

第十二讲 嵌入式系统组成和设计方法

§ 1 教学安排

§ 2 定义和分类

§ 3 系统组成

§ 4 设计方法



浙江大学

Zhejiang University

§1 教学安排

一、讲课内容

第十二讲 嵌入式系统组成和设计方法

定义、特点、应用范围、基本组成
设计准则、开发步骤、开发平台

第十三讲 Cortex-M3架构和指令系统

Cortex-M3特点、工作模式、指令系统

第十四讲 STM32F103组成和应用方法

STM32F103的组成、启动过程、库函数

第十五讲 嵌入式操作系统和应用实例



浙江大学

Zhejiang University

第十二讲 嵌入式系统组成和设计方法

§ 1 教学安排

§ 2 定义和分类

§ 3 系统组成

§ 4 设计方法



浙江大学
Zhejiang University

§ 2.1 嵌入式系统的定义

- IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineering国际电气和电子工程师协会)的定义 device used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants 从应用上定义,包括硬件、软件,甚至是机械装置。但这种定义没有反映嵌入式系统的基本特征。

- 国内普遍认同的定义

以应用为中心、以计算机技术为基础,软硬件可裁减,适用于应用系统的、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。



浙江大学

ZheJiang University

§ 2.2 嵌入式系统的分类

一、从技术复杂度可分三个层次

1) 初级

以MCS51为代表的8位MCU应用系统，教学中主要包括基本概念、常见元器件和电路的应用、简单程序的编写等。

初步具备了开发简单嵌入式系统的能力。



浙江大学
Zhejiang University

§ 2.2 嵌入式系统的分类

2) 中级

以ARM7/Cortex-M3/4为代表的32位机系统，
配合轻量级实时操作系统(RTOS)的应用；包含设计
理念、设计方法和技巧、自学方法等；

■ 夏学期的课程通过讲课、实验等教学环节，帮助
同学快速掌握上述内容；

掌握上述的内容后，初步具备能开发嵌入式系统
的能力。



浙江大学
Zhejiang University

§ 2.2 嵌入式系统的分类

3) 高级

以Cortex-A8/15等为代表的32/64位机系统，包括单核或多核MCU，应用复杂的操作系统(Linux、Android、WinCE等)，用于语音、视频等大数据量的处理；

主要难点是Linux比较复杂、BGA焊接困难，为所设计的嵌入式系统开发板级支持包（BSP，包含移植Linux、开发驱动程序等）有一定的难度；

由于课时和实验条件的限制，大学中此类课程开设得较少，社会上有各种档次的收费培训项目。

§ 2.2 嵌入式系统的分类

二、从应用角度可分三类

1) 民用产品

成本第一位，兼顾功能和可靠性

2) 工业产品

功能和可靠性要求较高，兼顾成本

3) 军工产品

功能和可靠性要求高，基本上可以不计成本

根据不同特点，采用的设计方法有较大的差异。

通用计算机与嵌入式系统对比

特征	通用计算机	嵌入式系统
形式和类型	看得见的计算机。 按其体系结构、运算速度和结构规模等因素分为大、中、小型机和微机。	看不见的计算机。 形式多样，应用领域广泛，按应用来分。
组成	通用处理器、标准总线 and 外设。 软件和硬件相对独立。	面向应用的嵌入式微处理器，总线和外部接口多集成在处理器内部。 软件与硬件是紧密集成在一起的。
开发方式	开发平台和运行平台都是通用计算机	采用交叉开发方式，开发平台一般是通用计算机，运行平台是嵌入式系统。
二次开发性	应用程序可重新编制	一般不能再编程



第十二讲 嵌入式系统组成和设计方法

§ 1 教学安排

§ 2 定义和分类

§ 3 系统组成

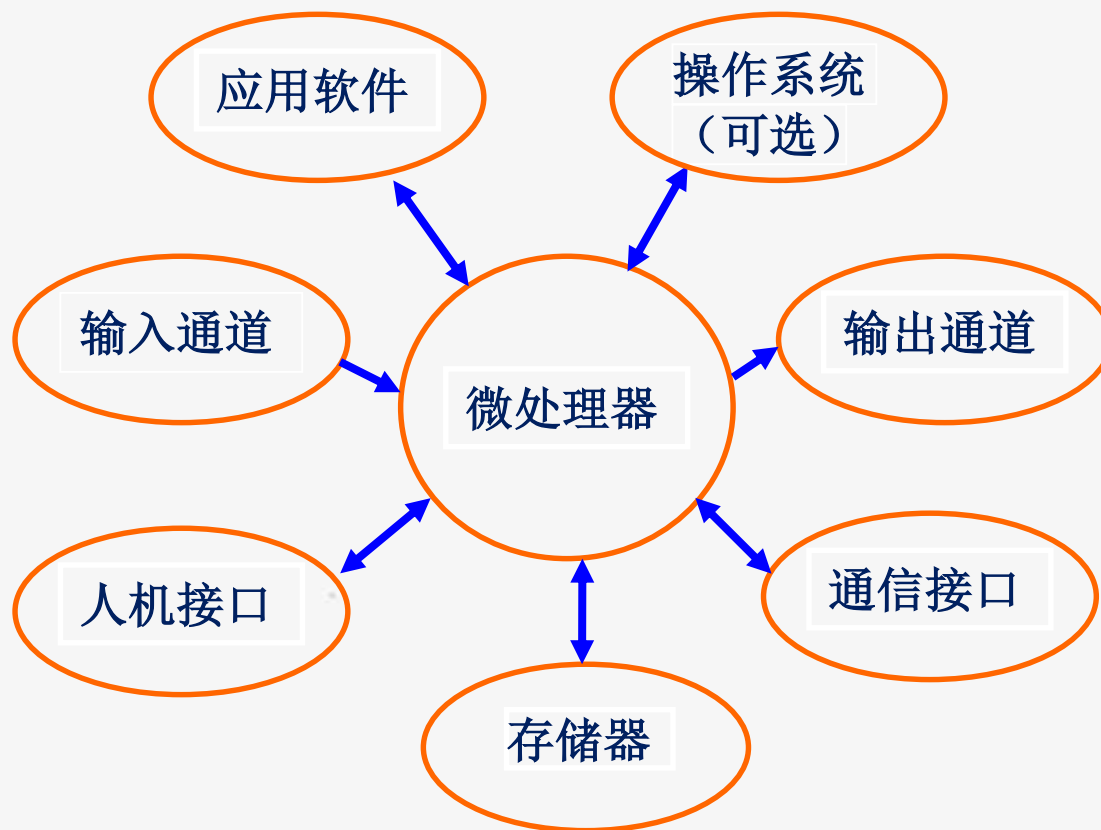
§ 4 设计方法



浙江大学

Zhejiang University

§ 3 嵌入式系统的组成模型



硬件：微处理器、存储器、过程接口、人机接口、通信接口

软件：应用程序、实时操作系统（可选）

嵌入式系统的组成

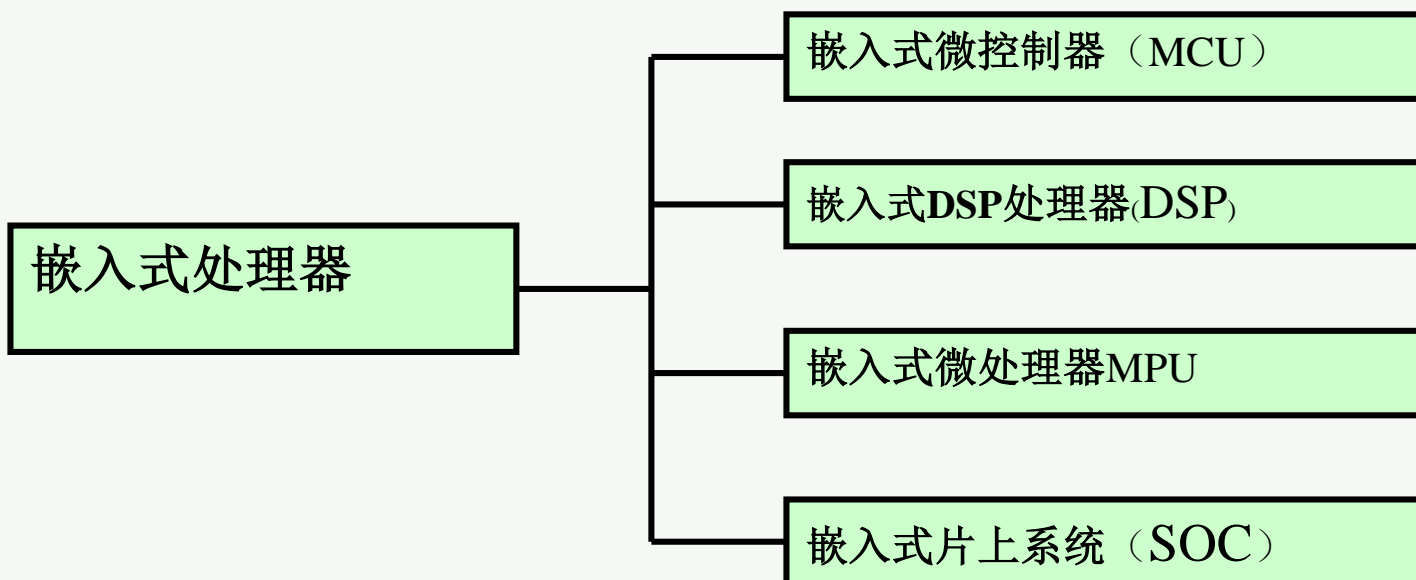
- 嵌入式系统一般由嵌入式硬件和软件组成
- 硬件以微处理器为核心集成存储器和系统专用的输入/输出设备
- 软件包括：初始化代码及驱动、嵌入式操作系统和应用程序等，这些软件有机地结合在一起，形成系统特定的一体化软件。



9.2 嵌入式系统的硬件分类

□ 嵌入式系统的分类

----- 嵌入式系统的硬件

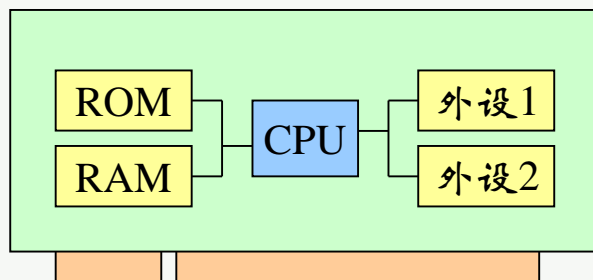


浙江大学
Zhejiang University

嵌入式处理器 —— 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器的基础是通用计算机中的CPU。在应用中，将微处理器装配在专门设计的电路板上，只保留和嵌入式应用有关的母板功能，这样可以大幅度减小系统体积和功耗。

嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等安装在一块电路板上，称为单板计算机。如STD-BUS、PC104等。



单板计算机



9.2.1 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器 -----ARM / StrongARM

ARM已成为移动通信、手持设备、多媒体数字消费嵌入式解决方案的**RISC**标准。

ARM处理器有**三大特点**：

小体积、低功耗、低成本而高性能；**16/32**位双指令集；全球的合作伙伴众多。



浙江大学

ZheJiang University

9.2.1 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器 ----- MIPS

MIPS 是 Microprocessor without Inter---locked Pipeline Stages 没有互锁管线阶段的微处理器的缩写，是一种处理器内核标准，它是由 MIPS 技术公司开发的。

9.2.1 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器 ----- **PowerPC**

PowerPC处理器品种很多，既有通用的处理器，又有嵌入式控制器和内核，应用范围非常广泛，从高端的工作站、服务器到桌面计算机系统，从消费类电子产品到大型通信设备等各个方面。



