



西安交通大学

Xian Jiaotong
University



课程名称:

嵌入式系统设计 Embedded System Design

学时: 32

实验学时: 16

曹建安 副教授/博士

Email: Caoja@mail.xjtu.edu.cn

电话 (O) : 82665525

课程介绍

课程基础:

- *数字电路
- *计算机原理
- *操作系统
- *接口电路
- *算法与语言等课程

适合的听课对象:

计算机、电子/通讯类



1.1 嵌入式系统的定义

专用计算机系统(非PC智能电子设备)

- 以应用为中心
- 以计算机技术为基础
- 软件硬件可裁剪（伸缩）
- 适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求

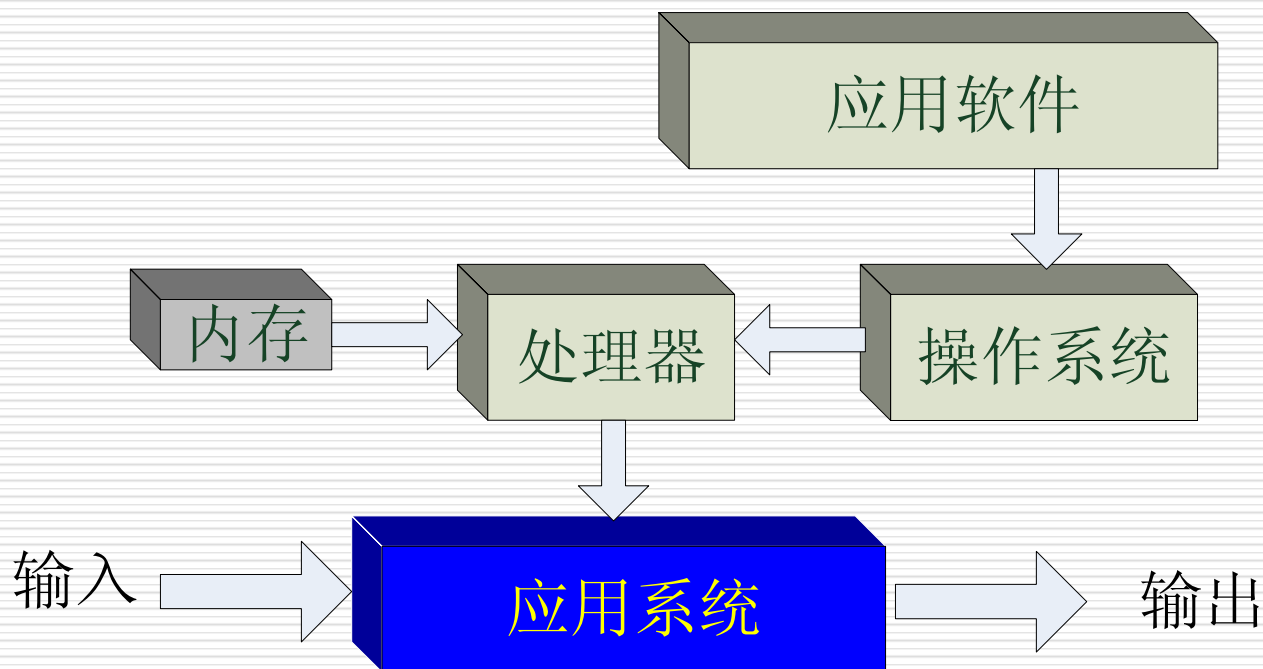


1.1 嵌入式系统的特征

- 执行特定功能
- 以微处理器与外围构成核心
- 严格的时序与稳定性要求
- 全自动循环操作



1.1 典型的嵌入式系统





1.1 嵌入式系统的构成框架

硬件：CPU及其外围设计、网络功能、无线通讯及其接口设计；

软件：专司产品驱动、控制处理或基本接口，以提升产品价值；以信息、友好界面或消费性电子产品中的必备部分。

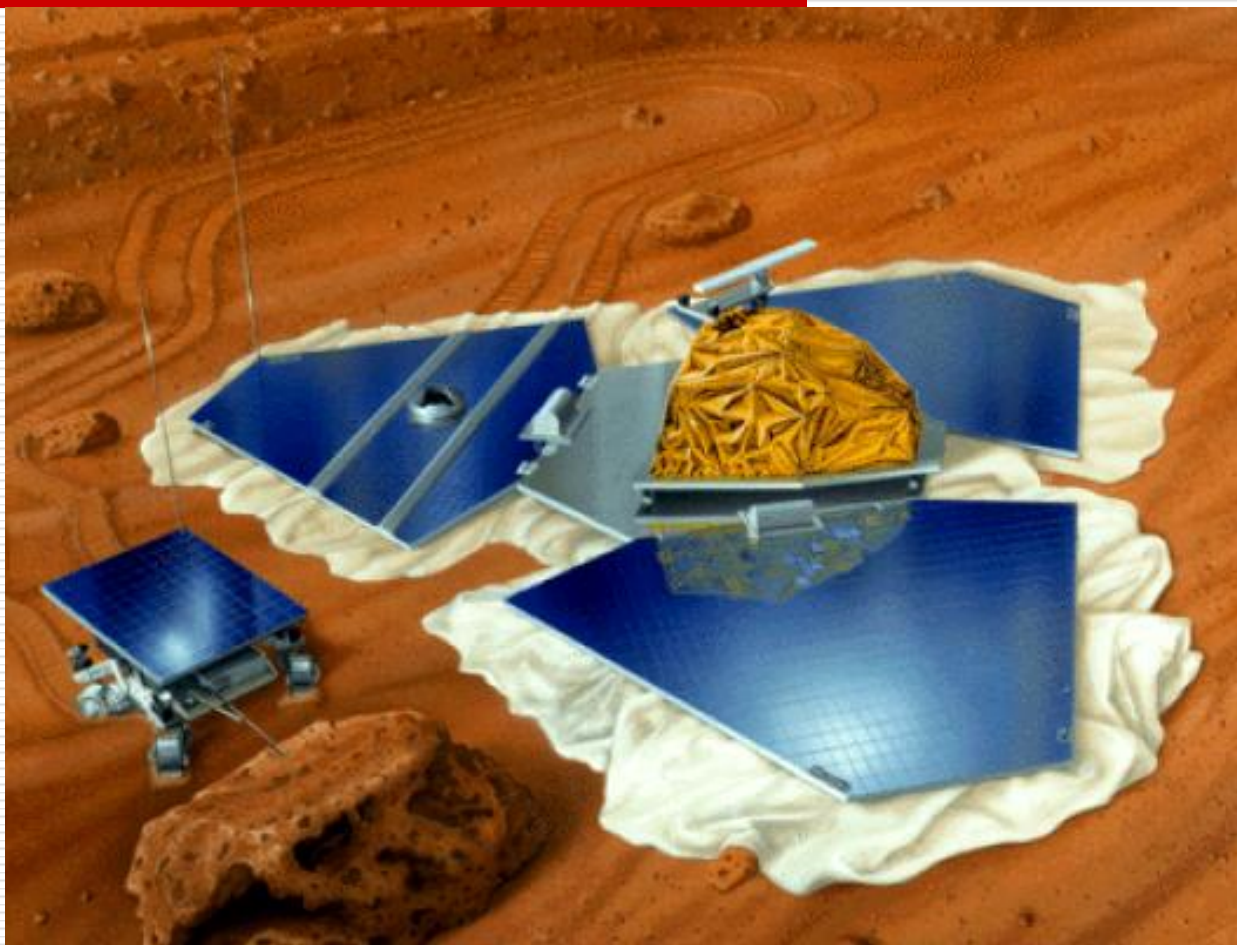


1.1 嵌入式系统的应用 (1)





1.1 嵌入式系统的应用 (2)





1.2 PC操作系统的比较

相同之处：

- 管理越来越复杂的系统资源；
- 硬件虚拟化；
- 提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序

较为突出的特点：

- 实时高效性
- 硬件的相关依赖性
- 软件固态化
- 应用的专用性等方面。



1.3 与MCS-51系统

- 处理能力
- 操作系统的支持
- 以工程项目开发方式



1.4 应掌握的基本知识

- 基本外设器件：
- 大规模CPLD/FPGA设计；
- 混合电压系统设计：
- 高速PCB设计：
- 电磁兼容性设计：
- 高密度电子装联：
- 操作系统基本知识：
- 实时操作系统：
- LINUX内核：
- 驱动程序编写：
- C/C++编程：
- 嵌入式软件测试技术：
- 软件项目规划：
- 软件成熟度分析：

