

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制



湖科大教书匠  
<https://space.bilibili.com/360996402>  
[jgao1@hnust.edu.cn](mailto:jgao1@hnust.edu.cn)

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

IEEE 802.1Q帧

交换机的端口类型

湖科大教书匠  
<https://space.bilibili.com/3609512>  
jgao1@hnust.edu.cn

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

### 交换机的端口类型

IEEE 802.1Q帧（也称Dot One Q帧）对以太网的MAC帧格式进行了扩展，插入了**4字节的VLAN标记**。

以太网V2的MAC帧  
(最大长度1518字节)

6字节	6字节	2字节	46 ~ 1500字节	4字节
目的MAC地址	源MAC地址	类型	数据载荷	FCS

插入VLAN标记后的802.1Q帧  
(最大长度1522字节)

6字节	6字节	4字节	2字节	46 ~ 1500字节	4字节
目的MAC地址	源MAC地址	VLAN标记	类型	数据载荷	FCS

VLAN标记的**最后12比特**称为**VLAN标识符VID**，它唯一地标志了以太网帧属于哪一个VLAN。

□ VID的取值范围是  $0 \sim 4095$  ( $0 \sim 2^{12}-1$ )

□ 0和4095都不用来表示VLAN，因此用于表示VLAN的**VID的有效取值范围是 1 ~ 4094**。

802.1Q帧是由交换机来处理的，而不是用户主机来处理的。

□ 当交换机**收到普通的以太网帧**时，会将其插入4字节的VLAN标记转变为802.1Q帧，简称“**打标签**”。

□ 当交换机**转发802.1Q帧**时，**可能会删除其4字节VLAN标记**转变为普通以太网帧，简称“**去标签**”。

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

### 交换机的端口类型

■ 交换机的端口类型有以下三种：

- ☐ Access
- ☐ Trunk
- ☐ Hybrid

■ 交换机各端口的缺省VLAN ID

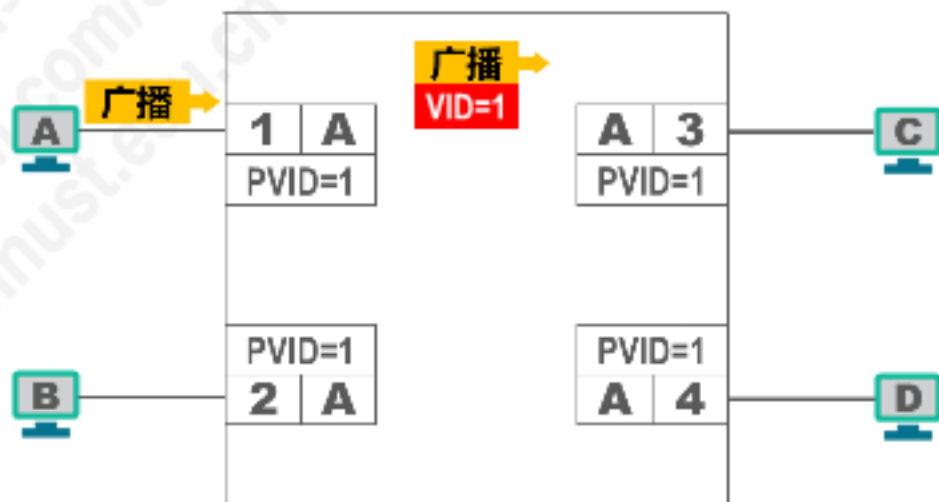
- ☐ 在思科交换机上称为Native VLAN，即本征VLAN。
- ☐ 在华为交换机上称为Port VLAN ID，即端口VLAN ID，简记为PVID。

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。  
根据接收帧的端口的PVID给帧“**打标签**”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。

### 交换机的端口类型

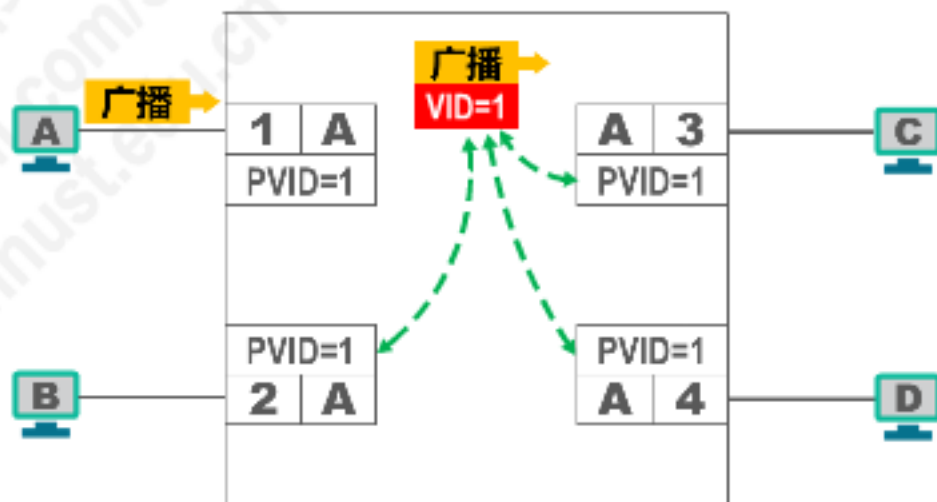


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“去标签”并转发该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型

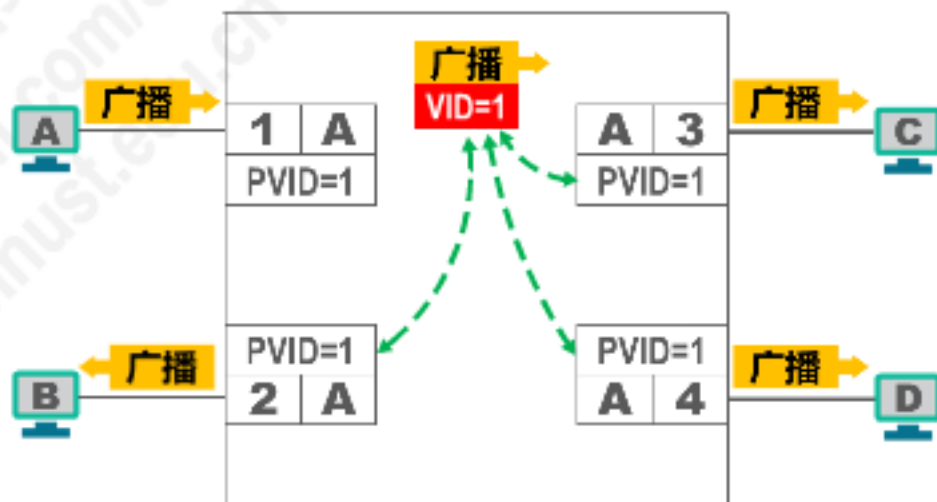


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“去标签”并转发该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型



