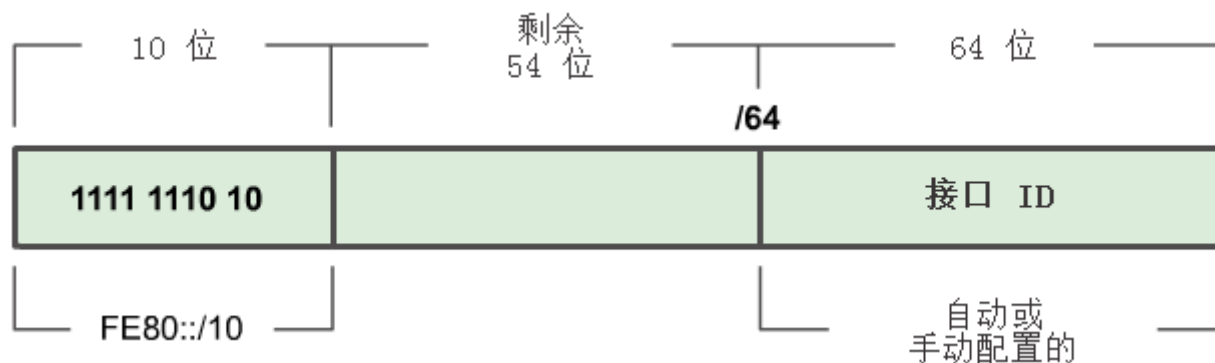
- 有助于从 IPv4 到 IPv6 的转换



## IPv6 地址类型

# IPv6 本地链路单播地址

- 每个支持 IPv6 的网络接口都要求具有一个本地链路地址
- 允许设备与同一链路上支持 IPv6 的其他设备通信，并且只能在该链路（子网）上通信
- 范围是 FE80::/10，前 10 个位为 1111 1110 10xx xxxx
- 1111 1110 10**00 0000** (FE80) - 1111 1110 10**11 1111** (FEBF)



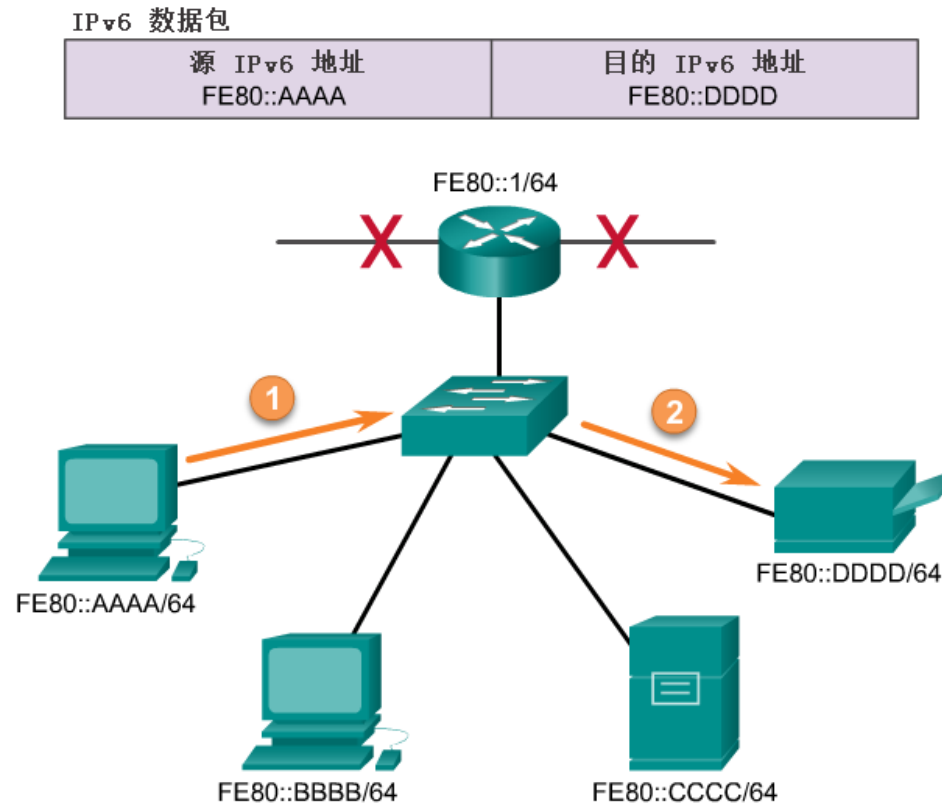


## IPv6 地址类型

# IPv6 本地链路单播地址

- 具有源或目的本地链路地址的数据包不能在数据包的源链路之外进行路由

IPv6 链路本地通信







IPv6 单播地址

## IPv6 全局单播地址的结构

- IPv6 全局单播地址全局唯一，并且可在 IPv6 Internet 上路由
- 相当于公有 IPv4 地址
- ICANN 将 IPv6 地址块分配给五个 RIR
- 目前仅分配了含有前 3 位 001 或 2000::/3 的全局单播地址



## IPv6 单播地址

# IPv6 全局单播地址的结构

- 目前仅分配了含有前 3 位 001 或 2000::

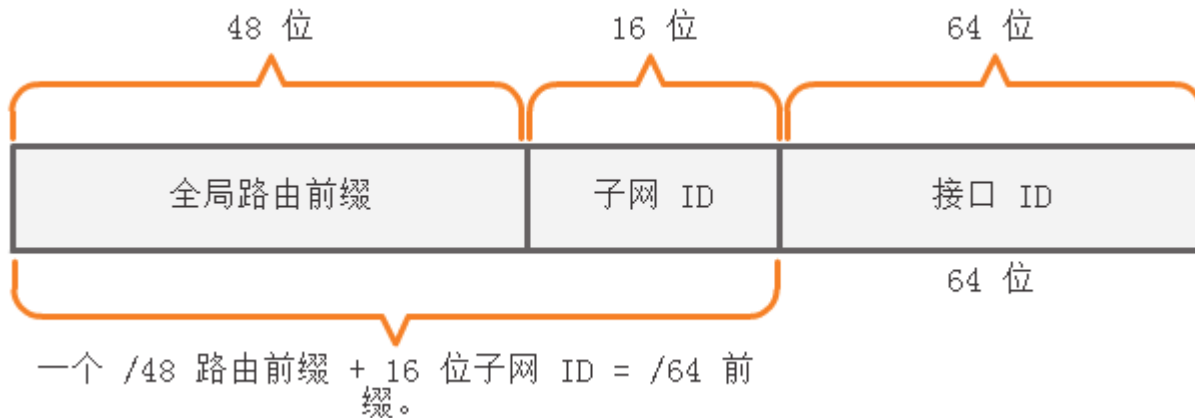




## IPv6 单播地址

# IPv6 全局单播地址的结构

- 全局单播地址包括三个部分：



- **全局路由前缀** - 地址的前缀或网络部分由提供商（如 ISP）为客户或站点分配；现在 RIR 为客户分配 /48 全局路由前缀
- 2001:0DB8:ACAD::/48 的前缀表示前 48 位 (2001:0DB8:ACAD) 为前缀或网络部分