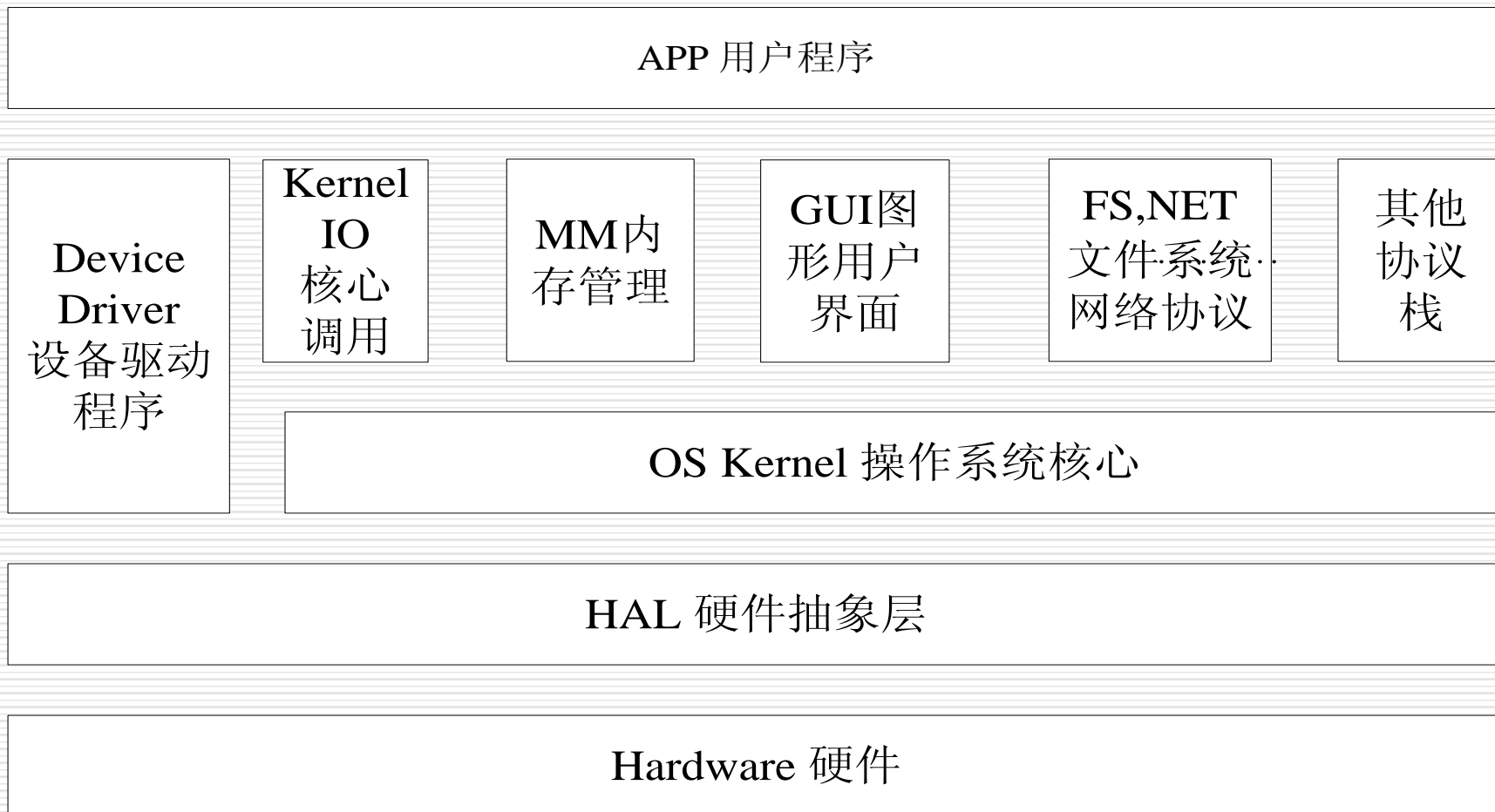


1.5 选用嵌入式系统的基本原则

- 性能指标
- 可靠性
- 价格（成本）



1.6 嵌入式系统的基本组成(1)





1.6 嵌入式系统的基本组成(2)

➤ 硬件系统

- 嵌入式处理器
- 各种类型存储器
- 模拟电路及电源
- 接口控制器及接插件

➤ 嵌入式软件系统

- 实时操作系统 (RTOS)
- 板级支持包 (BSP)
- 设备驱动 (Device Driver)
- 协议栈 (Protocol Stack)
- 应用程序 (Application)



1.6.1 硬件构成CPU (1) : X86

- 186, 386ex, 486, Pentium
- CPU性能价格比良好
- 开发简单, 软件兼容性好。
- 软件资源丰富
- 开发平台简单
- 目前有大量工控PC104板, 单板机、CPCI板可使用, 方便二次开发。
- 缺点: 体积大, 功耗大, 价格高, 适合于工控领域;



1.6.1 硬件构成CPU (2) : Motorola

- 68k/Dragonball , PPC8xx, 82xx, 85xx
- 开发工具完备，技术支持力量强大
- 高端通信市场主要芯片供应商
- 抗干扰，军品指标
- 产品线完备
- 缺点：开发平台昂贵，芯片昂贵，不适合对价格敏感民品，不利于个人，小公司开发；



1.6.1 硬件构成CPU（3）：ARM

- ARM: Advanced RISC Machine 英国
- ARM 公司作为32位处理器内核的提供者，拥有100多家半导体合作伙伴。
- ARM IP core是目前消费类电子市场中市场占有率第一的CPU core。（75%）。
特点：低功耗、成本低、全球众多合作伙伴、16/32位双指令集



1.6.1 硬件构成CPU（4）：ARM

- ARM7 /TDMI 720T
- ARM9/ARM9E
- ARM10
- Securcore
- StrongARM/Xscale



1.6.1 硬件构成CPU（5）：ARM

➤ NetSilicon公司

ARM+NET系列芯片，关注设备上网（嵌入式internet）解决方案，使用 ARM7TDMI

➤ Samsung:

44b0/4510/4909：网络/移动存储/MP3/PDA，
使用 ARM7TDMI, 2410:arm9

➤ Motorola :

龙珠MX1，使用了arm9内核.....

➤ Intel: SA1100, strongARM, Xscale

1.6.1 嵌入式系统的硬件构成（4）：国产芯片

国产：龙芯、方舟



1.6.1 硬件构成内存器（1）：SDRAM

SDRAM具有速度快、容量大和耗电省的优点，缺点是接口电路比较复杂。其特点：

- 所有的控制信号和数据输入输出都是在时钟信号同步下产生；
- 操作命令是控制信号的逻辑组合。典型的命令包括：激活(Active)、读(Read)、写(Write)和预充电(Precharge)等；
- 用模式寄存器控制了SDRAM的CAS延迟和突发长度(Burst Length)等工作参数。



1.6.1 硬件构成内存器（2）：NOR FLASH

源于传统的EEPROM器件，与Flash Memory技术相比，具有高可靠性和随机读取速度快的特点。其特点：

- 程序和数据可存放在同一芯片上，拥有独立的数据总线和地址总线，能快速随机读取，允许系统直接从Flash中读取代码执行，而无需先将代码下载至RAM中；
- 可以单字节或单字编程，以块为单位或对整片进行擦除操作。
- 由于擦除和编程速度较慢，而块尺寸又较大，因此擦除和编程操作所花费的时间很长。在纯数据存储和文件存储的应用中，NOR技术显得力不从心。



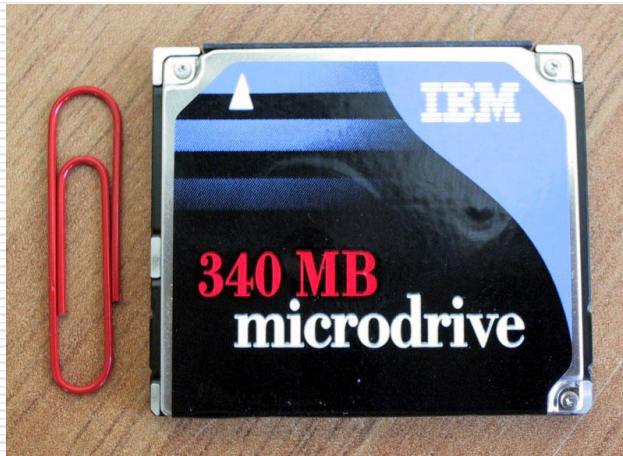
1.6.1 硬件构成内存器（3）：NAND FLASH

适合于纯数据存储和文件存储，主要作为SmartMedia卡、CompactFlash卡、PCMCIA ATA卡和固态盘的存储介质，并正在成为闪速磁盘技术的核心。

- 能以页为单位进行读和编程操作，1页为256或512字节，也能以块为单位进行擦除操作，1块为4K、8K或16KB。
- 具有块编程和块擦除的功能，其块擦除时间是2ms，而NOR技术的块擦除时间达到几百ms。
- 数据和地址采用同一总线，实现串行读取。随机读取速度慢且不能按字节随机编程。
- 芯片尺寸小，引脚少，是位成本最低的固态存储器。



