

# 嵌入式系统重点整理

By 苏沐七

注：此重点个人整理，仅供参考，出现重点中没有但考到的知识点，本人概不负责。要想高分建议直接背书。

## 第一章

### 1.1 嵌入式系统的概念

1.IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义：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。

2.微机学会的定义：嵌入式系统是以嵌入式应用为目的的计算机系统可分为系统级、板级、片级。

3.一般定义：嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可裁剪，对功能、可靠性、成本、体积、功耗有特殊要求的专用计算机系统。

### 1.4 嵌入式系统的组成

嵌入式系统的硬件是以嵌入式处理器为中心，由存储器、I/O 设备、通信模块以及电源等必要的外围接口组成。

嵌入式处理器按技术特点，分为嵌入式微处理器、嵌入式微控制器、嵌入式数字信号处理器、嵌入式片上系统、嵌入式双核处理器和嵌入式多核处理器 6 类。

嵌入式存储器包括内部存储器（内存）和外部存储器（外存）。

内部存储器按照掉电后数据是否消失，分为易失性存储器和非易失性存储器。

易失性存储器：SDRAM、DRAM

非易失性存储器：ROM、EPROM、EEPROM、Flash

嵌入式系统软件结构一般包含 4 个层面，即板级支持包、嵌入式操作系统、中间件和应用软件。

## 1.5 嵌入式系统的分类

### 1.按处理器位宽分类

按处理器位宽可将嵌入式系统分为 4 位、8 位、16 位和 32 位系统。

### 3.按实时性分类

根据实时性要求，可将嵌入式系统分为硬实时系统和软实时系统两类

【在硬实时系统中，系统要确保事件在规定期限内得到及时处理，否则会导致致命的系统错误。】

【在软实时系统中，从统计的角度看，到达系统的事件能够在截止时间前得到处理，但系统不能时刻都满足这样的条件，当截止时间到达但事件偶尔没有得到及时处理，并不会带来致命的系统错误。】

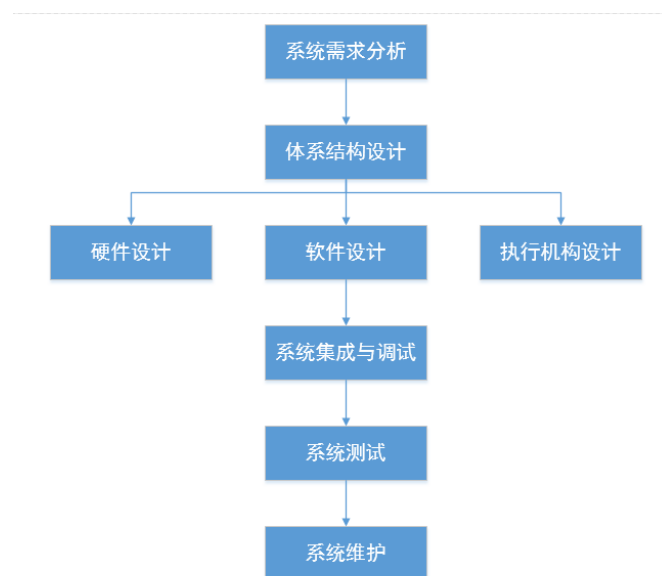
## 1.6 嵌入式系统的应用

1.信息家电 2.交通管理 3.商业领域 4.工业控制 5.环境工程与自然 6.机器人

# 第二章

## 2.1 嵌入式系统设计模型和设计步骤

1 系统需求分析 2 系统设计 3 系统集成与调试 4 系统测试 5 系统维护



## 2.3 系统设计

系统设计阶段是根据系统需求分析的结果，设计出满足用户需求的嵌入式系统产

品。系统设计主要包括体系结构设计、硬件平台的选择、软件平台的选择、硬件和软件的划分、嵌入式系统设计方法 5 个方面。

### 2.3.3 软件平台的选择 (第二次画的部分) (必考一题, 大概是简答)

操作系统的选择主要需要考虑到以下几个方面。

- (1) 操作系统本身所提供的开发工具。
- (2) 操作系统向硬件接口移植的难度。
- (3) 操作系统的内存要求。
- (4) 开发人员是否熟悉此操作系统及提供的系统 API。
- (5) 操作系统是否提供硬件的驱动程序, 如网卡驱动程序等。
- (6) 操作系统是否具有可裁剪性。
- (7) 操作系统的实时性能。

