



# 路由器结构、实验说明

路由器实验团队

2020年9月



# 自我介绍

---

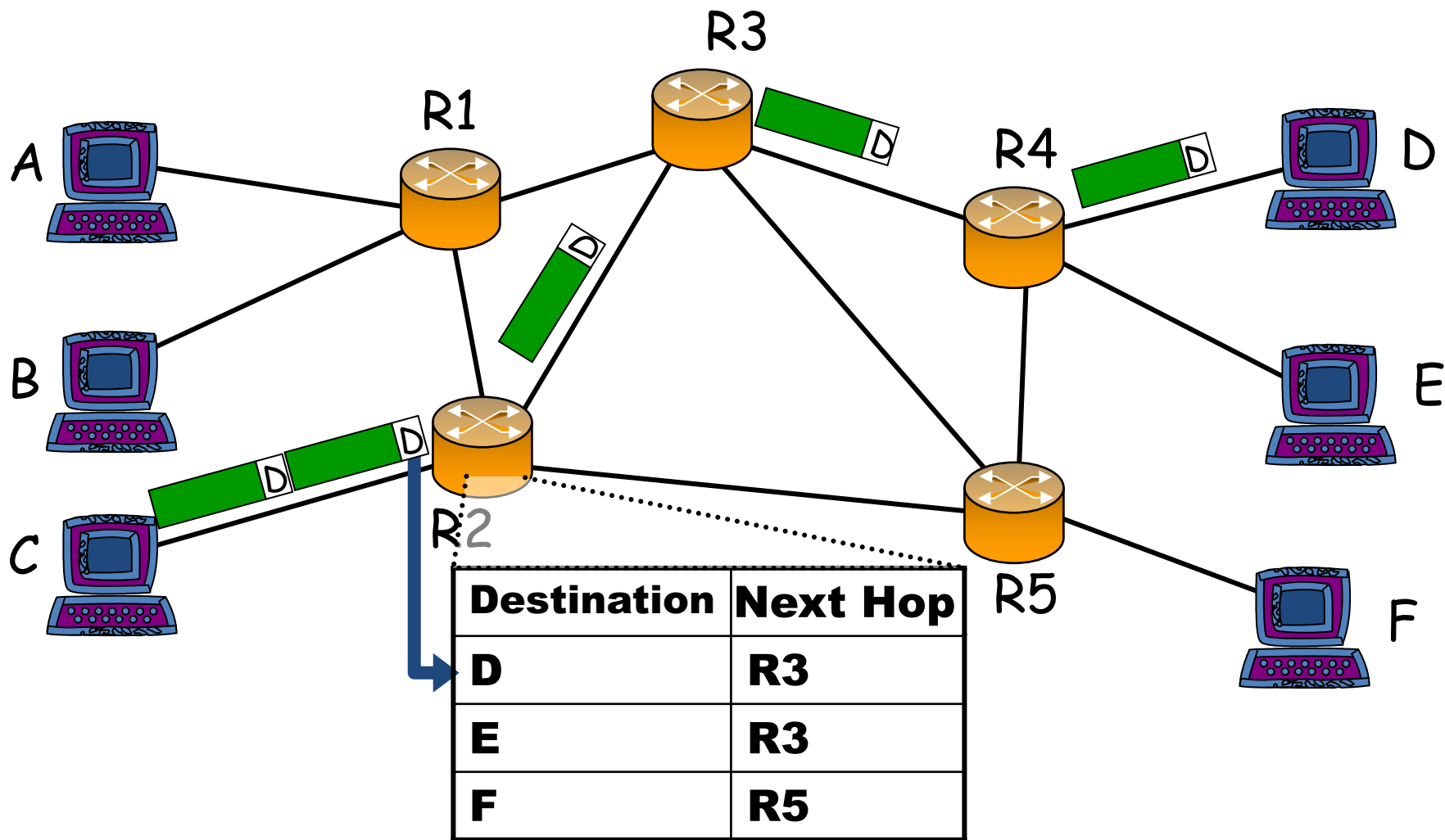
# 主要内容

## Contents

- 路由器基本功能
- 路由器基本结构
- 本实验路由器架构
- 大致实验流程



# 路由器基本功能



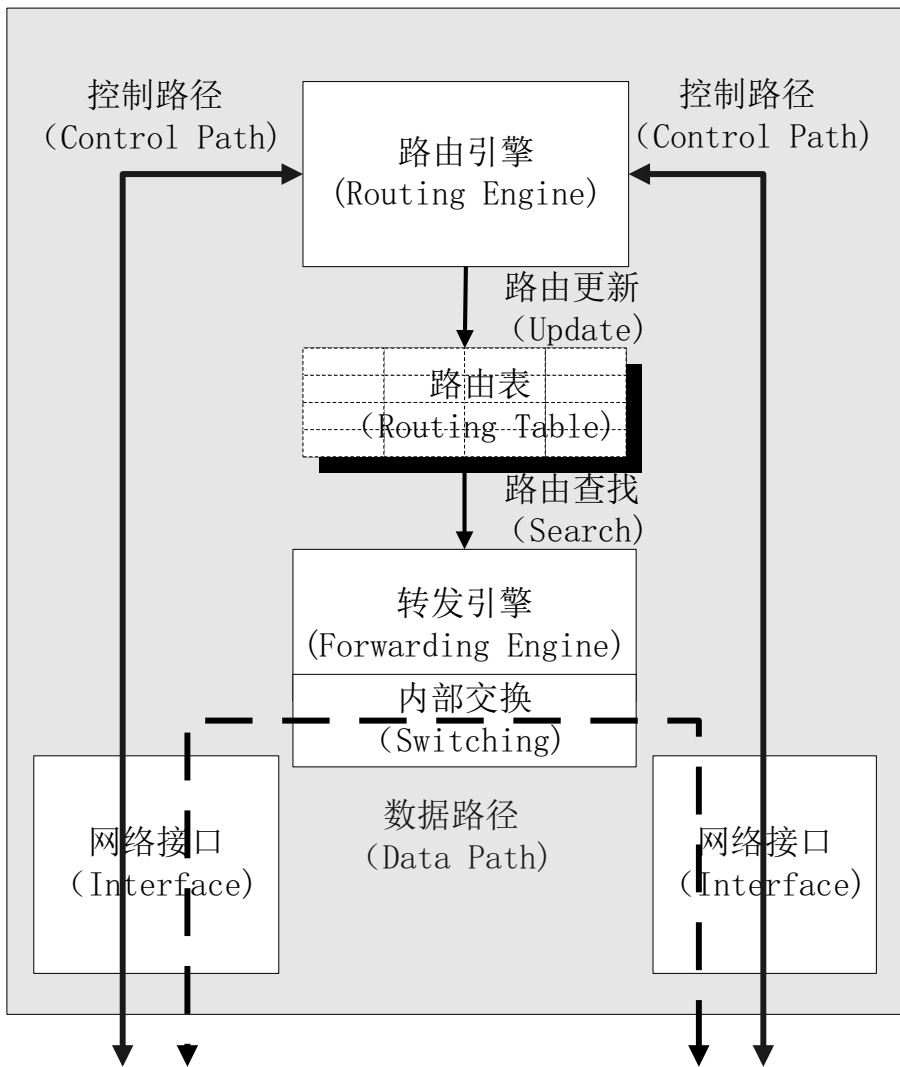


# 路由器基本功能

- RFC1812规定路由器必须完成**两项**基本功能
  - 路由器必须对每个到达本路由器的报文做出**正确的转发决策**，决定报文向哪一个下一跳路由器转发
    - 为了进行正确的转发决策，路由器需要在转发表中查找能够与转发报文目的地址**最佳匹配**的表项，这个查找过程被称为路由查找（Route Lookup）
  - 路由器在得到了正确的转发决策之后必须能够将报文从输入接口向相应的输出接口传送，这个过程被称为**内部交换过程**（Switching）



