



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



# 第1章 概述

- 1.1 嵌入式系统定义、发展简史、分类及特点
- 1.2 学习困惑、知识体系及学习建议
- 1.3 微控制器与应用处理器简介



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



# 1.1

## 嵌入式系统定义、发展简史、分类及特点





苏州大学

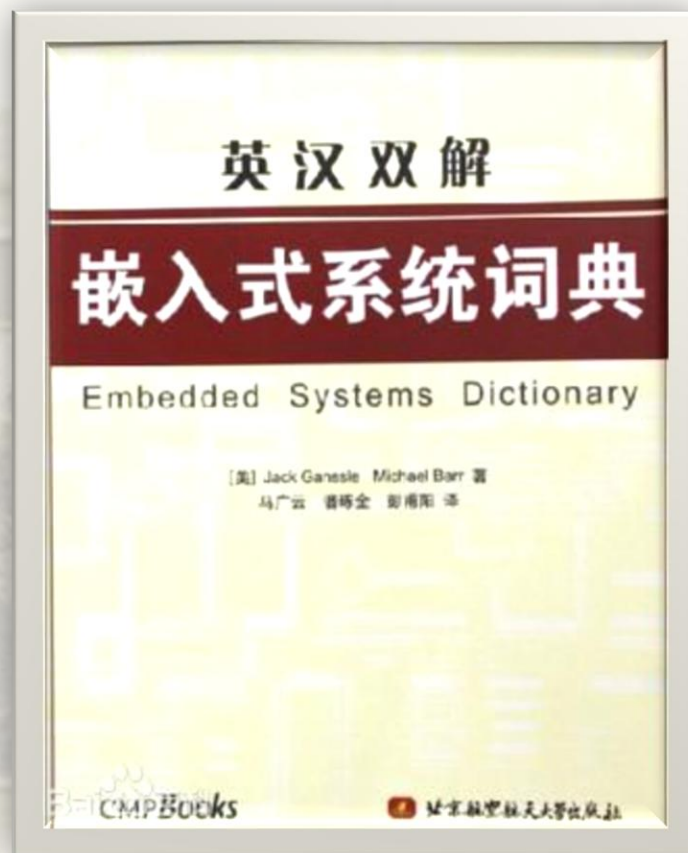
SOOCHOW UNIVERSITY



## 1.1.1 嵌入式系统的定义 —— 美国

美国Jack等编著的《嵌入式系统词典》：

嵌入式系统是一种计算机硬件和软件的组合，也许还有机械装置，用于实现一个特定功能。在某些特定情况下，嵌入式系统是一个大系统或产品的一部分。





### 1.1.1 嵌入式系统的定义——各地区不同的定义

《中国国家标准GB/T22033-2008信息技术—嵌入式系统术语》：嵌入式系统是置入应用对象内部起信息处理和控制作用的专用计算机系统。

IEEE（国际电机工程师协会）：嵌入式系统是“控制、监视或者辅助机器和设备运行的装置”。

维基百科：嵌入式系统是一种用计算机控制的具有特定功能的较小的机械或电气系统，且经常有实时性的限制，在被嵌入到整个系统中时一般会包含硬件和机械部件。



## 1.1.1 嵌入式系统的定义——嵌入式系统的应用

嵌入式系统应用非常广泛。现如今嵌入式系统控制了人们日常生活中的许多设备，98%的微处理器被用在了嵌入式系统中：



手机



微波炉



计算器



数字手表



数码相机



遥控器



电子产品



汽车自动驾驶



现代农业设备



燃气表



电子广告牌



机床控制





## 1.1.1 嵌入式系统的定义——从计算机本身角度概括

**总的说来，可以从计算机本身角度概括表述嵌入式系统：**

**嵌入式系统，即嵌入式计算机系统，它是不以计算机面目出现的“计算机”，这个计算机系统隐含在各类具体的产品之中，这些产品中，计算机程序起到了重要作用。**



## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——总览

诞生了世界上第一  
台电子数字计算机  
( ENIAC )

1946

1971

逐步出现了16位  
、32位微控制器  
( MCU )

80年代

Intel公司推出了单  
芯片4004微处理  
器 ( MPU )