## 2.5 系统测试

### 2.5.1 嵌入式系统的测试方法

一般来说, 嵌入式系统测试有黑盒测试和白盒测试两种方法。

1. 黑盒测试也称为功能测试。一般包括三方面内容: (1) 极限情况测试 (2) 边界测试 (3) 异常测试
2. 白盒测试又称为覆盖测试。一般包括三方面内容: (1) 语句测试 (2) 判定或分支覆盖 (3) 条件覆盖

### 2.5.3 嵌入式系统的测试策略

嵌入式软件测试分为以下几种方法 1.单元测试 2.集成测试 3.系统测试和确认测试

## 第三章

## 3.1 嵌入式系统的硬件组成

嵌入式系统的硬件部分一般由处理器、存储器、附属电路与 I/O 模块组成。

### 3.1.2 存储器

SRAM、DRAM、EEPROM、Flash、FRAM

### 3.2.1 嵌入式微处理器

目前市场上主流的嵌入式微处理器产品包括 ARM、PowerPC、MIPS 等系列。

### 3.2.5 嵌入式处理器的发展

按照字长将嵌入式处理器划分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位 5 个不同的等级。48 通常面向低端应用设计，16 位用于比较精密的应用，3264 用于计算强度很大的应用。【4：玩具、遥控器 8：空调，传真机 16：手机，摄像机 32：路由器，数码相机 64：新型电视游戏机、高级工作站】

## 3.3SoC 嵌入式处理器

SoC (System on Chip, 片上系统) 是指在单一硅芯片上实现信号采集、转换、存储、处理和 I/O 等功能，从而实现一个系统的功能。

## 3.4 典型的嵌入式处理器

ARM 系列：ARM7、ARM9

PowerPC 系列

MC68HC12 系列

ColdFire 系列

X86 系列

Intel8051 系列微控制器

Microchip 系列微控制器

### 3.5.1 ARM 处理器的运行模式

ARM 微处理器支持 7 种运行模式

- 1 用户模式 (usr): ARM 处理器正常的程序执行状态。
- 2 快速中断模式 (fiq): 用于高速数据传输或通道处理。
- 3 外部中断模式 (irq): 用于通用的中断处理。
- 4 管理模式 (svc): 操作系统使用的保护模式。
- 5 数据访问终止模式 (abt): 当数据或指令预取终止时进入该模式, 可用于虚拟存储及存储保护。
- 6 系统模式 (sys): 运行具有特权的操作系统任务。
- 7 未定义指令终止模式 (und): 当未定义的指令执行时进入该模式, 可用于支持硬件协处理器的软件仿真。

大多数的应用程序运行在用户模式下, 当处理器运行在用户模式下时, 某些被保护的系统资源是不能被访问的。除用户模式外, 其余 6 种模式称为“非用户模式”或“特权模式”; 特权模式中除系统模式外的 5 种模式又称为异常模式。

### 3.5.2 ARM 微处理器的工作状态

除了支持执行效率很高的 32 位 ARM 指令集以外, 大部分 ARM 微处理器也支持 16 位 Thumb 指令集。Thumb 指令集是 ARM 指令集的一个子集。

从编程的角度看 ARM 有两种工作状态: 当处理器在执行 ARM 程序段时, 称其处于 ARM 状态, 当处理器在执行 Thumb 程序段时, 称其处于 Thumb 状态。程序执行过程中, 微处理器可以随时在两种工作状态之间切换, 而且处理器工作状态的切换并不影响处理器的工作模式和相应寄存器中的内容。

ARM 指令集和 Thumb 指令集中均设置了切换处理器状态的指令。

1、BX，带状态切换的跳转指令，其格式为“BX 目标地址”。【该指令跳转到指令中所指定的目标地址，目标地址处的指令既可以是 ARM 指令，也可以是 Thumb 指令。如果目标指令与 BX 指令属于不同的指令集，则完成了切换。】