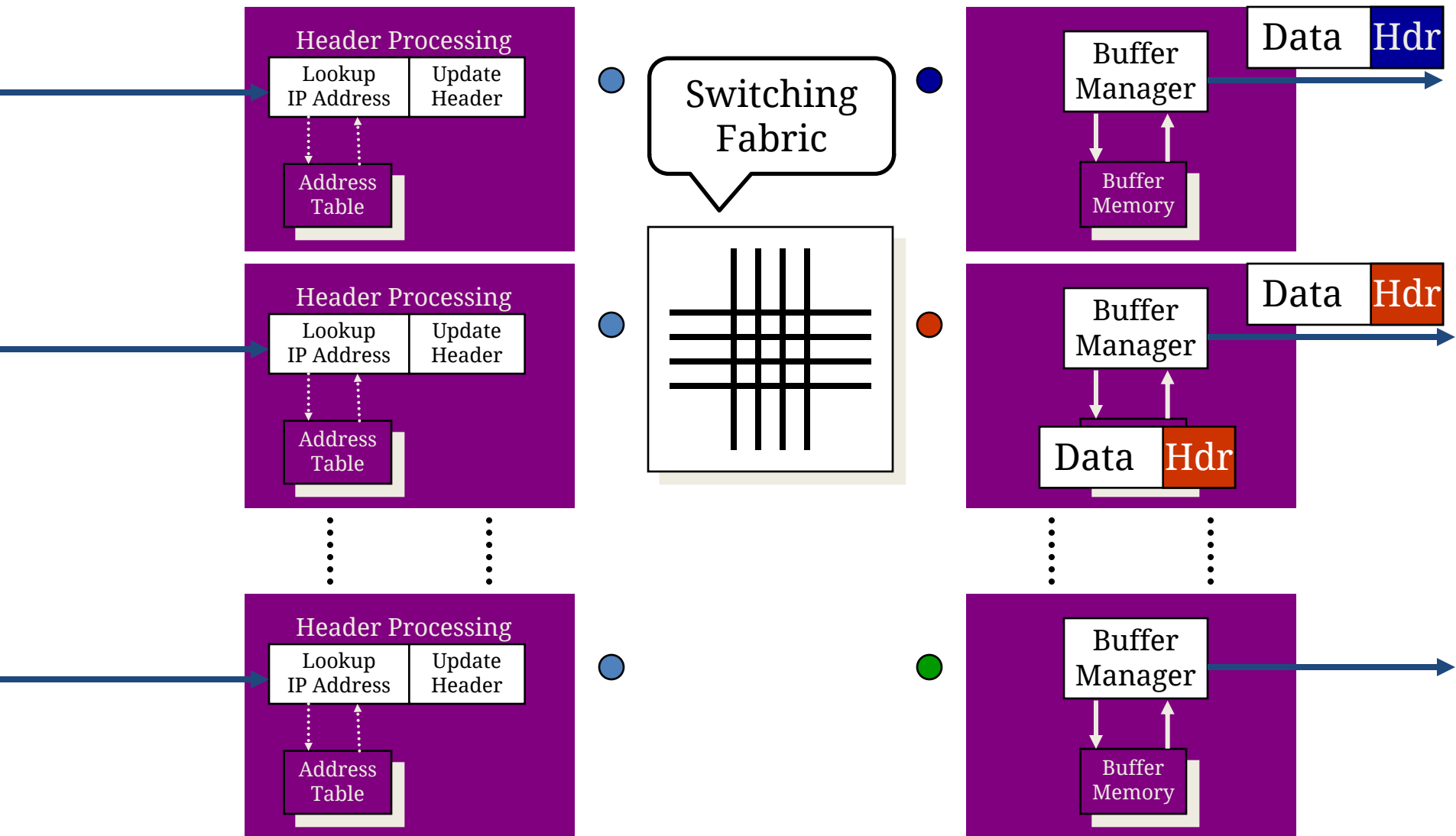
# 路由器基本结构



- 网络接口
  - ❖ 完成网络报文的接收和发送。
- 转发引擎
  - ❖ 负责决定报文的转发路径。
- 内部交换
  - ❖ 为多个网络接口以及路由引擎模块之间的报文数据传送提供高速的数据通路。
- 路由引擎
  - ❖ 由运行高层协议（特别是路由协议）的内部处理模块组成。
- 路由表
  - ❖ 路由表包含了能够完成网络报文正确转发的所有路由信息，它在整个路由器系统中起着承上启下的作用。