浙江大学

ZheJiang University

9.2.1 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器 ----- x86

x86系列处理器是我们最熟悉的了，它起源于**Intel**架构的**8080**，再发展出**286**、**386**、**486**，直到现在的**Pentium4**、**Athlon**和**AMD**的**64**位处理器**Hammer**。从嵌入式市场来看，**486DX**是当时和**ARM**、**68K**、**MIPS**和**SuperH**齐名的五大嵌入式处理器之一，**8080**是第一款主流的处理器。



浙江大学

ZheJiang University

9.2.1 嵌入式微处理器

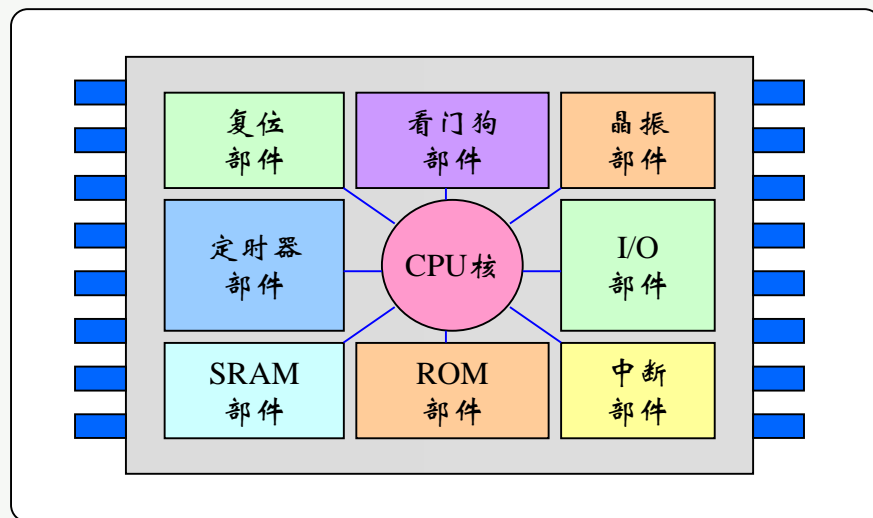
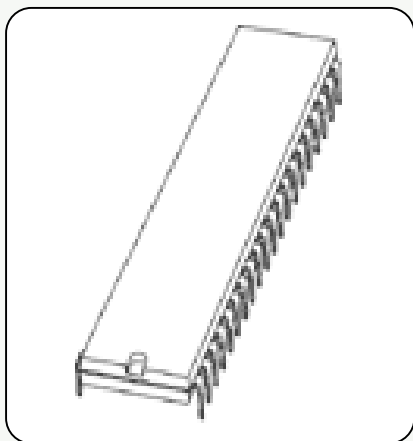
嵌入式微处理器 ----- **68K/Cold fire**

Motorola 68000(68K) 是出现得比较早的一款嵌入式处理器，**68K**采用的是**CISC**结构，与现在的**PC**指令集保持了二进制兼容。

9.2.2 嵌入式处理器 —— 嵌入式微控制器

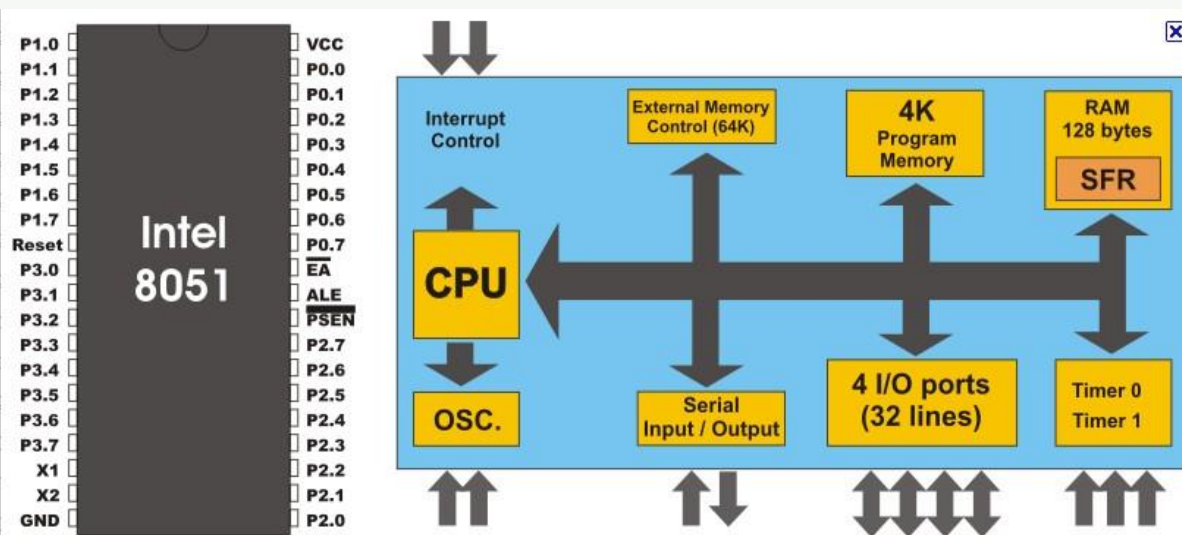
和嵌入式微处理器相比，微控制器的最大特点是单片化，体积大大减小，从而使功耗和成本下降、可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流。微控制器的片上外设资源一般比较丰富，适合于控制，因此称**微控制器**。

嵌入式微控制器目前的品种和数量最多，比较有代表性的通用系列包括8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、MC68HC05/11/12/16、68300、数目众多ARM芯片等。目前MCU占嵌入式系统约70%的市场份额。



嵌入式微控制器 (Microcontroller Unit , MCU)

嵌入式微控制器又称**单片机**，它是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心，芯片内部集成ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、WatchDog、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。为适应不同的应用需求，一般一个系列的单片机具有多种衍生产品，每种衍生产品的处理器内核都是一样的，不同的是存储器和外设的配置及封装。与嵌入式微处理器相比，微控制器的最大特点是单片化，体积大大减小，从而使功耗和成本下降、可靠性提高。



9.2.3 嵌入式处理器

——嵌入式DSP处理器

DSP处理器对系统结构和指令进行了特殊设计，使其适合于执行DSP算法，编译效率较高，指令执行速度也较高。在数字滤波、FFT、谱分析等方面DSP算法正在大量进入嵌入式领域，DSP应用正从在通用单片机中以普通指令实现DSP功能，过渡到采用嵌入式DSP处理器。

嵌入式DSP处理器比较有代表性的产品是Texas Instruments的TMS320系列和Motorola的DSP56000系列。TMS320系列处理器包括用于控制的C2000系列，移动通信的C5000系列，以及性能更高的C6000和C8000系列。DSP56000目前已经发展成为DSP56000，DSP56100，DSP56200和DSP56300等几个不同系列的处理器。另外PHILIPS公司近年也推出了基于可重置嵌入式DSP结构低成本、低功耗技术上制造的R. E. A. L DSP处理器，特点是具备双Harvard结构和双乘/累加单元，应用目标是大批量消费类产品。



9.2.4 嵌入式处理器 —— 嵌入式片上系统(SOC)

随着EDA电子设计自动化的推广和VLSI设计的普及化及半导体工艺的迅速发展, 在一个硅片上实现一个更为复杂的系统的时代已来临, 这就是System On Chip(SOC)。从狭义角度讲,SOC是信息系统核心的芯片集成,是将系统关键部件集成在一块芯片上;从广义角度讲,SOC是一个微小型系统,如果说中央处理器(CPU)是大脑,那么SOC就是包括大脑、心脏、眼睛和手的系统。

国内外学术界一般倾向将SOC定义为将微处理器、模拟IP核、数字IP核和存储器(或片外存储控制接口)集成在单一芯片上,它通常是客户定制的,或是面向特定用途的标准产品。各种通用处理器内核将作为SOC设计公司的标准库,和许多其它嵌入式系统外设一样,成为VLSI设计中一种标准的器件,用标准的VHDL等语言描述,存储在器件库中。用户只需定义出其整个应用系统,仿真通过过后就可以将设计图交给半导体工厂制作样品。这样除个别无法集成的器件以外,整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中去,应用系统电路板将变得很简洁,对于减小体积和功耗、提高可靠性非常有利。

SoC可以分为通用和专用两类。通用系列包括Infineon的TriCore、Motorola的M-Core、某些ARM系列器件、[美国埃施朗](#) Echelon和Motorola联合研制的Neuron神经元芯片等。专用SoC一般专用于某个或某类系统中,不为一般用户所知。一个有代表性的产品是Philips的Smart XA,它将XA单片机内核和支持超过2048位复杂RSA算法的CCU单元制作在一块硅片上,形成一个可加载JAVA或C语言的专用的SOC,可用于公众互联网如Internet安全方面。

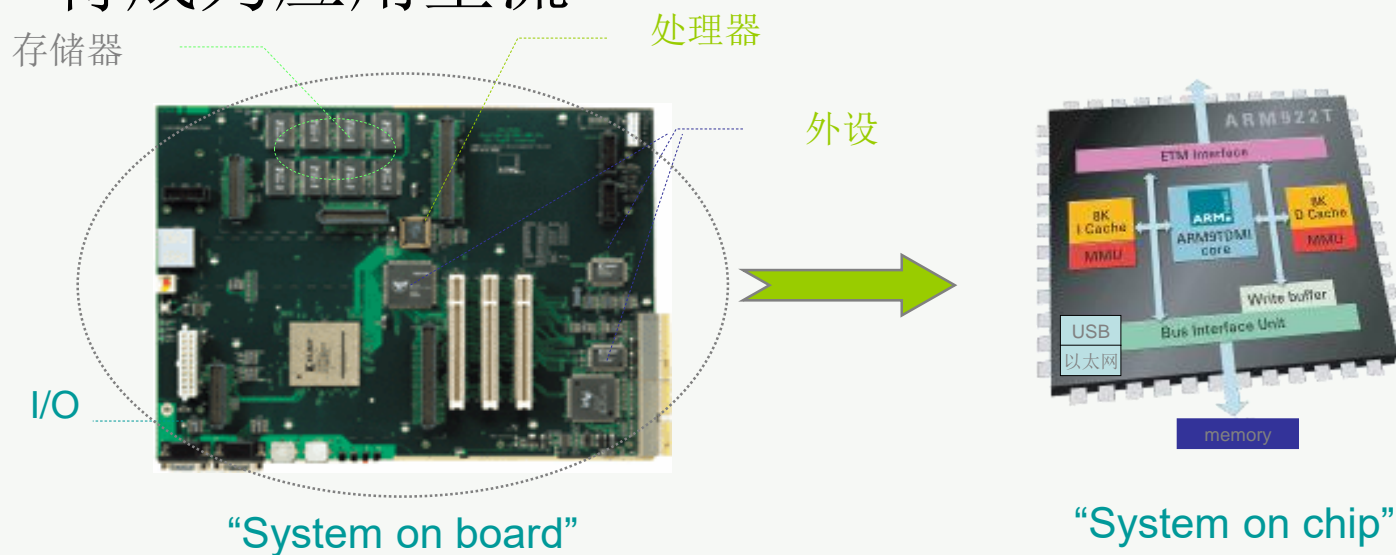


浙江大学

Zhejiang University

嵌入式系统的发展趋势

- 面向应用领域的、高度集成的、以32位嵌入式微处理器为核心的SOC（System On Chip）将成为应用主流

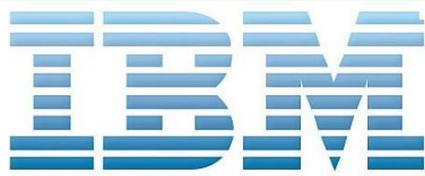


- SoC给系统带来高性能之外更多更重要的好处
 - 稳定性、体积、散热、功耗 ...