2、BLX，带返回和状态切换的跳转指令，其格式为“BLX 目标地址”。【该指令跳转到指令中所指定的目标地址，并将处理器的工作状态由 ARM 状态切换到 Thumb 状态，同时将 PC 当前内容（即返回地址）保存到特定的寄存器中。因此，当子程序使用 Thumb 指令集，而调用者使用 ARM 指令集时，可以通过 BLX 指令实现子程序的调用和处理器工作状态的切换。同时，子程序的返回可以通过将特定寄存器的值复制到 PC 中来完成。】

#### 3.5.4 ARM 微处理器的寄存器组织

ARM 微处理器共有 37 个 32 位寄存器，其中 31 个通用寄存器，6 个状态寄存器。

#### 3.5.5 ARM 微处理器的异常处理机制

##### 1. ARM 体系结构所支持的异常类型

复位、未定义指令、软件中断、指令预取终止、数据终止、IRQ、FIQ

异常优先级：1 复位，2 数据终止，3 FIQ，4 IRQ，5 预取指令终止，6 未定义指令和 SWI

##### 2. 异常的响应和返回（盲猜考一道综合题）

当一个异常出现后，ARM 微处理器会执行以下几步操作

（1）将下一条指令的地址存入相应连接寄存器 LR，以便程序在处理异常返回时能从正确的位置重新开始执行。若异常是从 ARM 状态进入，LR 寄存器中保存的是下一条指令的地址（当前 PC+4 或 PC+8，与异常的类型有关）；若异常是从

Thumb 状态进入，则在 LR 寄存器中保存当前 PC 的偏移量，这样，异常处理程序就不需要确定异常是从何种状态进入的。

(2) 将 CPSR 复制到相应的 SPSR 中。

(3) 根据异常类型，强制设置 CPSR 的运行模式位。

(4) 强制 PC 从相关的异常向量地址取下一条指令执行，从而跳转到相应的异常处理程序处。

异常处理完毕之后，ARM 微处理器会执行以下几步操作从异常状态返回。

(1) 将连接寄存器 LR 的值减去相应的偏移量后送到 PC 中。

(2) 将 SPSR 复制回 CPSR 中。

3、若在进入异常处理时设置了中断禁止位，要在此清除。

## 第四章

4.1.1 I/O 接口电路的组成 (第二次画的部分) (盲猜必考，大概是简答)

I/O 接口电路必须提供以下基本功能

1、数据缓冲功能

2、接收和执行 CPU 命令的功能

3、信号电平转换的功能。

4、数据格式变换的功能，如串行与并行的转换，8 位与 16 位、32 位数据格式的转换等

5、设备选择功能

6、中断管理功能

按照上述功能要求，I/O 接口电路在结构上至少应包含信息缓存、逻辑控制、与外设的连接三个功能模块。

#### 4.1.2 I/O 接口电路的编址方式

一般来说，I/O 端口地址的编址方式有统一编制和独立编制两种。

#### 4.1.3 I/O 接口电路的数据传送方式

##### 1 程序查询方式

效率低、速度慢。

##### 2 程序中断方式

效率有所提高，功能有所增强，但是速度还是不够快。

##### 3 直接内存访问（DMA）方式

目前常用的 DMA 方式有三种：数据块传送方式、周期挪用方式和交替访存方式。

特点：CPU 和 DMA 会竞争总线使用权，需要仲裁机制，并行工作大大提高效率，会被 CPU 初始化，要向 CPU 提出中断请求对内存缓冲区进行处理。

## 4.2 定时器/计数器

按照实现方式的不同，定时可以分为软件定时和硬件定时。软件定时通过执行一段循环程序而产生一定时间的等待。硬件定时通过可编程电路实现。

#### 4.4.3 USB 接口

USB 总线实质上是一种主从结构的总线。为了在主机和设备之间进行可靠的通信，主机采用轮询机制逐个设备进行查询通信。

传输方式：控制传输（双向传输）

设置事务由 SETUP 令牌包、DATA0 数据包以及可选的 ACK 握手包组成。

IN 数据事务由 IN 令牌包、DATA0/1 数据包（可选的）和握手包（可选）组成。

OUT 数据事务由 OUT 令牌包、DATA0/1 数据包和握手包（可选的）组成。

#### 4.USB 总线设备枚举



当一台 USB 设备初次连接到 USB 系统中后，需要通过 8 个步骤来完成初始化。

(可能是选填)

