

嵌入式系统

Embedded System

姚杰

qq群 817180605

Email: jackyao@hust.edu.cn

课程目的：

- 1、了解什么是嵌入式系统
- 2、掌握嵌入式系统开发方法
- 3、注重实践，培养动手能力

课程内容：

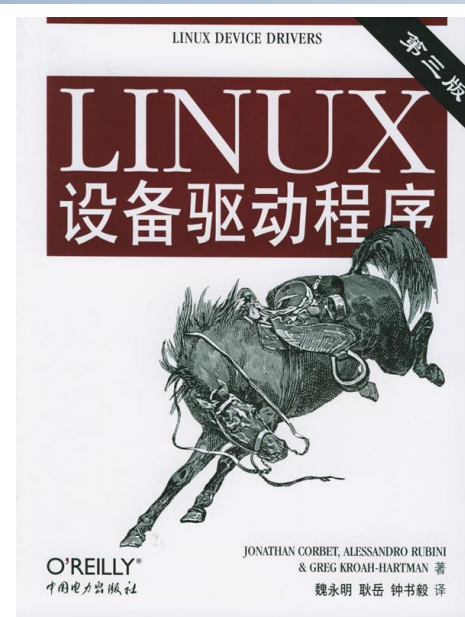
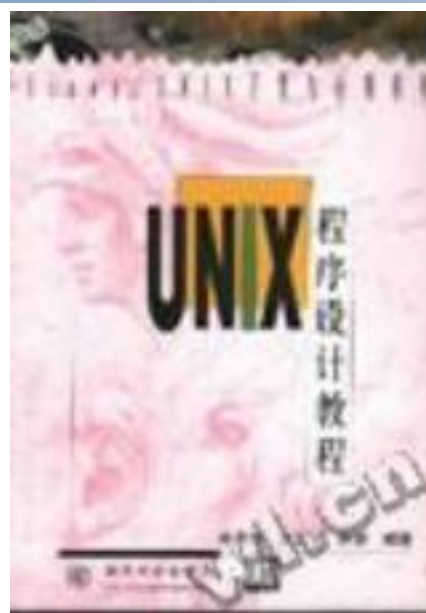
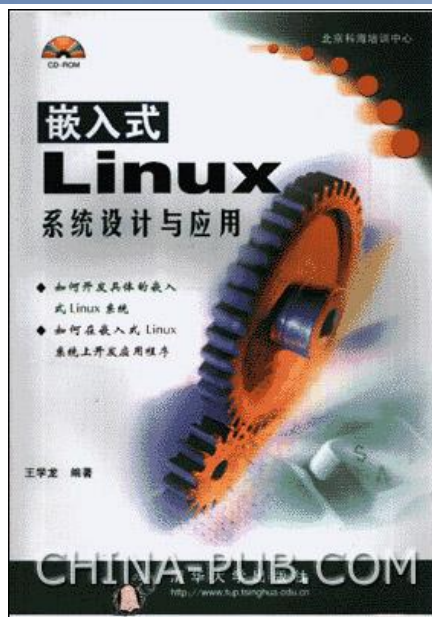
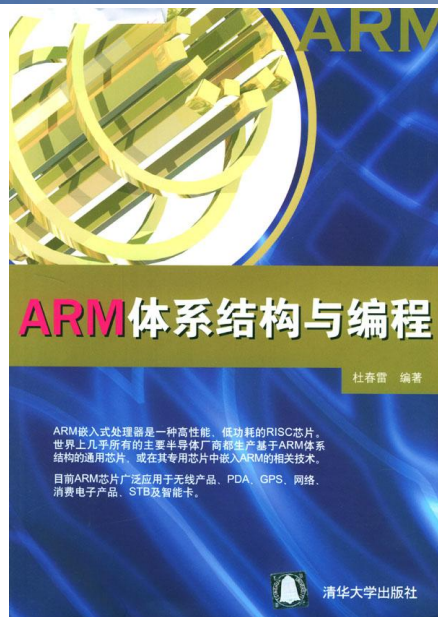
- 1 嵌入式系统的介绍、定义、组成；
- 2 嵌入式硬件的发展、分类；
- 3 arm处理器的硬件发展、编程模型、指令集；
- 4 嵌入式操作系统，实时操作系统；
- 5 嵌入式linux系统； android系统；
- 6 实验内容（Linux及android的系统、应用开发）；

课程安排：

4次课，6次实验

注重实验，考核实验

参考资料



- 1 **ARM体系结构与编程**. 杜春雷. 清华大学出版社
- 2 **嵌入式Linux系统设计与应用**. 王学龙. 清华大学出版社
- 3 **UNIX程序设计教程**. 赵克佳. 清华大学出版社
- 4 **Linux设备驱动程序（第三版）**. （美）科波特（**Corbet,J.**）等著，
魏永明，耿岳，钟书毅 译. 中国电力出版社
- 5 **Android框架分析**，较多相关书籍

嵌入式系统

第一讲 硬件

本节提要

- 
- 1 嵌入式系统的定义
 - 2 嵌入式系统的组成
 - 3 CISC与RISC系统结构
 - 4 微控制器与微处理器
 - 5 边界扫描测试技术JTAG

计算机系统的三大应用领域

- 服务器

- 目标:

- 可用性
 - 可扩展性
 - 有效带宽

- 利润最大的市场

- 包括大型机、超级计算机等

- 桌面

- 办公等用途

- 最广阔的市场

- 包括台式机，笔记本

- 嵌入式

- 非计算机形态

- 潜力最大的市场

嵌入式系统：PDA

- 个人信息助理
- 掌上电脑



Nokia 6110 四频 HSDPA /
GPS 导航器



SONY GPS导航器



Map-Star的GPS定位



PDA 手机 + GPS 导航 = Dopod U1000



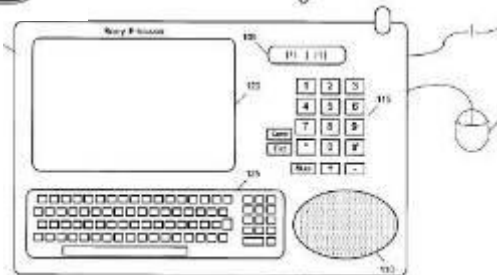
华硕GPS导航器

嵌入式系统：手机

- 普通手机
- 智能手机
 - 与PDA结合
- 网络手机
 - gphone



Nokia手机户外
音响



Sony Ericsson超小型
手机电

内置 DVB-H 移动电视手机



韩国电信手机/
电视遥

控器二合一产品⁰

嵌入式系统：PMP

- Portable Media Player



Ipod nano



Nike的
iPod 帽



iLuv可即时将视频录制到iPod/
闪存卡上，与以前技术相反



IPEVO支持Skype电话



XtremeMac开发的iPod音箱



Sony家用影音综合设备

Archos带
Wifi的704



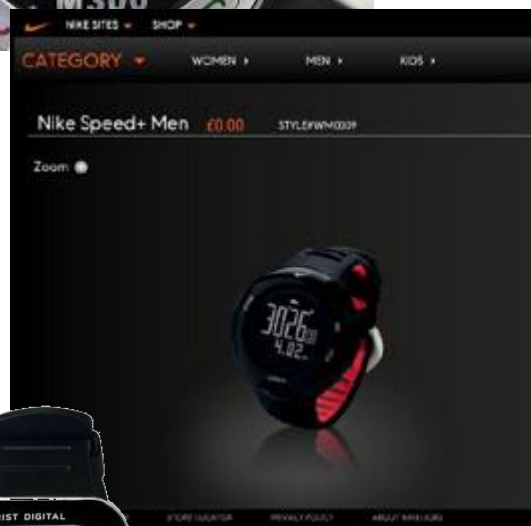
嵌入式系统：办公用品

- 录音笔
- **FLY**数字笔
 - 能“看懂”在专用纸上所写的内容
 - 能“阅读”写作和纠正语法错误
 - 完成简单的算术运算
 - 将英文互相翻译成西班牙文等
- **Genius**数字便笺
 - 存储**100**页便笺
 - **2000LPI**分辨率
 - **32MB**板载内存
 - 可通过**USB**连接电脑
 - 笔迹识别软件
- **Polymer Vision**手机书
 - 使用可卷电子纸的电子书阅读器



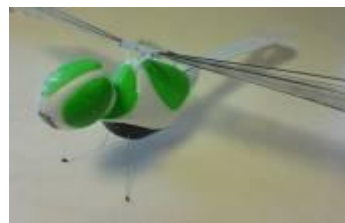
嵌入式系统：手表

- Apple Watch
- Martin Frey手表
 - 日程表
 - 和手机联动
 - 获取网络连接和GPS定位信息
- 手表手机：M300
 - 1英寸的显示屏
 - USB接口
 - 可播放音乐
 - 支持蓝牙
- Nike的Speed+手表
 - 结合 iPod 和运动计测
- 韩国防性罪犯的电子手镯
 - 可追踪罪犯的定位和坐标
- 爱国者视频MP4手表



嵌入式系统：运动玩具游戏

- GTX公司定位的运动跑鞋
 - 内置的GPS接收器和可充电电池
- 遥控蜻蜓
- 次世代三大主流
 - 三款主机Xbox 360, Wii, PS3



GameCube



Wii, 手柄, 手套, 枪



PS3



XboX360

嵌入式系统：摄像器材

- 数码相机
- DV



嵌入式系统：智能家居

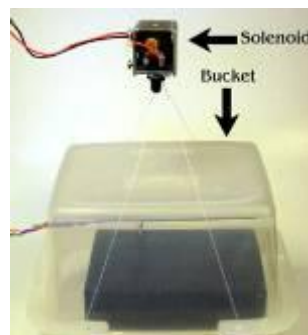
- 智能家具
- 智能家电



智能型垃圾桶 i.Master



Roto-Rooter公司马桶
组合笔记本/ipod/冰
箱/Xbox360/健身



高科技的捕鼠器
遮断红外线光束掉下笼子



DangerBomb 闹钟
不起床就爆炸啰



配备电子食谱
的锅铲coo.bo

嵌入式系统：电视

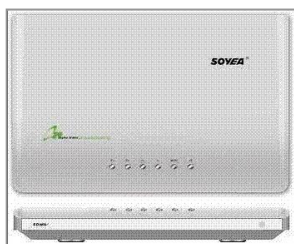
- 高清电视
- 数字电视
- 立体显示技术



能输出 HD 高画质影像的 iPod Dock



LG内置数字录像机的 LCD TV



数字电视机顶盒



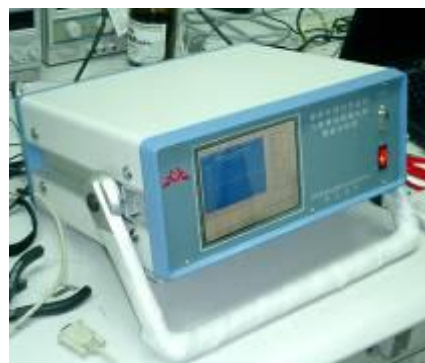
AppleTV:
播放 iTunes

嵌入式系统：仪器

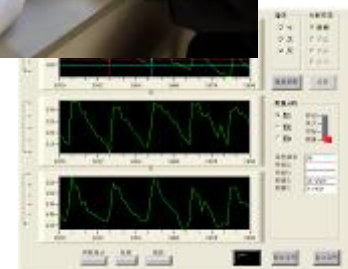
- DCG (动态心电图仪)
- 便携式多参数监护仪
- 中医指套传感器脉象虚拟仪器
- 推拿手法测试仪
- 电动机故障状态监测保护系统



