

网络专业校企合作开发项目式教学系列教材

企业级网络 构建技术实训教程



邵长文◎主 编

李振松 史建政◎副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

内 容 简 介

本书是网络专业校企合作开发项目式教学系列教材。本书基于“项目导向、任务驱动”的项目化教学方式编写而成,体现“基于工作过程”,“教、学、做”一体化的教学理念。

本书从实际应用出发,为培养学生的实际动手能力,分为交换部分和路由部分,共计26个实训项目。从交换机端口操作到VLAN间路由,以至生成树原理分析;从OSPF路由技术到BGP路由技术,以至较高级策略路由和路由策略技术;旨在通过实训项目的安排,使学生能够将课堂中学习到的知识技术在实训中得到训证、加深对相关知识点的理解和技术掌握。本书结合教材中的与实训相关章节内容的学习,提前做好实训预习,做到实训前明确实训目标、掌握实训的基本内容及操作方法;在实训中正确使用实训环境,认真观察实训结果;实训后针对实训目标,认真思考总结,梳理成功与不足,写出实训报告,将知识、技术和能力融会贯通,从而做到学以致用。

本书既可以作为高职院校计算机应用专业和网络技术专业理论与实践一体化教材使用,也可供相关领域的工程技术人员学习、参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

企业级网络构建技术实训教程 / 邵长文主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.7

网络专业校企合作开发项目式教学系列教材

ISBN 978-7-121-23029-5

I. ①企… II. ①邵… III. ①企业—计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393.18

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第080414号

策划编辑: 王羽佳

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 11.25 字数: 288千字

版 次: 2014年7月第1版

印 次: 2014年7月第1次印刷

定 价: 35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

企业级网络构建技术实训教程为适应计算机网络技术专业技能培养的要求,根据实际工作过程所需的知识和技能抽象出若干个实训教学项目,形成了高职计算机网络技术专业学生量身定做的网络工程实训教材。本书从职业的岗位分析入手开展教学内容,强化学生技能训练,在训练过程中巩固所学的知识。

该教材有如下特色:

体现“项目导向、任务驱动”的教学特点。

从实际应用出发,从工作过程出发,从项目出发,采用“项目导向、任务驱动”的方式,通过“项目提出”、“项目分析”、“项目实施”三部曲展开教学。在教学设计上,以工作过程为参照系来组织和讲解知识,培养学生的职业技能和职业素养。

体现“教、学、做”一体化的教学理念。

以学到实际技能、提高职业能力为出发点,以“做”为中心,教和学都围绕着做,在学中做,在做中学,从而完成知识学习,技能训练和提高职业素养的目标。

本书体例采用项目案例形式。

全书设有 26 个项目案例,教学内容安排由易到难、由简单到复杂,循序渐进。学生能够通过项目学习,完成相关知识的学习和技能的训练。

项目案例的内容体现典型性、实用性、趣味性和可操作性。

本书力求体现教材的典型性、实用性、趣味性和可操作性。根据职业教育的特点,针对中小型网络实际应用,编写 Linux 网络操作系统课程的实用型教材。减少枯燥难懂的理论,重点对网络服务的搭建、配置与管理进行全面细致的讲解,理论联系实际多一些,突出工程实践案例的实训。

符合高职学生认知规律,有助于实现有效教学。

本书打破传统的学科体系结构,将各知识点与操作技能恰当地融入各个项目中,突出现代职业教育的职业性和实践性,强化实践,培养学生实践动手能力,适应高职学生的学习特点,在教学过程中注意情感交流,因材施教,调动学生的学习积极性,提高教学效果。

本书是廊坊职业技术学院教师与企业工程师共同策划编写的一本工学结合教材。

本书由邵长文主编,李振松、史建政担任副主编,其中项目一~项目十六由邵长文编写,项目十七~项目二十由史建政编写,项目二十一和项目二十二由李振松编写,项目二十三和项目二十四由刘学普编写,项目二十五和项目二十六由白树成编写。全书由邵长文统稿。在本书的编写过程中,张昕教授提出了许多宝贵意见,电子工业出版社的王羽佳编辑为本书的出版做了大量工作。在此一并表示感谢!