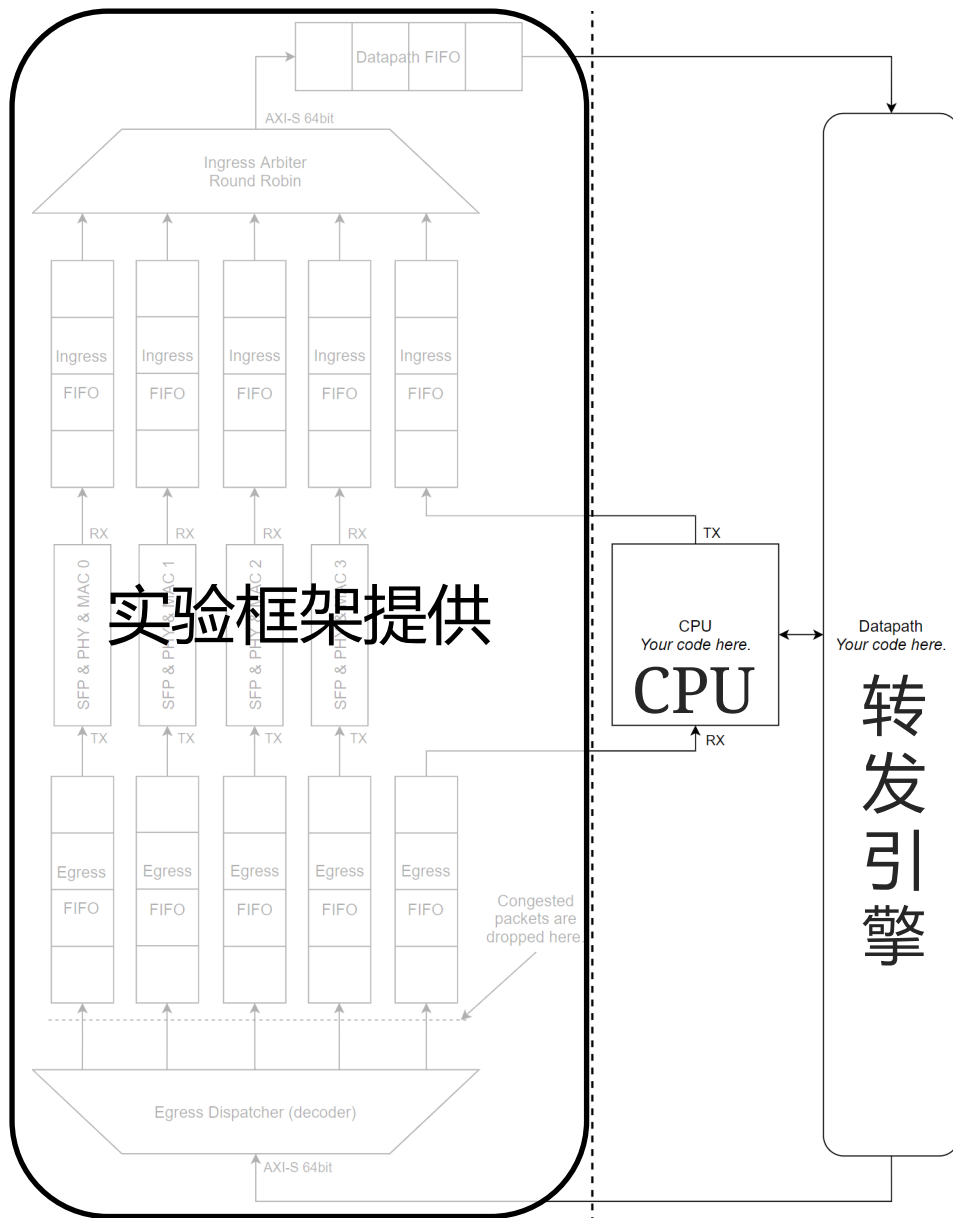


# 路由器结构示意图





# 本实验路由器架构示意图







# 本实验路由器组成部分

- 网络接口

- 由实验框架提供
- 接口：64位AXI-Stream（后续介绍）

- 硬件转发引擎

- 绝大多数IP分组通过转发引擎高效转发（数据平面）
- 主要模块：转发逻辑、转发表（路由表）、ARP缓存
- 同时，本实验**强烈建议**ARP协议处理采用硬件实现