手持仪

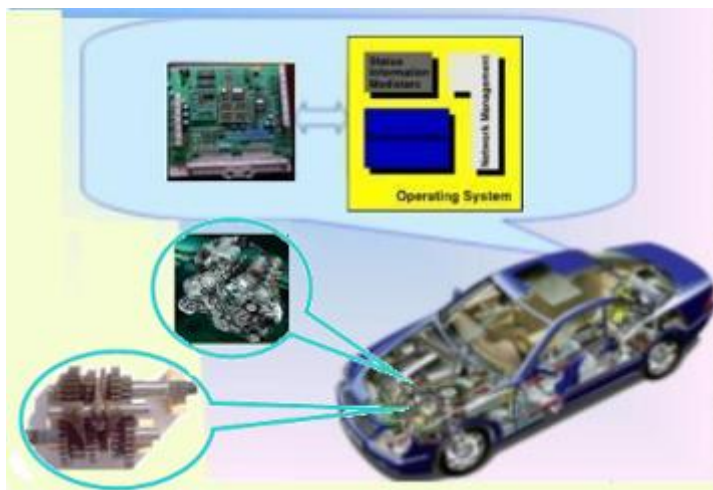


监控仪



嵌入式系统：交通相关

- 汽车电子
 - 处理器个数可达三位数
 - 车载
 - 娱乐，定位等
 - 车控
 - **ABS、EBD等**



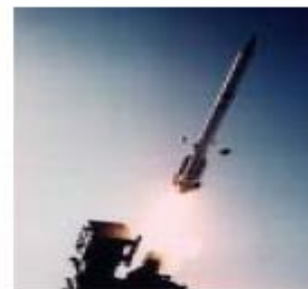
改装遮阳板

汽车立体声音响
HD Radio扩展包

DVD / TV / MP3

嵌入式系统：军工

- 武器控制系统
- 数字化单兵系统
 - 有苛刻要求
 - 尺寸和重量
 - 功率消耗
 - 震动和冲击



21世纪部队旅及旅以下作战指挥系统
夜视扫描、全球定位、指挥通信

嵌入式系统：可穿戴设备

- **Google Project Glass**

集智能手机、**GPS**、相机于一身。

光学反射投影，微型投影仪投到反射屏上，
凸透镜折射到人体眼球



- **意念头箍**

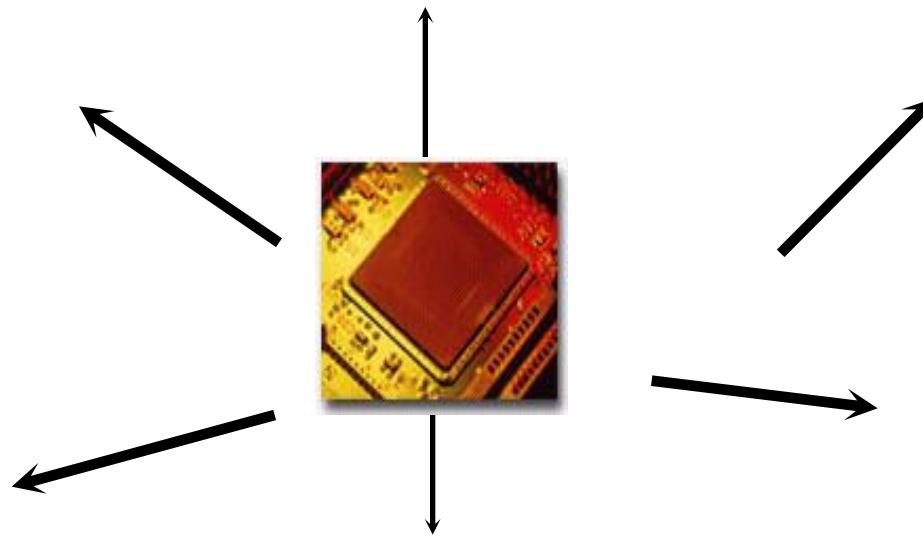
头戴式脑电波传感器，蓝牙无线连接智能手机、平板电脑
实现神奇的“意念力操控”



嵌入式Internet应用



嵌入式系统无处不在



学以致用



嵌入式系统的定义

- 嵌入式系统、嵌入式计算机系统（Embedded System）：计算机作为某个专用系统中的一个部件而存在，**嵌入**到更大的、专用的系统中的**计算机系统**。

嵌入：为目标系统构筑合适的计算机系统并有机地融入目标系统中。

工业控制、汽车电子、家电控制、机器人、玩具、音像设备、游戏机、... 等等

IEEE 定义

根据IEEE（国际电气和电子工程师协会）的定义：

嵌入式系统是“用于**控制、监视或者辅助操作**机器和设备的装置”（原文为devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants）。

可以看出此定义是从应用上考虑的，嵌入式系统是**软件和硬件的综合体**，还可以涵盖机电等附属装置。

一般定义

“以应用为中心、以计算机技术为基础、软硬件可裁剪、功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。”

从三个方面来理解该定义：

专用计算机系统（非P C智能电子设备）：面向用户、面向产品、面向应用的，它必须与具体应用相结合才具有生命力。

技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的集成系统：是将各个行业的具体应用相结合的产物。

适应应用系统的严格要求：必须根据应用需求对软硬件进行裁减，满足应用系统的功能、可靠性、成本、体积、功耗等要求。

嵌入式系统的发展(硬件)

嵌入式系统已经有了近30年的发展历史，它是硬件和软件交替发展的双螺旋式发展。

硬件的发展以微处理器（CPU）为中心（位数，指令集）

软件的发展以嵌入式操作系统为中心。

第一款微处理器是Intel的**4004**，它出现在1971年，然后是Intel公司的**8048**，它出现在1976年。Motorola同时推出了**68HC05**，Zilog公司推出了**Z80**系列，这些早期的单片机均含有256字节的RAM、4K的ROM、4个8位并口、1个全双工串行口、两个16位定时器。

之后在80年代初，Intel又进一步完善了**8048**，在它的基础上研制成功了单片机**8051**。

x86

arm

Mips

Risc-V

ARM处理器简介

ARM公司简介

1985年,第一个ARM原型由英国的ACOM公司完成,
1990年,成立ARM公司

ARM是Advanced RISC Machines的缩写,它是一家微处理器行业的知名企业,该企业设计了大量高性能、廉价、耗能低的RISC (精简指令集) 处理器。

ARM 公司的特点是只设计芯片,而不生产。它将技术授权给世界上许多著名的半导体、软件和OEM厂商,并提供服务。

ARM处理器简介

ARM[®]



将技术授权给
其它芯片厂商



形成各具特色
的ARM芯片



ARM处理器简介

ARM（Advanced RISC Machines）有3种含义

- 一个公司的名称
- 一类微处理器的通称
- 一种技术的名称

ARM处理器的特点

采用**RISC**架构的**ARM**微处理器一般具有如下**特点**：

- 体积小、低功耗、低成本、高性能；
- 支持**Thumb（16位）/ARM（32位）**双指令集，能很好的兼容**8位/16位**器件；
- 大量使用寄存器，指令执行速度更快；
- 大多数数据操作都在寄存器中完成；
- 寻址方式灵活简单，执行效率高；
- 指令长度固定。

ARM产品系列

ARM处理器的产品系列:

ARM7: 75MHz, 3级流水线, 单cache, 1.0DMIPS/MHz

ARM9, ARM10: 200MHz~400MHz, 采用ARMv5TE系列指令集, 5级流水线, 1.1DMIPS/MHz

ARM11: 600MHz~800MHz, 采用ARMv6系列指令集, 8级流水线, 1.25DMIPS/MHz

Cortex-A8: 指令集ARMv7-A, 13级整数流水线, 2.0DMIPS/MHz;

Cortex-A9: 指令集ARMv7-A, 8级整数流水线, 2.5DMIPS/MHz, 支持多核;

Cortex-A5: 指令集ARMv7-A, 8级整数流水线, 1.57DMIPS/MHz, 支持多核;

Cortex-A15: 指令集ARMv7-A, 支持多核;

Cortex-A72: 指令集ARMv8-A, 64位, 支持多核;

嵌入式系统的发展(软件)

实时操作系统是嵌入式系统目前最主要的组成部分。需要调度一切可利用的资源完成实时控制任务，着眼于提高计算机系统的使用效率，满足对时间的限制和要求。

1981年**Ready System**发展了世界上第1个商业嵌入式实时内核（**VRTX32**）包含了许多传统操作系统的特征，包括任务管理、任务间通讯、同步与相互排斥、中断支持、内存管理等功能。

随后，出现了如**Integrated System Incorporation (ISI)**的**PSOS**、**IMG**的**VxWorks**、**QNX**公司的**QNX** 等，**Palm OS**，**WinCE**，嵌入式**Linux**，**Lynx**，**uCOS**、**Nucleus**，以及国内的**Hopen**、**Delta OS**等嵌入式操作系统。

今天**RTOS**已经在全球形成了1个产业，根据美国**EMF**（电子市场分析）报告，1999年全球**RTOS**市场产值达3.6亿美元，而相关的整个嵌入式开发工具（包括仿真器、逻辑分析仪、软件编译器和调试器）则高达9亿美元。

嵌入式系统的几个重要特征

(1) 可靠性与稳定性：对元器件、工艺、质量控制等方面有不同的要求。

(2) 操作系统小

由于嵌入式系统一般是应用于小型电子装置的，系统资源相对有限，所以操作系统内核较之传统的操作系统要小得多。

比如ENE公司的OSE分布式系统，内核只有5K，而Windows的内核则要大得多。

(3) 低功耗：省电、减少发热

(4) 专用性强

功能、应用预知、相对固定，编程灵活性、CPU计算能力等可以低于通用计算机。

嵌入式系统的个性化很强，其中的软件系统和硬件的结合非常紧密，一般要针对硬件进行系统的移植。

即使在同一品牌、同一系列的产品中也需要根据系统硬件的变化和增减不断进行修改。

同时针对不同的任务，往往需要对系统进行较大更改，程序的编译下载要和系统相结合，这种修改和通用软件的“升级”是完全不同的概念。

(5) 系统精简

嵌入式系统**一般没有系统软件和应用软件的明显区分**，不要求其功能设计及实现上过于复杂，这样一方面利于控制系统成本，同时也利于实现系统安全。

(6) 高实时性OS

实时系统的代名词。

这是嵌入式软件的基本要求，而且软件要求固态存储，以提高速度。**软件代码要求高质量和高可靠性、实时性。**

- (7) 看门狗机制：运行环境无人照看，死循环、死锁
- (8) 热替换（**Hot Swapping**）：长期连续运行（如电话交换机），整个模块或电路板的替换
- (9) 容错：自动切换到备份部件或软件
- (10) 一般不带浮点运算：主要用于控制，整型数所能提供的分辨率已经够用
- (11) 外设接口多样：控制，不带磁盘
- (12) 人机界面特殊：**LCD、LED**
- (13) **CPU**一般为**RISC**结构的微控制器：小、低低耗、便宜

嵌入式系统与PC之间的区别

- 嵌入式系统一般是**专用**系统，而**PC**是通用计算平台
- 嵌入式系统的**资源**比**PC**少得多
- 嵌入式系统软件**故障**带来的后果比**PC**机大得多
- 嵌入式系统一般采用**实时**操作系统
- 嵌入式系统大都有**成本**、**功耗**的要求
- 嵌入式系统得到多种微处理体系的支持
- 嵌入式系统需要专用的**开发工具**

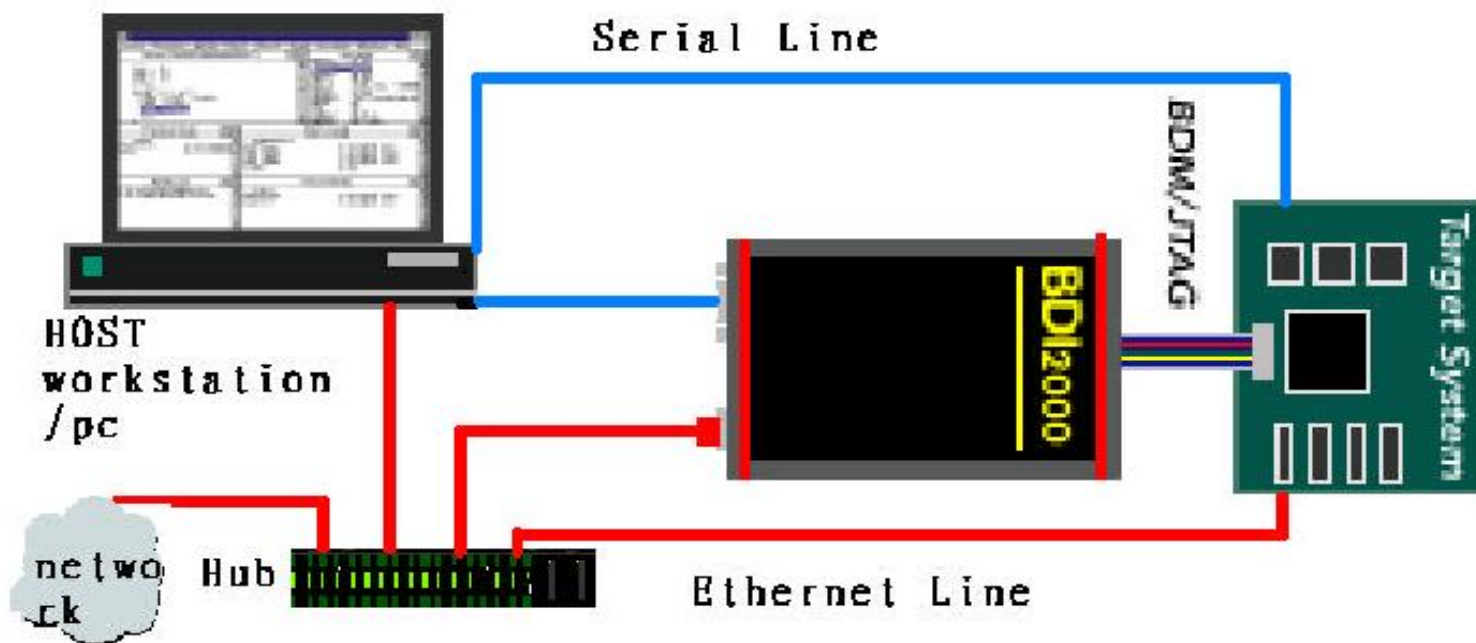
嵌入式操作系统与常规操作系统有着显著的区别，并形成一个重要的分支和独特的研究方向。

