

第1章 嵌入式系统概述

什么是嵌入式系统？

- 嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁剪，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。它一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成，用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

嵌入式与PC做对比

- 普通电脑：通用电脑

1. 基础办公
2. 基础娱乐
3. 图片、视频处理
4. 网络
5. 编程开发
6.

- 嵌入式产品与PC最大的差异就是：
 1. 功能更专一
 2. 功耗更低
 3. 专业性更强
 4. 定制性更突出
 5. 将软件直接烧录在硬件上而不是存储在外部介质上。
 -

- 手机有了嵌入式技术，可以上网、视频、拍照.....
- 眼镜有了嵌入式技术，他可以录相、拍照、实时翻译
- 手表有了嵌入式技术，可以监测健康指数

- 智能家居
- 智能医疗
- 物联网
-

嵌入式系统产品



本章目标

- 了解嵌入式系统的定义、组成、发展概况、应用领域及发展趋势
- 了解嵌入式系统开发流程、特点和调试方法
- 认识常用的嵌入式微处理器和嵌入式操作系统

1.1 嵌入式系统基础

- 问题：

- 什么是嵌入式系统？
- 嵌入式发展的阶段有哪些？
- 嵌入式系统相比通用计算机有哪些特点？
- 嵌入式系统由那些部分组成？
- 嵌入式的主要应用在哪些领域？

- 重点：

- 嵌入式系统的定义， 嵌入式系统的组成。

- 内容：

- 嵌入式系统的发展历史、特点、应用领域和发展趋势。

1.1.1 嵌入式技术的发展历史

任务：认识嵌入式系统的起源，掌握嵌入式系统发展的不同阶段的特点。

1.1.1 嵌入式技术的发展历史

- 无操作系统的单片机阶段
- 以微控制器为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统阶段
- 以通用的嵌入式操作系统和系统级芯片为标志的嵌入式系统阶段
- 面向Internet的应用阶段

- 无操作系统的单片机阶段
 - 嵌入式系统大部分应用于一些专业性极强的工业控制系统中，没有操作系统的支持
 - 主要特点：系统结构和功能都相对单一，处理效率较低，存储容量小，几乎没有用户接口。也是从这个阶段起，嵌入式技术与通用计算机技术走上了两条不同的道路。

- 以微控制器为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统阶段
 - 20世纪80年代，随着微电子工艺水平的提高，IC制造商开始把嵌入式应用中所需要的微处理器、I/O接口、串行接口以及RAM、ROM等部件统统集成到一片VLSI中，制造出面向I/O设计的**微控制器**
 - 嵌入式系统的程序员也开始基于一些简单的“**操作系统**”开发嵌入式应用软件，大大缩短了开发周期、提高了开发效率。
 - 主要特点：出现了大量高可靠、低功耗的嵌入式CPU（如Power PC等），各种简单的嵌入式操作系统开始出现并得到迅速发展。此时的嵌入式操作系统虽然还比较简单，但已经初步具有了一定的兼容性和扩展性，内核精巧且效率高，主要用来控制系统负载以及监控应用程序的运行。

IP核：知识产权核或知识产权模块的意思。

IP核：将一些在数字电路中常用，但比较复杂的功能块，如果**FIR滤波器**等设计成可修改参数的模块

- 以通用的嵌入式操作系统和系统级芯片为标志的嵌入式系统阶段（实时操作系统阶段）
- 20世纪90年代，发展到IP集成，即SoC（System On Chip）设计技术。
- SoC可以有效的降低电子/信息系统产品的开发成本，缩短开发周期，提高产品的竞争力，是未来工业界将采用的最主要的产品开发方式。SoC通常有以下特征：
 - （1）实现复杂系统功能的VLSI
 - （2）采用超深亚微米工艺技术
 - （3）使用一个以上的嵌入式CPU/数字信号处理器（DSP）
 - （4）外部可以对芯片进行编程
 - （5）主要采用第三方IP进行设计