嵌入式系统工业的特点

现代计算机技术分为两大分支：通用计算机系统和嵌入式计算机技术。

- 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, 它是一个分散的工业, 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。

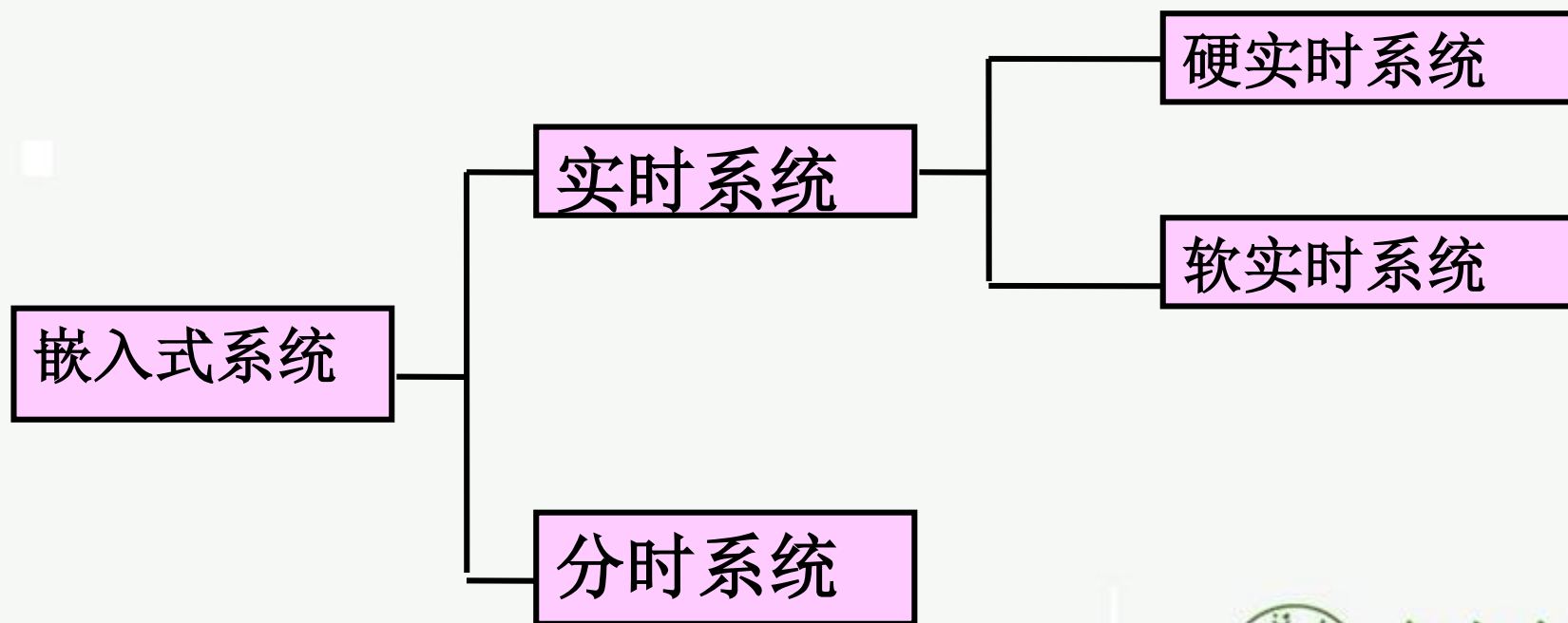
The ARM logo consists of the letters "ARM" in a bold, blue, sans-serif font.The MIPS Technologies logo features the word "MIPS" in a large, blue, stylized font, with "TECHNOLOGIES" in a smaller, blue, sans-serif font below it.The Freescale Semiconductor logo includes a stylized orange and yellow graphic to the left of the word "freescale" in a blue, sans-serif font, with "飞思卡尔半导体" in Chinese below it.The IBM logo is composed of eight horizontal blue stripes of equal thickness and width, forming the letters "IBM".The Intel Inside logo features the word "intel" in a blue, lowercase, sans-serif font, followed by a circular emblem containing the words "intel inside" in a blue, sans-serif font.The Motorola logo consists of a blue circle containing a white stylized "M" shape, with the word "MOTOROLA" in a bold, blue, sans-serif font below it.The AMD logo features the letters "AMD" in a white, bold, sans-serif font, followed by a green square icon containing a white stylized "A" shape.

浙江大学
Zhejiang University

9.3 嵌入式系统的操作系统分类

□ 嵌入式系统的分类

-----嵌入式系统的软件



浙江大学

ZheJiang University

嵌入式操作系统

计算机系统由**硬件和软件**组成，在发展初期没有操作系统这个概念，用户使用监控程序来使用计算机。随着计算机技术的发展，计算机系统的硬件、软件资源也愈来愈丰富，监控程序已不能适应计算机应用的要求。于是在六十年代中期监控程序又进一步发展形成了操作系统(Operating System)。发展到现在，广泛使用的有三种操作系统即多道批处理操作系统、分时操作系统以及实时操作系统。



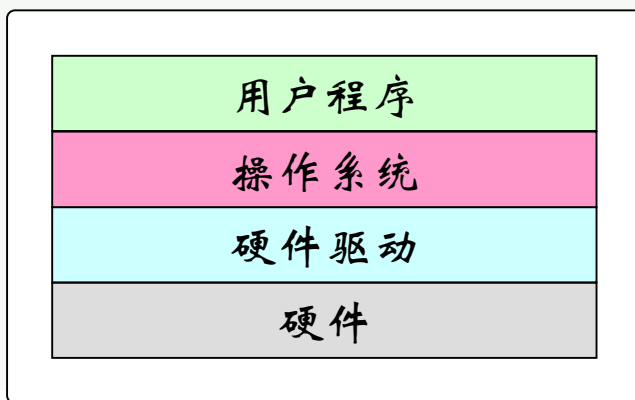
浙江大學

Zhejiang University

嵌入式操作系统

• 基本概念 —— 操作系统

操作系统是计算机中最基本的程序。操作系统负责计算机系统中全部软硬资源的分配与回收、控制与协调等并发的活动；操作系统提供用户接口，使用户获得良好的工作环境；操作系统为用户扩展新的系统功能提供软件平台。

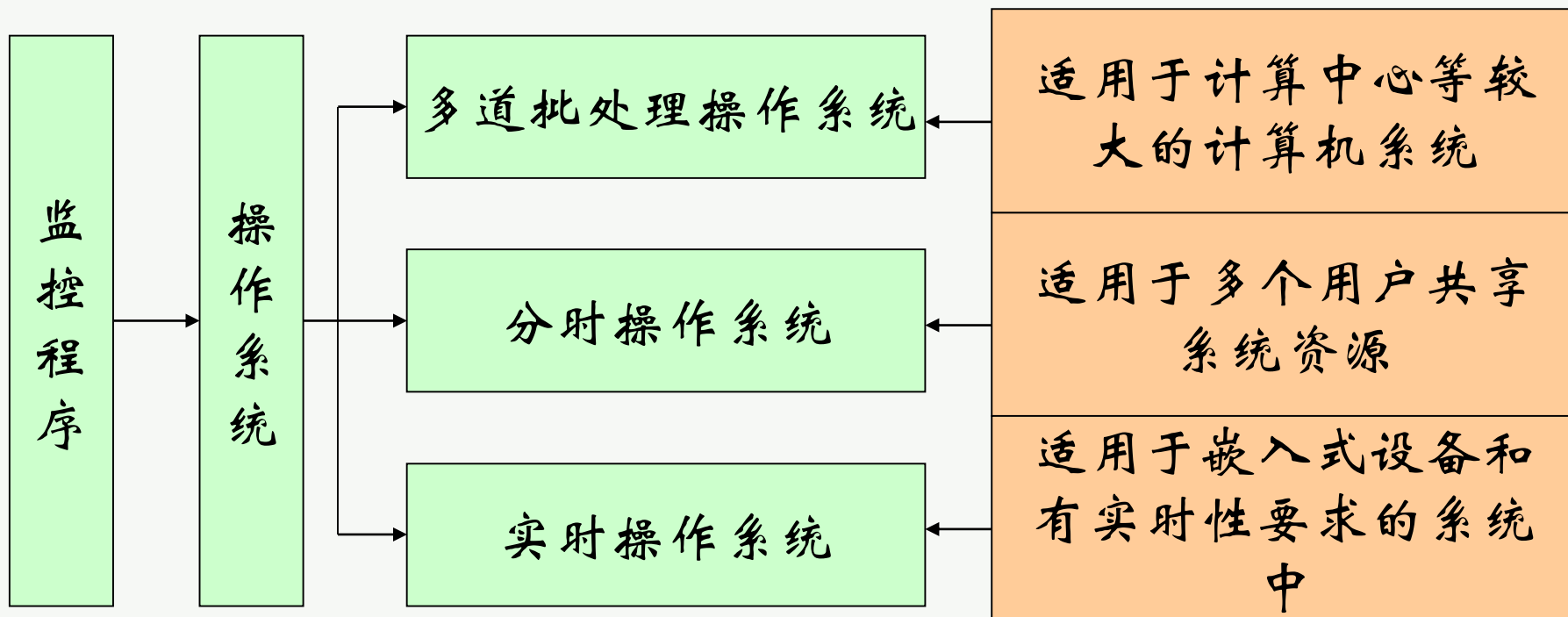


浙江大学

ZheJiang University

嵌入式操作系统

• 概述



浙江大学

ZheJiang University

嵌入式操作系统

- 实时操作系统的优缺点

- 优点:

在嵌入式实时操作系统环境下开发实时应用程序使程序的设计和扩展变得容易，不需要大的改动就可以增加新的功能。通过将应用程序分割成若干独立的任务模块，使应用程序的设计过程大为简化；且对实时性要求苛刻的事件都得到了快速、可靠的处理。通过有效的系统服务，嵌入式实时操作系统使得系统资源得到更好的利用

- 缺点:

使用嵌入式实时操作系统还需要额外的ROM / RAM 开销，2~5%的CPU额外负荷，以及内核的费用

嵌入式操作系统

• 基本概念 —— 前后台系统

对基于芯片的开发来说，应用程序一般是一个无限的循环，可称为前后台系统或超循环系统。

很多基于微处理器的产品采用前后台系统设计，例如微波炉、电话机、玩具等。在另外一些基于微处理器应用中，从省电的角度出发，平时微处理器处在停机状态，所有事都靠中断服务来完成。