#### 4.4.5 I<sup>2</sup>C 总线接口

I<sup>2</sup>C 总线在传送数据过程中共有三种类型的信号，他们分别是开始信号、结束信号和应答信号。

### 4.6 中断接口

几乎所有的外围设备都需要通过中断来实现或管理于主机之间的数据交换。

中断应被广泛地应用于各种嵌入式系统中。

计算机系统中，引起中断的事件或者原因被称为中断源，意指发出中断请求的来源。中断源包括内部中断与外部中断两类。内部中断是由处理器执行的指令所引起的，也叫软件中断。外部中断则是由处理器以外的硬件部件起的，也被称作硬件中断。

## 第五章

系统结构自下而上，通常分为以下 4 个层次（第五章唯一知识点）

硬件、操作系统、中间件、应用层程序

## 第六章

### 6.2.2 开放式系统互连模型

国际标准化组织（ISO）针对网络提出了注明的 7 层开放式系统互联（OSI）模型

1 物理层	2 数据链路层	3 网络层	4 传输层	5 会话层
6 表示层	7 应用层			

### 6.2.3 通信方式

报文在网络设备之间的传递方式主要有请求/应答方式和推移方式。

### 6.3.3 网络分配与调度

对于 I/O 密集型系统和计算密集性系统，应采用什么策略进行嵌入式系统的设计？（划的题）（大概率考简答/综合）

#### I/O 密集型系统

- 1 编制 I/O 设备的详细清单。
- 2 根据预算，确定哪个任务需要具有很短的进程期限，并判断网络传输是否能满足需求。
- 3 确定哪些任务处理元素或网络接口。
- 4 分析通信时间，确定关键性通信是否可能相互影响，确定为了达到通信的实现要求，是否需要使用复杂网络或多个网络。
- 5 为 I/O 设备分配所需的最小数量的处理设备。
- 6 用计算密集型系统的设计步骤设计系统的其他部分。

#### 计算密集性系统

- 1 从具有最短进程期限的任务开始，任务的进程期限越短，越有可能单独需要一个或多个处理设备。
- 2 分析通信时间，确定关键性通信是否可能相互影响。
- 3 尽可能把低优先级任务分配到共享的处理设备上。

### 6.4.4 TCP/IP

TCP/IP 通常被认为是一个 4 层协议系统。4 层如下

- 1 应用层
- 2 传输层（有 TCP 和 UDP 两种传输协议）
- 3 网络层

## 4 网络接口层

### (5) 硬件

嵌入式系统通过什么方式接入互联网（划的问题）（必考）

两种方法：

- 1 利用 NIC（网络控制器/网卡）实现网络接口，由系统软件提供其他所需协议。
- 2 在嵌入式系统开发时，利用具有协议栈结构的微控制器芯片和物理层的接收器来实现网络接口。

# 第七章

## 7.2.2 实时操作系统的基本概念（重点，老师上课说这一段都很重要）

根据超过限制时间后系统计算结果的有效性，分为硬实时系统和软实时系统两类

实时操作系统可以分为两种：一般实时操作系统和嵌入式实时操作系统。一般实时操作系统应用于实时处理系统的主机和实时查询系统等实时性较弱的实时系统，并且提供了开发、调试、运用一致的环境。嵌入式实时操作系统应用于实时性要求高的实时控制系统，而且应用程序的开发过程是通过交叉编译开发环境来完成的，即开发环境与运行环境是不一致的。嵌入式实时操作系统具有所占存储空间小、可固化使用、实时性强的特点。