嵌入式系统芯片制造技  
术快速发展，融合了以  
太网与无线射频技术，  
成为**物联网 ( IoT )**关键  
技术基础

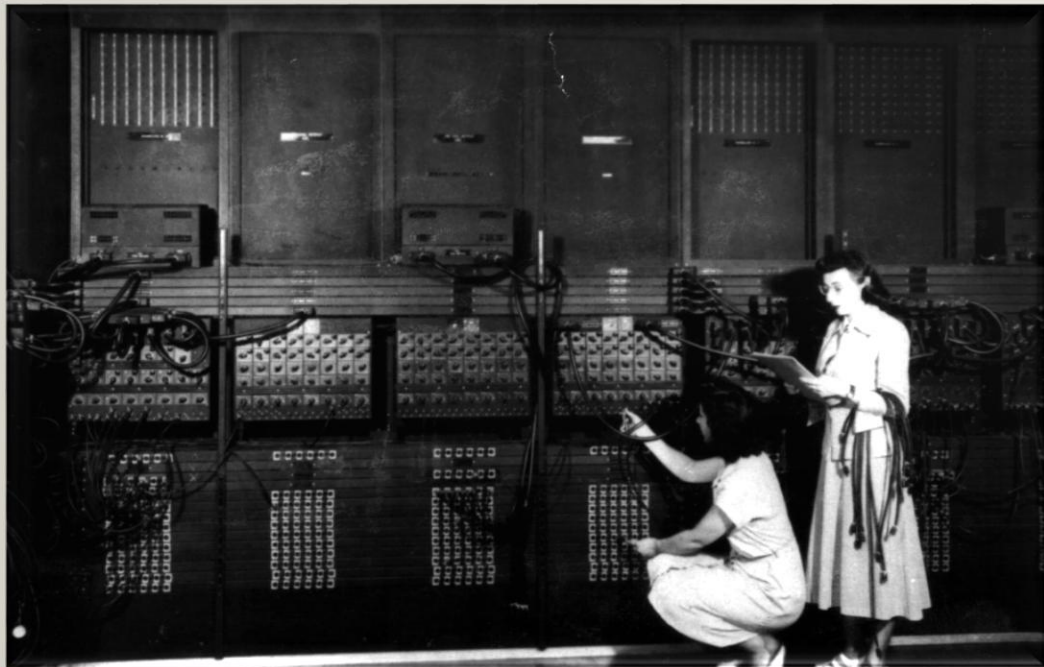
90年代

二十一世纪

数字信号处理器 ( DSP )  
、片上系统 ( SoC ) 得到  
了快速发展。



## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展——第一台计算机



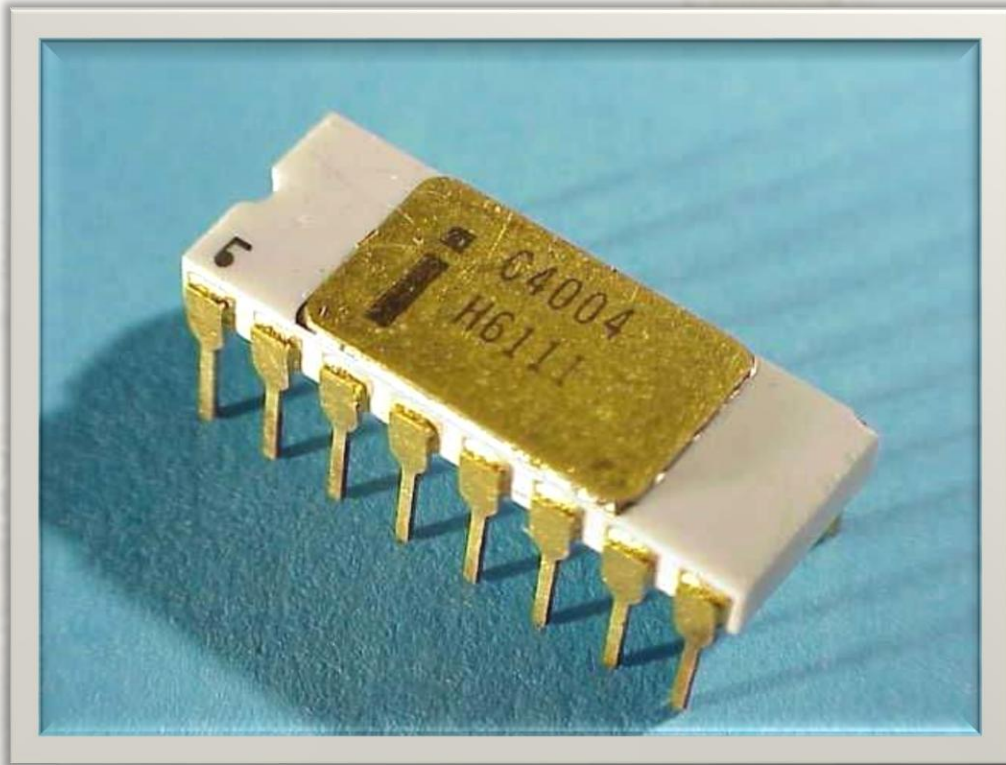
1946年世界上第一台电子数字计算机：ENIAC

- 总体积约90立方米，需一间30多米长的房间才能存放。
- 共使用了18000多个电子管，另加1500多个继电器以及其它器件，重达30吨。
- 耗电量为140千瓦，每秒只能运行5千次加法运算，或400次乘法。





## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——微处理器诞生



1971年Intel公司推出了单芯片4004微处理器（MPU）

- 全球第一款微处理器
- 尺寸为 $3\text{mm} \times 4\text{mm}$ ，外层有16只针脚，内有2,300个晶体管，采用五层设计，10微米制程。
- 主频是108KHz，能执行4位元运算，支持8位元指令集及12位元位址集，每秒运算9万次。



## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——微控制器（MCU）

### 80年代逐步出现了16位、32位微控制器（MCU）

Intel 8086



- 集成2.9万只晶体管，时钟频率为4.77MHz，每秒可执行约120万次指令。
- 内部数据总线，外部数据总线均为16位，地址总线为20位，理论上最多可寻址1MB内存。

1978年，Intel推出了16位的8086处理器



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——微控制器（MCU）

### 80年代逐步出现了16位、32位微控制器（MCU）



1985年，Intel推出了  
32位的 80386处理器

- 其内部包含27.5万个晶体管，时钟频率为12.5MHz，每秒钟可执行6百万条指令。后逐步提高到20MHz、25MHz、33MHz。
- 内部和外部数据总线是32位，地址总线也是32位，可以寻址到4GB内存，并可以管理64TB的虚拟存储空间。





## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——数字信号处理器 ( DSP)

90年代数字信号处理器 ( Digital Signal Processor DSP )、片上系统 ( System on Chip , SoC ) 得到了快速发展。



- 以数字信号来处理大量信息的器件
- 其工作原理是接收模拟信号，转换为0或1的数字信号
- 它不仅具有可编程性，而且其实时运行速度可达每秒数以千万条复杂指令程序
- 片内具有快速RAM，可通过独立的数据总线在两块中同时访问

### 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——物联网IoT

二十一世纪，嵌入式系统芯片制造技术快速发展，融合了以太网与无线射频技术，成为物联网（IoT）关键技术基础







苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



## 1.1.2 嵌入式系统的由来及发展简史——ARM公司介绍

1

ARM即Advanced RISC Machines的缩写

2

1990年成立



3

90年代，ARM的32位嵌入式RISC处理器扩展到世界各地，75%以上的市场份额。

4

1993年，ARM公司发布了全新的ARM7处理器核心。

5

2004年起，处理器统一“Cortex”命名，并分为A、M和R三类。

6

2011年推出首款64位架构ARMv8。



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



### 1.1.3 嵌入式系统的分类——按应用范围将嵌入式系统分为两大类

电子系  
统智能  
化类

主要用于工业控制，现代农业、家用电器、汽车电子、测控系统、数据采集等，**一般被称之为微控制器（MCU）**，这类嵌入式系统产品，从形态上看，更类似于早期的电子系统，但内部计算程序起核心控制作用。





### 1.1.3 嵌入式系统的分类——按应用范围将嵌入式系统分为两大类

#### 计算机应用延伸类

主要用于平板电脑、智能手机、电视机顶盒、企业网络设备等，这类应用所使用的嵌入式处理器**一般被称之为应用处理器（Application Processor）**，这类嵌入式系统产品，从形态上看，更接近通用计算机系统。开发方式上，也类似于通用计算机的软件开发方式。