1.6.1 硬件构成内存器（4）：海量存储器



CF卡



USB存储



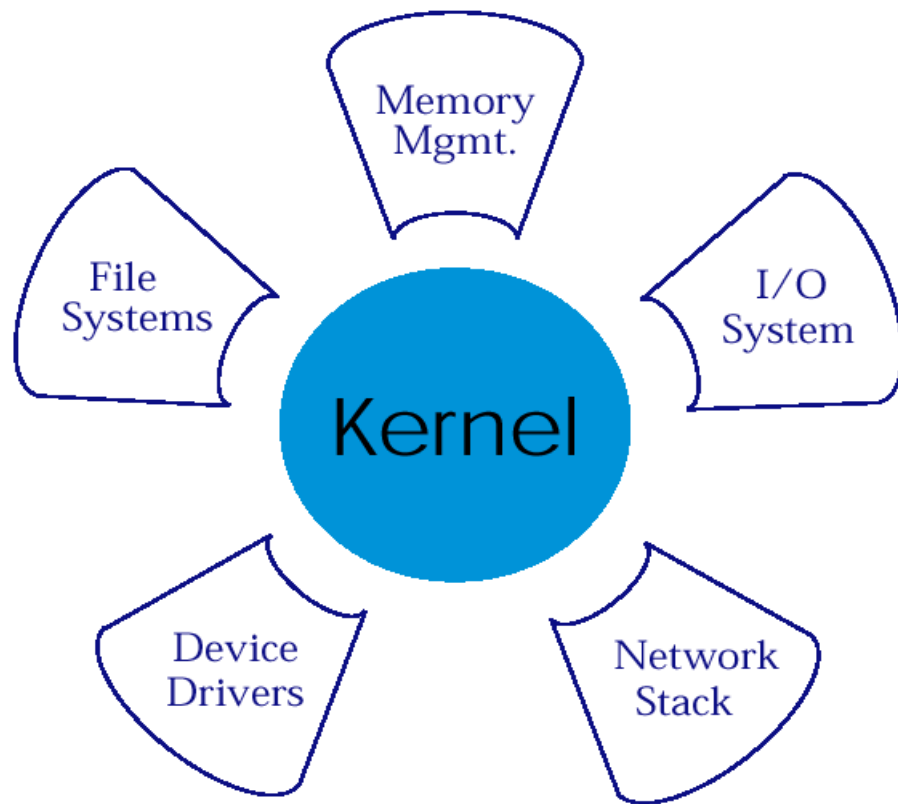
1.6.1 接口器件

- 在1.8V/2.5V/3.3V/5V的混合电源系统中，不同电平之间的逻辑转换，IC的I/O不允许输入大于电源电压的信号
- 输出驱动能力
- 输入缓冲和保护
- 改善EMC性能
- ◆ 建议使用的方案：
 - ✓ 74CBT3384— 总线开关，没有驱动能力
 - ✓ 74LVC245等— 总线驱动器
 - ✓ 电阻— 用于单个信号线，一般选330