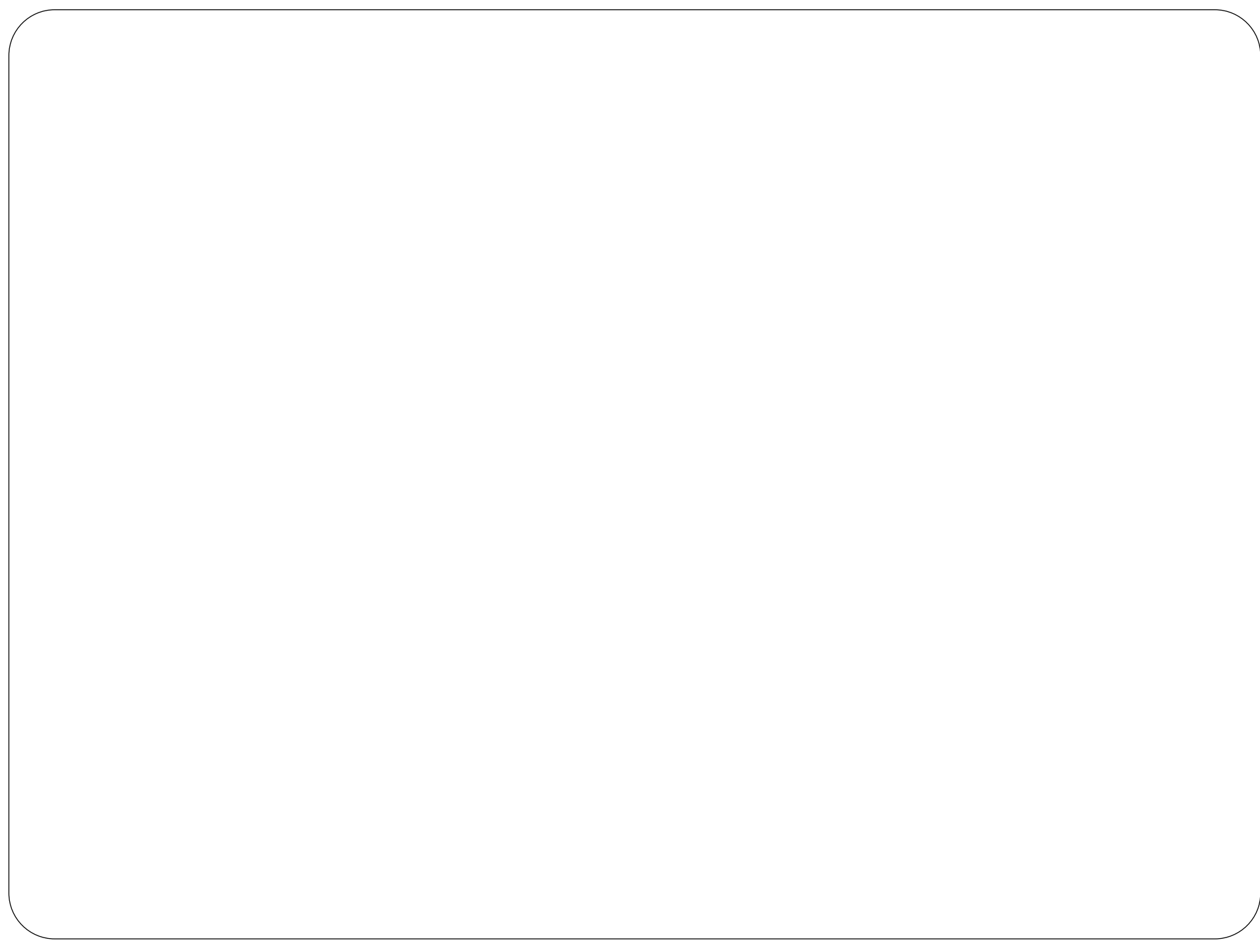
- 以通用的嵌入式操作系统和系统级芯片为标志的嵌入式系统阶段（实时操作系统阶段）
 - 主要特点：
 - 嵌入式操作系统能运行于各种不同类型的微处理器上，兼容性好；
 - 操作系统内核精小、效率高，并且具有高度的模块化和扩展性；
 - 具备文件和目录管理、设备支持、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能；
 - 具有大量的应用程序接口（API），开发应用程序简单；
 - 嵌入式应用软件丰富。

- 面向Internet的应用阶段

- 目前，嵌入式技术与Internet技术的结合正在推动着嵌入式技术的飞速发展，嵌入式系统的研究和应用产生了如下新的显著变化：
 - （1）新的微处理器层出不穷，嵌入式操作系统自身结构的设计更加便于移植，能够在短时间内支持更多的微处理器。
 - （2）嵌入式系统的开发成了一项系统工程，开发厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身，同时还要提供强大的硬件开发工具和软件支持包。
 - （3）通用计算机上使用的新技术、新观念开始逐步移植到嵌入式系统中，如嵌入式数据库、移动代理、实时CORBA等，嵌入式软件平台得到进一步完善。

- 面向Internet的应用阶段

- （4）各类嵌入式Linux操作系统迅速发展，由于具有源代码开放、系统内核小、执行效率高、网络结构完整等特点，很适合信息家电等嵌入式系统的需要，目前已经形成了能与Windows CE、Palm OS等嵌入式操作系统进行有力竞争的局面。
- （5）网络化、信息化的要求随着Internet技术的成熟和带宽的提高而日益突出，以往功能单一的设备如电话、手机、冰箱、微波炉等功能不再单一，结构变得更加复杂，网络互联成为必然趋势。
- （6）精简系统内核，优化关键算法，降低功耗和软硬件成本。
- （7）提供更加友好的多媒体人机交互界面。



