

## 《嵌入式操作系统》本科课程教学大纲

## 一、课程基本信息

课程名称	(中文) 嵌入式操作系统				
	(英文) Embedded Operating System				
课程代码	2050610	课程学分		4	
课程学时	64	理论学时	48	实践学时	16
开课学院	信息技术学院	适用专业与年级		计算机大三	
课程类别与性质	专业选修课	考核方式		考查	
选用教材	主教材【何小庆等译. 嵌入式实时操作系统 UCOS-III 应用开发: 基于 STM32 微控制器 (第一版), 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.】 辅教材【刘火良等编著, uC/OS-III 内核实现与应用开发实战指南 (第一版), 北京: 机械工业出版社, 2020.】			是否为马工程教材	否
先修课程	程序设计基础 (C 语言)、数字逻辑电路、单片机原理与技术				
课程简介	<p>本课程主要讲述基于 STM32 微控制器芯片与实时操作系统 RTOS 的嵌入式系统开发, 其中包含嵌入式系统的开发方法、嵌入式系统的外设模块、嵌入式操作系统的原理、及其在 ARM Cortex 系列处理器平台上的移植应用。通过本课程理论教学及配套相关实验的学习, 使学生掌握嵌入式系统软硬件设计方法, 熟悉嵌入式软件开发的流程, 建立嵌入式多任务程序设计的基本思想。</p> <p>学生通过学习该课程, 了解实时操作系统的相关概念, 如任务管理、多任务调度、进程上下文切换、时间片轮转、任务间的同步与通信等, 掌握将实时操作系统 RTOS 移植到 ARM 平台的方法、熟悉 UCOS-III 实时操作系统的部分实现及其应用程序开发、掌握本课程配套研发的嵌入式操作系统 MOS、包括部分 Linux 内核设计与实现, 为学习后续课程和从事实际工作打下坚实的理论和实践基础。</p>				
选课建议与学习要求	<p>本课程是适用于计算机类专业的专业限选课, 本课程的基础是 C 语言程序设计、嵌入式软硬件设计等课程, 要求具有一定的嵌入式系统基础知识和 C 语言程序设计能力。</p>				

大纲编写人	程涛	制/修订时间	2023.12
专业负责人	戴智明	审定时间	2024.02
学院负责人		批准时间	

## 二、课程目标与毕业要求

### (一) 课程目标

类型	序号	内容
知识目标	1	理解 STM32 微控制器芯片、嵌入式实时操作系统的概念。
	2	掌握嵌入式操作系统的基本原理，包括设计与实现。
技能目标	3	了解嵌入式实时操作系统 UCOS-III 源代码结构。
	4	掌握嵌入式操作系统 MOS 源代码实现。
	5	熟悉 ARM Keil 开发与 FLYMCU 烧录工具，能使用串口调试助手查看嵌入式系统的日志。
素养目标 (含课程思政目标)	6	能熟练运用绘图工具画嵌入式系统硬件结构图，能熟练运用软件设计工具画嵌入式系统软件架构图。
	7	专业知识与德育元素自然和谐，明确爱国、诚信、敬业、友爱的精神，建立符合社会主义道德要求的价值观。
	8	专业知识与国家战略需要相结合，培养具有中国特色、世界眼光和国际素养的高素质工程技术人才。

### (二) 课程支撑的毕业要求

<p><b>L02 问题分析：</b>能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题，以获得有效结论。</p> <p>①具备对系统设计、软硬件开发等涉及到的复杂工程问题进行识别与判断，并结合专业知识进行有效分解的能力。</p>
<p><b>L03 设计/开发解决方案：</b>能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识。</p> <p>①对软硬件系统设计遇到的问题能进行调研并明确相关约束条件，针对系统设计完成需求分析。</p>
<p><b>L05 使用现代工具：</b>能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。</p> <p>①能熟练运用绘图工具，表达和解决计算机系统工程的设计问题。</p> <p>②能根据具体项目的特点和需求，选择合适的技术工具进行设计开发。</p>
<p><b>L08 职业规范：</b>具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范，履行责任。</p> <p>②具备责任心和社会责任感，懂法守法；注重职业道德修养。</p>

