



暨南大学
JINAN UNIVERSITY

第2章 嵌入式系统设计与开发方法

杨光华

物联网与物流工程研究院 / 电气信息学院

办公室：行政楼 631

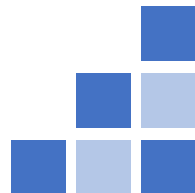
电邮：ghyang@jnu.edu.cn

电话：8505687

声明：课件中的部分文字、图片、视频等源于网络，相应版权属于原创人

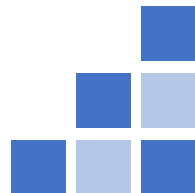
主要内容

- 嵌入式系统体系架构
- 嵌入式系统设计与开发



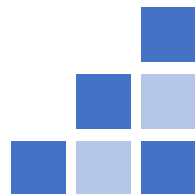
主要内容

- 嵌入式系统体系架构
- 嵌入式系统设计与开发



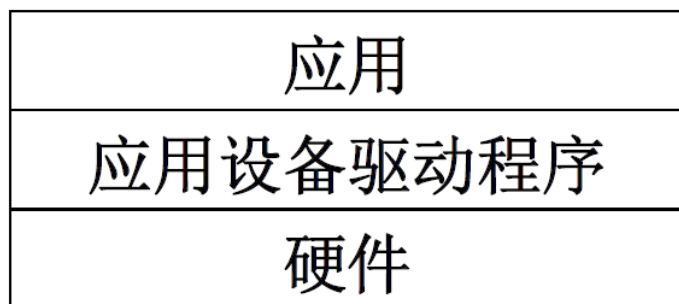
嵌入式系统体系架构

- 体系结构总述
- 硬件体系结构
- 软件体系结构

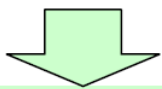


体系结构总述

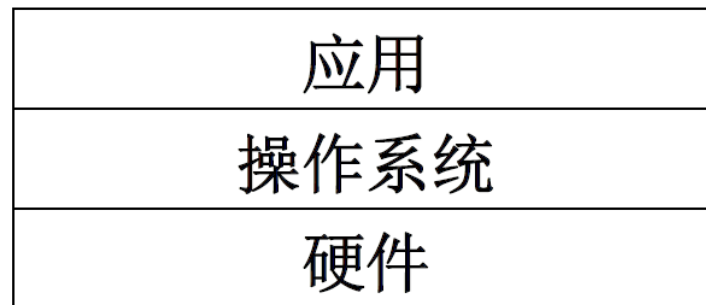
• 结构模型与应用模式



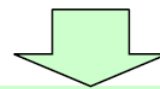
(a) 无操作系统



电子技术应用模式



(b) 有操作系统



计算机应用模式

无操作系统的体系结构

- 电子技术应用

- 无操作系统的结构模型

| |
|----------|
| 应用 |
| 应用设备驱动程序 |
| 硬件 |

典型案例：[单片机系统](#)

- 底层（低端）应用
- 初级应用、形式

嵌入式系统与单片机

- 嵌入式系统 \geq 单片机系统
- 体系结构有差异
- 设计思想不同
- 学习方法与途径不同

嵌入式系统与单片机

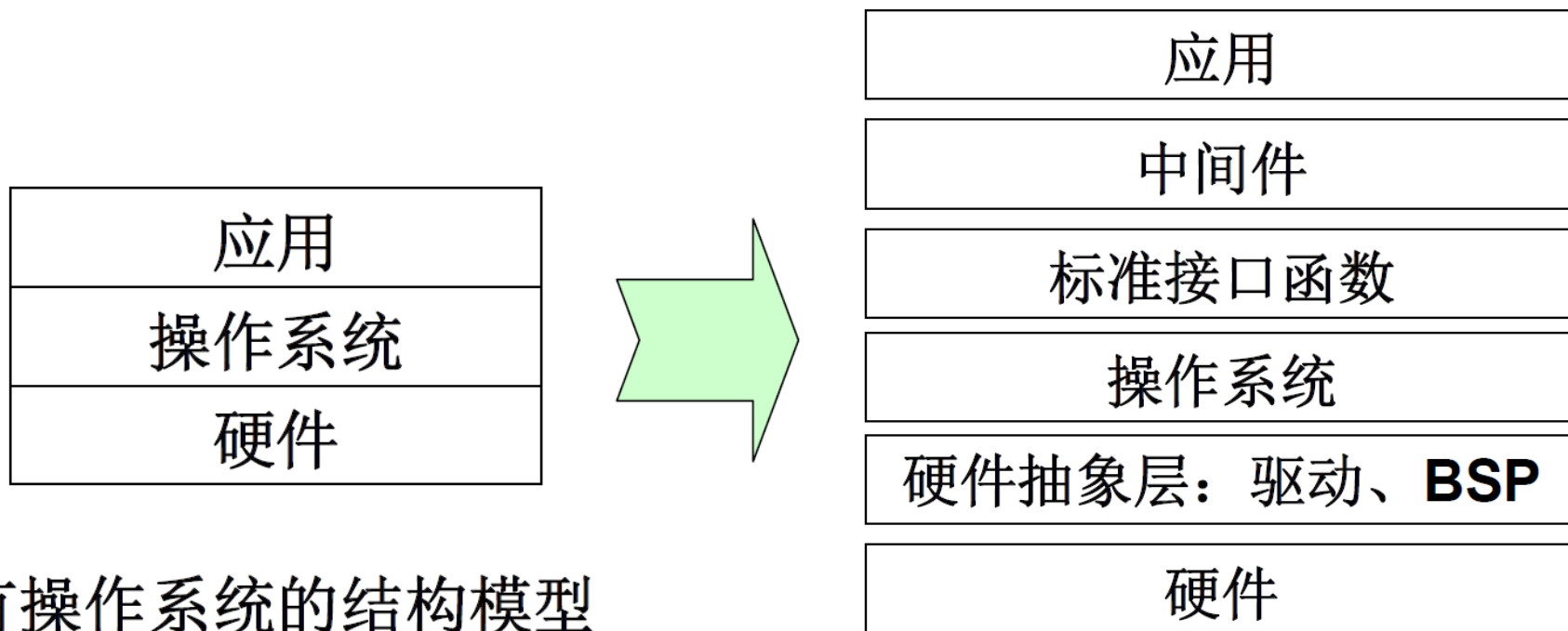
| 特征 | 单片机 | 嵌入式系统 |
|-----------------|---|--|
| 体系结构 | <ul style="list-style-type: none">多为4位、8位、16位机，不适合运行操作系统，难以进行复杂的运算及处理功能 | <ul style="list-style-type: none">主流是以32位嵌入式微处理器为核心的硬件设计和基于实时操作系统（RTOS）的软件设计 |
| 设计方法 | <ul style="list-style-type: none">大多采用软硬件流水设计 | <ul style="list-style-type: none">强调基于平台的设计软硬件协同设计 |
| 设计核心与工作量 | <ul style="list-style-type: none">软硬件设计所占比例基本相同 | <ul style="list-style-type: none">核心是软件设计工作，占70%左右的工作量 |
| 学习方法及途径 | <ul style="list-style-type: none">一般从硬件入手，从硬件体系结构、汇编语言到硬件设计、软件设计 | <ul style="list-style-type: none">可以从软件入手，从应用层编程到操作系统移植、硬件平台设计较好，按单片机设计的学习流程较难掌握 |

嵌入式系统与单片机

- 单片机开创了嵌入式系统独立发展道路
- 嵌入式系统的两种应用模式
 - 电子技术应用模式（单片机）
 - 计算机应用模式
- 单片机 = 嵌入式系统的低层应用
 - 底层性
 - 与对象系统的紧耦合