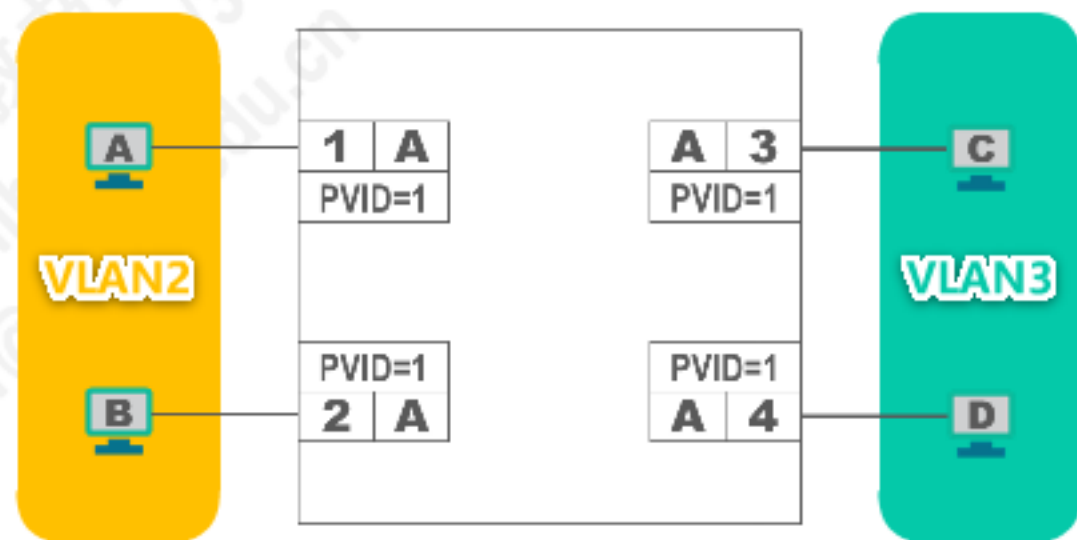


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“**打标签**”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“**去标签**”并**转发**该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型



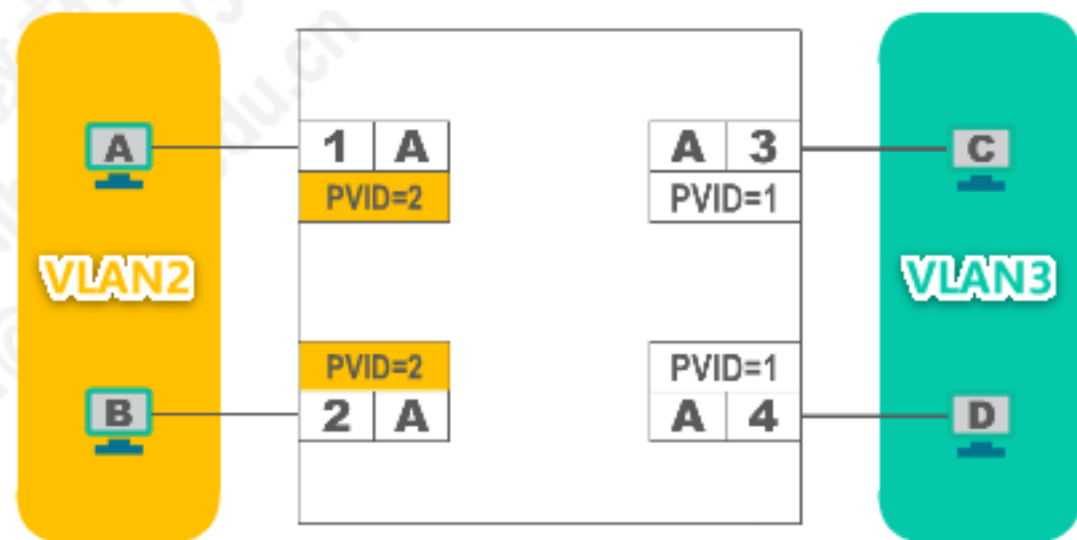


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“**打标签**”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“**去标签**”并**转发**该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型

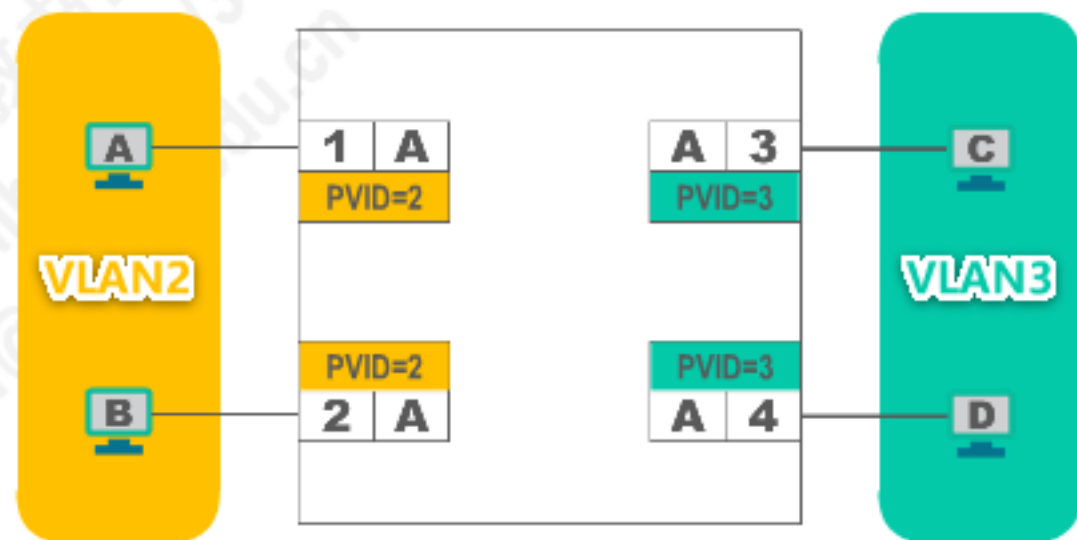


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“**打标签**”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“**去标签**”并**转发**该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型

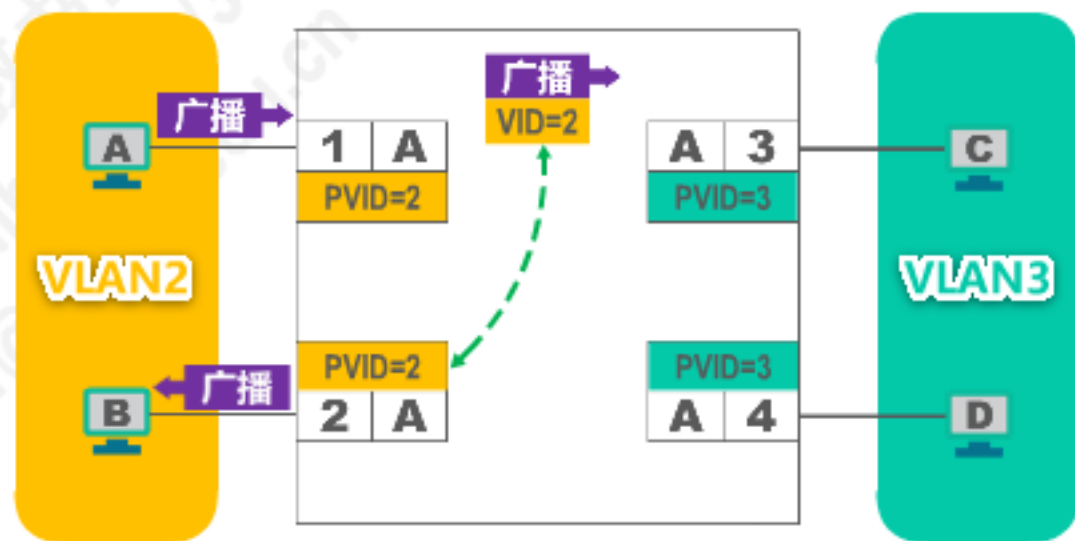


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“**打标签**”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“**去标签**”并**转发**该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型

