

微型计算机硬件技术基础

Hardware Fundamentals of Modern Computer

Topic: Component Interconnection

陈启军，张伟

Email: zhang_wi@mail.tongji.edu.cn

Dept. Of Automation, TongJi University



内容

● 从系统谈起——分而制之的还原论思想

● 基本概念：

- 接口与实现、接口与协议，总线与交换

● 原理：基于总线的互连技术

- 基本总线互连技术
- 基本总线技术的改进：多总线结构，局部总线，...
- 如何基于总线技术构建高性能系统
- 常见总线标准

● 原理：基于交换的互连技术

- 比较：总线技术和交换技术

参考文献

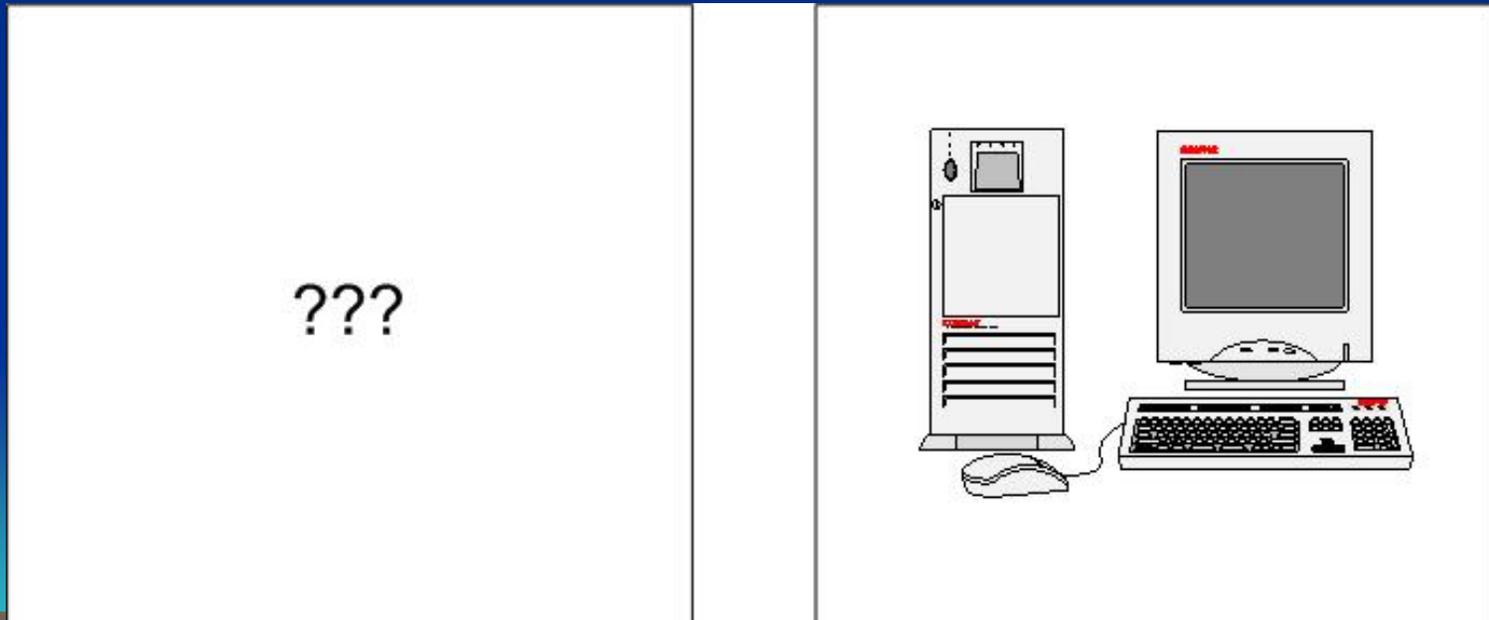
- 🌍 [1] 谢长生，计算机硬件技术基础，人民邮电出版社，**2002.**（课本）
 - 第5章 5.1, 5.3
 - 🌍 [2] 李昌武，凌志浩，李飞编著，史济民主审，计算机硬件技术基础，电子工业出版社，北京，**2004.** (老课本)
 - 该书第2章，第3章3.4节
 - 🌍 [3] 张昆藏，施一萍，经致远译，计算机组织与结构（第4版），清华大学出版社，北京，**1999.**
- [美]William Stallings, Computer Organization & Architecture: Design for Performance (Fourth Edition), Prentice Hall.**

从系统谈起

● 什么是“系统”？

● 如何分析一个系统？

- 分而制之的还原论思想 => “分析”方法
- 与还原论相对的系统论思想 => “综合”方法



高级汉语词典

析

xī

<动>

- (1) (会意。从木,从斤。用斧子劈开木头。本义:劈,劈木头)
- (2) 同本义 [cut]
析,破木也。——《说文》
析,劈也。——《声类》
析薪如之何?匪斧不克。——《诗·齐风·南山》
扶桑可薪,析木可焚,是桂永存。——明·方孝孺《双桂轩铭》
- (3) 又如:析木(劈开木头);析薪(劈柴)
- (4) 分析,辨认 [analyse]
判天地之美,析万物之理。——《庄子·天下》
奇文共欣赏,疑义相与析。——晋·陶潜《移居》
- (5) 又如:析理(分析事物的道理);析句(分析句子的结构、成分等);析字(辨析字义);析微(分析精深细微的道理);析辩(分析论辩)
- (6) 分开;分散 [divide up]
厥民析。——《书·尧典》。传:“其民老壮分析也。”
逮归,季孟已有析烟之议。——宋·张今《范子严墓志》
- (7) 又如:析骸以爨(折散尸骨当柴烧饭);析箸(分家);析耕(分开田产,各自耕作)
- <名>
- (8) 姓