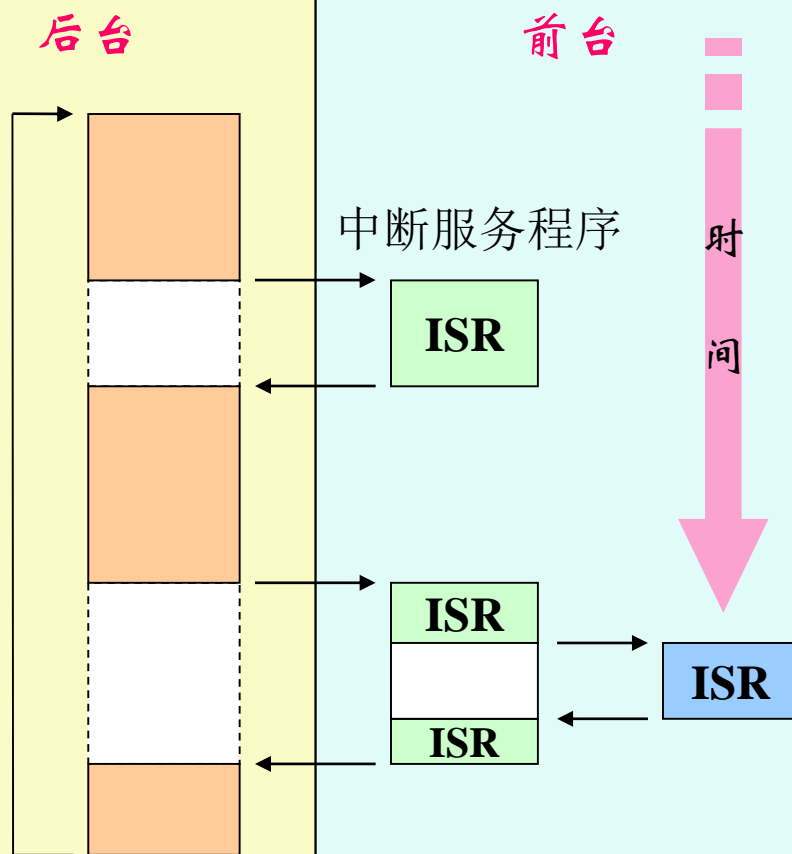


浙江大学

Zhejiang University

基本概念 —— 前后台系统

循环中调用相应的函数完成相应的操作，这部分可以看成**后台行为**，后台也可以叫做任务级。这种系统在处理的及时性上比实际可以做到的要差。



中断服务程序处理异步事件，这部分可以看成**前台行为**，前台也叫中断级。时间相关性很强的关键操作一定是靠中断服务程序来保证的。

9.3.1 嵌入式操作系统

• 常见的嵌入式操作系统 —— 嵌入式Linux

uClinux是一个完全符合GNU/GPL公约的操作系统，完全开放代码。uClinux从Linux 2.0/2.4内核派生而来，沿袭了主流Linux的绝大部分特性。它是专门针对没有MMU的CPU，并且为嵌入式系统做了许多小型化的工作。适用于没有虚拟内存或内存管理单元(MMU)的处理器，例如ARM7TDMI。它通常用于具有很少内存或Flash的嵌入式系统。它保留了Linux的大部分优点：稳定、良好的移植性、优秀的网络功能、完备的对各种文件系统的支持、以及标准丰富的API等。



浙江大学

Zhejiang University

9.3.2 嵌入式操作系统

• 常见的嵌入式操作系统 —— Win CE

Windows CE是微软开发的一个开放的、可升级的32位嵌入式操作系统，是基于掌上型电脑类的电子设备操作，它是精简的Windows 95。Windows CE的图形用户界面相当出色。Win CE具有模块化、结构化和基于Win32应用程序接口以及与处理器无关等特点。Win CE不仅继承了传统的Windows图形界面，并且在Win CE平台上可以使用Windows 95/98上的编程工具（如Visual Basic、Visual C++等）、使绝大多数的应用软件只需简单的修改和移植就可以在Windows CE平台上继续使用。



浙江大学

ZheJiang University

9.3.3 嵌入式操作系统

• 常见的嵌入式操作系统 —— VxWorks

WIND RIVER



VxWorks操作系统是美国公司于1983年设计开发的一种嵌入式实时操作系统（RTOS），是嵌入式开发环境的关键组成部分。良好的持续发展能力、高性能的内核以及友好的用户开发环境，在嵌入式实时操作系统领域占据一席之地。它以其良好的可靠性和卓越的实时性被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中，如卫星通讯、军事演习、弹道制导、飞机导航等，甚至在1997年4月登陆火星表面的火星探测器上也使用到了VxWorks。

9.3.8 嵌入式操作系统

• 常见的嵌入式操作系统——uC/OS-II

- $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是一个源码公开、可移植、可固化、可裁剪、占先式的实时多任务操作系统
- 其绝大部分源码是用ANSI C写的，使其可以方便的移植并支持大多数类型的处理器
- $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 通过了联邦航空局(FAA)商用航行器认证。自1992年问世以来， $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 已经被应用到数以百计的产品中。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 占用很少的系统资源，并且在高校教学使用是不需要申请许可证。但将它的目标代码嵌入到产品中，应当购买目标代码销售许可证
- uC/OS-II中的代码 90% 用C语言编写，时有少量的相关于硬件的代码用汇编编写，易移植到各类体系结构的8位、16位、32位处理器。
- 官方网站：www.uCOS-II.com



