交换阶段 - 中小型局域网（交换机：链路层 L2）

一、实验目的

1. 学习中小型局域网的组网
2. 学习数据链路层设备交换机的使用
3. 学习划分 VLAN

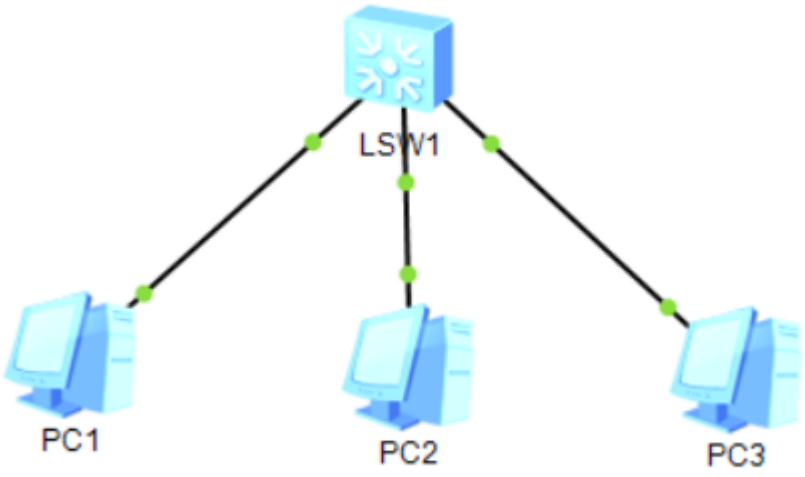
二、实验内容

1. 多 PC 通过 1 台交换机组网（L2 Switch 转发）
2. 多 PC 通过多台交换机组网
3. 使用交换机 + VLAN 组网

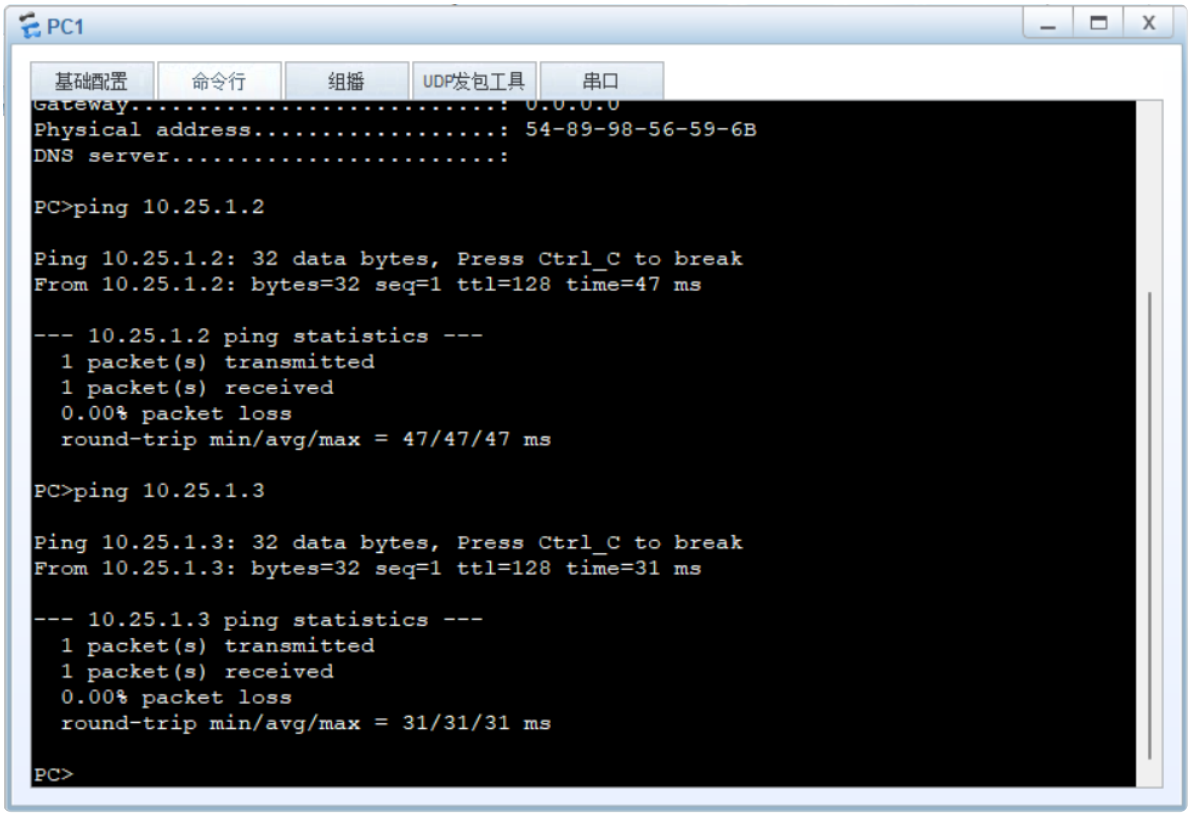
三、实验步骤

2.1 多 PC 通过 1 台交换机组网（L2 Switch 转发）

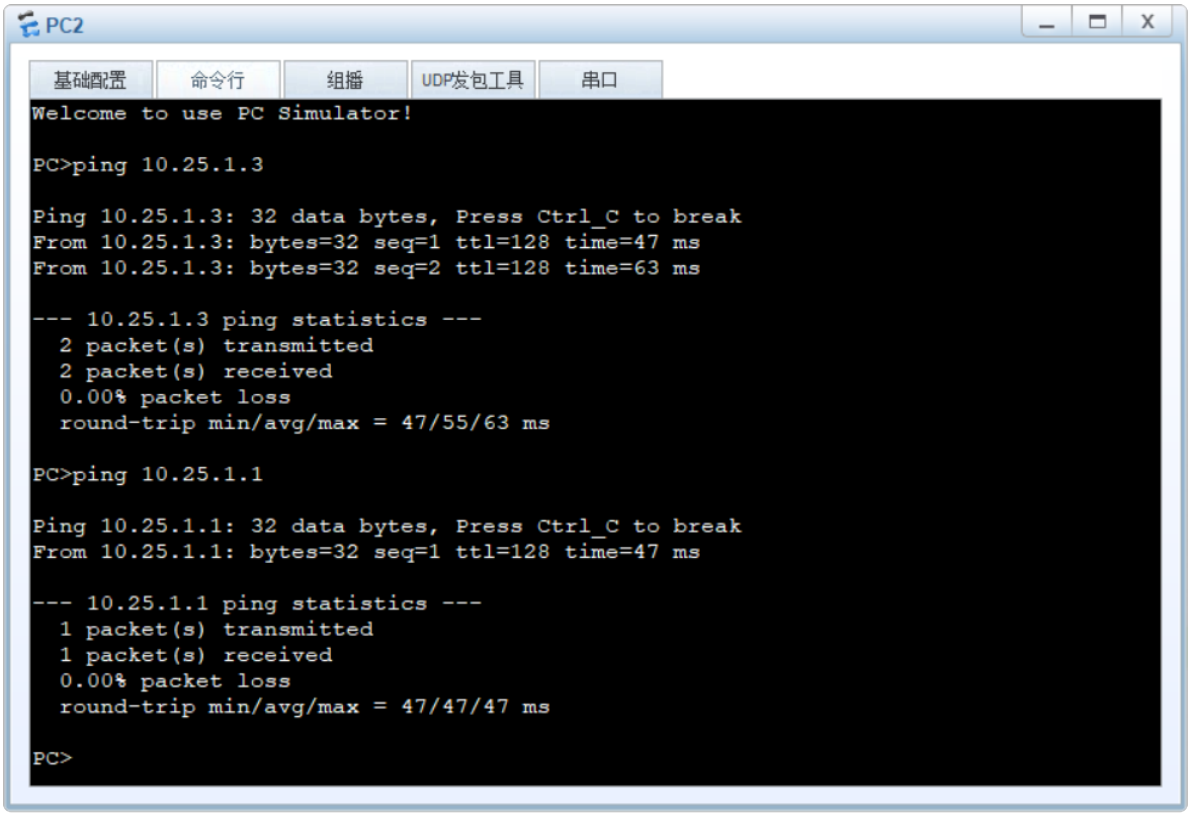
0. 网络拓扑



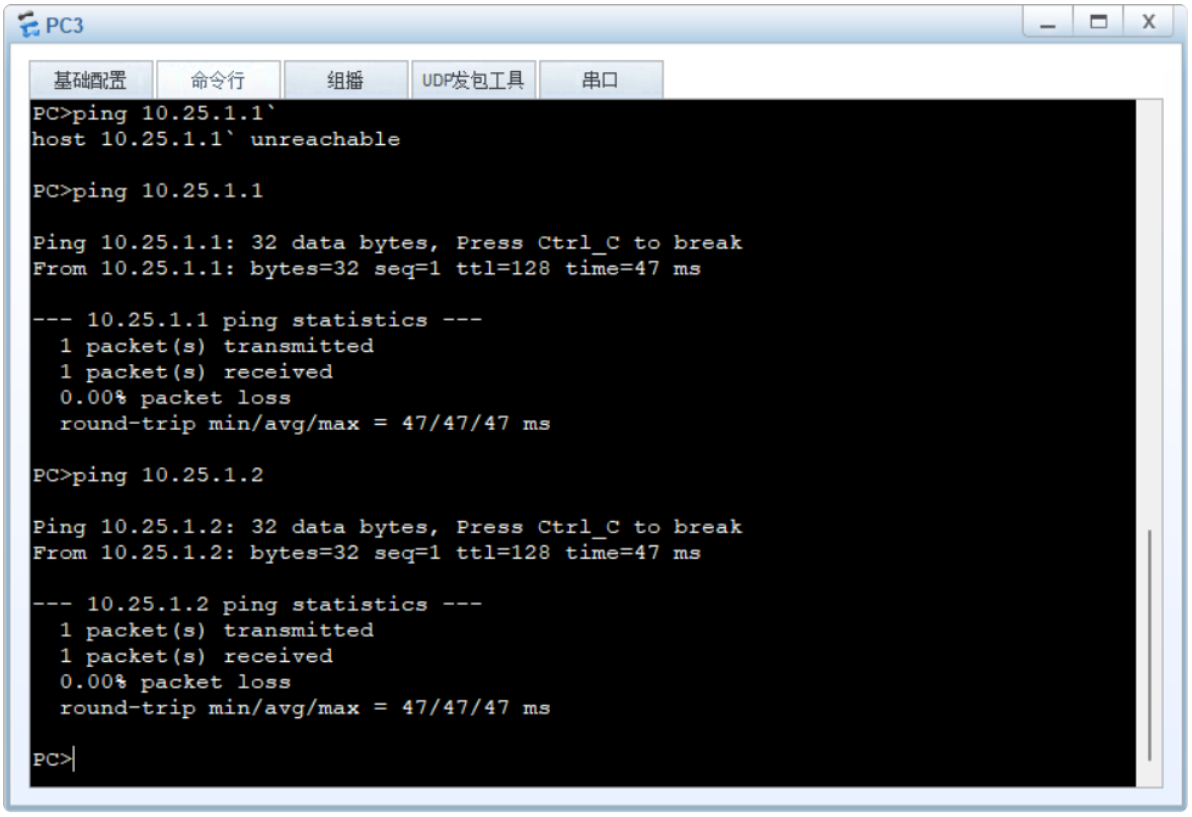
1. PC 机可以互 ping
   PC1 ping PC2, PC3



PC2 ping PC1, PC3



PC3 ping PC1，PC2

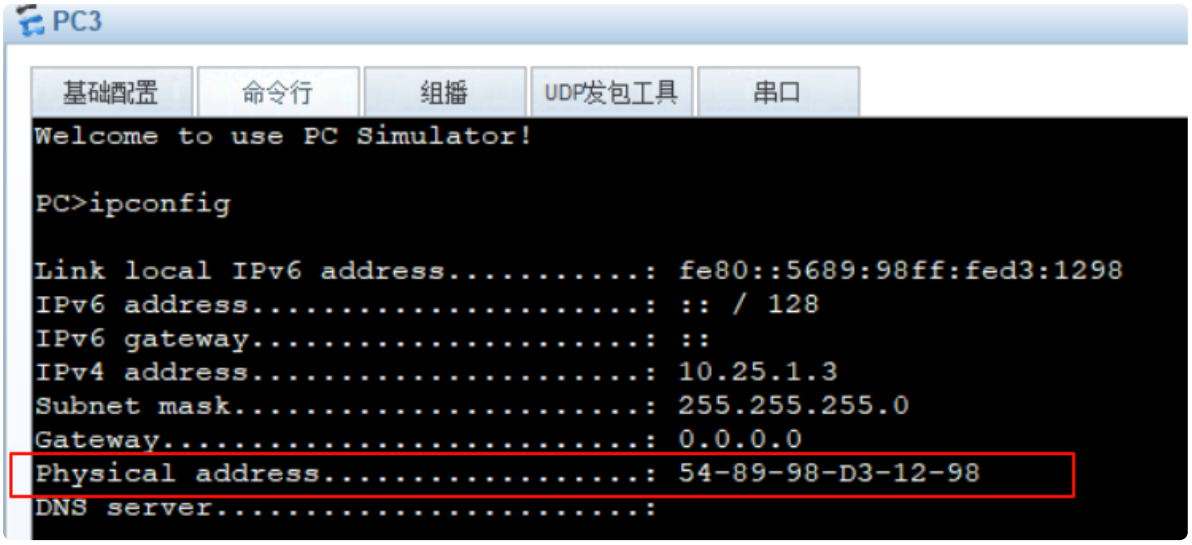


2. 查看 PC 机网卡的 MAC 地址

PC1

PC2

PC3



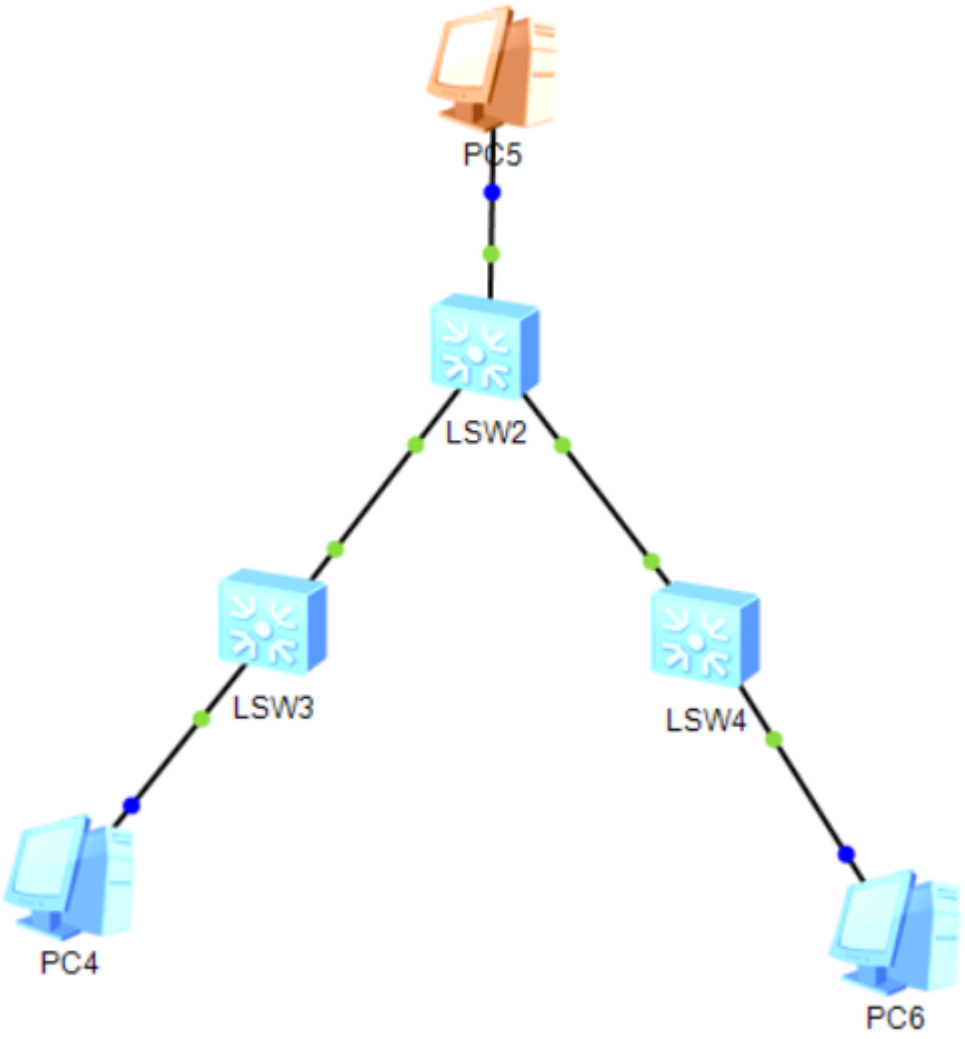
3. 查看交换机 MAC 学习情况

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
-------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port           Type       LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                               MAC-Tunnel
-------------------------------------------------------------------------------
5489-9856-596b 1           -      -      GE0/0/1        dynamic    0/-