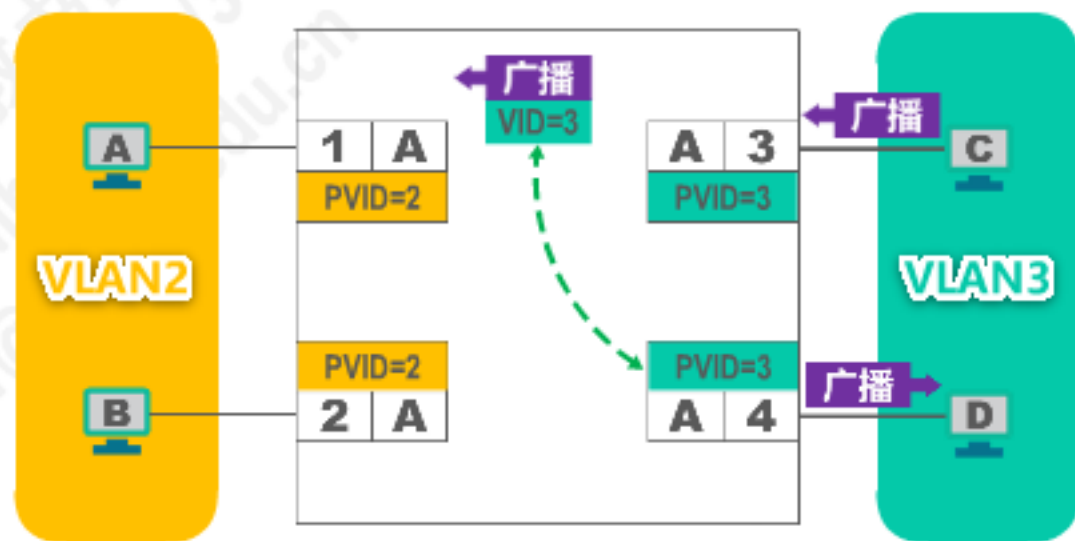


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Access端口一般用于连接用户计算机
- Access端口只能属于一个VLAN
- Access端口的PVID值与端口所属VLAN的ID相同（默认为1）
- Access端口接收处理方法：  
一般只接受“未打标签”的普通以太网MAC帧。根据接收帧的端口的PVID给帧“**打标签**”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
- Access端口发送处理方法：  
若帧中的VID与端口的PVID相等，则“**去标签**”并**转发**该帧；否则不转发。

### 交换机的端口类型

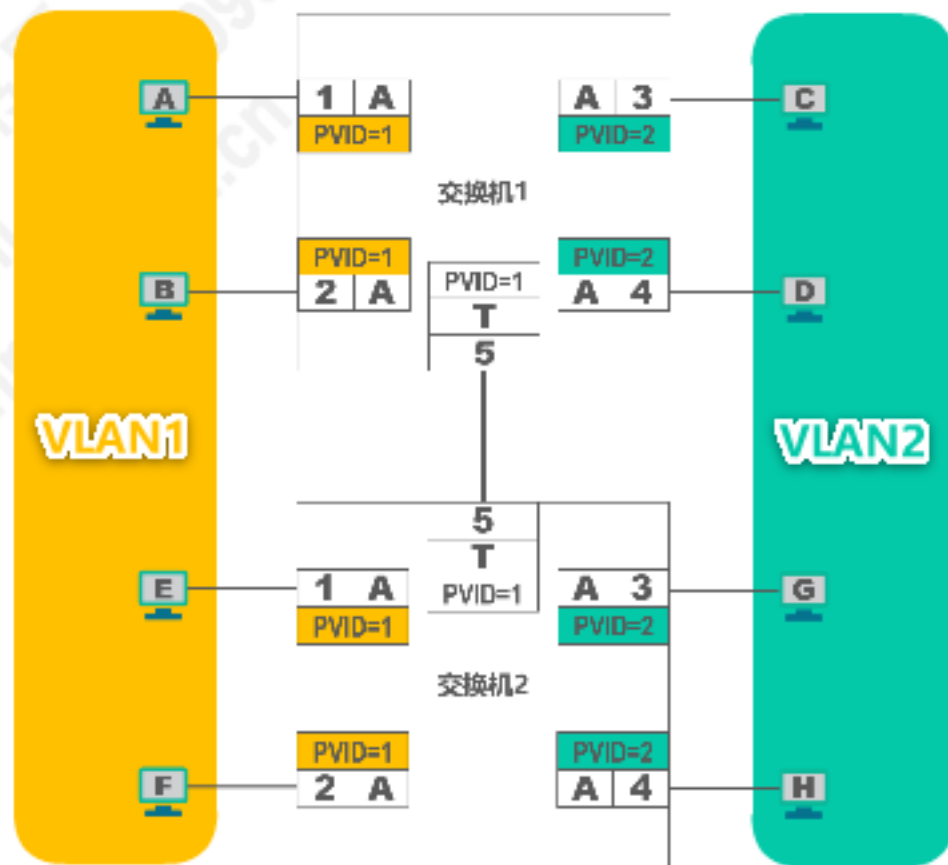


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Trunk端口一般用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连
- Trunk端口可以属于多个VLAN
- 用户可以设置Trunk端口的PVID值。默认情况下，Trunk端口的PVID值为1。