由于计算机网络技术的迅猛发展和作者的水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 7 月

目 录

第一篇 交换部分

项目一	MAC 地址表与地址端口绑定	1
项目二	端口配置	6
项目三	端口镜像	16
项目四	端口汇聚	24
项目五	VLAN 级联静态配置	30
项目六	VLAN 级联动态配置	34
项目七	VLAN 的 Hybrid 端口配置	48
项目八	VLAN 间静态路由配置	53
项目九	VLAN 间 RIP 协议配置	58
项目十	高级 STP 配置	64

第二篇 路由部分

项目十一	OSPF 基本配置	78
项目十二	DR 的选举过程	88
项目十三	虚链路、路由聚合和路由引入	93
项目十四	OSPF 的默认路由	104
项目十五	配置 OSPF 的 Stub 区域	110
项目十六	配置 OSPF 的 NSSA 区域	114
项目十七	BGP 的基本配置	118
项目十八	BGP 的路由聚合	121
项目十九	BGP LOCAL-PREF 与 MED 属性的应用	129
项目二十	BGP 路由反射	136
项目二十一	基于 AS_PATH 的路由策略	139
项目二十二	基于 Community 属性的路由策略	145
项目二十三	引入其他路由协议	149
项目二十四	OSPF 路由协议过滤接收的路由信息	154
项目二十五	RIP 过滤发布路由信息	159
项目二十六	VRRP 协议	164
实训报告的基本内容及要求		172

第一篇 交换部分

项目一 MAC 地址表与地址端口绑定

1.1 项目提出

小王在某公司上班，发现员工随意更改计算机连接端口，或者拿未记录的设备连接公司网络，为了确保内网安全，想把所有员工的计算机和相应的端口进行一一对应，确保公司内网安全，他应该怎么办？

1.2 项目分析

1. 项目实训目的

- 掌握 E126 交换机中的 MAC 地址表的查看方法，了解 MAC 地址表中各表项的意义；
- 了解 MAC 地址的学习和老化过程；
- 了解 MAC 地址表的维护和管理方法：如何添加和删除表项；
- 掌握地址端口绑定的基本方法。

2. 项目实现功能

实现 MAC 地址与交换机端口绑定。

3. 项目主要应用的技术介绍

MAC 地址与交换机端口绑定其实就是交换机端口的安全功能。端口安全功能能让您配置一个端口只允许一台或者几台确定的设备访问那个交换机；能根据 MAC 地址确定允许访问的设备；允许访问的设备的 MAC 地址既可以手工配置，也可以从交换机“学到”；当一个未批准的 MAC 地址试图访问端口的时候，交换机会挂起或者禁用该端口等。

4. 首先必须明白两个概念

静态可靠的 MAC 地址：在交换机接口模式下手动配置，这个配置会被保存在交换机 MAC 地址表和运行配置文件中，交换机重新启动后不丢失（当然是在保存配置完成后）。

动态可靠的 MAC 地址：这种类型是交换机默认的类型。在这种类型下，交换机会动态学习 MAC 地址，但是这个配置只会保存在 MAC 地址表中，不会保存在运行配置文件中，并且交换机重新启动后，这些 MAC 地址表中的 MAC 地址自动会被清除。

1.3 项目实施

1. 项目拓扑图

MAC 地址表与地址端口绑定如图 1-1 所示。

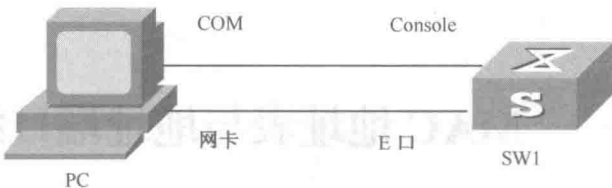


图 1-1 MAC 地址表与地址端口绑定

2. 项目实训环境准备

E126 (1 台)、计算机 (1 台)。

为了不受原来的配置影响，在实训之前先将所有的配置数据擦除后重新启动，命令为：

```
<h3c>Reset saved-configuration
<h3c>reboot
```

3. 项目主要实训步骤

(1) 查看 MAC 地址表。

使用 display mac-address 命令，可以查看连接在交换机上的 PC1 的 MAC 地址：

```
[sw1]display mac-address
MAC ADDR      VLAN ID      STATE      PORT INDEX      AGING TIME(s)
001e-9001-89b1    1      Learned      Ethernet1/0/4      AGING
--- 1 mac address(es) found ---
```

