

---

# 华中科技大学

电子信息与通信学院

## 实 验 指 导 书

实验名称	L2 分组观察与交换机
课程名称	计算机网络

## 一、 实验目的

1. 掌握数据链路层(L2)的基本原理
2. 掌握观察和配置主机、交换机
3. 观察交换机的生成树算法的现象

## 二、 实验原理

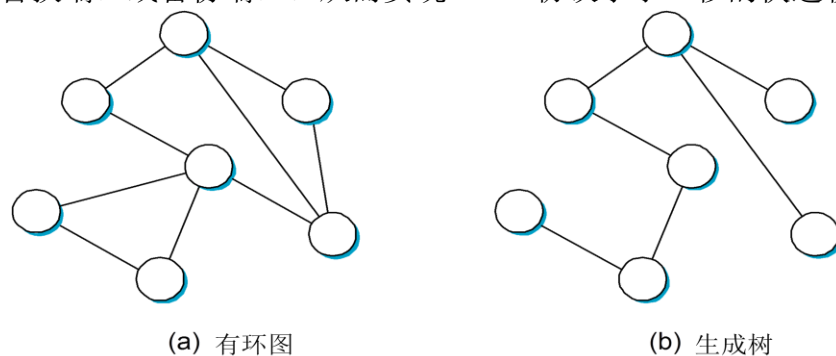
### 1. MAC地址与IP地址的关系

MAC地址的长度为48位（6个字节），通常表示为12个16进制数，每2个16进制数之间用冒号隔开，如：08:00:20:0A:8C:6D就是一个MAC地址，其中前6位16进制数08:00:20代表网络硬件制造商的编号，它由IEEE分配，而后3位16进制数0A:8C:6D代表该制造商所制造的某个网络产品（如网卡）的系列号。每个网络制造商必须确保它所制造的每个以太网设备都具有相同的前三字节以及不同的后三个字节。这样就可保证世界上每个以太网设备都具有唯一的MAC地址。

IP 地址，即指使用 TCP/IP 协议指定给主机的 32 位地址。IP 地址由网络地址和主机地址两部分组成，分配给这两部分的位数随地址类（A 类、B 类、C 类等）的不同而不同。网络地址用于路由选择，而主机地址用于在网络或子网内部寻找一个单独的主机。一个 IP 地址使得将来自源地址的数据通过路由而传送到目的地址变为可能。

### 2. 生成树spanning-tree的原理

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），分别作为根端口（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。