有操作系统的体系结构

• 计算机应用模式

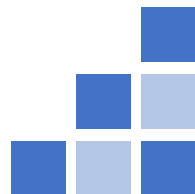


有操作系统的结构模型

BSP: Board Support Package 板级支持包

嵌入式系统体系架构

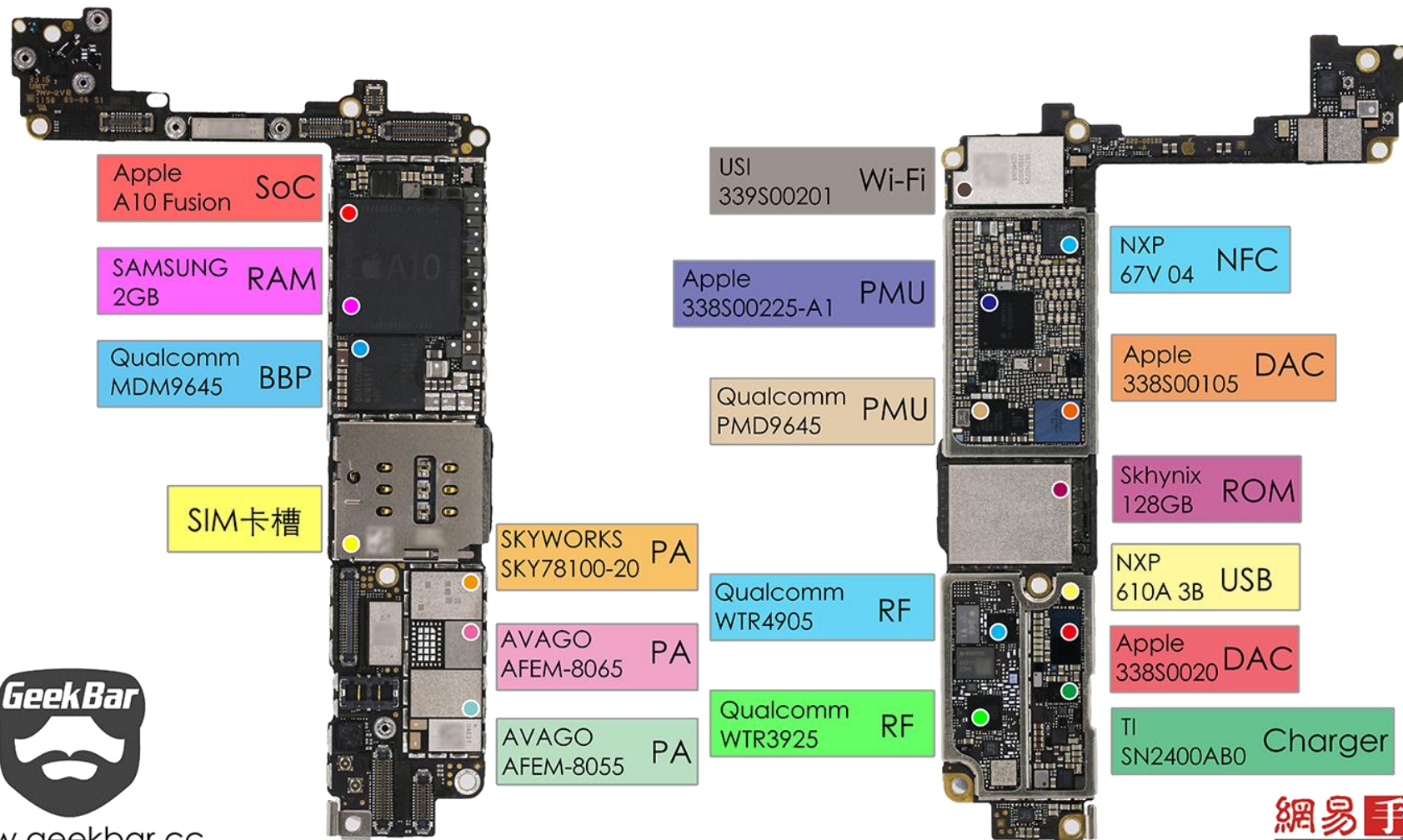
- 体系结构总述
- 硬件体系结构
- 软件体系结构



iPhone7 拆解图



iPhone7 拆解图



www.geekbar.cc

網易手机
mobile.163.com

硬件体系结构

嵌入式
处理器

外围接口
电路

辅助模块

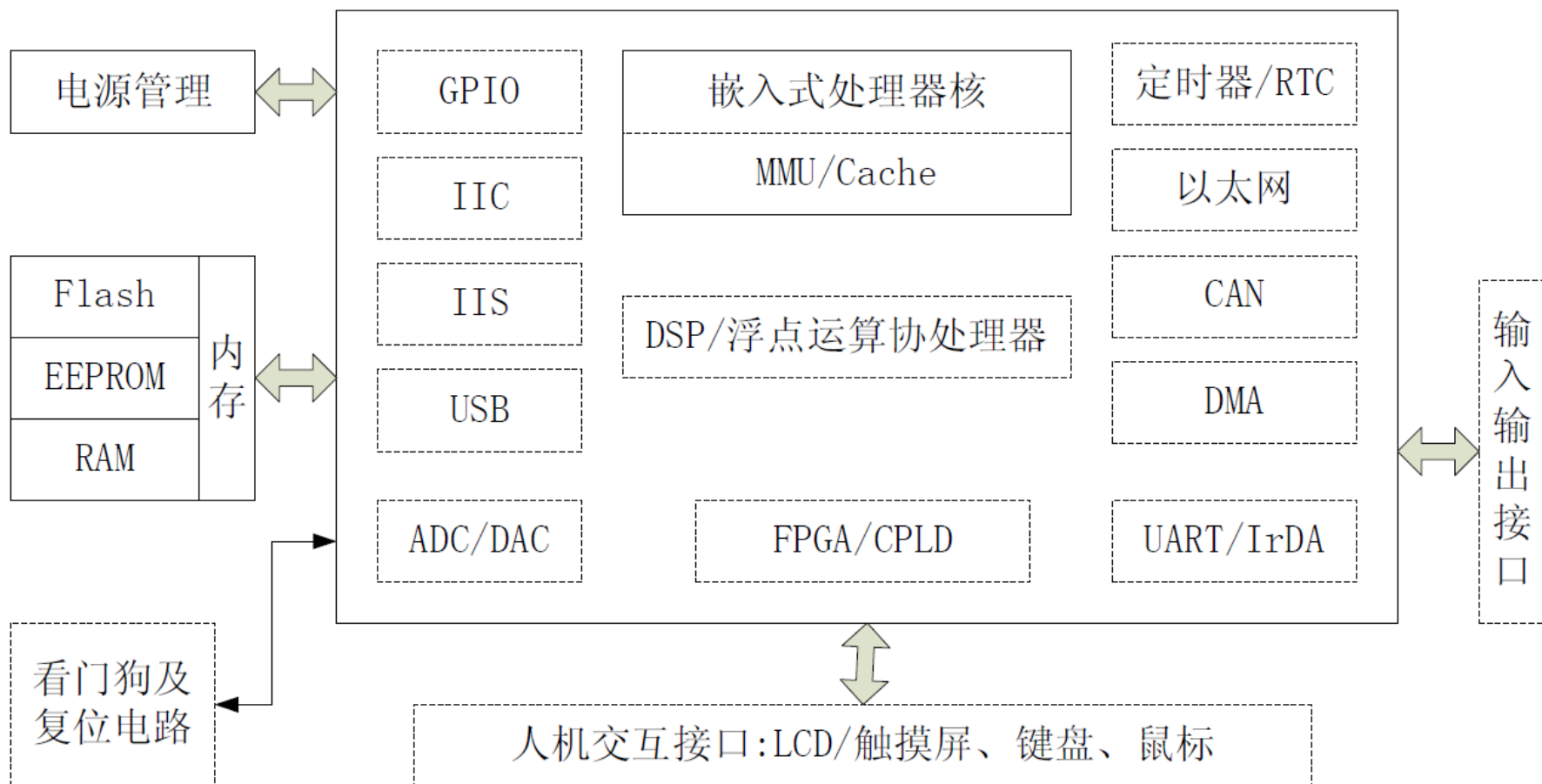
存储器

I/O接口

功能模块

基本的硬件结构

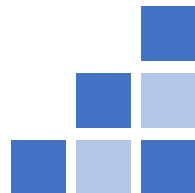
硬件体系结构



嵌入式处理器

- 嵌入式处理器是指应用在嵌入式系统中的微处理器
- 与通用计算机系统（通用处理器）的相比，嵌入式处理器具有的特点
 - 品种多
 - 体积小
 - 成本低
 - 集成度高

- 种类超过1000种
- 流行的体系结构有30多个系列
- 指令体系：CISC -> RISC/Compact RISC
- 位数：4、8、16、32、64位



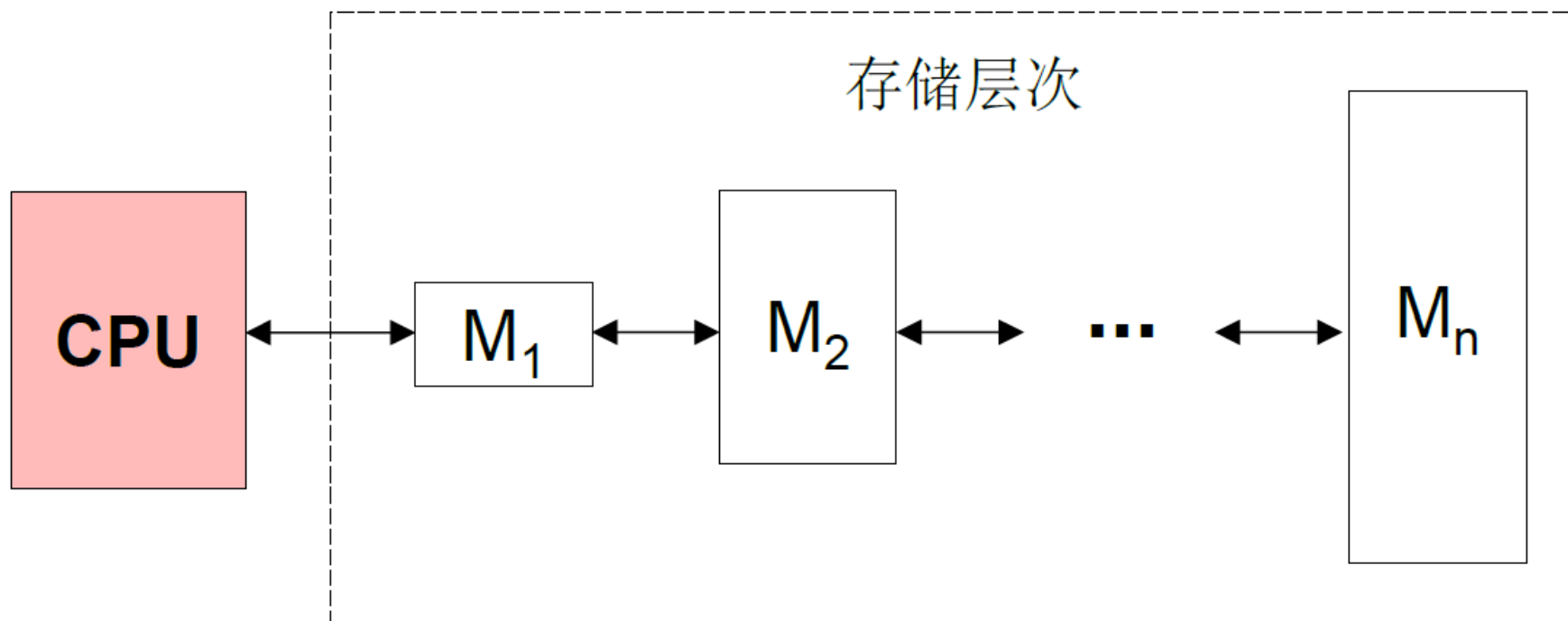
嵌入式处理器

- MPU (Micro Processor Unit , 微处理器)
 - MPU是轿车，经济性与速度的折中
- MCU (Micro Controller Unit, 微控制器)
 - MCU是满足特殊用途的汽车
- DSP (Digital Signal Processor , 数字信号处理器)
 - DSP是跑车，追求速度
- SoC (System on Chip , 片上系统)
 - SoC是设备齐全的豪华轿车