第1章 嵌入式系统概述

1.1.2 嵌入式系统的定义与特点

任务：掌握嵌入式系统的定义，嵌入式系统区别于通用计算机系统的特点。

定义

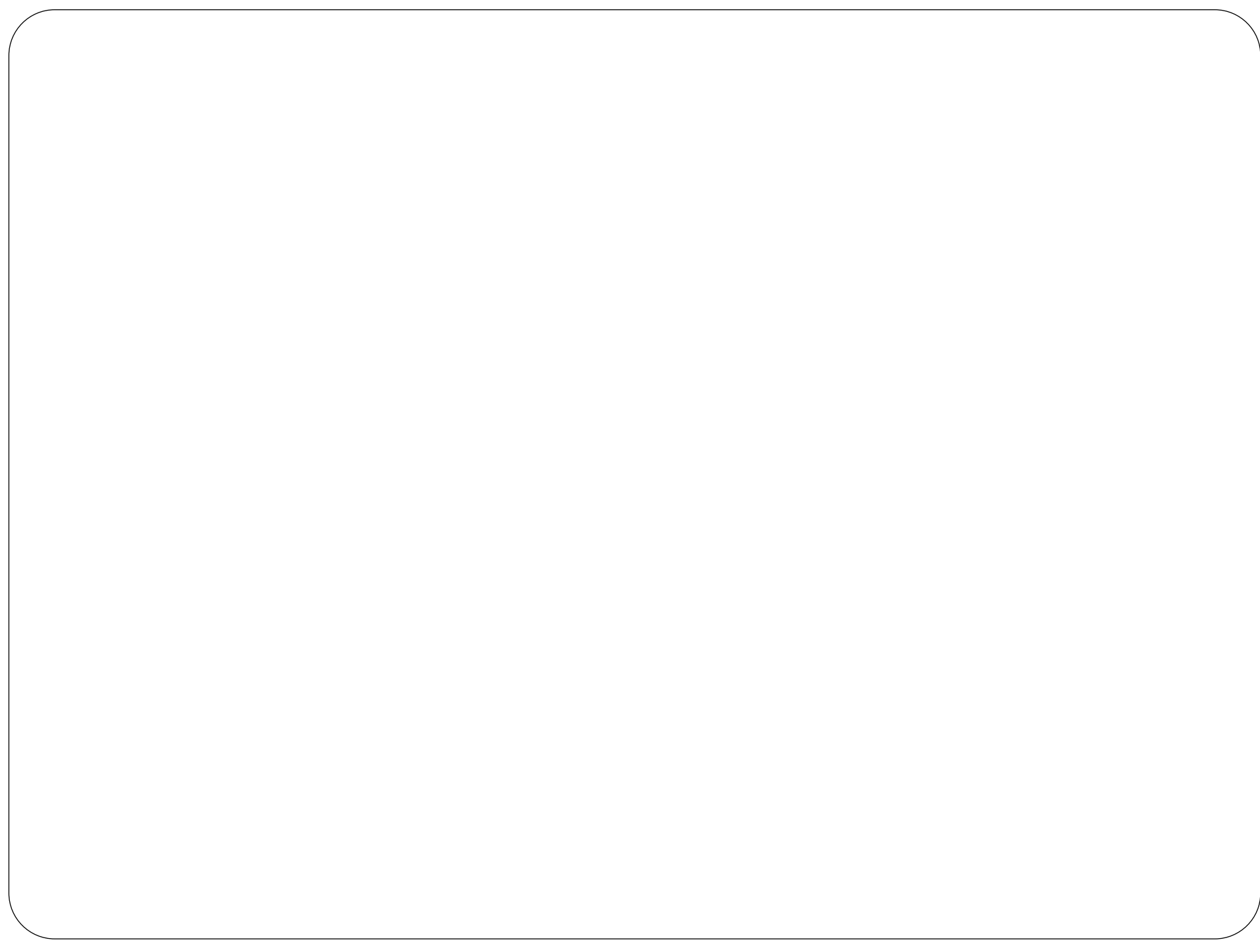
- IEEE:
 - An Embedded system is the devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants, 即嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置”。
- 国内:
 - 嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁剪，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。它一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成，用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

特点

- (1) 嵌入式系统通常是面向特定应用的，嵌入式CPU与通用型的最大不同就是嵌入式CPU大多工作在为特定用户群设计的系统中，它通常都具有低功耗、体积小、集成度高等特点，能够把通用CPU中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式系统设计趋于小型化，移动能力大大增强，跟网络的耦合也越来越紧密。
- (2) 大多数嵌入式系统都有实时性要求，在高端应用中，为满足应用需求、增强可靠性和便于开发，通常要有实时多任务操作系统的支持。
- (3) 嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物。这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。
- (4) 功耗、成本和可靠性对嵌入式系统具有重要意义。

特点

- (5) 嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起，它的升级换代也是和具体产品同步进行，因此嵌入式系统产品一旦进入市场，具有较长的生命周期。
- (6) 嵌入式系统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的，必须有一套开发工具和环境才能进行开发。
- (7) 从某种意义上来说，通用计算机行业的技术是垄断的。嵌入式系统则不同，嵌入式系统工业是不可垄断的高度分散的工业，充满了竞争、机遇与创新，没有哪一个系列的处理器和操作系统能够垄断全部市场，即便在体系结构上存在着主流。但各不相同的应用领域决定了不可能由少数公司、少数产品垄断全部市场。因此嵌入式系统领域的产品和技术，必然是高度分散的，留给各个行业高新技术公司的创新余地很大。另外，社会上的各个应用领域是不断向前发展的，要求其中的嵌入式处理器核心也同步发展，这也构成了推动嵌入式工业发展的强大动力。



第1章 嵌入式系统概述

1.1.3 嵌入式系统的组成

任务：了解嵌入式系统的组成及各部分作用。

1.1.3 嵌入式系统的组成

- 由硬件和软件组成
 - 硬件部分包括嵌入式处理器（MPU）或微控制器（MCU）以及外围电路。
 - 软件部分包括嵌入式操作系统和应用程序。另外为了开发嵌入式系统，开发环境也是必不可少的。这几个部分之间的关系如图1-1所示。