### (三) 毕业要求与课程目标的关系

毕业要求	指标点	支撑度	课程目标	对指标点的贡献度
L02	①	H	1. 理解 STM32 微控制器芯片、嵌入式实时操作系统的概念。	50%
			2. 掌握嵌入式操作系统的基本原理，包括设计与实现	50%
L03	①	H	2. 掌握嵌入式操作系统的基本原理，包括设计与实现	30%
			3. 了解嵌入式实时操作系统 UCOS-III 源代码结构	20%
			4. 掌握嵌入式操作系统 MOS 源代码实现	50%
L05	①②	M	5. 熟悉 ARM Keil 开发工具与 FLYMCU 烧录工具，能使用串口调试助手查看嵌入式系统的日志	50%
			6. 能熟练运用绘图工具画嵌入式系统硬件结构图，能熟练运用软件设计工具画嵌入式系统软件架构图	50%
L08	②	M	7. 专业知识与德育元素自然和谐，明确爱国、诚信、敬业、友爱的精神，建立符合社会主义道德要求的价值观	50%
			8. 专业知识与国家战略需要相结合，培养具有中国特色、世界眼光和国际素养的高素质工程技术人才	50%

### 三、课程内容与教学设计

#### (一) 各教学单元预期学习成果与教学内容


课程的主要教学内容，共分为十五讲，每讲的教学要求包括**了解、掌握、教学要点、教学难点、理论与实践课时**等五个部分。其中：**了解**为本讲知识点的概述；**掌握**为本讲知识点的一条主线；**教学要点**为本讲知识点的重心；**教学难点**顾名思义为本讲知识点的较难理解部分；最后是**理论课时与实践课时**，实践课时依据各讲知识点的实践重要性来安排，任课教师酌情调整。

#### 第 1 讲 嵌入式操作系统概述

##### 教学要求:

**了解:** 操作系统基本概念、嵌入式操作系统基本概念、以及嵌入式系统设计方法等。  
**掌握:** 嵌入式操作系统的基本架构。

##### 教学要点:

 操作系统架构

- ✚ 嵌入式操作系统特点
- ✚ 嵌入式操作系统设计方法
- ✚ 实时操作系统 RTOS
- ✚ 嵌入式 Linux 操作系统

**教学难点:**

- ◆ 嵌入式操作系统设计方法
- ◆ 嵌入式 Linux

理论课时数 4, 实践课时数 0。

第 2 讲  $\mu$ C/OS-III 实时操作系统

**教学要求:**

了解:  $\mu$ C/OS 操作系统的发展历史, 应用场景, 及其软件体系结构。

掌握:  $\mu$ C/OS 操作系统的移植和体系结构。

**教学要点:**

- ✚  $\mu$ C/OS 操作系统的历史
- ✚  $\mu$ C/OS 操作系统的移植要点
- ✚  $\mu$ C/OS-II 和  $\mu$ C/OS-III 的体系结构
- ✚  $\mu$ C/OS 的内核对象
- ✚  $\mu$ C/OS 的应用开发

**教学难点:**  $\mu$ C/OS 操作系统的体系结构。

理论课时数 4, 实践课时数 0。

第 3 讲 CPU 编程模型与多任务定义

**教学要求:**

了解: ARM Cortex-M4 CPU 是如何支持操作系统实现的, 比如 CPU 的寄存器组, 任务上下文的切换, NVIC 中断控制器等, 同时介绍多任务程序设计的相关概念。