### 交换机的端口类型

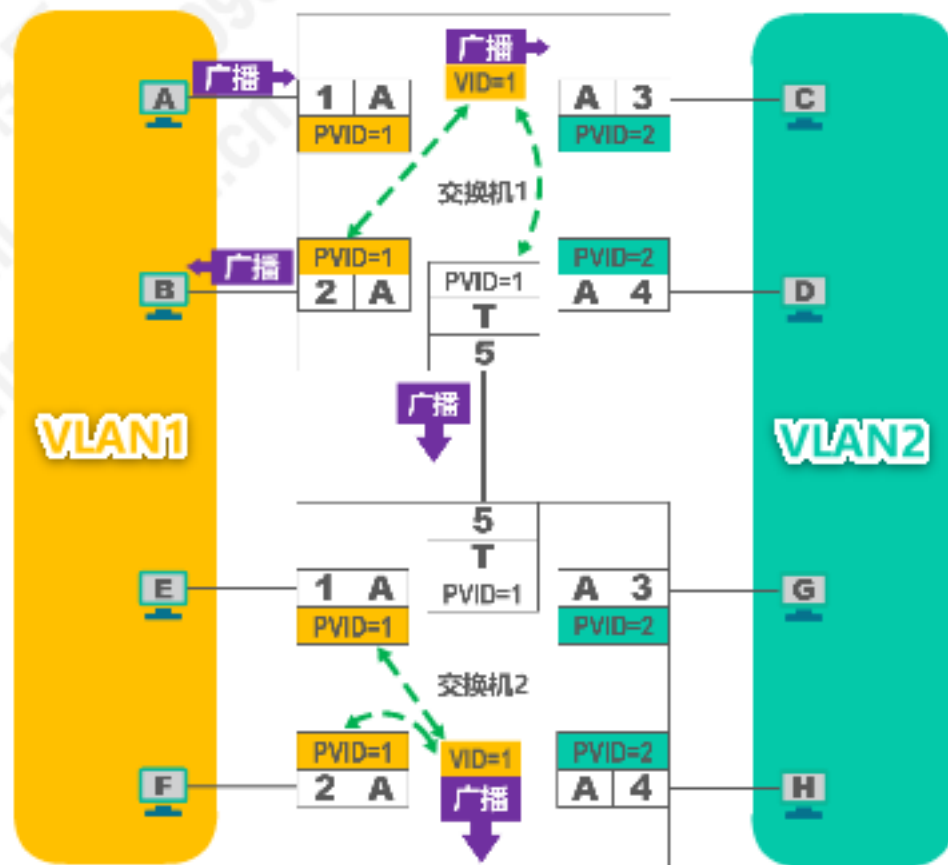


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Trunk端口一般用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连
- Trunk端口可以属于多个VLAN
- 用户可以设置Trunk端口的PVID值。默认情况下，Trunk端口的PVID值为1。
- Trunk端口发送处理方法：
  - ☐ 对VID等于PVID的帧，“去标签”再转发；
- Trunk端口接收处理方法：
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。

### 交换机的端口类型



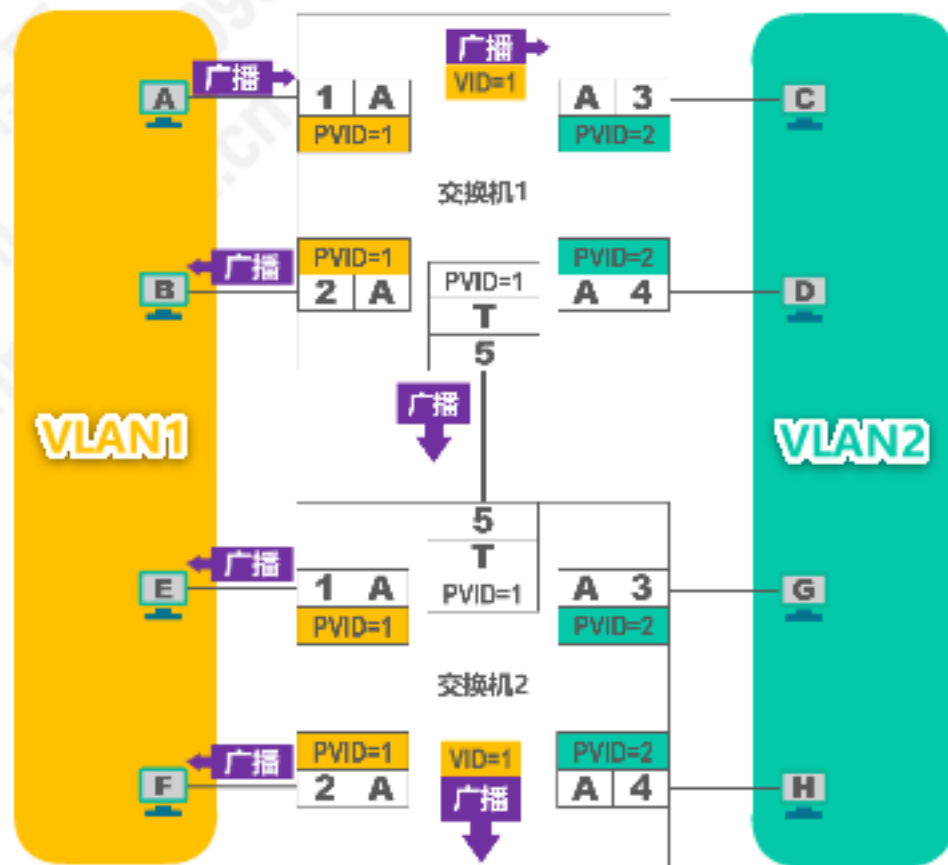


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Trunk端口一般用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连
- Trunk端口可以属于多个VLAN
- 用户可以设置Trunk端口的PVID值。默认情况下，Trunk端口的PVID值为1。
- Trunk端口发送处理方法：
  - ☐ 对VID等于PVID的帧，“去标签”再转发；
- Trunk端口接收处理方法：
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。

### 交换机的端口类型



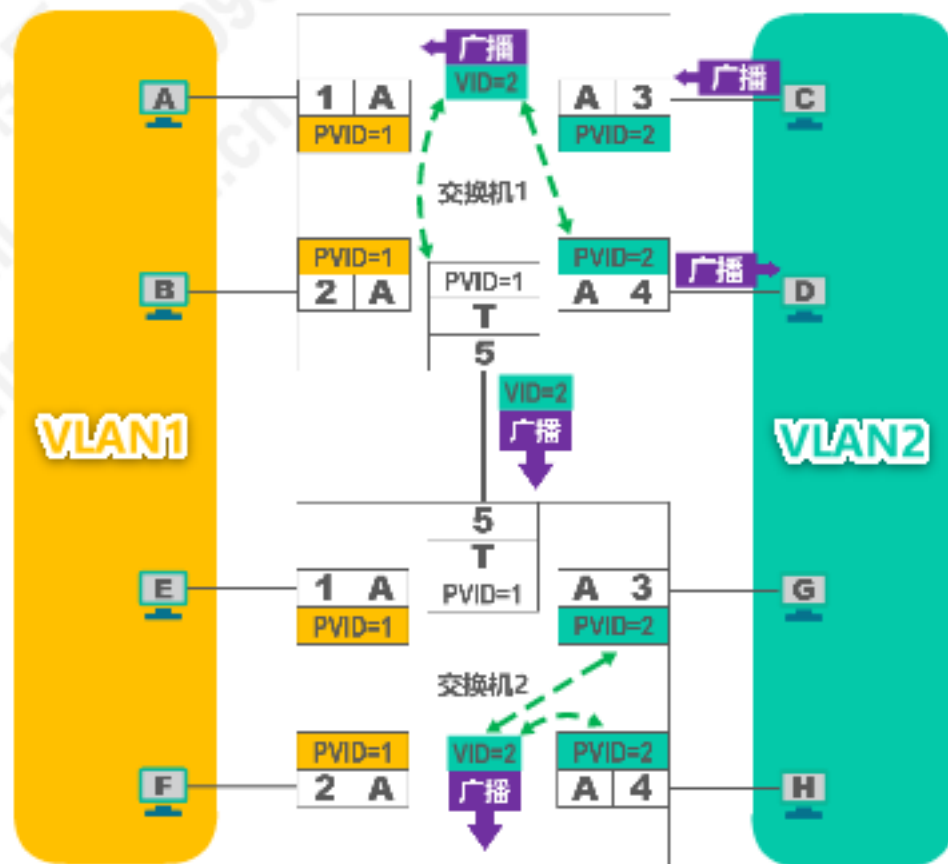


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Trunk端口一般用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连
- Trunk端口可以属于多个VLAN
- 用户可以设置Trunk端口的PVID值。默认情况下，Trunk端口的PVID值为1。
- Trunk端口发送处理方法：
  - ☐ 对VID等于PVID的帧，“去标签”再转发；
  - ☐ 对VID不等于PVID的帧，直接转发；
- Trunk端口接收处理方法：
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
  - ☐ 接收“已打标签的帧”；

