

# 目录



## 项目一 交换机基础配置

模块一 交换机的作用及其工作原理 ..... 3

    实训任务一 利用交换机实现主机间通信 ..... 3

    实训任务二 交换机的 MAC 地址表 ..... 9

模块二 VLAN 技术 ..... 14

    实训任务一 单交换机 VLAN 配置 ..... 14

    实训任务二 跨交换机 VLAN 配置 ..... 21

模块三 远程登录管理交换机 ..... 25

    实训任务一 Telnet 远程登录管理交换机配置 ..... 25

    实训任务二 Stelnet 远程登录管理交换机配置 ..... 33

## 项目二 路由器基础配置

模块一 路由器的作用及其工作原理 ..... 45

    实训任务一 利用路由器实现主机间通信 ..... 45

    实训任务二 路由器的路由表 ..... 54

模块二 静态路由和默认路由配置 ..... 59

    实训任务一 静态路由的配置 ..... 59

    实训任务二 默认路由配置 ..... 66

模块三 OSPF 动态路由协议 ..... 70

    实训任务一 单区域动态路由协议配置 ..... 70

    实训任务二 多区域动态路由配置 ..... 75



## 项目三 广域网技术

<b>模块一 广域网技术</b> .....	<b>87</b>
实训任务一 模拟搭建广域网.....	87
<b>模块二 PPP 协议</b> .....	<b>91</b>
实训任务一 PPP 协议的 PAP 认证配置 .....	91
实训任务二 PPP 协议的 CHAP 认证配置 .....	98

## 项目四 网络冗余技术

<b>模块一 生成树技术</b> .....	<b>107</b>
实训任务一 STP 配置.....	107
实训任务二 RSTP 配置 .....	114
<b>模块二 链路聚合</b> .....	<b>120</b>
实训任务一 手动模式链路聚合配置.....	120
实训任务二 LACP 模式链路聚合配置 .....	126
<b>模块三 VRRP 协议</b> .....	<b>132</b>
实训任务一 VRRP 的基本配置 .....	132
实训任务二 VRRP 的负载均衡 .....	141

## 项目五 网络安全技术

<b>模块一 访问控制列表</b> .....	<b>151</b>
实训任务一 基本 ACL 配置 .....	151
实训任务二 高级 ACL 配置 .....	160
<b>模块二 网络地址转换技术</b> .....	<b>168</b>
实训任务一 NAT 配置 .....	168
实训任务二 NAPT 配置 .....	178

**模块三 DHCP Snooping 技术 ..... 188**

实训任务一 DHCP 服务配置	188
实训任务二 DHCP Snoop 配置	202

**项目六 IPv6 技术****模块一 IPv6 局域网的组建 ..... 215**

实训任务一 IPv6 地址的配置	215
实训任务二 IPv6 报文结构	223

**模块二 IPv6 路由 ..... 228**

实训任务一 IPv6 静态路由配置	228
实训任务二 IPv6 默认路由配置	234

**项目七 无线局域网技术****模块一 家庭无线局域网组建 ..... 243**

实训任务一 家庭无线局域网环境	243
-----------------	-----

**模块二 园区无线局域网组建 ..... 249**

实训任务一 园区无线局域网配置	249
-----------------	-----

**项目八 企业网项目建设实践****模块一 项目概述 ..... 271**

任务一 项目背景	271
任务二 项目需求	271
任务三 项目规划	272

**模块二 项目实施 ..... 275**

任务一 VLAN 配置	275
-------------	-----



任务二 以太网配置.....	278
任务三 IP 业务配置 .....	281
任务四 路由配置.....	284
任务五 出口配置.....	285
任务六 SSH 服务配置 .....	286
<b>模块三 项目测试.....</b>	<b>287</b>

# 项目一

## 交换机基础配置





交换技术是随着电话通信的发展和使用而出现的通信技术。随着互联网技术的快速发展，交换技术已从传统的电路交换、报文交换、分组技术等技术发展到现在以 IP 为核心的宽带分组交换，已成为网络的核心技术之一。

随着信息化的快速推进，网络规模和网络带宽增长迅速。在局域网中，大多采用以太网技术，而交换机是以太网中最常用的一种网络设备。目前以太网的传输速率已经从最初的 10Mbps、100Mbps，提高到 1000Mbps，甚至到 10Gbps。在数据中心中，40Gbps 和 100Gbps 的以太网已经被普遍应用。

### 【知识目标】

- 了解交换机的功能及分类
- 掌握交换机的工作原理
- 掌握交换机 MAC 地址的管理操作
- 掌握远程登录交换机并管理交换机的操作

### 【技能目标】

- 能够完成运用命令查看并管理交换机 MAC 地址表的操作
- 能够完成从远程主机登录到交换机并对交换机进行管理的操作

### 【素质目标】

- 培养学生科技创新、强国有我的职业精神
- 培养学生尊重版权、保护版权的职业意识

### 【思政元素】

投我以桃，报之以李。

# 模块一 交换机的作用及其工作原理

## 实训任务一 利用交换机实现主机间通信

### 【任务目标】

- ☞ 掌握利用 eNSP 模拟器软件搭建网络拓扑的操作方法
- ☞ 掌握 eNSP 模拟器软件中主机的基础配置及测试主机间通信的命令

### 【任务准备】

- ☞ 安装 eNSP 模拟器软件
- ☞ 一台型号 S3700 的交换机，两台 PC 主机

### 【任务描述】

- ☞ 利用 eNSP 模拟器软件搭建网络拓扑图，对主机进行基础配置，并进行连通性测试。

### 【任务实施】

1. 安装 eNSP 模拟器软件。  
(1) 安装软件所需硬件配置，如表 1-1 所示。

表 1-1 硬件配置

项 目	最低配置	推荐配置	扩展配置
CPU	2	4	4+n
内存 ( GB )	2	4	4+n ( n>0 )
空闲磁盘空间 ( GB )	2	4	4
操作系统	Window 7、Windows 10	Window 7、Windows 10	Window 7、Windows 10
VirtualBox	Windows 7 VirtualBox 4.2.3 以上 Windows 10 VirtualBox 5.0 以上	Windows 7 VirtualBox 4.2.3 以上 Windows 10 VirtualBox 5.0 以上	Windows 7 VirtualBox 4.2.3 以上 Windows 10 VirtualBox 5.0 以上