嵌入式系统的开发环境

由于其本身不具备自主开发能力，即使设计完成以后，用户通常也是不能对其中的程序功能进行修改，必须有一套**开发工具和环境**才能进行开发。

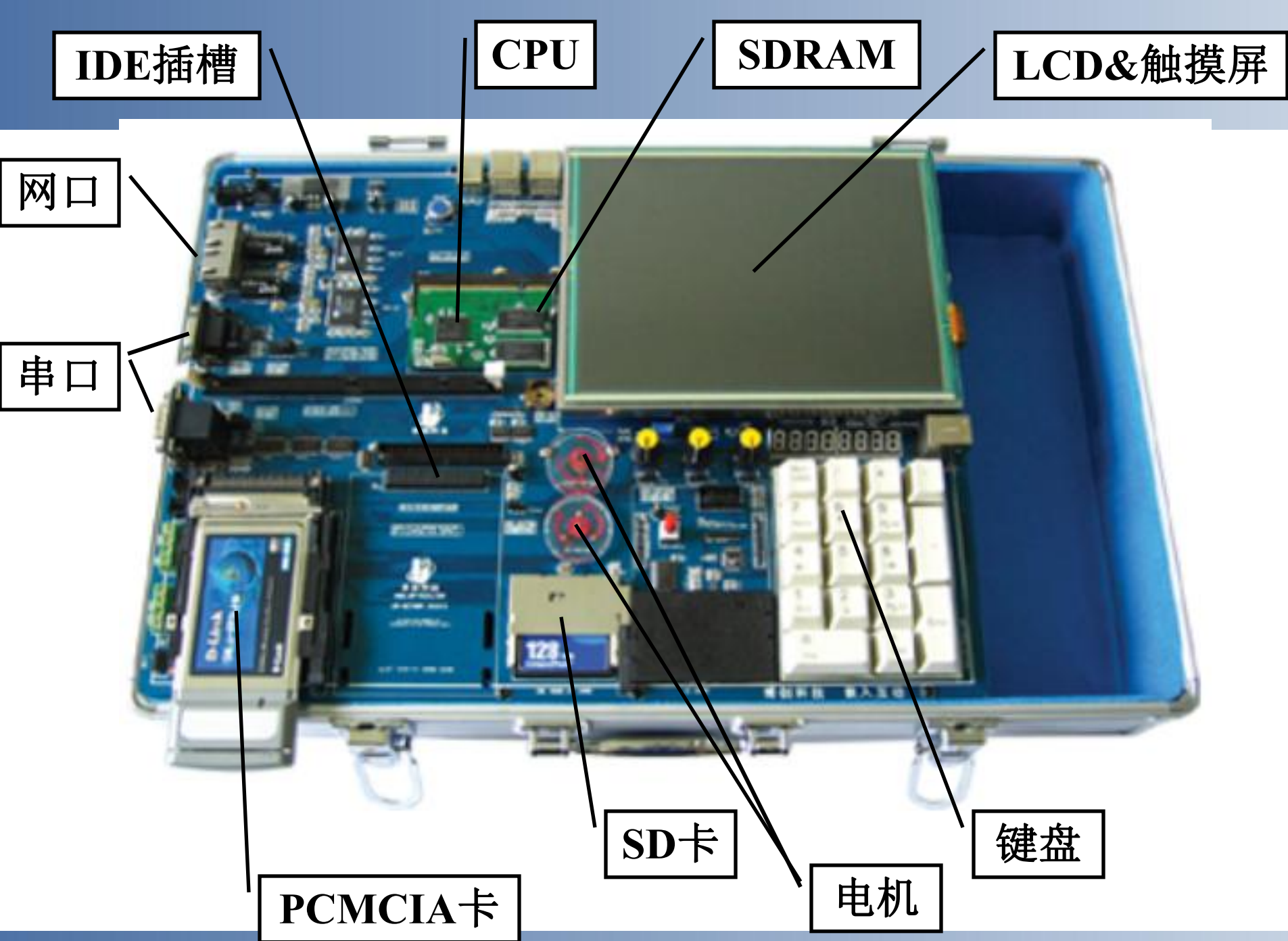
这些工具和环境一般是基于通用计算机上的软硬件设备以及各种逻辑分析仪、混合信号示波器等。

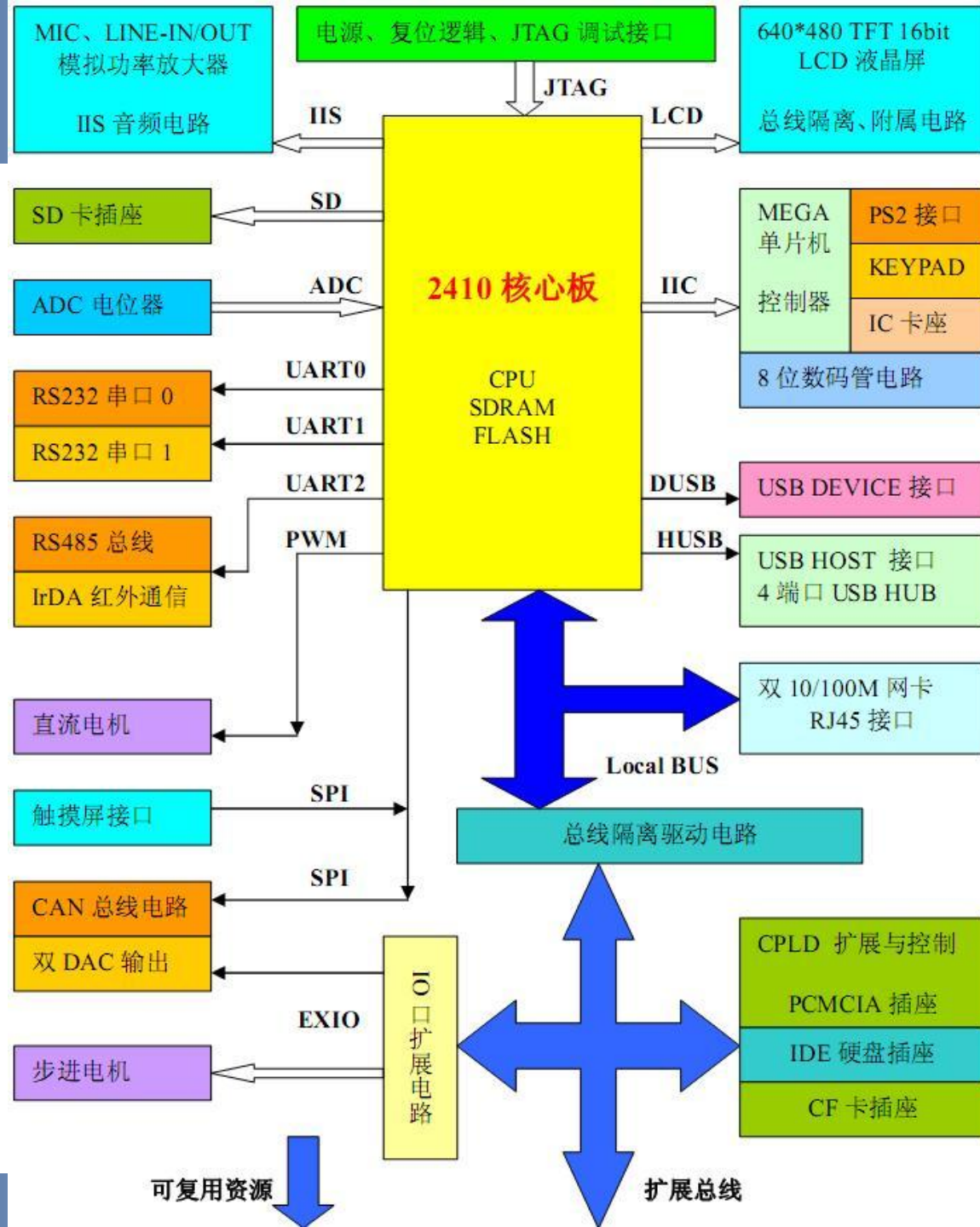
开发时往往有主机和**目标机**的概念，主机用于程序的开发，目标机作为最后的执行机，开发时需要交替结合进行。



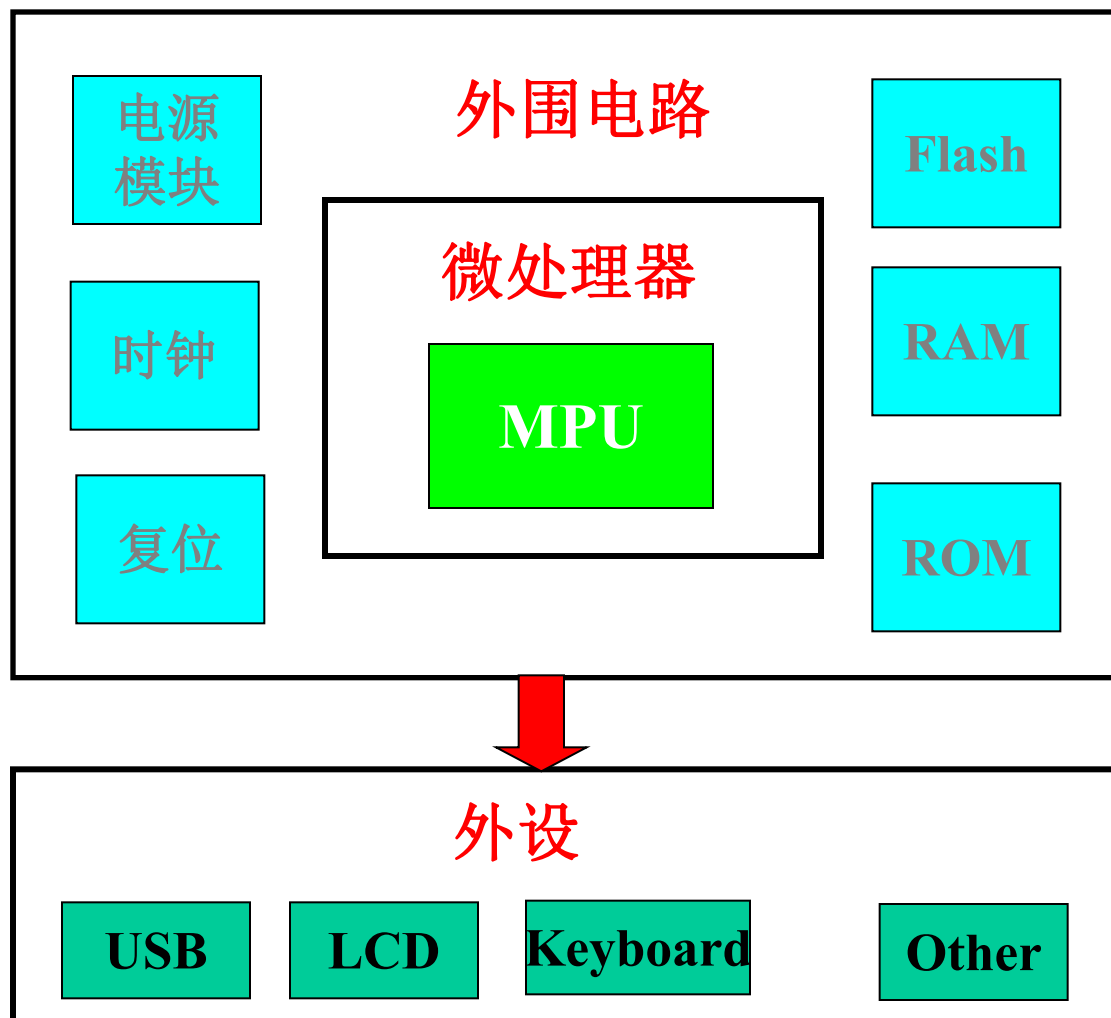
本节提要

- 
- ① 嵌入式系统的定义
 - ② 嵌入式系统的组成
 - ③ CISC与RISC系统结构
 - ④ 微处理器与微控制器
 - ⑤ 边界扫描测试技术JTAG