从系统谈起

基于还原论的思想

- 我们有必要首先将计算机（系统）分解成为若干子系统，然后考察相对比较简单的那个子系统的构成以及子系统之间的连接方式。
- 本章重点学习计算机内部各个模块之间的连接原理。

互连结构

🌍 问题：如何将电气上相互独立的两个或者多个部件连接在一起，使它们能够相互通信？

这一互连问题(Interconnection Problem)在计算机系统的硬件设计中普遍存在，遍及各个层次：

- CPU内部各个模块的互连
- 计算机内部各个部件的互连
- 计算机与外部各个IO设备之间的互连
- 多台计算机之间的互连
- 大规模网络的互连

🌍 思考和想象：结构互连你能想出多少种方式？

互连结构

互连结构的方式:

– 从数据传输的角度看:

- 总线，交换，无线，网络

– 从拓扑结构角度看:

- 直线形，环形，树形，网状，...

互连结构

● 最基本的几种互连结构

- 总线连接：共享导电体这个传输媒介
 - 交换连接：电路交换，包交换，元组(Cell)交换等
 - 无线连接：共享电磁场这个无线传输媒介
- 未来可能的进展之一：
- 局部的光连接和全光交换

● 研究互连结构的意义

- 计算机部件之间的互连方式是影响计算机发展和性能的最重要潜在影响因素之一！每一次互连的变化（电气标准、协议等）都对各功能模块的实现提出了新的要求。

互连结构

● 概念：接口与实现

- **接口(Interface)**: 在与特定模块交互时需遵循其规范，这种规范就构成了该模块对外的接口。对接口的详细说明往往就形成了**协议(protocol)**。
- **实现(Implementation)**: 与接口相对，在这里做名词用，特指提供某种接口的模块。它可以是硬件，也可以是软件，还可以是包含硬件和软件的固件。
 - 硬件模块的接口体现为电气信号的时序和交互
 - 软件模块的接口体现为函数声明和函数交互时序
- 不同的模块可以具有相同的接口，或者说，它们是同一接口的不同实现。
 - 这一特性方便了计算机部件的系列化开发，从而可以更方便的进行部件替换和升级。

互连结构之总线

● 问题：什么是总线？

- 定义1(片面观点)：总线是连接各个功能部件的导线。
- 定义2(全面观点)：完整的总线应当包含连接各个功能部件的导线、各个功能部件内部的接口电路以及可能存在的总线控制与管理部件。

传输媒介 + 分散于各个模块 + 总线控制与管理
(导线) 内部的接口电路

总线控制与管理：总线申请，总线仲裁，总线传输，总线释放等功能

互连结构之总线

● 总线的分类

- 串行总线 vs. 并行总线
- 同步总线 vs. 异步总线
- 片内总线，系统总线和I/O总线(chip bus, system bus, & I/O bus)
-

(因此，按照不同的分类标准并相互组合，就可以得到不同类型的总线，从而也产生了大量的名词)

● 思考：

- 串行总线和并行总线的比较
- 同步总线和异步总线的比较

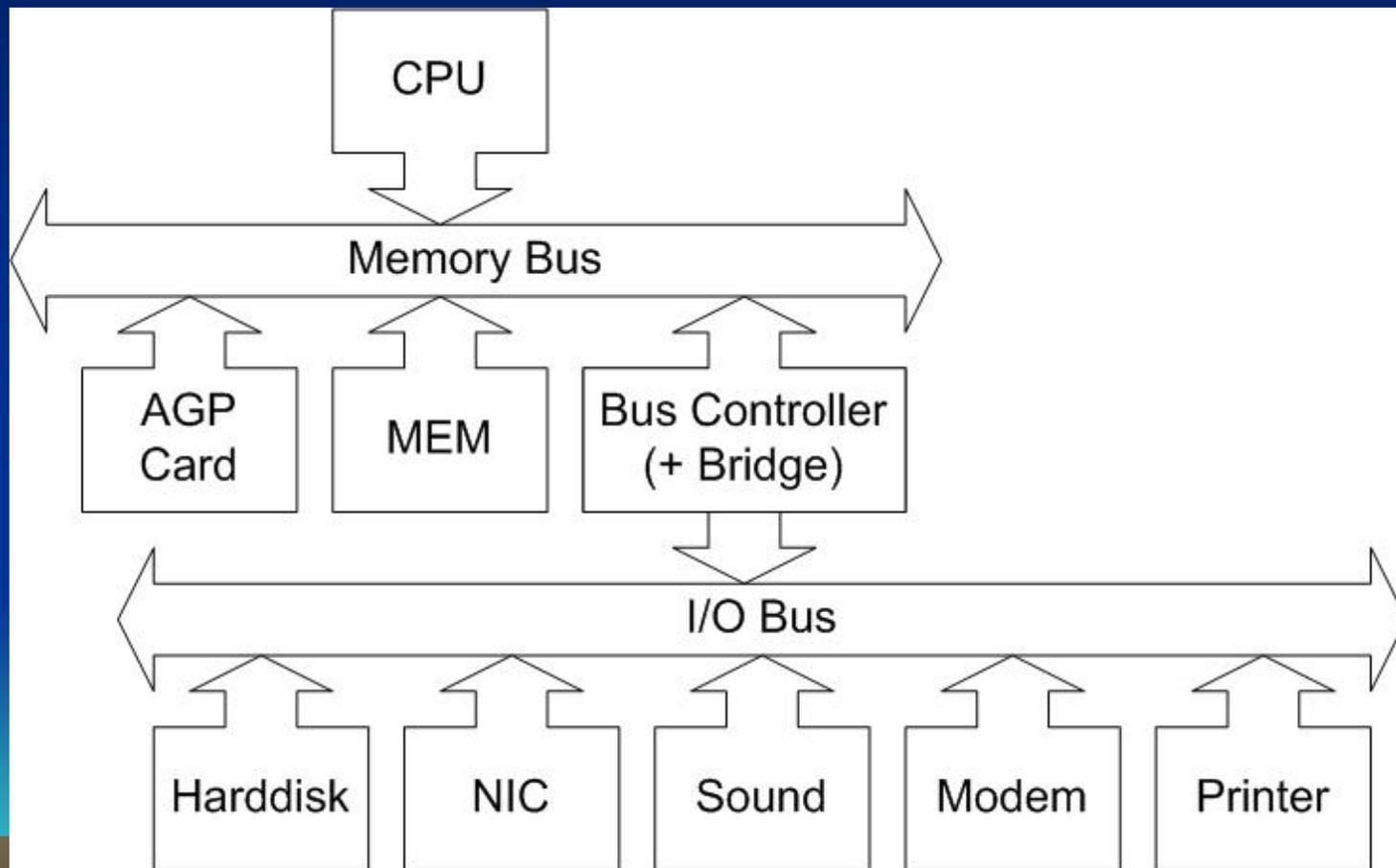
(从性能，成本，使用的方便性，适用的范围几个方面)

