

# 实验一 交换机的基本操作

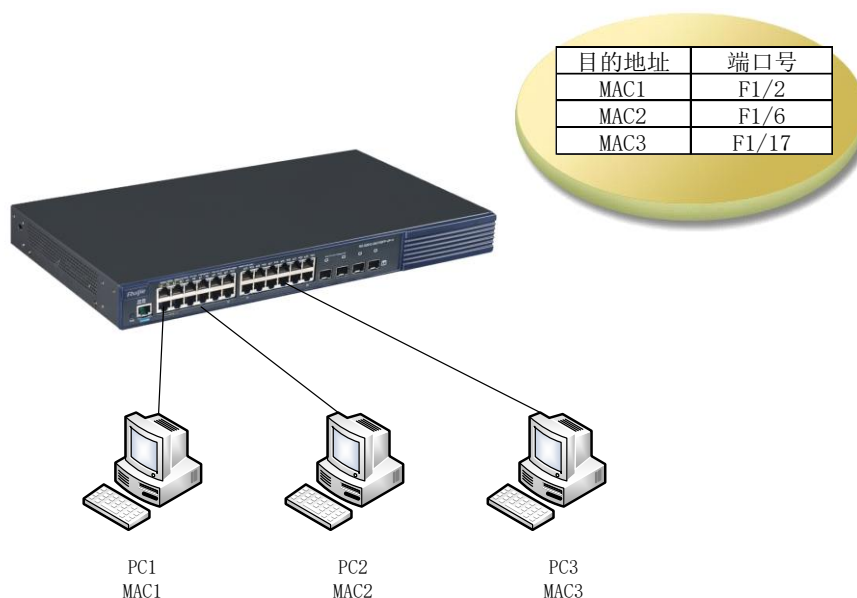
## 一、实验目的

- (1)了解交换机配置的方法。
- (2)掌握 CLI 配置环境。
- (3)掌握交换机的基本配置。

## 二、交换机介绍

交换机是工作在 OSI 参考模型第二层（数据链路层）的网络连接设备，它的基本功能是在多个计算机或者网段之间交换数据。

交换机内部的 CPU 会在每个端口成功连接时，通过将 MAC 地址和端口对应，形成一张 MAC 表。交换机在数据链路层进行数据转发时，根据数据包的 MAC（介质访问层）地址决定数据转发的端口，而不是简单的向所有的端口进行转发，因此，交换机可用于划分数据链路层广播，即冲突域；但它不能划分网络层广播，即广播域。具体来说，当交换机接收到一个数据帧时，它首先会记录数据帧的源端口和源 MAC 地址的映射，然后将数据帧的目的 MAC 地址与系统内部的动态查找表进行比较，并根据比较结果将数据包发送给相应的目的端口。若数据包的目的 MAC 层地址不在查找表中，则将包广播到每个端口（除了包的发送端口）。

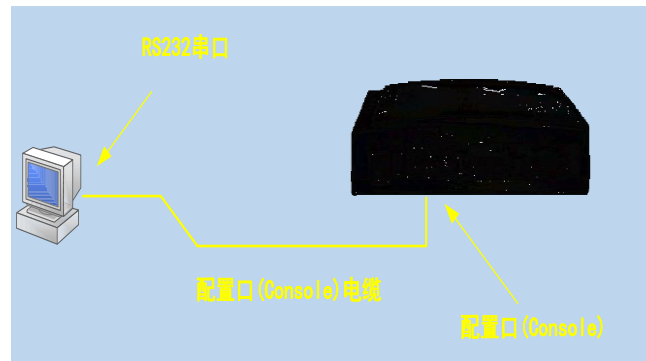


Cisco 互连网操作系统（IOS: Internetwork Operating System）是 Cisco 设备常用的操作系统。对交换机的配置通常采用控制台或者 Telnet 的方式进行登陆，然后通过 Cisco IOS 命令行接口（CLI）对交换机进行配置和管理。

Cisco IOS 软件在命令模式结构中使用了层次命令，不同的命令模式下，可以使用命令也不同。在各模式的命令提示符下输入问号（?），可以列出该命令模式可以使用的所有命令。

初始配置交换机，需要通过 RS232 专用线缆，一端连接路由器的 console 口，一端连接

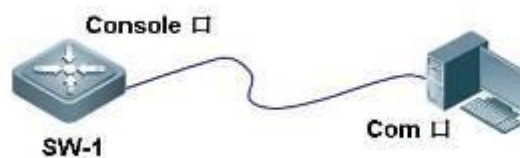
计算机的 COM 口，计算机上需要使用超级终端，或者第三程序 SecureCRT、Putty 等，设置好波特率等参数，就能配置交换机了。