存储器

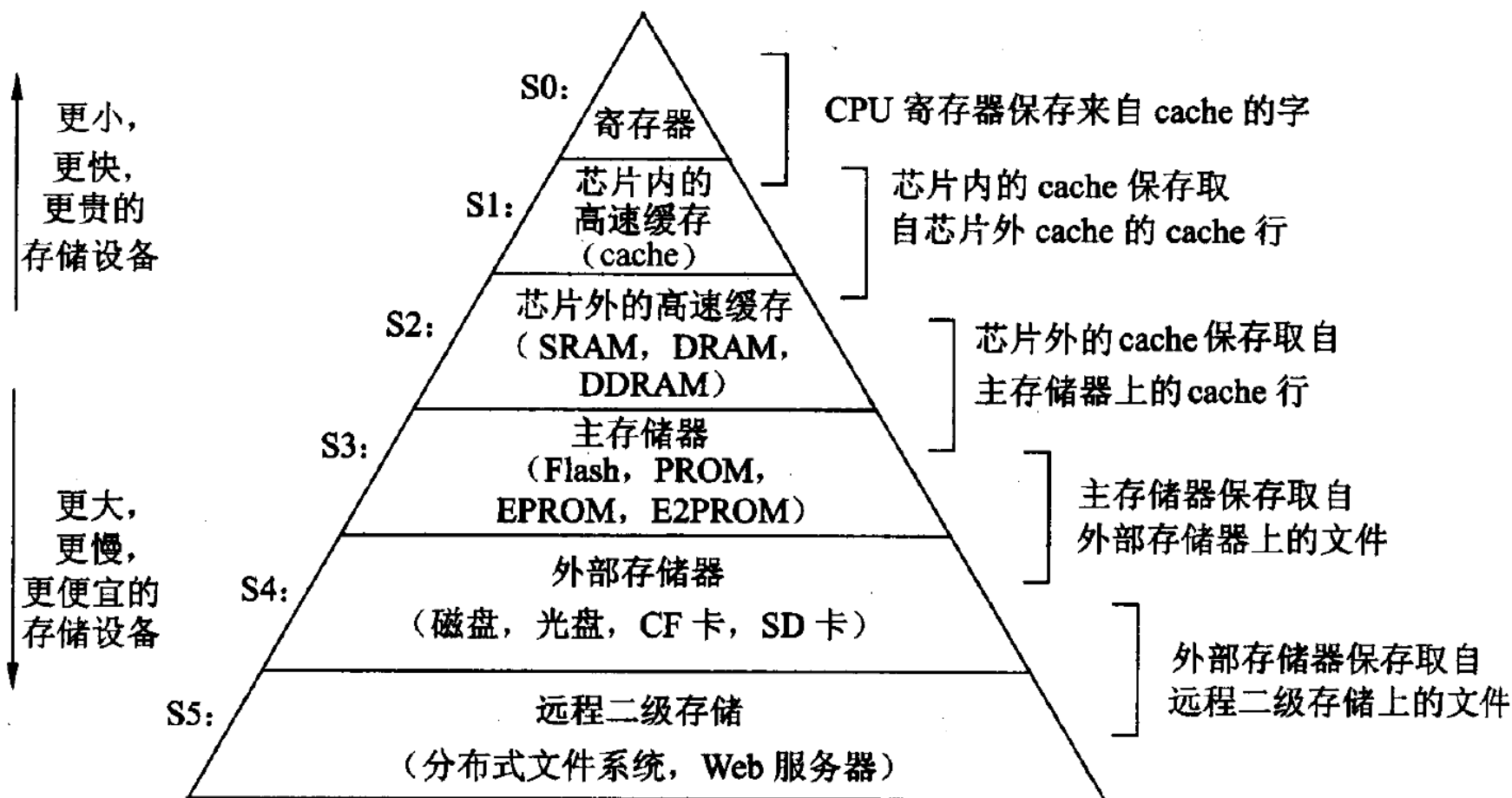
- 易失性存储器 (RAM、SRAM)
 - 静态存储器 (SRAM) , 速度快 , 价格高 , Cache
 - 动态存储器 (DRAM) , 内存
- 非易失性存储器 (ROM、EPROM、EEPROM、FLASH)
 - FLASH凭借其擦写次数多、存储速度快、存储容量大、价格便宜等优点 , 在嵌入式领域内得到广泛应用
 - Nor Flash vs. Nand Flash

- 存储器系统的层次结构



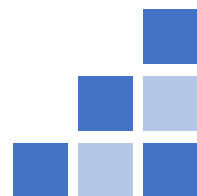
存储器

存储器系统的层次结构



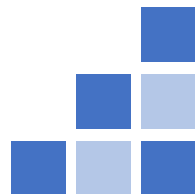
存储器

- 嵌入式系统的存储器包括主存和外存
- 大多数嵌入式系统的代码和数据都存储在处理器可直接访问的存储空间即主存中
- 系统上电后在主存中的代码直接运行。主存储器的特点是速度快，一般采用ROM、EPROM、Nor Flash、SRAM、DRAM等存储器件



存储器

- 目前有些嵌入式系统除了主存外，还有外存。外存是处理器不能直接访问的存储器，用来存放各种信息，相对主存而言具有价格低、容量大的特点
- 在嵌入式系统中一般不采用硬盘而采用电子盘做外存，电子盘的主要种类有NandFlash、SD（Secure Digital）卡、Compact Flash、Smart Media、Memory Stick、MultiMedia Card、DOC（Disk On Chip）等



输入/输出接口和设备

- 嵌入式系统的大多数输入/输出接口和部分设备已集成在嵌入式微处理器中
- 输入设备
 - 触摸屏、键盘、鼠标、开关、传感器等；
- 输出设备
 - 显示器、打印机、扬声器等
- 输入/输出接口
 - USB、SD卡、RS-232、RS-485、串行和并行接口
 - 蓝牙、红外、以太网接口、无线网接口
 - PWM (Pulse width modulator)
 - AD/DA

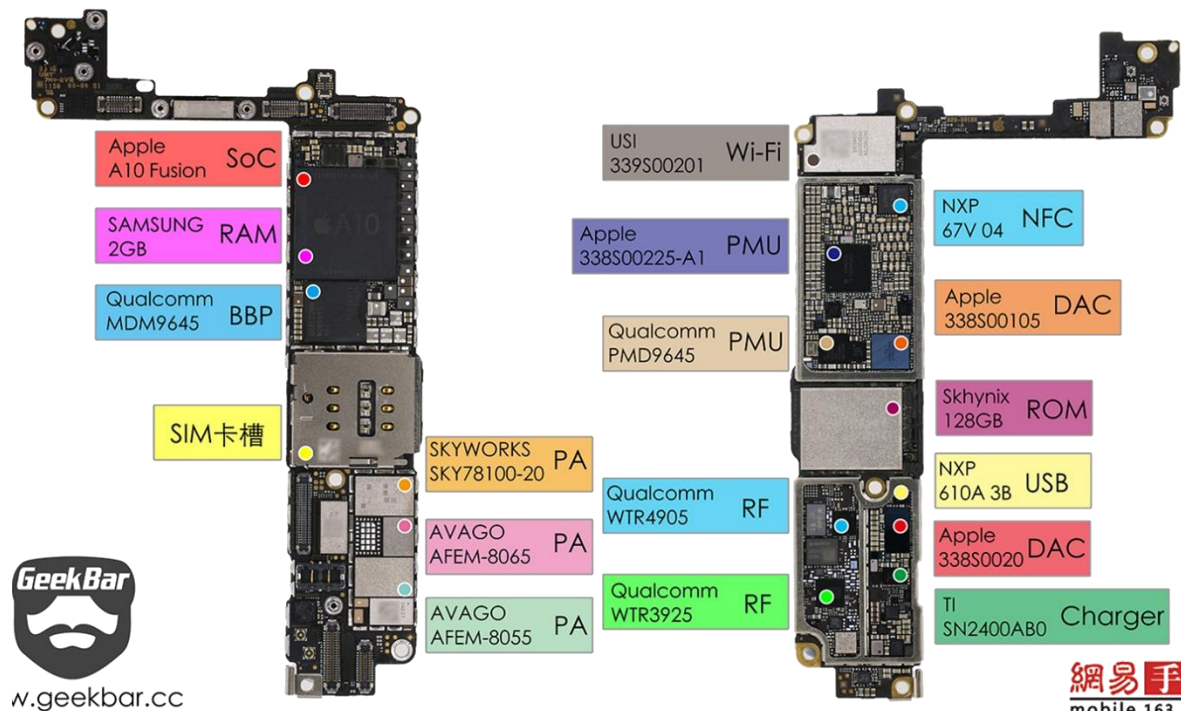
- 配合嵌入式处理器工作
- 主要包括
 - 中断控制器、DMA
 - 电源管理
 - 时钟管理 RTC
 - 定时器（ Timers ） / 看门狗电路（ watchdog ）
 - 复位

功能模块

- 以智能手机为例
 - 照相模块：N8 1200万像素，卡尔蔡司镜头
 - 触摸屏
 - 通信模块：WiFi、蓝牙、红外
 - 定位/导航：卫星GPS、手机定位A-GPS
- 传感器
 - 重力感应
 - 电子罗盘
 - 近距离感应
 - 环境光感应

辅助模块

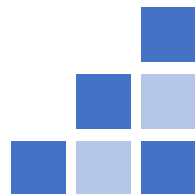
- 通讯模块
- 音频/视频模块
- 图形图像加速模块
- 多媒体处理模块
- 能量控制模块



...