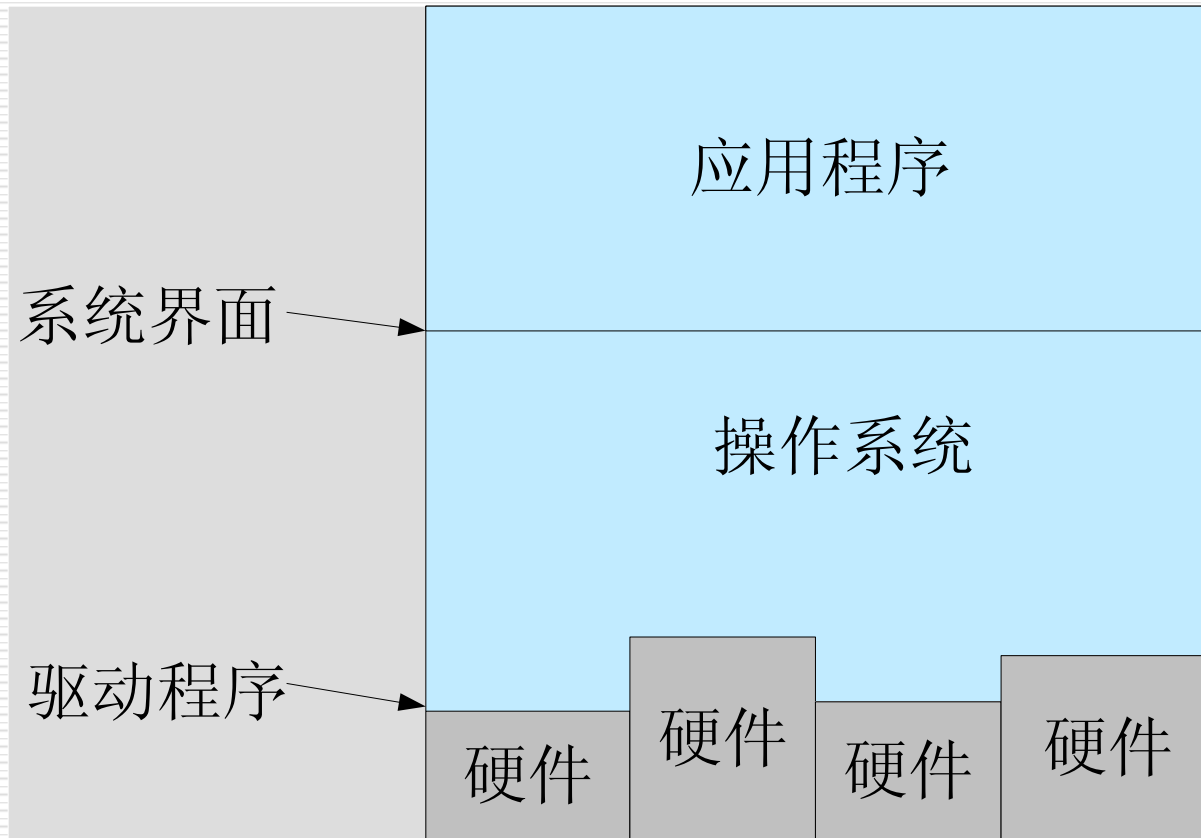
1.6.2 OS的功能

- 任务的调度
- 系统资源的管理
- 协议栈的处理
- 任务之间通讯
- 规范系统接口





1.6.2 OS的解释





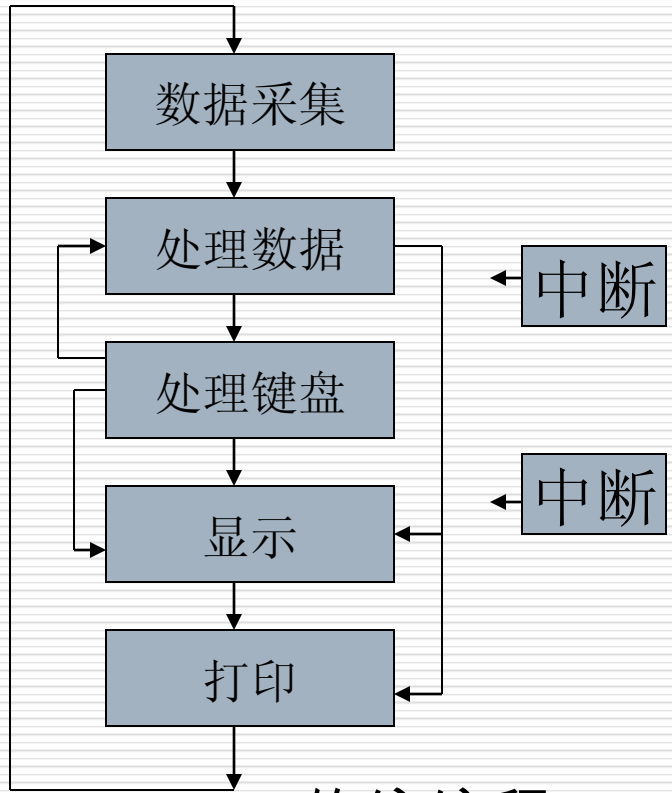
1.6.2 实时操作系统（RTOS）

操作系统的特征：

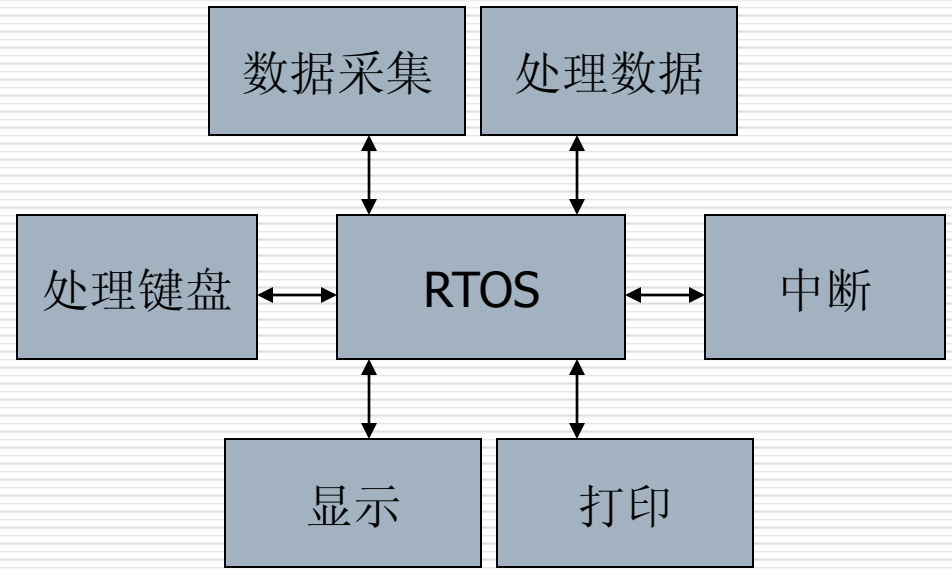
- 既要执行任务，又要管理网络、文件和数据
- **RTOS**：增加了应用系统的可靠性，对关键事件的处理有保证，使系统的实时性可以达到理论上的最优值。
- **RTOS多任务**：应用程序被分解成多个任务，程序开发变得更加容易，便于维护，易读易懂，提高了开发效率，缩短了开发周期。
- **RTOS**的缺点主要表现于**RTOS**本身要占用一定的资源，需要额外的**ROM/RAM**空间来运行**RTOS**本身。

1.6.2 RTOS编程和传统编程的区别

数据采集终端：采集，处理，键盘，LCD显示，微打



传统编程



基于RTOS编程



1.7 工具链的选择（1）

- 嵌入式系统的一个特点在于其开发的特殊性与困难性。

开发机器 \neq 执行机器

开发环境 \neq 执行环境

- 专门的开发与开发工具



1.6.2 主流的RTOS

RTOS	特征
WinCE	为有限资源的平台设计的多线程、完整优先权和多任务的操作系统
VxWorks	最广泛、市场占有率最高的系统
QNX	扩充的操作系统，它部分遵循 POSIX 相关标准
Nucleus	微内核技术、原代码提供、广泛的 CPU 支持种类和易学易用
μ C-OS	基于优先级的可剥夺型实时内核，可裁剪、可固化
Linux	



1.7 工具链的选择 (2)

➤ 宿主机

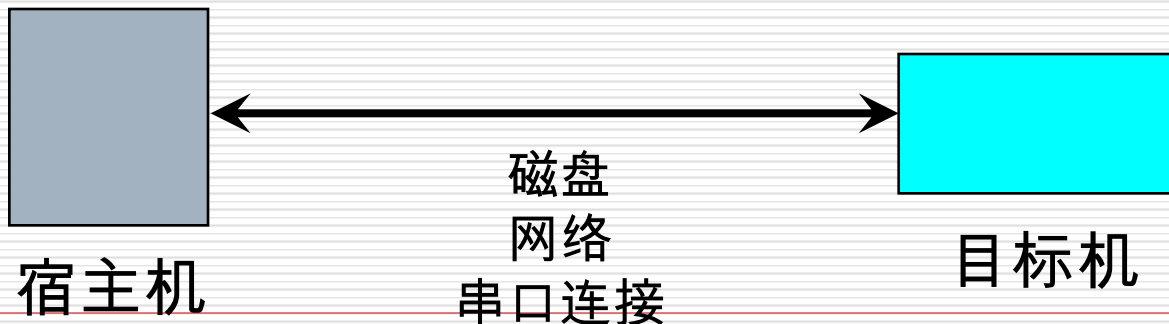
开发机器（编辑器、编译器、调试器、....）

➤ 目标机

程序运行的机器

➤ 宿主机和目标机一样时为本地编译

➤ 交叉编译是指宿主机和目标机是不同的系统





1.7 工具链的选择 (3)

包括：编译器、调试器和IDE

- Wind River Systems
- Metro werks
- Green Hill's Software
- Keil Software
- Mentor Graphics

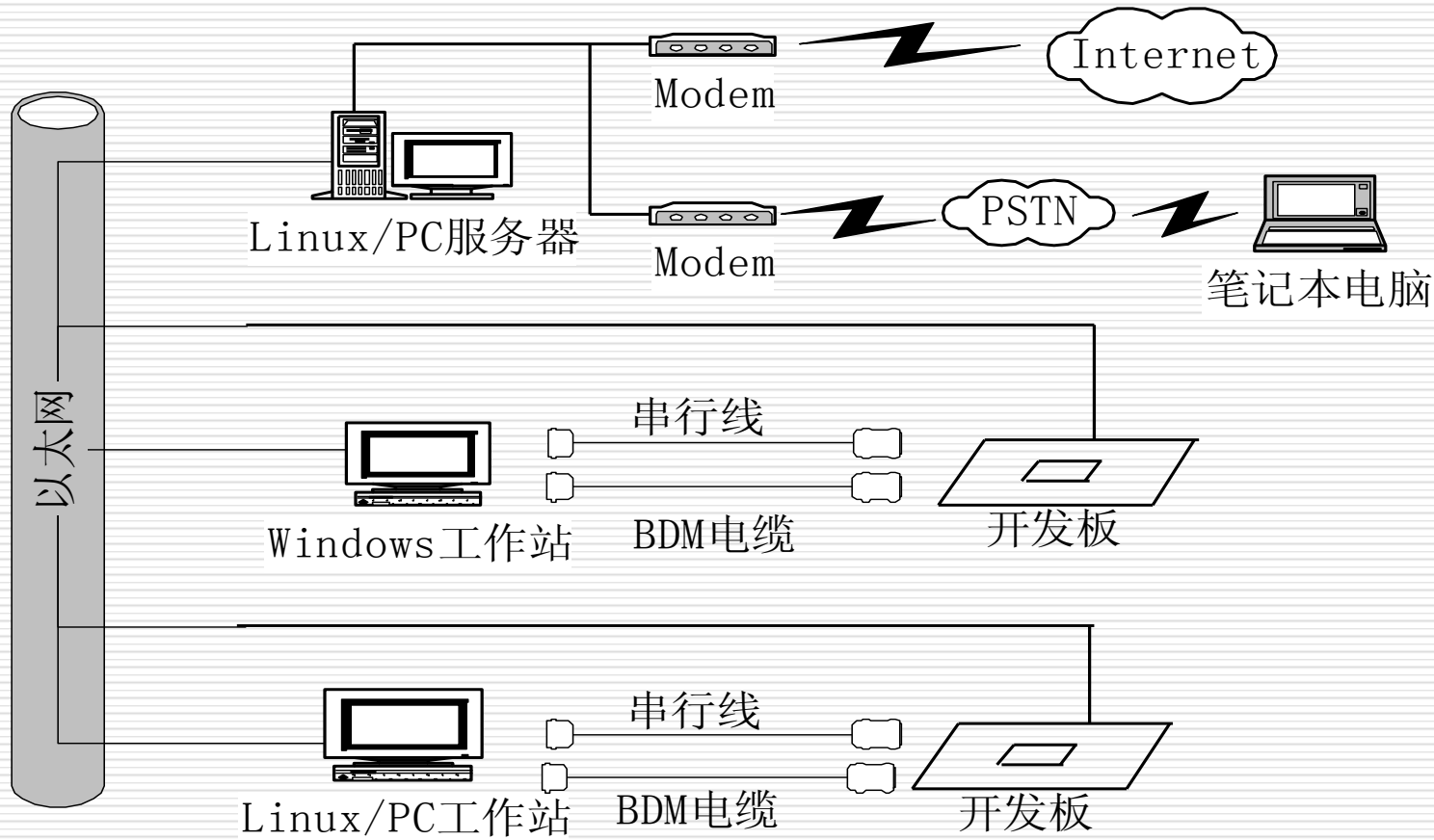


1.7 CPU、操作系统和工具链

CPU	操作系统	工具链
ARM	uClinux	GCC+GDB
	VxWorks	Tornado
	Nucleus	Diab+SDS
	Wince	PB
Coldfire	uClinux	GCC+GDB
	Nucleus	Diab+SDS
PPC	VxWorks	Tornado