## IPv6 单播地址

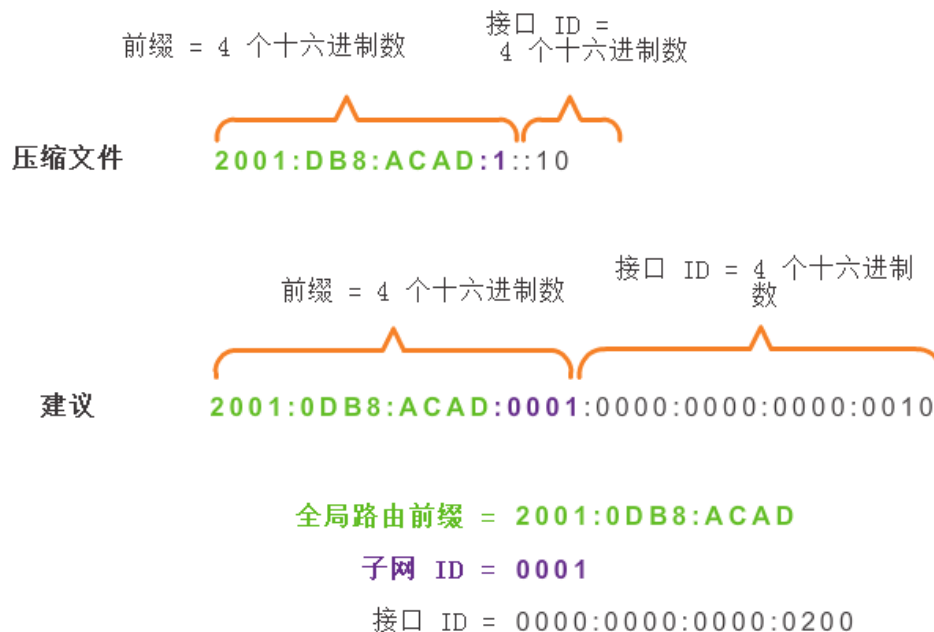
# IPv6 全局单播地址的结构

### ■ 子网 ID

- 组织用它来确定其站点中的子网

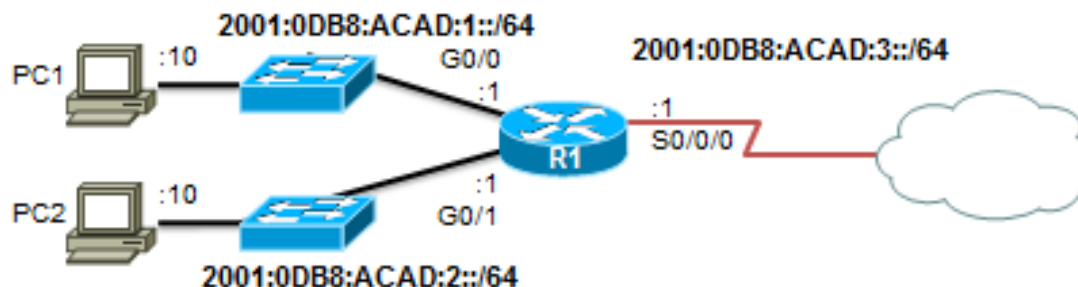
### ■ 接口 ID

- 相当于 IPv4 地址的主机部分
- 使用它是因为单个主机可能具有多个接口，每个接口有一个或多个 IPv6 地址





## IPv6 单播地址 全局单播地址的静态配置



```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)#clock rate 56000
R1(config-if)#no shutdown
```



# IPv6 单播地址

## IPv6 全局单播地址的静态配置

**Internet Protocol Version 6 (TCP/IPv6) Properties** [?] [X]

**General**

You can get IPv6 settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IPv6 settings.

☐ Obtain an IPv6 address automatically  
☒ Use the following IPv6 address:

IPv6 address:   
 Subnet prefix length:   
 Default gateway:

☐ Obtain DNS server address automatically  
☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server:   
 Alternate DNS server:

☐ Validate settings upon exit

Advanced...

OK Cancel



## IPv6 单播地址

# 全局单播地址的动态配置（使用 SLAAC）

## 无状态地址自动配置 (SLAAC)

- 一种允许设备从 IPv6 路由器获取其前缀、前缀长度和默认网关的方法
- 不需要 DHCPv6 服务器
- 取决于 ICMPv6 路由器通告 (RA) 消息

## IPv6 路由器

- 在网络之间转发 IPv6 数据包
- 可配置静态路由或动态 IPv6 路由协议
- 发送 ICMPv6 RA 消息



## IPv6 单播地址

# 全局单播地址的动态配置（使用 SLAAC）

命令**IPv6 单播路由**启用 IPv6 路由

RA 消息可以包含以下三个选项之一

- 只使用 SLAAC – 使用 RA 消息中包含的信息
- SLAAC 和 DHCPv6 – 使用 RA 消息中包含的信息并从 DHCPv6 服务器获取其他信息，无状态 DHCPv6  
（示例：DNS）
- 只使用 DHCPv6 – 设备不应当使用 RA 中的信息，有状态 DHCPv6