掌握: ARM Cortex-M4 CPU 编程模型。

**教学要点:**

- ✚ ARM Cortex-M4 CPU
- ✚ NVIC 中断控制器
- ✚ GPIO 外设
- ✚ EXTI 外设
- ✚ 多任务概念

**教学难点:** ARM Cortex-M4 CPU 编程模型、多任务定义

理论课时数 4, 实践课时数 0。

第 4 讲 Project 目录与 IDE 工程构建

**教学要求:**

了解: ARM MDK Keil 开发工具, 以及工程构建。

掌握: 工程目录与编译工具, 软硬件调试技术。

**教学要点:**

- ✚ Project 目录的涵义
- ✚ IDE 工程构建
- ✚ ARM 编译工具链

✚ 开发流程

✚ 硬件调试

**教学难点：** IDE 工程构建与调试

理论课时数 2，实践课时数 2。

#### 第 5 讲 任务控制块与上下文切换

**教学要求：**

了解：RTOS 中任务控制块的概念。

掌握：任务控制块的结构与实现。

**教学要点：**

✚ 任务控制块

✚ 任务创建函数

✚ 上下文切换

✚ 系统初始化

✚ 系统启动

**教学难点：** 任务上下文切换与系统初始化。

理论课时数 8，实践课时数 2。

#### 第 6 讲 操作系统的时钟节拍

**教学要求：**

了解：CPU 内核中的计数器外设，以及系统节拍的驱动代码。

掌握：操作系统的时钟节拍。

**教学要点：**

✚ 什么是时钟节拍

✚ 时钟节拍 ISR

**教学难点：** 系统节拍的驱动与应用。

理论课时数 2，实践课时数 2。

#### 第 7 讲 Delay 函数与 Sleep 函数

**教学要求：**

了解：Delay 函数与 Sleep 函数的实现。

掌握：延迟与睡眠的概念。

**教学要点：**

✚ Delay 函数的实现

✚ Sleep 函数的实现

**教学难点：** Sleep 函数的实现。

理论课时数 2，实践课时数 2。

#### 第 8 讲 时间戳计数器

**教学要求：**

了解：时间戳的实现。

掌握：时间戳与计时概念。

**教学要点：**

✚ 时间戳计数器

✚ 简易计时 API

**教学难点：**DWT 时间戳计数器外设。

理论课时数 2，实践课时数 2。

第 9 讲 同步原语

**教学要求：**

了解：操作系统的同步原语（Synchronization Primitives）。

掌握：临界区与同步的概念。

**教学要点：**

- ✚ 临界区
- ✚ 原子操作
- ✚ 位带操作
- ✚ 互斥访问
- ✚ Patterson 算法
- ✚ 开关中断
- ✚ 开关抢占

**教学难点：**临界区与互斥访问的方法实现、性能分析。

理论课时数 4，实践课时数 0。

第 10 讲 任务的状态

**教学要求：**

了解：任务的基本状态。

掌握：任务调度相关数据结构。

**教学要点：**

- ✚ 任务状态
- ✚ 就绪列表
- ✚ 等待列表
- ✚ 调度实现
- ✚ 测试代码

**教学难点：**任务各状态的切换。

理论课时数 4，实践课时数 0。

第 11 讲 优先级调度算法与实现

**教学要求：**

了解：任务优先级的概念。

掌握：优先级调度算法的实现。

**教学要点：**

- ✚ 优先级的概念
- ✚ 优先级调度算法
- ✚ 优先级调度实现
- ✚ 测试代码

**教学难点：**优先级调度实现，优先级调度算法的拓展。

理论课时数 2，实践课时数 0。

### 第 12 讲 时间片调度算法与实现

#### 教学要求:

了解: 时间片的概念, 时间片调度算法的概念。

掌握: 时间片调度算法的实现。

#### 教学要点:

- ✚ 时间片的概念
- ✚ 时间片调度算法
- ✚ 测试代码

**教学难点:** 时间片调度算法, 时间片调度算法的拓展。

理论课时数 2, 实践课时数 2。

### 第 13 讲 任务管理的实现

#### 教学要求:

了解: 多任务的管理。

掌握: 任务的创建、删除、挂起、恢复。

#### 教学要点:

- ✚ 任务的删除
- ✚ 任务的挂起
- ✚ 任务的恢复

**教学难点:** 任务管理, 任务间通信。

理论课时数 2, 实践课时数 2。

### 第 14 讲 内核对象

#### 教学要求:

了解: 内核对象的概念。

掌握: 多任务同步技术。