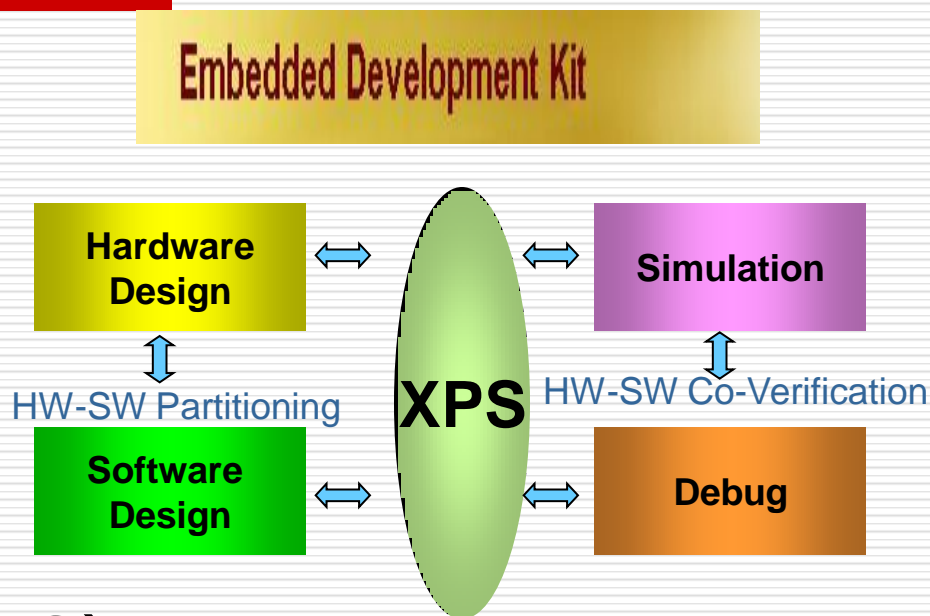
1.7 嵌入式系统的开发环境



1.8 基于Xilinx FPGA的SOPC设计

SOPC系统设计包括

- 硬件设计
- 软件设计
- 软硬件协同设计
- (仿真与调试)



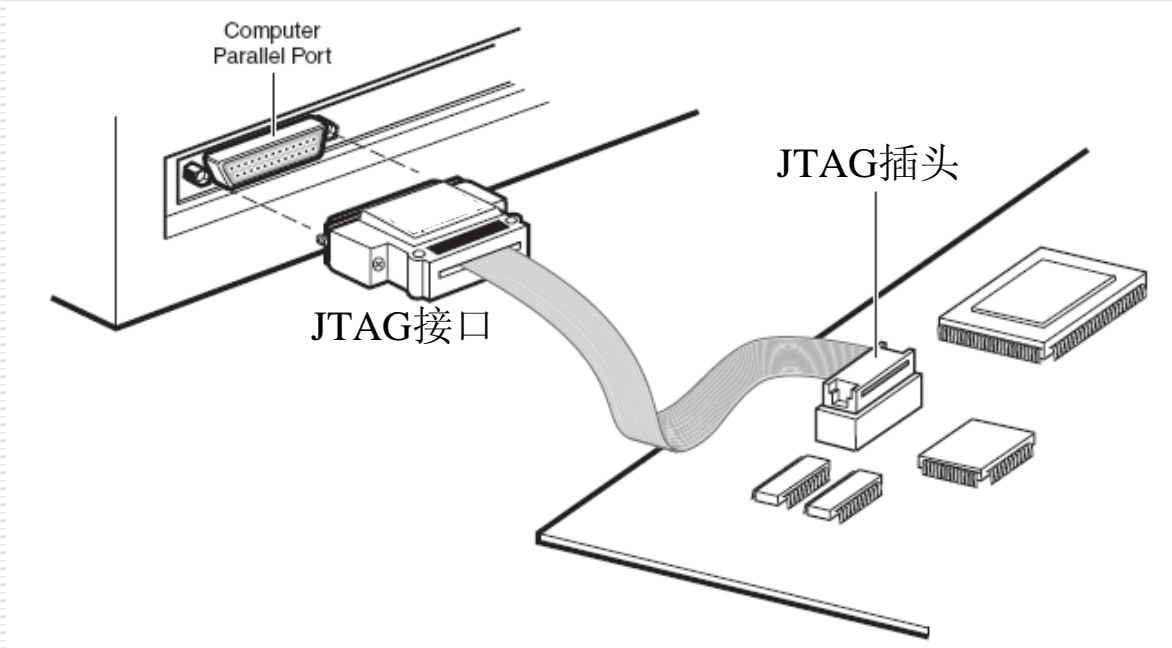
Xilinx Platform Studio (XPS)

- 提供了SOPC工程管理接口的集成开发环境
- 包含了硬件平台构架、软件开发、布局布线实现、仿真与调试等SOPC设计各个环节所需的所有工具和接口



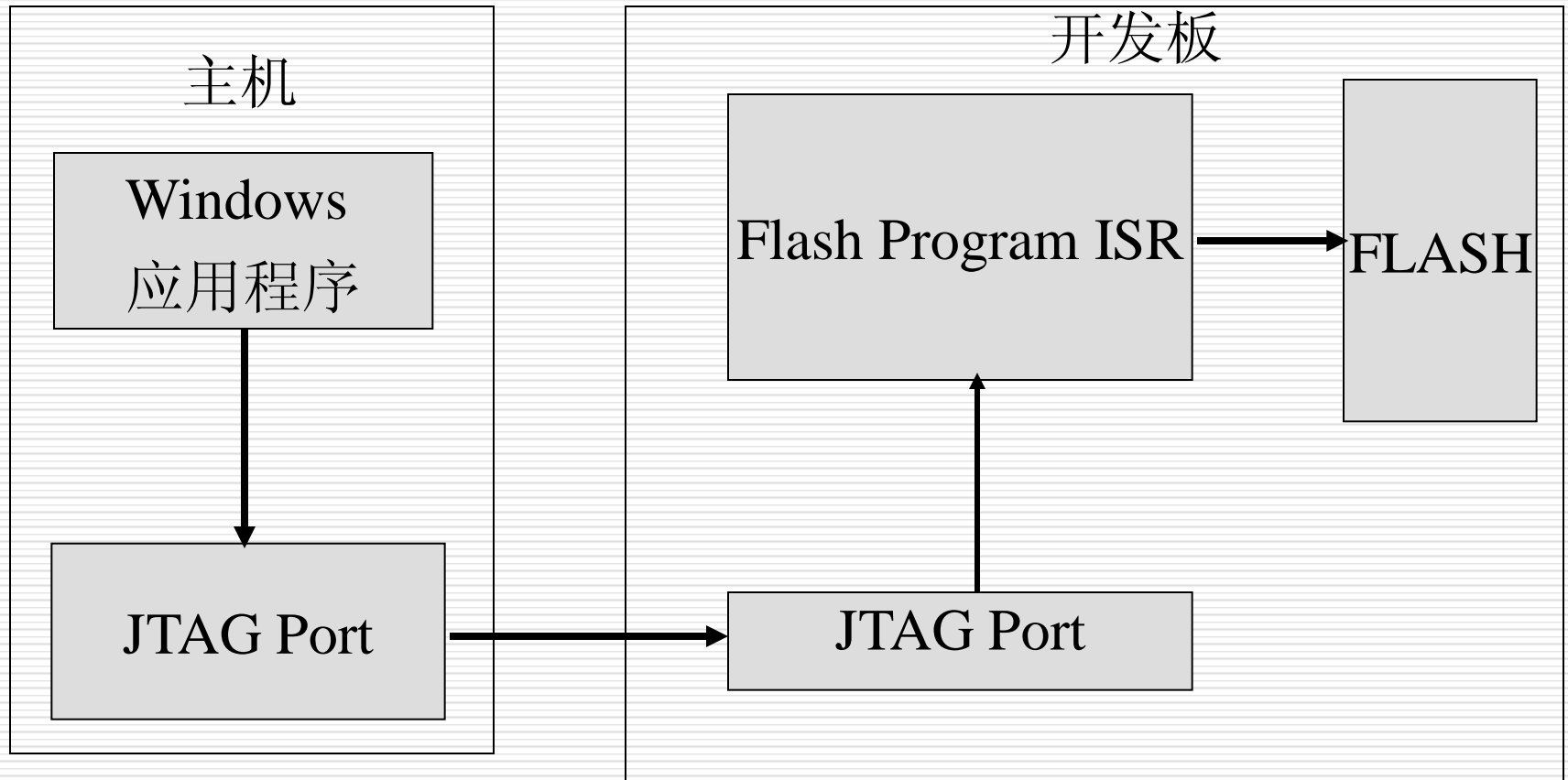
1.9 32位CPU的调试技术

两种调试接口技术：JTAG和BDM





1.9 JTAG程序下载





1.9 JTAG和BDM比较

JTAG优点:

- 4个引脚:
- 实现下载、执行、调试和控制
- 实现多内核、多处理器的板级调试
- 可测试系统板的连接

缺点:

- 速度慢，仅能进行断点级别的调试

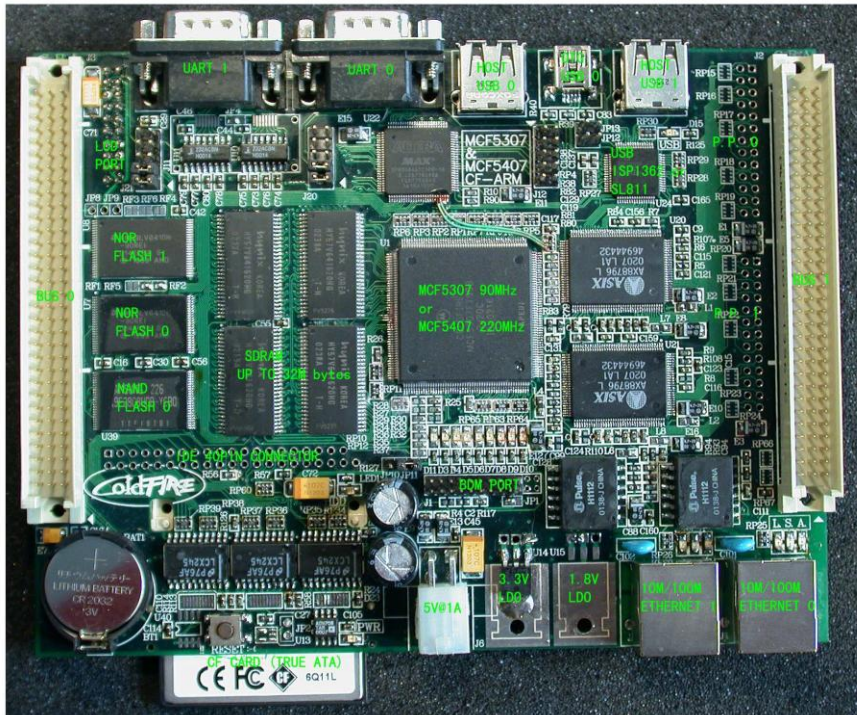
BDM优点:

- 实时跟踪数据流和指令:
- 具有PC、数据和地址3重触发
- 实现CPU全部资源的管理
- 实时调试

DEMO1开发板

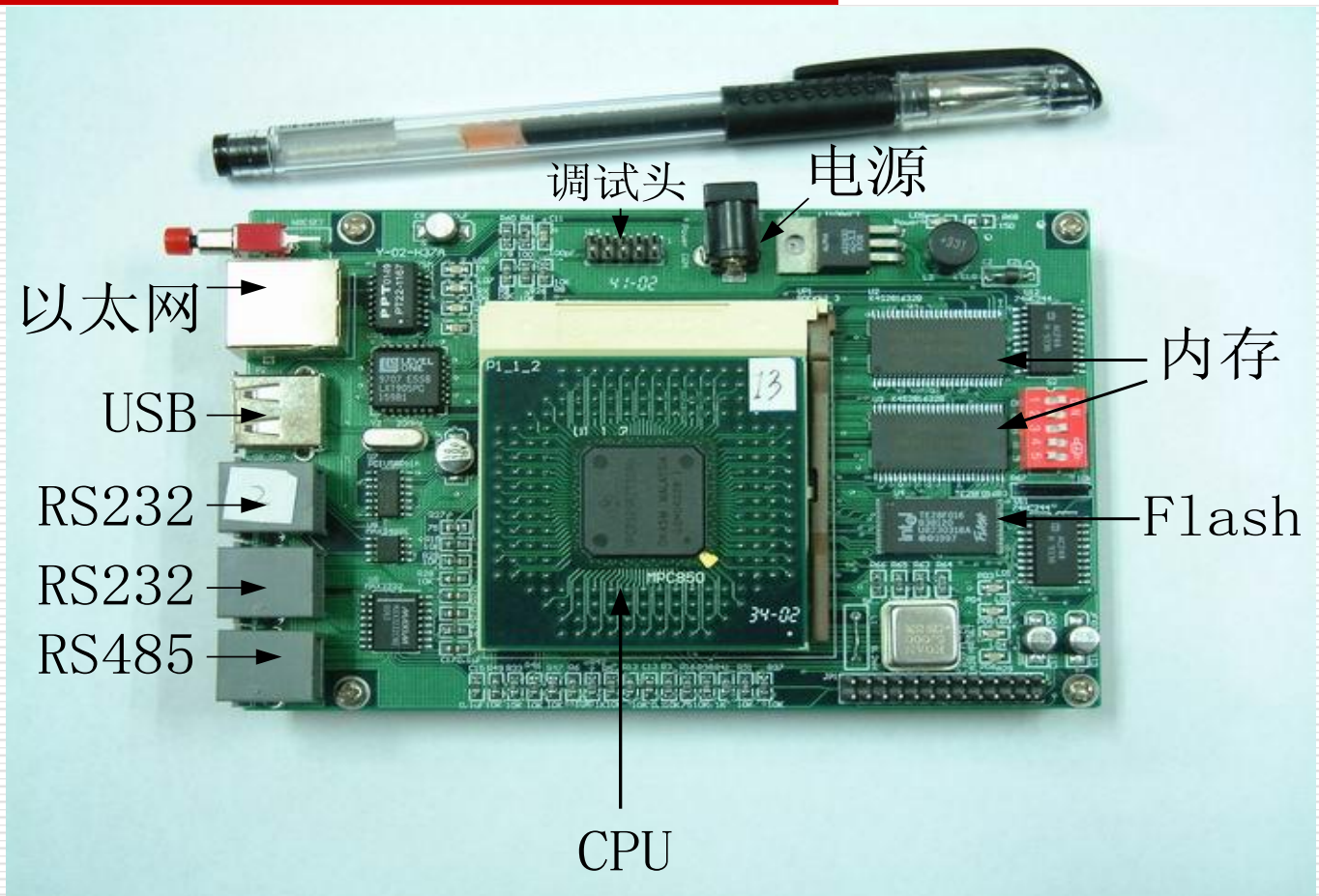
A面

B面



MCF5307 Demo板

DEMO2开发板





1.10 嵌入式系统发展趋势

- 操作系统：—>RTOS
- 整合芯片：—>SOC 和SIP
- 应用软件：分为用户端应用软件和服务器端应用软件。
- 服务：输入自然化，输出多媒体，产品个性化。