第十二讲 嵌入式系统组成和设计方法

§ 1 教学安排

§ 2 定义和分类

§ 3 系统组成

§ 4 设计方法



§ 4 嵌入式系统的设计方法

§ 4.1 设计准则

§ 4.2 设计步骤

§ 4.3 开发平台

§ 4.4 测试技术

§ 4.5 主要性能

§ 4.6 设计素材



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.1 设计准则

一、工程意识

嵌入式系统设计是一个实际的工程问题，它需要以简洁、可靠和低成本的方式实现指定的目标，即完成预先确定的性能指标。

工程项目则必须在指定的时间内取得成功，不允许失败，因此在实施过程中应尽可能地采用成熟的技术。

科学研究以发现事物内在规律为主要任务，是一种探索过程，它允许有失败、也允许有较长的研究时间。



浙江大学
Zhejiang University

§ 4.1 设计准则

二、目标意识

嵌入式系统通常是面向特定应用的，只要完成指定的任务即可。在完成任务的前提下，多余的硬件、软件应该删除。



浙江大学
Zhejiang University

§ 1.1 设计准则

三、成本意识

设计者需要考虑产品的开发、生产和使用等环节中的综合成本；

在开发阶段，需要考虑开发成本，如人力、时间、工具投入等费用；

作为产品，它的生产成本应该控制在应用场合所允许的范围之内，否则即使完成了指定功能，也难以实际推广应用；

在使用过程中，维护、使用年限等潜在的成本应该在设计和开发阶段进行考虑。



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.1 设计准则

四、方案的合理性

嵌入式系统的设计可以看作工程问题的解决方案，通常不可能达到最优的方案，但可以使解决方案是合理的、趋于最优的。

方案的合理性可以从所设计的系统是否能以简洁、可靠而较少的代价来完成指定功能的角度来衡量。



§ 1.1 设计准则

五、平台意识

嵌入式系统开发的平台资源包括各种开发工具（如仿真器、半成品用户板等）、已被验证的设计方案、功能模块和子程序等。

平台意识是指技术人员在嵌入式系统设计和开发的过程中，尽可能地使用平台资源，以提高工作效率和所开发的嵌入式系统的质量；同时不断积累和发展平台资源。



浙江大学

ZheJiang University

§ 4.1 设计准则

六、单片意识

能用一个芯片完成的事，最好不要用多个芯片去做。

在设计系统时，应有效地选择高集成度的微处理器等。



浙江大学

Zhejiang University

§ 4 嵌入式系统的设计方法

§ 4.1 设计准则

§ 4.2 设计步骤

§ 4.3 开发平台

§ 4.4 测试技术

§ 4.5 主要性能

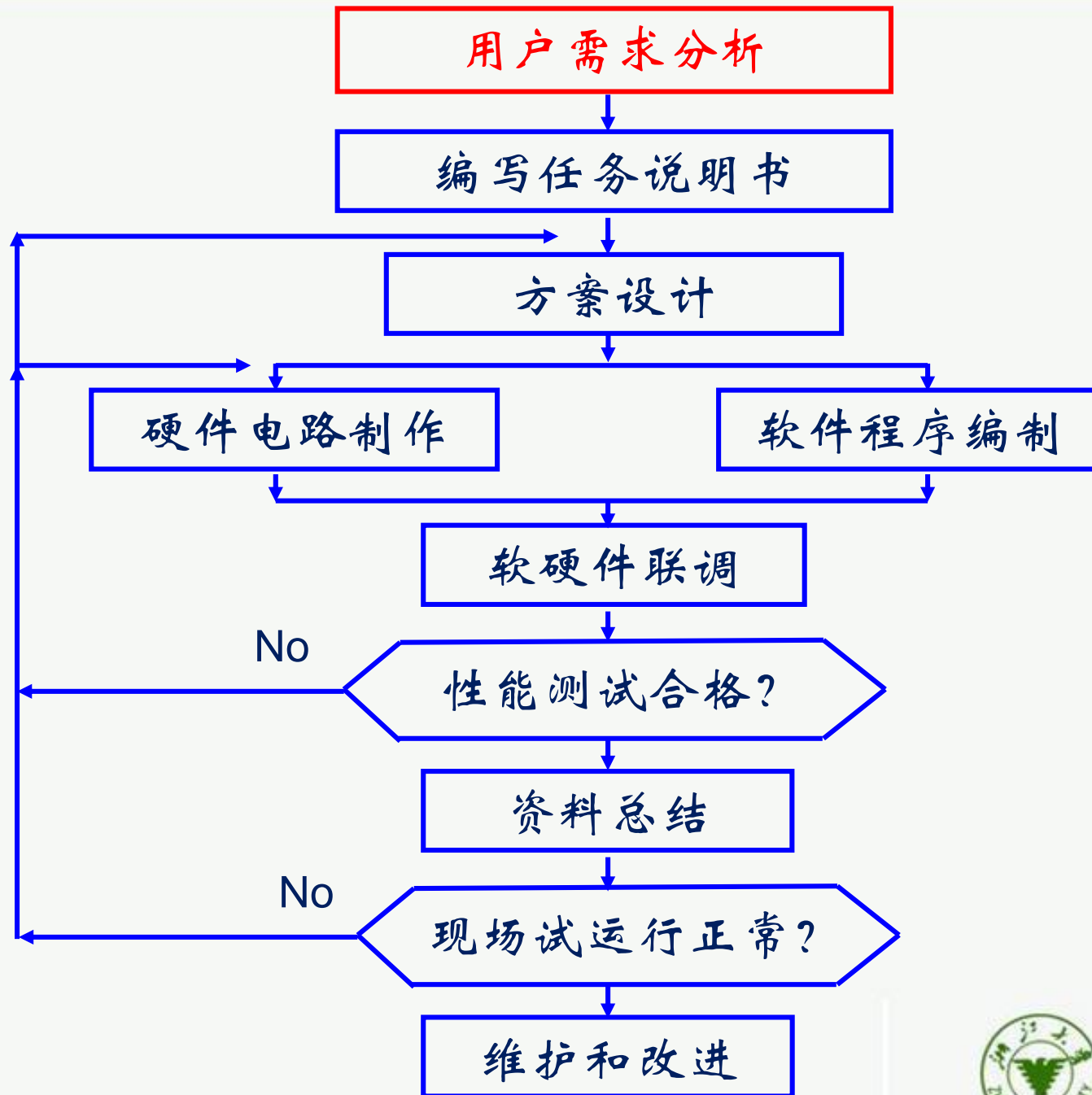
§ 4.6 设计素材



浙江大学

Zhejiang University

嵌入式系统开发的流程图



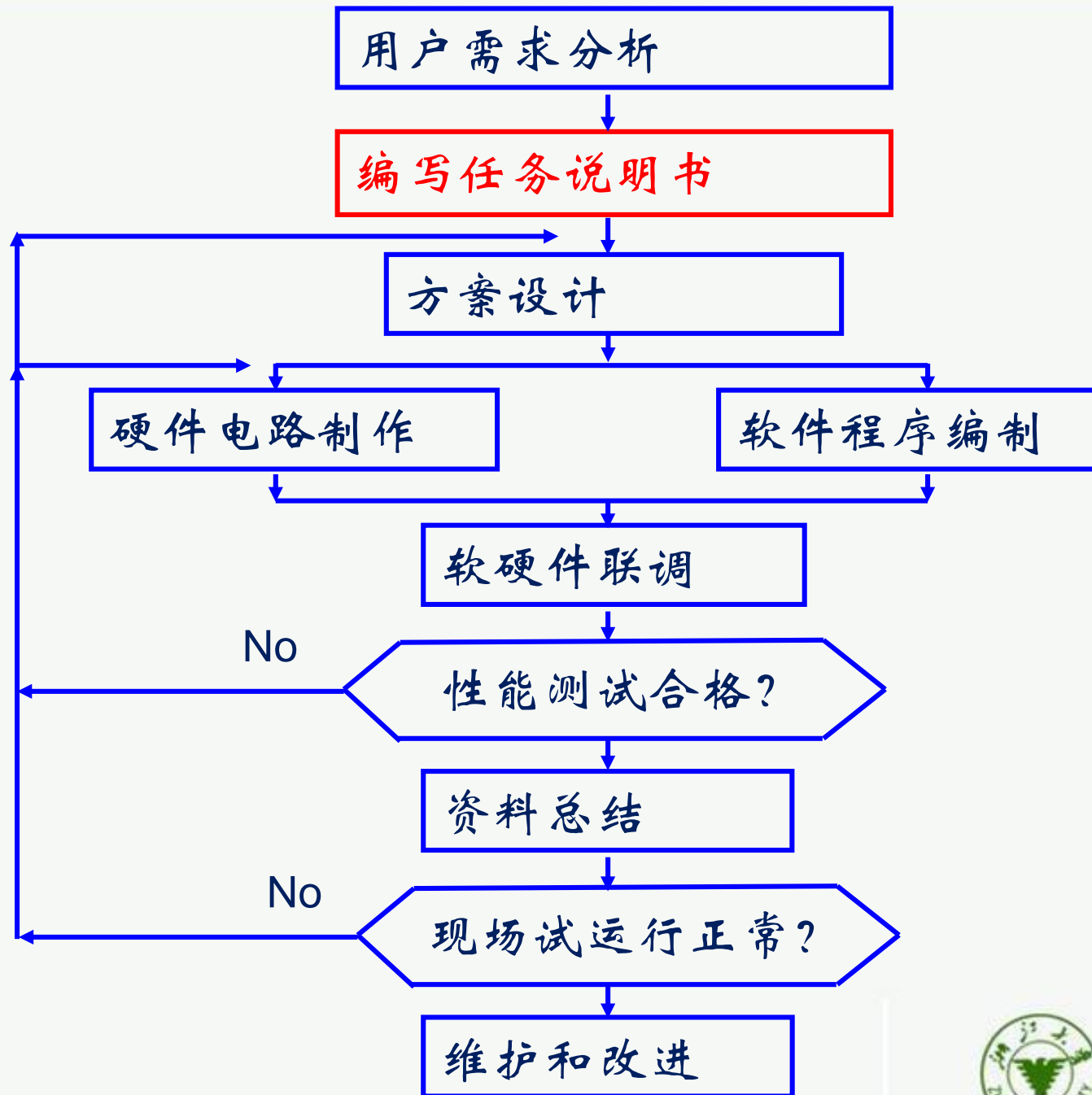
§ 4.2 设计步骤

2.1 需求分析

一、需求分析

- 1) 主要了解用户对嵌入式系统功能的要求、使用场合，最好让用户能够提供详细的文档；
- 2) 同时需要了解用户对成本、所允许的开发时间，能提供的费用及相关开发条件（资料、人力、设备、场所）等相关信息。

嵌入式系统开发的流程图



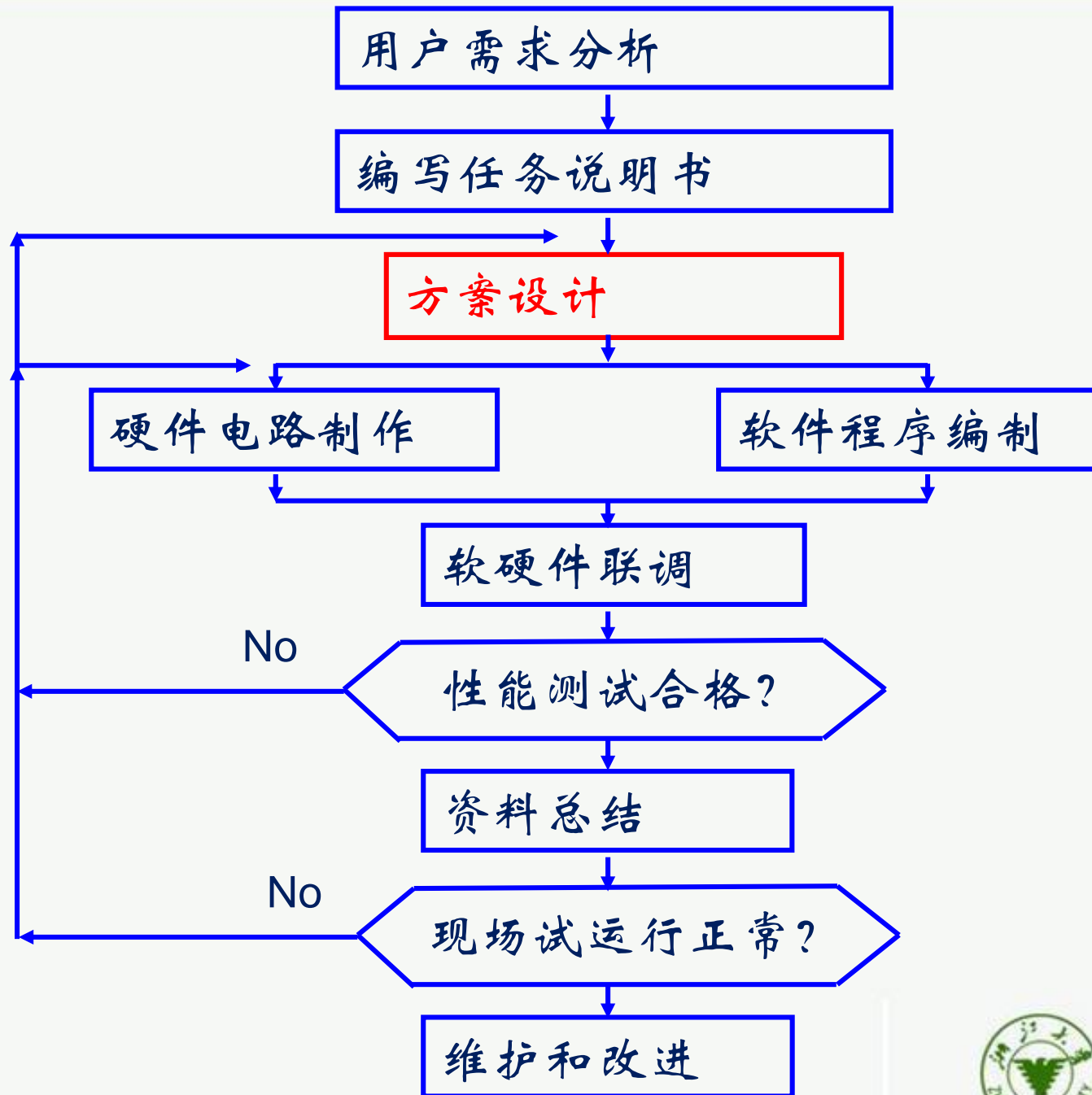
§ 4.2 设计步骤

二、编写设计任务书

- 1) 如果用户已提供详细的任务说明书，这一步可以省略。
- 2) 通常需要设计人员与用户协商，重新编写。要明确所需达到的功能、相应的指标以及测试、验收方法等。



嵌入式系统开发的流程图



§ 4.2 设计步骤

2.3.1 方案设计

三、方案设计

- 1) 根据任务书的要求，考虑限制条件，初步提出几种可行的方案；
- 2) 对方案进行初步论证，如理论分析、计算，或部分电路的模拟实验；选择一种进行实施；
- 3) 微处理器的选择是最关键的一步，需要考虑的方面：处理能力、开发环境、芯片的价格和货源、设计者的熟悉程度等。



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.2 设计步骤

2.3.2 方案设计

4) 功能分配

把目标功能进行划分，部分让硬件完成，其余部分用软件来完成，并尽可能用软件代替硬件。

5) 设计方案的表达

可用文字、结构示意图、数据表格等形式来描述硬件和软件两个方面的内容，按功能分层、逐步细化的方式进行表达，力求系统而详尽。

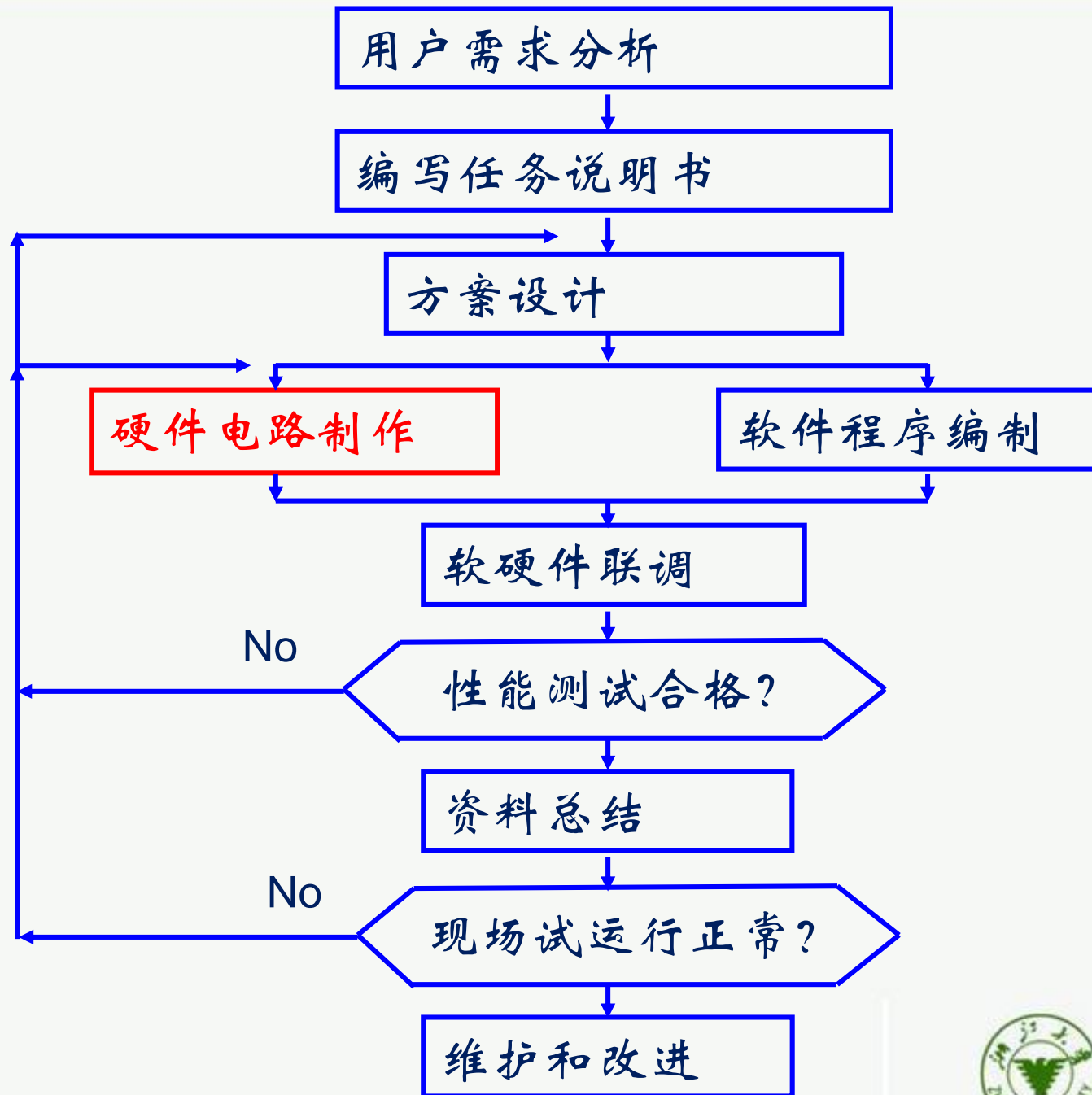
(方案设计是知识含量最高的环节。依赖于设计者的知识积累程度和技术水平的高低)