### 交换机的端口类型

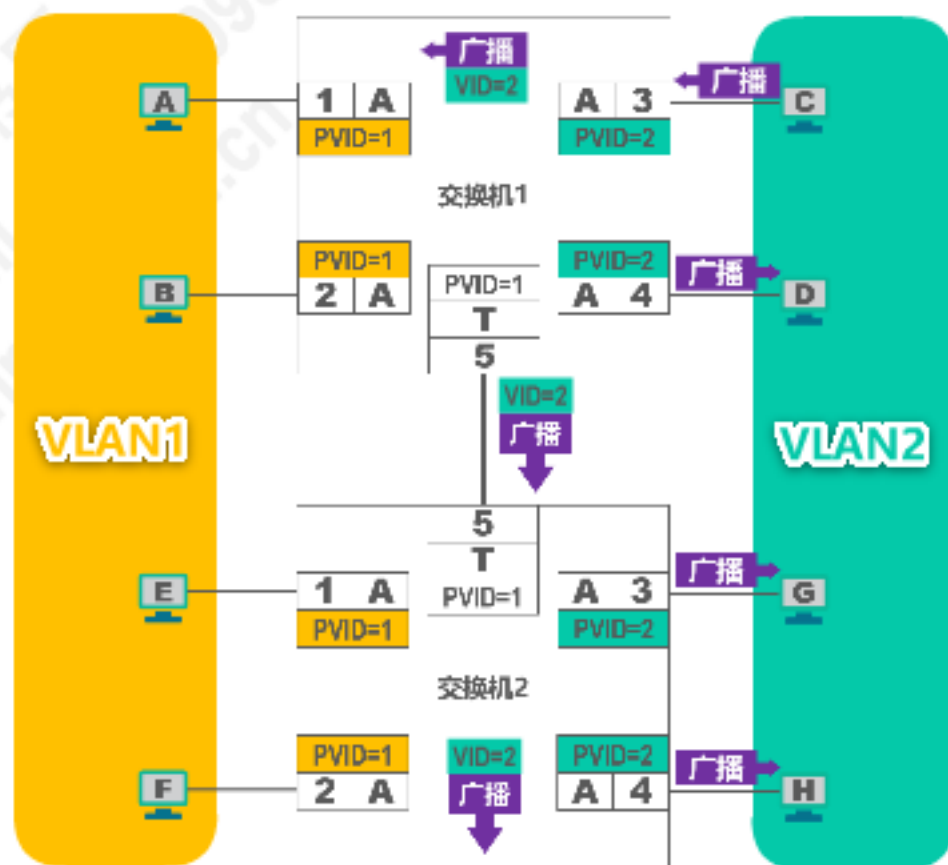


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

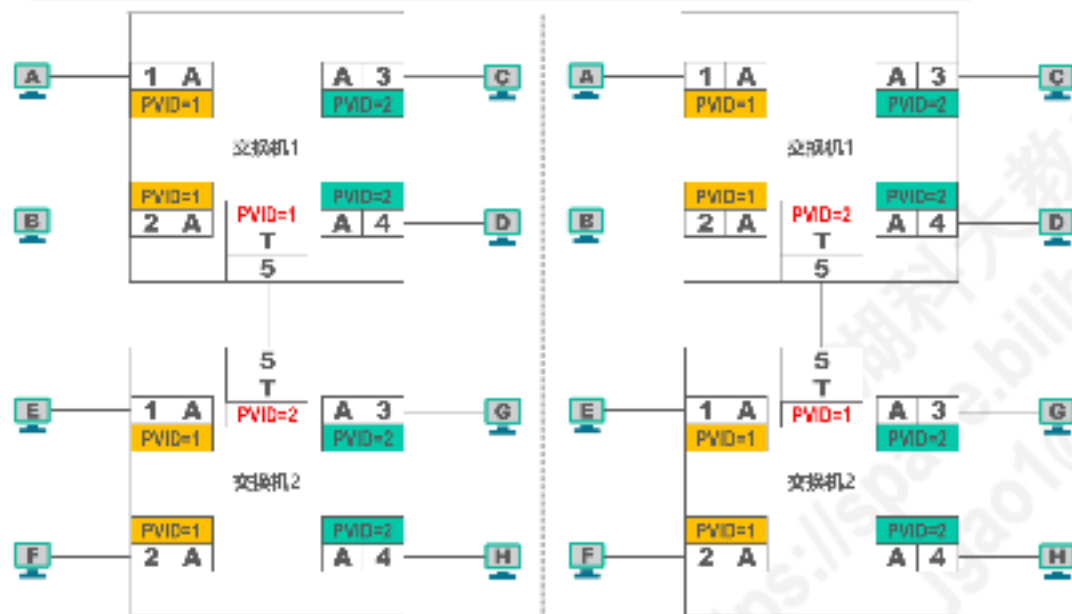
- Trunk端口一般用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连
- Trunk端口可以属于多个VLAN
- 用户可以设置Trunk端口的PVID值。默认情况下，Trunk端口的PVID值为1。
- Trunk端口发送处理方法：
  - ☐ 对VID等于PVID的帧，“去标签”再转发；
  - ☐ 对VID不等于PVID的帧，直接转发；
- Trunk端口接收处理方法：
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
  - ☐ 接收“已打标签的帧”；