续表

项 目	最 低 配 置	推 荐 配 置	扩 展 配 置
最 大 组 网 设 备 数 ( 台 )	10	24	24+10*n

本教材所使用的eNSP模拟器版本为eNSP 1.3.00 V100R003C00。软件完成安装后，单击“菜单”—“帮助”—“关于eNSP...”可以查看版本信息，查看结果如图1-1所示。



图 1-1 eNSP 版本信息

2. 启动eNSP软件搭建如图1-2所示的网络拓扑，并启动交换机和PC主机。

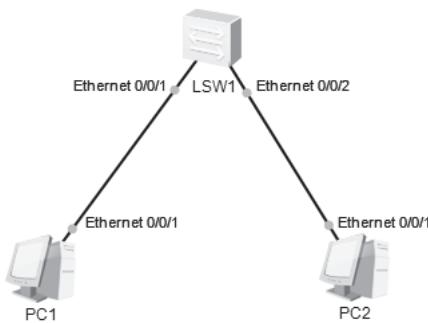


图 1-2 网络拓扑图

3. 根据IP地址规划表1-2，对两台PC主机进行基础配置。

表 1-2 IP 地址规划表

设备名	IP 地址	子网掩码	交换机接口
PC1	192.168.1.1	255.255.255.0	Ethernet 0/0/1
PC2	192.168.1.2	255.255.255.0	Ethernet 0/0/2

(1) 对 PC1 进行基础配置, 如图 1-3 所示。



图 1-3 PC1 的基础配置

(2) 对 PC2 进行基础配置, 如图 1-4 所示。



图 1-4 PC2 的基础配置

### 小贴士

为 PC 主机进行完基础配置后, 务必要点击对话框右下方的“应用”按钮进行确认, 点击后, 该按钮后变成灰色。如果设置完毕直接点击对话框右上角的“关闭”按钮, 所做的配置不会生效。



4. 测试主机间的连通性。测试结果如图 1-5 所示。

The screenshot shows a terminal window titled 'PC1' with the following content:

```
基础配置 命令行 组播 UDP发包工具 串口
Welcome to use PC Simulator!
PC>ping 192.168.1.2
Ping 192.168.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=32 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=4 ttl=128 time=31 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=5 ttl=128 time=15 ms
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 15/34/47 ms
PC>
```

图 1-5 PC1 与 PC2 连通性测试结果

## 【知识点详解】

### 1.1.1 华为 eNSP 模拟器软件简介

#### 1. 华为 eNSP 软件概述

华为 eNSP (Enterprise Network Simulation Platform) 是一款由华为提供的免费的、可扩展的、图形化的网络设备仿真平台，主要对企业网路由器、交换机、WLAN 等设备进行软件仿真，完美呈现真实设备部署实景，支持大型网络模拟，让你有机会在没有真实设备的情况下也能够开展实验测试，学习网络技术。

#### 2. 华为 eNSP 软件功能特色

##### (1) 图形化操作

eNSP 提供便捷的图形化操作界面，让复杂的组网操作变得更简单，可以直观感受设备形态，并且支持一键获取帮助和在华为网站查询设备资料。

##### (2) 高仿真度

按照真实设备支持特性情况进行模拟，模拟的设备形态多，支持功能全面，模拟程度高。

##### (3) 可与真实设备对接

支持与真实网卡的绑定，实现模拟设备与真实设备的对接，组网更灵活。

### 1.1.2 交换机简介

#### 1. 交换机概述

交换机 (Switch) 是一种用于电 (光) 信号转发的网络设备。它可以为接入交换机的任意两个网络节点提供独享的电信号通路。最常见的交换机是以太网交换机。其他常见的还有电话语音交换机、光纤交换机等。交换是按照通信两端传输信

息的需要，用人工或设备自动完成的方法，把要传输的信息送到符合要求的相应路由上的技术的统称。

交换机前面板中常常包含交换机提供的大多数接口（包括上行接口、下行接口和配置接口（如 Console 接口））和对应的 LED 指示灯。此外有些交换机前面板中还包含电源插头，对于模块化交换机来说，前面板中也会包含模块的插槽。对于一台交换机来说，它的重要性能包含端口的数量、带宽、交换容量、转发速率，以及是否支持 PoE+（以太网接口供电技术）等。型号 S3700 交换机的前面板如图 1-6 所示。

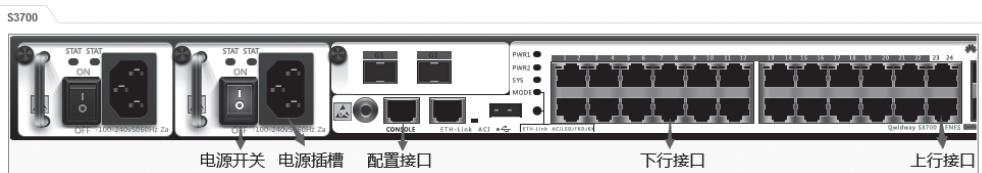


图 1-6 交换机前面板示意图

## 2. 交换机分类

(1) 从广义上来看，网络交换机分为两种：广域网交换机和局域网交换机。广域网交换机主要应用于电信领域，提供通信用的基础平台。而局域网交换机则应用于局域网络，用于连接终端设备，如 PC 机及网络打印机等。