5489-9895-0b23 1           -      -      GE0/0/2        dynamic    0/-
5489-98d3-1298 1           -      -      GE0/0/3        dynamic    0/-
-------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 3
```

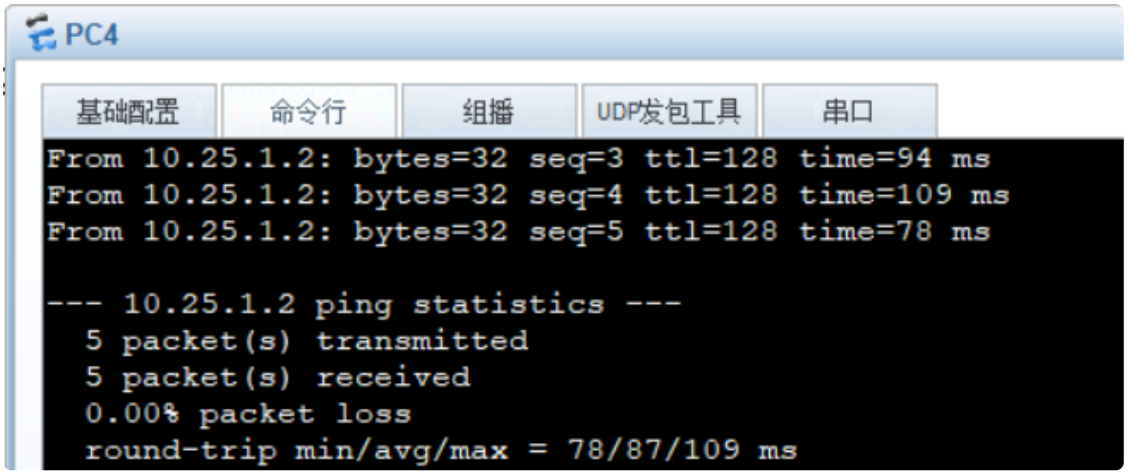
> 各 PC MAC 地址被正确学习到 🚀

2.2 多 PC 通过多台交换机组网

0. 网络拓扑



1. PC 机可以互 ping
   - PC1 ping PC2



- PC2 ping PC1

PC5

基础配置 | 命令行 | 组播 | UDP发包工具 | 串口

```
Welcome to use PC Simulator!

PC>ping 10.25.1.1

Ping 10.25.1.1: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 10.25.1.1: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=109 ms
From 10.25.1.1: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=110 ms

--- 10.25.1.1 ping statistics ---
  2 packet(s) transmitted
  2 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 109/109/110 ms
```

- ping PC3

```
PC>ping 10.25.1.3

Ping 10.25.1.3: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 10.25.1.3: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=109 ms
