第一章 嵌入式系统概述

第一节 嵌入式操作系统概念

一、嵌入式系统的定义和特点

嵌入式系统的基本概念

嵌入式系统与传统计算机系统的区别

嵌入式系统的应用场景

二、嵌入式操作系统的分类

第二节 实时操作系统的特点和要求

一、实时性与确定性

1. 硬实时系统与软实时系统的区别

2. 确定性的重要性及其在实时系统中的应用

3. 实时性与系统响应时间的关系

二、任务调度算法

三、优先级反转与优先级继承

1. 优先级继承机制的原理

2. 优先级反转现象的解释和示例

第三节 实时操作系统的特点和要求

一、处理器类型

二、外设接口和通信

第四节 嵌入式实时操作系统设计原则

一、调度延迟和抖动

1. 调度延迟的影响因素及优化方法

2. 系统抖动的定义与消除方法

3. 影响实时性的因素分析

二、响应时间分析

第五节 嵌入式系统的中外发展情况

一、嵌入式系统的国外发展状况

二、嵌入式系统的国内发展状况

第二章 FreeRTOS的移植与配置

第一节 FreeRTOS的移植步骤和要求

一、硬件抽象层的配置

1. 硬件抽象层的基本概念

2. 配置FreeRTOS所需的硬件抽象层

二、时钟配置

1. 系统时钟源的选择与设置

2. 时钟配置的调试和验证方法

三、中断配置

四、启动文件的修改

五、内存映射

1. 内存区域的划分与使用

2. 配置FreeRTOS内存管理的相关参数

第二节 在STM32平台上移植FreeRTOS

一、Cortex-M架构处理器的体系结构

二、移植FreeRTOS的步骤和方法

三、系统时钟和中断配置的要点

四、低功耗管理相关配置

第三章 FreeRTOS中的任务管理

第一节 任务的基本概念

一、任务的生命周期

1. 任务的创建和初始化过程

2. 任务的执行状态与切换条件

3. 任务的销毁与资源回收

二、任务状态

1. 运行状态

2. 就绪状态

3. 阻塞状态

4. 挂起状态

5. 删除状态

第二节 任务的创建和删除

一、任务创建API

二、任务删除API

第三节 任务调度与管理

一、任务优先级管理

二、任务切换

1. 任务切换的触发条件

2. 任务切换的上下文保存与恢复

3. 任务切换的效率优化

三、时间片轮转调度

1. 时间片轮转调度的基本原理

2. 时间片长度的设置与影响

3. 时间片轮转调度在实时操作系统中的应用

第四节 任务的同步和通信

一、信号量的使用

二、互斥量的使用

三、消息队列的操作

1. 创建和删除消息队列

2. 发送和接收消息

3. 检查队列状态和异步通知机制

四、事件组的操作

1. 事件组的概念与基本操作

2. 事件组与任务同步的结合使用

3. 事件组的常见应用场景

第五节 任务的监控和管理

一、任务状态监控

二、任务堆栈监控

1. 任务堆栈的分配与管理

2. 堆栈溢出检测与处理

3. 堆栈监控工具的使用

三、任务统计和性能分析

第四章 FreeRTOS的中断和时间管理

第一节 中断管理

一、中断向量表

1. 中断向量表的结构与用途

2. 中断向量表的初始化与配置

二、中断嵌套与优先级

1. 中断嵌套的概念与机制

2. 设置中断优先级的规则和方法

3. 中断嵌套的管理与调试

三、中断服务例程

第二节 时间管理

一、系统时钟与滴答定时器

1. 系统时钟的配置与校准

2. 滴答定时器的作用与实现

二、软件定时器

1. 软件定时器的创建与启动

2. 取消和重启软件定时器

3. 软件定时器的回调函数编写

三、时间片管理

1. 时间片调度的基本原理

2. 时间片管理在FreeRTOS中的配置与调整

第三节 中断和时间管理的优化

一、中断延迟优化

1. 优化中断优先级配置

2. 最小化中断服务例程的执行时间

二、定时器优化

1. 精确控制硬件和软件定时器

2. 定时器在实时性要求下的配置策略

3. 优化定时器的响应时间

三、实时性分析

1. 任务和中断响应时间的评估方法

2. 提高系统实时性的综合优化措施

第五章 任务的同步与通信

第一节 任务同步机制

一、信号量的使用

1. 使用信号量实现任务间的资源共享

2. 信号量与中断的结合使用

二、二值信号量

三、计数信号量

四、互斥量的使用

五、递归互斥量

第二节 任务通信机制