嵌入式系统体系架构

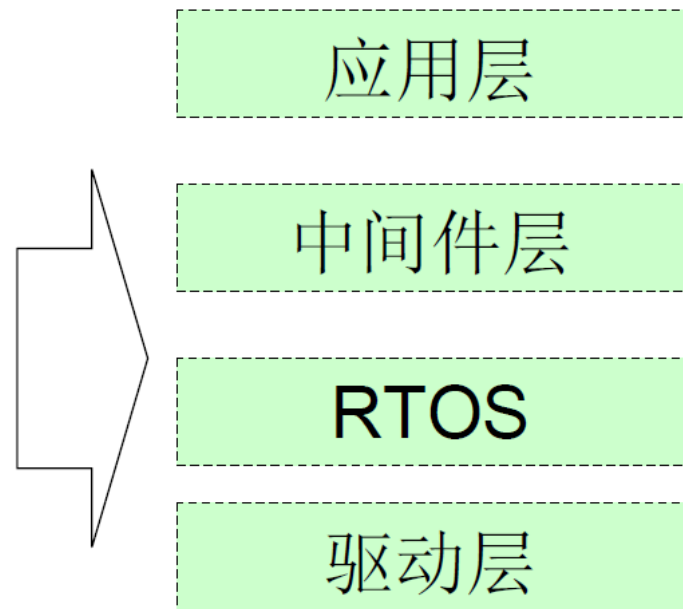
- 体系结构总述
- 硬件体系结构
- 软件体系结构



软件体系结构

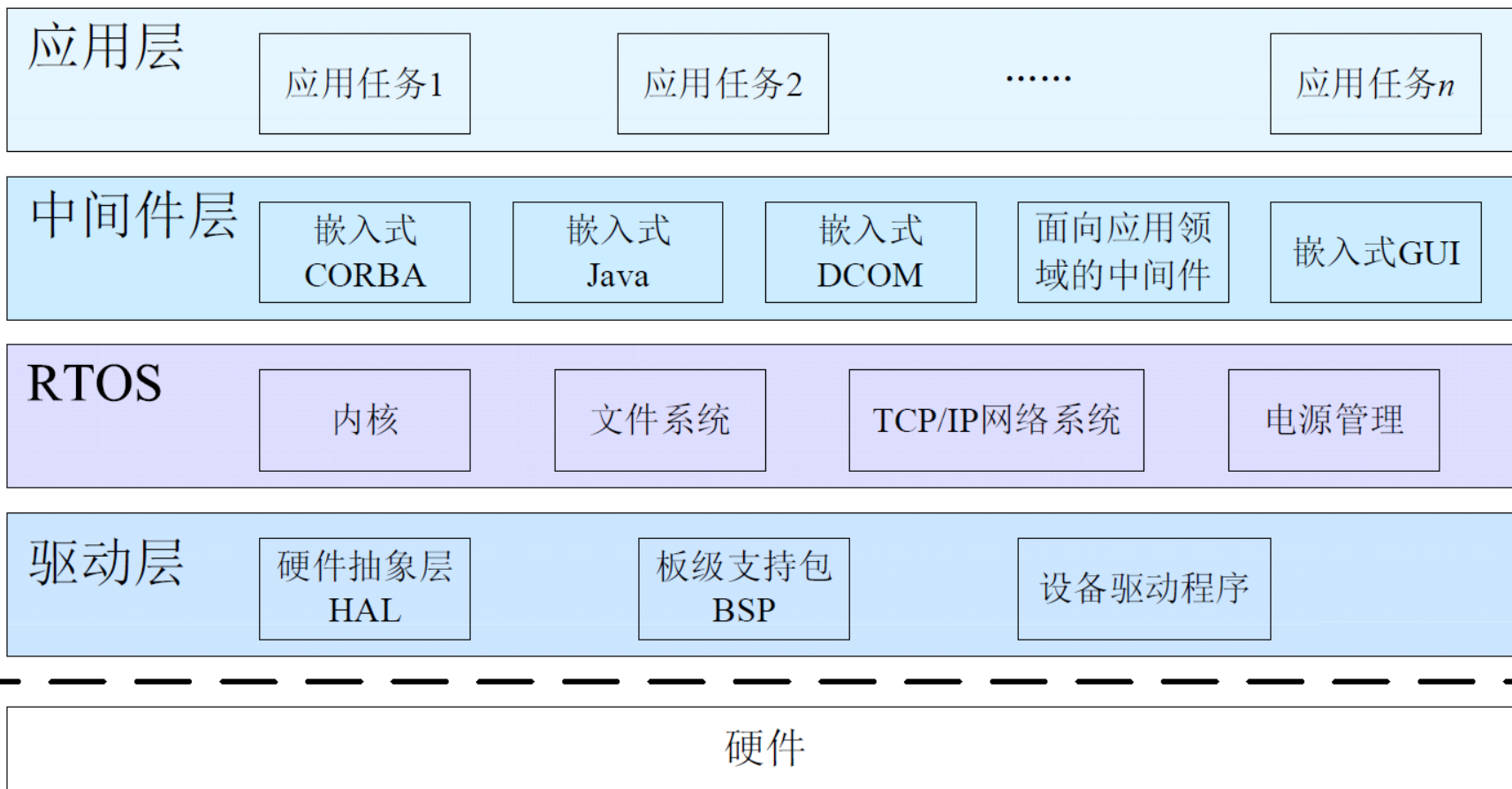


计算机应用模式



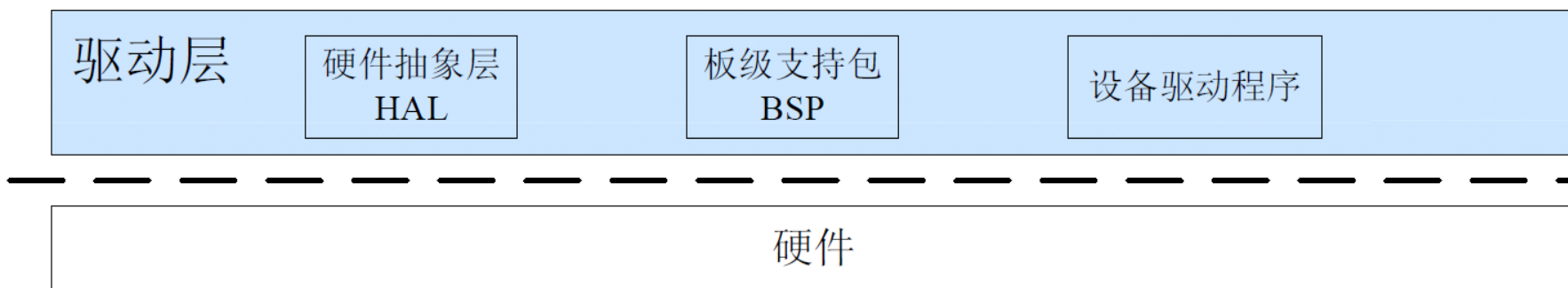
嵌入式系统的软件层次

软件体系结构



驱动层

- 是嵌入式系统中必不可少的重要部分
- 提供所有的外围设备的支持和给上层软件提供设备的操作接口

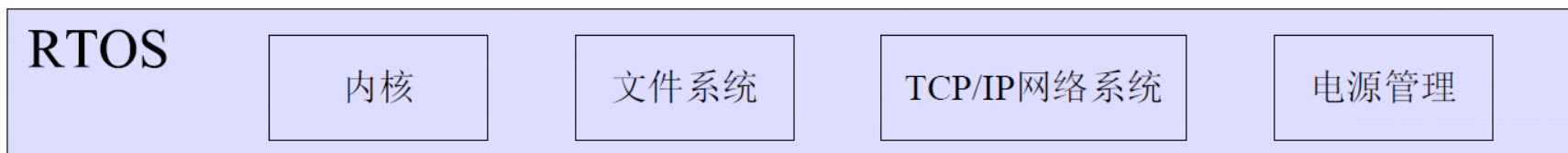


• 结构组成



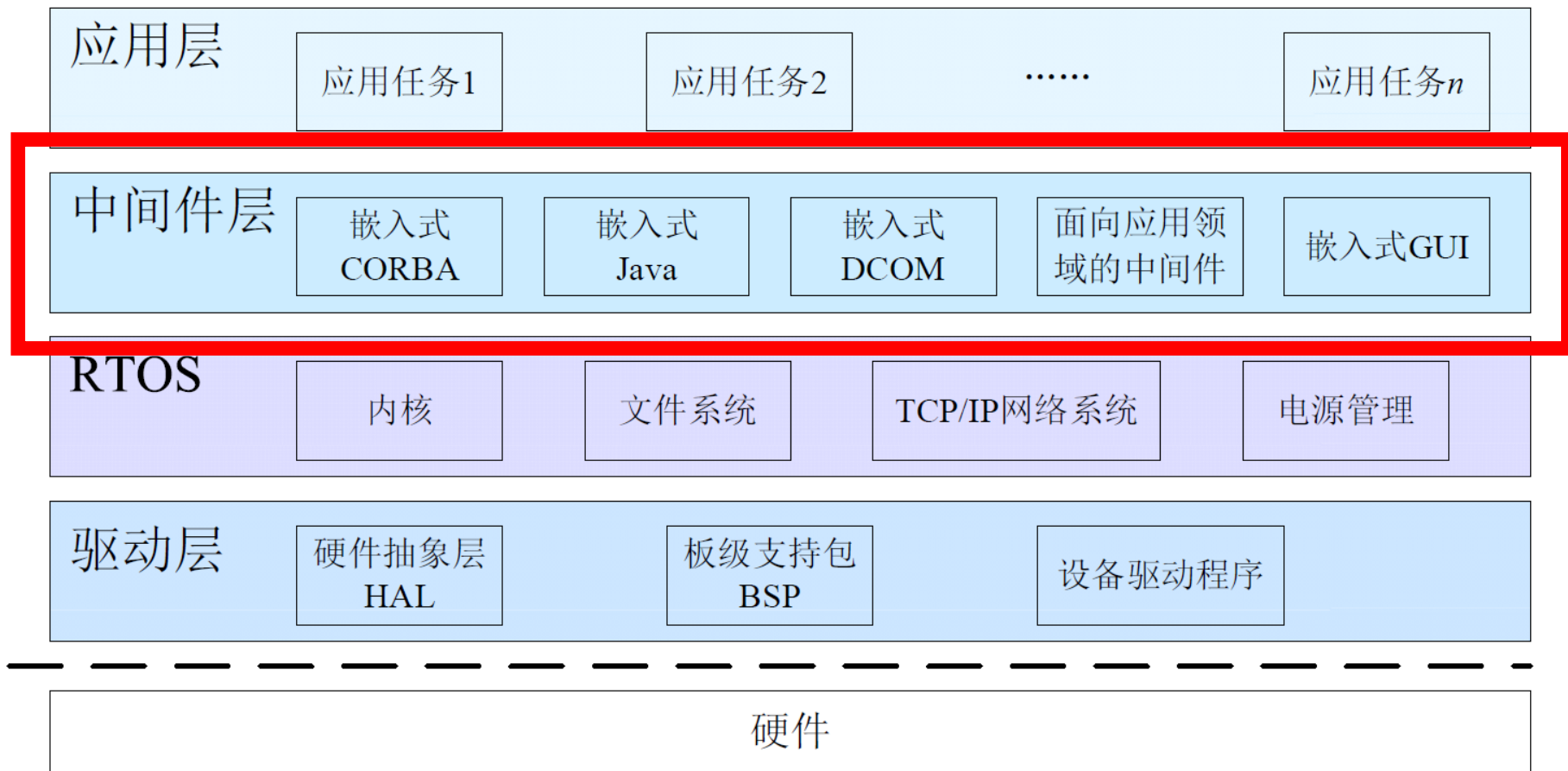
硬件->驱动->BSP->HAL->OS

- 主要完成设备和资源的管理
- 内核是必需的，完成基本的功能，包括任务调度和管理、内存管理等功能

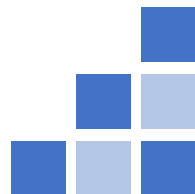


- 其他部分可选，包括文件系统、驱动程序、网络通信，可以根据系统功能、成本进行裁减

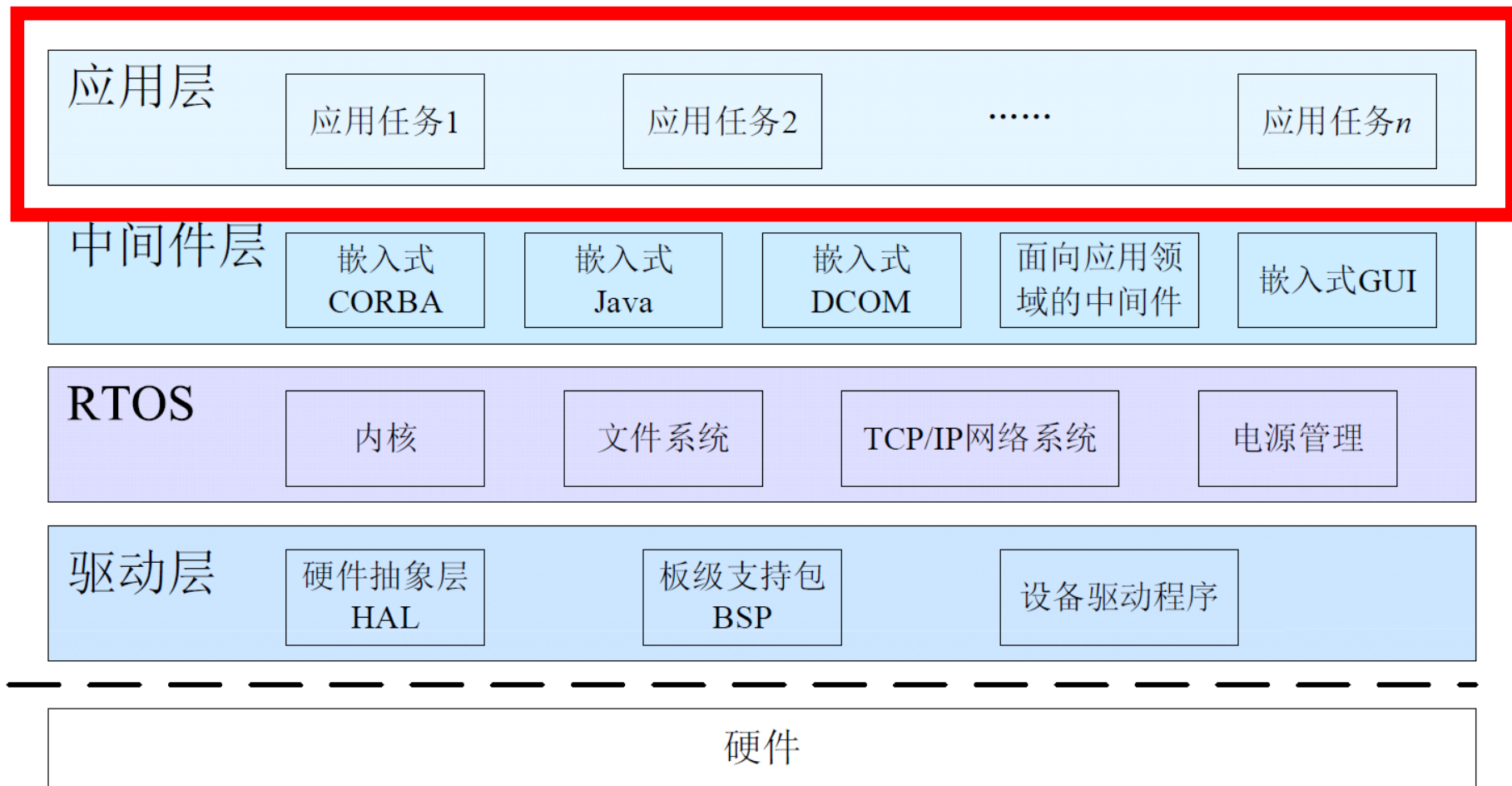
中间件层



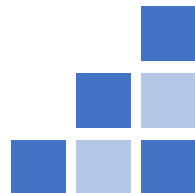
- 目前在一些复杂的嵌入式系统中采用中间件技术，主要包括
 - 嵌入式CORBA（跨语言、跨OS互操作）
 - 嵌入式Java
 - 嵌入式DCOM
 - 嵌入式GUI
 - 面向专门应用领域的中间件