MAC ADDR：表示 Ethernet1/0/4 所连接的 PC1 的 MAC 地址。

VLAN ID：表示这个端口所在的 VLAN。

STATE：表示这个 MAC 地址表项的属性，Learned 表示 MAC 地址为动态学习的。

PORT INDEX：这是物理端口号。

AGING TIME(s)：表示该表项的老化时间，这个表项还会被保存多长时间（以秒为单位）。

交换机中正是由于 MAC 地址表的存在，才使得交换机可以根据数据包的 MAC 地址查出端口号，来实现基于二层的快速转发。

当一台 PC 被连接到交换机的端口，交换机会从该端口动态学习到 PC 的 MAC 地址，并将其添加到 MAC 地址表中。同时，可以在交换机的 ARP 表中看到这台 PC 的 IP 和 MAC。

(2) 查看 ARP 表。

①首先，先断开 PC1 和 SW1 的网线，设置 Vlan 1 的 IP 地址，192.168.1.200/24，如果没有配置，查看不到 ARP 表的信息。

```
[sw1]interface Vlan-interface 1
[sw1-Vlan-interface1]ip address 192.168.1.200 24
[sw1-Vlan-interface1]quit
```

②使用 `debugging arp packet` 和 `terminal debugging` 命令打开 ARP 的学习过程。然后连接 PC1 到 SW1 上, 可以看到很多交换的信息包, 从中可以观察学习 MAC 得知的过程。

```
<sw1>debugging arp packet
<sw1>terminal debugging
% Current terminal debugging is on
*0.26286199 sw1 ARP/8/arp_rcv:- 1 -Receive an ARP Packet, operation : 1,
sender_0-0000-0000,
target_ip_addr : 192.168.1.129
*0.26286435 sw1 ARP/8/arp_status_change:- 1 -ARP Item Status Change :
eth_addr : 001e-9001-89b1,
ip_addr : 192.168.1.129,
INITIALIZE -> NO_AGE
```

使用 `undo terminal debugging` 可以关闭调试。

```
<sw1>undo terminal debugging
% Current terminal debugging is off
```

使用 `display arp` 命令可以查看交换机的 ARP 表的内容。从下表可以看到, PC1 的 IP 和 MAC 地址等信息:

```
<sw1>display arp
Type: S-Static   D-Dynamic
IP Address      MAC Address  VLAN ID  Port Name / AL ID  Aging  Type
192.168.1.129   001e-9001-89b1  1        Ethernet1/0/4      18     D
--- 1 entry found ---
```

以上显示 PC1 的 IP 地址, MAC 地址, 端口所属 VLAN, 对应端口, 老化时间, 表项类型。其中表中的 TPYE 有两种: 一种是 D-Dynamic, 表示动态学习的; 另一种是 S-Static, 表示静态配置的。而表中老化时间 AGING 表示这个表项还会被保存多长时间。系统默认的老化时间是 300 秒。可以通过下列命令来查看 MAC 地址的老化时间:

```
<sw1>display mac-address aging-time
Mac address aging time: 300s
```

同时还可以在系统视图下通过 `mac-address timer aging` 命令来修改系统的老化时间。默认情况下, 学习到的地址表项在老化时间结束后会被删除。当断开 PC 与交换机的物理连接时, 这个动态表项会立即删除 (不管老化时间是否已经到了)。

```
[sw1]mac-address timer aging ?
INTEGER<10-1000000> Global aging time (second)
[sw1]mac-address timer aging 200           //设置老化时间为 200 秒
```

(3) MAC 地址表的维护和管理。

交换机除了可以动态从端口动态学习到 MAC 地址之外, 还可以通过命令手动添加和删除静态表项, 来实现对 MAC 地址表的维护和控制。在 E126 交换机中, 对于同一个 MAC 地址只能有一个表项, 因此在配置静态表项之前, 必须把相应的动态表项释放掉, 然后再进行如下配置:

```
[sw1]mac-address static 001e-9001-89b1 interface Ethernet 1/0/4 vlan 1
```

```
[sw1]display mac-address
```

MAC ADDR	VLAN ID	STATE	PORT INDEX	AGING TIME(s)
001e-9001-89b1	1	Config static	Ethernet1/0/4	NOAGED

从上面的 MAC 地址表中可以看出, STATE 字段是 Config static, 表示是手动添加的静态表项, AGING TIME(s)为 NOAGED, 表示没有老化时间。只要交换机没有重启丢失配置, 该表项就会一直存在。