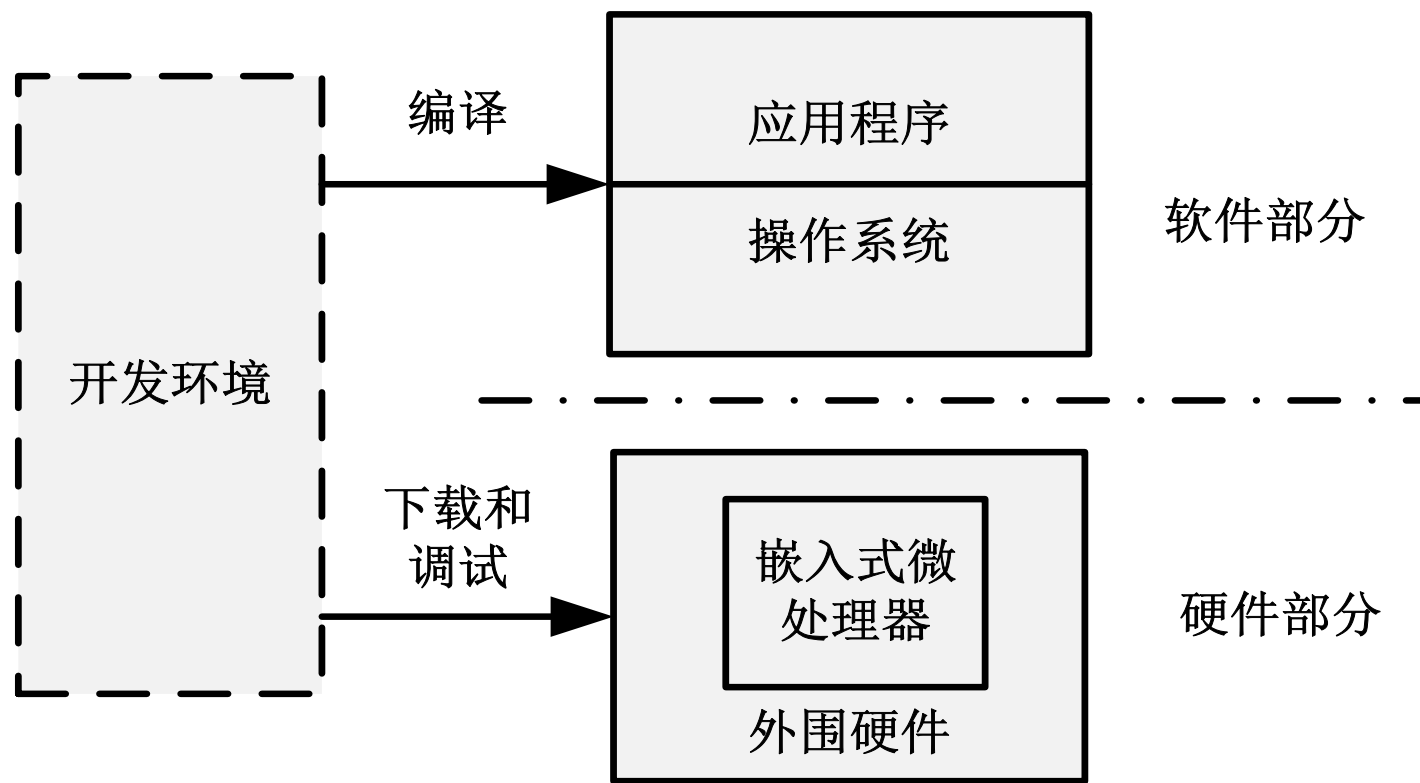


图1-1 嵌入式系统组成

前车门控制系统

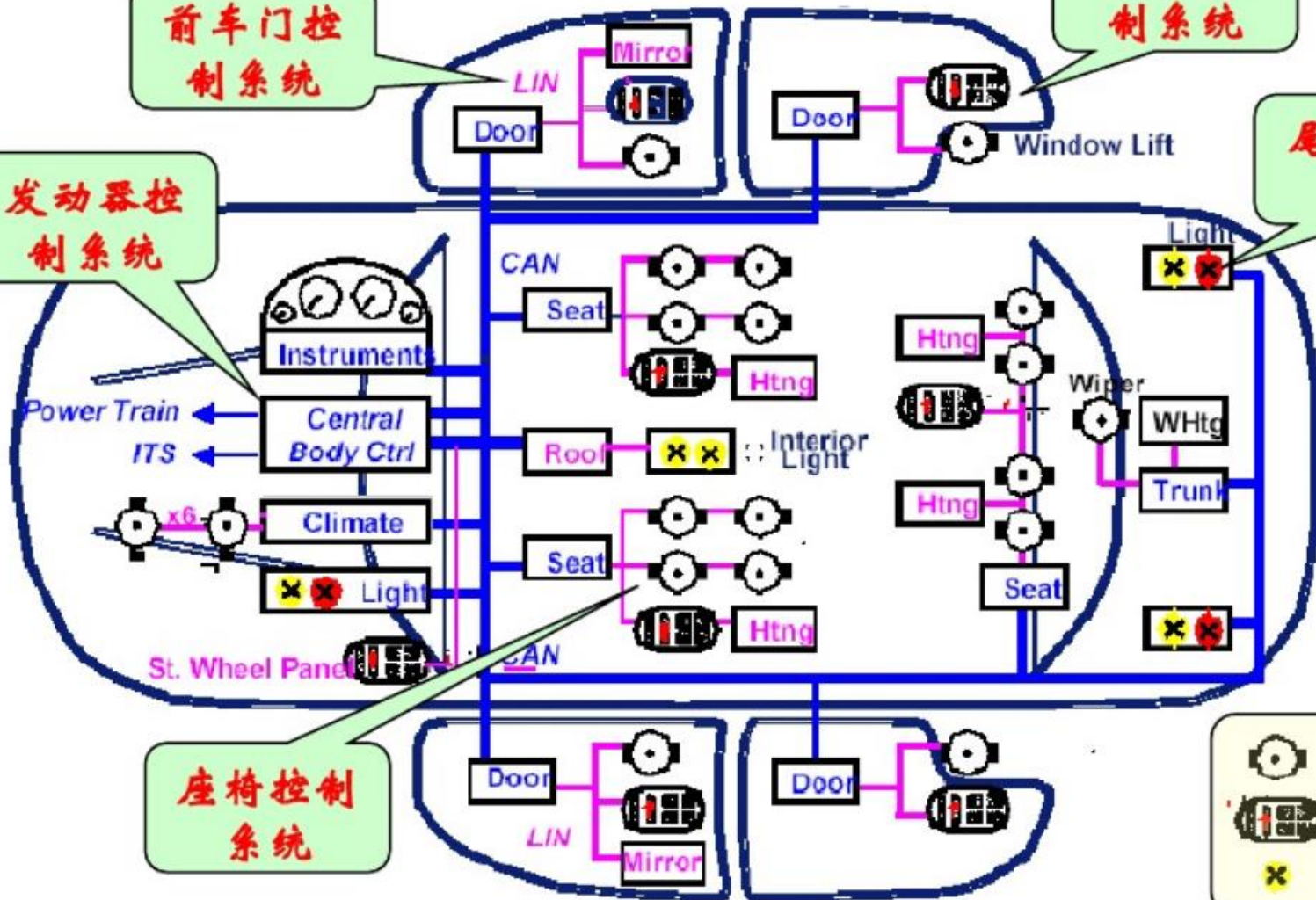
后车门控制系统

发动机控制系统

尾灯控制系统

所有的控制系统都是一个完整的嵌入式系统

座椅控制系统



- 马达
- 控制器
- 车灯

1.1.4 嵌入式系统的应用领域

任务：了解嵌入式系统在不同领域中的应用。

1.1.4 嵌入式系统的应用领域

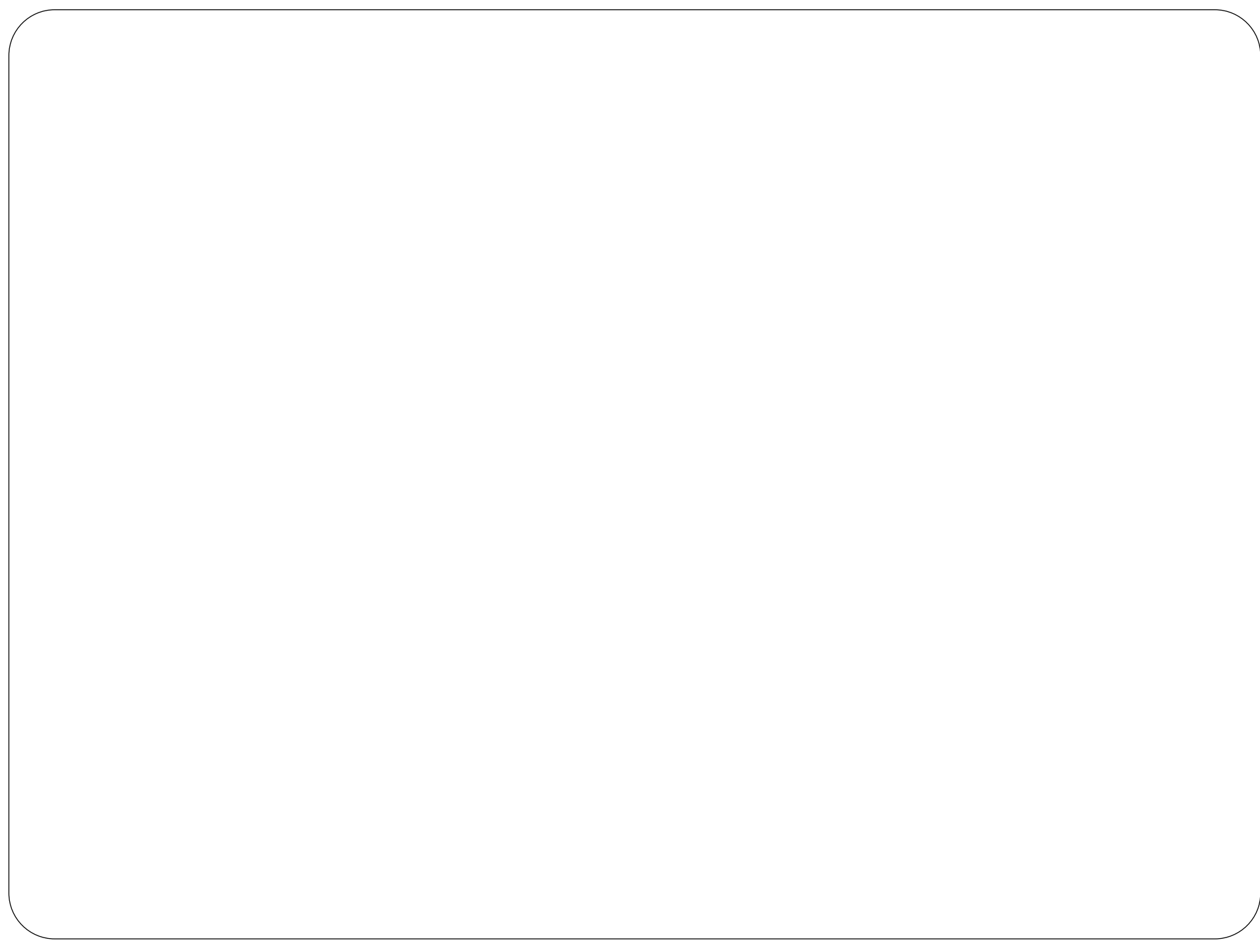
- 工业控制
- 信息家电
- 移动计算设备和网络设备
- 汽车电子
- 医疗设备
- 机器人
- 军事国防
- 航空航天

1.1.5 嵌入式技术发展趋势

任务：了解当前嵌入式系统技术发展趋势。

1.1.5 嵌入式技术发展趋势

- 小型化、智能化、网络化、可视化
- 低成本、低功耗
- 平台化、标准化、系统可升级，代码可重用
- 多核技术的应用
- 安全性
- 人性化的人机界面



第1章 嵌入式系统概述

1.2 嵌入式系统的硬件组成

- 问题：
 - 什么是嵌入式微处理器？
 - 常见的嵌入式外围设备接口有哪些？
 - 列举常用的嵌入式处理器及其应用场景。
- 重点：
 - 嵌入式微处理器的定义
 - 嵌入式外围接口。
- 内容：
 - 嵌入式处理器、嵌入式外围设备与接口、典型的嵌入式处理器与开发板介绍。