From 10.25.1.3: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=140 ms
From 10.25.1.3: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=109 ms
```

2. 抓包分析

初次 ping，路由器发送 ARP 请求，进行 MAC 地址学习

20	40.562000	HuaweiTechno_5d:76:…	Broadcast	ARP	60	Who has 10.25.1.2? Tell 10.25.1.1
21	40.625000	HuaweiTechno_93:3f:…	HuaweiTechno_5d:76:…	ARP	60	10.25.1.2 is at 54:89:98:93:3f:01
22	40.656000	10.25.1.1	10.25.1.2	ICMP	74	Echo (ping) request id=0xddbf, seq=1/256, ttl=128 (reply in 23)
23	40.719000	10.25.1.2	10.25.1.1	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0xddbf, seq=1/256, ttl=128 (request in 22)
24	41.734000	10.25.1.1	10.25.1.2	ICMP	74	Echo (ping) request id=0xdebf, seq=2/512, ttl=128 (reply in 25)
25	41.797000	10.25.1.2	10.25.1.1	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0xdebf, seq=2/512, ttl=128 (request in 24)

后续 ping 无 ARP 请求（老化前）

45	71.594000	HuaweiTechno_2a:06:…	Spanning-tree-(for-…	STP	119	MST. Root = 32768/0/4c:1f:cc:0b:21:ba Cost = 40000 Port = 0x8003
46	73.844000	HuaweiTechno_2a:06:…	Spanning-tree-(for-…	STP	119	MST. Root = 32768/0/4c:1f:cc:0b:21:ba Cost = 40000 Port = 0x8003
47	76.094000	HuaweiTechno_2a:06:…	Spanning-tree-(for-…	STP	119	MST. Root = 32768/0/4c:1f:cc:0b:21:ba Cost = 40000 Port = 0x8003
48	77.453000	10.25.1.1	10.25.1.2	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x02c0, seq=1/256, ttl=128 (reply in 49)
49	77.547000	10.25.1.2	10.25.1.1	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x02c0, seq=1/256, ttl=128 (request in 48)

3. 交换机 MAC 地址学习情况

LSW3

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
-------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
-------------------------------------------------------------------------------
5489-985d-769b 1           -      -      GE0/0/3         dynamic   0/-
5489-9893-3f01 1           -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-98d2-7b79 1           -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
-------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 3
```