可以用“undo”命令删除配置的静态表项, 配置如下:

```
[sw1]undo mac-address static 001e-9001-89b1 interface Ethernet 1/0/4 vlan 1
```

```
[sw1]dis mac-address
```

```
No MAC addresses found.
```

除了可以配置静态表项之外, 还可以手动配置动态表项, 配置命令如下:

```
[sw1]mac-address dynamic 001e-9001-89b1 interface Ethernet1/0/4 vlan 1
```

```
[sw1]display mac-address
```

MAC ADDR	VLAN ID	STATE	PORT INDEX	AGING TIME(s)
001e-9001-89b1	1	Config dynamic	Ethernet1/0/4	AGING

请注意: 这里的 STATE 是 Config dynamic 表示是手动添加的动态表项。手动添加的动态表项和自动学习的动态表项一样有老化时间。同样也可以用“undo”命令来删除动态表项:

```
[sw1]undo mac-address dynamic 001e-9001-89b1 interface Ethernet1/0/4 vlan 1
```

```
[sw1]display mac-address
```

```
No MAC addresses found.
```

在交换机的接口配置视图下, 可以用“mac-address max-mac-count”命令来配置端口可以学习的最大 MAC 地址数, 配置如下:

```
[sw1-Ethernet1/0/4]mac-address max-mac-count 600 // E1/0/4 最多能学 600 个 MAC
```

默认情况, 端口最多可以学习 4096 个 MAC。

(4) 地址端口绑定。

在交换机上, 有两种方法可以实现地址端口绑定。在做实训之前, 请将另外一台 PC2 连接到交换机上, 端口是 E1/0/2, IP 是 192.168.1.130/24。

为了把 PC1 和端口 E1/0/4 捆绑起来, 首先配置一个静态 MAC 地址表项与 PC1 的 MAC 地址和 E1/0/4 对应, 这样即使将 PC1 接到其他端口, 由于静态配置优先于动态学习, 同一个 MAC 地址只能有一个表项的原则, PC1 的 MAC 地址不能被其他端口学习到, 也就是说 PC1 不能连接在其他端口上, 否则不能通信。

```
[H3C]dis mac-ad
```

MAC ADDR	VLAN ID	STATE	PORT INDEX	AGING TIME(s)
001e-9004-0216	1	Learned	Ethernet1/0/2	AGING
001e-9001-89b1	1	Learned	Ethernet1/0/4	AGING

```
[H3C]mac-address static 001e-9001-89b1 interface Ethernet 1/0/4 vlan 1
```

```
[H3C]dis mac-ad
```

MAC ADDR	VLAN ID	STATE	PORT INDEX	AGING TIME(s)
----------	---------	-------	------------	---------------

001e-9004-0216	1	Learned	Ethernet1/0/2	AGING
001e-9001-89b1	1	Config static	Ethernet1/0/4	NOAGED

然后在 PC2 上 ping PC1，看是否能通：

```
C:\>ping 192.168.1.129
Pinging 192.168.1.129 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.129: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.129: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.129: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.129: bytes=32 time<1ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.1.129:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

接下来，将 PC1 连接到 E1/0/6，再次在 PC2 上 ping PC1，查看结果：

```
C:\>ping 192.168.1.129
Pinging 192.168.1.129 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Ping statistics for 192.168.1.129:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

这时 E1/0/4 还有可能学习到其他的 MAC 地址，也就是说 E1/0/4 还可以连接其他的主机，为了让 E1/0/4 只能连接 PC1，需要在 E1/0/4 没有学习到其他 MAC 地址的时候，禁止这个端口进行地址学习。配置命令如下：

```
[H3C]int Ethernet 1/0/4
[H3C-Ethernet1/0/4]mac-address max-mac-count 0
```

这样 E1/0/4 就不会再学习其他地址。我们可以另外连接一台 PC3 到 E1/0/4 上来进行验证。请同学们考虑为什么要禁止学习，为什么一个端口没禁用之前还能学习其他地址？

1.4 项目总结与提高

- (1) 写出主要项目实施规划、步骤与实训所得的主要结论。
- (2) 搜索有关地址绑定，查看能否做到其他绑定功能，比如：PORT+IP、PORT+IP+MAC、IP+MAC 等。