互连结构之总线

- 问题：如何应用总线实现计算机内部各个模块之间的互连？
 - 最简单的方式：将各个模块通过“插槽”直接连接到总线上
 - 扩展方式：中继(Repeater)和级连(Stack)
 - 不同总线之间的转换：桥接器(Bridge)

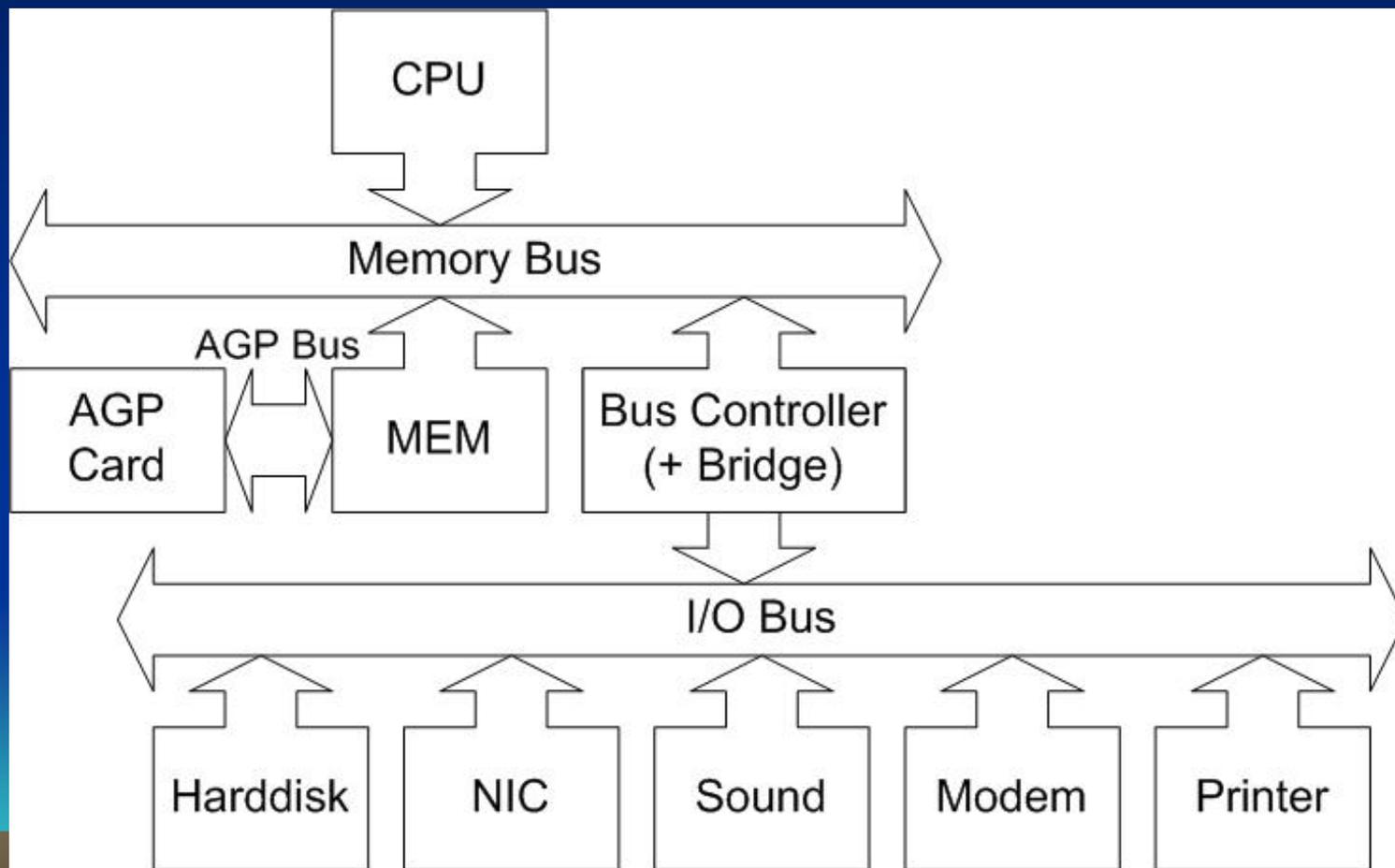
互连结构之总线

● 示例：一个简单的计算机系统内部总线互连



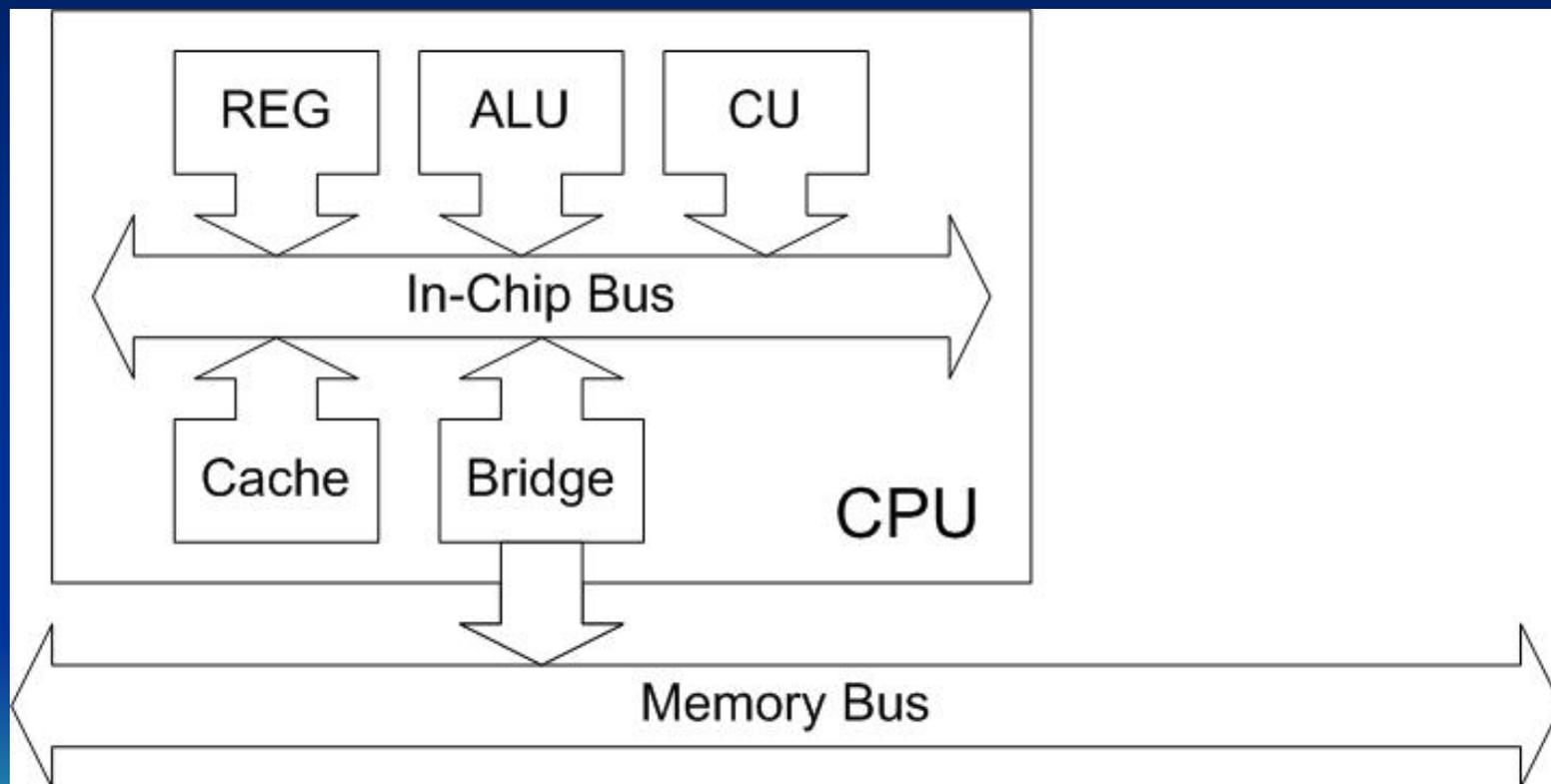
互连结构之总线

● 示例（续）：一点小改进——局部总线(Local Bus)