- 嵌入式系统的硬件是嵌入式系统软件环境运行的基础，它提供了嵌入式系统软件运行的物理平台和通信接口。
- 嵌入式系统的硬件组成如图1-2所示。

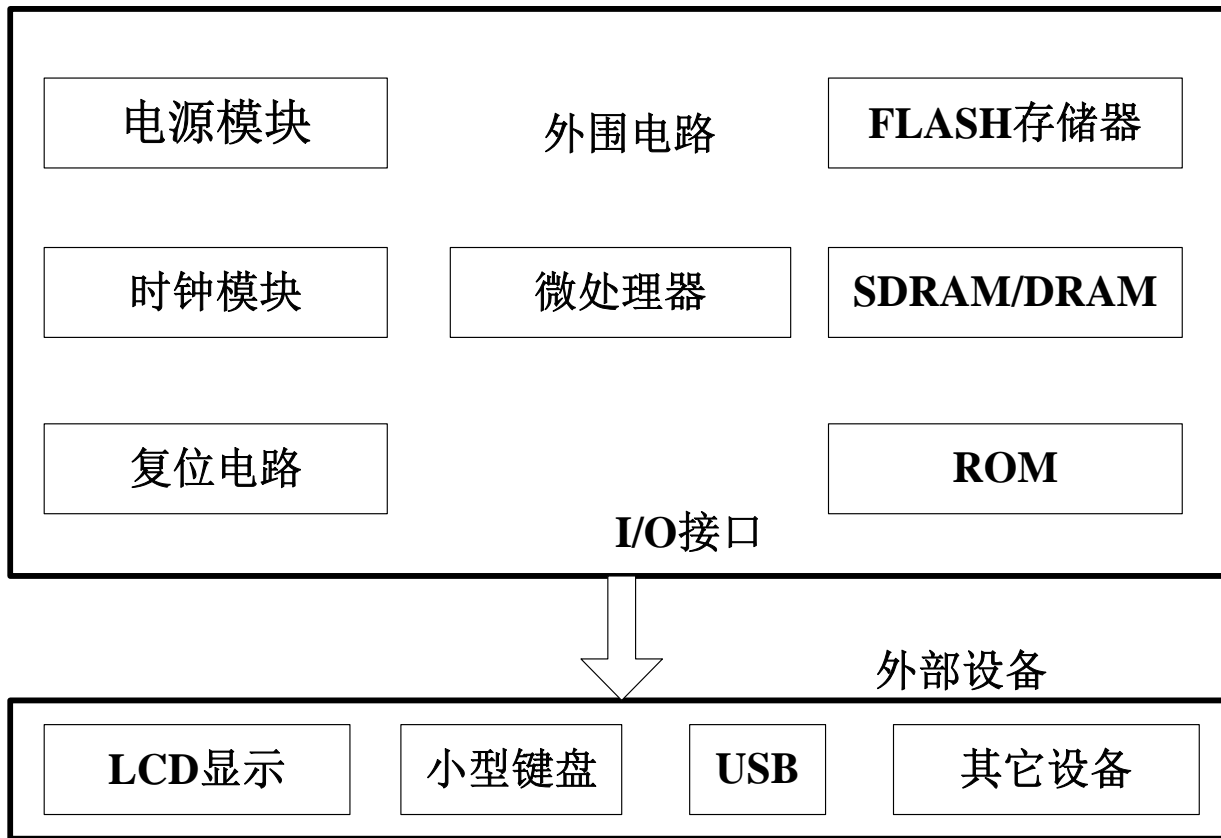


图1-2 嵌入式系统的硬件组成

1.2.1 嵌入式处理器

任务：理解嵌入式处理器的特点，了解嵌入式处理器的分类。

1.2.1 嵌入式处理器

- 嵌入式微处理器一般具备以下4个特点：
 - （1）对实时多任务有很强的支持能力，能完成多任务并且有较短的中断响应时间，从而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。
 - （2）具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化，为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用，需要设计强大的存储区保护功能，同时也有利于软件诊断。
 - （3）可扩展的处理器结构，以便快速地扩展出满足应用的高性能嵌入式微处理器体系。
 - （4）嵌入式微处理器必须功耗很低，尤其是用于便携式的无线及移动的计算和通信设备中靠电池供电的嵌入式系统更是如此，如需要功耗只有mW甚至 μ W级。

1.2.1 嵌入式处理器

- 目前，嵌入式处理器可以分成下面几类：
 - 嵌入式微处理器（Micro Processor Unit, MPU）
 - 嵌入式微控制器（Microcontroller Unit, MCU）
 - 嵌入式DSP处理器（Embedded Digital Signal Processor, EDSP）
 - 嵌入式片上系统(System On Chip)

1.2.2 嵌入式外围设备与接口

任务：了解嵌入式系统中常见外围设备，嵌入式接口的作用及常见接口。

外围设备

- 实时时钟

- 提供可靠的时钟信息，包括时分秒和年月日，即使系统处于关机或停电状态，实时时钟通过后备电池供电也能正常继续工作。

- 存储设备

- 存储设备提供执行程序 and 存储数据所需空间，常见的有RAM（Random Access Memory）、ROM（Read-Only Memory）和Flash memory。