(2) 从传输介质和传输速度上可分为以太网交换机、快速以太网交换机、千兆以太网交换机、FDDI 交换机、ATM 交换机和令牌环交换机等。

(3) 从规模应用上可分为企业级交换机、部门级交换机和工作组交换机等。各厂商划分的尺度并不是完全一致的，一般来讲，企业级交换机都是机架式，部门级交换机可以是机架式（插槽数较少），也可以是固定配置式，而工作组级交换机为固定配置式（功能较为简单）。另一方面，从应用的规模来看，作为骨干交换机时，支持 500 个信息点以上大型企业应用的交换机为企业级交换机，支持 300 个信息点以下中型企业的交换机为部门级交换机，而支持 100 个信息点以内的交换机为工作组级交换机。

(4) 根据交换机的可管理性可分为可管理型交换机和不可管理型交换机，区别在于对 SNMP、RMON 等网管协议的支持。可管理型交换机便于网络监控、流量分析，但成本也相对较高。大中型网络在汇聚层应该选择可管理型交换机，在接入层视具体应用而定，核心层交换机全部是可管理型交换机。

(5) 根据网络构成可分为核心层交换机、汇聚层交换机和接入层交换机。核心层也称为骨干层，是网络中所有流量的最终汇聚点，通常核心层交换机的性能要求比较高；汇聚层交换机位于接入层交换机和核心层交换机之间，它是多台接入层交换机的汇聚点，通过流量控制策略对网络中的流量转发进行优化；接入层交换机允许终端用户直接连入网络中，它具有低成本和高密度端口的特征。



## 【任务总结】

## 实训任务二 交换机的 MAC 地址表

### 【任务目标】

- ☞ 掌握查看管理交换机 MAC 地址表的操作命令
- ☞ 掌握交换机的工作原理

### 【任务准备】

- ☞ 一台型号 S3700 的交换机，两台 PC 主机

### 【任务描述】

- ☞ 利用 eNSP 模拟器软件搭建网络拓扑，通过命令查看和管理交换机的 MAC 地址表。

### 【任务实施】

1. 搭建如图 1-7 所示的网络拓扑图，并启动交换机和 PC 主机。

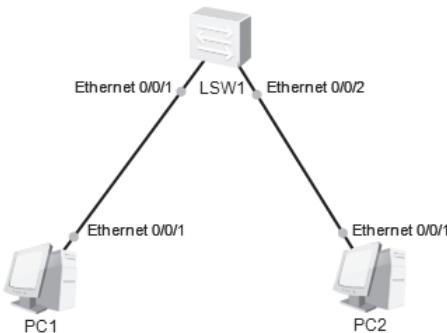


图 1-7 网络拓扑图

2. 根据 IP 地址规划表 1-3，对两台 PC 主机进行基础配置。

表 1-3 IP 地址规划表

设备名	IP 地址	子网掩码	交换机接口
PC1	192.168.1.1	255.255.255.0	Ethernet 0/0/1
PC2	192.168.1.2	255.255.255.0	Ethernet 0/0/2

### 3. 在交换机 SW1 中，查看 MAC 地址表

<Huawei>system-view # 从用户视图切换到系统视图



```
[Huawei]sysname SW1          # 修改设备名称为 SW1  
[SW1]display mac-address  # 查看 MAC 地址表  
此时设备中没有返回任何信息，说明 MAC 地址表为空。
```

4. 利用 ping 命令，测试 PC1 与 PC2 之间的连通性，测试结果如图 1-7 所示。

The screenshot shows a terminal window titled 'PC1'. The title bar has tabs: '基础配置', '命令行' (selected), '组播', 'UDP发包工具', and '串口'. The main area displays the output of a ping command:

```
Welcome to use PC Simulator!  
PC>ping 192.168.1.2  
Ping 192.168.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break  
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=47 ms  
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=32 ms  
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=47 ms  
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=4 ttl=128 time=31 ms  
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=5 ttl=128 time=15 ms  
--- 192.168.1.2 ping statistics ---  
5 packet(s) transmitted  
5 packet(s) received  
0.00% packet loss  
round-trip min/avg/max = 15/34/47 ms  
PC>
```

图 1-7 PC1 与 PC2 连通性测试结果

## 5. 在交换机 SW1 中，再次查看 MAC 地址表

```
[SW1]display mac-address
```

```
[SW1]display mac-address  
MAC address table of slot 0:  
-----  
MAC Address      VLAN/      PEVLAN CEVLAN Port           Type      LSP/LSR-ID  
                  VSI/SI  
-----  
5489-985d-4cd8 1       -       -   Eth0/0/2     dynamic    0/-  
5489-9822-3ead 1       -       -   Eth0/0/1     dynamic    0/-  
-----  
Total matching items on slot 0 displayed = 2
```

此时会看到 MAC 地址表中有了相应的信息，其中常用信息选项含义如下所示：

- (1) MAC Address：交换机连接设备的 MAC 地址
- (2) VLAN/VSI/SI：VLAN 号
- (3) PORT：连接设备对应的端口号
- (4) Type：MAC 地址类型，本例为“dynamic”，即动态表项。

## 6. 查看并修改 MAC 地址表项老化时间

```
[SW1]display mac-address aging-time  
# 查看 MAC 地址表项老化时间（默认单位为秒）  
Aging time: 300 seconds  
[SW1]mac-address aging-time 600
```

```
# 修改 MAC 地址表项老化时间为 600S
```

```
[SW1]display mac-address aging-time
```

```
Aging time: 600 seconds
```