### 交换机的端口类型

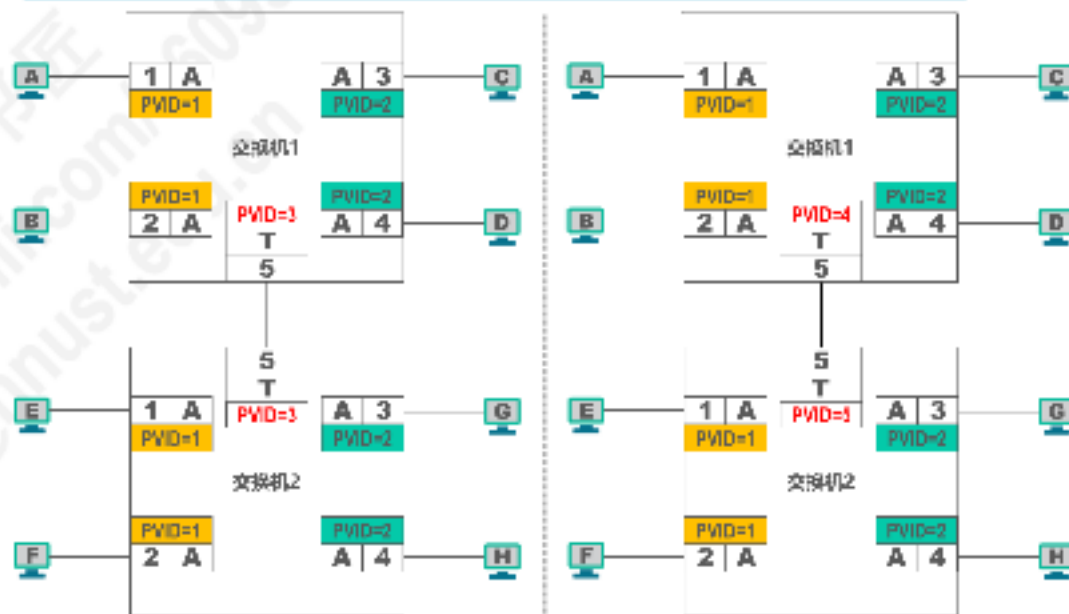


## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧



### 交换机的端口类型

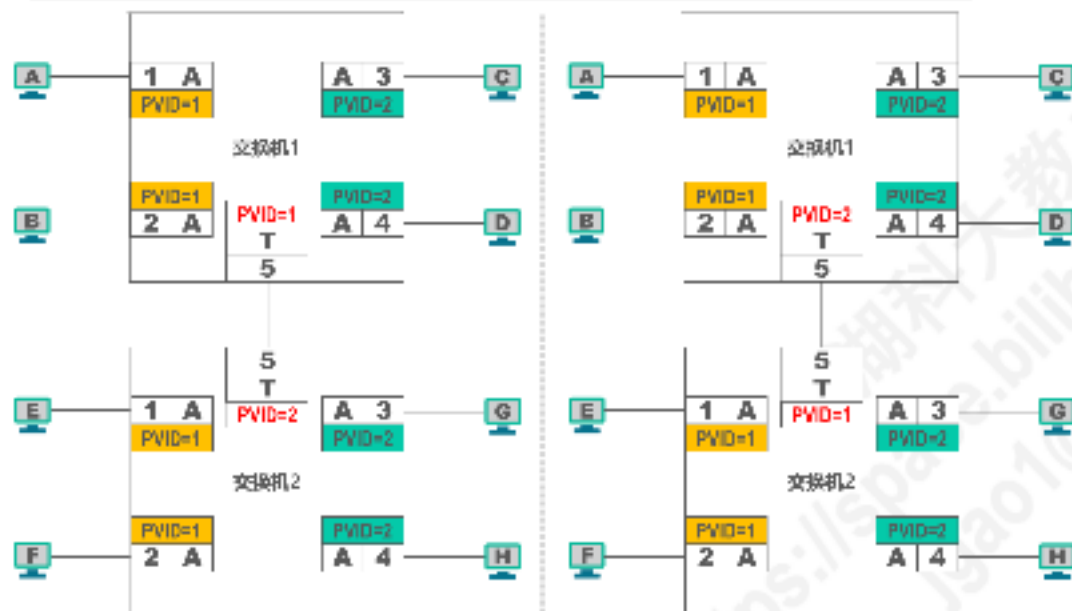


上图给出了用于交换机互连的Trunk端口的PVID值的组合，试回答以下问题：

- (1) 主机A发送广播帧，则帧的传递过程是什么？
- (2) 主机C发送广播帧，则帧的传递过程是什么？
- (3) 从上述过程可以得出什么结论？

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧



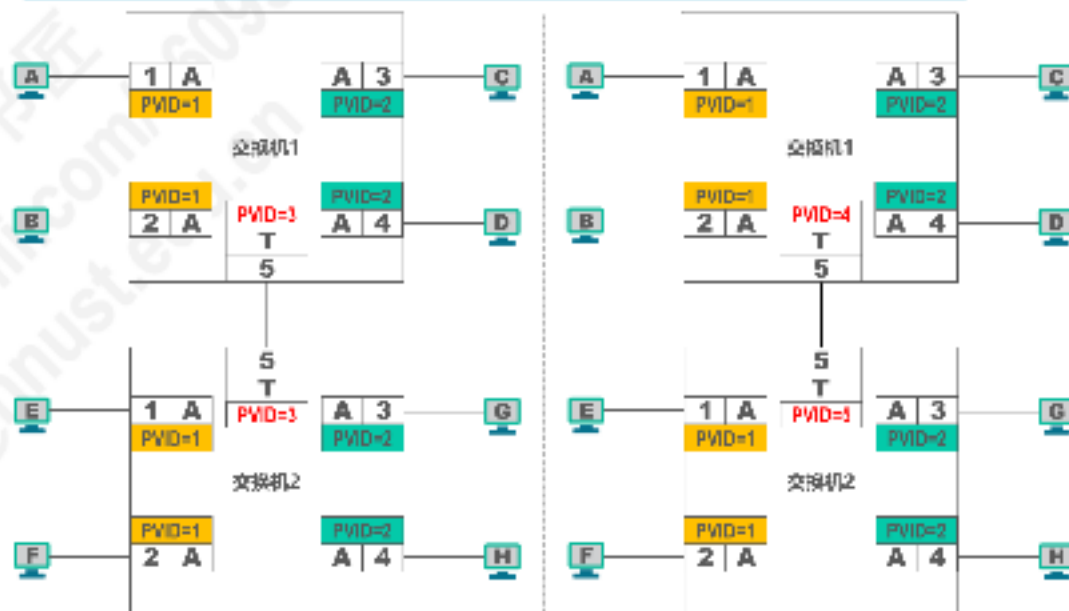
A发送的广播帧会**错误地转发**给 G, H

C发送的广播帧会**正确地转发**给 D, G, H

A发送的广播帧会**正确地转发**给 B, E, F

C发送的广播帧会**错误地转发**给 E, F

### 交换机的端口类型



A发送的广播帧会**正确地转发**给 B, E, F

C发送的广播帧会**正确地转发**给 D, G, H

A发送的广播帧会**正确地转发**给 B, E, F

C发送的广播帧会**正确地转发**给 D, G, H

**结论：**互连的Trunk端口的PVID值不等，可能会造成转发错误！

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Hybrid端口既可用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连（同Trunk端口），也可用于交换机与用户计算机之间的互连（同Access端口）
- Hybrid端口可以属于多个VLAN（同Trunk端口）
- 用户可以设置Hybrid端口的PVID值。默认情况下，Hybrid端口的PVID值为1（同Trunk端口）
- Hybrid端口发送处理方法（与Trunk端口不同）  
查看帧的VID是否在端口的“去标签”列表中：
  - ☐ 若存在，则“去标签”后再转发；
  - ☐ 若不存在，则直接转发；
- Hybrid端口接收处理方法（同Trunk端口）
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
  - ☐ 接收“已打标签的帧”；