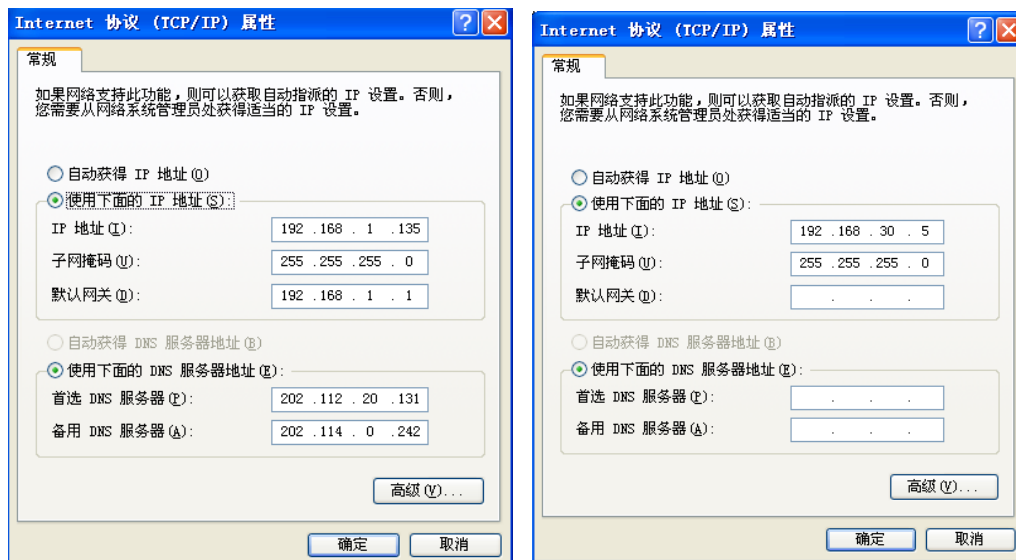


### 三、 实验内容

#### (一) 熟悉环境

本机 IP 配置，MAC 地址观察，网内 ARP 观察

##### 1. 配置本机的两个 IP 地址



在 windows command 窗口下，使用 arp 和 ipconfig 命令，记录本机 MAC 地址

#### ARP 命令

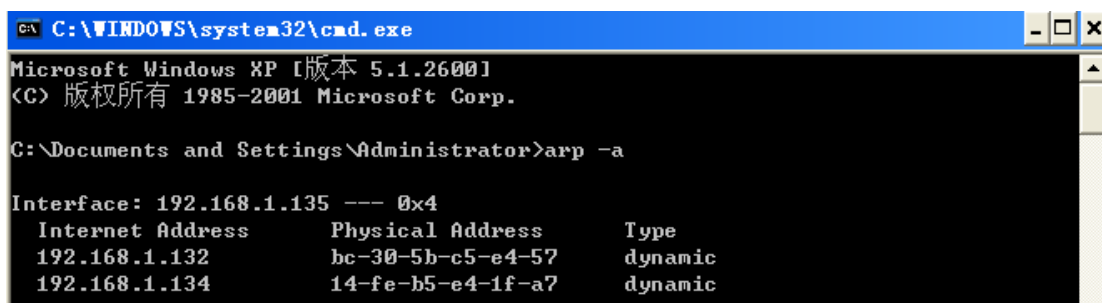
ARP 是一个重要的 TCP/IP 协议，并且用于确定对应 IP 地址的网卡物理地址。实用 arp 命令，我们能够查看本地计算机或另一台计算机的 ARP 高速缓存中的当前内容。

ARP 常用命令选项：

arp -a 或 arp -g

用于查看高速缓存中的所有项目。

-a 和 -g 参数的结果是一样的，多年来 -g 一直是 UNIX 平台上用来显示 ARP 高速缓存中所有项目的选项，而 Windows 用的是 arp -a (-a 可被视为 all，即全部的意思)，但它也可以接受比较传统的 -g 选项。



## ipconfig 命令

ipconfig 可用于显示当前的 TCP/IP 配置的设置值,通常是用来检验人工配置的 TCP/IP 设置是否正确。为每个已经配置了的接口显示 IP 地址、子网掩码和缺省网关值。加上了 all 参数之后显示的信息将会更为完善,例如 IP 的主机信息, DNS 信息, 物理地址信息, DHCP 服务器信息。

```
C:\Documents and Settings\Administrator>ipconfig /all

Windows IP Configuration

    Host Name . . . . . : pc35
    Primary Dns Suffix . . . . . :
    Node Type . . . . . : Unknown
    IP Routing Enabled. . . . . : No
    WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter VMware Network Adapter VMnet8:

    Connection-specific DNS Suffix . :
    Description . . . . . : VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet8
    Physical Address. . . . . : 00-50-56-C0-00-08
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 192.168.150.1
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . :

Ethernet adapter VMware Network Adapter VMnet1:

    Connection-specific DNS Suffix . :
    Description . . . . . : VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet1
    Physical Address. . . . . : 00-50-56-C0-00-01
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 192.168.225.1
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . :

Ethernet adapter 本地连接:

    Connection-specific DNS Suffix . :
    Description . . . . . : Broadcom NetLink (TM) Gigabit Ethernet
    Physical Address. . . . . : 14-FE-B5-E4-6A-95
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 192.168.1.135
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1
    DNS Servers . . . . . : 202.112.20.131
                           202.114.0.242

Ethernet adapter 本地连接 2:

    Connection-specific DNS Suffix . :
    Description . . . . . : Realtek RTL8139 Family PCI Fast Ethernet NIC
    Physical Address. . . . . : 54-E6-FC-6E-7E-5C
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 192.168.30.5
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . :
```

## 2. 观察网内的 IP 和 MAC 地址

启动“网络协议分析仪”