1.11 嵌入式课程的学习方法

- “金字塔”方式
- 横向对比：MCS51、DSP、计算机
- 互相交流
- 实际设计

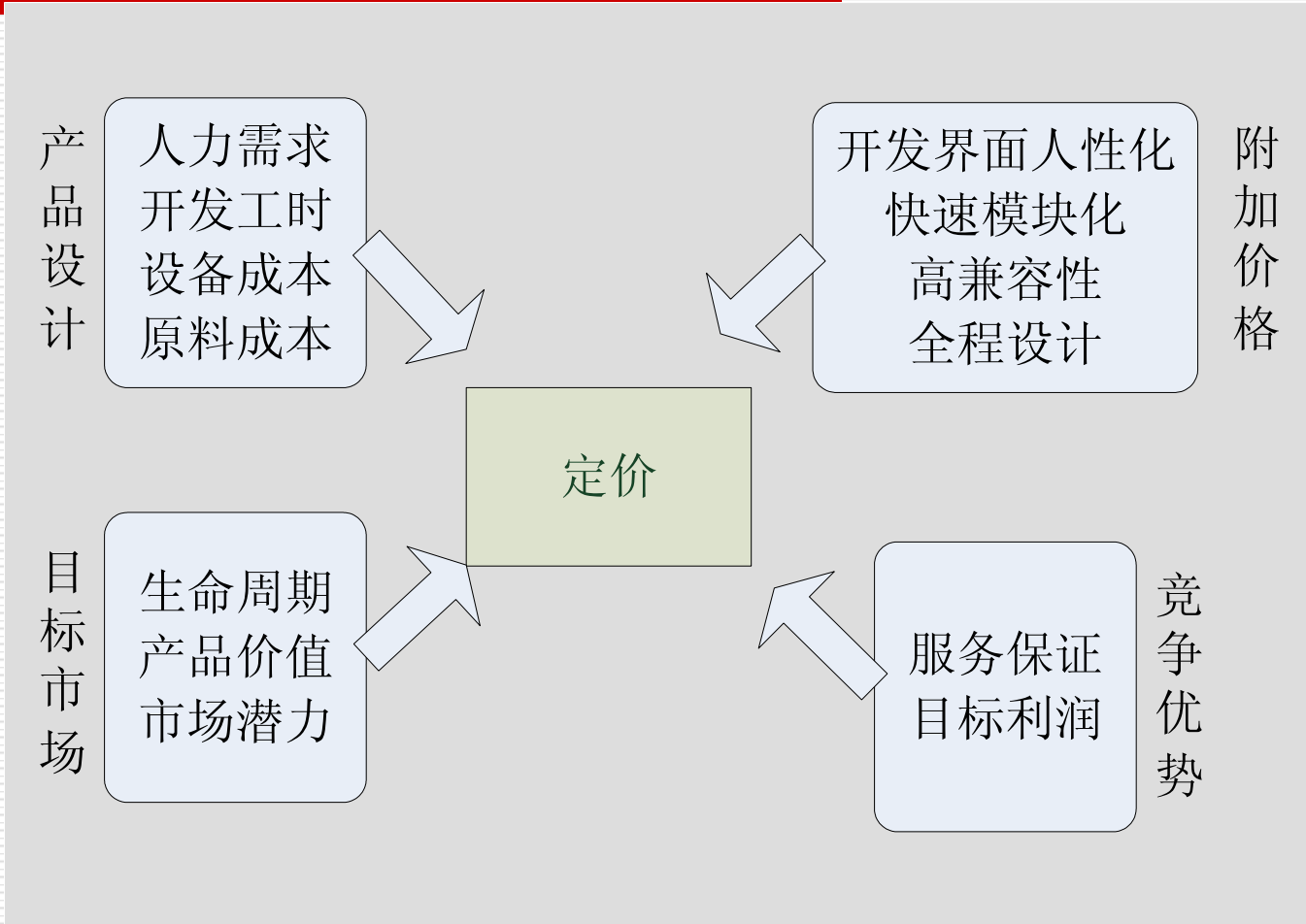


1.12 需要具备的能力：系统整合能力（1）

- 针对不同的CPU和IO设备需开发相应的模块
- 设计具有智能的人机界面，让用户输入想要的功能
- 嵌入式系统的硬件是独一无二的，所需求的功能迥然不同，这需要妥协与各种可观条件的权衡



1.12 需要具备的能力：系统整合能力（2）





1.12 需要具备的能力：程序语言能力

✓ 汇编语言：

✓ C/C++

✓ Java

嵌入式系统设计需要以下3种方面的程序员：

- 应用程序编程
- 驱动程序编程
- 系统移植整合编程

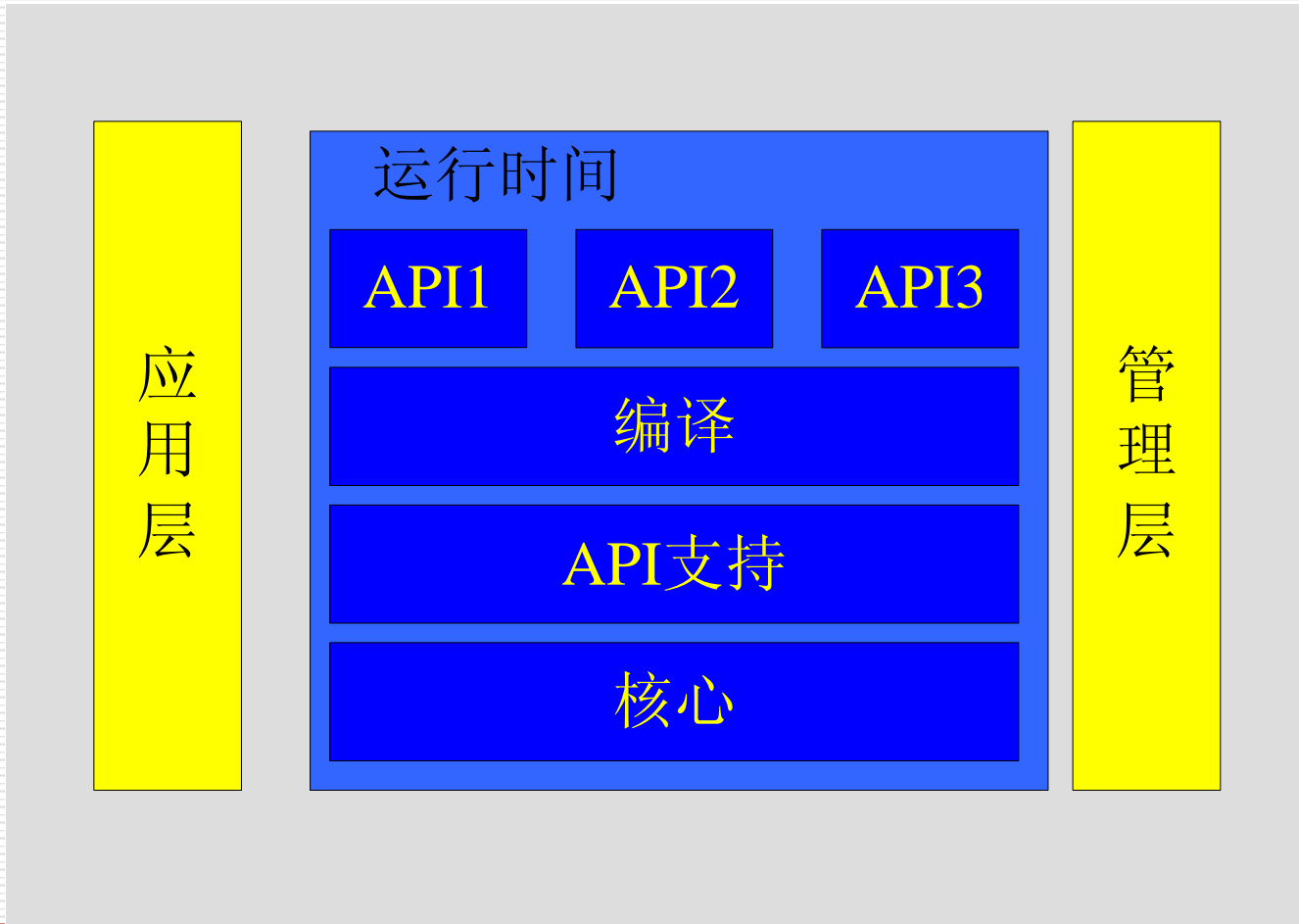


1.12 需要具备的能力：市场应用导向(1)

- 不一定具有极高的效率，重视低成本、高整合、以及RTOS，硬件芯片与电子线路设计人员的需求不如系统整合人员、韧件开发人员与应用软件设计人员；通过整合，走向单系统单片机的趋势。
- 因SOC的高度整合，研发面向韧件与软件。
- 中间软件的发展：在OS与AP之间的各种软件，如通讯协议、安全机制、各类软件引擎等



1.12 需要具备的能力：市场应用导向(2)





1.13 嵌入式系统开发应注意的问题

- 用户定制
- 决策划分
- 开发环境/开发工具
- 软件技术
- 调试技术
- 测试技术



1.14 需要学习的基本软件工具

- 1、编辑工具：Souce Insight。
- 2、编译和调试工具：CodeWarrior4.0, Diab4.1, Single Step
- 3、DSP的IDE工具：CCS3.1
- 4、Xilinx仿真和编程软件
- 5、硬件设计工具：Cadence, PowerPCB



1.15 讨论：嵌入式网络视频播放器(1)

- (1) 协同设计问题
- (2) 硬件设计实现

1.15 嵌入式网络视频播放器外部接口示意图(2)