浙江大学

Zhejiang University

嵌入式系统开发的流程图



§ 4.2 设计步骤

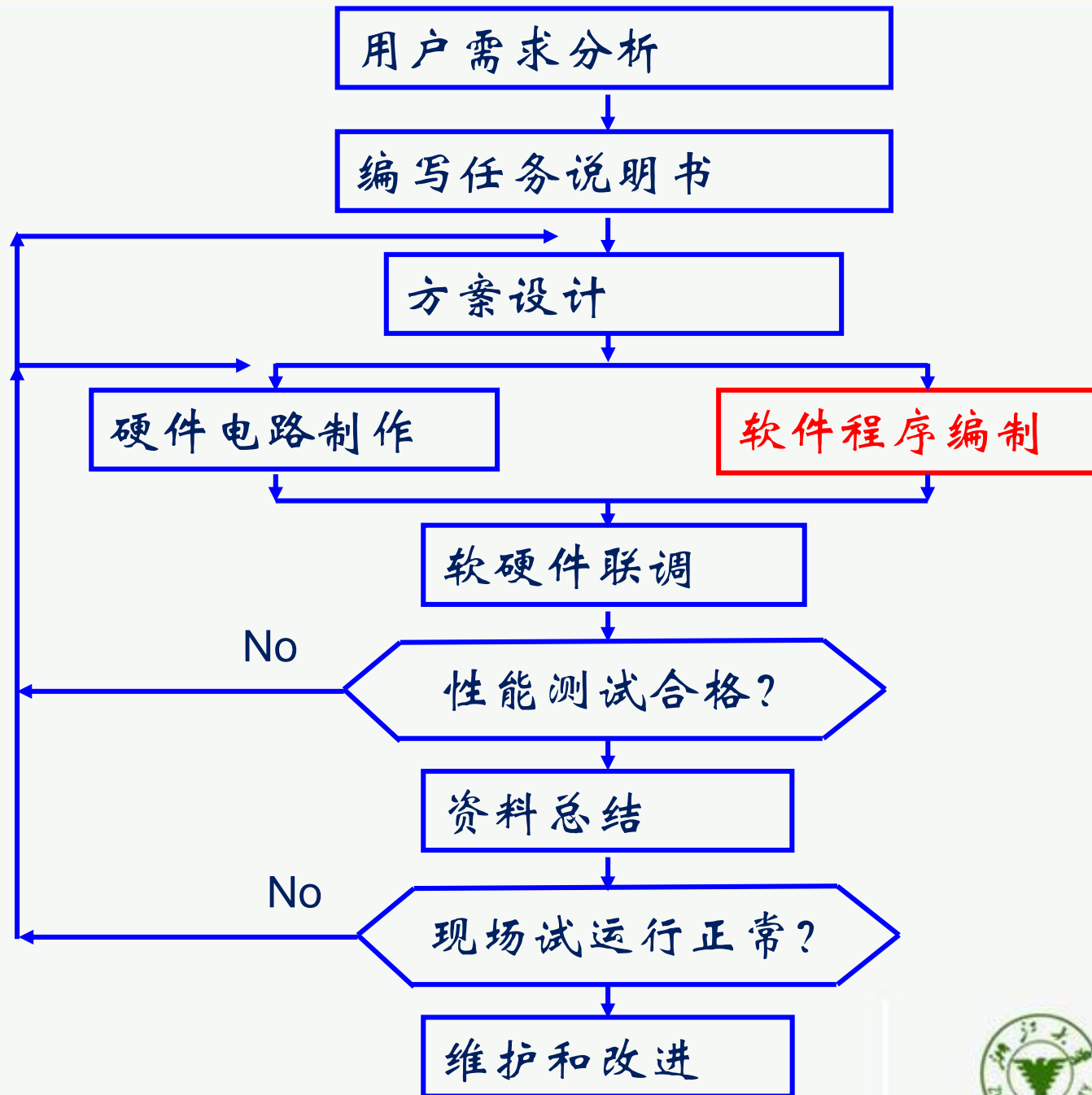
2.4 硬件电路制作

四、硬件电路制作

- 1) 绘制原理图: DXP, AD10, Orcard, Pads2000
- 2) 绘制制版图: 要已知元件的封装
- 3) 线路板加工: 目前外加工一般7-10天
- 4) 元器件采购: 本地电子市场、外地邮购
- 5) 线路板焊接: 需要掌握多种焊接方式
- 6) 初步测试: 如电源电路、独立的模拟电路等

(硬件制作与软件编程可同时进行)

嵌入式系统开发的流程图



§ 4.2 设计步骤

2.5 软件编程

五、软件编程

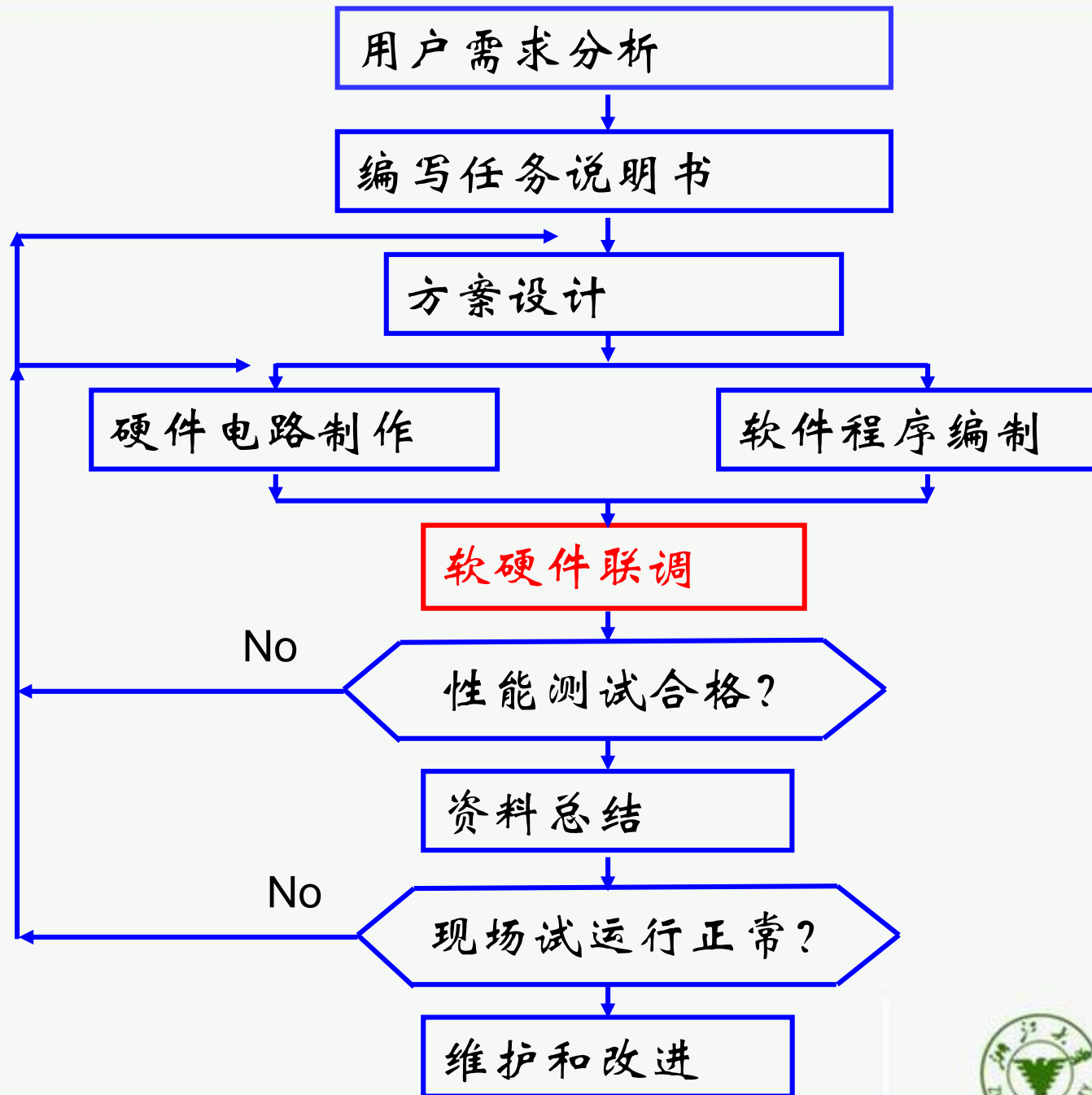
- 1) 选择编程语言：如汇编或C语言等，根据实际情况进行；
- 2) 选择操作系统：根据所设计的嵌入式系统的复杂的程度来确定；
- 3) **按层次分解任务**（软件系统分析）：通常用框图把任务逐层分解成模块、子程序，先文字或C语言或其它辅助工具进行初步描述；
- 4) 按框图编程：这是一个翻译过程；
- 5) 尽可能采用已被验证的软件模块（平台资源）；
- 6) 软件模块最好一边写一边调，及时纠正错误，提高效率。