### 三、实验设备

交换机（1 台），主机 1 台。

### 四、实验拓扑



### 五、实验步骤

（一）基本操作部分

第 1 步 设备选型并登录

进入实验平台后，观察设备名称，4T-S3760-1 为第 4 组三层交换机 S3760 第一台，4T-S2928-1 为第 4 组二层交换机 S2928 第一台。每个小组里面有 2 台二层交换机，有 2 台三层交换机。



第 2 步 熟悉交换机的配置模式，点击登录

switch>enable

!进入特权模式

switch#

switch#configure terminal

!进入全局配置模式

switch(config)#

switch(config)#interface fastethernet 0/5 ! 进入交换机 f0/5 的接口模式

switch(config-if)#

switch(config-if)#exit

! 退回到上一级操作模式

switch(config)#

switch(config-if)#end

! 直接退回到特权模式

switch#

第 3 步 命令行快捷指令

1) 帮助信息

**Switch>?** !显示当前模式下所有可执行的命令

Exec commands:

connect	Open a terminal connection
disable	Turn off privileged commands
disconnect	Disconnect an existing network connection
enable	Turn on privileged commands
exit	Exit from the EXEC
logout	Exit from the EXEC
ping	Send echo messages
resume	Resume an active network connection
show	Show running system information
telnet	Open a telnet connection

terminal      Set terminal line parameters

tracert      Trace route to destination

**Switch#co?**      !显示当前模式下所有 co 开头的指令

configure   connect   copy

2)    命令简写

**switch#conf ter**      ! 代表命令 **configure terminal**

3)    TAB 键自动补齐

Switch#conf +<TAB>    自动补齐 configure 的拼写

Switch#configure t+<TAB>

Switch#configure terminal    自动补齐 terminal 的拼写

4)    设备名称修改

Switch>

Switch>enable

Switch#conf t

Switch(config)#hostname SW\_A

SW\_A(config)#

5)    交换机端口配置参数

配置端口速率参数有 100 (100Mbit/s)、10 (10Mbit/s)、auto (自适应)，默认是 auto。

配置双工模式有 full (全双工)、half (半双工)、auto (自适应)，默认是 auto。

switch> enable

switch# configure terminal

switch(config)#interface fastethernet 0/3      ! 进行 F0/3 的端口模式

switch(config-if)#speed 10      ! 配置端口速率为 10M

switch(config-if)#duplex half ! 配置端口的双工模式为半双工

switch(config-if)no shutdown    ! 开启该端口，使端口转发数

查看交换机端口的配置信息

**switch #show interfaces fastEthernet 0/3**

FastEthernet0/3 is down, line protocol is down (disabled)

Hardware is Lance, address is 000b.be04.8b03 (bia 000b.be04.8b03)

BW 10000 Kbit, DLY 1000 usec,

reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255

Encapsulation ARPA, loopback not set

Keepalive set (10 sec)

Half-duplex, 10Mb/s

input flow-control is off, output flow-control is off

ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00

Last input 00:00:08, output 00:00:05, output hang never

Last clearing of "show interface" counters never

Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0

Queueing strategy: fifo

Output queue :0/40 (size/max)

5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec

5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec

956 packets input, 193351 bytes, 0 no buffer

Received 956 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles  
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort  
0 watchdog, 0 multicast, 0 pause input  
0 input packets with dribble condition detected

6) 查看交换机各项信息

switch# show version ! 查看交换机版本信息

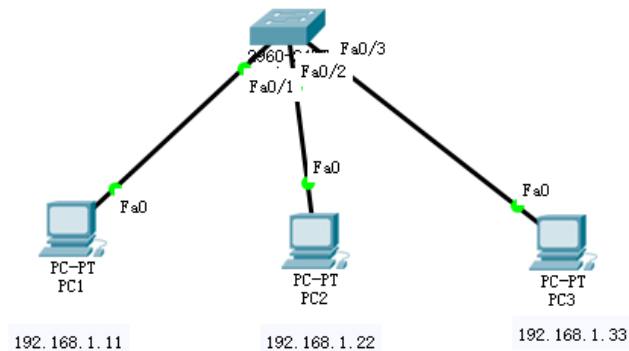
switch# show mac-address-table ! 查看交换机的 MAC 地址表