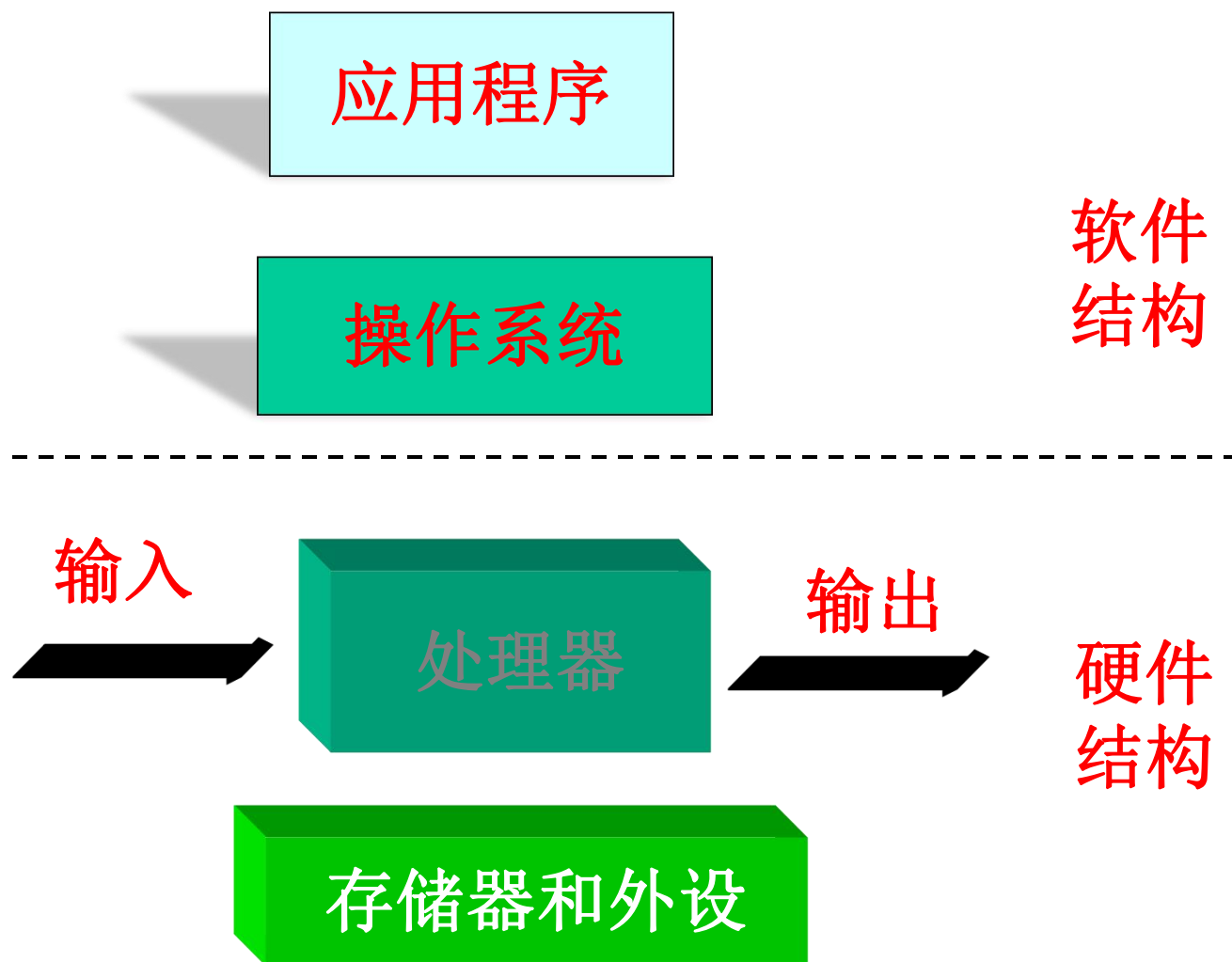
典型嵌入式系统基本组成—硬件



嵌入式系统硬件——Flash

	NOR Flash	NAND Flash
发布时间	Intel, 1988	东芝, 1989
寻址方式	线性寻址, 工作原理类似内存	块寻址, 工作原理类似硬盘
芯片内执行	支持	不支持
读速度	快	较慢
写入、擦除速度	较慢	较快
与CPU接口	简单, 通常直接使用CPU总线接口	复杂, 需要专门的设备接口
成本	单位成本高, 存放关键代码, 如BIOS程序	单位成本低, 存放大量数据, 如多媒体数据
对软件影响	不需驱动即可引导系统;	需驱动 (三星一些芯片固化驱动), 需坏块管理机制

典型嵌入式系统基本组成—软件



嵌入式系统的组成

- 嵌入式系统一般指非**PC**系统，它包括硬件和软件两部分。

硬件包括处理器 / 微处理器、存储器及外设器件和**I / O**端口、图形控制器等。

软件部分包括**操作系统**软件（**OS**）（要求实时和多任务操作）和应用程序编程。有时设计人员把这两种软件组合在一起。

应用程序控制着系统的运作和行为；而操作系统控制着应用程序编程与硬件的交互作用。

应用	图形用户界面（ GUI ），多媒体，网络，游戏等
系统	实时系统
	文件系统，总线和外设的驱动程序，网络协议
	核心（进程管理，内存管理，进程间通讯，中断响应）
硬件	处理器（体系结构，寄存器，指令集，中断）
	内存， flash ，总线，外设

本节提要

- 
- 1 嵌入式系统的定义
 - 2 嵌入式系统的组成
 - 3 **CISC与RISC系统结构**
 - 4 微处理器与微控制器
 - 5 边界扫描测试技术JTAG

CISC系统结构与RISC系统结构

- 系统结构：所谓系统结构是指程序员在为特定处理器编制程序时所“看到”从而可以在程序中使用的资源及其相互间的关系。如指令集、寄存器。一个处理器的系统结构即为其逻辑抽象。
- 早期的计算机部件比较昂贵，主频低，运算速度慢。为了提高运算速度，人们不得不将越来越多的复杂指令加入到指令系统中，以提高计算机的处理效率，这就逐步形成复杂指令集计算机体系。
- 为了兼容越来越多的指令，处理机具体通常是通过微指令来实现的。每条指令的执行都通过一个微指令序列（一段微程序）来完成，就好像调用了一个子程序一样。如：X86的MOVESB指令。

CISC系统结构与RISC系统结构（2）

● 指令与微指令

	微指令	指令
操作	很简单	不一定
格式	规则、简单、易译码	多样、不够简单、译码难
取指	快	慢
执行	快	慢

CISC系统结构与RISC系统结构（3）

- 指令和微指令：

用户**API**=指令=微指令的各种组合
分而治之（**Divide and Conquer**）

- 微指令的采用反过来助长了采用复杂指令的倾向：

PDP11-60小型机提供用户自行增添指令的手段。

指令的复杂程度与寻址方式有关

直接执行高级语言的机器

CISC系统结构与RISC系统结构（4）

- 关于复杂指令的讨论

1) 为了实现复杂指令必然牺牲简单指令的利益。

指令执行时间、寻址方式、指令长度，流水线，

由于指令流水线和短的时钟周期都是快速执行程序的必要条件，因此**CISC**体系结构对于高效处理器而言不太合适的。

2) 指令的使用频度：

指令使用频度

指令类型	使用率%
数据传送	43
控制流	23
算术操作	15
比较	13
逻辑操作	5
其他	1

CISC系统结构与RISC系统结构（5）

3) 微处理器的集成规模受半导体技术及生产成本的限制：减少复杂指令可降低尺寸和功耗

4) 高速缓存和内存降价

以上因素促成了RISC的概念和技术

IBM、伯克利、斯坦福、剑桥独立研究分别发展成为PowerPC、SPARC、MIPS、ARM等几种最主要的RISC系统结构。

RISC系统结构的特点

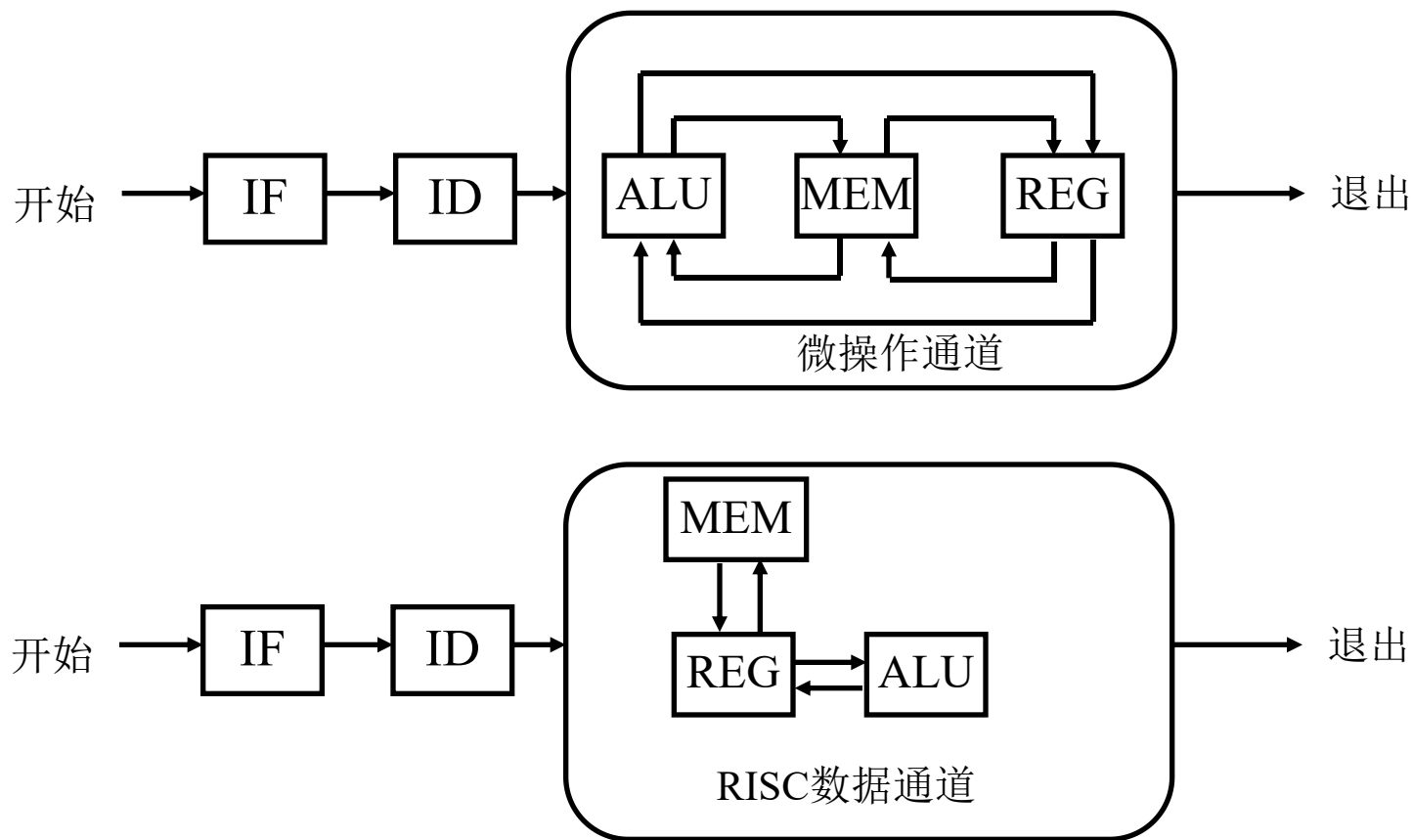
- 简约指令集：数量、复杂度
- 寄存器操作：**LOAD/STORE**体系结构、结果保存在寄存器中

三类指令：数据传送、数据处理、控制流

- 指令执行长度、寻址、格式整齐划一：32位
- 通用寄存器较多，
- 寄存器窗口



CISC与RISC的数据通道



访存慢!