#### 1.1.4 嵌入式系统的特点——与通用计算机对比角度阐述嵌入式四大特点

1

不以计算机面目出现

隐含在种类众多的具体产品中，芯片种类繁多，而应用对象大小各异。

2

需要专用工具和方法

要有一套与相应芯片配套的开发工具和开发环境。

3

使用MCU设计系统

以MCU为核心的嵌入式系统，其程序被固化到非易失性存储器(Flash)中，变量及堆栈使用RAM存储器。

4

涉及各种软、硬件知识

嵌入式系统专用性很强，通常是用在特定应用领域，进行嵌入式系统的开发，还需要对领域知识有一定的理解。



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



# 1.2 学习困惑、知识体系及学习建议







## 1.2.1 学习困惑、知识体系及学习建议——学习困惑

### 选微处理器还是应用处理器作为入门芯片？

1

建议：选择微控制器作为入门芯片，且从不带操作系统学起。

2

开始学习时，是无操作系统（NOS）、实时操作系统（RTOS），还是一般嵌入式操作系统(EOS)？

建议：先把嵌入式系统软件与硬件基础打好，再根据实际应用需要，选择一种实时操作系统（RTOS）进行实践。

3

如何平衡学习软件与硬件之间的关系？

建议：要在一个大的框架内协调工作，同时打好嵌入式系统的硬件与软件基础。



## 1.2.2 学习困惑、知识体系及学习建议——知识体系

**1** 掌握硬件最小系统与软件最小系统框架。

**2** 掌握常用基本输出的概念、知识要素、构件使用方法及构件设计方法。

**3** 掌握若干嵌入式通信的概念、知识要素、构件使用方法及构件设计方法。

嵌入式操作系统知识体系

**4** 掌握常用应用模块的构件设计方法及使用方法及数据处理方法。

**5** 掌握一门实时操作系统RTOS的基本用法与基本原理。

**6** 掌握一门实时操作系统RTOS的基本用法与基本原理。



### 1.2.3 学习困惑、知识体系及学习建议——学习建议

- 1、遵循“先易后难，由浅入深”的原则，打好软硬件基础。
- 2、充分理解知识要素、掌握底层驱动构件的使用方法
- 3、基本掌握底层驱动构件的设计方法。
- 4、掌握单步跟踪调试、打桩调试、printf输出等调试手段。
- 5、日积月累，勤学好问，充分利用本书及相关资源。



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



# 1.3

## 微控制器与应用处理器 简介

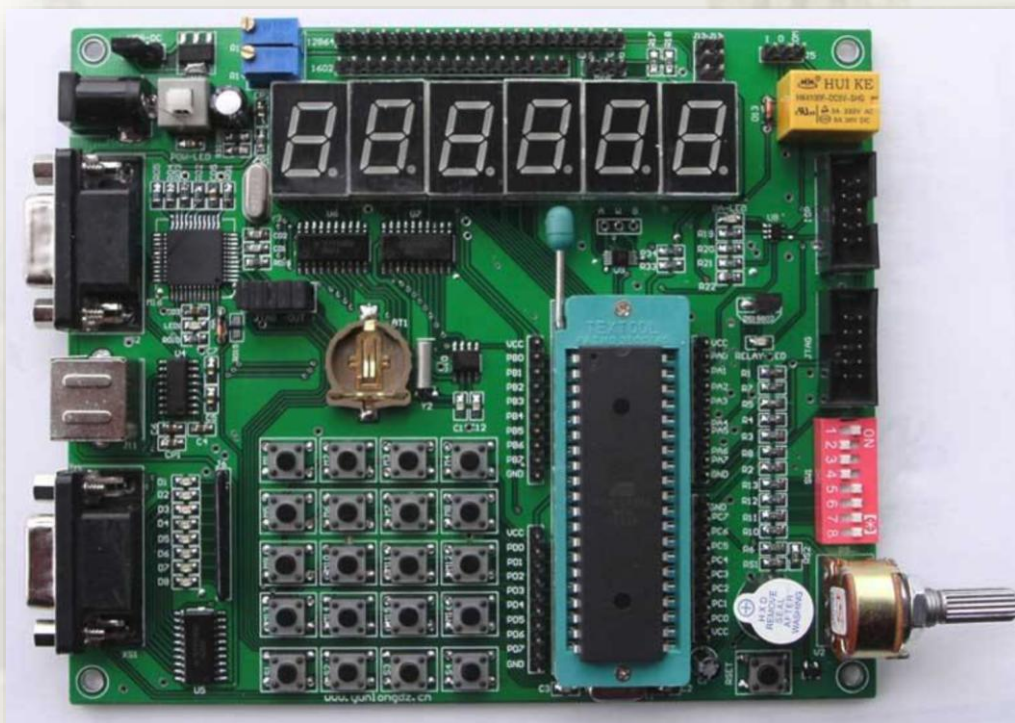






### 1.3.1 微控制器（MCU）简介——微控制器（MCU）的基本含义

MCU是单片微型计算机（单片机）的简称，早期的英文名是Single-chip Microcomputer，后来大多数称之为微控制器（Microcontroller）或嵌入式计算机（Embedded computer）。