switch# show running-config ! 查看当前生效的配置

7) 使用 no 选项

命令的 no 选项来禁止某个特性或功能，或者执行与命令本身相反的操作。例如接口配置命令 no shutdown 意思为开启。

(二) 参照下图，组建一个局域网，探寻交换机 MAC 地址表的生成过程。



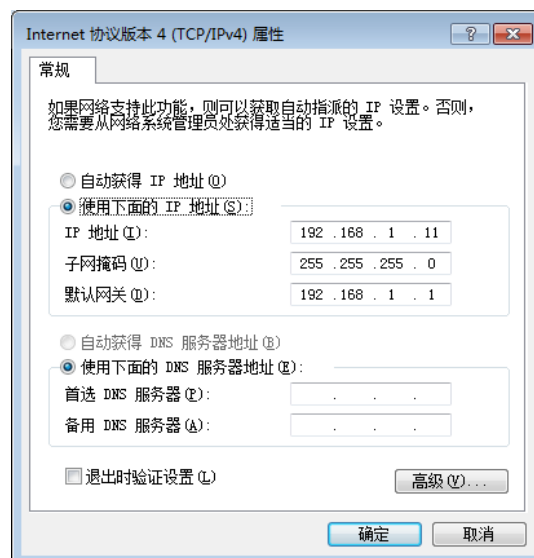
第 1 步 配置“网络实验”网卡地址，采用静态地址，网关可以不设。

配置 PC1 网卡的 IP 地址为：192.168.1.11，掩码 255.255.255.0；

配置 PC2 网卡的 IP 地址为：192.168.1.22，掩码 255.255.255.0。

配置 PC3 网卡的 IP 地址为：192.168.1.33，掩码 255.255.255.0。

在 PC 命令行下输入 ipconfig 命令，查看本地 IP 地址的设置是否生效。



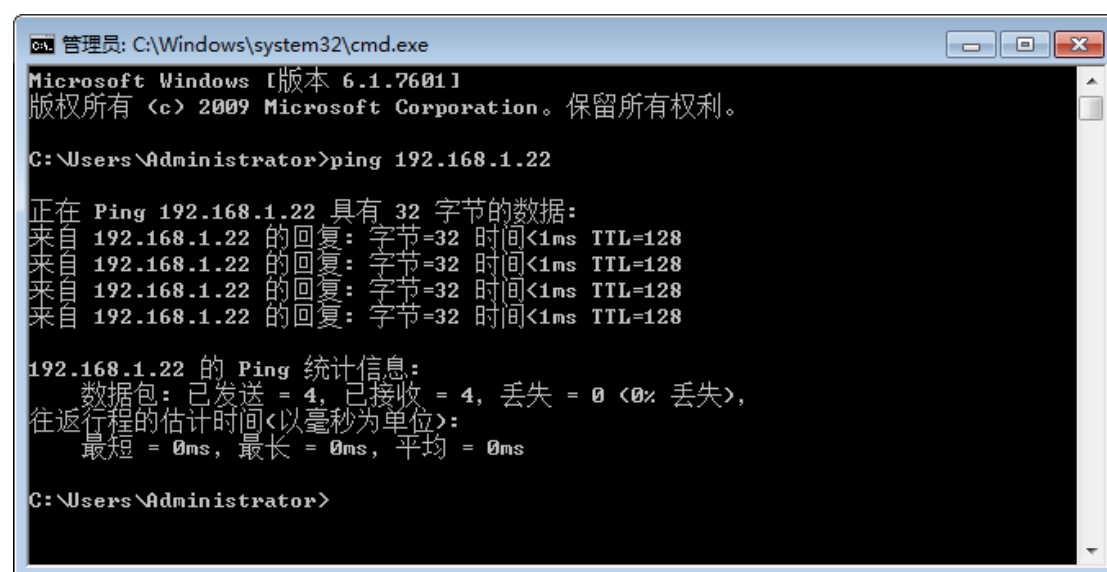
第 2 步 连线，将 2-3 台 PC 机和 1 台交换机连接

**Switch#clear mac-address-table** ! 清除交换机 MAC 表的动态转发项

**Switch#show mac-address-table** ! 查看交换机的 MAC 地址表，确定为空。(2 秒之内查看 MAC 地址表是空的)

```
Switch#show mac-address-table
Mac Address Table
-----
Vlan    Mac Address      Type    Ports
----    -
Switch#
```