应用层

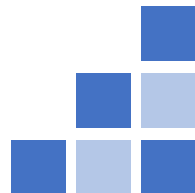


- 指操作系统之上运行的用户程序
- 主要由多个相对独立的应用任务组成
- 每个任务完成特定的工作，如
 - I/O任务、计算的任务、通信的任务
- 由操作系统调度各个任务的运行

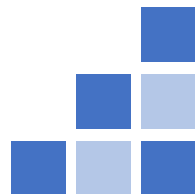


主要内容

- 嵌入式系统体系架构
- 嵌入式系统设计与开发



- 设计开发流程
 - 设计流程
 - 协同设计
- 硬件平台的选择
- 软件平台的选择
- 开发过程



设计流程

- 按照常规的工程设计方法，嵌入式系统的设计可分成**3**个阶段



设计流程

• 主要有**6**个步骤：

• 需求分析

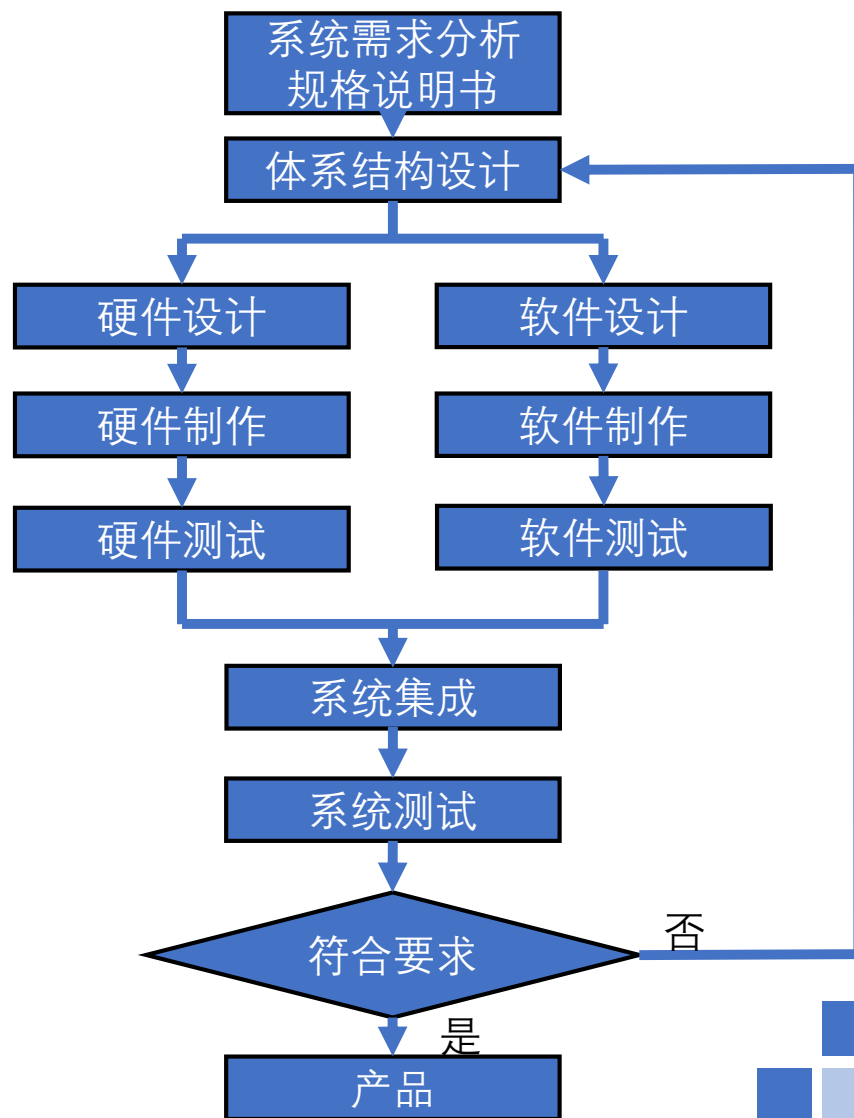
• 体系结构设计

• 硬件设计、制作及测试

• 软件设计、实现及测试

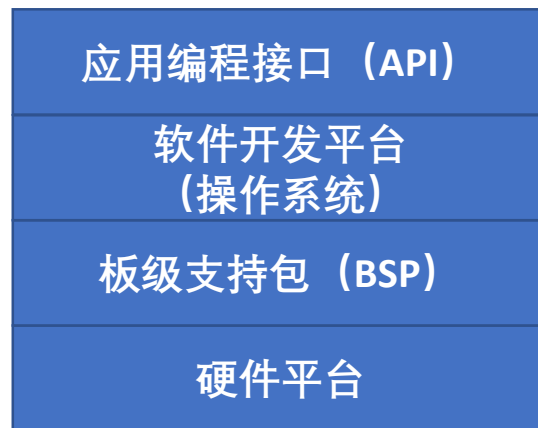
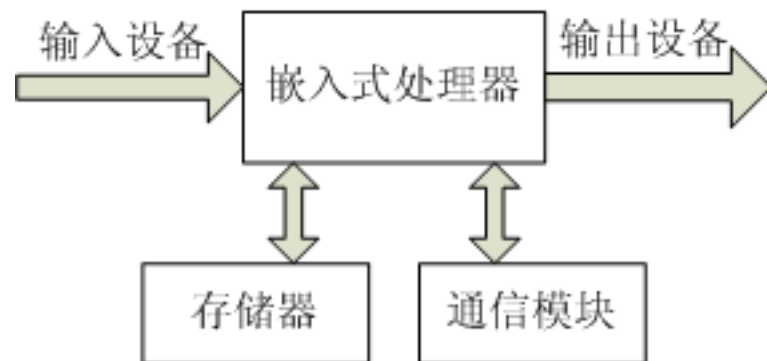
• 系统集成

• 系统测试

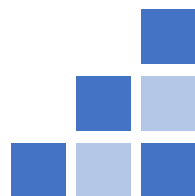


协同设计

- 嵌入式系统包含硬件、软件两部分
- 嵌入式系统的硬件架构以嵌入式处理器为中心，配置存储器、**I/O**设备、通信模块等必要的外设
- 软件部分以软件开发平台为核心，向上提供应用编程接口**API**，向下提供屏蔽具体硬件特性的板级支持包**BSP**