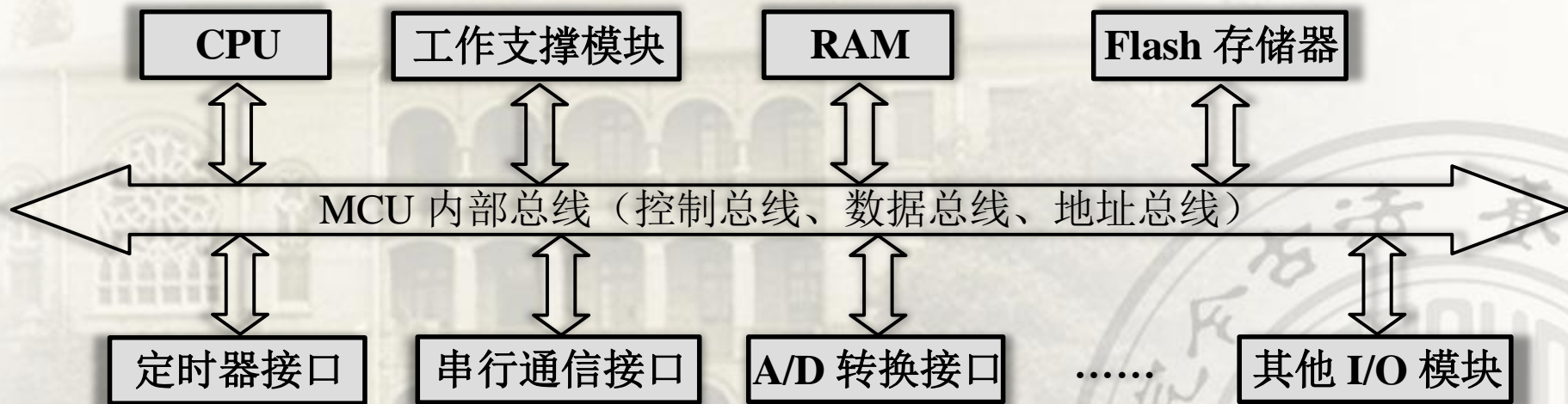
- 我国学者一般使用中文“单片机”一词
- 缩写使用“MCU”，来自于英文“**Micro**controller**Unit**”
- 本书后面的简写一律以MCU为准