使用“地址本”功能



观察本组 6 台主机的 IP 地址，记录其相应的 MAC 地址。



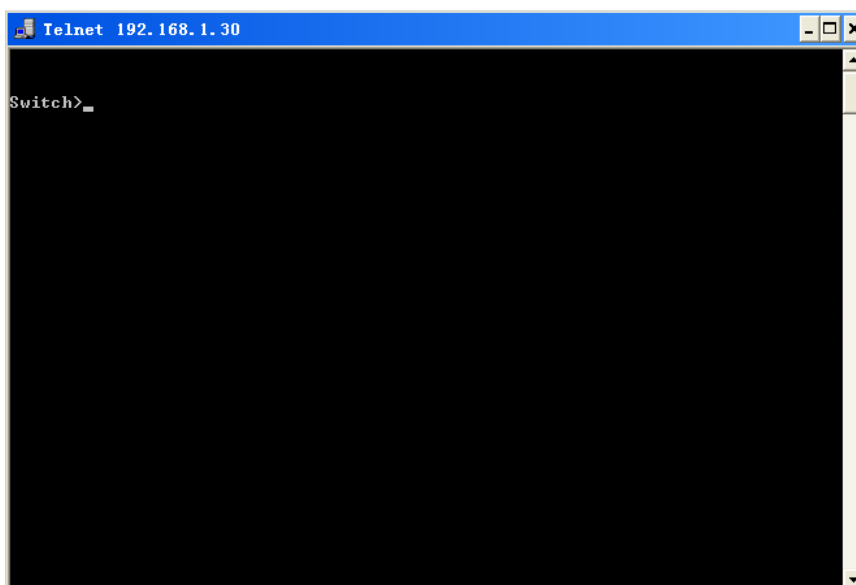
## (二) 了解配置交换机的过程

登录本组机柜的网络管理服务器界面，点击进入特定网络设备的 telnet 窗口。

浏览器地址栏输入：**192.168.1.x0:8080** x 为组号



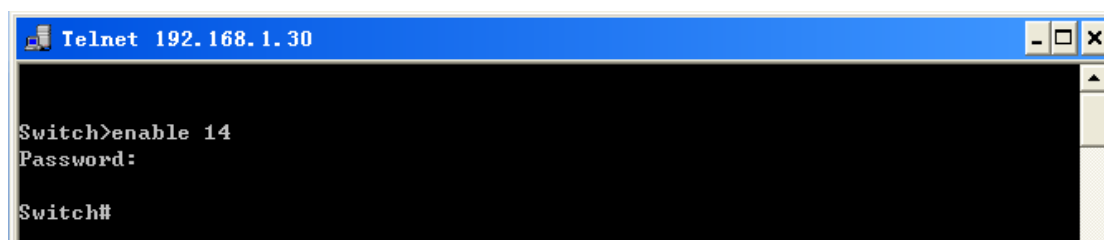
缺省先输入一个回车，看到命令行以后，输入命令。



输入 enable 命令，启动控制功能。

锐捷交换机命令为 enable 14，密码为 student；

锐捷交换机示例：



2.1 用网线将本组的 6 台主机连接到 4 台交换机的任意端口上，交换机之间不要连线。分别登录不同的交换机，观察该交换机的接口连接状态和 MAC 转发表。

输入 `show interface status` 命令，观察交换机的接口连接状态。

```
Switch#show interfaces status
```

Interface	Status	vlan	duplex	speed	type
Fa0/1	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/2	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/3	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/4	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/5	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/6	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/7	up	1	Full	100	10/100BaseTX
Fa0/8	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/9	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/10	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/11	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/12	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/13	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/14	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/15	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/16	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/17	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/18	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX
Fa0/19	down	1	Unknown	Unknown	10/100BaseTX

--More--

输入 `show mac-address-table` 命令，观察交换机的 MAC 转发表。

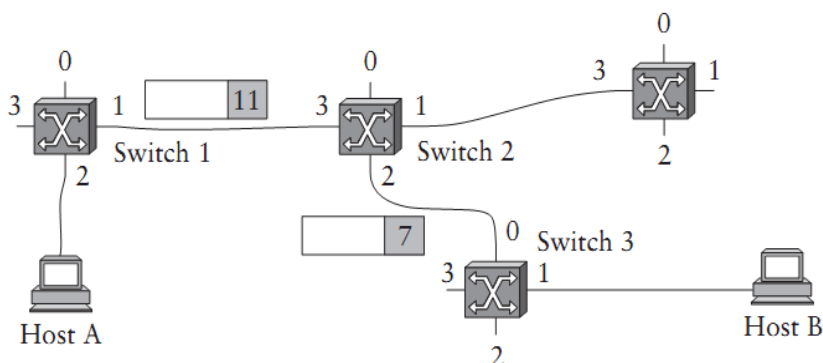
锐捷交换机示例：

Telnet 192.168.1.30

```
Switch#show mac-address-table
```

Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	54e6.fc6e.7e5c	DYNAMIC	Fa0/7