第 4 步 PC1 ping PC2



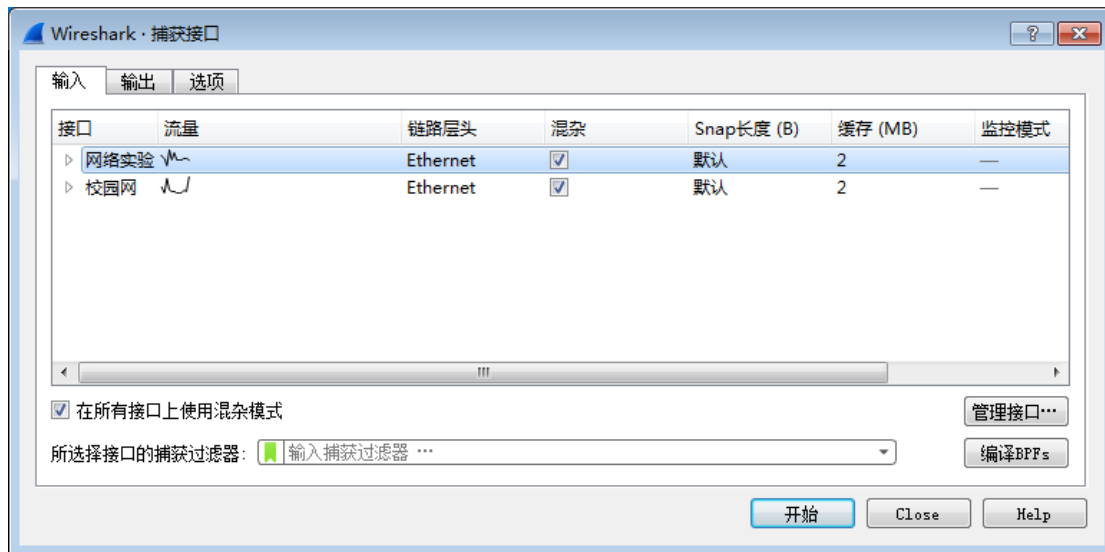
PC1 发出的报文，首先到达交换机，交换机从数据帧的源地址学习，完成 F0/1-MAC1 的映射，PC2 回复的报文，到达交换机后，交换机完成 F0/2-MAC2 的映射，现在交换机的地址表中应该有 2 行。

```
Switch#show mac-address-table
Mac Address Table
-----
Vlan    Mac Address      Type    Ports
----    -
1       0001.965e.00b2   DYNAMIC Fa0/1
1       00e0.8f40.a874   DYNAMIC Fa0/2
Switch#
```

第 5 步 Wireshark 抓包分析

打开 Wireshark 软件，捕获→选项下，选中“网络实验”网卡，点击“开始”，启动抓包软件。再次执行 PC1 ping PC2 操作，抓取 ICMP 报文，点击捕获→停止，对抓取的报文进行分析。

PC1 和 PC2 命令行下，输入 ARP -d 命令后，开启抓包软件，执行 ping 命令，停止抓包，抓到的报文与上次相比有什么不同？



## 六 总结与分析

1. 给出交换机 MAC 地址表的截图，交换机 MAC 地址表是如何建立的？
2. 使用 wireshark 软件抓包，抓取一组 ICMP 请求和应答的报文，完成下表。

请求报文序号	源 MAC	目的 MAC	源 IP	目的 IP	Type	Code
回答报文序号	源 MAC	目的 MAC	源 IP	目的 IP	Type	Code

3. 命令 `arp -a` 显示当前与 PC 通信过的 IP 地址与 MAC 地址映射关系,命令 `arp -d` 删除 arp 映射表,抓取的报文中若没有 ARP 协议,先执行 `arp -d` 命令,再执行 `ping` 命令。解析 ARP 数据包:

- (1) 展开第一条 ARP 请求报文，截图显示链路层和 ARP 协议详细信息  
目的 MAC 是\_\_\_\_\_，说明 arp 请求是\_\_\_\_\_帧(单播，组播，广播)；源 MAC 地址是\_\_\_\_\_，说明是设备\_\_\_\_\_发出的 ARP 请求。ARP 请求帧询问 IP 地址为\_\_\_\_\_对应的 MAC 地址。
- (2) 展开第二条 ARP 应答报文，截图显示链路层和 ARP 协议详细信息  
源 MAC 地址是\_\_\_\_\_，说明是设备\_\_\_\_\_发出的 arp 应答。  
目的地址是\_\_\_\_\_说明 arp 应答是\_\_\_\_\_帧（单播，组播，广播），  
arp 请求的 IP 地址为\_\_\_\_\_所对应的 MAC 地址为\_\_\_\_\_
- (3) 再在 PC1 的命令界面中输入 `arp -a` 并截图，发现已经有了对方的映射关系。