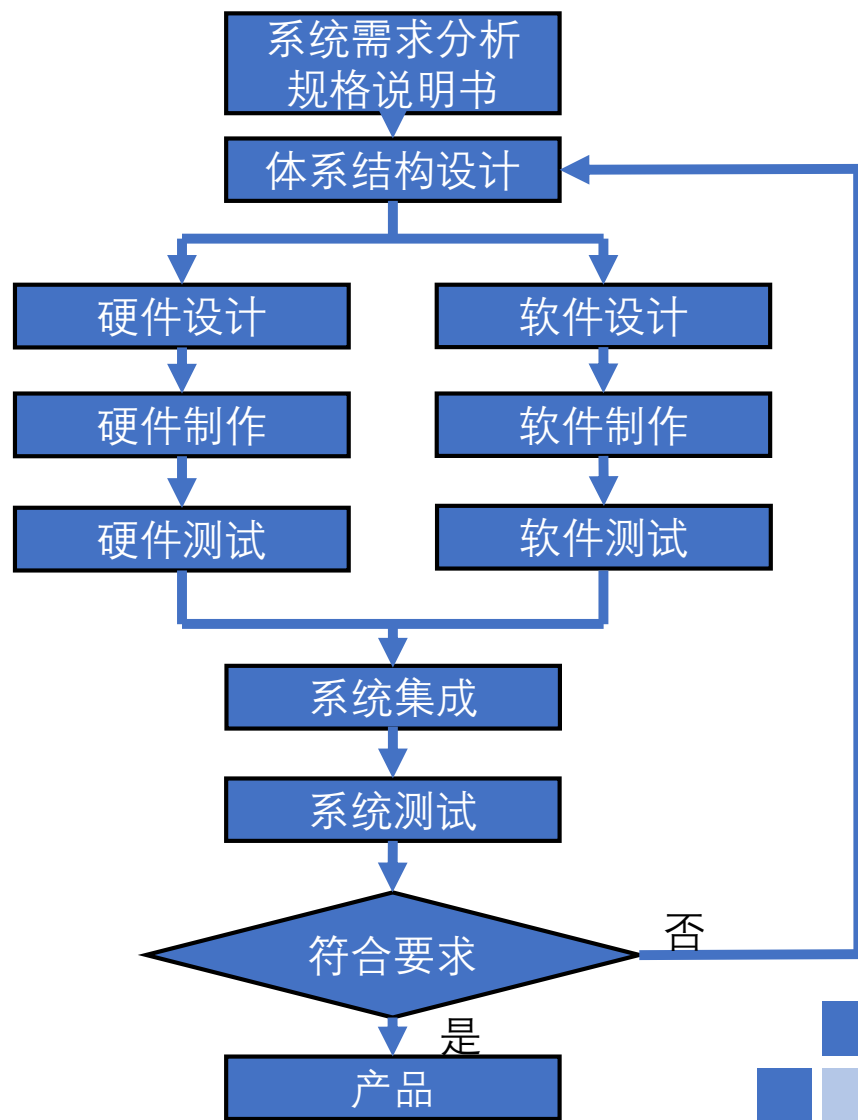


- 传统的嵌入式（单片机）开发，硬件和软件分为两个独立的部分
- 采用流水式设计，先设计硬件，待其完成后，再设计软件，分步设计
- 只能改善硬件/软件各自的性能，达到局部最优，不可能达到整个系统的最优



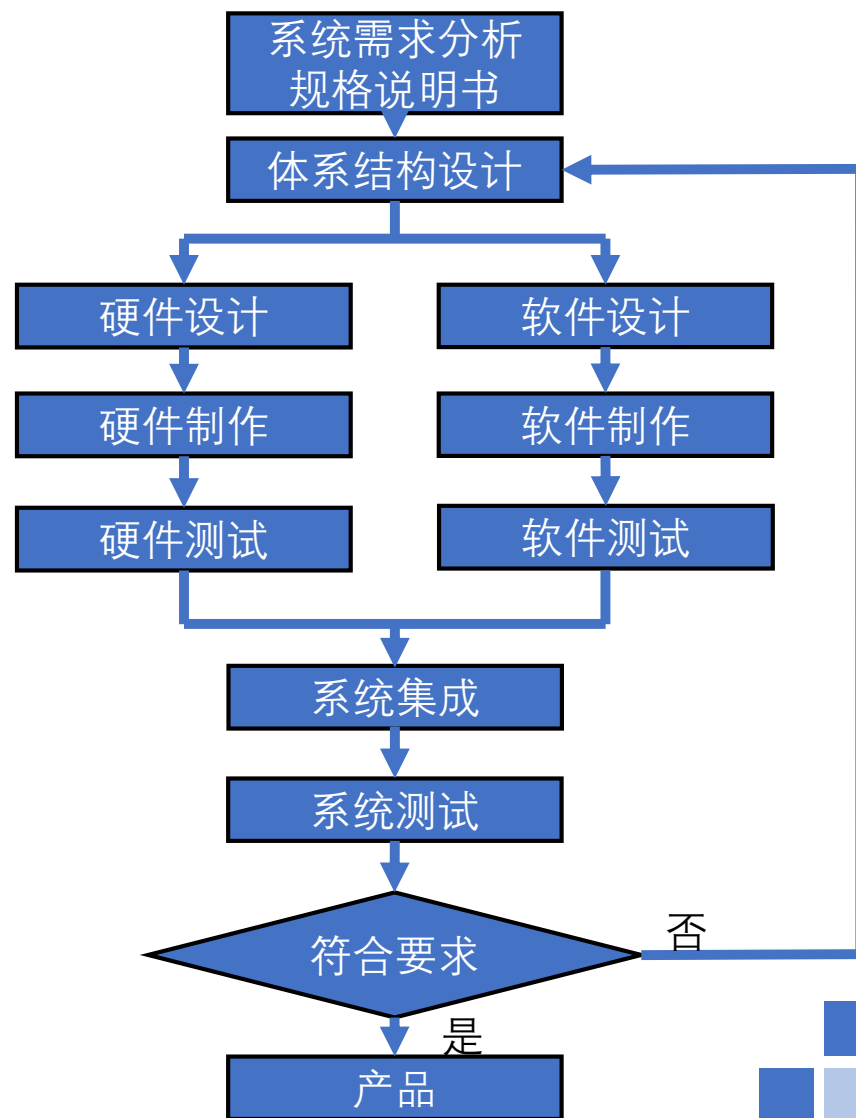
协同设计

- 在嵌入式系统中，软件和硬件是紧密配合、协调工作的
- 从理论来说，每一个应用系统，都存在一个适合该系统的硬件、软件的最佳组合



协同设计

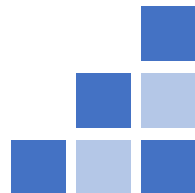
- 软硬件协同设计
- 对软硬件统一表示和功能划分，设计时考虑软硬件的实现，以取得最好的效果



- 软硬件协同设计的过程
 - 需求分析
 - 软硬件协同设计
 - 软硬件实现
 - 软硬件协同测试和协同验证

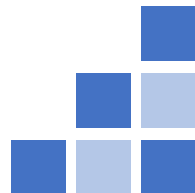


- 软硬件协同设计方法的特点
 - 协同设计、协同测试和协同验证
 - 充分考虑了软硬件的关系，并在设计的每个层面上给予测试验证，使得尽早发现和解决问题，避免灾难性的错误出现，提高开发效率



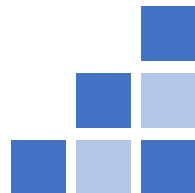
嵌入式系统设计与开发

- 设计开发流程
- 硬件平台的选择
 - 处理器的选择
 - 其它需要考虑的因素
- 软件平台的选择
- 开发过程



处理器的选择

- 嵌入式系统的核心部件是嵌入式处理器，其性能的好坏直接决定着整个系统的运行效果。
- 据不完全统计，目前全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过1000多种，流行体系结构有30几个系列。
- 与全球PC市场不同的是，没有一种微处理器和微处理器公司可以主导嵌入式市场，仅以32位CPU而言，就有100种以上嵌入式微处理器



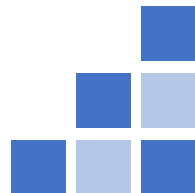
处理器的选择

- 主要因素

- 1) 应用类型
- 2) 处理性能
- 3) 主频及功耗
- 4) 封装
- 5) 软件支持工具
- 6) 是否内置调试工具
- 7) 供应商是否提供开发板

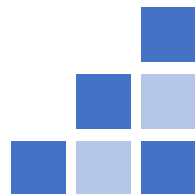
处理器的选择

- 其它需要考虑的因素
 - 生产规模
 - 开发的市场目标
 - 软件开发对硬件的依赖性
 - 只要可能，尽量选择使用普通的硬件



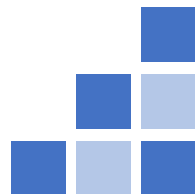
嵌入式系统设计与开发

- 设计开发流程
- 硬件平台的选择
- 软件平台的选择
 - 操作系统
 - 编程语言
 - 开发环境
- 开发过程



操作系统的选择

- 具体选择操作系统时，可以从以下几点进行考虑
 - 操作系统提供的开发工具
 - 操作系统向硬件接口移植的难度
 - 操作系统的内存要求
 - 开发人员是否熟悉此操作系统及其提供的API
 - 是否提供硬件的驱动程序，如SD卡、LCD屏幕等
 - 操作系统的可剪裁性
 - 操作系统的实时性能



编程语言的选择

- 主要考虑以下因素

- 通用性

- 可移植性

- 执行效率

- 可维护性

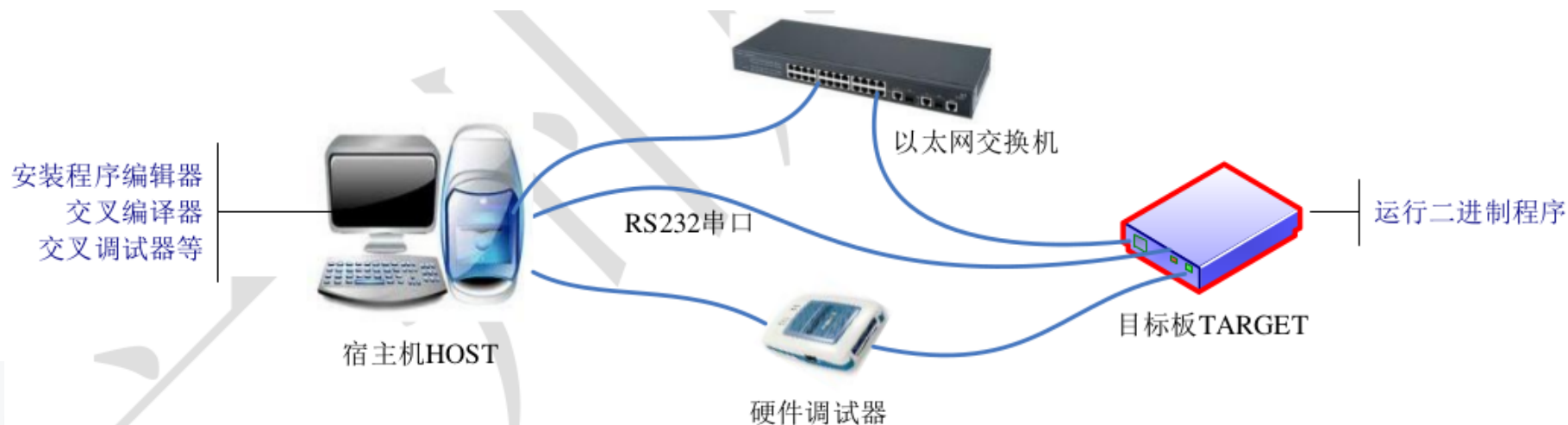
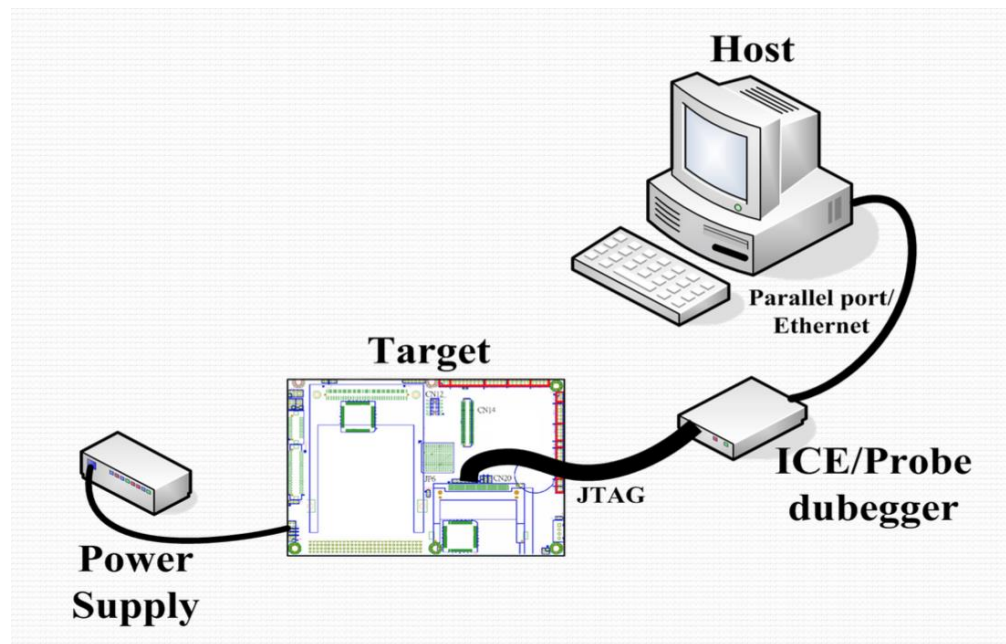
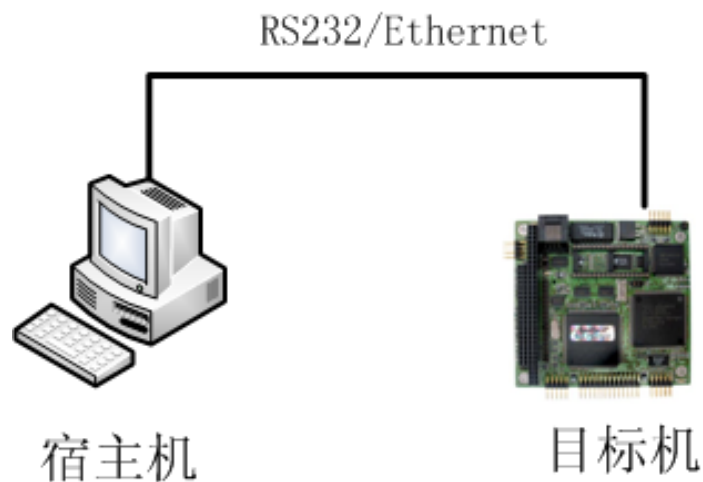
- **Ada**