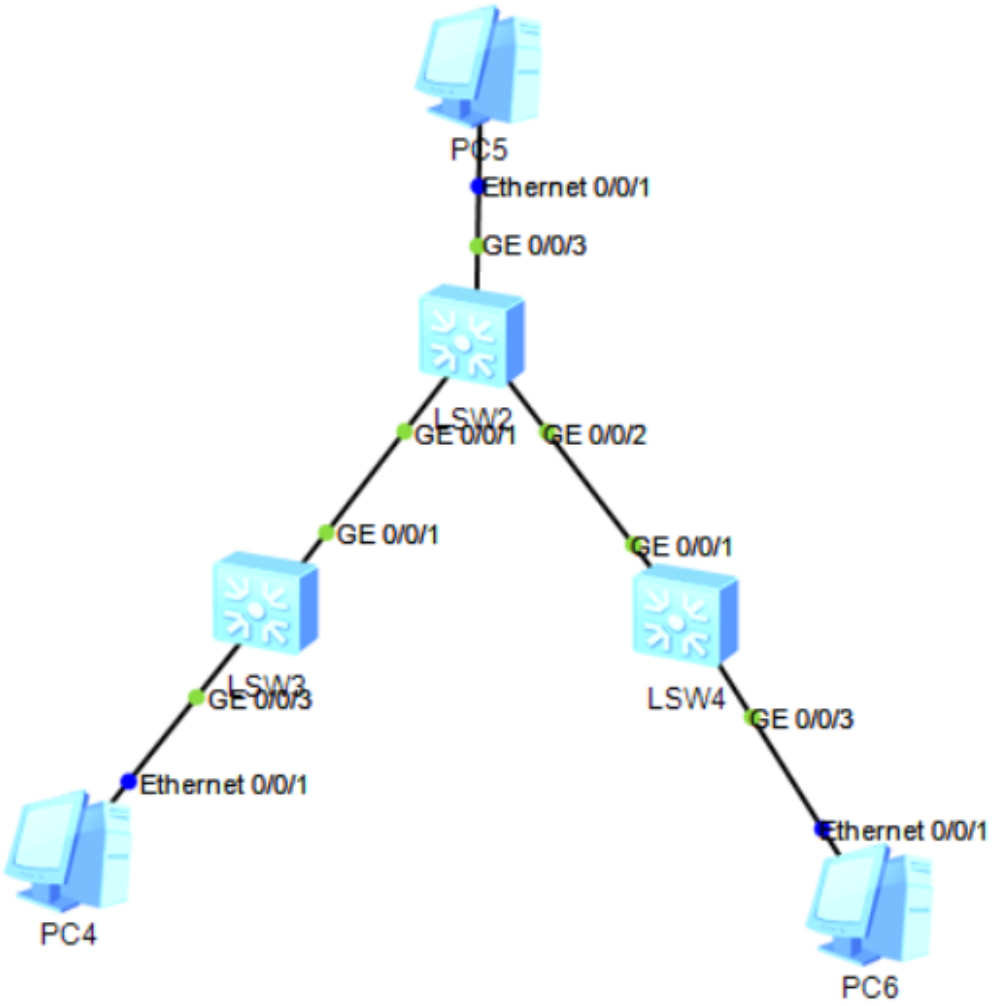
LSW2

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
-------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
-------------------------------------------------------------------------------
5489-985d-769b 1           -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-9893-3f01 1           -      -      GE0/0/3         dynamic   0/-
5489-98d2-7b79 1           -      -      GE0/0/2         dynamic   0/-
-------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 3
```

LSW4

```
<Huawei>display mac-address
MAC address table of slot 0:
-------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
-------------------------------------------------------------------------------
5489-98d2-7b79 1           -      -      GE0/0/3         dynamic   0/-
5489-985d-769b 1           -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-9893-3f01 1           -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
-------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 3
```

各接口对应情况：



2.3 使用交换机 + VLAN 组网

交换机之间接口划分 Vlan

```
[Huawei] interface Ethernet0/0/2
[Huawei-Ethernet0/0/2] port link-type trunk
[Huawei-Ethernet0/0/2] port trunk allow-pass vlan 10 20
[Huawei-Ethernet0/0/2] quit
```

交换机与 PC 之间接口划分 Vlan

```
[Huawei] interface Ethernet0/0/1
[Huawei-Ethernet0/0/1] port link-type access
[Huawei-Ethernet0/0/1] port default vlan 10
[Huawei-Ethernet0/0/1] quit
```

- Switch1

```
10   common  UT:GE0/0/3(U)
             TG:GE0/0/1(U)