## 7. 添加静态 MAC 地址表项

```
[SW1]mac-address static 5489-98aa-aaaa Ethernet0/0/10 vlan 1
```

```
# 将 MAC 地址 5489-98aa-aaaa 与端口 Ethernet0/0/10 进行静态映射
```

```
[SW1]display mac-address
```

```
[SW1]display mac-address
MAC address table of slot 0:
-----  

MAC Address      VLAN/          PEVLAN CEVLAN Port        Type      LSP/LSR-ID  

                  VSI/SI           MAC-Tunnel  

-----  

5489-98aa-aaaa 1      -      -      Eth0/0/10    static     -  

Total matching items on slot 0 displayed = 1  

-----  

MAC address table of slot 0:  

-----  

MAC Address      VLAN/          PEVLAN CEVLAN Port        Type      LSP/LSR-ID  

                  VSI/SI           MAC-Tunnel  

-----  

5489-9822-3ead 1      -      -      Eth0/0/1      dynamic   0/-  

5489-985d-4cd8 1      -      -      Eth0/0/2      dynamic   0/-  

Total matching items on slot 0 displayed = 2
```

可以看到交换机 SW1 的 MAC 地址表中，增加了一条类型为“static”的静态 MAC 地址表项，而前面学习到的两条地址表项类型为动态表项，类型显示为“dynamic”。

## 【知识点详解】

### 1.2.1 交换机工作原理

#### 1. 交换机中数据帧的转发过程

目前企业中搭建的局域网大多采用以太网技术，所使用的交换机称之为以太网交换机。以太网交换机工作在 OSI/RM 参考模型中的数据链路层，主要用来转发用户数据帧。当交换机通过某个端口收到一个单播数据帧时，首先会查看该数据帧的头部信息，获取该数据帧的目的 MAC 地址，再根据目的 MAC 地址在自己的 MAC 地址表中进行查询，最后根据查询到的结果采取不同的方式来处理该数据帧。

(1) 如果在 MAC 地址表中找到该目的 MAC 地址，且数据帧的源 MAC 地址和目的 MAC 地址对应的端口号不同。交换机会将数据帧从目的 MAC 地址对应的端口号直接转发出去。

(2) 如果在 MAC 地址表中找到了该目的 MAC 地址，且数据帧的源 MAC 地址和目的 MAC 地址对应的端口号相同。交换机会将数据帧直接丢弃。

(3) 如果在 MAC 地址中没有找到目的 MAC 地址，交换机会将数据帧向除了接收到该数据帧的端口之外的所有端口发送出去，这个动作称为广播或泛洪。



## 1.2.2 MAC 地址表

### 1. MAC 地址简介

以太网交换机在转发数据帧过程中通过识别数据帧的目的 MAC 地址，将其从对应的端口发送出去。转发过程中是通过 MAC 地址的学习和维护更新机制来实现的。交换机通过接收到的数据帧，建立数据帧源 MAC 地址和端口号之间的映射关系，并将这种映射关系存储起来。交换机中存储这个映射关系的逻辑表称为 MAC 地址表。

### 2. MAC 地址表的自动学习机制

初始状态下，交换机的 MAC 地址为空，其中没有任何表项。当交换机通过自己的某个端口接收到一个数据帧时，它会将数据帧的源 MAC 地址和接收到该数据帧的端口号作为一个表项保存到自己的 MAC 地址表中，并且重置该地址表项的老化计时器时间，这就是交换机 MAC 地址表的自动学习机制。

如果交换机再次通过同一个端口接收到以相同 MAC 为源 MAC 地址的数据帧，交换机会用重置老化计时器时间，确保这条地址表项不因老化而被删除。如果交换机在老化时间内没有再通过这个端口接收到以这个 MAC 地址发来的数据帧，它就会将这条老化的地址表项从 MAC 地址表中删除。华为交换机 MAC 地址表的老化时间默认为 300 秒。

### 3. 静态 MAC 地址表项

除了交换机可能通过转发数据帧自动学习 MAC 地址表项外，管理员还可以手动在 MAC 地址表中添加表项。管理员通过在系统视图下输入命令 `mac-address static` 向 MAC 地址表中添加静态条目。

```
[Huawei]mac-address static 5489-982A-54D7 Ethernet 0/0/1 vlan 1
```

```
[Huawei]display mac-address
MAC address table of slot 0:
-----
MAC Address      VLAN/          PEVLAN CEVLAN Port          Type      LSP/LSR-ID
                  VSI/SI
-----
5489-982a-54d7 1           -       -       Eth0/0/1      static   -
-----
Total matching items on slot 0 displayed = 1
```

如上所示，交换机的 MAC 地址表中建立了 PC1 与 Ethernet 0/0/1 端口之间的静态映射关系。管理员静态配置的 MAC 地址条目优先级高于交换机动态学习到的 MAC 地址条目。当交换机上一个通过静态配置的条目和一个动态学习的条目 MAC 地址相同时，交换机会将管理员静态配置的条目保存在 MAC 地址表中。静态地址条目和动态地址条目之间不仅优先级不同，而且静态配置的 MAC 地址条目不受老化时间影响。