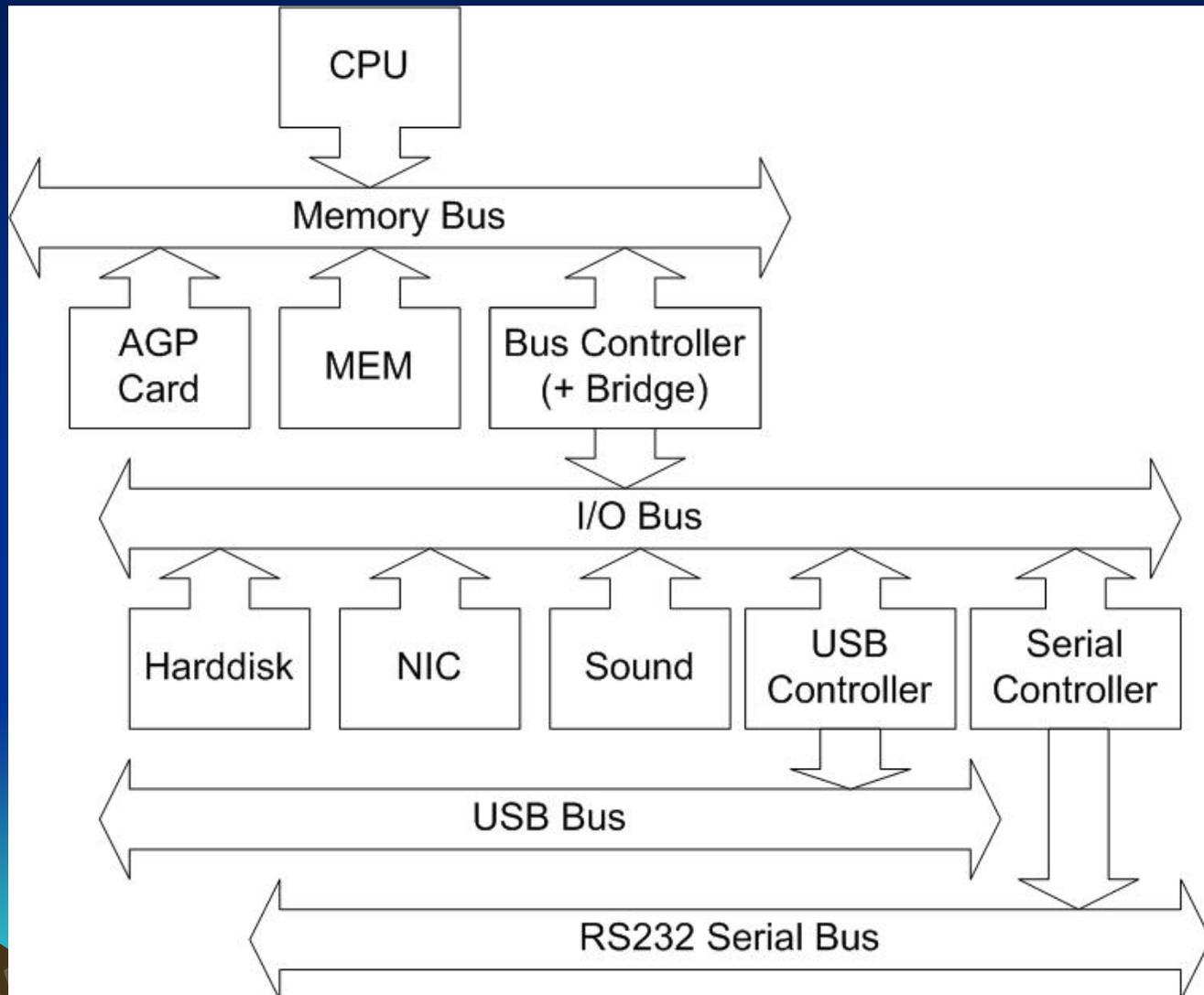
互连结构之总线

🌐 示例（续）：深入CPU，例如ARM芯片的AHB总线



互连结构之总线

示例（续） 延伸到外设



互连结构之总线

思考：如何衡量总线的性能？(P.132)

需要引入某种技术指标，就像描述计算机性能的MIPS和MFLOPS那样，可以描述总线的性能

— 总线频宽：总线本身所能达到的最高传输率

$$\text{总线频宽(MB/s)} = \text{总线频率} \times \text{数据线宽度}$$

— 总线传输率：在一定传输方式下所能达到的传输率

$$\text{总线传输率} Q = \text{总线频率} f \times \text{传输数据宽度} W / \text{传输一次数据所需时钟周期个数} N$$