路由器使用本地链路地址作为源 IPv6 地址发送 ICMPv6 RA 消息

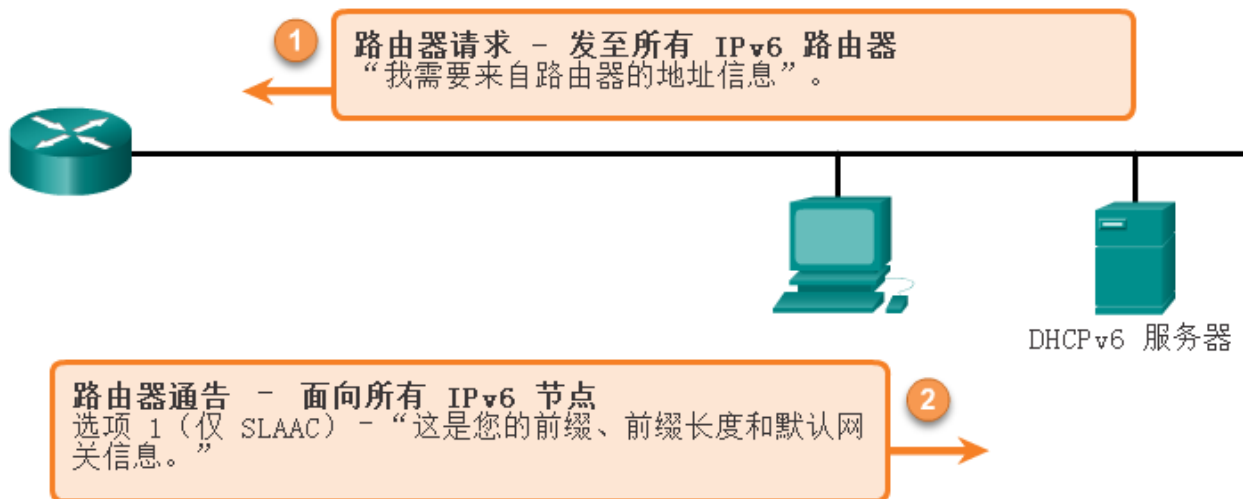




## IPv6 单播地址

# 全局单播地址的动态配置（使用 SLAAC）

路由器请求和路由器通告消息



### 路由器通告选项

- 选项 1（仅 SLAAC）“我是您需要的所有信息（前缀、前缀长度和默认网关）”
- 选项 2（SLAAC 和 DHCPv6）- “这是我的信息，但您需要从 DHCPv6 服务器获取其他信息（如 DNS 地址）。”
- 选项 3（仅 DHCPv6）- “我不能帮助您。查询 DHCPv6 服务器获取所有信息。”



## IPv6 单播地址

# 全局单播地址的动态配置（使用 DHCPv6）

## IPv6 的动态主机配置协议 (DHCPv6)

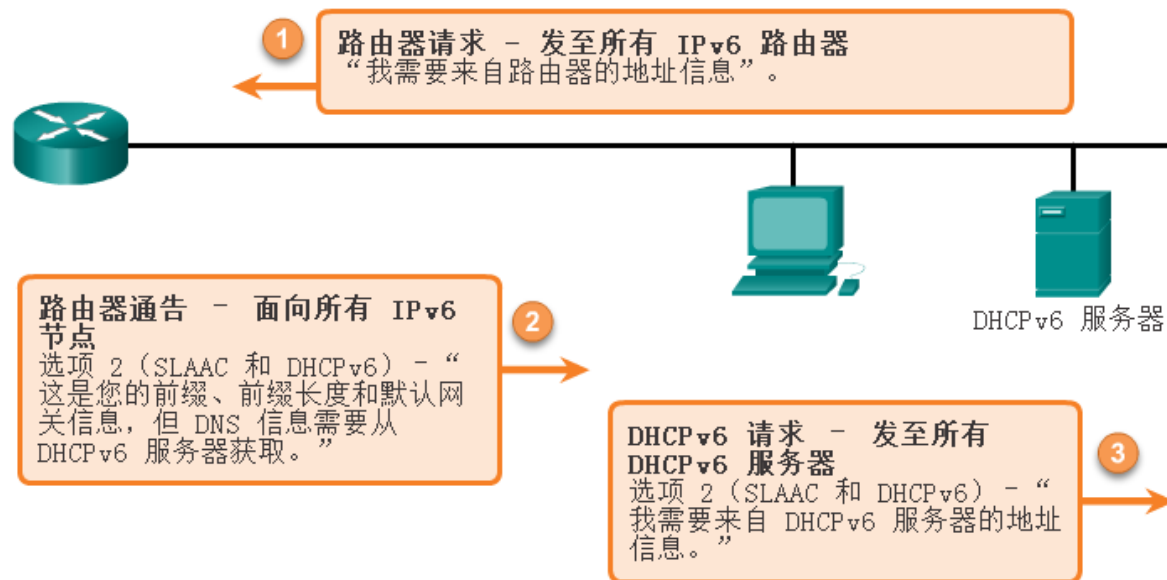
- 与 IPv4 相似
- 使用 DHCPv6 服务器的服务可以自动接收编址信息，包括全局单播地址、前缀长度、默认网关地址和 DNS 服务器地址
- 设备可能从 DHCPv6 服务器接收所有或部分 IPv6 编址信息，取决于 ICMPv6 RA 消息中指定的是选项 2（SLAAC 和 DHCPv6）还是选项 3（只使用 DHCPv6）
- 主机可能会选择忽略路由器 RA 消息中的内容，直接从 DHCPv6 服务器获取其 IPv6 地址及其他信息。



# IPv6 单播地址

## 全局单播地址的动态配置（使用 DHCPv6）

路由器请求和路由器通告消息



**注意：** 启用选项 3（仅 DHCPv6）的 RA 将要求客户端从 DHCPv6 服务器获取所有信息。



## IPv6 单播地址

# EUI-64 流程或随机生成

### EUI-64 流程

- 该流程使用客户端的 48 位以太网 MAC 地址，并在 46 位 MAC 地址中间插入另外的 16 位，从而创建 64 位接口 ID
- 优点是可以使用以太网 MAC 地址确定接口 – 易于跟踪