- 输入设备

- 向计算机输入数据和信息，是计算机与用户或其他设备通信的桥梁。矩阵小型键盘、触摸屏等

- 输出设备

- 输出设备用于数据的输出，是人与计算机交互的一种部件，把各种数据或信息以数字、字符、图像、声音等形式表示出来。常见的有LED和LCD。

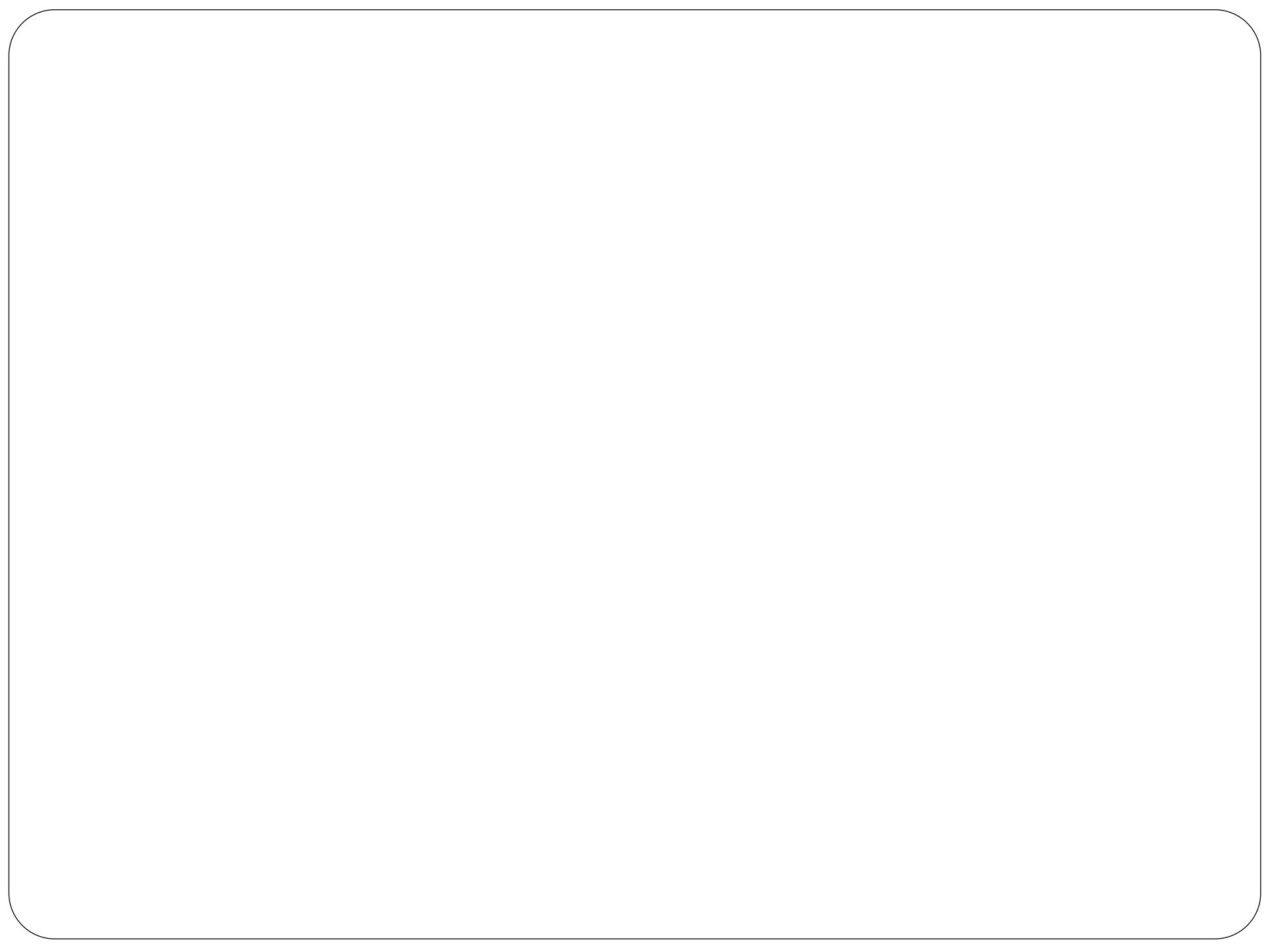
嵌入式系统接口

- 嵌入式系统接口用于连接和扩展系统功能，包括并行接口与串行接口。
- 并行接口
 - 是指数据的各位同时进行传送，其特点是传输速度快，但当传输距离较远、位数又多时，导致了通信线路复杂且成本提高，传输总线的长度受限（过长时，电子线路间将产生电容效应），且抗干扰能力差
 - 打印机并口（Parallel Port）。
- 串行接口
 - 简称串口，也称串行通信接口（通常指COM接口），是采用串行通信方式的扩展接口。一条信息的各位数据被逐位按顺序传送的通讯方式称为串行通讯。
 - 串行通讯的特点是：数据位传送，按位顺序进行，最少只需一根传输线即可完成；成本低但传送速度慢。
 - 串行通讯的距离可以从几米到几千米；根据信息的传送方向，串行通讯可以进一步分为单工、半双工和全双工三种。
 - 在嵌入式系统中常见串行接口是I2C、I2S、USB、IEEE1394等。

1.2.3 典型嵌入式处理器与开发板介绍

任务：了解常见嵌入式处理器的种类及特点。

- ARM
- Power PC
- MIPS
- Intel Atom
- AVR系列单片机
- MCS-51系列单片机
- MC68000



第1章 嵌入式系统概述

1.3 嵌入式系统的软件组成

- 问题：

- 相比通用计算机，嵌入式软件的基本特点有哪些？
- 嵌入式软件开发为什么使用交叉开发模式？
- 市场上常见的嵌入式操作系统有哪些？

- 重点：

- 交叉开发环境
- 嵌入式操作系统
- 嵌入式软件开发特点

- 内容：

- 嵌入式软件的基本特点、分类、嵌入式系统软件的组成、开发环境、开发要点
- 嵌入式操作系统的概念、特点及作用。

1.3.1 嵌入式软件的基本特点与分类

任务：掌握嵌入式软件的特点，嵌入式软件的层次划分及作用。

主要特点

- (1) 软件要求固态化存储
- (2) 软件代码高质量高可靠性
- (3) 许多应用要求系统软件(OS)具有实时处理能力
- (4) 多任务操作系统是知识集成的平台和走向工业标准化道路的基础。
- (5) 在嵌入式系统软件开发的过程中, 采用C语言将是最佳选择。

软件分类

- 嵌入式操作系统
- 嵌入式应用软件
- 硬件抽象层HAL
- 板级支持包BSP
- 设备驱动程序
- 操作系统的应用程序接口函数API

1.3.2 嵌入式软件开发环境

任务：了解常见的嵌入式软件集成开发环境及工具

- GNU工具链
- ARM Developer Suite
- WindRiver Tornado
- Microsoft Embedded Visual C++