CISC 与RISC

CISC: 复杂指令集 (Complex Instruction Set Computer)

具有大量的指令和寻址方式, 指令长度可变

8/2原则: 80%的程序只使用20%的指令

大多数程序只使用少量的指令就能够运行。

RISC: 精简指令集 (Reduced Instruction Set Computer)

只包含最有用的指令, 指令长度固定

确保数据通道快速执行每一条指令

使CPU硬件结构设计变得更为简单

CISC与RISC 比较

类别	CISC	RISC
指令系统	指令数量很多	较少，通常少于100
执行时间	有些指令执行时间很长，如整块的存储器内容拷贝；或将多个寄存器的内容拷贝到存储器	没有较长执行时间的指令
编码长度	编码长度可变，1-15字节	编码长度固定，通常为4个字节
寻址方式	寻址方式多样	简单寻址
操作	可以对存储器和寄存器进行算术和逻辑操作	只能对寄存器对行算术和逻辑操作，Load/Store体系结构
编译	难以用优化编译器生成高效的目标代码程序	采用优化编译技术，生成高效的目标代码程序

CISC系统结构与RISC系统结构（6）

- RISC、CISC属优属劣？

两大争议阵营

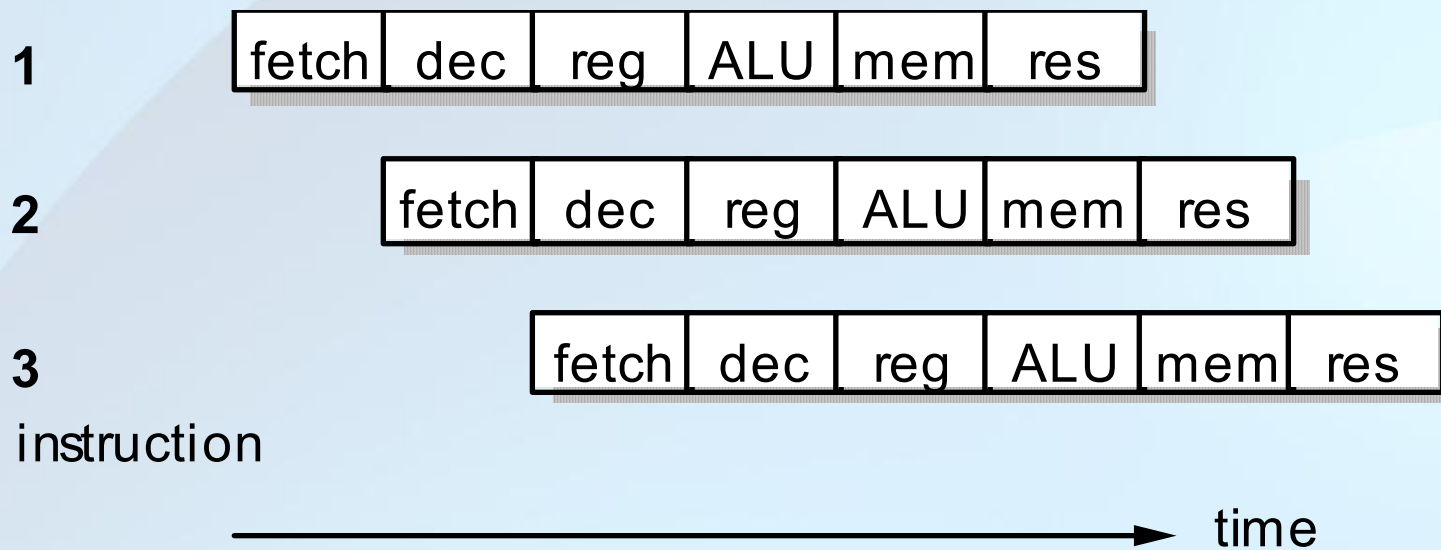
CISC结构为流水线设计带来了困难，但并非不可能。

CISC: **Intel:** X86兼容的历史包袱和遗产

RISC: 用于嵌入式系统的处理器大都是**RISC**结构的。

小、功耗、成本（简单）

流水线为程序设计带来的特点(1)



fetch:取指令

dec:译码

reg:从reg取操作数

ALU: 运算

mem:访问存储器存取数据

res: 结果写回寄存器堆

流水线问题

●装入空当 (Load Delay Slot)

LOAD data1,r2

LOAD data2,r3

ADD r2,r3,r4

LOAD data3,r5

ADD r4,r5,r6

LOAD data1,r2

LOAD data2,r3

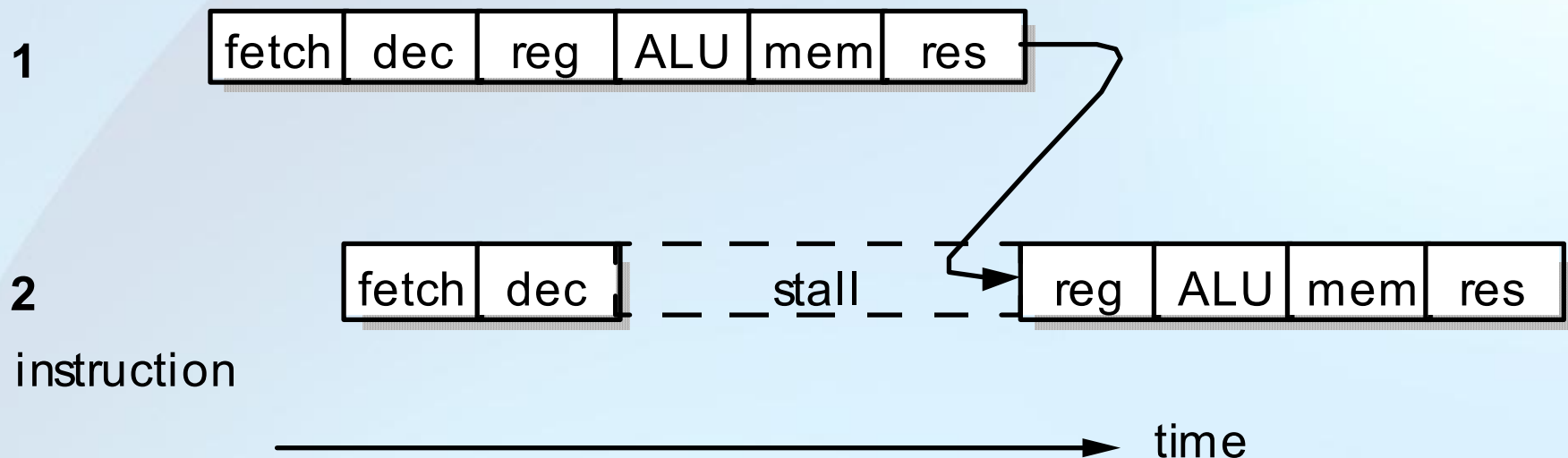
LOAD data3,r5

ADD r2,r3,r4

ADD r4,r5,r6

流水线问题

读写空当 (Read-after-write Slot)



流水线问题

- 转移空当 (Branch Delay Slot)

SUB r2,r3,r2

BEQ r2,0,finished

ADD r2,r4,r2

.....

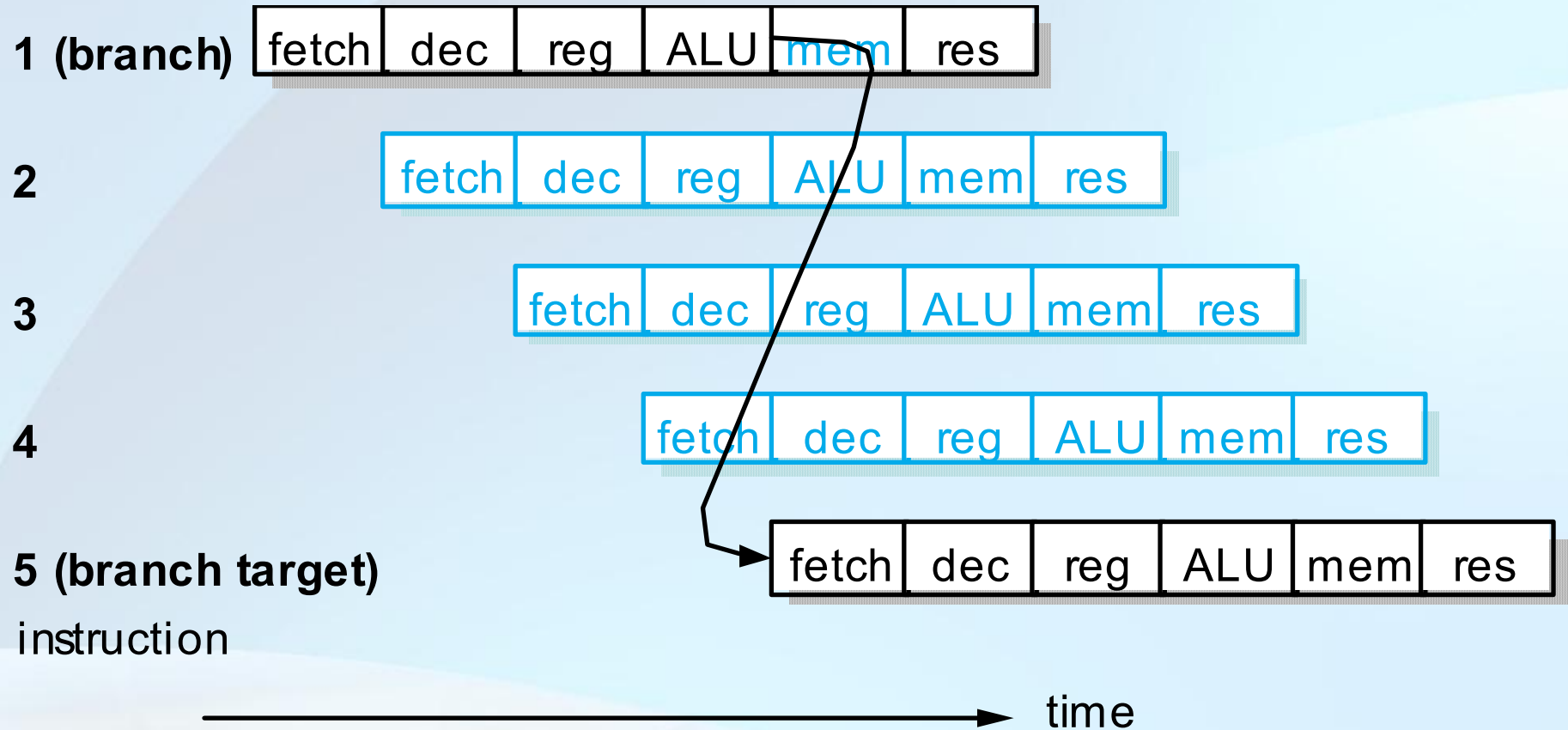
Finished:ADD r2,r3,r2

方法1: 每条转移指令后面
放上一条空指令

方法2:每条指令条件执行
(ARM)

RISC-V?