### 【注意事项】

- 1、命令行操作进行自动补齐或命令简写时，要求所简写的字母必须能够惟一区别该命令。如 `switch#conf` 可以代表 `configure`，但 `switch#co` 无法代表 `configure`，因为 `co` 开头的命令有两个 `copy` 和 `configure`，设备无法区别。
- 2、注意区别每个操作模式下可执行的命令种类。交换机不可以跨模式执行命令。
- 3、配置设备名称的有效字符是 22 个字节。
- 4、交换机端口在默认情况下是开启的，AdminStatus 是 UP 状态，如果该端口没有实际连接其他设备，OperStatus 是 down 状态。

5、show running-config 查看的是当前生效的配置信息，该信息存储在 RAM（随机存储器里），当交换机掉电，重新启动时会重新生成新的配置信息。

## 实验二 广播风暴与生成树

### 一、实验目的

- (1)了解广播风暴产生的原因。
- (2)掌握交换机生成树配置方法。
- (3)理解根交换机和根端口选举规则。

### 二、交换机介绍

在企业网络中，为了提高网络的可靠性和健壮性，通常会设置冗余链路，冗余链路也称为备份链路。当主链路出现故障时，冗余链路自动启动，避免网络产生单点故障。冗余链路同时带来另一个问题，那就是在二层网络中产生了环路，数据帧将会在网络中循环，占用带宽资源，从而形成广播风暴，最终导致链路中断。

生成树协议（spanning-tree），作用是在交换网络中提供冗余备份链路，并且解决交换网络中的环路问题。生成树协议是利用 SPA 算法（生成树算法），在存在交换环路的网络中生成一个没有环路的树形网络。运用该算法将交换网络冗余的备份链路逻辑上断开，当主要链路出现故障时，能够自动的切换到备份链路，保证数据的正常转发。

生成树协议目前常见的版本有 STP（生成树协议 IEEE 802.1d）、RSTP（快速生成树协议 IEEE 802.1w）、MSTP（多生成树协议 IEEE 802.1s）。生成树 STP 协议的特点是收敛时间长，当主要链路出现故障以后，到切换到备份链路需要 50 秒的时间。快速生成树协议（RSTP）在生成树协议的基础上增加了两种端口角色：替换端口（alternate Port）和备份端口（backup Port），分别做为根端口（root Port）和指定端口（designated Port）的冗余端口。当根端口或指定端口出现故障时，冗余端口不需要经过 50 秒的收敛时间，可以直接切换到替换端口或备份端口。从而实现 RSTP 协议小于 1 秒的快速收敛。

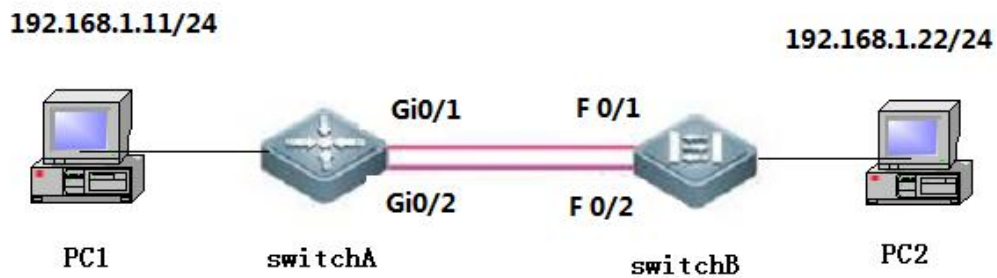
在二层网络中，提升网络可靠性的另一种方式是链路聚合，2 条或多条链路聚合成 1 条链路，当其中 1 条链路断开后，聚合小组中只要有链路正常工作，就不会产生丢包，数据通信能正常进行。

### 三、实验设备

交换机（1 台），主机 2 台。



## 四、实验拓扑



## 五、实验步骤

第 1 步：配置两台交换机的主机名、管理 IP 地址和 Trunk

```
Switch#configure terminal
```

```
Switch(config)#hostname L2-SW
```

```
L2-SW(config)#interface vlan 1
```

```
L2-SW(config-if)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
```

```
L2-SW(config-if)#no shutdown
```

```
L2-SW(config-if)#exit
```

```
L2-SW(config)#interface Gi 0/1
```

```
L2-SW(config-if)#switchport mode trunk
```

```
L2-SW(config-if)#exit
```

```
L2-SW(config)#interface Gi 0/2
```

```
L2-SW(config-if)#switchport mode trunk
```

```
L2-SW(config-if)#exit
```

```
L2-SW(config)#
```

```
S3750#configure terminal
```

```
S3750(config)#hostname L3-SW
```

```
L3-SW(config)#interface vlan 1
```

```
L3-SW(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
L3-SW(config-if)#no shutdown
```

```
L3-SW(config-if)#exit
```

```
L3-SW(config)#interface fastEthernet 0/1
```

```
L3-SW(config-if)#switchport mode trunk
```

```
L3-SW(config-if)#exit
```

```
L3-SW(config)#interface fastEthernet 0/2
```

```
L3-SW(config-if)#switchport mode trunk
```

```
L3-SW(config-if)#exit
```