项目二 端口配置

2.1 项目提出

小王在某公司上班，发现有的计算机连接速度是 100Mbps，有的计算机是 10Mbps，这让他很困惑，这是怎么回事，他应该怎么办？

2.2 项目分析

1. 项目实训目的

理解并测试端口速率、工作方式自协商功能。

2. 项目实现功能

学会查看端口工作状态，理解端口速率、工作方式等功能。

3. 项目主要应用的技术介绍

(1) 交换机端口基础。

随着网络技术的不断发展，需要网络互联处理的事务越来越多，为了适应网络需求，以太网技术也完成了一代又一代的技术更新。为了兼容不同的网络标准，端口技术变得尤为重要。端口技术主要包含了端口自协商、网络智能识别、流量控制、端口聚合以及端口镜像等技术，它们很好地解决了各种以太网标准互连互通存在的问题。以太网主要有以下标准：标准以太网、快速以太网和千兆以太网等。它们分别有不同的端口速度和工作模式。

(2) 端口速率自协商。

标准以太网其端口速率为固定 10M。快速以太网支持的端口速率有 10M、100M 和自适应三种方式。千兆以太网支持的端口速率有 10M、100M、1000M 和自适应方式。以太网交换机支持端口速率的手工配置和自适应。默认情况下，所有端口都是自适应工作方式，通过相互交换自协商报文进行匹配。

当链路两端一端为自协商，另一端为固定速率时，我们建议修改两端的端口速率，保持端口速率一致。

如果两端都以固定的速率工作，而工作速率不一致时，很容易出现通信故障，这种现象应该尽量避免。

(3) 端口工作模式。

交换机端口有半双工和全双工两种端口模式。目前交换机可以手工配置，也可以自动协商来决定端口究竟工作在何种模式。

(4) 端口的接口类型。

目前以太网接口有 MDI 和 MDIX 两种类型。MDI 称为介质相关接口，MDIX 称为介质非相关接口。我们常见的以太网交换机所提供的端口都属于 MDIX 接口，而路由器和 PC 提供

的都属于 MDI 接口。有的交换机同时支持上述两种接口，我们可以强制制定交换机端口的接口类型，其配置命令如下：

```
[h3c-Ethernet0/1] mdi {normal| cross| auto}
```

Normal：表示端口为 MDIX 接口

Cross：表示端口为 MDI 接口

Auto：表示端口工作在自协商模式

(5) 流量控制。

由于标准以太网、快速以太网和千兆以太网混合组网，在某些网络接口不可避免会出现流量过大的现象而产生端口阻塞。为了减轻和避免端口阻塞的产生，标准协议专门规定了解决这一问题的流量控制技术。在交换机中所有端口缺省情况下都禁用了流量控制功能。开启/关闭流量控制功能的配置命令如下：

```
[h3c-Ethernet0/1]flow-control
```

```
[h3c-Ethernet0/1]undo flow-control
```

2.3 项目实施

1. 项目拓扑图

端口配置如图 2-1 所示。

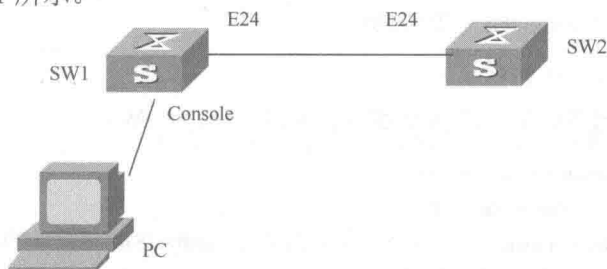


图 2-1 端口配置

2. 项目实训环境准备

E126 (2 台)、计算机 (1 台)。

为了不受原来的配置影响，在实训之前先将所有的配置数据擦除后重新启动，命令为：

```
<h3c>Reset saved-configuration
```

```
<h3c>reboot
```

3. 项目主要实训步骤

按照拓扑图连接所有设备。检查设备的软件版本及配置信息，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户视图下擦除设备中的配置文件 (reset saved-configuration)，然后重启设备 (reboot) 以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

(1) 初始配置。

为了测试两台交换机的连通性，首先给每台交换机配置一个 3 层接口，并分配 IP 地址 192.168.1.1/24 和 192.168.1.2/24。然后通过 PING 命令测试互通性。