【任务总结】

# 模块二 VLAN 技术

## 实训任务一 单交换机 VLAN 配置

### 【任务目标】

- ☞ 掌握划分 VLAN 的配置命令
- ☞ 掌握 VLAN 的工作原理和划分方法

### 【任务准备】

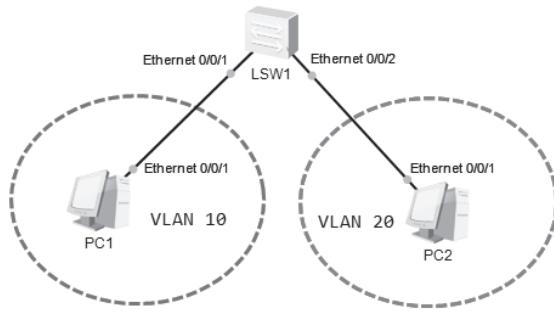
- ☞ 一台型号 S3700 的交换机，两台 PC 主机

### 【任务描述】

- ☞ 通过配置命令在交换机上实现基于端口的 VLAN 划分。

### 【任务实施】

1. 搭建网络拓扑，并启动交换机和 PC 主机。

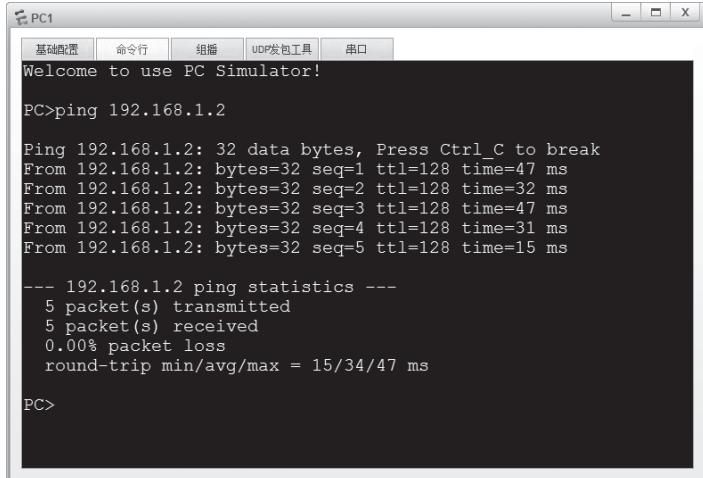


2. 根据 IP 地址规划表 1-4，对两台 PC 主机进行基础配置。

表 1-4 IP 地址规划表

设备名	IP 地址	子网掩码	交换机接口	VLAN ID
PC1	192.168.1.1	255.255.255.0	Ethernet 0/0/1	10
PC2	192.168.1.2	255.255.255.0	Ethernet 0/0/2	10

3. 测试主机之间的连通性，测试结果如图 1-8 所示。



```

PC>ping 192.168.1.2

Ping 192.168.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=32 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=4 ttl=128 time=31 ms
From 192.168.1.2: bytes=32 seq=5 ttl=128 time=15 ms

--- 192.168.1.2 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 15/34/47 ms

PC>

```

图 1-8 PC1 与 PC2 连通性测试结果

4. 在交换机 SW1 上创建 VLAN

<Huawei>system-view

[Huawei]sysname SW1

[SW1]undo info-center enable

[SW1]vlan batch 10 20

5. 在交换机 SW1 上基于端口划分 VLAN

[SW1]interface Ethernet 0/0/1

[SW1–Ethernet0/0/1]port link-type access

[SW1–Ethernet0/0/1]port default vlan 10

[SW1–Ethernet0/0/1]quit

[SW1]interface Ethernet 0/0/2

[SW1–Ethernet0/0/2]port link-type access

[SW1–Ethernet0/0/2]port default vlan 20

[SW1–Ethernet0/0/2]quit

(3) 查看 VLAN 配置信息

[SW1]display vlan

VID	Type	Ports
1	common	UT:Eth0/0/3(D) Eth0/0/7(D) Eth0/0/11(D) Eth0/0/15(D) Eth0/0/19(D) GEO/0/1(D)
		Eth0/0/4(D) Eth0/0/8(D) Eth0/0/12(D) Eth0/0/16(D) Eth0/0/20(D) GEO/0/2(D)
10	common	UT:Eth0/0/1(U)
20	common	UT:Eth0/0/2(U)



[SW1]display port vlan

Port	Link Type	PVID	Trunk VLAN List
Ethernet0/0/1	access	10	-
Ethernet0/0/2	access	20	-
Ethernet0/0/3	hybrid	1	-
Ethernet0/0/4	hybrid	1	-

(4) 再次测试主机之间的连通性，测试结果如图 1-9 所示。

```
PC>ping 192.168.1.2

Ping 192.168.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 192.168.1.1: Destination host unreachable

--- 192.168.1.2 ping statistics ---
 5 packet(s) transmitted
 0 packet(s) received
 100.00% packet loss
```

图 1-9 PC1 与 PC2 连通性测试结果

## 【知识点详解】

### 2.1.1 VLAN 概述

#### 1. VLAN 基本概念

VLAN (Virtual Local Area Network) 即虚拟局域网，是将一个物理的 LAN 在逻辑上划分成多个广播域的通信技术。VLAN 内的主机间可以直接通信，而 VLAN 间不能直接通信，从而将广播报文限制在一个 VLAN 内。

虚拟局域网包括了一组逻辑上的设备和用户，这些设备和用户不受物理位置的限制，可以根据部门、功能及应用将它们组织起来。相互之间的通信就像在同一个网段中一样。

#### 2. 虚拟局域网的作用

使用 VLAN 能给用户带来以下受益。

(1) 限制广播域：广播域被限制在一个 VLAN 内，节省了带宽，提高了网络处理能力。

(2) 增强局域网的安全性：不同 VLAN 内的报文在传输时是相互隔离的，即一个 VLAN 内的用户不能和其它 VLAN 内的用户直接通信。

(3) 提高了网络的健壮性：故障被限制在一个 VLAN 内，本 VLAN 内的故障不会影响其他 VLAN 的正常工作。

灵活构建虚拟工作组：用 VLAN 可以划分不同的用户到不同的工作组，同一工作组的用户也不必局限于某一固定的物理范围，网络构建和维护更方便灵活。

### 3. VLAN 帧格式

要使设备能够分辨不同 VLAN 的报文，需要在报文中添加标识 VLAN 信息的字段。IEEE 802.1Q 协议规定，在以太网数据帧的目的 MAC 地址和源 MAC 地址字段之后、协议类型字段之前加入 4 个字节的 VLAN 标签（又称 VLAN Tag，简称 Tag），用以标识 VLAN 信息。