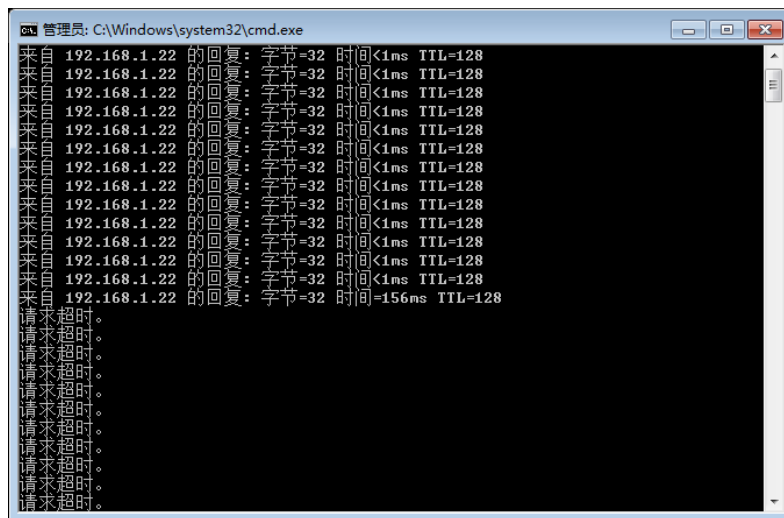
第 2 步：接线，交换机之间将 G0/1- F0/1 相连，二层交换机将 G0/5 与 PC1 机相连，三层交换机将 F0/5 与 PC2 机相连；G0/2- F0/2 稍后再连接。

第 3 步：交换机不启用生成树协议，产生广播风暴，观察交换机端口的状态。

设置 PC1 “网络实验”网卡的 IP 地址为 192.168.1.11 255.255.255.0；

设置 PC2 “网络实验” 网卡的 IP 地址为 192.168.1.22 255.255.255.0;

打开 PC1 命令行窗口，输入命令 `ping 192.168.1.22 -t`，观察命令行变化。PC1 与 PC2 能正常连通的状态下，再将交换机的端口 G0/2- F0/2 相连，观察命令行变化。



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间=156ms TTL=128
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
```

第 4 步：在两台交换机上启用 RSTP，消除广播风暴

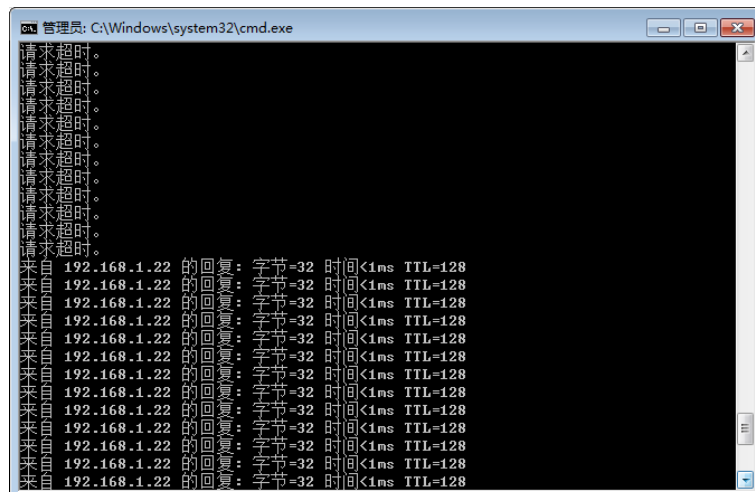
L2-SW(config)#spanning-tree ! 启用生成树协议

L2-SW(config)#spanning-tree mode rstp ! 修改生成树协议的类型为 RSTP

L3-SW(config)#spanning-tree ! 启用生成树协议

L3-SW(config)#spanning-tree mode rstp ! 修改生成树协议的类型为 RSTP

如果不关闭命令行窗口，会发现链路由中断又变为连通了。



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 192.168.1.22 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
```

在使用默认参数启用了 RSTP 之后，可以使用 `show spanning-tree` 命令观察现在两台交换机上生成树的工作状态，重点记录 `priority` 字段值。