1.3.3 嵌入式软件开发的要点

任务：嵌入式软件开发为软硬件综合开发，
掌握注意要点及区别于通用计算机软件开发
需要考虑的问题。

- 在嵌入式系统的开发中，需要考虑的主要因素有：
 - 软硬件协同设计
 - 嵌入式处理器的选择
 - 操作系统的选择
 - 嵌入式开发环境和调试等。

软硬件协同设计

- 过程

- 需求分析;
- 软硬件协同设计;
- 软硬件实现;
- 软硬件协同测试和验证。

- 特点

- 协同设计(co-design)、协同测试(co-test)和协同验证(co-verification)。它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。

嵌入式处理器选择

- 设计者在选择处理器时要考虑的主要因素有三个方面：
 - 具体的应用类型
 - 处理器性能和技术指标
 - 其它因素
 - 比如：处理器是否有较好的软件开发工具支持、是否内置调试工具、供应商是否提供评估板以及开发人员对此系列处理器的熟悉程度等

操作系统的选择

- RTOS的选择也有许多因素要考虑：
 - 首先是它们的性能评价指标；
 - 其次，要考虑是选用商用的还是免费的；
 - 此外，还要考虑支持何种处理器硬件平台以及何种API，是否支持内存管理单元MMU、可移植性、调试支持、标准支持等。

嵌入式系统的交叉开发环境

- 嵌入式系统通常是一个资源受限的系统，因此直接在嵌入式系统的硬件平台上编写软件比较困难，甚至是不可能的。因此，需要一个交叉开发环境(cross development environment)。
- 交叉开发
 - 是指在通用计算机上（如通用PC机）编辑、编译程序，生成目标平台上可以运行的二进制代码格式指令，最后再下载到目标平台上运行调试的开发方式，
- 交叉开发环境如图1-3所示

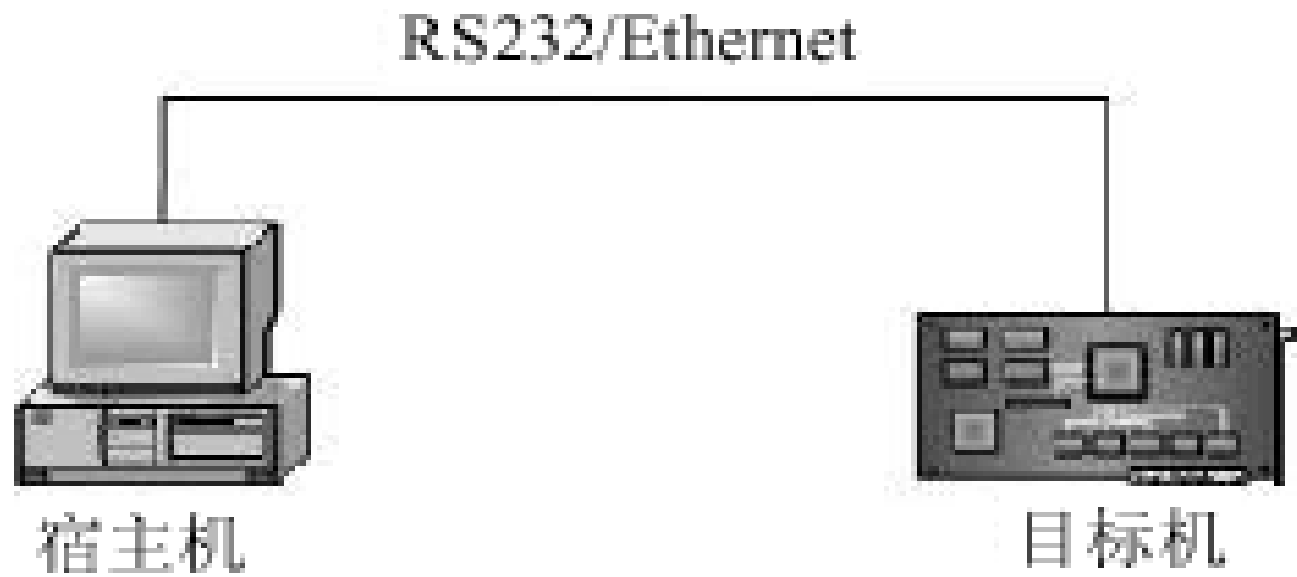


图1-3 宿主机/目标机调试模式

嵌入式系统的调试

- 常用的调试方式
 - 源程序模拟器
 - ROM监控器
 - 在线仿真器
 - 在线调试器

1 3.4 嵌入式操作系统

任务：掌握嵌入式操作系统的概念、特点及作用。

嵌入式操作系统的特点

- (1) 可装卸性。开放性、可伸缩性的体系结构。
- (2) 强实时性。EOS实时性一般较强，可用于各种设备控制当中。
- (3) 统一的接口。提供各种设备驱动接口。
- (4) 操作方便、简单、提供友好的图形GUI，图形界面，追求易学易用。
- (5) 提供强大的网络功能，支持TCP/IP协议及其它协议，提供TCP/UDP/IP/PPP协议支持及统一的MAC访问层接口，为各种移动计算设备预留接口。

嵌入式操作系统的特点

- （6）强稳定性，弱交互性。嵌入式系统一旦开始运行就不需要用户过多的干预，这就要负责系统管理的EOS具有较强的稳定性。嵌入式操作系统的用户接口一般不提供操作命令，它通过系统调用命令向用户程序提供服务。
- （7）固化代码。在嵌入式系统中，嵌入式操作系统和应用软件被固化在嵌入式系统计算机的ROM中。辅助存储器在嵌入式系统中很少使用，因此，嵌入式操作系统的文件管理应该能够很容易地拆卸，而用各种内存文件系统。
- （8）良好的移植性。为了适应多种多样的硬件平台，嵌入式操作系统应可再不做大量修改的情况下能稳定地运行于不同的平台。

常用的嵌入式操作系统

- Windows CE
- VxWorks
- pSOS
- QNX
- Palm OS
- 嵌入式Linux