一、消息队列

1. 消息队列的创建和管理方法

2. 发送和接收消息的基本操作

二、事件组的操作

1. 事件组的基本功能和使用方法

2. 事件位的设置、清除与等待操作

三、流缓冲区

1. 流缓冲区的创建与初始化

2. 流缓冲区的数据读写操作

1. 数据缓冲区

1.数据缓冲区的概念和结构

2. 数据缓冲区的读写操作方法

第三节 任务间的协作与调度

一、优先级继承机制

1. 优先级继承的原理

2. 优先级继承的实现

二、优先级反转问题

1. 优先级反转问题的定义和影响

2. 优先级反转的检测与解决方法

三、调度延迟优化

1. 调度延迟的原因分析

2. 优化调度延迟的技术和方法

第六章 动态内存管理

第一节 内存管理方式

一、静态内存分配

1. 静态内存分配的基本概念与方法

2. 静态内存分配的优缺点

1. 动态内存分配

1. 动态内存分配的基本原理

2. FreeRTOS中的动态内存分配函数

3. 动态内存分配带来的内存碎片问题及其管理

1. 内存池管理

1.内存池的概念和结构

2.内存池的创建与管理

第二节 内存分配算法

一、首次适应算法

二、最佳适应算法

三、最坏适应算法

第三节 内存管理的优化策略

一、内存池优化

1. 内存池大小的配置与优化

2. 内存池碎片化问题的解决策略

二、内存回收机制

1. 内存回收的基本概念与方式

2. 自动和手动内存回收策略

3. 内存回收的性能影响及其优化

三、垃圾回收

第七章 FreeRTOS的裁剪与优化

第一节 内核裁剪的策略

一、任务调度相关模块优化

二、定时器模块的优化

三、模块裁剪技巧

1. 减少代码大小

2. 精简API接口

3. 移除不使用的宏定义

第二节 系统性能优化

一、内存使用优化

1. 静态内存分配的应用和调整

2. 优化任务堆栈和数据结构的内存占用

3. 使用内存池减少内存碎片

二、任务切换优化

1. 优化任务切换的上下文保存与恢复

2. 减少任务切换频率以提升系统性能

3. 合理设置任务优先级和调度间隔

三、中断处理优化

1. 缩短中断服务例程的执行时间

2. 优化中断优先级配置以减少延迟

3. 使用中断嵌套和优先级调度提高实时响应性

四、实验（实践）环节及要求

1. 实验名称：FreeRTOS的移植与配置实验

本实验要求学生在STM32开发板上移植FreeRTOS。通过配置硬件抽象层（HAL）、系统时钟和中断向量表，学生需要确保FreeRTOS正确运行。实验要求学生完成移植过程的每一步，并通过LED灯闪烁或串口输出的方式验证移植是否成功。

2. 实验名称：FreeRTOS任务创建与调度管理实验

本实验要求学生创建多个FreeRTOS任务，并设置不同的优先级和调度策略。学生需要使用任务创建API来生成任务，并利用优先级调整和时间片轮转来管理任务调度。实验要求能够观察和验证不同任务的执行顺序和调度行为，并通过FreeRTOS调度器的行为分析理解调度机制。

3. 实验名称：中断管理与时间管理实验

本实验要求学生配置FreeRTOS中的中断服务例程（ISR）和时间管理机制。学生需要设置滴答定时器以驱动系统时钟，并创建软件定时器进行定时任务。实验要求学生能够使用中断触发器和定时器回调函数实现周期性任务和事件响应。

4. 实验名称：任务同步与通信机制实验

本实验要求学生在FreeRTOS中实现任务之间的同步与通信。学生需要使用信号量（包括二值信号量和计数信号量）、互斥量、消息队列和事件组等工具，实现两个或多个任务之间的同步与数据交换。实验要求学生能够使用不同的同步工具完成生产者-消费者模型的设计。

5. 实验名称：动态内存管理与优化实验

本实验要求学生掌握FreeRTOS中的动态内存分配和管理。学生需要使用不同的内存分配算法（如首次适应、最佳适应等）进行任务堆栈和内存块的管理。实验要求学生分析和优化内存分配策略，减少内存碎片，提高内存利用率，并确保系统在不同负载下的稳定性。

6. 实验名称：FreeRTOS的裁剪与系统性能优化实验

本实验要求学生根据特定应用需求对FreeRTOS内核进行裁剪，并优化系统性能。学生需要选择合适的模块进行裁剪，调整任务调度和定时器管理策略，并通过优化内存使用、任务切换和中断处理来提高系统的实时性和响应速度。实验要求学生测量和分析优化前后的系统性能差异。