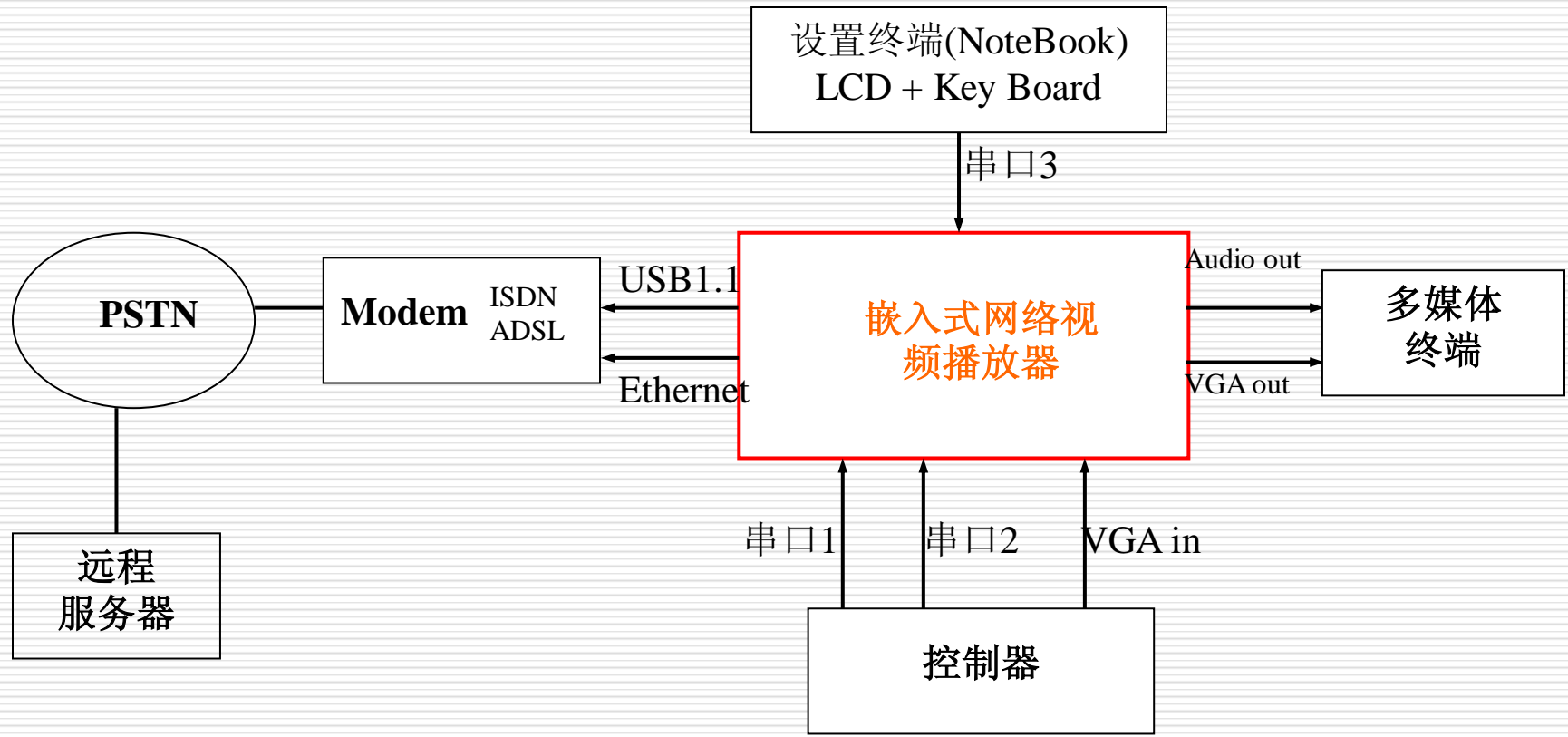
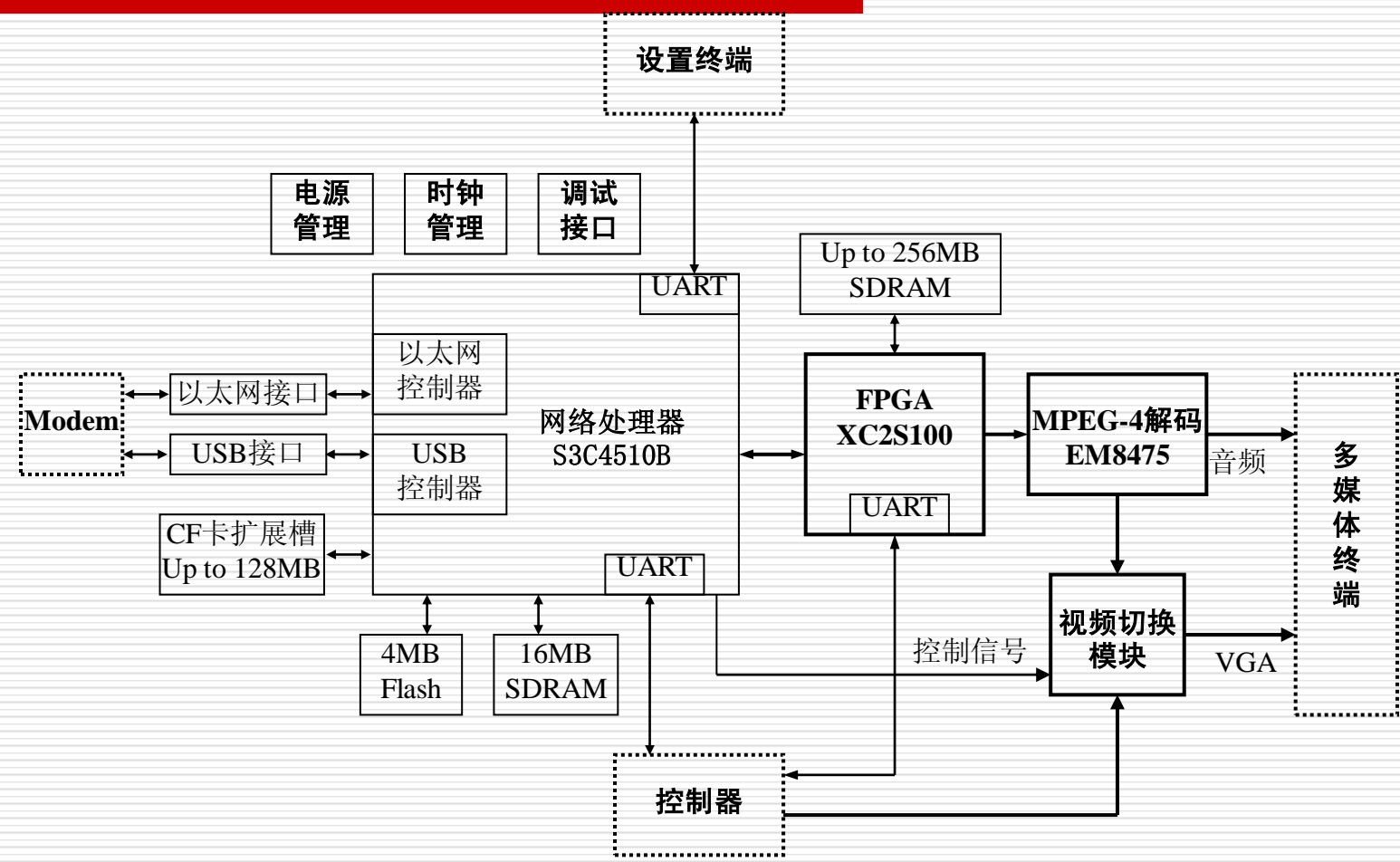


图1



1.15 嵌入式网络视频播放器硬件结构框图(3)





总结

可以得出嵌入式系统的主要特征如下：

- ✓ 硬件设计已经不是嵌入式系统的主要任务，软件是构成嵌入式系统设计的核心
- ✓ 硬件设计可选择合适的CPU核，如ARM核，存储器核周边器件，并定制功能。
- ✓ 软件设计独立于硬件，如算法和控制程序，并使用软件库和开放的操作系统内核来加快开发进度。
- ✓ 灵活性和方便性增加了嵌入式系统的定制特征
- ✓ SOPC的发展进一步促进了嵌入式系统的发展

实验安排

- 1、第5周～第14周为正式做实验时间，每周1个实验、4个实验学时。
- 2、第15周～9月初，该课程的实验考查（考试），并提交实验报告，验收实验内容。
- 3、考查（考试）方式：3～5人为一组，选择自主设计或自主创新实验之一完成。成绩在9月底上报。

实验安排：实验设备

- 基于Coldfire系列的开发板 16套
- Xilinx开发平台 5套
- USB电话机 1部
- 基于ARM9的开发平台 1套
- 基于ARM10的开发平台 1套
- Altera的FPGA开发板1套

实验安排：基本实验

- 实验平台的熟悉（2学时）
- 存储器实验，包括SDRAM, NOR FLASH, NAND FLASH的实验（2学时）
- RTC（实时时钟）实验和WDT（4学时）
- uCOS操作系统移植
- LCD显示实验（4学时）

实验安排： 自主设计实验

- USB接口实验（4学时）
- 10M / 100M网卡接口实验（4学时）
- RTOS的基本实验（4学时）
- 基于 μ Clinux操作系统的系统构建（4学时）
- uCOS操作系统移植
- GUI移植



实验安排：自主创新

- 基于FPGA的SOC的开发
- 基于USB的液晶VGA接口开发
- MP3解码技术
- 嵌入式PCPhone的设计
- DSP6000系列CPU核心板的设计
- 高速DA和AD板的设计
- 基于linux的CVI移植

参考网站:

1. 研究生实验室嵌入式开发网:
<http://embedev.xjtu.edu.cn> 课件下载、实验预约、
开发工具、学习园地等
2. 嵌入式开发网 <http://www.embed.com.cn>
3. Embedded.com: <http://www.embedded.com/>
4. 华恒网络
5. ARM公司: <http://www.arm.com>



西安交通大学

Xian Jiaotong
University



THANKS