### 1.3.1 微控制器（MCU）简介——微控制器（MCU）的基本含义

**MCU的基本含义是：在一块芯片内集成了中央处理单元（CPU，Central Processing Unit）、存储器（RAM/ROM等）、定时器/计数器及多种输入输出（I/O）接口的比较完整的数字处理系统。**

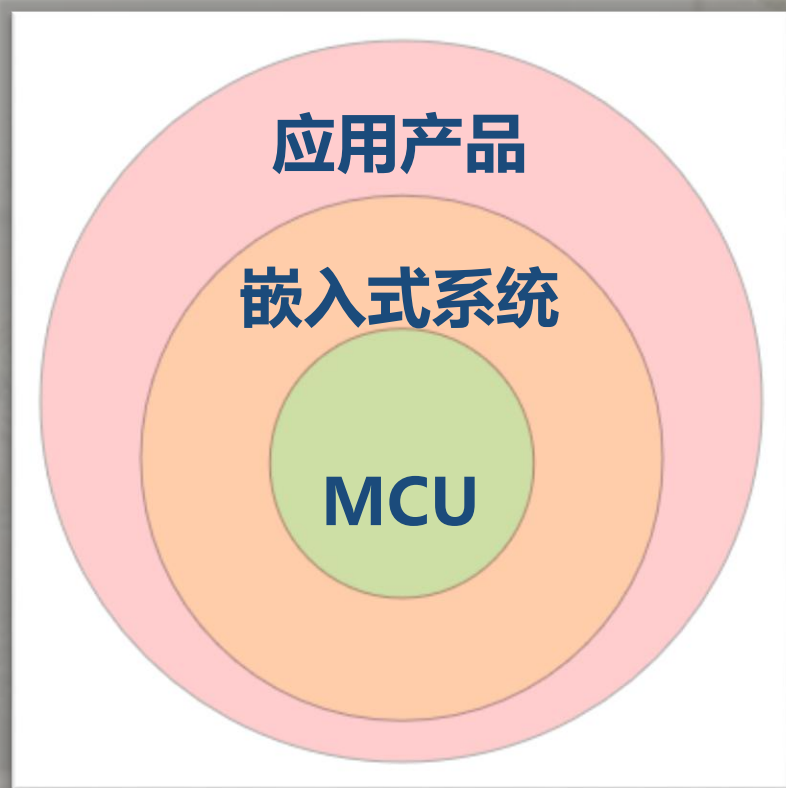


一个典型的MCU内部框图



### 1.3.1 微控制器（MCU）简介——嵌入式系统与MCU的关系

**MCU就是一个最典型的嵌入式系统**



- MCU具有体积小、价格低、性价比高，稳定可靠，布置灵活特点
- MCU能很好地满足应用系统的嵌入、面向测控对象、现场可靠运行等方面的要求
- 大部分嵌入式系统以MCU为核心进行设计
- 以MCU为核心的系统是应用最广的嵌入式系统



### 1.3.1 微控制器（MCU）简介——MCU出现之后测控系统设计方法发生的变化

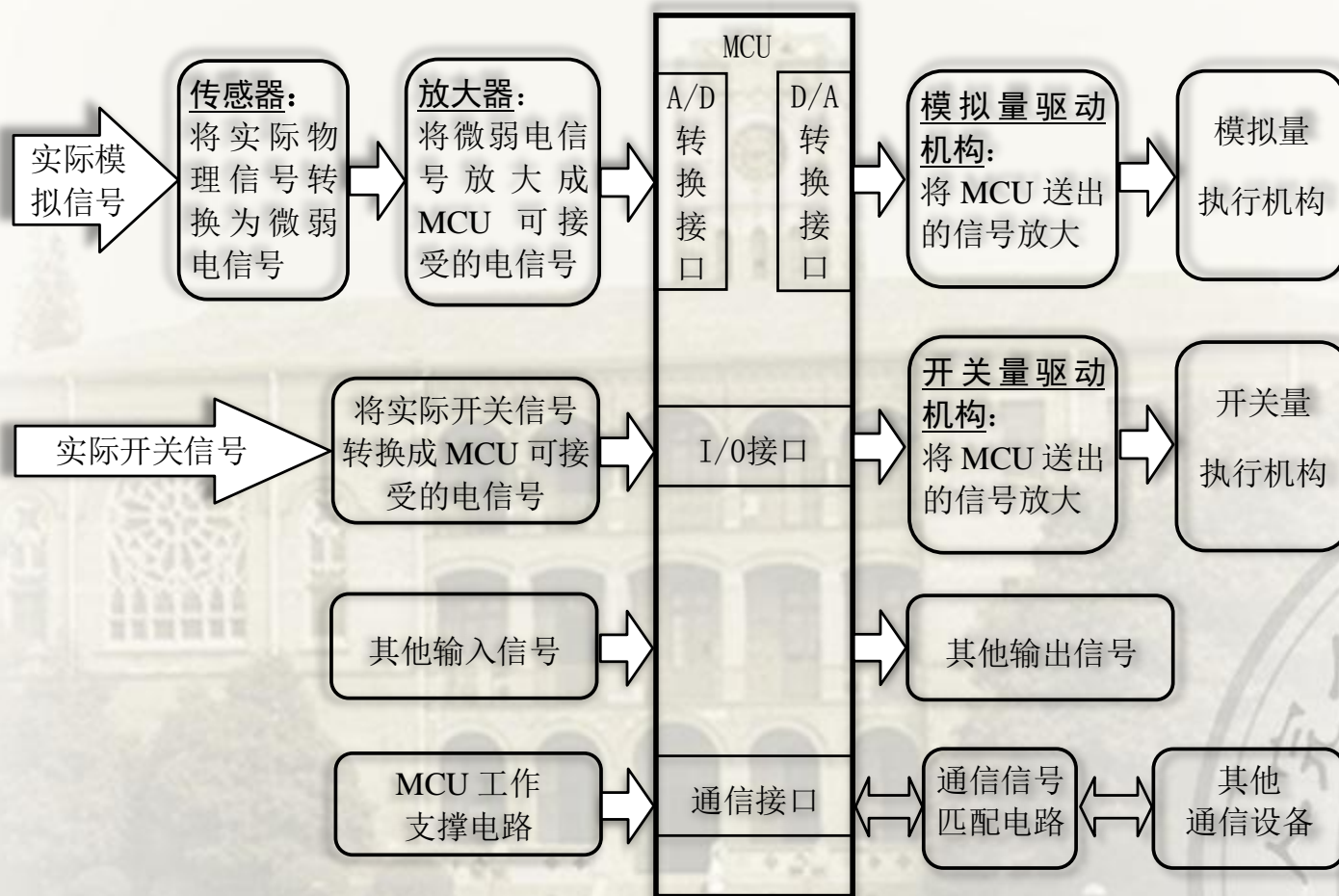
在MCU出现之前，人们必须用模拟电路、数字电路实现测控系统中的大部分计算与控制功能，这样使得控制系统体积庞大，易出故障。