- CPU

- 功能请参见《计算机组成原理》实验要求
- 运行在CPU上的软件处理RIP路由协议（控制平面）



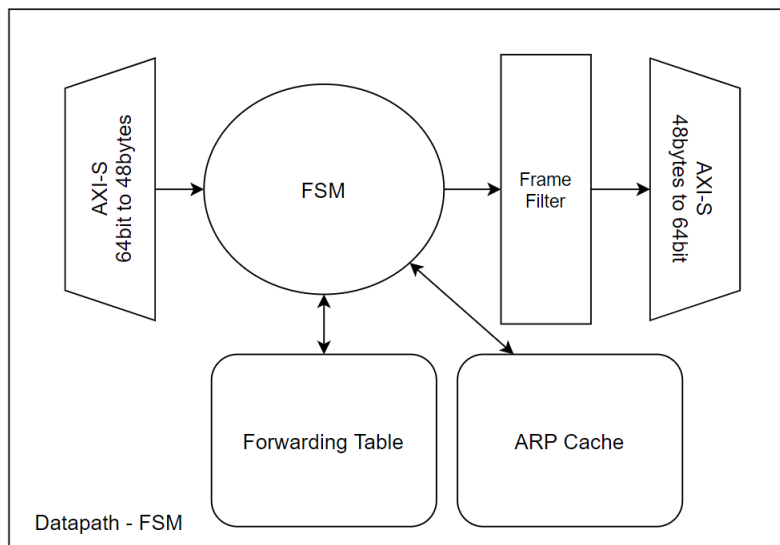
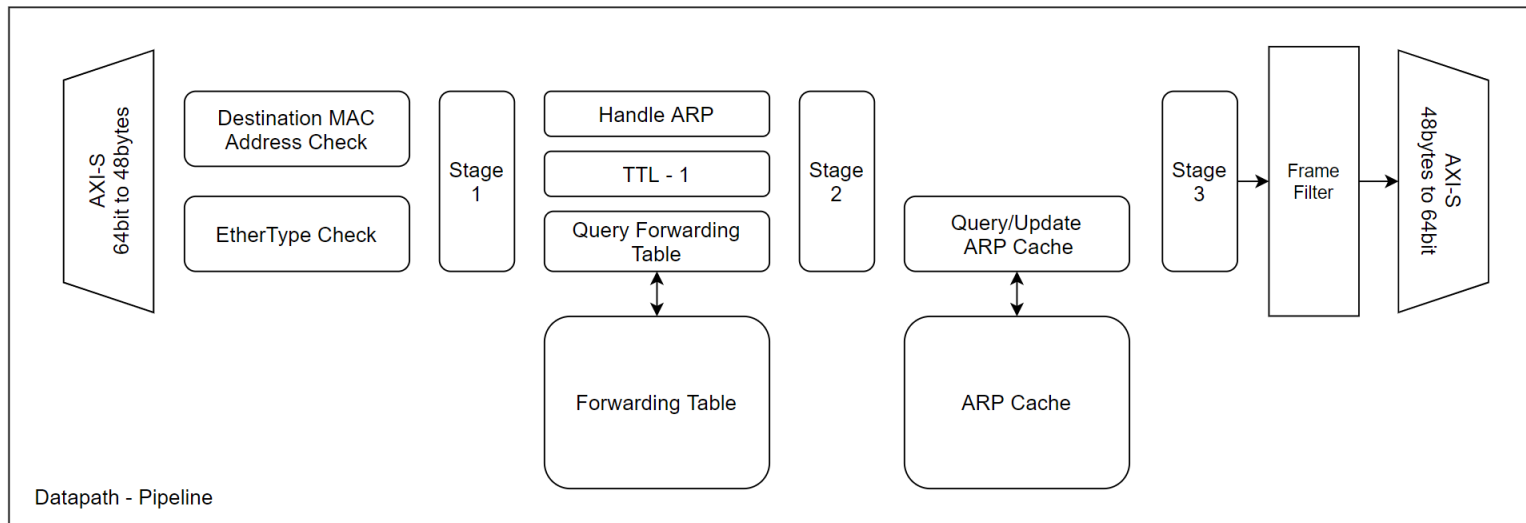
# 本实验路由器组成部分