在现有的交换网络环境中，以太网的帧有两种格式：TAG 和 UNTAG。其中 TAG 是带有 VLAN 标记的以太网帧，UNTAG 是不带有 VLAN 标记的标准以太网帧。VLAN 帧格式如图 1-10 所示：

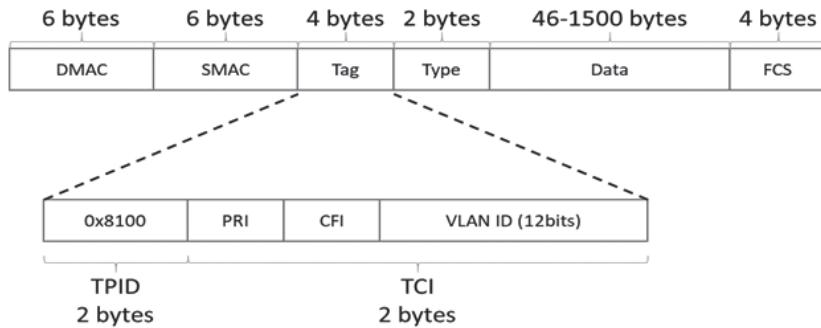


图 1-10 VLAN 帧格式

带有 VLAN 标记的以太网帧中，Tag 标签的长度为 4 个字节，具体含义如下：

(1) TPID：2 个字节，取值为 0x8100 时表示 IEEE 802.1Q 的 VLAN 数据帧。如果不支持 802.1Q 的设备收到这样的帧，会将其丢弃。

(2) TCI：2 个字节，用来表示帧的控制信息，包含以下几部分：

① PRI：Priority，3 位，表示帧的优先级，取值为 0~7，值越大，优先级越高。当交换机阻塞时，优先发送优先级高的数据帧。

② CFI：Canonical Format Indicator，1 位。CFI 表示 MAC 地址是否为经典格式。CFI 为 0 表示为经典格式；CFI 为 1 表示为非经典格式，用于区分以太网帧、光纤分布式数据接口（FDDI）帧和令牌帧。在以太网中，CFI 的值为 0。

③ VLAN ID：VLAN Identifier，12 位，交换机一般可以划分为 255 个 VLAN，每个 VLAN 的 ID 可以是 1~4094 之间的任意数字，VLAN ID 的作用就是用来区分不同 VLAN。

### 4. VLAN 划分的方法

在实际网络中，VLAN 划分的方法有以下五种。

(1) 基于端口划分。初始情况下，交换机中的所有端口都处于 VLAN1 中。管理员通过为交换机的端口配置不同的 PVID，从而实现将不同端口划分到不同的



VLAN 中。这是目前最常用的一种划分方式。

(2) 基于 MAC 地址划分。管理员通过配置网络中主机 MAC 地址与 VLAN ID 的映射关系来划分 VLAN。这种方法只要主机 MAC 地址不变，对应的 VLAN ID 就不会发生变化，但这种方法配置起来比较繁琐，不适合大规模网络划分。

(3) 基于 IP 子网划分。交换机在收到不带标签的数据帧时，会根据报文携带的 IP 地址给数据帧添加 VLAN 标签。

(4) 基于协议划分。根据数据帧的协议类型、封装格式来分配 VLAN ID，管理员需要先配置协议类型和 VLAN ID 之间的映射关系。

(5) 基于策略划分。使用多个条件的组合来分配 VLAN 标签。只有当所有条件都匹配时，交换机才为数据帧添加 VLAN 标签。

## 5. 交换机端口的分类

华为交换机端口的工作模式主要有三种：接入端口（Access）、干道端口（Trunk）和混合端口（Hybrid）。

(1) 接入端口。Access 端口用于连接计算机等终端设备，只能属于一个 VLAN，即只能传输一个 VLAN 的数据帧。

(2) Trunk 端口。Trunk 端口用于连接交换机等网络设备，它允许传输多个 VLAN 的数据帧。

(3) Hybrid 端口。Hybrid 端口是华为交换机端口默认的工作模式，它能够接收和发送多个 VLAN 的数据帧，可以用于连接交换机之间的链路，也可以用于连接终端设备。

### 2.1.2 VLAN 配置

#### 1. VLAN 的创建与删除

在交换机上划分 VLAN 时，最常用的方式是基于端口进行划分，此时需要先创建 VLAN。创建 VLAN 的命令为：

```
[Huawei]vlan 10
```

如果同时创建多个连续 VLAN 时，执行 vlan batch 命令：

```
[Huawei]vlan batch 11 to 20
```

如果同时创建多个不连续 VLAN 时，VLAN ID 之间需要加空格，即：

```
[Huawei]vlan batch 30 40
```

删除 VLAN 时，在创建 VLAN 的命令前面加上 undo 命令，即：

```
[Huawei]undo vlan 10
```

#### 2. 基于端口或端口划分 VLAN

##### (1) 基于单个端口划分 VLAN

在交换机上创建 VLAN 后，进入相应端口配置端口工作模式，并将划分到

VLAN 中。对于 access 端口工作模式需要配置其默认的 PVID，如果不配置，默认 PVID 为 1；对于 hybrid 端口工作模式，可以设置采用 Taged 或 Untagged 的方式来发送指定 VLAN 的数据。

```
[Huawei]interface Ethernet 0/0/10
[Huawei-Ethernet0/0/10]port link-type access
# 配置端口工作模式为 access
[Huawei-Ethernet0/0/10]port default vlan 10
# 配置端口默认 PVID 为 vlan 10
[Huawei-Ethernet0/0/10]quit
[Huawei]interface Ethernet 0/0/20
[Huawei-Ethernet0/0/20]port link-type hybrid
# 配置端口工作模式为 hybrid
[Huawei-Ethernet0/0/20]port hybrid pvid vlan 20
# 配置端口默认 PVID 为 vlan 20
[Huawei-Ethernet0/0/20]port hybrid untagged vlan 20
# 配置端口以 untagged 的方式发送 vlan 20 的数据帧
```