通常认为实时操作系统应具备：

- 1 异步事件响应能力
- 2 任务切换时间和中断延迟时间确定
- 3 基于优先级的中断和抢占式调度
- 4 内存锁定

## 5 同步互斥

嵌入式实时系统的软件系统应具备以下几点

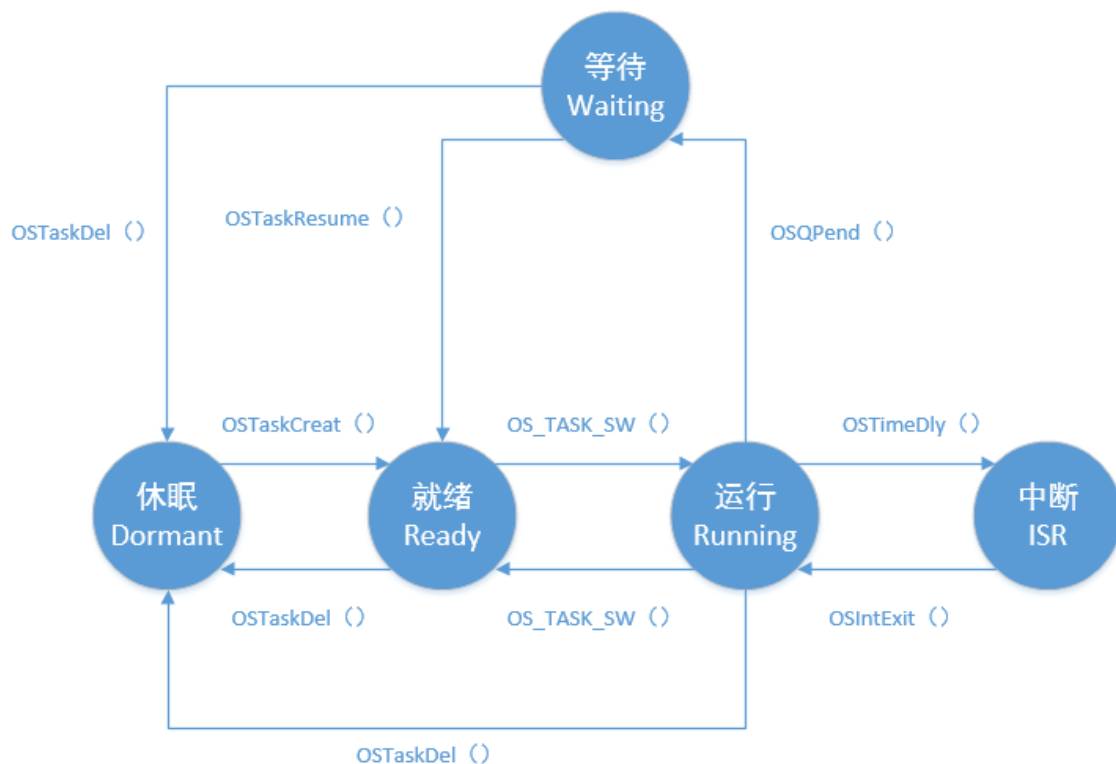
- 1、实时性
- 2、有处理异步并发事件的能力
- 3、快速启动并有出错处理和自动复位功能
- 4、嵌入式实时软件是应用程序和操作系统两种软件的一体化程序
- 5、嵌入式实时软件的开发需要独立的开发平台

## 7.3 常用的嵌入式操作系统（老师说简单看一下）

（标注要看一下哪些）：嵌入式 Linux, VxWorks, Windows CE, Nucleus PLUS,  $\mu\text{c}/\text{OS}-\text{II}$ , Symbian OS, QNX

### 7.4.3 $\mu\text{c}/\text{OS}-\text{II}$ 任务管理

$\mu\text{c}/\text{OS}-\text{II}$  的任务共有 4 种状态（图是重点，要求能够列出一种转换的命令或图形）睡眠态、就绪态、运行态、挂起态



#### 7.4.6μc/OS- II 任务之间的通信与进步

μc/OS- II 中提供了三种特殊数据共享和任务通信的方法：信号量、邮箱和消息队列。

## 第八章

表 8.1GCC 默认处理的文件

文件类型	扩展名	文件说明
文本文件	*.C	C 语言源文件
	*.C、*.cxx、*.cc	C++语言源文件
	*.i	预处理后的 C 语言源文件
	*.ii	预处理后的 C++语言源文件
	*.s、*.S	汇编语言
	*.h	头文件