其它常见指标：总线时钟频率，数据宽度，地址宽度

互连结构之总线

- 思考：总线是如何工作的 (总线的工作原理) ?
 - 共享媒介
 - 媒介争用与总线仲裁
 - 集中式仲裁和分布式仲裁
 - 总线接口和设备接口相配合

互连结构之总线

● 思考：如何基于总线技术构建高性能系统？

几个提示

- 如果大量设备连接到总线上，系统性能就会下降。因为总线是共享传输媒介的
- 总线和其上各个设备之间的性能应该匹配，否则就应考虑增加缓冲或者增加层次

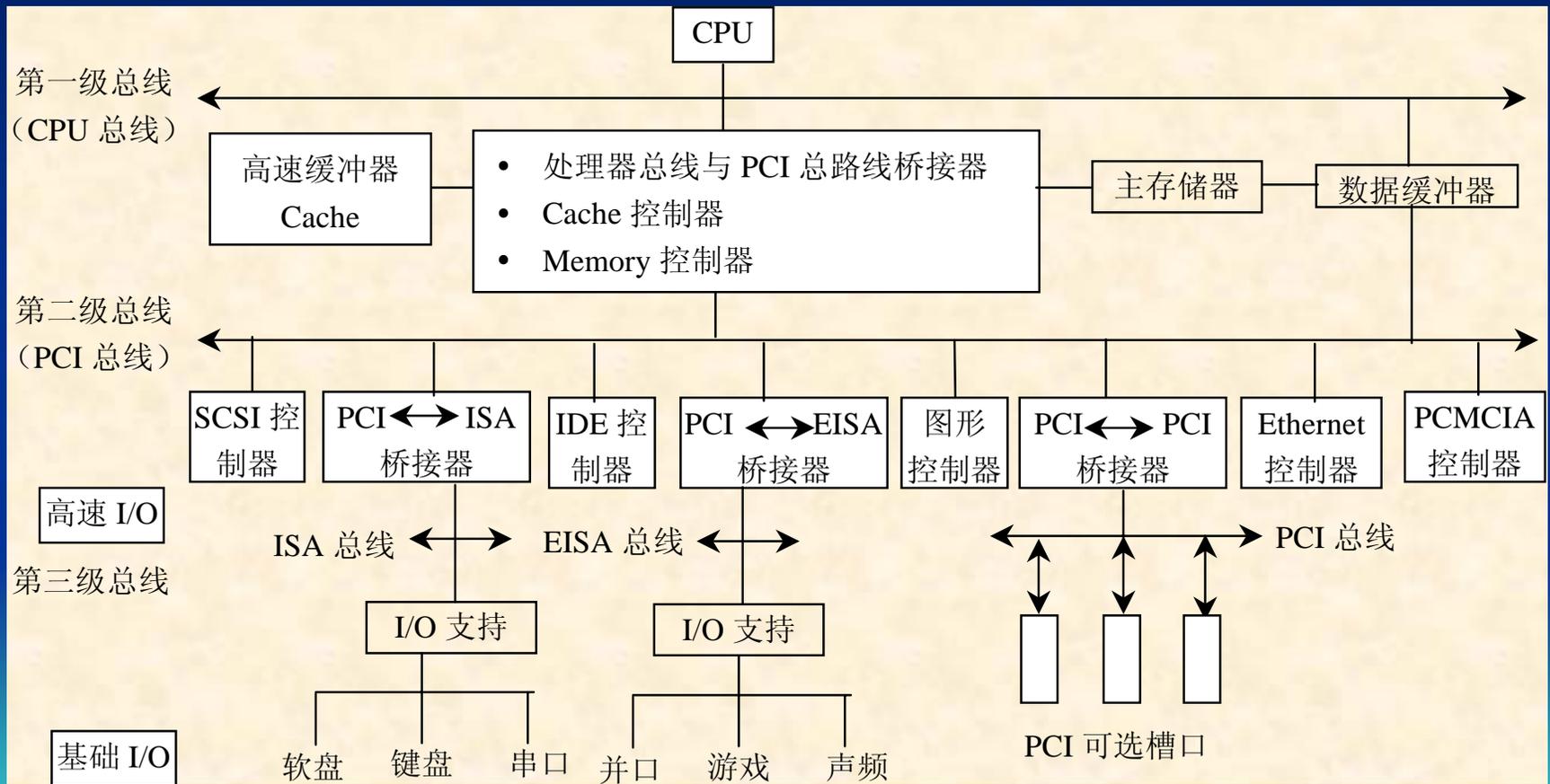
互连结构之总线

● 思考：如何基于总线技术构建高性能计算机系统？(P.129-132)

- 方案1：改进总线技术本身，例如提高时钟频率，增加数据宽度，采用突发传输技术(burst transmission)等；
- 方案2：变单总线结构为多总线总线
- 方案3：在数据传输速率很高的器件之间增加局部总线(local bus)，例如在内存和显示器之间增加一条局部的视频总线

互连结构之总线

实例：Pentium机的总线层次结构与桥接芯片



互连结构之总线



了解实际中几种常见的总线

- ISA(工业标准结构总线)和EISA总线
- VESA总线(视频局部总线)
- PCI总线(外部设备互连总线)
 - 突发传送机制
- AGP总线(高速图形接口总线)
- FutureBUS
- NGIO总线(下一代输入输出总线)
- SCSI总线
- USB
- ...