SW1 的配置：

```
[H3C]sys sw1
[sw1]int Vlan-interface 1
[sw1-Vlan-interface1]ip add 192.168.1.1 24
```

SW2 的配置:

```
[H3C]sys sw2
[sw2]int v 1
[sw2-Vlan-interface1]ip add 192.168.1.2 24
```

配置完成后, 在 SW1 上 ping SW2, 检查互通性:

```
[sw1]ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=671 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=302 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=319 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=305 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=314 ms
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 302/382/671 ms
```

(2) 端口速率的自适应特性。

用命令可以查看到当前端口的速率状况, 如下所示为 SW1 的 E1/0/24 的速率状况:

```
[sw1]display interface Ethernet 1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : UP
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e25c-40f6
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
100Mbps-speed mode, full-duplex mode
Link speed type is autonegotiation, link duplex type is autonegotiation
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 1536
Broadcast MAX-ratio: 100%
PVID: 1
Mdi type: normal
Port link-type: access
  Tagged   VLAN ID : none
  Untagged VLAN ID : 1
```

上面输出部分指出了此端口工作于速率自动协商方式下, 协商速率为 100Mbps。因为 SW1 和 SW2 的 E1/0/24 都是 100M/10M 自适应端口。默认情况下它们都工作于速率自协商方式下, 所以结果是它们支持的最高速率: 100Mbps。

可以用命令改变端口速率工作方式, 例如改变 SW1 的端口速率为 10Mbps:

```
[sw1]int e1/0/24
```

```
[sw1-Ethernet1/0/24]speed 10
[sw1-Ethernet1/0/24]
#Apr  2 00:35:10:315 2000 sw1 L2INF/2/PORT LINK STATUS CHANGE:- 1 - Trap 1.3.6.1.6.3.1.1.5.3:
portIndex is 4227810, ifAdminStatus is 1, ifOperStatus is 2
%Apr  2 00:35:10:492 2000 sw1 L2INF/5/PORT LINK STATUS CHANGE:- 1 - Ethernet1/0/24: is
DOWN
[sw1-Ethernet1/0/24]
#Apr  2 00:35:13:013 2000 sw1 L2INF/2/PORT LINK STATUS CHANGE:- 1 - Trap 1.3.6.1.6.3.1.1.5.4:
portIndex is 4227810, ifAdminStatus is 1, ifOperStatus is 1
%Apr  2 00:35:13:192 2000 sw1 L2INF/5/PORT LINK STATUS CHANGE:- 1 - Ethernet1/0/24: is UP
```

执行完这条命令后，测试 SW1 和 SW2 的连通性：

```
[sw1]ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2: 56  data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=624 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=321 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=313 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=303 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=324 ms
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 303/377/624 ms
```

在 SW1 上，display interface Ethernet 1/0/24 如下所示，24 口端口速率是 10Mbps，类型是 force link。

```
[sw1]display interface Ethernet 1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : UP
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e25c-40f6
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
10Mbps-speed mode, full-duplex mode
Link speed type is force link, link duplex type is autonegotiation
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 1536
Broadcast MAX-ratio: 100%
PVID: 1
Mdi type: normal
Port link-type: access
Tagged VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1
```

在 SW2 上，display interface Ethernet 1/0/24 如下所示，24 口端口速率是 10Mbps，类型是 autonegotiation。

```
[sw2]display interface Ethernet 1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : UP
```

```
Ethernet1/0/24 current state : UP
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
10Mbps-speed mode, full-duplex mode
Link speed type is autonegotiation, link duplex type is autonegotiation
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 9216
Broadcast MAX-ratio: 100%
Unicast MAX-ratio: 100%
Multicast MAX-ratio: 100%
Allow jumbo frame to pass
PVID: 1
Mdi type: auto
Port link-type: access
Tagged   VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1
```

也就是说, 现在 SW1 和 SW2 工作在 10Mbps 速率下, 如果我们强制 SW2 的端口速率为 100Mbps, 结果会如何?

```
[sw2]int e1/0/24
[sw2-Ethernet1/0/24]speed 100
```