### EUI-64 接口 ID 以二进制形式表示，由三部分组成：

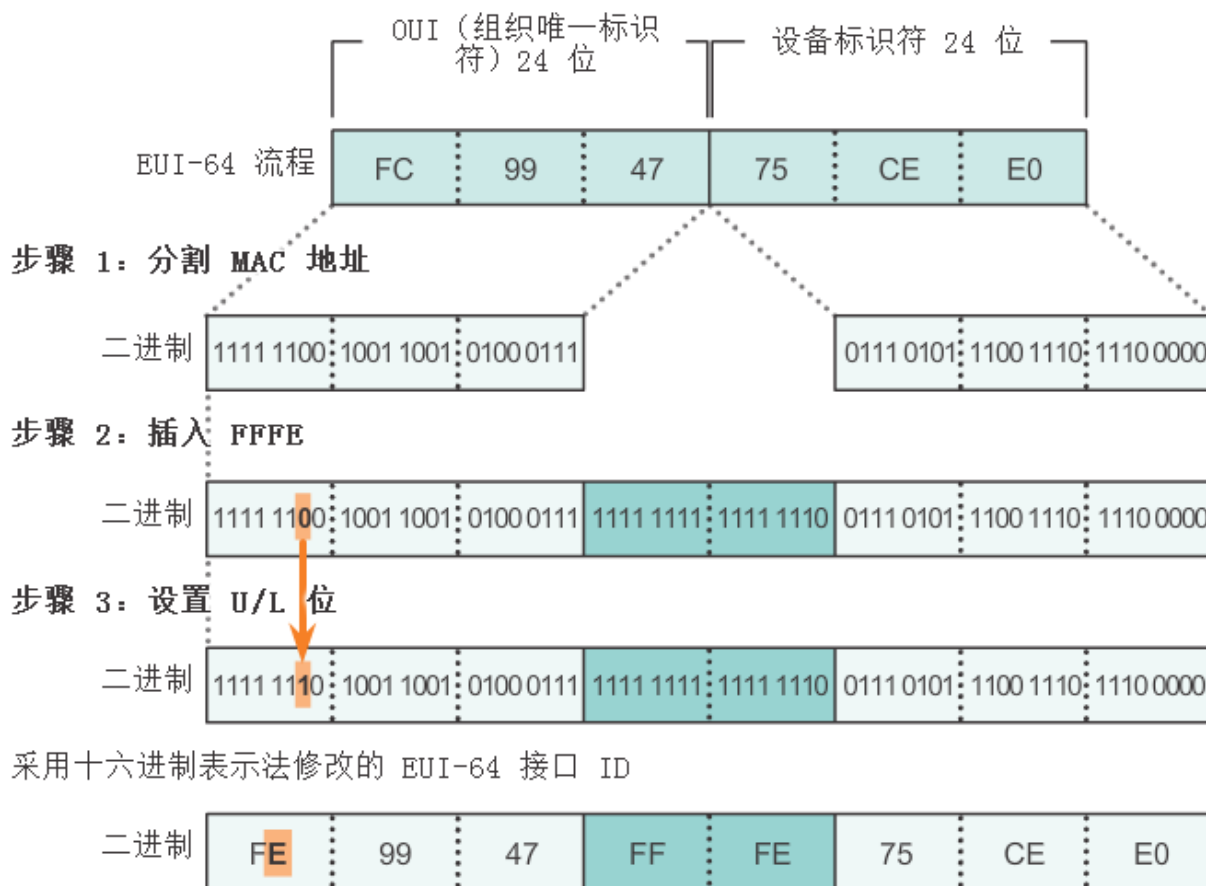
- 来自客户端 MAC 地址的 24 位 OUI，但第 7 个位（通用/本地位）正好相反（0 变为 1）
- 插入 16 位值 FFFE
- 来自客户端 MAC 地址的 24 位设备标识符



# IPv6 单播地址

## EUI-64 流程或随机生成

### EUI-64 流程





# IPv6 单播地址 EUI-64 流程或随机生成

```
R1#show interface gigabitethernet 0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is fc99.4775.c3e0
(bia fc99.4775.c3e0)

R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0      [up/up]
  FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
  2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1      [up/up]
  FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
  2001:DB8:ACAD:2::1
Serial10/0/0            [up/up]
  FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
  2001:DB8:ACAD:3::1
Serial10/0/1            [administratively down/down]
  unassigned
R1#
```

使用 EUI-64 的链路本地地址



IPv6 单播地址

## EUI-64 流程或随机生成

### 随机生成的接口 ID

- 根据操作系统的不同，设备可能会使用随机生成的接口 ID，而不是使用 MAC 地址和 EUI-64 流程
- 从 Windows Vista 开始，Windows 使用随机生成的接口 ID 而不是使用通过 EUI-64 创建的接口 ID
- Windows XP 以及更早的 Windows 操作系统使用 EUI-64



## IPv6 单播地址

# 动态本地链路地址

### 本地链路地址

- 在为接口分配全局单播地址后，支持 IPv6 的设备将自动生成其本地链路地址
- 必须具有本地链路地址，使设备能够与同一子网中支持 IPv6 的其他设备通信
- 使用本地路由器的本地链路地址作为其默认网关 IPv6 地址
- 路由器使用本地链路地址交换动态路由协议消息
- 在转发 IPv6 数据包时，路由器路由表使用本地链路地址确定下一跳路由器



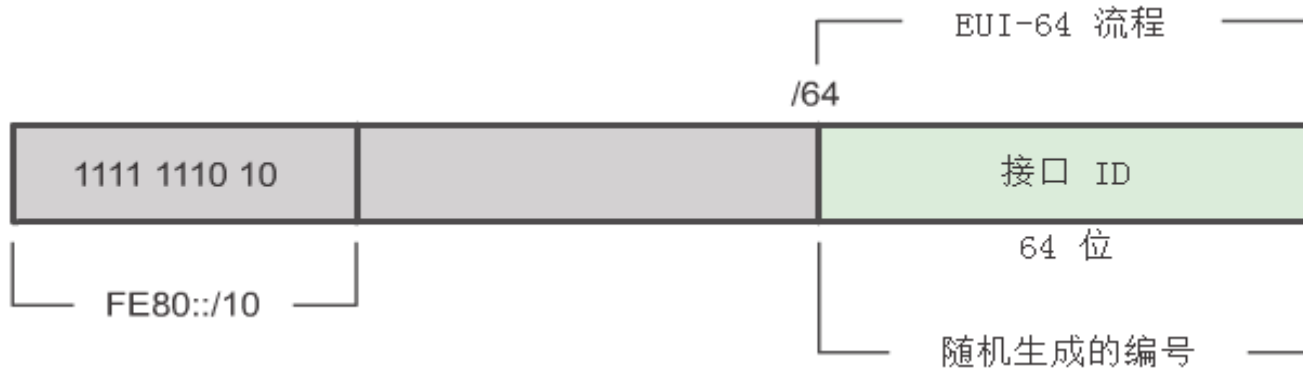


## IPv6 单播地址

# 动态本地链路地址

### 动态分配

- 本地链路地址是使用 FE80::/10 前缀和接口 ID 动态创建的





## IPv6 单播地址

# 静态本地链路地址

## 配置本地链路

```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 ?
    link-local    Use link-local address

R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#
```

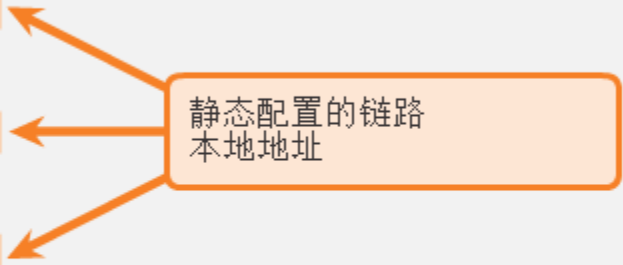


## IPv6 单播地址

# 静态本地链路地址

## 配置本地链路

```
R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0    [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1    [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:2::1
Serial0/0/0           [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:3::1
Serial0/0/1           [administratively down/down]
    unassigned
R1#
```