VID  Status  Property      MAC-LRN Statistics Description
--------------------------------------------------------------------------------
1    enable  default       enable  disable    VLAN 0001
10   enable  default       enable  disable    VLAN 0010
```

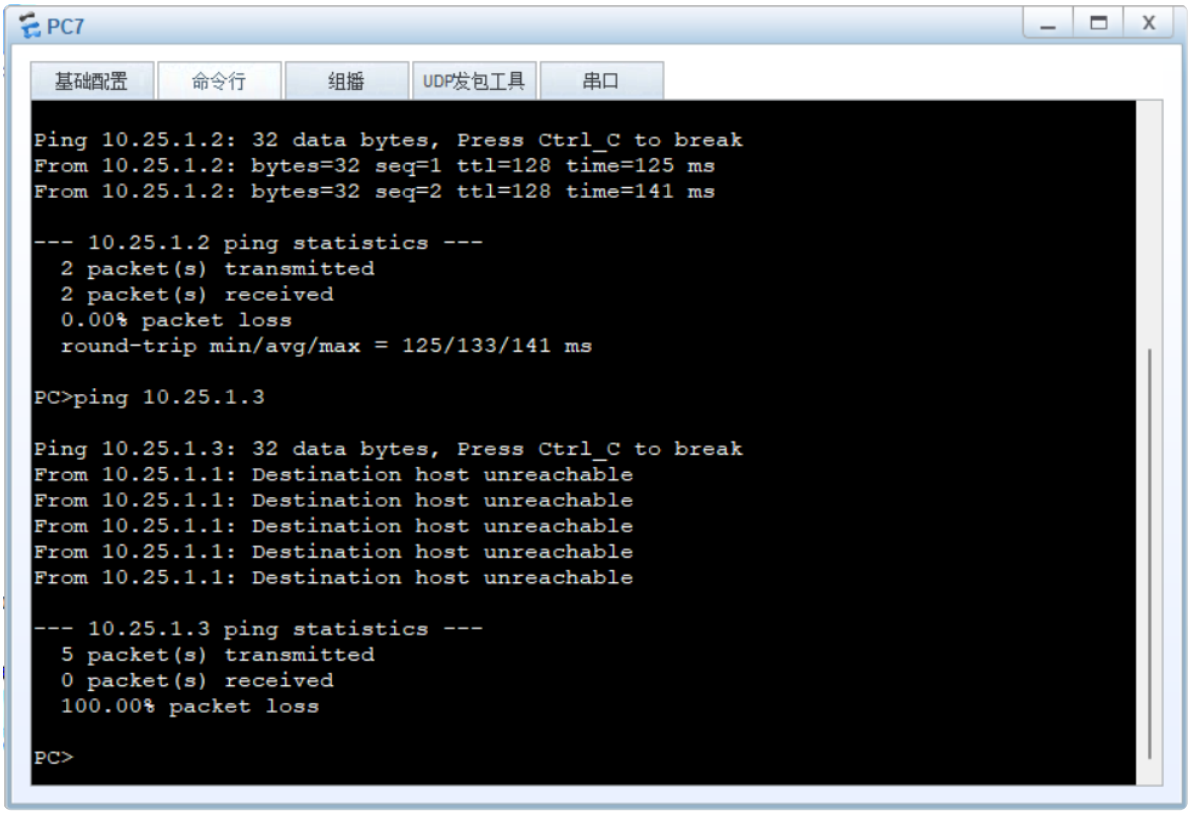
- Switch2

```
10   common  TG:GE0/0/1(U)      GE0/0/2(U)

20   common  TG:GE0/0/2(U)


VID  Status  Property      MAC-LRN Statistics Description
--------------------------------------------------------------------------------

1    enable  default       enable  disable    VLAN 0001
10   enable  default       enable  disable    VLAN 0010
20   enable  default       enable  disable    VLAN 0020
```

- Switch3

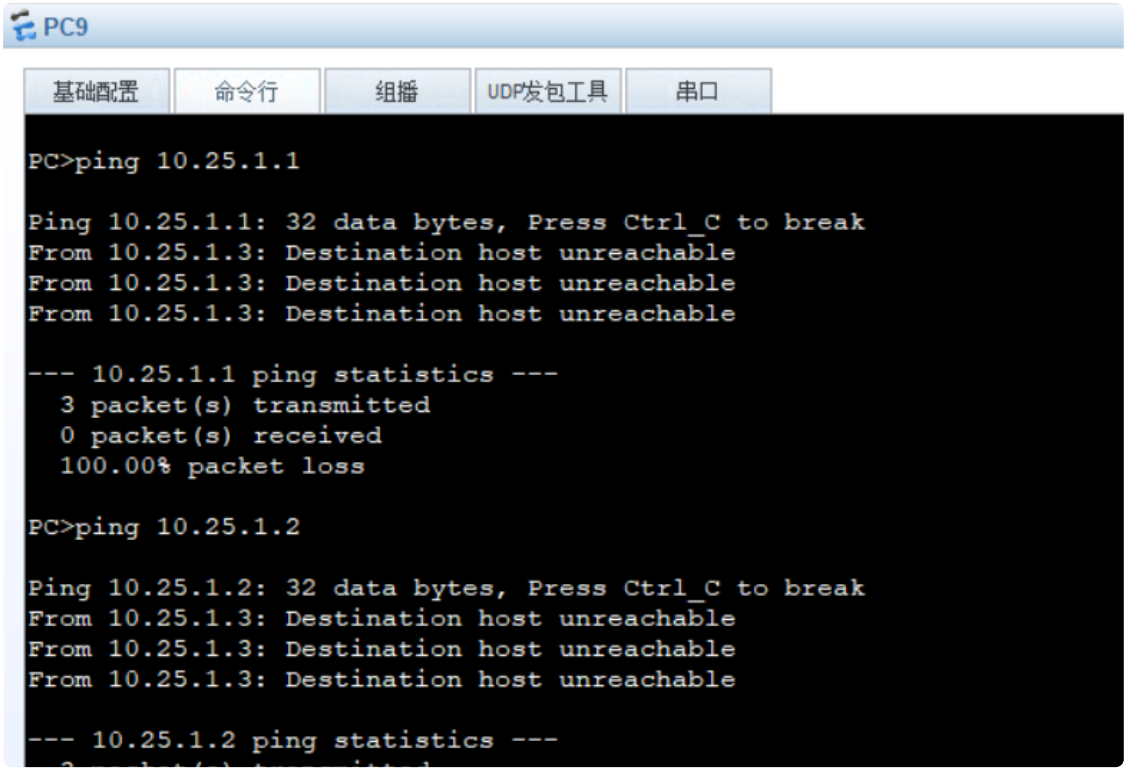
```
10   common  UT:GE0/0/3(U)
             TG:GE0/0/1(U)