SW2 ping SW1 结果如下:

```
[sw2-Ethernet1/0/24]ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Request time out
Request time out
Request time out
Request time out
Request time out
--- 192.168.1.1 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
0 packet(s) received
100.00% packet loss
```

```
[sw2-Ethernet1/0/24]dis int e1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : DOWN
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
100Mbps-speed mode, unknown-duplex mode
Link speed type is force link, link duplex type is autonegotiation
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 9216
Broadcast MAX-ratio: 100%
Unicast MAX-ratio: 100%
Multicast MAX-ratio: 100%
Allow jumbo frame to pass
```

```
PVID: 1
Mdi type: auto
Port link-type: access
Tagged VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1
```

如上显示, SW2 的 24 口是 DOWN 的, 也就是说当两台交换机的两个端口工作于不一样的速率下, 端口是 DOWN 的。这个现象在实际网络故障中是比较常见的, 请一定注意。

进入下一步骤前, 先恢复交换机的端口状态, 接口视图下用 `undo speed` 命令:

```
[sw1-Ethernet1/0/24]undo speed
[sw2-Ethernet1/0/24]undo speed
```

并使用 `ping` 命令测试连通性。

```
[sw1]ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=663 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=320 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=332 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=323 ms
  Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=318 ms
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 318/391/663 ms
```

(3) 端口工作方式的自适应特性。

现在来测试交换机的工作方式, 它和速率协商特性类似。交换机的端口工作方式可以是自动协商模式、全双工模式和半双工模式, 默认是自动协商模式。

先查看 SW1 的 24 端口工作方式:

```
[sw1]display interface Ethernet 1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : UP
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e25c-40f6
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
100Mbps-speed mode, full-duplex mode
Link speed type is autonegotiation, link duplex type is autonegotiation
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 1536
Broadcast MAX-ratio: 100%
PVID: 1
Mdi type: normal
Port link-type: access
Tagged VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1
```

如上所示,当前工作方式自动协商模式,协商所得为全双工 full-duplex。可以用 duplex 命令配置当前接口的工作方式:

```
[sw1]int e1/0/24
[sw1-Ethernet1/0/24]duplex half
```

SW1 的 24 口状态:

```
[sw1-Ethernet1/0/24]dis int e1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : UP
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e25c-40f6
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
100Mbps-speed mode, half-duplex mode
Link speed type is autonegotiation, link duplex type is force link
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 1536
Broadcast MAX-ratio: 100%
PVID: 1
Mdi type: normal
Port link-type: access
Tagged   VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1
```

SW2 的 24 口状态:

```
Ethernet1/0/24 current state : UP
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e254-8708
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
100Mbps-speed mode, half-duplex mode
Link speed type is autonegotiation, link duplex type is autonegotiation
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 9216
Broadcast MAX-ratio: 100%
Unicast MAX-ratio: 100%
Multicast MAX-ratio: 100%
Allow jumbo frame to pass
PVID: 1
Mdi type: auto
Port link-type: access
Tagged   VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1
```

测试连通性:

```
[sw1]ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=370 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=370 ms
```

```

Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=371 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=369 ms
Reply from 192.168.1.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=359 ms
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
 5 packet(s) transmitted
 5 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 359/367/371 ms

```

如上所示, SW1 上 24 口的 half-duplex mode 是手工配置的, SW2 上 24 口的 half-duplex mode 是自动协商的, 连通性正常。

如果把 SW2 的 24 口设置工作于全双工, 结果会怎样?

```

[sw2-Ethernet1/0/24]duplex full
[sw2]dis int e1/0/24
Ethernet1/0/24 current state : UP
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e254-8708
Media type is twisted pair, loopback not set
Port hardware type is 100_BASE_TX
100Mbps-speed mode, full-duplex mode
Link speed type is autonegotiation, link duplex type is force link
Flow-control is not enabled
The Maximum Frame Length is 9216
Broadcast MAX-ratio: 100%
Unicast MAX-ratio: 100%
Multicast MAX-ratio: 100%
Allow jumbo frame to pass
PVID: 1
Mdi type: auto
Port link-type: access
Tagged   VLAN ID : none
Untagged VLAN ID : 1

```

测试连通性, SW2 ping SW1:

```

[sw2]ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 192.168.1.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=757 ms
Reply from 192.168.1.1: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=373 ms
Reply from 192.168.1.1: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=374 ms
Reply from 192.168.1.1: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=366 ms
Reply from 192.168.1.1: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=370 ms
--- 192.168.1.1 ping statistics ---
 5 packet(s) transmitted
 5 packet(s) received
 0.00% packet loss
 round-trip min/avg/max = 366/448/757 ms

```