互连结构之总线

● 总线的发展历史和当前现状



● 总线发展历史的几个特点

- 早起：宽度增加，频率提高
- 中期：增加局部总线，计算机从单总线走向多总线结构
- 晚期：引入交换架构

互连结构之交换

● 问题：什么是交换？

- 类比：电话系统的交换机(交换原理)
- 交换取消了对传输媒介的共享，提高了并行使用情况下单个端口的带宽(数据传输率)。

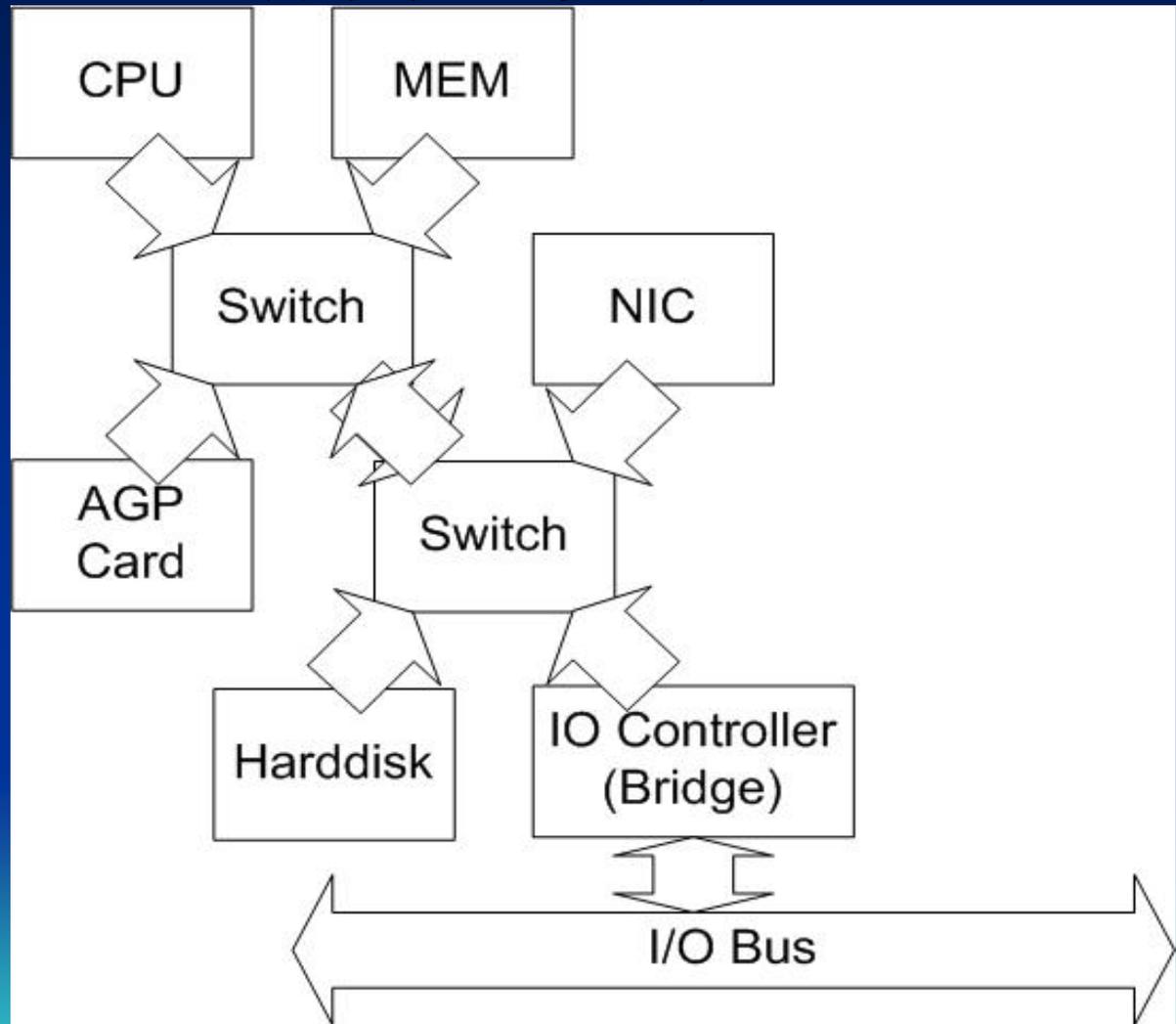
● 思考：总线技术和交换技术的比较