浙江大学

Zhejiang University

嵌入式系统开发的流程图



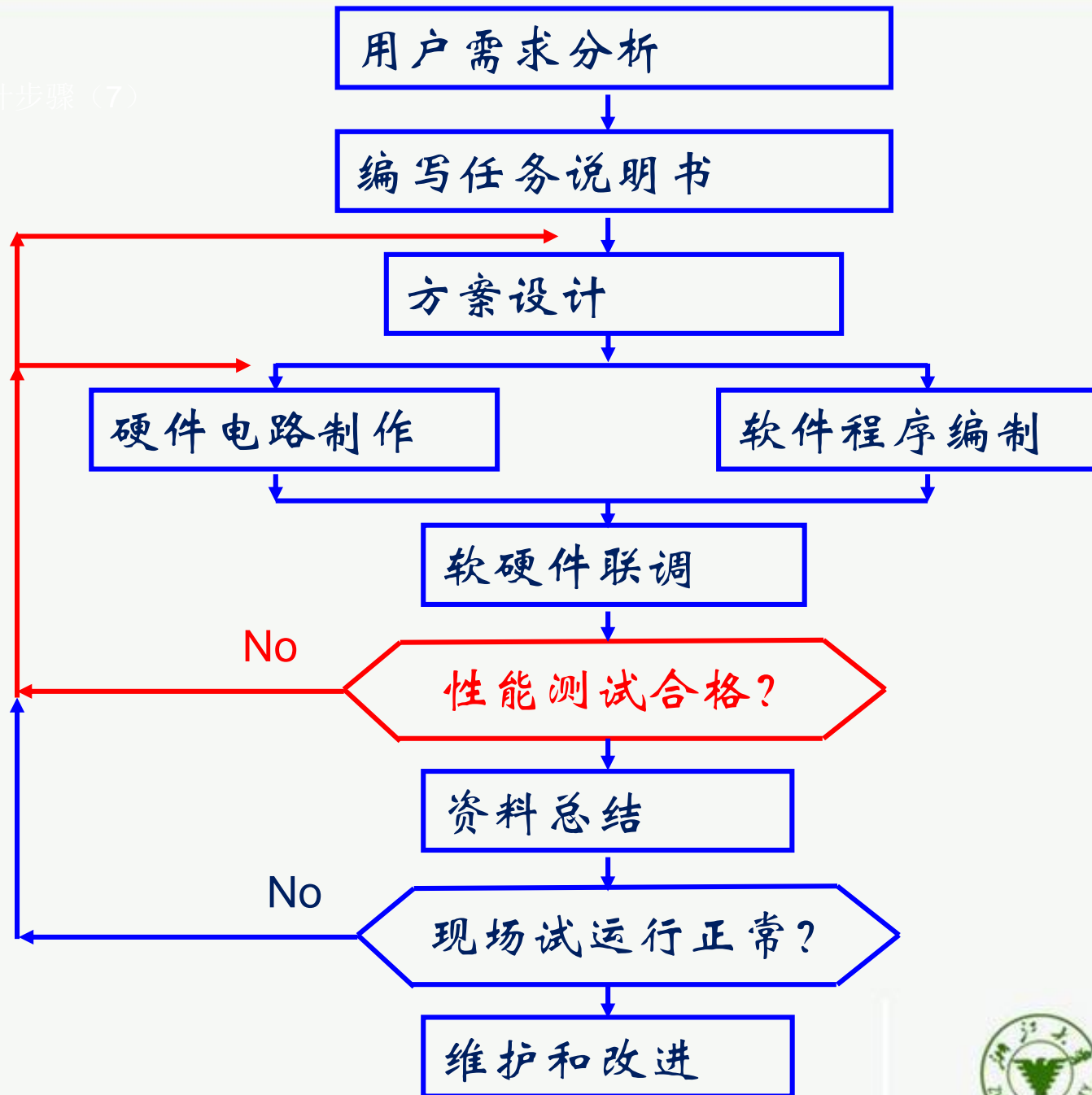
§ 4.2 设计步骤

2.6 软硬件调试

六、软硬件调试

- 1) 需要采用仿真器(开发平台), 通常对子程序、模块逐个调试, 调试好的程序块可加入调试程序中运行;
- 2) **合理的调试顺序**: 显示驱动程序、按键响应程序、参数设置程序、其它功能程序(如计算程序、输出控制、通信程序等);
- 3) 联调的实质就是纠正设计者在软硬件开发过程中产生的各种错误(语法、逻辑错误)。





嵌入式系统开发的流程图

§ 4.2 设计步骤

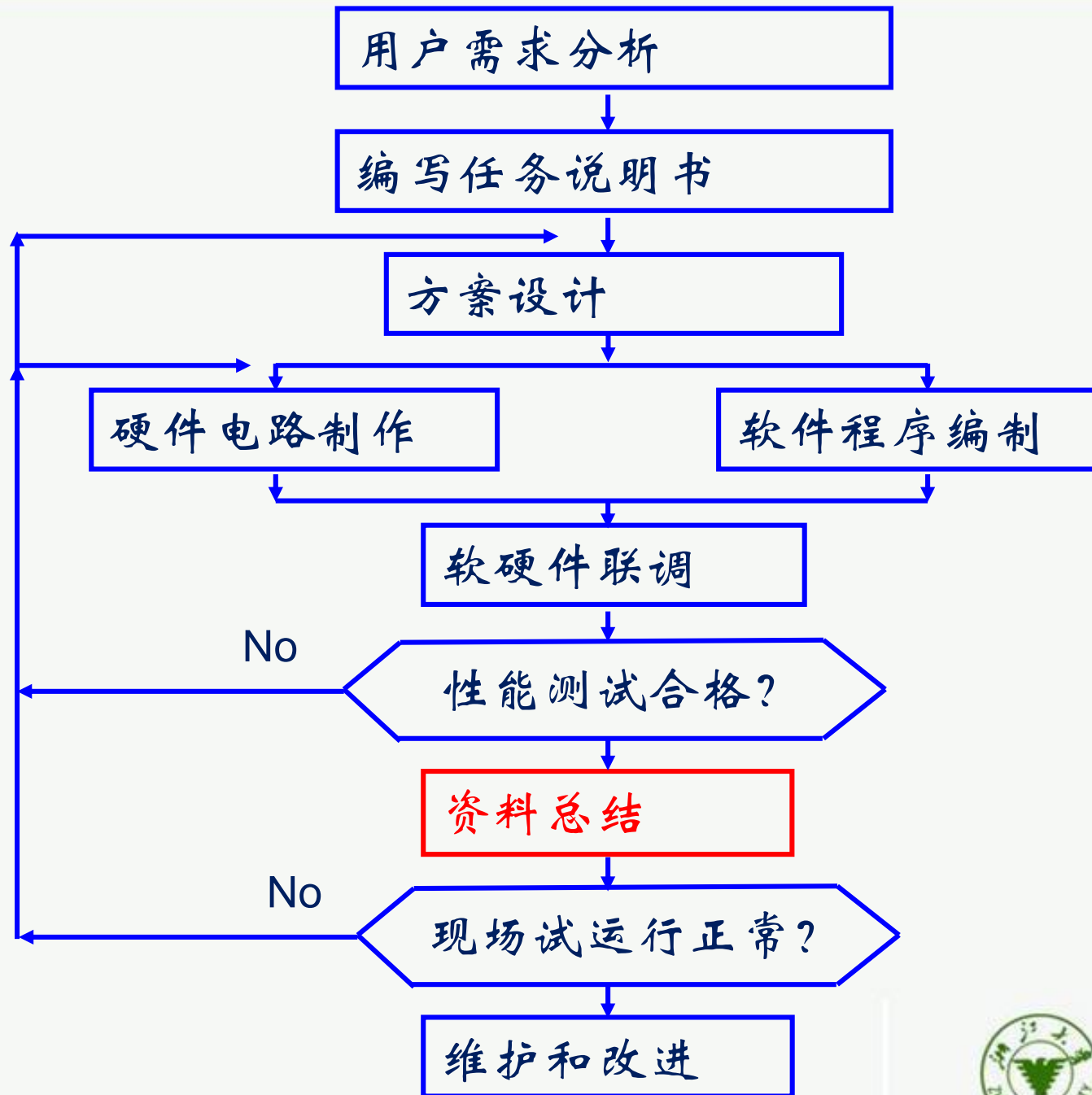
2.7 性能测试

七、性能测试

- 1) 性能测试是一个重要环节，开发是否成功由这环节来验证。如果未达到预定的性能指标，就要不同程度的修改或返工；
- 2) 测试人员需要根据设计任务书，先确定测试的具体内容、方法、步骤及工具等，编写项目的测试任务书；
- 3) 通常开发和测试的人数比为 1: 1.5~2



嵌入式系统开发的流程图



§ 4.2 设计步骤

2.8 资料总结

八、资料总结

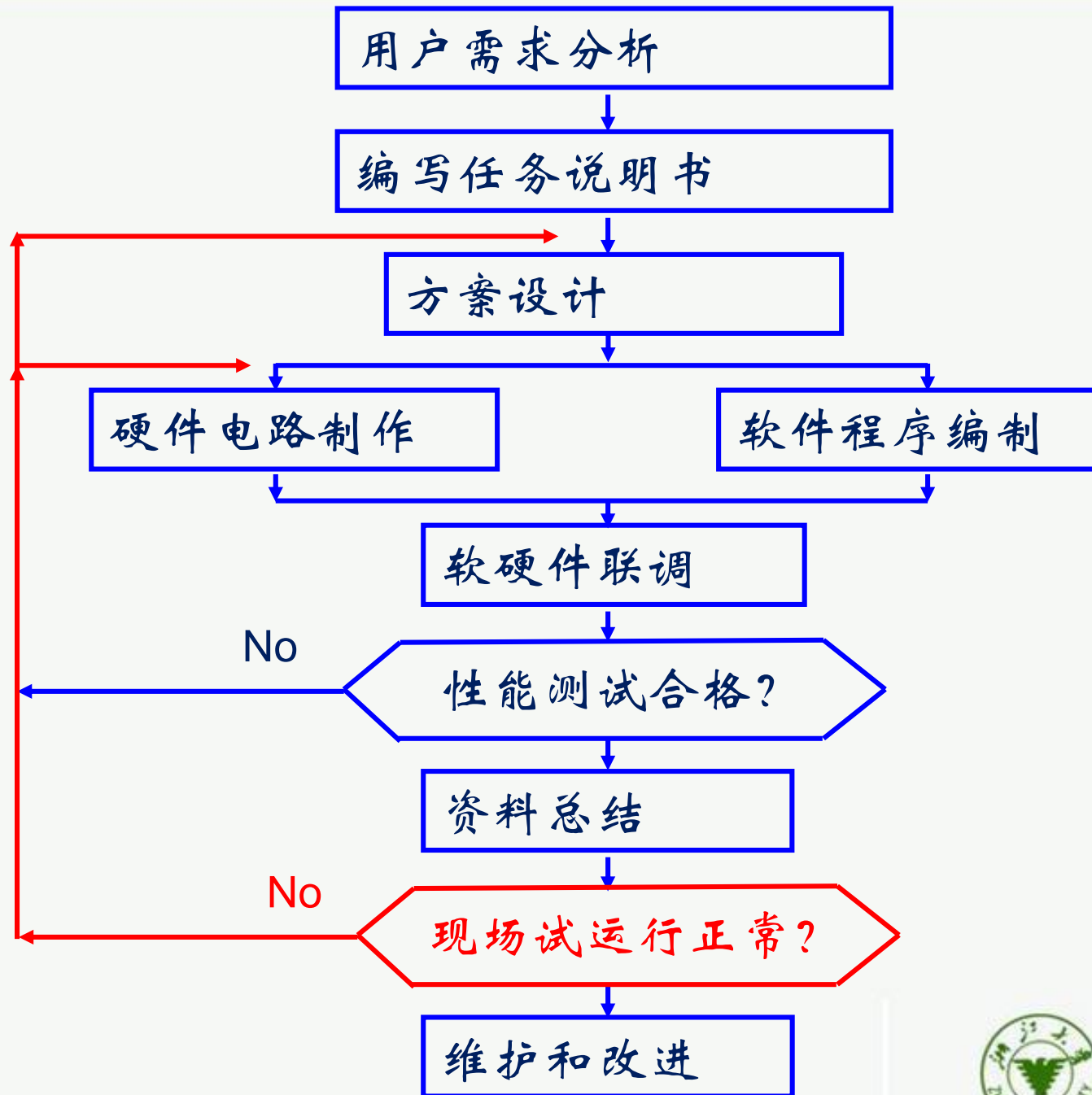
- 1) 技术文档包括用于描述原理样机的结构、功能、操作等信息；
- 2) 总结开发过程中的经验和教训，积累自己的平台资源，包括被验证的硬件模块和软件模块，以及在软硬件联调时，出现的故障现象、故障原因及解决办法等经验；
- 3) 这是设计者总结开发过程，提高技术水准的有效环节，应加以重视。