20   common  UT:GE0/0/4(U)
             TG:GE0/0/1(U)


VID  Status  Property      MAC-LRN Statistics Description
--------------------------------------------------------------------------------

1    enable  default       enable  disable    VLAN 0001
10   enable  default       enable  disable    VLAN 0010
20   enable  default       enable  disable    VLAN 0020
<Huawei>
```

1. ping 测试



- PC7 是研发部 PC：10.25.1.1
- 能够 ping 通研发部 PC：10.25.1.2

- 不能 ping 通财务部 PC：10.25.1.3



- PC9 是财务部 PC
- 无法 ping 通研发部 PC

2. 查看各交换机 MAC 学习情况

Switch1

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
-------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port           Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
-------------------------------------------------------------------------------
5489-9807-4f2f 10          -      -      GE0/0/3        dynamic   0/-
5489-98eb-539d 10          -      -      GE0/0/1        dynamic   0/-
-------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 2
```

Swich2

LSW7

```
            TG:GE0/0/1(U)


VID  Status  Property      MAC-LRN Statistics Description
--------------------------------------------------------------------------------

1    enable  default       enable  disable    VLAN 0001
10   enable  default       enable  disable    VLAN 0010
20   enable  default       enable  disable    VLAN 0020
<Huawei>dis mac
<Huawei>dis mac-add
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
--------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
--------------------------------------------------------------------------------
5489-9807-4f2f 10          -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-98eb-539d 10          -      -      GE0/0/3         dynamic   0/-
--------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 2
```

Switch3

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
--------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
--------------------------------------------------------------------------------
5489-9807-4f2f 10          -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-98eb-539d 10          -      -      GE0/0/2         dynamic   0/-
--------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 2
```

> 可以发现各交换机仅学习到处于 vlan 10 下的主机的 MAC 地址

3. 为 Switch3 增加一台位于 Vlan 20 的主机，使得 Switch2 与 Switch3 能够学到属于 Vlan 20 的主机的 MAC 地址

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
--------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
--------------------------------------------------------------------------------
5489-989b-010b 20          -      -      GE0/0/2         dynamic   0/-
5489-987c-0aa6 20          -      -      GE0/0/3         dynamic   0/-
5489-9807-4f2f 10          -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-98eb-539d 10          -      -      GE0/0/2         dynamic   0/-
--------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 4
```

> 如上图所示，位于 Vlan 20 的主机互 ping 后，Switch2 与 Switch3 学习到对应主机的 MAC 地址 🦊

```
<Huawei>dis mac-address
MAC address table of slot 0:
-------------------------------------------------------------------------------
MAC Address    VLAN/       PEVLAN CEVLAN Port            Type      LSP/LSR-ID
               VSI/SI                                              MAC-Tunnel
-------------------------------------------------------------------------------
5489-98eb-539d 10          -      -      GE0/0/1         dynamic   0/-
5489-9807-4f2f 10          -      -      GE0/0/3         dynamic   0/-
-------------------------------------------------------------------------------
Total matching items on slot 0 displayed = 2
```

如上图所示，此时 Switch1 由于不位于 Vlan 20 下，故仍无法学习到上述 MAC 地址 🤡

四、实验体会

2.1 多 PC 通过 1 台交换机组网（L2 Switch 转发）

1. 抓包时报文与 1.3 相比有哪些变化？
   - 路由器 MAC 地址表中不存在目的 IP 对应的表项时，会发送 ARP 请求：

10 17.562000	HuaweiTechno_56:59:…	Broadcast	ARP	60 Who has 10.25.1.2? Tell 10.25.1.1
11 17.594000	HuaweiTechno_95:0b:…	HuaweiTechno_56:59:…	ARP	60 10.25.1.2 is at 54:89:98:95:0b:23
12 17.609000	10.25.1.1	10.25.1.2	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x01bb, seq=1/256, ttl=128 (reply in 13)
13 17.656000	10.25.1.2	10.25.1.1	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x01bb, seq=1/256, ttl=128 (request in 12)