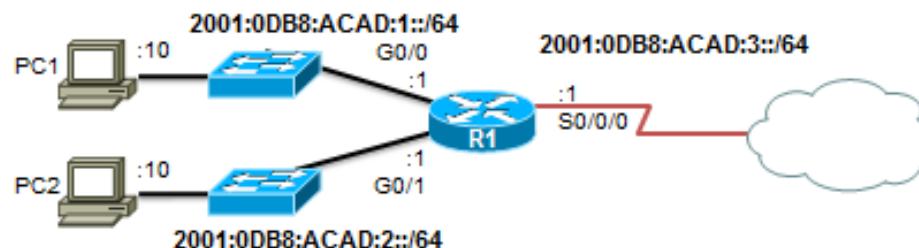
静态配置的链路本地地址



## IPv6 全局单播地址 检验 IPv6 地址配置

每个接口有两个 IPv6 地址 -

1. 已配置的全局单播地址
2. 以 FE80 开头的地址将自动添加本地链路单播地址



```
R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0    [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1    [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
2001:DB8:ACAD:2::1
Serial0/0/0           [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
2001:DB8:ACAD:3::1
Serial0/0/1           [administratively down/down]
unassigned
R1#
```



## IPv6 全局单播地址 检验 IPv6 地址配置

```
R1#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 7 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user
Static

<省略部分输出>

C   2001:DB8:ACAD:1::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
L   2001:DB8:ACAD:1::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, receive
C   2001:DB8:ACAD:2::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/1, directly connected
L   2001:DB8:ACAD:2::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/1, receive
C   2001:DB8:ACAD:3::/64 [0/0]
    via Serial0/0/0, directly connected
L   2001:DB8:ACAD:3::1/128 [0/0]
    via Serial0/0/0, receive
L   FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
R1#
```



IPv6 组播地址

# 分配的 IPv6 组播地址

- IPv6 组播地址的前缀为 FFxx::/8
- IPv6 组播地址分为两种类型：
  - 分配的组播
  - 请求节点组播



IPv6 组播地址

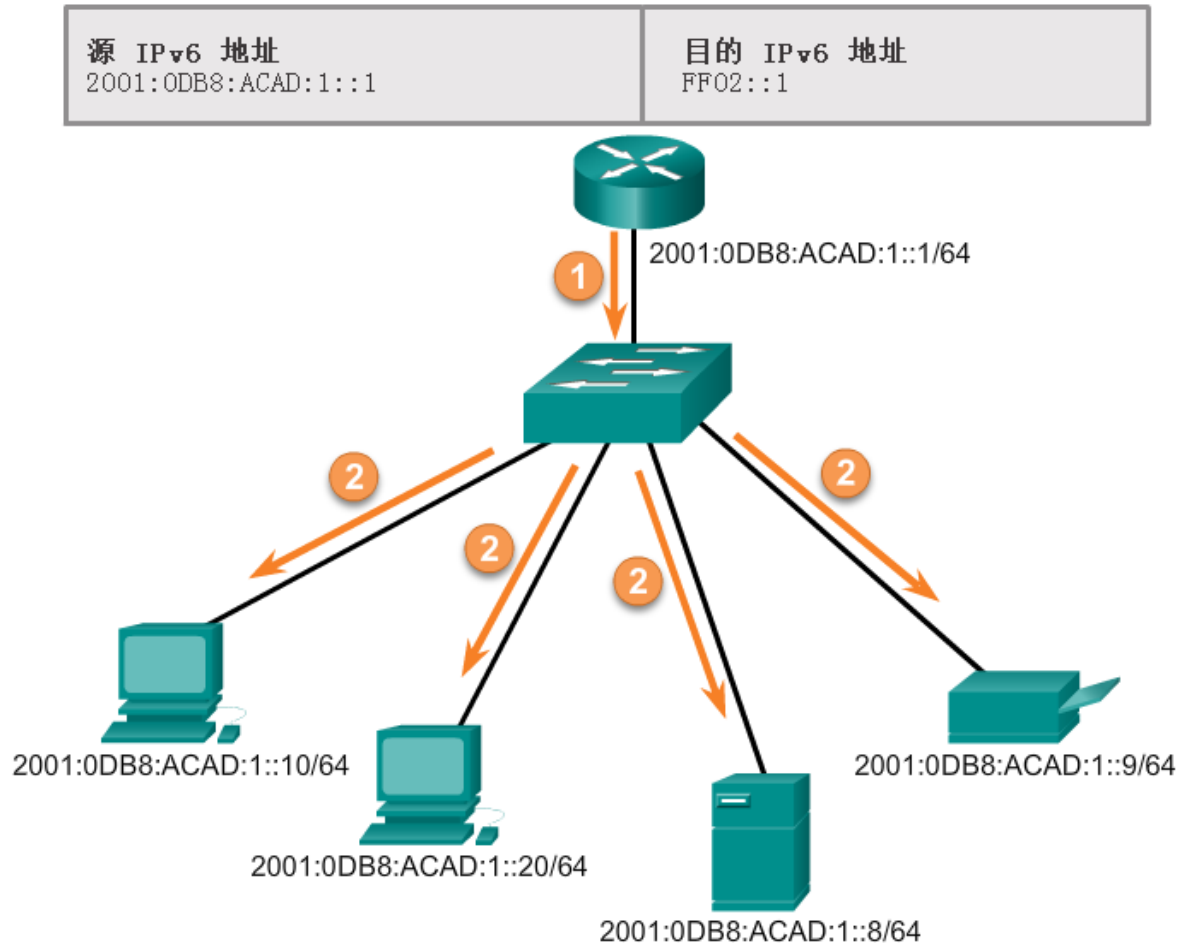
# 分配的 IPv6 组播地址

两种常见的 IPv6 分配组播组包括：

- **FF02::1 所有节点组播组** –
  - 所有支持 IPv6 的设备都加入
  - 与 IPv4 广播地址效果相同
- **FF02::2 所有路由器组播组** –
  - 所有 IPv6 路由器都加入
  - 当路由器使用 **the ipv6 unicast-routing** 全局配置命令作为 IPv6 路由器启用时，就会成为本组成员
  - 发送到该组的数据包将由链路或网络上的所有 IPv6 路由器接收并处理。