### 交换机的端口类型



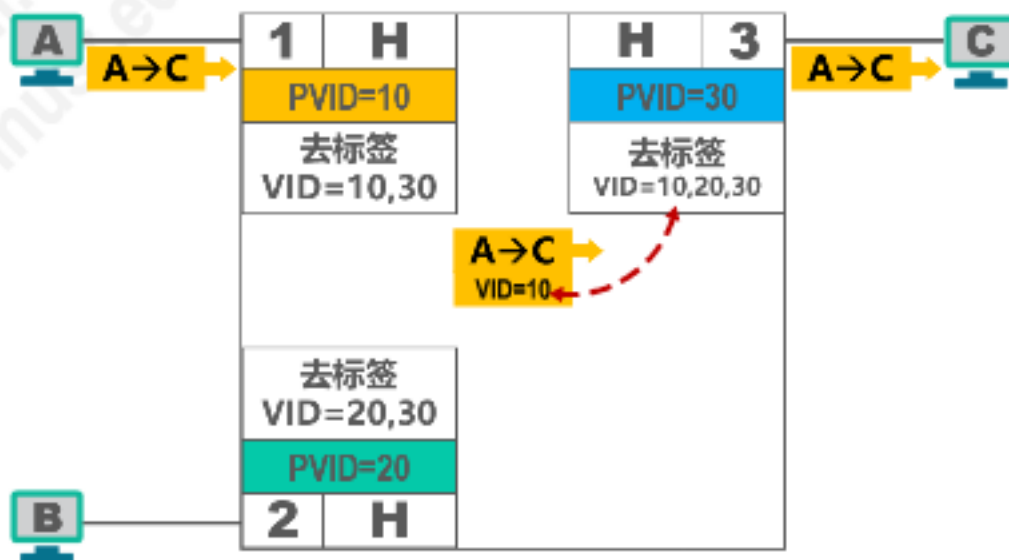
## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Hybrid端口既可用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连（同Trunk端口），也可用于交换机与用户计算机之间的互连（同Access端口）
- Hybrid端口可以属于多个VLAN（同Trunk端口）
- 用户可以设置Hybrid端口的PVID值。默认情况下，Hybrid端口的PVID值为1（同Trunk端口）
- Hybrid端口发送处理方法（与Trunk端口不同）  
查看帧的VID是否在端口的“去标签”列表中：
  - ☐ 若存在，则“去标签”后再转发；
  - ☐ 若不存在，则直接转发；
- Hybrid端口接收处理方法（同Trunk端口）
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
  - ☐ 接收“已打标签的帧”；

### 交换机的端口类型

【应用举例】主机A、B、C连接在同一个交换机的不同接口上。利用Hybrid端口的功能，实现以下应用需求：A和B都能与C相互通信，但A与B不能相互通信。



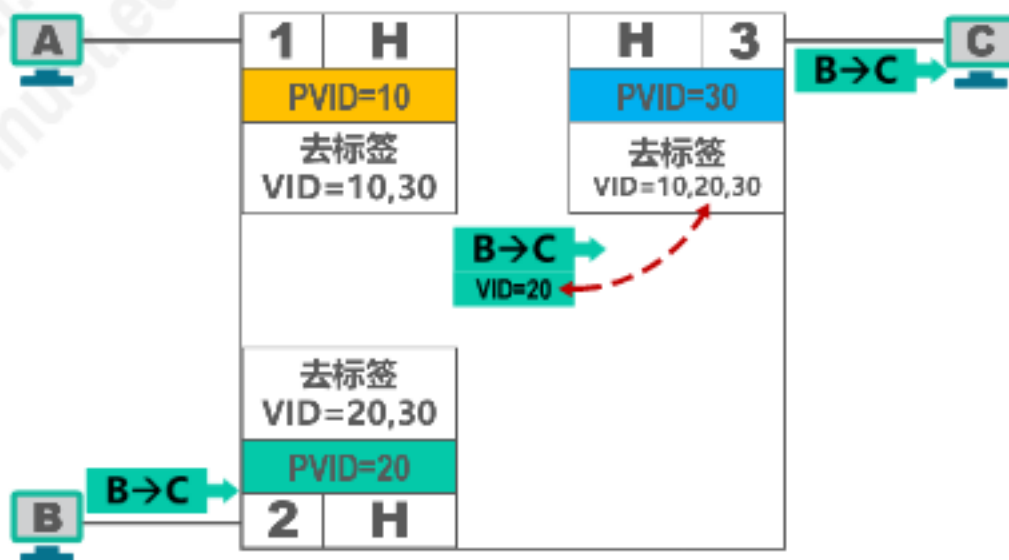
## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Hybrid端口既可用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连（同Trunk端口），也可用于交换机与用户计算机之间的互连（同Access端口）
- Hybrid端口可以属于多个VLAN（同Trunk端口）
- 用户可以设置Hybrid端口的PVID值。默认情况下，Hybrid端口的PVID值为1（同Trunk端口）
- Hybrid端口发送处理方法（与Trunk端口不同）  
查看帧的VID是否在端口的“去标签”列表中：
  - ☐ 若存在，则“去标签”后再转发；
  - ☐ 若不存在，则直接转发；
- Hybrid端口接收处理方法（同Trunk端口）
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
  - ☐ 接收“已打标签的帧”；

### 交换机的端口类型

【应用举例】主机A、B、C连接在同一个交换机的不同接口上。利用Hybrid端口的功能，实现以下应用需求：A和B都能与C相互通信，但A与B不能相互通信。





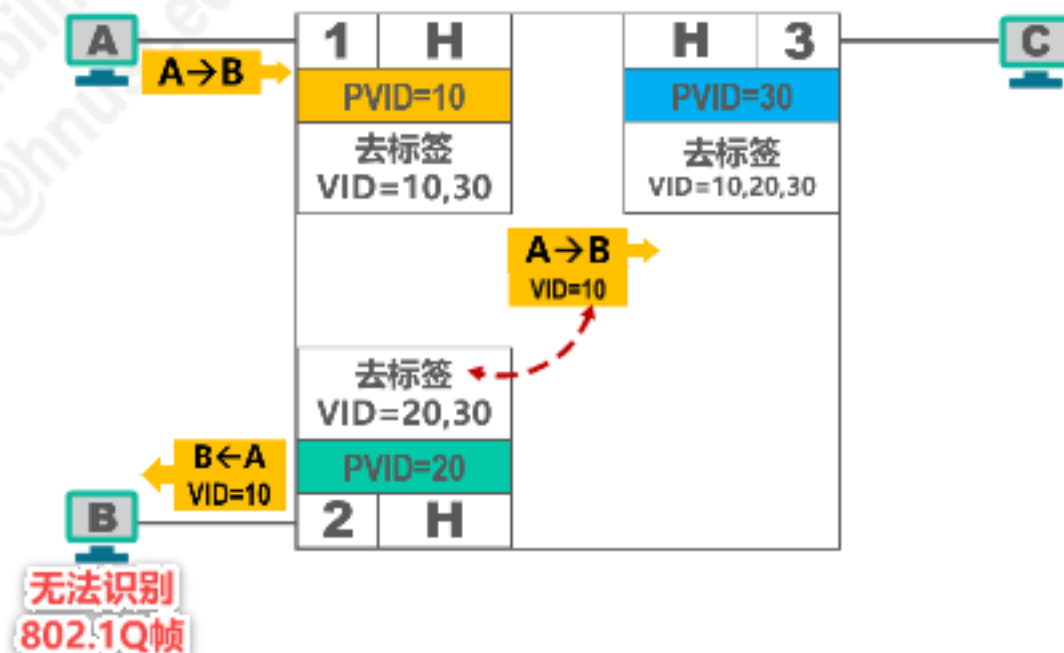
## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