记录本组 6 台主机在 4 台交换机上的对应端口情况，绘制类似于下图的拓扑图，标明交换机的名称、端口号、主机的物理地址等。



## 如何查看锐捷交换机的 MAC 地址：

注意：根据实验室内交换器型号与类型的不同，查看其 MAC 地址的命令也有所不同。请根据自己登陆的交换机的具体型号，使用对应命令。

首先，每台交换机有两个 MAC 地址，一个用于二层（生成树，堆叠），一个用于三层（arp, ip 通信）。二层地址比三层地址小 1。

对于 2126G 交换机,通过命令 **show member** 查看其二层 MAC 地址，示例如下：

2126G:

```
Switch#show member
member MAC address      priority alias      SWVer      HWVer
-----
1      001a.a94e.2451      1
Switch#
```

即此 2126G 交换机的两个 MAC 地址为：001a.a94e.2451 001a.a94e.2452

对于 2628G 和 3760 型号交换机，通过 **show int vlan 1** 查看其三层 MAC 地址，注意此命令首先须进入全局设置状态，对 vlan 进行配置，示例如下：

2628G 和 3760:

```
Ruijie#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Ruijie(config)#int vlan 1
Ruijie(config-if-ULAN 1)#exit
Ruijie(config)#show int vlan 1
Index(dec):4097 <hex>:1001
ULAN 1 is UP , line protocol is UP
Hardware is ULAN, address is 5869.6c07.72a5 <bia 5869.6c07.72a5>
Interface address is: no ip address
ARP type: ARPA, ARP Timeout: 3600 seconds
  MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit
  Encapsulation protocol is Ethernet-II, loopback not set
  Keepalive interval is 10 sec , set
  Carrier delay is 2 sec
  Rxload is 0/255, Txload is 0/255
Ruijie(config)#
```

即此 2628G 交换机的两个 MAC 地址为：5869.6c07.72a4 5869.6c07.72a5



## 2.2 用网线将本组的 4 台交换机任意互联。分别登录不同的交换机，观察该交换机的生成树。

观察交换机的支撑树，可以用以下命令：

首先须进入全局配置状态，开启生成树协议，指定协议类型为 RSTP/MSTP/STP：

```
Switch# configure terminal
Switch(config)# spanning-tree
Switch(config)# spanning-tree mode rstp
Switch(config)# exit
```

回到特权模式，查看生成树配置信息：`show spanning-tree`

示例：

```
Switch#show spanning-tree

StpVersion : RSTP
SysStpStatus : Enabled
BaseNumPorts : 24
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
BridgeAddr : 001a.a94e.2452
Priority : 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:2m:53s
TopologyChanges : 0
DesignatedRoot : 8000001AA94D0483
RootCost : 200000
RootPort : Fa0/12
```

**观察：**

StpVersion & SysStpStatus: 交换机已经正常启用了 **RSTP** 协议；

Priority: 该交换机的优先级是 32768；

BridgeAddr: 网桥 MAC 地址；

DesignatedRoot: 后 12 位是生成树的根交换机的 MAC 地址；

RootPort: 该交换机的根端口是 Fa0/12；

交换机上计算路径成本的方法都是长整型，为 20000。

观察交换机各接口的支撑树信息，可以用以下命令，x 表示指定的接口号：

`show spanning-tree interface Fa0/x`

在拓扑图上，标明交换机的根网桥、指派网桥信息、优先级、路径权值等信息。

## 2.3 修改交换机网桥优先级以及端口的优先级

第一步：配置两台交换机的主机名、管理IP地址和Trunk

三层交换机：

```
Ruijie(config)#
Ruijie(config)#hostname L3-SW
L3-SW(config)#interface vlan 1
Interface Vlan 1, changed state to up.49: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on
L3-SW(config-if-VLAN 1)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
L3-SW(config-if-VLAN 1)#no shutdown
L3-SW(config-if-VLAN 1)#exit
L3-SW(config)#interface Fa0/1
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/1)#switchport mode trunk
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/1)#exit
L3-SW(config)#interface Fa0/2
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#switchport mode trunk
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#exit
```

二层交换机：

```
Ruijie#
Ruijie#config
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Ruijie(config)#hostname L2-SW
L2-SW(config)#interface vlan 1
Interface Vlan 1, changed state to up.14: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on
L2-SW(config-if-VLAN 1)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
L2-SW(config-if-VLAN 1)#no shutdown
L2-SW(config-if-VLAN 1)#exit
L2-SW(config)#interface Fa0/1
L2-SW(config-if-FastEthernet 0/1)#switchport mode trunk
L2-SW(config-if-FastEthernet 0/1)#exit
L2-SW(config)#interface Fa0/2
L2-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#switchport mode trunk
L2-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#exit
```