# IPv6 组播地址 分配的 IPv6 组播地址

IPv6 所有节点组播通信







## IPv6 组播地址 请求节点 IPv6 组播地址

- 与所有节点组播地址类似，只匹配设备 IPv6 全局单播地址的最后 24 位



IPv6 全局单播地址: 2001:0DB8:ACAD:0001:0000:0000:0000:0010

IPv6 请求节点组播地址: FF02::0:FF00:0010

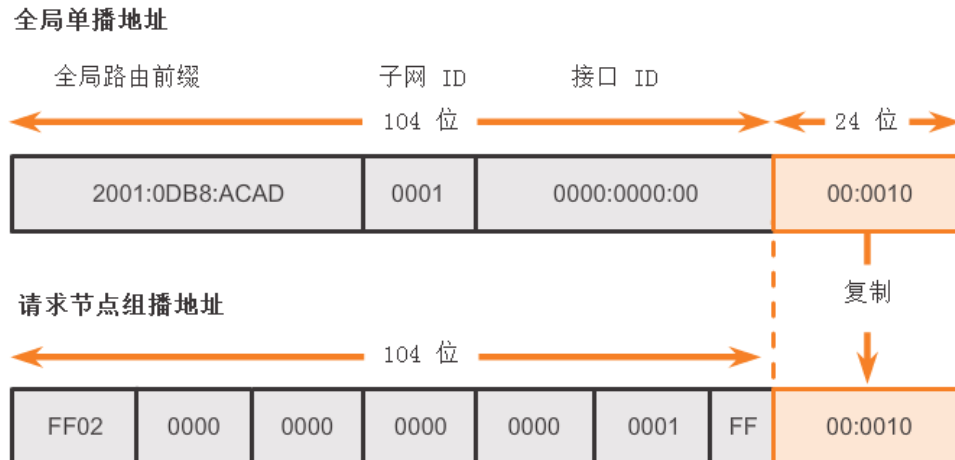
- 在分配全局单播或本地链路单播地址时自动创建
- 通过特殊的 FF02:0:0:0:0:FF00::/104 前缀与其单播地址最右端 24 位的组合而创建



# IPv6 组播地址

## 请求节点 IPv6 组播地址

- 请求节点组播地址由两部分组成：
- FF02:0:0:0:0:FF00::/104 组播前缀** - 所有请求节点组播地址的前 104 位
- 最低有效的 24 位** – 从设备的全局单播或本地链路单播地址最右端的 24 位复制得到



IPv6 全局单播地址: 2001:0DB8:ACAD:0001:0000:0000:0000:0010

IPv6 请求节点组播地址: FF02::0:FF00:0010



## 8.3 连接验证



## ICMP

# ICMPv4 和 ICMPv6 消息

- ICMPv4 和 ICMPv6 通用的 ICMP 消息包括：
  - 主机确认
  - 目标或服务不可达
  - 超时
  - 路由重定向
- 虽然 IP 并不是可靠协议，但 TCP/IP 协议簇确实可以在出现某些错误时使用 ICMP 服务发送消息



## ICMP

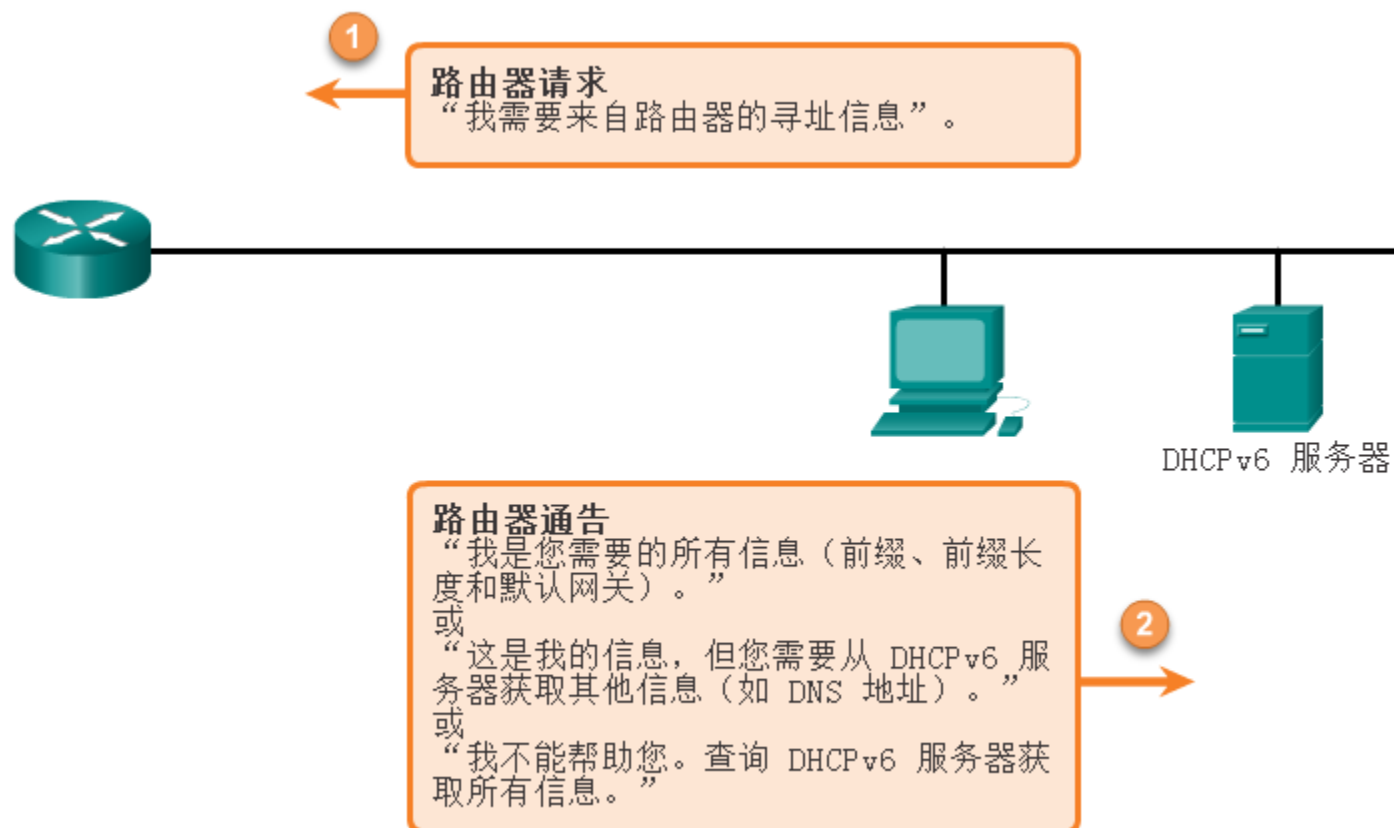
# ICMPv6 路由器请求和路由器通告消息

- ICMPv6 在邻居发现协议（ND 或 NDP）中包括四个新协议：
  - 路由器请求消息
  - 路由器通告消息
  - 邻居请求消息
  - 邻居通告消息
- **路由器请求和路由器通告消息：** 在主机与路由器之间之间发送
- **路由器请求 (RS) 消息：** RS 消息作为 IPv6 所有路由器组播消息发送
- **路由器通告 (RA) 消息：** RA 消息由路由器发送以提供编址信息



## ICMP

## ICMPv6 路由器请求和路由器通告消息





## ICMP

# ICMPv6 邻居请求和邻居通告消息

另外两种消息类型

- 邻居请求 (NS)
- 邻居通告 (NA) 消息

用于:

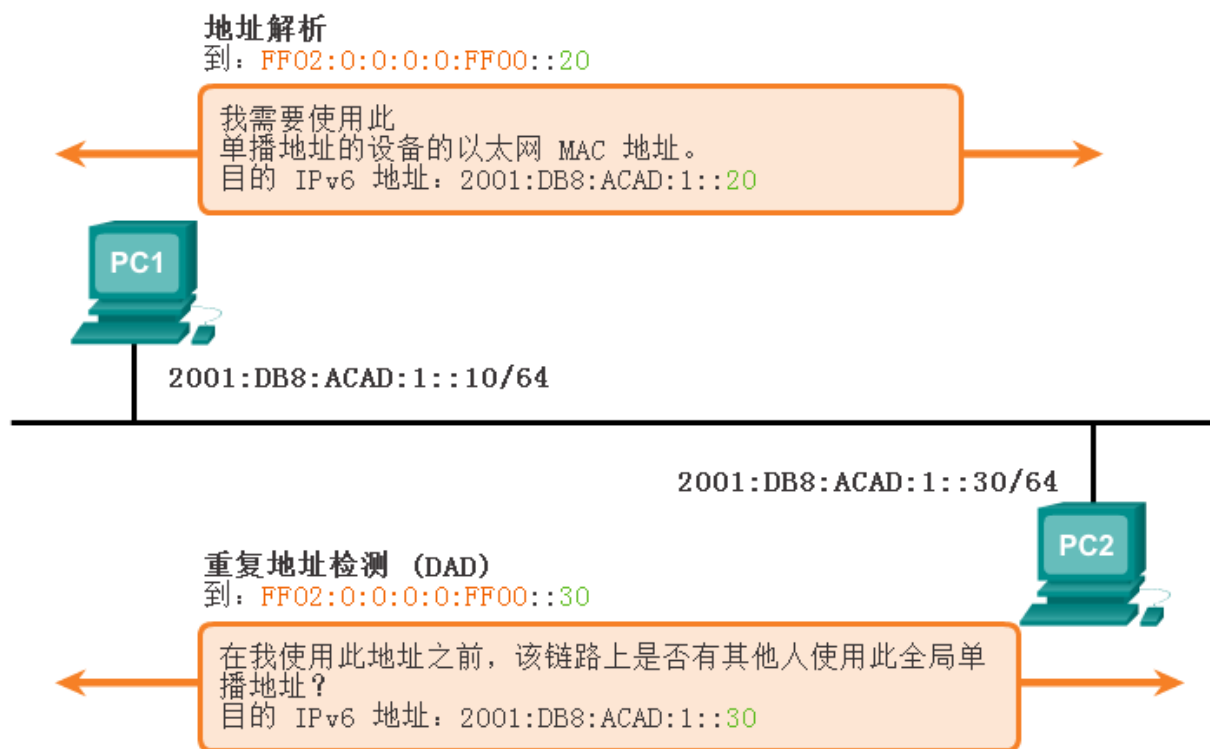
- 地址解析
  - 当 LAN 上设备知道目的设备的 IPv6 单播地址但不知道其以太网 MAC 地址时使用
- 重复地址检测 (DAD)
  - 对地址执行, 以确保其唯一性
  - 设备将使用自己的 IPv6 地址作为目的 IPv6 地址发送 NS 消息



## ICMP

# ICMPv6 邻居请求和邻居通告消息

## ICMPv6 邻居发现协议







## 测试和验证

# Ping - 测试本地协议栈

测试本地 TCP/IP 协议栈

对本地主机执行 Ping 操作可确认本地主机上已采用 TCP/IP 并且工作正常。

```
C:\>ping 127.0.0.1
```

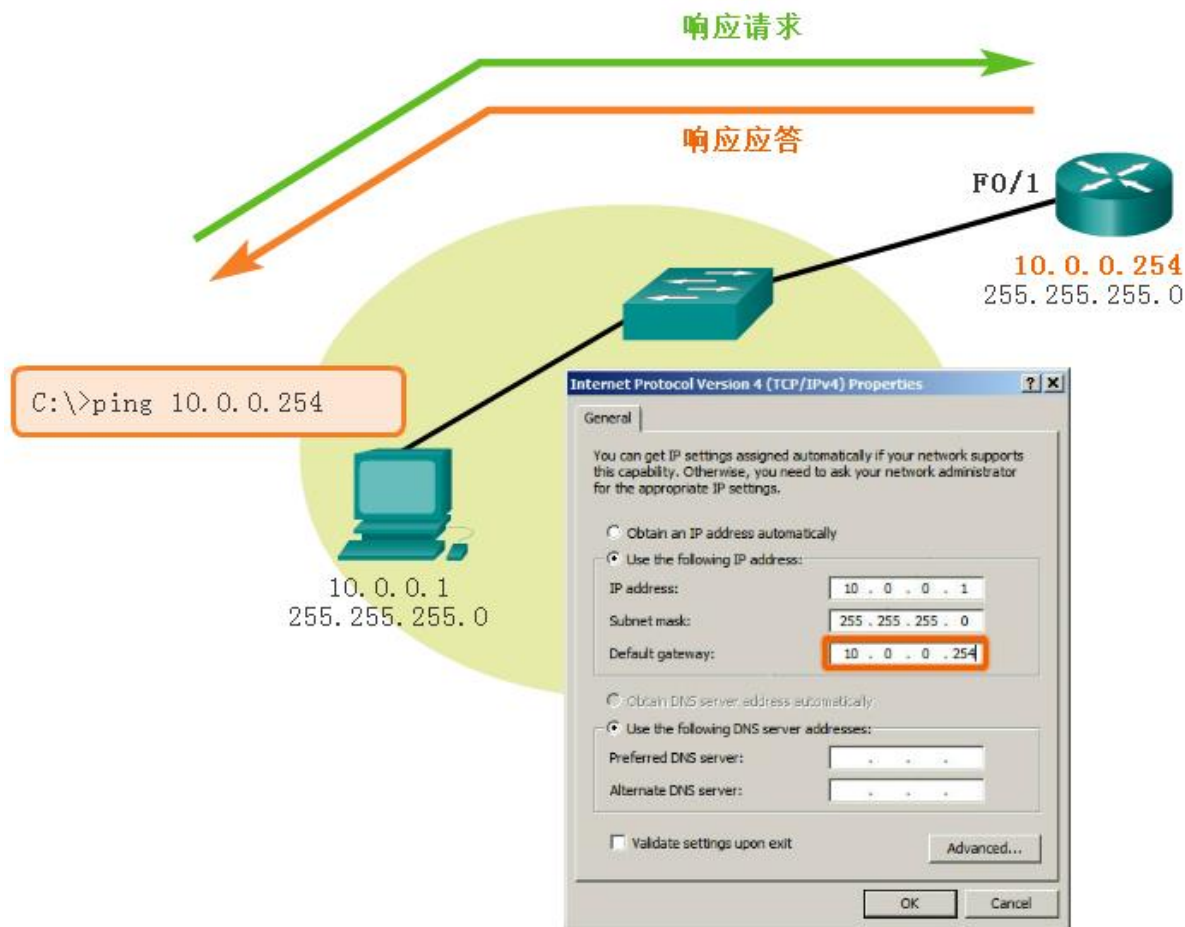
对 127.0.0.1 执行 ping 操作使得设备对其自身执行 ping 操作。