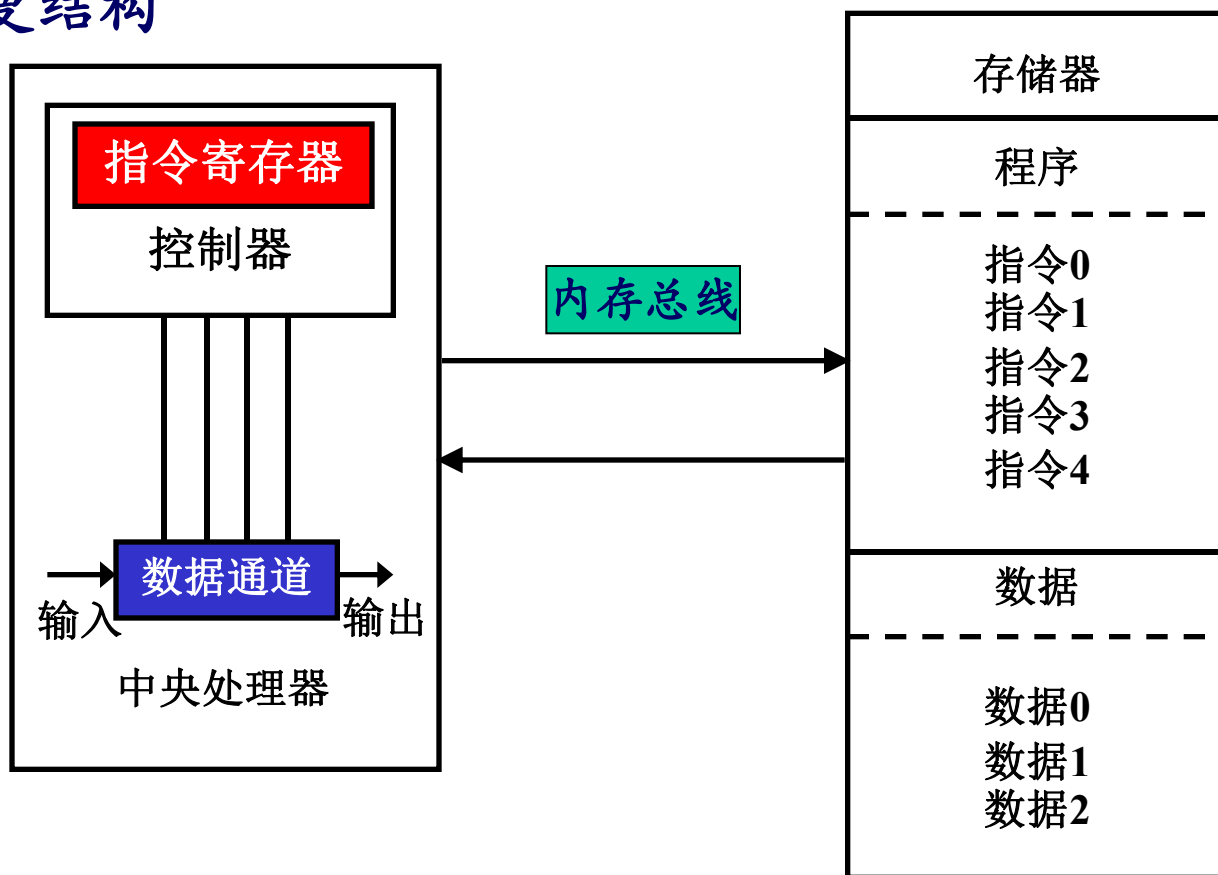
Pipelined branch behaviour



冯·诺依曼体系结构模型

微处理器的特定含义：

- 只含CPU，不含存储器、I/O接口等其他功能模块
- 冯纽曼结构



指令的执行周期T

1) 取指令 (Instruction Fetch): T_F

2) 指令译码 (Instruction Decode) : T_D

3) 执行指令 (Instruction Execute) : T_E

4) 存储 (Storage) : T_S

每条指令的执行周期: $T = T_F + T_D + T_E + T_S$

冯·诺依曼体系的特点

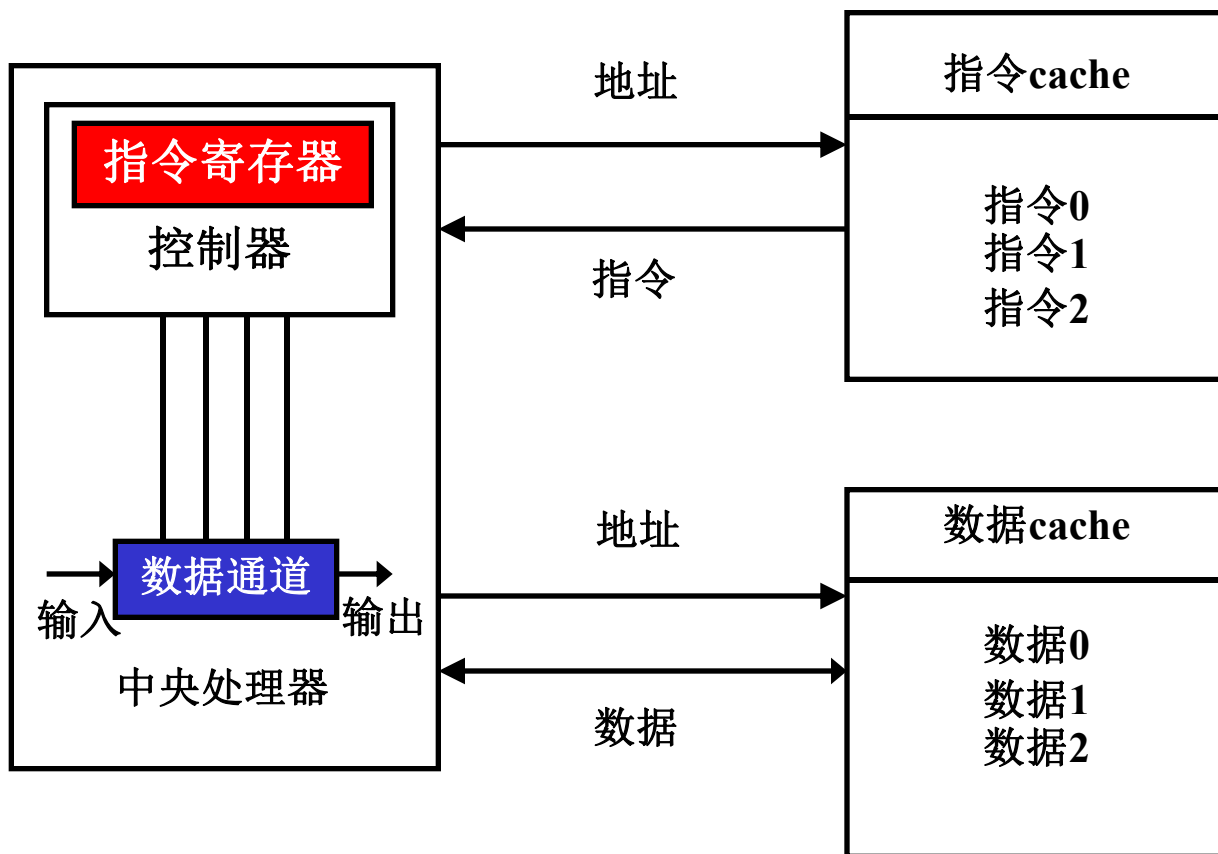
- 1) 数据与指令都存储在存储器中
- 2) 被大多数计算机所采用
- 3) **ARM7——冯诺依曼体系（单一CACHE）**

RISC体系结构中的冯·诺依曼瓶颈

- 输入输出频繁、量大的情况下，一般采用**DMA**技术，通过“周期挪用”技术，利用**CPU**访问内存时空闲的时钟周期进行**DMA**，使**DMA**和**CPU**对内存的访问相互穿插。由于流水线的使用，访问内存时已不再有空闲的时钟周期，**CPU**在整个**DMA**期间既不能从内存取数据，也不能取指令。但**RISC**指令很多都是不需要访问内存的“寄存器操作指令”，没有理由让**CPU**停下来。

解决办法：**Harvard Architecture**

哈佛体系结构—指令Cache、数据Cache



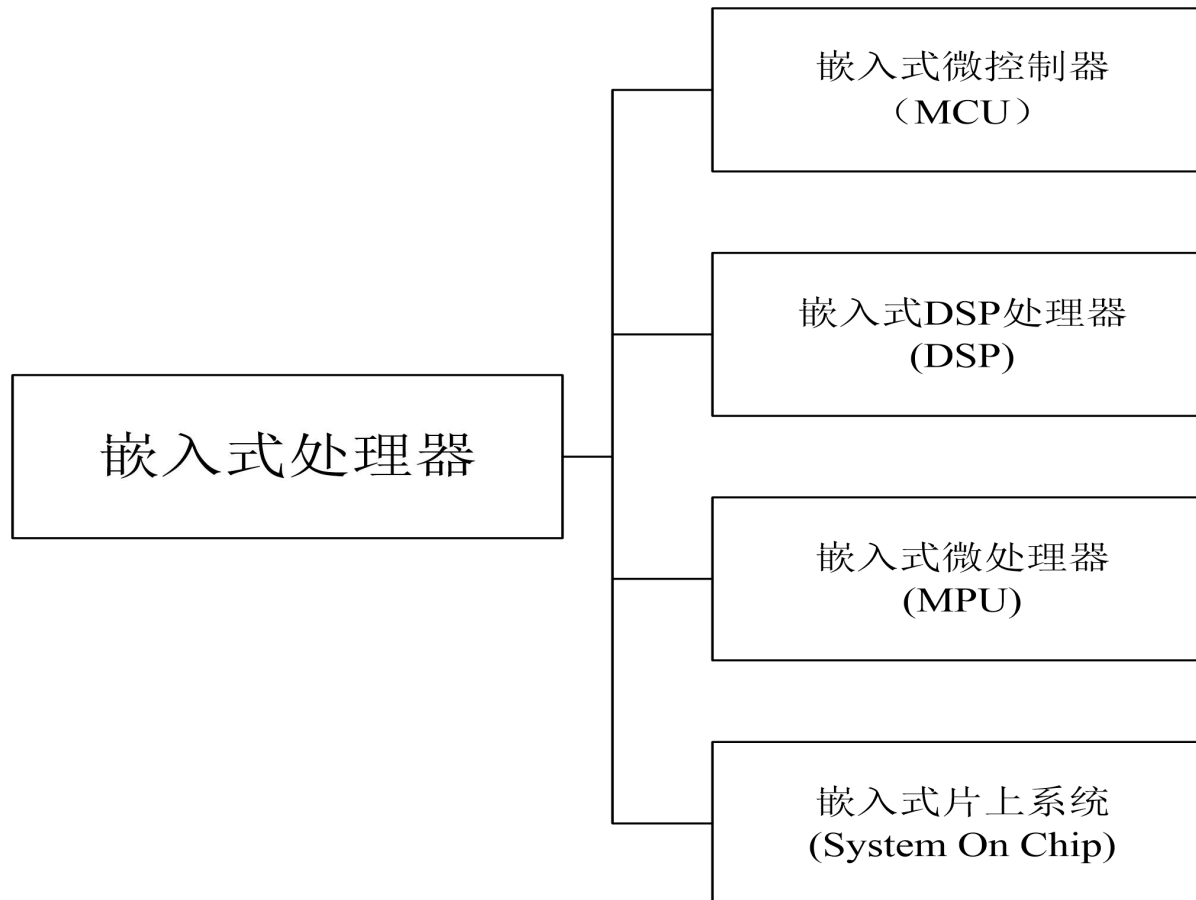
哈佛体系结构的特点

- 1) 程序存储器与数据存储器分开
- 2) 提供了较大的数据存储器带宽
- 3) 适合于数字信号处理
- 4) 大多数DSP都是哈佛结构
- 5) ARM9是哈佛结构

本节提要

- 
- 1 嵌入式系统的定义
 - 2 嵌入式系统的组成
 - 3 CISC与RISC系统结构
 - 4 微控制器与微处理器
 - 5 边界扫描测试技术JTAG

嵌入式处理器分类



(1) 嵌入式微控制器 (Micro Controller)

CPU+内存+I/O接口电路+面向特定应用的功能模块

嵌入式微控制器的典型代表是**单片机**，这种 8 位的电子器件目前在嵌入式设备中仍然有着极其广泛的应用。

单片机芯片内部**集成****ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash RAM、EEPROM**等各种必要功能和外设。

外部设备/电路的控制

通用可编程I/O接口：**GPIO**

GPIO控制寄存器、**GPIO**数据寄存器

每个设备/电路占据一位

GPIO数据寄存器直接引出到芯片外部，由控制寄存器的对应位来决定信号流通方向

微控制器的优缺点

- 成本优势
- 缩短产品的设计、开发、调试周期
- 系统故障率降低：芯片数减少
- 灵活性、通用性降低

由于MCU低廉的价格，优良的功能，所以拥有的品种和数量最多，比较有代表性的包括**8051**、MCS-251、MCS-96/196/296、P51XA、C166/167、**68K**系列以及MCU 8XC930/931、C540、C541，并且有支持I²C、CAN-Bus、LCD及众多专用MCU和兼容系列。

Atmel推出的AVR单片机由于其集成了**FPGA**等器件，所以具有很高的性价比，势必将推动单片机获得更高的发展。

ST的STM32系列将32单片机推向普及。

(2) 嵌入式DSP处理器(Digital Signal Processor)

- 规模很小、结构相对简单、速度较快的微处理器
- DSP处理器是专门用于信号处理方面的处理器，其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计，在数字滤波、FFT、谱分析等各种仪器上DSP获得了大规模的应用。
- DSP的理论算法在70年代就已经出现，但是由于专门的DSP处理器还未出现，所以这种理论算法只能通过MPU等由分立元件实现。1982年世界上诞生了首枚DSP芯片。在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。DSP的运算速度进一步提高，应用领域也从上述范围扩大到了通信和计算机方面。
- 目前最为广泛应用的嵌入式DSP处理器是TI的TMS320C2000/C5000系列，另外如Intel的MCS-296和Siemens的TriCore也有各自的应用范围。

(3) 嵌入式微处理器 (Micro Processor Unit)

MPU嵌入式微处理器是由通用计算机中的**CPU**演变而来的。

与计算机处理器不同的是，在实际嵌入式应用中，只保留和嵌入式应用紧密相关的功能硬件，去除其他的冗余功能部分，这样就以最低的功耗和资源实现嵌入式应用的特殊要求。

和工业控制计算机相比，嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点。目前主要的嵌入式处理器类型有Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM/ StrongARM系列等



(4) 嵌入式片上系统(System On Chip)

SoC 就是**System on Chip**，**SoC**嵌入式系统微处理器就是一种电路系统。顾名思义，**SoC**应该是集成在**CPU**芯片上的部件较多,足以独立构成一个系统.不过,实际上**SoC**与微处理器的区分并不严格.