### (2) 基于临时端口组划分 VLAN

在实际组网时，当需要将多个端口划分到同一个 VLAN 时，可以将这些连续或不连续的多个端口临时组成一个端口组，在端口组视图下统一进行配置。

```
[Huawei]port-group group-member Ethernet 0/0/1 to Ethernet 0/0/10
# 将端口 Ethernet 0/0/1 到 Ethernet 0/0/10 组成临时端口组
[Huawei-port-group]port link-type access
[Huawei-port-group]port default vlan 10
```

### (3) 基于永久端口组划分 VLAN

当需要对连续或不连续的多个端口，做多次 VLAN 划分操作时，可以将它们组成一个永久端口组，以满足后续可能出现的修改操作。

```
[Huawei]port-group 1 # 创建永久端口组，组号为 1
[Huawei-port-group-1] group-member Ethernet 0/0/11 to Ethernet 0/0/20
# 将端口 Ethernet 0/0/11 到 Ethernet 0/0/20 添加永久端口组 1 中
[Huawei-port-group-1]port link-type access
[Huawei-port-group-1]port default vlan 20
```

## 3. 查看 VLAN 配置信息

创建 VLAN 后，需要用命令来查看验证一下创建 VLAN 的相关信息，常用命令有以下两种：



( 1 ) [Huawei]display vlan # 查看所有 VLAN 的简要信息

VID	Type	Ports
1	common	UT:Eth0/0/3(D) Eth0/0/7(D) Eth0/0/11(D) Eth0/0/15(D) Eth0/0/19(D) GE0/0/1(D)
10	common	UT:Eth0/0/1(D)
20	common	UT:Eth0/0/2(D)

( 2 ) [Huawei]display port vlan # 查看 VLAN 中包含的接口信息。

Port	Link Type	PVID	Trunk VLAN List
Ethernet0/0/1	access	10	-
Ethernet0/0/2	access	20	-
Ethernet0/0/3	hybrid	1	-
Ethernet0/0/4	hybrid	1	-
Ethernet0/0/5	hybrid	1	-
Ethernet0/0/6	hybrid	1	-
Ethernet0/0/7	hybrid	1	-
Ethernet0/0/8	hybrid	1	-
Ethernet0/0/9	hybrid	1	-
Ethernet0/0/10	hybrid	1	-

## 【任务总结】

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 实训任务二 跨交换机 VLAN 配置

### 【任务目标】

- ☞ 掌握划分 VLAN 的配置命令
- ☞ 掌握交换机端口工作模式的配置命令

### 【任务准备】

- ☞ 两台型号 S3700 的交换机，四台 PC 主机

### 【任务描述】

- ☞ 在两台交换机上基于端口划分 VLAN，并通过配置实现同一 VLAN 主机之间的通信。

### 【任务实施】

1. 搭建如图 1-11 所示的网络拓扑图，并启动交换机和 PC 主机。

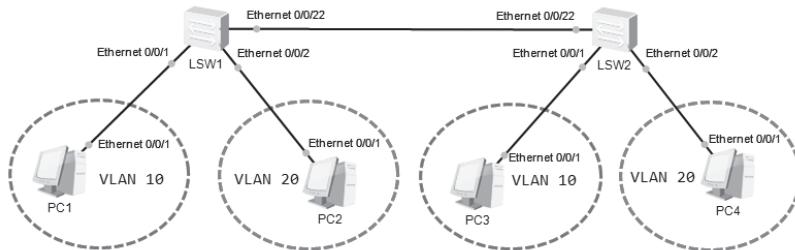


图 1-11 网络拓扑图

2. 根据 IP 地址规划表 1-5，对四台 PC 主机进行基础配置。

表 1-5 IP 地址规划表

设备名	IP 地址	子网掩码	接 口	VLAN ID
PC1	192.168.1.1	255.255.255.0	SW1-Ethernet 0/0/1	10
PC2	192.168.1.2	255.255.255.0	SW1-Ethernet 0/0/2	20
PC3	192.168.1.3	255.255.255.0	SW2-Ethernet 0/0/1	10
PC4	192.168.1.3	255.255.255.0	SW2-Ethernet 0/0/2	20

3. 测试主机之间的连通性。测试结果显示，PC1–PC4 都可以互相通信。



4. 在交换机上创建 VLAN，并基于端口进行 VLAN 划分。

(1) 交换机 SW1 的配置

```
<Huawei>system-view
```

```
[Huawei]sysname SW1
```

```
[SW1]undo info-center enable
```

```
[SW1]vlan batch 10 20
```

```
[SW1]interface Ethernet 0/0/1
```

```
[SW1-Ethernet0/0/1]port link-type access
```

```
[SW1-Ethernet0/0/1]port default vlan 10
```

```
[SW1-Ethernet0/0/1]quit
```

```
[SW1]interface Ethernet 0/0/2
```

```
[SW1-Ethernet0/0/2]port link-type access
```

```
[SW1-Ethernet0/0/2]port default vlan 20
```

```
[SW1-Ethernet0/0/2]quit
```