### IEEE 802.1Q帧

- Hybrid端口既可用于交换机之间或交换机与路由器之间的互连（同Trunk端口），也可用于交换机与用户计算机之间的互连（同Access端口）
- Hybrid端口可以属于多个VLAN（同Trunk端口）
- 用户可以设置Hybrid端口的PVID值。默认情况下，Hybrid端口的PVID值为1（同Trunk端口）
- Hybrid端口发送处理方法（与Trunk端口不同）  
查看帧的VID是否在端口的“去标签”列表中：
  - ☐ 若存在，则“去标签”后再转发；
  - ☐ 若不存在，则直接转发；
- Hybrid端口接收处理方法（同Trunk端口）
  - ☐ 接收“未打标签”的帧，根据接收帧的端口的PVID给帧“打标签”，即插入4字节VLAN标记字段，字段中的VID取值与端口的PVID取值相等。
  - ☐ 接收“已打标签的帧”；

### 交换机的端口类型

【应用举例】主机A、B、C连接在同一个交换机的不同接口上。利用Hybrid端口的功能，实现以下应用需求：A和B都能与C相互通信，但A与B不能相互通信。



## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

IEEE 802.1Q帧（也称Dot One Q帧）对以太网的MAC帧格式进行了扩展，插入了4字节的VLAN标记。

以太网V2的MAC帧  
(最大长度1518字节)

6字节	6字节	2字节	46 ~ 1500字节	4字节
目的MAC地址	源MAC地址	类型	数据载荷	FCS

插入VLAN标记后的802.1Q帧  
(最大长度1522字节)

6字节	6字节	4字节	2字节	46 ~ 1500字节	4字节
目的MAC地址	源MAC地址	VLAN标记	类型	数据载荷	FCS

VLAN标记的最后12比特称为VLAN标识符VID，它唯一地标志了以太网帧属于哪一个VLAN。

☐ VID的取值范围是  $0 \sim 4095$  ( $0 \sim 2^{12}-1$ )

☐ 0和4095都不用来表示VLAN，因此用于表示VLAN的VID的有效取值范围是  $1 \sim 4094$ 。

802.1Q帧是由交换机来处理的，而不是用户主机来处理的。

☐ 当交换机收到普通的以太网帧时，会将其插入4字节的VLAN标记转变为802.1Q帧，简称“打标签”。

☐ 当交换机转发802.1Q帧时，可能会删除其4字节VLAN标记转变为普通以太网帧，简称“去标签”。

交换机的端口类型：Access Trunk Hybrid

### Access

- ☐ 连接用户计算机
- ☐ 只能属于一个VLAN
- ☐ PVID与端口所属VLAN的ID相同，默认值为1
- ☐ 接收处理方法  
一般只接收未打标签的普通以太网帧，并给其打标签。
- ☐ 发送处理方法  
若帧中的VID等于端口PVID，则去掉标签并转发；  
否则丢弃。

### Trunk

- ☐ 交换机之间或交换机与路由器之间的连接
- ☐ 可以属于多个VLAN
- ☐ 用户可以设置PVID，默认为1
- ☐ 接收处理方法  
接收已打标签的帧；  
接收未打标签的帧，根据端口的PVID值给帧打标签
- ☐ 发送处理方法  
帧中VID等于端口PVID，去掉标签再转发；  
帧中VID不等于端口PVID，直接转发

### Hybrid

- ☐ 交换机之间、交换机与路由器、交换机与用户计算机之间的连接
- ☐ 可以属于多个VLAN
- ☐ 用户可以设置PVID，默认为1
- ☐ 接收处理方法  
接收已打标签的帧；  
接收未打标签的帧，根据端口的PVID值给帧打标签
- ☐ 发送处理方法  
查看数据帧中的VID是否在端口的“去标签”列表中；  
如果存在，则去掉标签再转发；  
如果不存在，则直接转发。

## 3.11.2 虚拟局域网VLAN的实现机制

IEEE 802.1Q帧（也称Dot One Q帧）对以太网的MAC帧格式进行了扩展，插入了4字节的VLAN标记。

以太网V2的MAC帧  
(最大长度1518字节)

6字节	6字节	2字节	46 ~ 1500字节	4字节
目的MAC地址	源MAC地址	类型	数据载荷	FCS

插入VLAN标记后的802.1Q帧  
(最大长度1522字节)

6字节	6字节	4字节	2字节	46 ~ 1500字节	4字节
目的MAC地址	源MAC地址	VLAN标记	类型	数据载荷	FCS

VLAN标记的最后12比特称为VLAN标识符VID，它唯一地标志了以太网帧属于哪一个VLAN。

☐ VID的取值范围是  $0 \sim 4095$  ( $0 \sim 2^{12}-1$ )

☐ 0和4095都不用来表示VLAN，因此用于表示VLAN的VID的有效取值范围是  $1 \sim 4094$ 。

802.1Q帧是由交换机来处理的，而不是用户主机来处理的。

☐ 当交换机收到普通的以太网帧时，会将其插入4字节的VLAN标记转变为802.1Q帧，简称“打标签”。

☐ 当交换机转发802.1Q帧时，可能会删除其4字节VLAN标记转变为普通以太网帧，简称“去标签”。

交换机的端口类型：Access Trunk Hybrid

### Access

- ☐ 连接用户计算机
- ☐ 只能属于一个VLAN
- ☐ PVID与端口所属VLAN的ID相同，默认值为1
- ☐ 接收处理方法  
一般只接收未打标签的普通以太网帧，并给其打标签。
- ☐ 发送处理方法  
若帧中的VID等于端口PVID，则去掉标签并转发；  
否则丢弃。

### Trunk

- ☐ 交换机之间或交换机与路由器之间的连接
- ☐ 可以属于多个VLAN
- ☐ 用户可以设置PVID，默认为1
- ☐ 接收处理方法  
接收已打标签的帧；  
接收未打标签的帧，根据端口的PVID值给帧打标签
- ☐ 发送处理方法  
帧中VID等于端口PVID，去掉标签再转发；  
帧中VID不等于端口PVID，直接转发

### Hybrid

- ☐ 交换机之间、交换机与路由器、交换机与用户计算机之间的连接
- ☐ 可以属于多个VLAN
- ☐ 用户可以设置PVID，默认为1
- ☐ 接收处理方法  
接收已打标签的帧；  
接收未打标签的帧，根据端口的PVID值给帧打标签
- ☐ 发送处理方法  
查看数据帧中的VID是否在端口的“去标签”列表中；  
如果存在，则去掉标签再转发；  
如果不存在，则直接转发。