它结合了许多**功能模块**，将功能做在一个芯片上，如**ARM RISC**、**MIPS RISC**、**DSP**或是其他的微处理器核心，加上通信的**接口**单元，如通用串行端口（**USB**）、**TCP/IP**通信单元、**GPRS**通信接口、**GSM**通信接口、**IEEE1394**、蓝牙模块接口等等，这些单元以往都是依照各单元的功能做成一个个独立的处理芯片。

由于SOC往往是专用的，所以大部分都不为用户所知，如 Philips的Smart XA。Siemens的TriCore，Motorola的M-Core，某些ARM系列器件，Echelon和Motorola联合研制的Neuron芯片等。

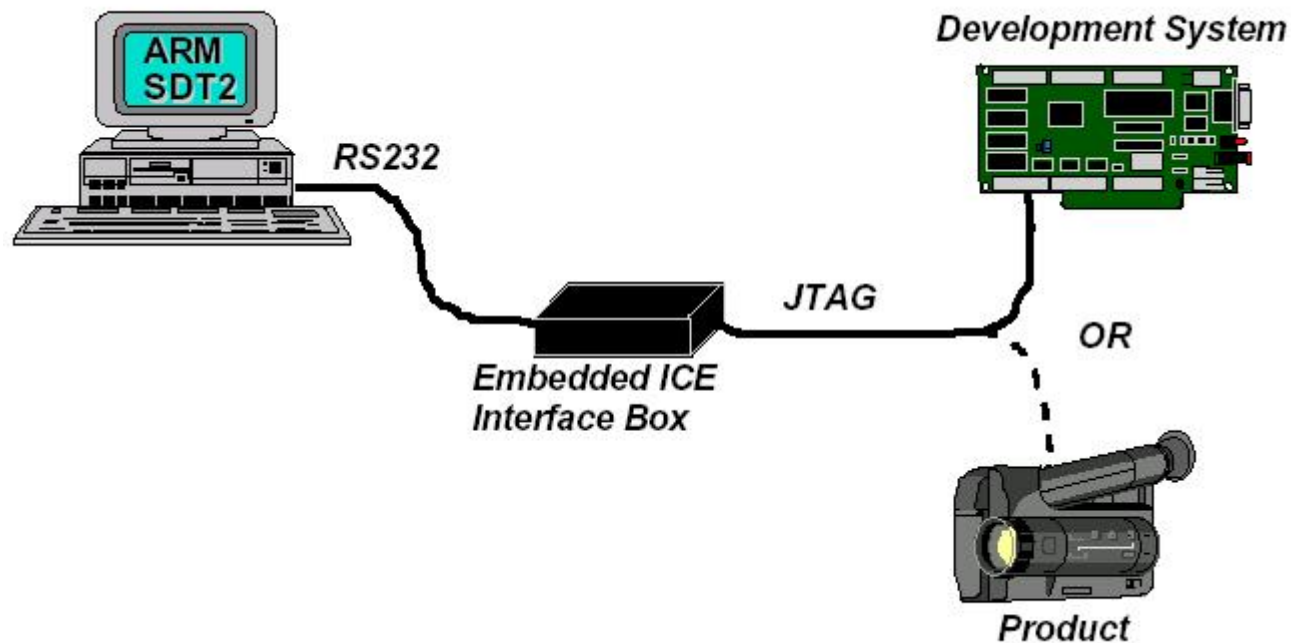
SOC芯片也将在声音、图像、影视、网络及系统逻辑等应用领域中发挥重要作用。

SoC嵌入式系统微处理器所具有的其他的好处可以分为下列几点：

- 通过改变内部**工作电压**，降低芯片**功耗**。
- 减少芯片对外**管脚数**，简化制造过程。
- 减少外围驱动**接口单元**及电路板之间的信号传递，可以加快微处理器数据处理的速度。
- 内嵌的线路可以避免外部电路板在信号传递时所造成的**系统杂讯**。

本节提要

- 
- 1 嵌入式系统的定义
 - 2 嵌入式系统的组成
 - 3 CISC与RISC系统结构
 - 4 微控制器与微处理器
 - 5 边界扫描测试技术JTAG



JTAG的作用：映像下载、软件调试

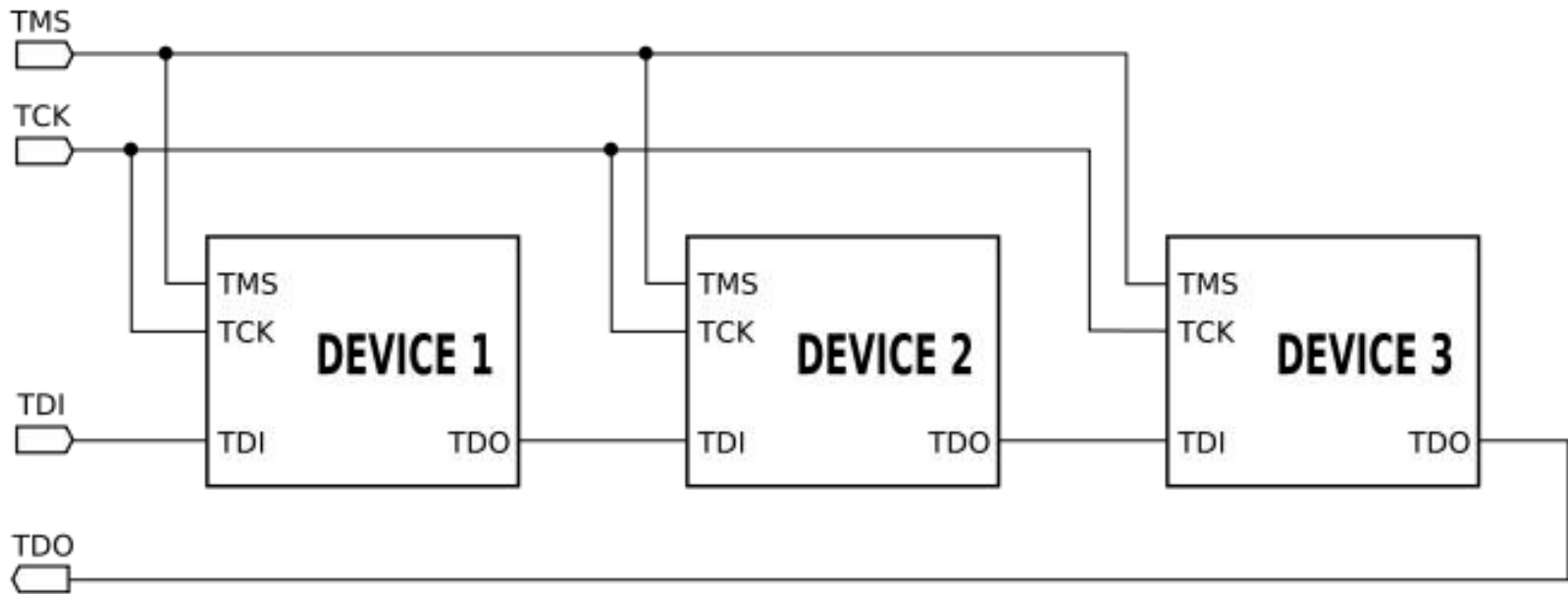
什么是JTAG?

- **JTAG**是**Joint Test Action Group**的缩写；是**IEEE1149.1**标准
- **JTAG**的建立使得集成电路固定在**PCB**上，只通过边界扫描便可以被测试
- 在**ARM**处理器中，可以通过**JTAG**直接控制**ARM**的内部总线，**IO**口等信息，从而达到调试的目的

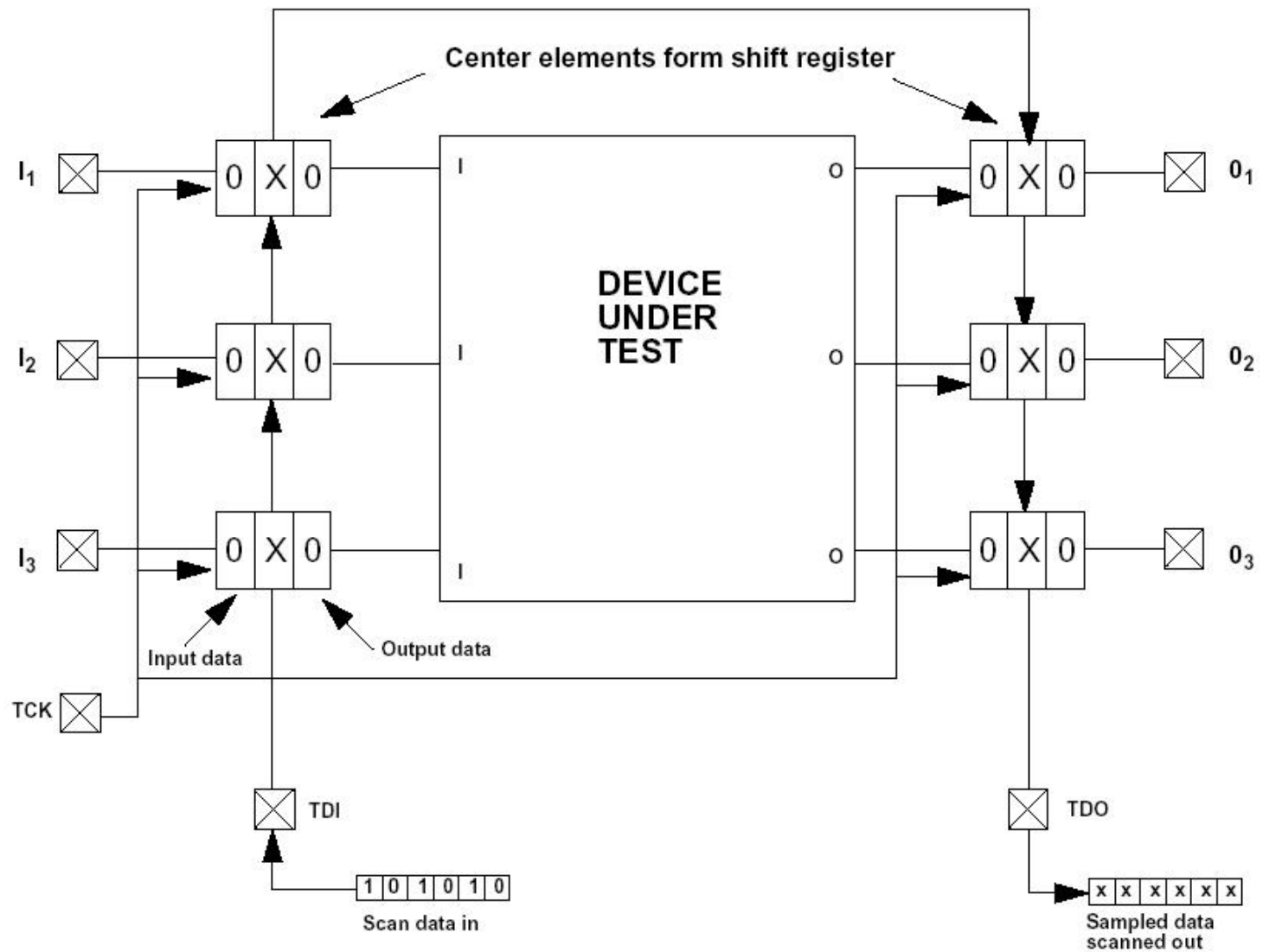
JTAG的典型接口

- **TMS**: 测试模式选择 (**Test Mode Select**) , 通过**TMS**信号控制**JTAG**状态机的状态
- **TCK** : **JTAG**的时钟信号
- **TDI**: 数据输入信号
- **TDO** : 数据输出信号
- **nTRST**: **JTAG**复位信号 (可选) ,复位**JTAG**的状态机