L3-SW#show spanning-tree

StpVersion : RSTP

SysStpStatus : ENABLED

MaxAge : 20

HelloTime : 2

ForwardDelay : 15

BridgeMaxAge : 20

BridgeHelloTime : 2  
BridgeForwardDelay : 15  
MaxHops: 20  
TxHoldCount : 3  
PathCostMethod : Long  
BPDUGuard : Disabled  
BPDUFilter : Disabled  
LoopGuardDef : Disabled  
BridgeAddr : 5869.6c32.4456  
Priority: 32768  
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:5m:36s  
TopologyChanges : 2  
DesignatedRoot : 32768.5869.6c32.2662  
RootCost : 200000  
RootPort : FastEthernet 0/1

L2-SW#show spanning-tree

StpVersion : RSTP  
SysStpStatus : ENABLED  
MaxAge : 20  
HelloTime : 2  
ForwardDelay : 15  
BridgeMaxAge : 20  
BridgeHelloTime : 2  
BridgeForwardDelay : 15  
MaxHops: 20  
TxHoldCount : 3  
PathCostMethod : Long  
BPDUGuard : Disabled  
BPDUFilter : Disabled  
LoopGuardDef : Disabled  
BridgeAddr : 5869.6c32.2662  
Priority: 32768  
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:18m:47s  
TopologyChanges : 2  
DesignatedRoot : 32768.5869.6c32.2662  
RootCost : 0  
RootPort : 0

分析: 可以看到两台交换机已经正常启用了 RSTP 协议, 两台交换机的桥优先级都是 32768, 然后比较 MAC 地址,  $L2\_5869.6c32.2662 < L3\_5869.6c32.4456$ , 由于 MAC 地址较小, L2-SW 被选举为根桥, L3\_SW 在自己的生成树设置根桥为 L2-SW。两台交换机上计算路径成本的方法都是长整型。

根桥选定后, 其他交换机都成为非根桥, 每台交换机需要选举一条到根桥的根路径, 相应的端口就是根端口, 若有多条路径到达根桥, 比较各条路径累加的开销 COST, 带宽大的

链路开销值低，累加值 COST 最低得路径是根路径。L3-SW 上 Fa0/1 和 Fa0/2 都与根桥相连，路径开销也相同，端口号 Fa0/1 比 Fa0/2 小，Fa0/1 被选为根端口。所有根端口都为指定端口，参与数据的转发，Fa0/2 端口为非指定端口，将被阻塞，无法转发数据。

本实验，需要掌握根桥设置方法和根端口设置方法。

现将三层交换机 L3-SW 修改为根交换机，此时交换机配置界面会有提示信息，通告网络拓扑发生改变，新的根交换机变为 5869.6c32.4456，二层交换机 Gi0/1 默认成为根端口，需要人为指定二层交换机 Gi0/2 为根端口。

第 5 步：指定三层交换机为根网桥，指定二层交换机的 Gi0/2 端口为根端口。

L3-SW(config)#spanning-tree priority ?