第二步：在两台交换机上启用 RSTP

spanning-tree

spanning-tree mode rstp

```
L2-SW(config)#
L2-SW(config)#spanning-tree
Enable spanning-tree.
L2-SW(config)#spanning-tree mode rstp
```

```
L3-SW(config)#
L3-SW(config)#spanning-tree
Enable spanning-tree.
L3-SW(config)#spanning-tree mode rstp
```

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：

二层交换机：

```
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 : Short
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 5869.6c07.602a
Priority: 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:0m:51s
TopologyChanges : 1
DesignatedRoot : 32768.5869.6c07.602a
RootCost : 0
RootPort : 0
```

三层交换机：

```
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 : 5869.6c31.8e34
Priority: 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:0m:9s
TopologyChanges : 2
DesignatedRoot : 32768.5869.6c07.602a
RootCost : 2000000
RootPort : FastEthernet 0/1
```

**观察：**

可以看到两台交换机已经正常启用了RSTP协议，由于MAC地址较小，L3-SW被选举为根网桥，优先级是32768；两台交换机上计算路径成本的方法都是长整型。

为了在网络中新加入其他的交换机后，L3-SW 还是保证能够选举为根网桥，**需要提高 L3-SW 的网桥优先级。**

第三步：指定三层交换机为根网桥，二层交换机的 F0/2 端口为根端口，指定两台交换机的端口路径成本计算方法为短整型

## 1. 三层交换机

配置网桥优先级为 4096

```
L3-SW(config)#
L3-SW(config)#spanning-tree priority ?
<0-61440> Bridge priority in increments of 4096
L3-SW(config)#spanning-tree priority 4096
```

修改 F0/2 端口的优先级为 96

```
L3-SW(config)#interface Fa0/2
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#spanning-tree port-priority ?
<0-240> Port priority in increments of 16
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#spanning-tree port-priority 96
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#
L3-SW(config-if-FastEthernet 0/2)#exit
```

修改计算路径成本的方法为短整型

```
L3-SW(config)#spanning-tree pathcost method short
L3-SW(config)#
L3-SW(config)#exit
```

## 2. 二层交换机

修改计算路径成本的方法为短整型

```
L2-SW(config)#spanning-tree pathcost method short
L2-SW(config)#exit
```

#### 第四步：查看生成树的配置

##### 1. 三层交换机

```
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 : Short
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 5869.6c31.8e34
Priority: 4096
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:3m:51s
TopologyChanges : 2
DesignatedRoot : 4096.5869.6c31.8e34
RootCost : 0
RootPort : 0
```

```
L3-SW#show spanning-tree interface Fa0/1

PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 1
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 19
PortOperPathCost : 19
Inconsistent states : normal
PortRole : designatedPort
```

```
L3-SW#show spanning-tree interface Fa0/2
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 96
PortDesignatedRoot : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedPortPriority : 96
PortDesignatedPort : 2
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 19
PortOperPathCost : 19
Inconsistent states : normal
PortRole : designatedPort
```

### 观察

在 L3-SW 中，

Priority: 网桥优先级已经被修改为 4096;

Fa0/2 端口的优先级也被修改成 96;

在短整型的计算路径成本的方法中，两个端口的路径成本都是 19;

PortRole: 两端口均为 designatedPort 指定端口;

PortState: 两端口现在都处于 forwarding 转发状态。

## 2. 二层交换机

```
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 : Short
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 5869.6c07.602a
Priority: 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:4m:21s
TopologyChanges : 1
DesignatedRoot : 4096.5869.6c31.8e34
RootCost : 19
RootPort : FastEthernet 0/2
```

```
L2-SW#show spanning-tree interface Fa0/1

PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : discarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 1
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 19
PortOperPathCost : 19
Inconsistent states : normal
PortRole : alternatePort
```

```
L2-SW#show spanning-tree interface fa0/2

PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.5869.6c31.8e34
PortDesignatedPortPriority : 96
PortDesignatedPort : 2
PortForwardTransitions : 4
PortAdminPathCost : 19
PortOperPathCost : 19
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
```

### 观察：

在 L2-SW 中，

网桥优先级还是默认的 32768；

端口优先级也是默认的 128，路径成本是 19；

PortRole: 端口 Fa0/2 被选举为 RootPort 根端口，端口 Fa0/1 则是 AlternatePort 替换端口；

PortStatus: 端口 Fa0/2 处于 forwarding 转发状态，端口 Fa0/1 处于 discarding 丢弃状态。