- **C/C++**

- **J2ME**

开发环境

• 交叉开发环境



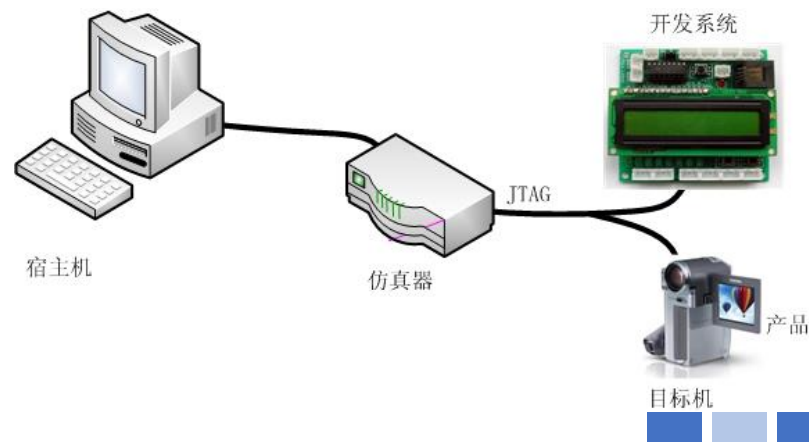
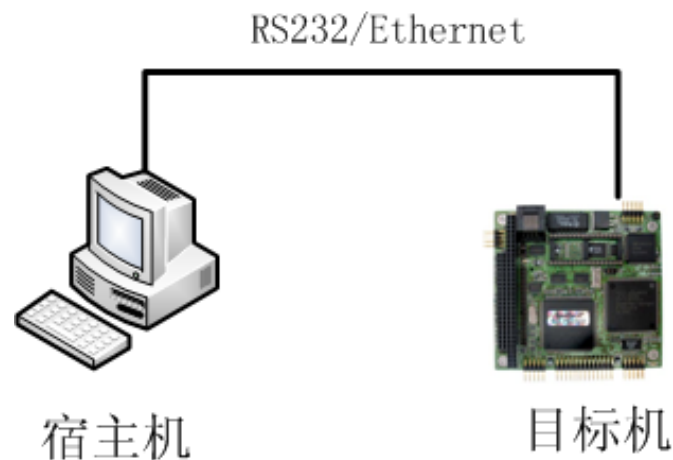
开发环境