(2) 交换机 SW2 的配置

```
<Huawei>system-view
```

```
[Huawei]sysname SW2
```

```
[SW2]undo info-center enable
```

```
[SW2]vlan batch 10 20
```

```
[SW2]interface Ethernet 0/0/1
```

```
[SW2-Ethernet0/0/1]port link-type access
```

```
[SW2-Ethernet0/0/1]port default vlan 10
```

```
[SW2-Ethernet0/0/1]quit
```

```
[SW2]interface Ethernet 0/0/2
```

```
[SW2-Ethernet0/0/2]port link-type access
```

```
[SW2-Ethernet0/0/2]port default vlan 20
```

```
[SW2-Ethernet0/0/2]quit
```

5. 测试 PC1 与 PC3, PC2 与 PC4 之间连通性，不能通信。

6. 配置交换机之间连接的端口类型为 trunk，并允许 VLAN10、20 的数据帧通过。

```
[SW1]interface Ethernet 0/0/22
```

```
[SW1-Ethernet0/0/22]port link-type trunk
```

```
[SW1-Ethernet0/0/22]port trunk allow-pass vlan 10 20
```

```
[SW2]interface Ethernet 0/0/22
```

```
[SW2-Ethernet0/0/22]port link-type trunk
```

```
[SW2-Ethernet0/0/22]port trunk allow-pass vlan 10 20
```

7. 再次测试 PC1 与 PC3, PC2 与 PC4 之间连通性，可以通信。

```
PC>ping 192.168.1.3
Ping 192.168.1.3: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 192.168.1.3: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=62 ms
From 192.168.1.3: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=62 ms
From 192.168.1.3: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=47 ms
From 192.168.1.3: bytes=32 seq=4 ttl=128 time=78 ms
From 192.168.1.3: bytes=32 seq=5 ttl=128 time=63 ms

--- 192.168.1.3 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 47/62/78 ms
```

### 小贴士

[SW1–Ethernet0/0/22]port trunk allow-pass vlan all

#在该 trunk 类型的端口下，允许所有 VLAN 通过

在实际网络中进行配置时，一般不建议进行如上所示的配置。出于安全方面的考虑，在 trunk 类型的端口上一般仅允许当前已经创建且合法的 VLAN 数据帧通过，此外还可通过禁止该 trunk 类型端口所属的默认 VLAN 数据帧通过，进一步提高网络安全性。

[SW1–Ethernet0/0/22]undo port trunk allow-pass vlan 1

## 【知识点详解】

### 2.2.1 VLAN 数据帧的转发

前文提到交换机有三类不同类型的端口，即 access、trunk 和 hybrid，其中 hybrid 为华为交换机的默认端口类型。这三类端口会根据交换机端口所属 VLAN 对数据帧进行不同的处理，具体应用场景及其特点如表 1–6 所示。

表 1–6 各种类型端口应用场景及特点

类 型	应 用 场 景	特 点
Access	连接用户主机。如连接 PC	(1) 允许唯一的 VLAN ID 通过本端口，这个 VLAN ID 与端口的 PVID（端口缺省的 VLAN ID）相同。 (2) 若该端口收到 untagged 帧（不带 VLAN 标签），将加上该端口的 PVID。 (3) Access 端口发往对端设备的以太网帧永远是不带标签的帧。
Trunk	与其他交换机连接	(1) 允许多个 VLAN 的帧（带 Tag）通过。 (2) 若 Trunk 端口发送的帧带 Tag，且 Tag 与端口缺省的 VLAN ID 相同，则交换机会剥掉该帧中的 Tag 标记。仅在这种情况下，Trunk 端口发送的帧不带 Tag。 (3) 若 Trunk 端口发送的帧带 Tag，且与端口缺省的 VLAN ID 不同，则交换机对该帧不做任何动作，直接发送带 Tag 的帧。



续表

类 型	应 用 场 景	特 点
Hybrid	既可以连接用户主机，又可以连接其他交换机	Hybrid 端口允许多个 VLAN 的帧通过，并可以在出端口方向将某些 VLAN 帧的 Tag 剥掉。

### 2.2.2 跨交换机 VLAN 数据帧的转发过程

下面以跨交换机 VLAN 主机通信实训任务中 PC1 与 PC3 的通信过程为例，讲解一下数据帧的转发过程。

1. 开始，PC1 发送不带 VLAN 标签的数据帧到交换机 SW1 的 E0/0/1 端口。
2. 由于 SW1 的 E0/0/1 端口类型为 access，它的 PVID 为 VLAN 10，因此，数据帧进入该端口时，会被加上 VLAN 10 的标签。
3. 带 VLAN 10 标签的数据帧由交换机 SW1 的 E0/0/22 端口发出。由于 SW1 的 E0/0/22 端口类型为 trunk，它允许 VLAN 10 的数据帧通过，且它自身的 PVID 为 1，因此能够对该数据帧进行转发，转发出去的数据帧仍然带着 VLAN 10 标签。
4. 交换机 SW2 的 E0/0/22 端口接收到带着 VLAN 10 标签的数据帧。由于 SW2 的 E0/0/22 端口类型为 trunk，它允许 VLAN 10 的数据帧通过，且它自身的 PVID 为 1，因此能够对该数据帧进行转发，转发出去的数据帧仍然带着 VLAN 10 标签。
5. 带 VLAN 10 标签的数据帧由交换机 SW2 的 E0/0/1 端口发出。由于 SW2 的 E0/0/1 端口类型为 access，它的 PVID 为 VLAN 10，因此，数据帧由该端口发出时，会将 VLAN 10 的标签去除。
6. 最终，不带 VLAN 标签的数据帧被发送到 PC3，从而实现了 PC1 到 PC3 的单向传输。

### 【任务总结】

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---