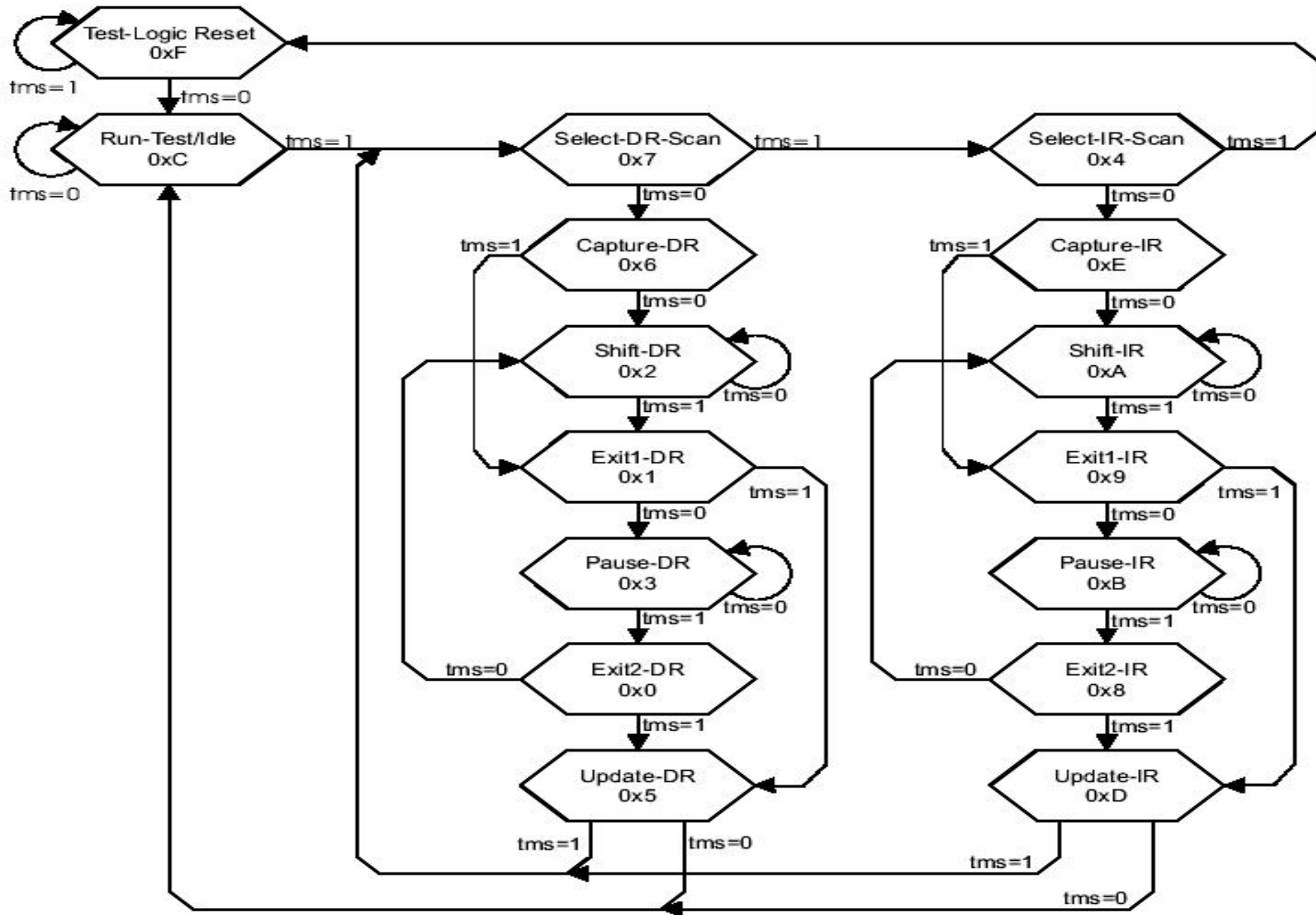
JTAG链的组成



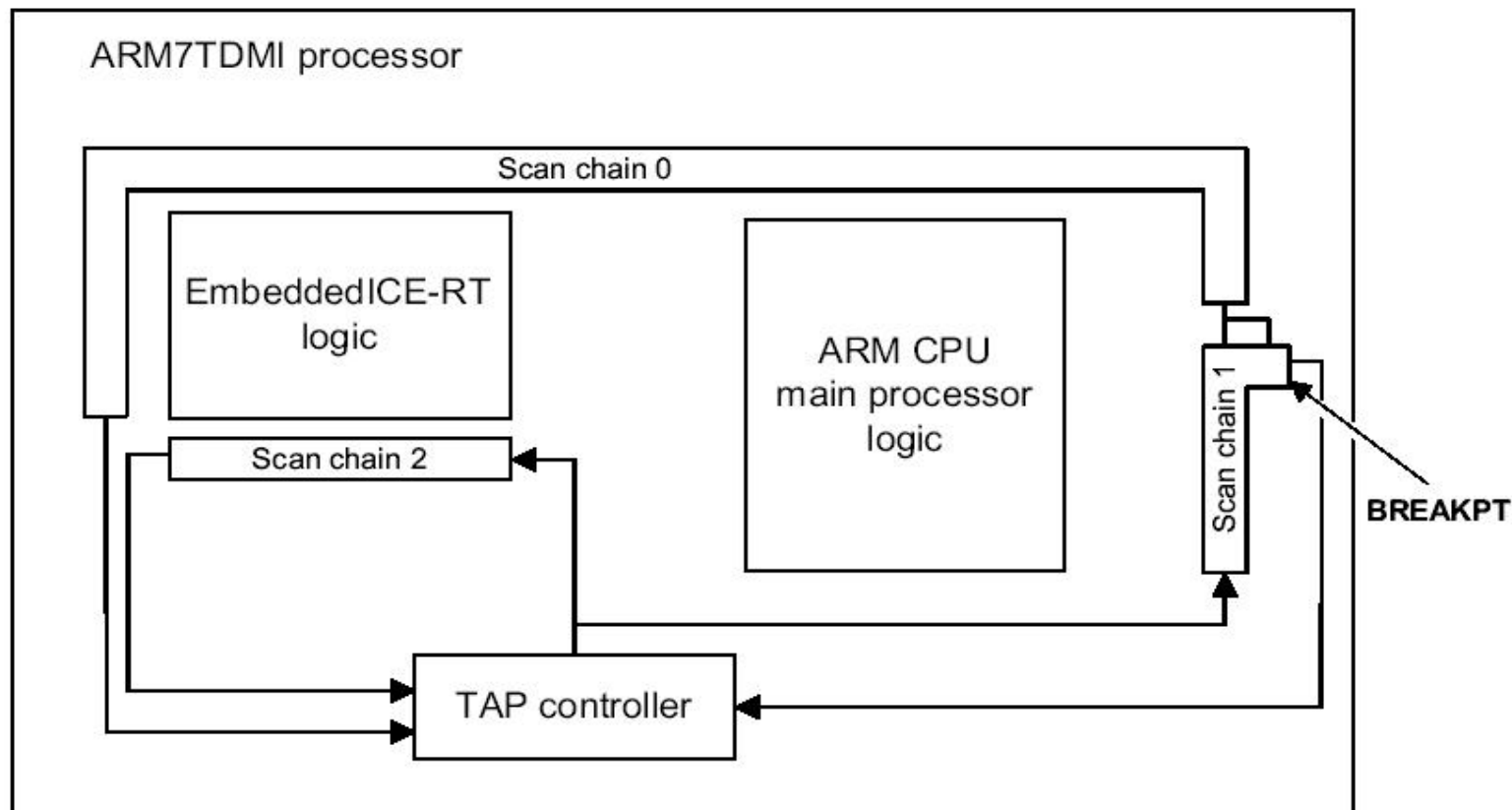
JTAG链的组成



JTAG的状态机 (TAP)



ARM的JTAG标准链（1）



ARM7TDMI的JTAG标准链（2）

- **Scan Chain 0:** 包括ARM核的所有的IO和总线的输入输出控制信号
- **Scan Chain 1:** 包括ARM核的数据总线和断点控制信号。通过控制这个条链，可以控制ARM核执行指定的指令。
- **Scan Chain 2:** 通过控制EmbeddedICE宏单元，实现对ARM执行指令的断点、观察点的控制

几种常用的调试方法

- 指令集**模拟器**

一种利用**PC**机端的仿真开发软件模拟调试的方法。

- **驻留监控**软件

驻留监控程序运行在目标板上，**PC**机端调试软件可通过并口、串口、网口与之交互，以完成程序执行、存储器及寄存器读写、断点设置等任务

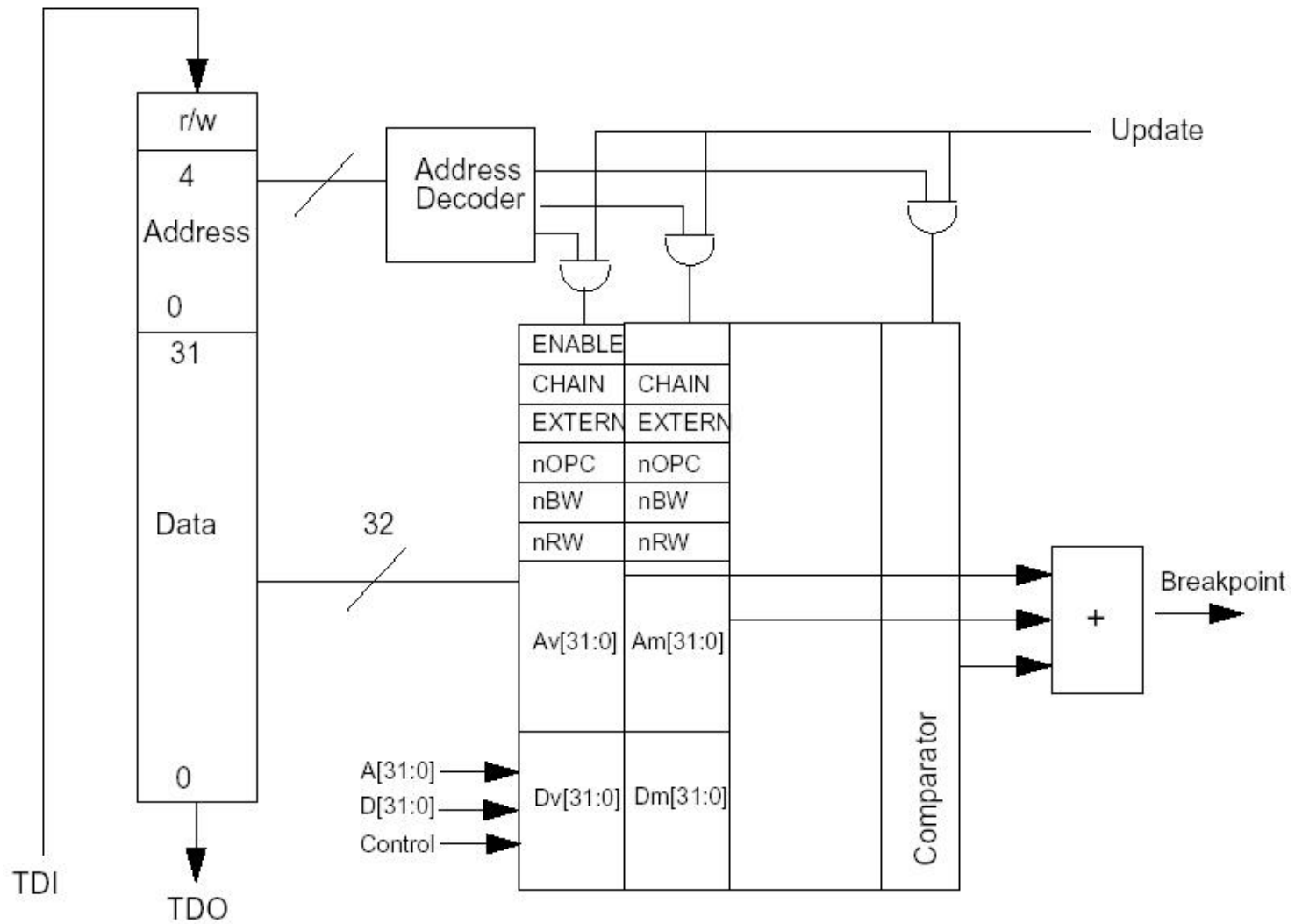
- **JTAG**仿真器

通过**ARM**芯片的**JTAG**边界扫描口与**ARM**核进行通信，不占用目标板的资源，是目前使用最广泛的调试手段

- **在线**仿真器

使用仿真头代替目标板上的**CPU**，可以完全仿真**ARM**芯片的行为。但结构较复杂，价格昂贵，通常用于**ARM**硬件开发中

EmbeddedICE的结构



ARM中断点的设置

- 设置**EmbeddedICE**的两个**watchpoint**单元
主要包括：地址、数据、控制信号等
- 当一个（或者两个）**watchpoint**中的地址（也可以包括数据）和**ARM**所执行的当前的指令相同的时候，**ARM**就从运行状态进入**Debug**状态

断点的类型

- **硬件断点**：在**ARM**中直接设定**watchpoint**中的地址，当**ARM**运行到制定的地址时，就进入**Debug**状态
- **软件断点**：改变存储器中的**ARM**指令为一个特殊的数据**X**（**ARM**的未定义指令），同时，设置**watchpoint**中的断点数据也为**X**，当**ARM**把**X**数据作为指令读入的时候，**ARM**就进入**Debug**状态

硬件断点和软件断点的优缺点

- 硬件断点：数目受**EmbeddedICE**中的**Watchpoint**数目的限制；但是，可以在任何地方设置断点
- 软件断点：数目不受限制，但是，软件断点是通过替换系统的断点地址的指令实现的，所以，软件断点只能在可写的存储器的地址中设置（比如：**RAM**），而不能在**ROM**（比如：**Flash**）中设置

结束