<0-61440> Bridge priority in increments of 4096

！查看网桥优先级的可配置范围，在 0~61440 之内，且必须是 4096 的倍数

**L3-SW(config)#spanning-tree priority 4096** ！配置网桥优先级为 4096

L3-SW(config)#

修改根端口，需要在根交换机上修改，二层交换机的 Gi0/2 连接三层交换机的 Fa0/2，因此修改 Fa0/2 的优先级。

**L3-SW(config)#interface Fa 0/2**

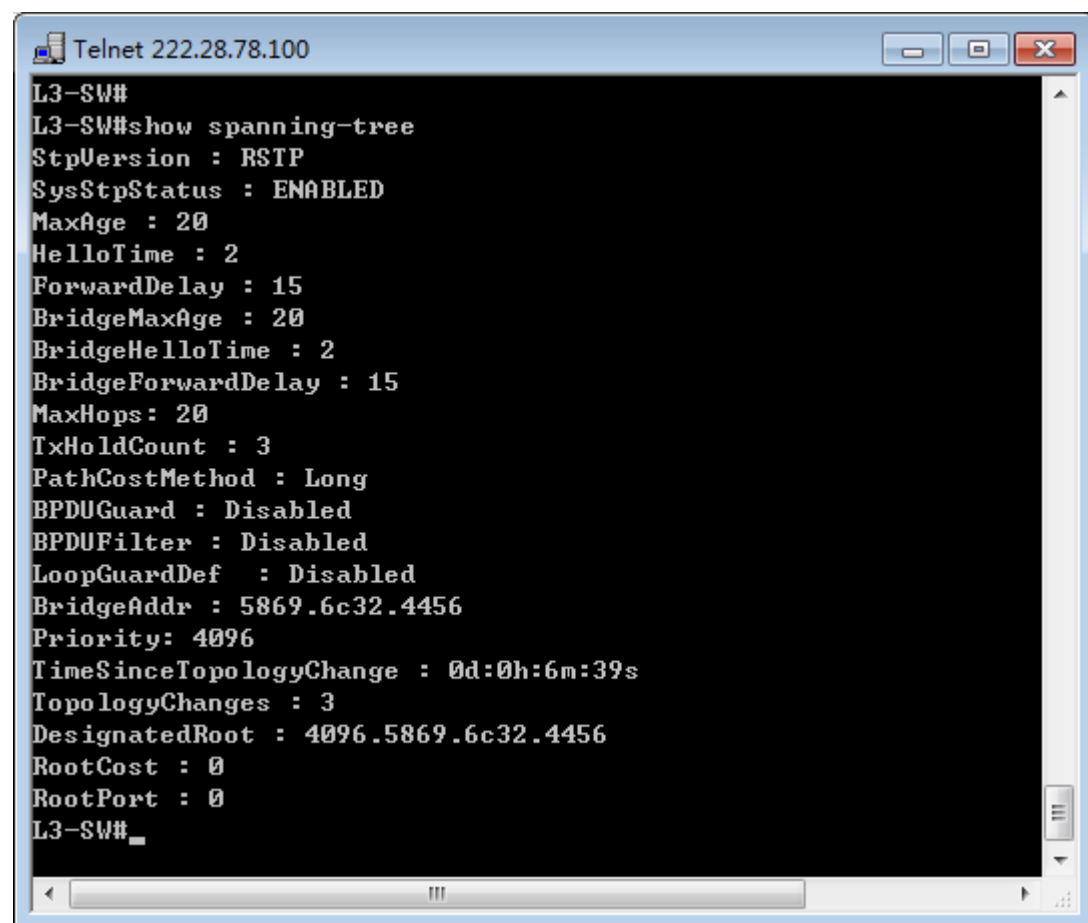
**L3-SW(config-if)#spanning-tree port-priority ?**

<0-240> Port priority in increments of 16

！查看端口优先级的可配置范围，在 0~240 之内，且必须是 16 的倍数

**L3-SW(config-if)#spanning-tree port-priority 96** ！修改 Gi0/2 端口的优先级为 96，默认是 128。

第四步：查看生成树的配置，观察是否修改成功。

A screenshot of a Telnet session window titled "Telnet 222.28.78.100". The window shows a command-line interface for a switch named L3-SW. The user has entered the command "show spanning-tree", and the output displays various STP parameters: StpVersion: RSTP, SysStpStatus: ENABLED, MaxAge: 20, HelloTime: 2, ForwardDelay: 15, BridgeMaxAge: 20, BridgeHelloTime: 2, BridgeForwardDelay: 15, MaxHops: 20, TxHoldCount: 3, PathCostMethod: Long, BPDUGuard: Disabled, BPDUFilter: Disabled, LoopGuardDef: Disabled, BridgeAddr: 5869.6c32.4456, Priority: 4096, TimeSinceTopologyChange: 0d:0h:6m:39s, TopologyChanges: 3, DesignatedRoot: 4096.5869.6c32.4456, RootCost: 0, RootPort: 0. The prompt "L3-SW#" is visible at the bottom.

```
Telnet 222.28.78.100
L3-SW#
L3-SW#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 5869.6c32.4456
Priority: 4096
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:6m:39s
TopologyChanges : 3
DesignatedRoot : 4096.5869.6c32.4456
RootCost : 0
RootPort : 0
L3-SW#
```



!!!!!!!!!!!!!!

Success rate is 99 percent (993/1000), round-trip min/avg/max = 1/1/30 ms

从中可以看到替换端口变成转发端口的过程中,丢失了 7 个 ping 包,中断时间小于 60ms。

当网络主链路发生故障时,网络拓扑结构会发生变化,处于阻塞状态的端口,通过 BPDU 报文侦听了解到这一变化,端口状态立刻从阻塞转变到学习状态,完成 MAC 地址表的建立后,端口转变为转发状态。一个端口从禁用到转发大约需要 50 秒,用于生成树协议了解整个网络的拓扑结构。

**【注意事项】**

- 1、锐捷交换机缺省是关闭 spanning-tree 的,如果网络在物理上存在环路,则必须手工开启 spanning-tree。
- 2、锐捷全系列的交换机默认为 MSTP 协议,在配置时注意生成树协议的版本。

## 六、思考题

1. 广播风暴产生的原因是什么?它有什么危害?
2. 根交换机也称为根桥,它的选举规则是什么?
3. 非根交换机,怎样选举根端口?