- 从性能，成本，使用的方便性上比较

● 思考：如何基于交换技术实现模块互连？

互连结构之交换

实例：交换结构互连

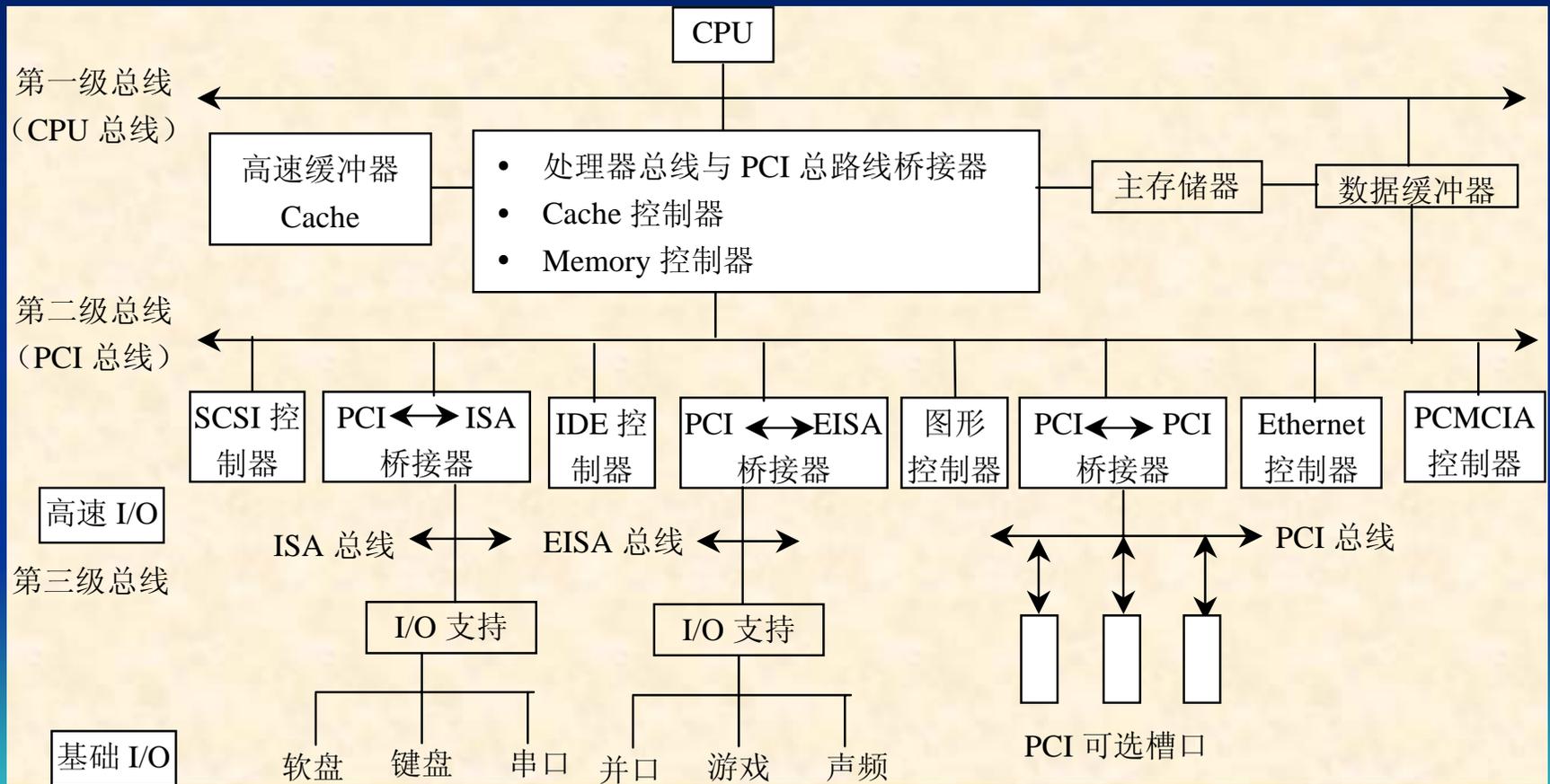


互连结构之交换

- 实例分析: Pentium系列微计算机内部结构
 - Ref [1]: P131图52, [2]: P 26 图2-7, P27 图2-8
 - 基于总线思想的计算机结构: 南桥和北桥
 - 基于交换思想的计算机结构: 存储控制中心和I/O控制中心