## 测试和验证

# Ping - 测试与本地 LAN 的连接

测试到本地网络的 IPv4 连接

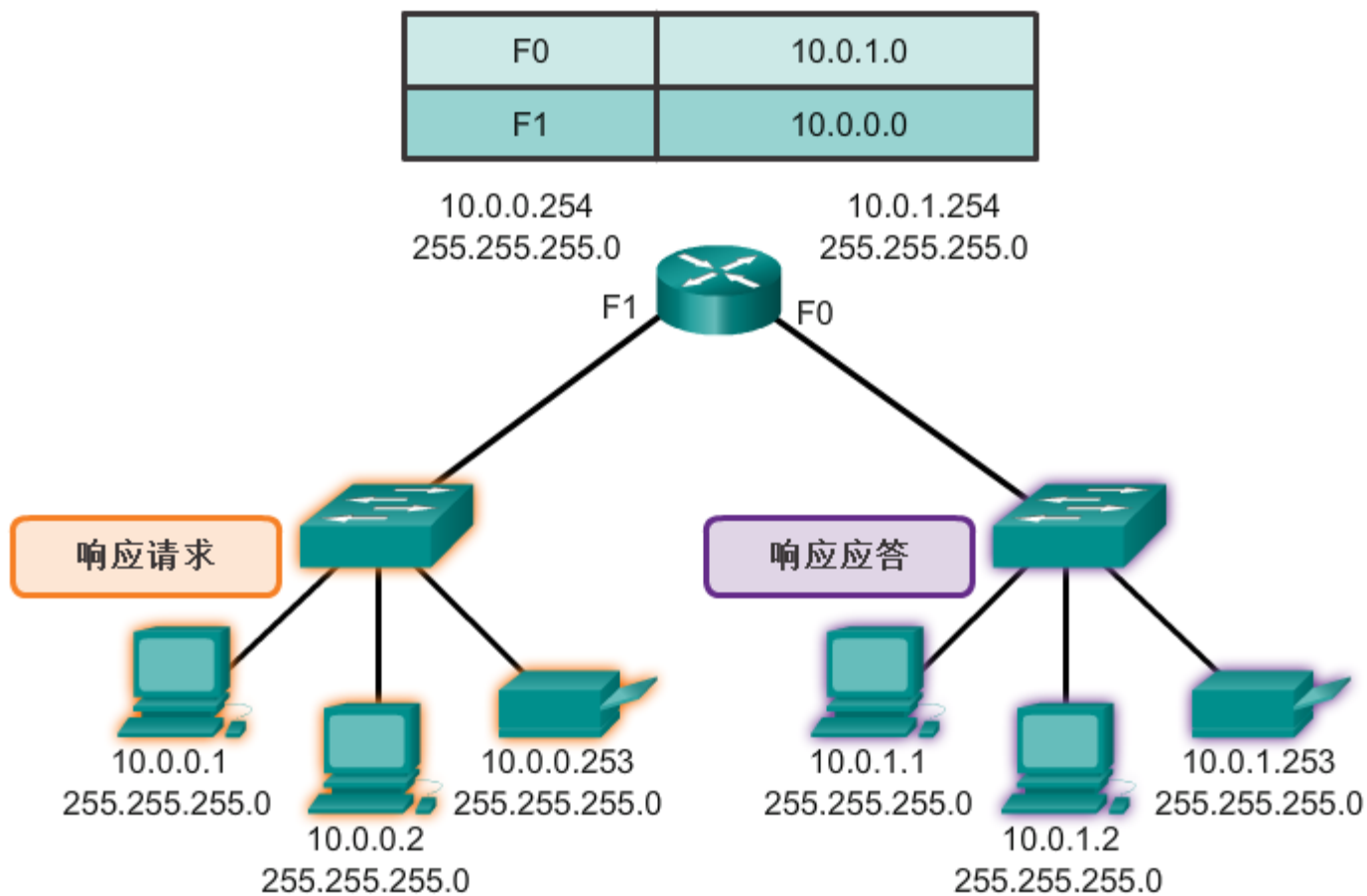




## 测试和验证

# Ping - 测试到远程站点的连接

测试到远程 LAN 的连接  
对远程主机执行 ping 操作





## 测试和验证

# Traceroute – 测试路径

### Traceroute (tracert)

- 会生成路径沿途成功到达的每一跳的列表
- 提供重要的验证和故障排除信息
- 如果数据到达目的主机，跟踪就会列出主机之间的路径中每台路由器的接口
- 如果数据无法到达沿途的某一跳，则对跟踪做出响应的最后一台路由器的地址可以表明发现问题或安全限制的地方
- 提供路径沿途每一跳的往返时间并指示是否某一跳未响应



## IP 编址 总结

- IP 地址是分层地址，包含网络部分、子网部分和主机部分。IP 地址可以表示一个完整的网络、一台特定主机或者该网络的广播地址。
- 子网掩码或前缀用于确定 IP 地址的网络部分。IP 网络实施后需要经过测试，确保其连通性和工作性能。
- DHCP 可以自动分配 IP 地址、子网掩码、默认网关等编址信息和其他配置信息。



## IP 编址 总结

- IPv4 主机可以采用以下三种方式之一进行通信：单播、广播和组播。
- 专用 IPv4 地址块包括：10.0.0.0/8、172.16.0.0/12 和 192.168.0.0/16。
- IPv4 地址空间耗尽的问题是迁移到 IPv6 的主要诱因。每个 IPv6 地址有 128 位，而 IPv4 地址只有 32 位。前缀长度用于表示 IPv6 地址的网络部分，通常采用以下格式：IPv6 地址/前缀长度。



## IP 编址 总结

- IPv6 地址分为三种类型：单播、组播和任播。
- IPv6 本地链路地址允许设备与同一链路上支持 IPv6 的其他设备通信，并且只能在该链路（子网）上通信。具有源或目标本地链路地址的数据包不能在数据包的源链路之外进行路由。IPv6 本地链路地址属于 FE80::/10 范围。
- ICMP 可用于 IPv4 和 IPv6。