- 宿主机

- 执行编译、链接嵌入式软件的计算机，通常我们用的PC机就是宿主机
- 一般在嵌入式软件的开发和调试期间使用

- 目标机

- 运行嵌入式软件的硬件平台，用通常是开发板
- 软硬件资源通常都比较有限



开发环境

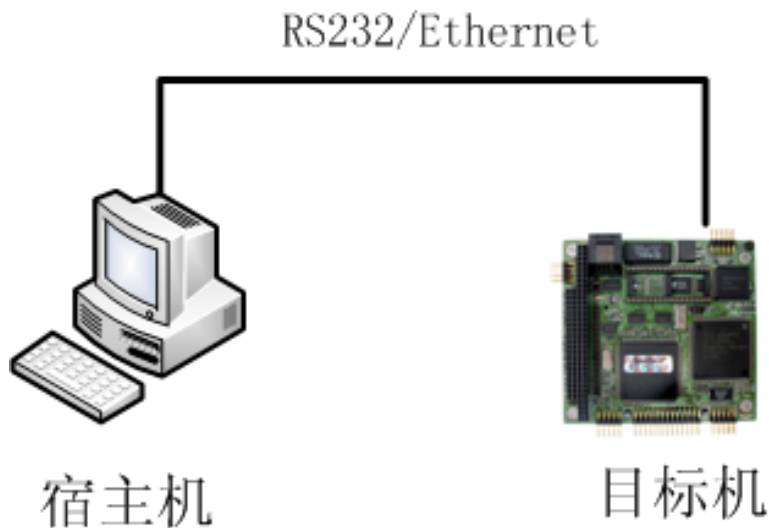
- 宿主机

CPU

- Intel公司

x86系列

CPU



- 目标机CPU

- 大多为ARM、

MIPS、

PowerPC、

DragonBall

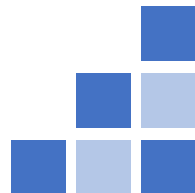
等系列的微

处理器

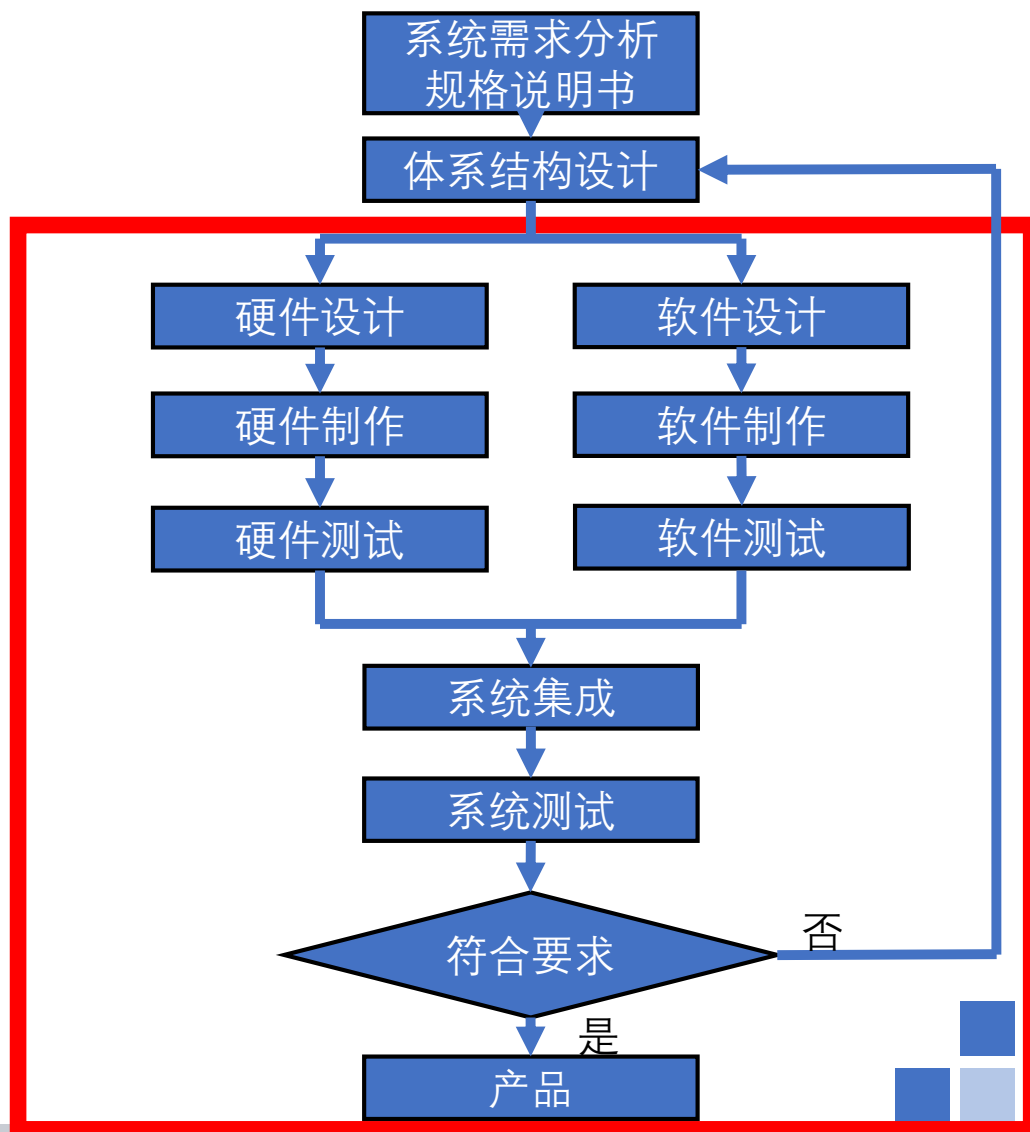
交叉开发环境：交叉编译和链接

嵌入式系统设计与开发

- 设计开发流程
- 硬件平台的选择
- 软件平台的选择
 - 操作系统
 - 编程语言
 - 开发环境
- 开发过程

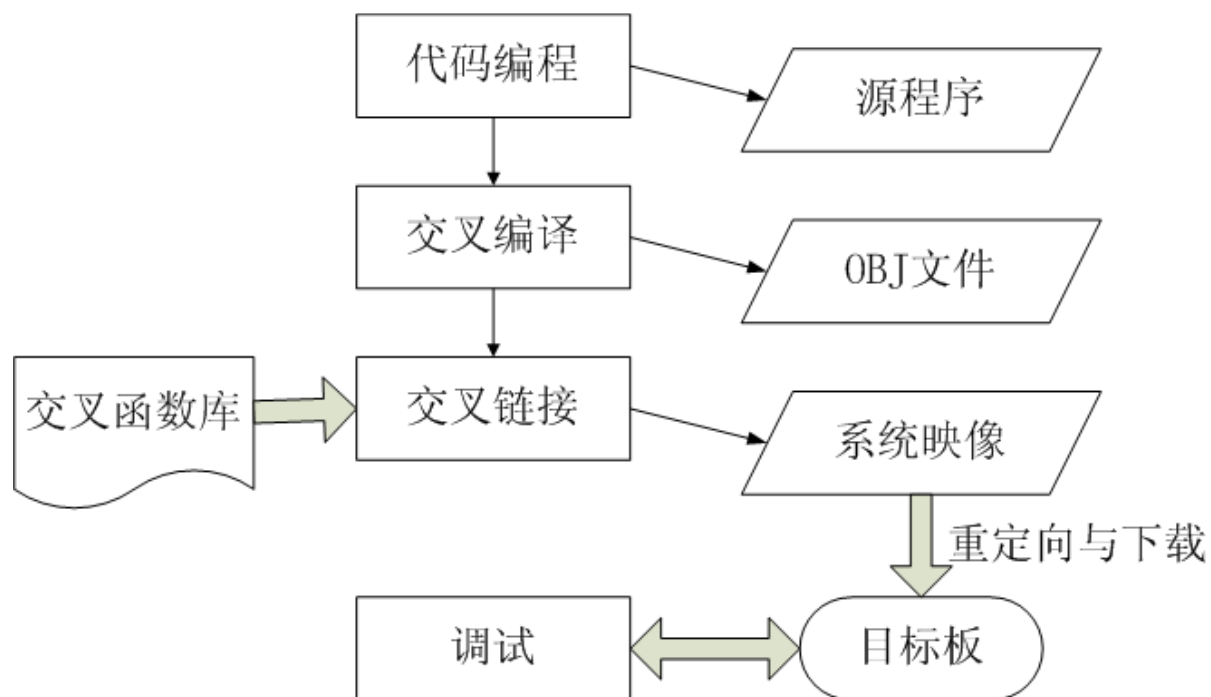


• 协同开发



开发过程

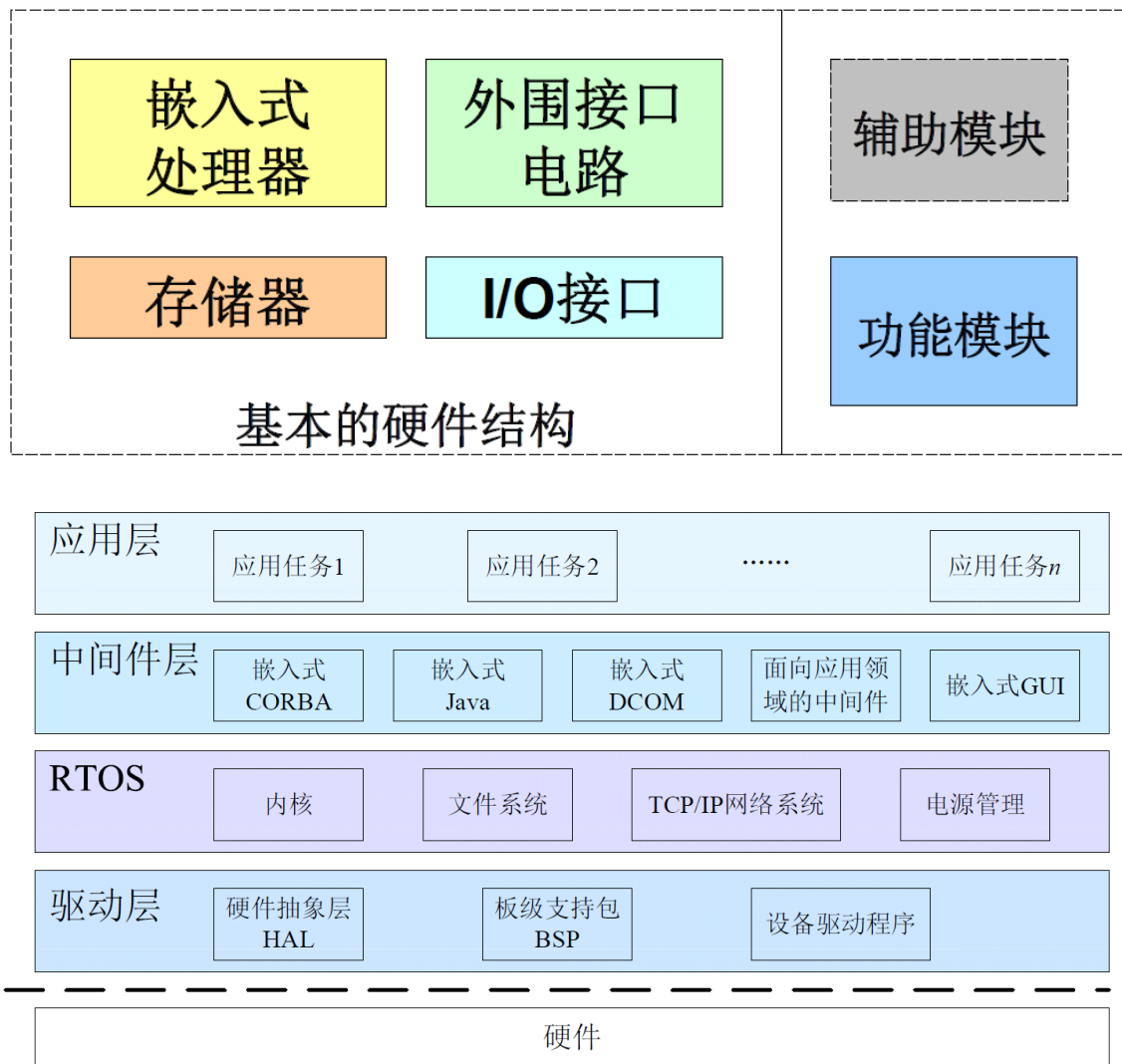
- 代码编程
- 交叉编译
- 交叉链接
- 下载到目标板
- 调试



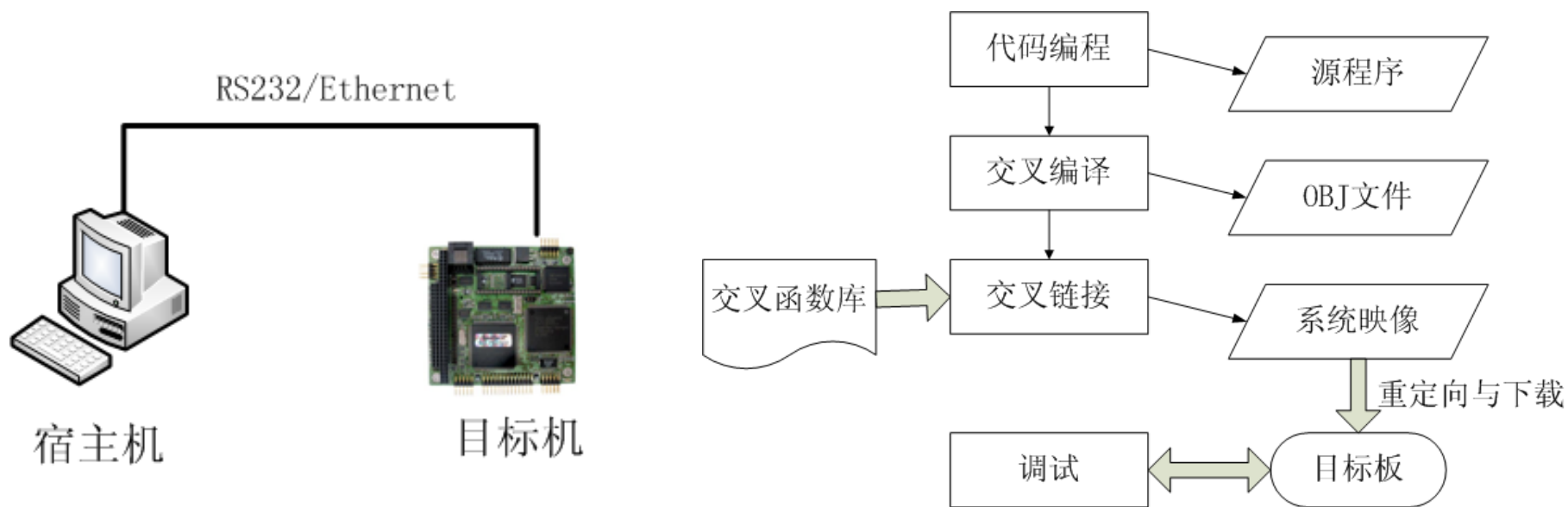
嵌入式软件开发流程

小结

• 嵌入式系统的体系结构

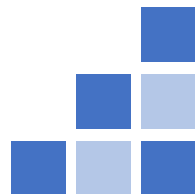


• 嵌入式系统的设计与开发





Thank you



| | Microcontroller MCU | Microprocessor MPU | System on Chip (SoC) |
|--|--|--|---|
| Chip count | Single | Supporting chips required | Single |
| Cost | Low | High | High |
| Operating System | No | Yes | SoCs can be MCU or MPU- based. A compact OS is more likely if there is an OS |
| Rapid Boot Up | Yes | No | No |
| Data/Computing Width | 4-, 8-, 16-, 32-bit | 16-, 32-, 64-bit | 16-, 32-, 64-bit |
| CPU clock speed | ≤ MHz | GHz | MHz - GHz |
| Memory (RAM, in range of capacity) | Most often in KB or less, sometimes low MB | Usually 512 MB – several GB | MB – GB |
| External Storage (Typical) | KB to MB (e.g., Flash, EEPROM) | MB up to TB (e.g., SSD, Flash, HDD) | MB up to TB (e.g., SSD, Flash, HDD) |
| USB | Sometimes | Yes | Depends on Application |
| Complex Interfaces: Gigabit Ethernet, Multiple simultaneous Ethernet, High- Speed USB 2.0 and higher | No | Yes | Yes |
| Time-critical/deterministic applications | Yes | No | Depends on Application |
| Power Consumption | Low – needs only limited power | High – needs significant power | Depends on Application |

