

- 经内存交换。最简单、最早的路由器是传统的计算机，在输入端口与输出端口之间的交换是在 CPU（路由选择处理器）的直接控制下完成的。输入与输出端口的功能就像在传统操作系统中的 I/O 设备一样。一个分组到达一个输入端口时，该端口会先通过中断方式向路由选择处理器发出信号。于是，该分组从输入端口处被复制到处理器内存中。路由选择处理器则从其首部中提取目的地址，在转发表中找出适当的输出端口，并将该分组复制到输出端口的缓存中。在这种情况下，如果内存带宽为每秒可写进内存或从内存读出  $B$  个分组，则总的转发吞吐量（分组从输入端口被传送到输出端口的总速率）必然小于  $B/2$ 。也要注意不能同时转发两个分组，即使它们有不同的端口号，因为经过共享系统总线一次仅能执行一个内存读/写。

许多现代路由器通过内存进行交换。然而，与早期路由器的一个主要差别是，目的地址的查找和将分组存储（交换）进适当的内存存储位置是由输入线路卡来处理的。在某些方面，经内存交换的路由器看起来很像共享内存的多处理机，用一个线路卡上的处理将分组交换（写）进适当的输出端口的内存中。Cisco 的 Catalyst 8500 系列的交换机 [Cisco 8500 2012] 是经共享内存转发分组的。

- 经总线交换。在这种方法中，输入端口经一根共享总线将分组直接传送到输出端口，不需要路由选择处理器的干预。通常按以下方式完成该任务：让输入端口为分组预先计划一个交换机内部标签（首部），指示本地输出口，使分组在总线上传送和传输到输出口。该分组能由所有输出口收到，但只有与该标签匹配的端口才能保存该分组。然后标签在输出口被去除，因为其仅用于交换机内部来跨越总线。如果多个分组同时到达路由器，每个位于不同的输出口，除了一个分组外所有其他分组必须等待，因为一次只有一个分组能够跨越总线。因为每个分组必须跨过单一总线，故路由器的交换带宽受总线速率的限制；在我们环状交叉路的类比中，这相当于环状交叉路一次仅包含一辆汽车。尽管如此，对于运行在小型局域网和企业网中的路由器来说，通过总线交换通常是足够的。Cisco 5600 [Cisco Switches 2012] 交换机通过一个 32Gbps 背板总线来交换分组。
- 经互连网络交换。克服单一、共享式总线带宽限制的一种方法是，使用一个更复杂的互连网络，例如过去在多处理器计算机体系结构中用来互联多个处理器的网络。纵横式交换机就是一种由  $2N$  条总线组成的互连网络，它连接  $N$  个输入端口与  $N$  个输出口，如图 4-8 所示。每条垂直的总线在交叉点与每条水平的总线交叉，交叉点通过交换结构控制器（其逻辑是交换结构自身的一部分）能够在任何时候开启和闭合。当某分组到达端口 A，需要转发到端口 Y，交换机控制器闭合总线 A 和 Y 交叉部位的交叉点，然后端口 A 在其总线上发送该分组，该分组仅由总线 Y 安排接收。注意到来自端口 B 的一个分组在同一时间能够转发到端口 X，因为 A 到 Y 和 B 到 X 的分组使用不同的输入和输出总线。因此，与前面两种交换方法不同，纵横式网络能够并行转发多个分组。然而，如果来自两个不同输入端口的两个分组其目的地为相同的输出口，则一个分组必须在输入端等待，因为在某个时刻经给定总线仅有一个分组能够发送。