二进制文件	.o	目标文件
	.so	动态库（共享库）
	.a	静态库（归档文件）

## 第九章

### 9.1.1 嵌入式 Linux 系统的组成

基于嵌入式 Linux 的系统一般来说由三个部分组成：BootLoader、Linux 内核、根文件系统。

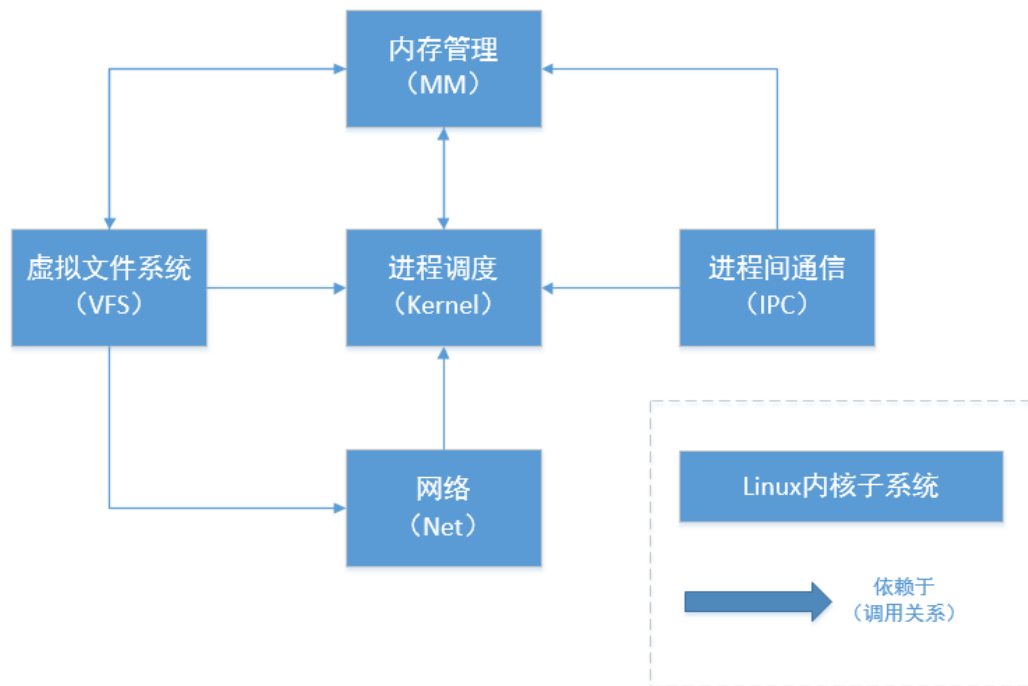
### 9.4.1Linux 下的文件系统

文件系统是 UNIX 系统最基本的资源。文件系统是文件存放在磁盘等存储设备上的组织方法。主要体现在对文件和目录的组织上。

## 第十章

Linux 的内核从逻辑上可以分为 5 个部分

1 进程调度 2 进程间通信 3 内存管理 4 虚拟文件系统 5 网络



## 第十一章

### 11.1.1 Linux 驱动程序的种类（可能考一道大题）

设备驱动程序是内核的一部分，主要完成以下功能：

- 1 对设备初始化和释放
- 2 把数据从内核传送到硬件和从硬件读取数据
- 3 读取应用程序传送给设备文件的数据和回送应用程序请求的数据
- 4 检测和处理设备出现的错误

Linux 操作系统的驱动程序分为三种基本的类型：

字符设备、块设备、网络设备

## 第十二章

### 12.2.7 评估测试的覆盖率

可以通过软件方法或硬件工具评估测试的覆盖率。常用的评估方法包括插桩和执行测试语句。

### 1、 软件插桩

【在实际的软件代码中插入测试代码，这些测试代码仅在软件测试过程中使用，在发行版本中会被删除。】

### 2、 测试语句的执行

【通过判定覆盖（DC）和修改条件覆盖（MCDC）这两种更加严格的覆盖率测量技术改进语句覆盖测试效果。】

### 3、 硬件插桩

【借助仿真存储区、逻辑分析仪、在线仿真器（ICE）等专用硬件设备测量测试覆盖率。】

填空 20

单选 20

简答 8\*5

综合题 10\*2