浙江大学

Zhejiang University

嵌入式系统开发的流程图



§ 4.2 设计步骤

2.9 现场试运行

九、现场试运行

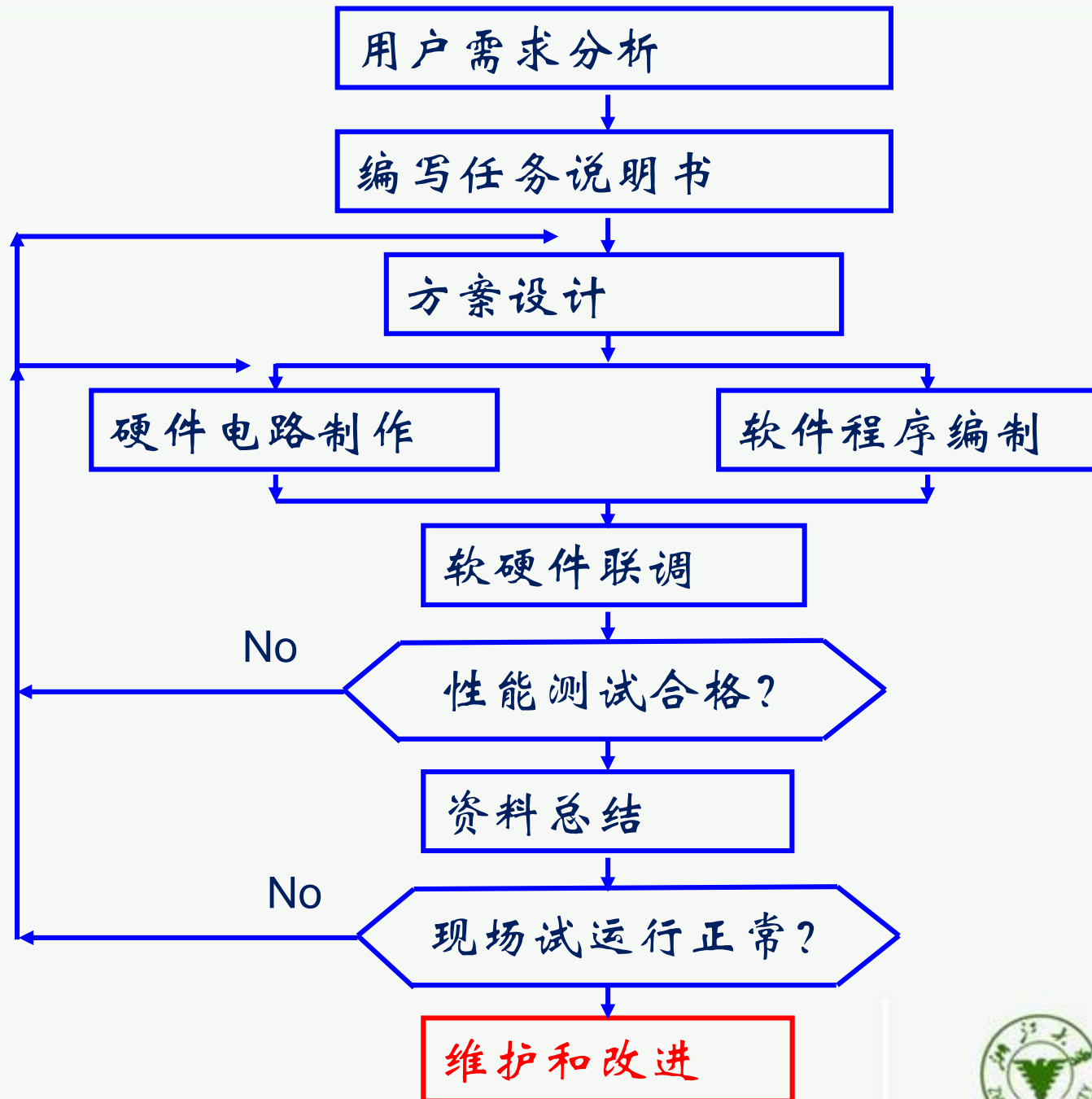
- 1) 原理样机在实验室或生产厂家完成开发测试后，还需要进行现场测试。有些设计缺陷、样机的环境适用性等必须在现场运行后才能发现；
- 2) 发现问题后还需要不同程度的改进或返工；
- 3) 样机只有通过实际应用场合的长时间考验，才算真正的开发成功，才能称为产品。



浙江大学

Zhejiang University

嵌入式系统开发的流程图



§ 4.2 设计步骤 2.10 系统维护和改进

十、维护和改进

- 1) 产品维护通常由生产厂家来完成，但有时较为深入的技术问题需要产品的开发者协助解决；
- 2) 产品有一个生命周期，当他的功能不能满足使用者的需要时，就需要改进或研制同类新产品；
- 3) 研发人员对产品的维护和改进责任通常在开发合同中约定。



浙江大学

Zhejiang University

§ 4 嵌入式系统的设计方法

§ 4.1 设计准则

§ 4.2 设计步骤

§ 4.3 开发平台

§ 4.4 测试技术

§ 4.5 主要性能

§ 4.6 设计素材



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.3 开发平台

4.1 开发平台组成

一、开发平台的组成

- 1) 开发平台：由开发工具和应用资源组成；
- 2) **开发工具**：包括仿真环境（仿真器、计算机、开发软件）、烧写器以及其它辅助调试的工具等，其中最重的是仿真器和软件开发环境IDE；
- 3) **应用资源**：包括单片机厂家提供的子程序库、部件的应用实例等资料，以及设计者在开发过程中不断积累的软件模块、硬件方案（被实践验证是正确的资料）。



§ 4.3 开发平台

3.2 仿真器功能

二、仿真工具

- 1) 功能：仿真器与计算机、配套的软件集成开发环境(IDE)一起协调工作，**相当于一个运行状态可以人为控制的单片机**，实现断点设置、变量观察修改；应用程序的编辑、编译、连接、下载等功能
- 2) 仿真器技术：Bondout、HOOKS、JTAG技术
- 3) JTAG的优点：结构简单、成本低、通用性好；
- 4) JTAG的实现：芯片中嵌入JTAG调试模块，配合JTAG仿真器和IDE来实现仿真调试；
- 5) JTAG仿真器种类：并口下载头、并口仿真器、USB接口的仿真器等。



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.3 开发平台

三、实验开发平台组建

- 1) 在计算机上安装MDK
- 2) 安装J-LINK仿真器的驱动程序
- 3) 连接硬件系统
- 4) 建立第一个工程文件



浙江大学

Zhejiang University

§ 4 嵌入式系统的设计方法

§ 4.1 设计准则

§ 4.2 设计步骤

§ 4.3 开发平台

§ 4.4 测试技术

§ 4.5 主要性能

§ 4.6 设计素材



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.4 测试技术

4.1 测试原因

一、测试原因

1) 纠正软件错误

寻找软件中的错误，实现预定的功能；

2) 减少风险

有缺陷的产品流入市场，当缺陷暴露的时候，

修复的代价会非常高；

3) 提高性能

找到并清除无效代码，帮助确认软件是否已经

完全挖掘出硬件潜力，从而优化应用软件。

§ 4.4 测试技术 4.2 测试内容

二、测试内容

1) 功能测试

是否到达设计任务书中的规定内容；

2) 覆盖测试

测试软件中的每一个子程序或功能模块，发现并纠正错误；

3) 可靠性测试

在各种可能出现的干扰环境下(模拟环境或现场环境)，如电磁干扰、电源波动等，考察样机能否正常运行。



浙江大学

ZheJiang University

§ 4.4 测试技术 4.3 测试方法

三、测试方法

1) 开发过程中的测试

简单、效果好，设计者采用；

2) 黑盒测试

不考虑内部细节，在输入端加激励，分析输出端响应，用于功能测试，用户或设计者采用。

3) 灰盒测试

需要知道与测试相关的部分程序，有时需要插入供测试用的指令，测试完毕后清除。用于覆盖测试或功能测试，一般设计者采用。



浙江大学
Zhejiang University

§ 4 嵌入式系统的设计方法

§ 4.1 设计准则

§ 4.2 设计步骤

§ 4.3 开发平台

§ 4.4 测试技术

§ 4.5 主要性能

§ 4.6 设计素材



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.5 主要性能

5.1 精度

一、精度指标

- 1) 在实现指定功能后，对于计量设备，就有精度的要求；
- 2) 精度用相对百分比误差来表示，并规定若干个精度等级，如 0.5, 1.0 等；
- 3) 模拟仪表的高精度通过深度负反馈来实现；
- 4) 数字式仪表的高精度通常采用高精度元器件和软件参比补偿的办法来实现。



§ 4.5 主要性能

5.2.1 可靠性定义

二、可靠性

1) 嵌入式系统在规定的环境条件下(气候、机械及电磁环境等)和规定时间内完成规定功能的能力在不同的场合可用不同的指标表示:

2) 平均故障间隔时间(MTBF)

硬件MTBF由厂家或设计者提供, 可以计算;

软件MTBF用FITS(一亿小时中发生故障的总数)

3) 平均修复时间(MTTR)

4) 有效性: $MTBF/(MTBF+MTTR)$

5) 故障时间: 每年的故障时间是一个理解可用性的直观方法。



浙江大学

Zhejiang University

§ 4.5 主要性能

5.2.2 失效模式

三、失效模式

1) 硬件失效：引起原因有设计失误、初期失效率、随即故障、疲劳故障等；

2) 软件失效：

通过追踪软件在系统中的缺陷密度来确定，用每千行代码的缺陷数来衡量；

相关因素有软件编写过程、软件大小、设计者的经验、重复使用稳定代码的比例、发货前的测试次数等；

3) 运行异常：受到干扰后，硬件或软件都有可能产生不稳定，表现为系统功能的异常。



浙江大学
Zhejiang University

§ 4.5 主要性能

5.2.3 可靠性措施

四、提高可靠性的设计方法

1) 提高硬件可靠性

采用优质元件、元器件的降额使用、元器件的冗余。

2) 提高软件可靠性

软件的在线自检、软件容错技术(如恢复模块设计、N个模块的冗余设计)。

3) 提高抗干扰能力 (EMC目前的热点)

硬件设计阶段就要考虑干扰侵入的途径, 并采取措
施, 如隔离、屏蔽等; 软件措施有重复刷新寄存器的数
值、端口的数值; 数值滤波、平均、限幅; 人工智能设
别技术等。



浙江大学

ZheJiang University

五、性价比

1) 高性价比是成功的产品重要指标;

2) 三类产品对性价比的不同要求:

民用: 在保证性能的前提下, 重点控制价格

工业: 以性能为主, 适当考虑价格;

军用: 性能第一, 价格因素不是很重要;

§ 4 嵌入式系统的设计方法

§ 4.1 设计准则

§ 4.2 设计步骤

§ 4.3 开发平台

§ 4.4 测试技术

§ 4.5 主要性能

§ 4.6 设计素材



浙江大学

Zhejiang University

设计方法小结

- 嵌入式系统的定义
 - 嵌入式系统的特点和分类
 - 嵌入式系统的组成模型
-
- 设计准则
 - 设计步骤
 - 开发平台
 - 测试技术
 - 主要性能
 - 设计素材

设计方法小结

要设计一个好的嵌入式系统：

- 1) 掌握设计方法和技巧
- 2) 充分了解应用场合的特性
- 3) 不断地积累设计素材、开发经验

谢谢！