## • 软硬件接口

- 软件对转发引擎进行管理和配置（路由管理）
- **网络硬件接口及驱动程序**：软件收发以太网帧、IP分组
- **转发表硬件接口及驱动程序**：软件管理和配置转发表内容
- ARP缓存接口？
- 相关技术方案
  - MMIO ( Memory-Mapped I/O )
  - 共享内存
  - DMA ( Direct Memory Access )
  - 轮询/中断
  - 后续介绍，《计算机组成原理》课程同样会讲授



# 转发引擎示意图



仅供参考



# 主要模块（后续详细介绍）

- 转发表

- 根据目标IP地址查询下一跳接口及IP地址
- 最长前缀匹配
- 实现方案
  - 蛮力查找
  - T-CAM  
( Ternary Content-Addressable Memory )
  - Trie
  - Radix Tree
  - .....

- ARP缓存

- 以太网中，查询下一跳IP地址对应的MAC地址
- 精确匹配
- 实现方案
  - 蛮力查找
  - CAM  
( Content-Addressable Memory )
  - 散列表
  - .....



# 大致实验流程

---

- 熟悉实验平台、开发环境、实验框架
  - 使用ILA ( Integrated Logic Analyzer , Xilinx FPGA 的片内逻辑分析仪 ) 进行抓包分析
  - 使用Wireshark进行抓包分析
  - 实现回环功能 ( ~1行代码 ) 并进行简单测试
  - 尝试使用Scapy构造以太网帧、IP分组



# 大致实验流程

- 转发引擎部分
  - 实现转发逻辑（减少TTL、更新校验和、修改源和目的MAC地址）
  - 实现硬连线的转发表（如直连Direct路由）
  - 实现ARP协议及ARP缓存
  - 转发引擎初步调试测试
  - 实现转发表，内容可暂时硬编码，同时为软件预留接口
  - 转发引擎调试测试



# 大致实验流程

---

- CPU：做台计算机
- 软硬件接口：逐一实现并测试
- 软件RIP路由协议实现（移植）及系统调试
- 联合调试：组内互联互通、组间互联互通
- 实验评测



# 实验评测（转发引擎）

- 实验路由器与测试设备以各种网络拓扑结构相连
- 测试如下功能和性能指标，计算网络原理实验成绩
  - **连通性**：主机之间两两连通（拟使用ping测试）
  - **吞吐率**（拟使用iperf3 TCP测试）
    - 四口线速为 $4 \times 1\text{Gbps} = 4\text{Gbps}$
  - **小包转发速率**：每秒最多处理的包的个数
    - 或将采用网络测试仪测试，通常这一性能指标更难提升
    - 四口线速为 $4 \times 1.488\text{Mpps} = 5.952\text{Mpps}$
  - **路由表容量**
    - 2020年8月，全球IPv4路由表大约为85万条（CIDR Report）
    - 本实验中支持数千至数万条就很好





# 实验评测（CPU及软硬件接口）

- 免做组成原理实验5，其余实验要求不变
  - 实验1~4独立完成，实验6团队完成
- CPU部分按照组成原理实验要求进行评价
  - 功能、性能；运行监控程序并参与组成原理期末展示
  - 实验6期间正常参与组成原理讨论
- 联合实验算作实验6扩展部分进行评价
  - 转发引擎
  - 网络处理加速指令集
  - 有特色的软硬件接口（如DMA等）
  - 任何其他有特色的创新



谢谢