MCU出现以后，核心变成MCU，系统中的大部分计算与控制功能由MCU的软件实现。其它电子线路成为MCU的外围接口电路，承担着输入、输出与执行动作等功能，而**计算、比较与判断等原来必须用电路实现的功能，可以用软件取代**，大大地提高了系统的性能与稳定性。这种控制技术称之为嵌入式控制技术。



## 1.3.2 以MCU为核心的嵌入式测控产品的基本组成



- 工作支撑电路
- 模拟量的输入
- 模拟量的输出
- 开关量的输入
- 开关量的输出
- 数据通信电路
- 其他输出执行机构电路

个典型的嵌入式测控系统框图





### 1.3.3 应用处理器（MAP）简介——应用处理器的基本概念

应用处理器的全名是多媒体应用处理器（Multimedia Application Processor），简称MAP。它是在低功耗CPU的基础上扩展音视频功能和专用接口的超大规模集成电路，是伴随着便携式移动设备特别是智能手机而产生的。



三星 Exynos系列处理器



华为Kirin系列处理器





### 1.3.3 应用处理器（MAP）简介——应用处理器的特点



苹果A11处理器

- **低功耗**，因为应用处理器用在便携式移动设备上，通常用电池供电，节能显得格外重要，通常待机功耗小于3毫瓦，全速工作100 ~ 300毫瓦。
- **体积微小**，因为主要应用在手持式设备中，每一毫米空间都很宝贵。应用处理器通常采用小型BGA封装，管脚数有 300 ~ 1000个，锡球直径0.3 ~ 0.6毫米，间距0.45 ~ 0.75毫米。
- **尽可能高的性能**，目前的便携式移动设备具备了DAB（Digital Audio Broadcasting）、蓝牙耳机、无线宽带（Wi-Fi）、GPS导航、3D游戏等功能，新的功能仍在积极开发中。



### 1.3.3 应用处理器（MAP）简介——应用处理器MAP与微控制器的接口比较

#### MAP应用处理器接口更丰富

MAP不仅包含MCU接口，还因为应用处理器的场景有多媒体、与PC方便互联等需要，因此其接口通常还包括了USB、PCI、TU-R 656、TS、AC97、3D、2D、闪存、DDR、SD等接口。

MCU接口：通用I/O即GPIO、模数转换AD、数模转换DA、串行通信接口UART、串行外设接口SPI、I2C、CAN、USB、嵌入式以太网、LED、LCD等



### 1.3.3 应用处理器（MAP）简介——ARM应用处理器架构

ARM公司统一采用Cortex命名，Cortex系列分为了M、R、A系列，我们所看到的大部分应用处理器都是基于Cortex-A系列内核的。  
Cortex-A系列处理器主要基于32位的ARM v7A或64位的ARM v8A架构。

- ARM v7A系列支持传统的ARM、Thumb指令集和新增的高性能紧凑型Thumb-2指令集
- 主要包括了高性能的Cortex-A17和Cortex-A15、可伸缩的Cortex-A9、经过市场验证的Cortex-A8、高效的Cortex-A7和Cortex-A5。
- ARM v8A是在ARMv7上开发的支持64位数据处理的全新架构
- ARMv7架构的主要特性都在ARMv8架构中得到了保留或进一步拓展，该系列主要包括了性能最出色、最先进的Cortex-A75、性能优异的Cortex-A73、性能和功耗平衡的Cortex-A53、功耗效率最高的Cortex-A35、体积最小功耗最低的Cortex-A32。



苏州大学

SOOCHOW UNIVERSITY



谢谢！