   - MAC 地址表已经学习到目的 IP 对应的 MAC 地址时，ARP 报文消失，即不会重复发送 ARP 请求：

34 47.328000	HuaweiTechno_3d:6e:…	Spanning-tree-(for-…	STP	119 MST. Root = 32768/0/4c:1f:cc:3d:6e:57 Cost = 0 Port = 0x8002
35 49.578000	HuaweiTechno_3d:6e:…	Spanning-tree-(for-…	STP	119 MST. Root = 32768/0/4c:1f:cc:3d:6e:57 Cost = 0 Port = 0x8002
36 51.187000	10.25.1.1	10.25.1.2	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x2bbb, seq=1/256, ttl=128 (reply in 37)
37 51.203000	10.25.1.2	10.25.1.1	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x2bbb, seq=1/256, ttl=128 (request in 36)
38 51.703000	HuaweiTechno_3d:6e:…	Spanning-tree-(for-…	STP	119 MST. Root = 32768/0/4c:1f:cc:3d:6e:57 Cost = 0 Port = 0x8002
39 52.250000	10.25.1.1	10.25.1.2	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x2cbb, seq=2/512, ttl=128 (reply in 40)
40 52.250000	10.25.1.2	10.25.1.1	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x2cbb, seq=2/512, ttl=128 (request in 39)

2. MAC 学习会学习哪几个关键 Key？
   MAC 地址学习是交换机用于构建和维护其 MAC 地址表的过程。这个过程的关键元素包括以下几个：

   - **源 MAC 地址**：
     每当交换机收到一个帧时，它会读取帧中的源 MAC 地址，并将其记录在 MAC 地址表中。
   - **接口（Port）**：
     交换机会记录接收到该帧的接口。这样，当需要将帧发送到特定MAC地址时，交换机知道应该从哪个接口发送。
   - **VLAN ID**：
     在具有 VLAN 支持的交换机中，MAC 地址表项还包括 VLAN ID。这是因为相同的 MAC 地址可以在不同的 VLAN 中出现，因此需要区分它们。

   综上所述，交换机学习到的 MAC 地址表条目的关键字段包括：
   - 源 MAC 地址
   - 接口（Port）
   - VLAN ID

3. 为什么学习到的 MAC 地址会消失?
   交换机中的 MAC 地址表并不是永久存储的，学习到的 MAC 地址可能会由于以下原因而消失:
   - **老化时间（Aging Time）**:
     每个 MAC 地址表条目都有一个老化时间。如果在这个时间段内没有收到来自该 MAC 地址的新帧，交换机将从 MAC 地址表中删除该条目。这样可以防止表中的陈旧或无效条目。

2.2 多 PC 通过多台交换机组网

1. 100 台 PC 时，每台 PC 仍然会收到大量广播报文，有什么影响?
   - **网络带宽的浪费**:
     广播报文会占用网络带宽。随着设备数量的增加，广播流量也会增加，导致网络带宽被浪费在广播通信上，影响正常的单播通信。
   - **主机处理能力的消耗**:
     每台PC都需要处理所有的广播报文，即使这些报文对它不相关。这会消耗PC的CPU和内存资源，影响其正常工作和性能。
   - **网络延迟增加**:
     广播风暴（Broadcast Storm）可能会导致网络延迟增加。如果广播流量非常高，网络设备如交换机可能会变得过载，导致网络延迟和抖动增加。

2.3 使用交换机 + VLAN 组网

1. Access 和 Trunk 两种 Link Type 的差别
   Access 模式

   - 用途:
     - 主要用于连接终端设备（如 PC、打印机等）。
     - 每个 Access 接口只能属于一个 VLAN。
   - 数据帧处理:
     - 当数据帧进入 Access 接口时，交换机会将该帧打上该接口所属的 VLAN 标签。
     - 当数据帧离开 Access 接口时，交换机会去掉该帧的 VLAN 标签。

   Trunk 模式
   - 用途:
     - 主要用于连接交换机之间或连接交换机与路由器。
     - Trunk 接口可以允许多个 VLAN 通过。
   - 数据帧处理:
     - 当数据帧进入 Trunk 接口时，交换机会根据帧的 VLAN 标签进行转发。

- 当数据帧离开 Trunk 接口时，交换机会保留帧的 VLAN 标签（除非帧属于 Native VLAN，具体到某些厂商实现）。

2. VLAN 与物理接口的关系
VLAN（虚拟局域网）通过逻辑划分物理网络中的设备，使得网络中不同 VLAN 的设备相互隔离，即使它们共享同一个物理交换机。这种划分方式有助于提高网络的安全性和管理性。

关系说明:

- **Access 接口**:
  - 一个物理接口只能属于一个 VLAN。
  - 连接的终端设备只能和同一 VLAN 中的其他设备通信。
- **Trunk 接口**:
  - 一个物理接口可以允许多个 VLAN 通过。
  - 适用于连接多个 VLAN 的设备（如交换机或路由器）。
  - 可以在交换机之间传输来自多个 VLAN 的流量。

3. 若所有接口都设置为 Access 接口会怎么样?

如果交换机上的所有接口都设置为 Access 接口，可能会出现以下情况:

1. **无法跨 VLAN 通信**:
   - 由于 Access 接口只能属于一个 VLAN，所有设备只能和同一 VLAN 中的其他设备通信。跨 VLAN 的通信将无法进行。
2. **网络设计受限**:
   - 这样的配置适用于小型网络或简单的网络环境，但不适用于需要复杂 VLAN 配置的大型网络。
   - 交换机之间无法通过 Trunk 链路传输多个 VLAN 的数据流量，限制了网络的扩展性和灵活性。
3. **广播域较大**:
   - 如果所有设备都在同一个 VLAN 中，广播流量会在整个 VLAN 中传播，可能会导致广播风暴，影响网络性能。