互连结构之交换

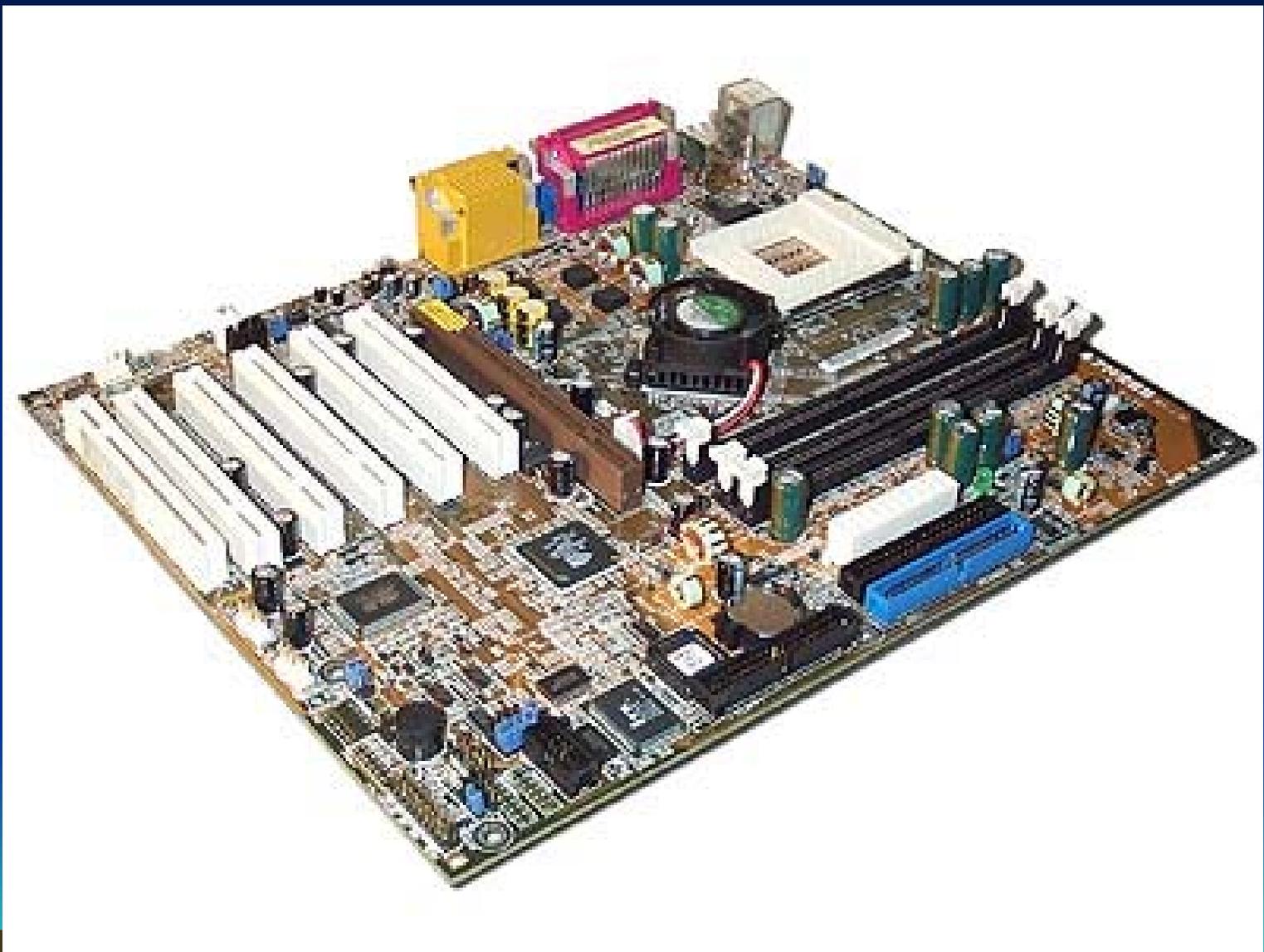
实例：Pentium机的总线层次结构与桥接芯片



联系实际

- 实例：在实际的计算机中寻找用于不同部件互连的部分
 - 最大的互连部件就是主板本身
 - 主板上进一步分布着PCI总线(白色插槽)、AGP总线(棕色插槽)、南桥北桥或者是芯片组、PCI到ISA/EISA的桥接器以支持键盘串口并口、IDE控制器以支持到硬盘连接、PCI到PCI桥接器以支持扩展PCI插槽、Ethernet以太网接口

一块计算机主板



小结

- 从系统谈起——分而制之的还原论思想
- 基本概念：接口与实现、接口与协议，总线与交换
- 原理：基于总线的互连技术
 - 基本总线互连技术
 - 基本总线技术的改进：多总线结构，局部总线，...
 - 如何基于总线技术构建高性能系统
 - 常见总线及其标准
- 原理：基于交换的互连技术
 - 比较：总线技术和交换技术