#### 教学要点:

- ✚ 信号量
- ✚ 互斥量
- ✚ 消息队列
- ✚ 任务信号量
- ✚ 任务消息队列

**教学难点:** 任务间通信、任务间同步技术、内核对象拓展。

理论课时数 2, 实践课时数 2。

### 第 15 讲 综合实验

#### 教学要求:

了解: 讲解综合实验的要求。

掌握: 嵌入式操作系统的实现, 多任务程序设计。

#### 教学要点:

- ✚ 学生分组演示 (两人上台)
- ✚ 实现一个简易的嵌入式操作系统

**教学难点:** 综合实验的评估。

理论课时数 4, 实践课时数 0。



## (二) 教学单元对课程目标的支撑关系

教学单元	课程目标					
	1	2	3	4	5	6
1、嵌入式操作系统概述	√		√			
2、μC/OS-III 实时操作系统	√		√		√	√
3、CPU 编程模型与多任务定义	√				√	√
4、Project 目录与 IDE 工程构建		√			√	√
5、任务控制块与上下文切换		√		√		
6、操作系统的时钟节拍		√		√		
7、Delay 函数与 Sleep 函数		√		√		
8、时间戳计数器		√		√		
9、同步原语		√		√		
10、任务的状态		√		√	√	√
11、优先级调度算法与实现		√		√		
12、时间片调度算法与实现		√		√		
13、任务管理的实现		√		√		
14、内核对象		√		√		
15、实验部分		√		√	√	√

## (三) 课程教学方法与学时分配

教学单元	教与学方式	考核方式	学时分配		
			理论	实践	小计
1、嵌入式操作系统介绍	讲授方式	课堂提问	4	0	4
2、uC/OS-III 实时系统概述	讲授方式	作业、实验报告	4	0	4
3、CPU 编程模型与多任务定义	讲授方式	作业、小测验	4	0	4
4、Project 目录与 IDE 工程构建	讲授、实践	作业、小测验	2	2	4
5、任务控制块与上下文切换	讲授、实践	作业、实验报告	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
6、操作系统的时钟节拍	讲授、实践	作业、实验报告	2	2	4
7、Delay 函数与 Sleep 函数	讲授、实践	作业、实验报告	2	2	4

8、时间戳计数器	讲授、实践	作业、小测验	2	2	4
9、同步原语	讲授方式	课堂提问	4	0	4
10、任务的状态	讲授方式	实验报告	4	0	4
11、优先级调度算法与实现	讲授方式	实验报告	2	0	2
12、时间片调度算法与实现	讲授、实践	实验报告	2	2	4
13、任务管理的实现	讲授、实践	实验报告	2	2	4
14、内核对象	讲授、实践	实验报告	2	2	4
15、综合实验	项目方式	课堂提问	4	0	4
合计			48	16	64

#### (四) 课内实验项目与基本要求

序号	实验项目名称	目标要求与主要内容	实验时数	实验类型
1	Project 目录与 IDE 工程构建	1) Keil 的安装和建立开发模板 2) 建立无 RTOS 的 STM32 的工程模板 3) 建立带有 RTOS 的工程模板	2	①演示型
2	任务控制块与上下文切换	1) 掌握 RTOS 任务定义的实现 2) 在 RTOS 里面创建 3 个任务测试	2	②验证型
3	操作系统的时钟节拍、Delay 与 Sleep 函数	1) 掌握 UCOS 阻塞延时的实现 2) 掌握 UCOS 睡眠延时的实现 3) 编写 main 函数测试	4	②验证型
4	任务调度算法与实现、任务管理	1) 掌握 RTOS 任务调度算法的实现 2) 掌握 RTOS 任务管理的实现 3) 编写 main 函数测试	4	③设计型
5	综合实验	1) 参考 MOS 实现自己的操作系统 2) 支持多任务调度 3) 编写 main 函数测试	4	④综合型

实验类型：①演示型 ②验证型 ③设计型 ④综合型

#### 四、课程思政教学设计

- 1、结合国内外政治经济形式，融入社会主义核心价值观、优秀传统文化和现代文明成果等元素，让学生在掌握专业知识的同时，提升思想道德素质，树立正确的世界观、人生观和价值观。
- 2、结合国家战略需要，培养具有中国特色、世界眼光和国际素养的高素质工程技术人才。专业知识与德育元素自然和谐，明确爱国、诚信、敬业、友爱的精神，建立符合社

会主义道德要求的价值观。

3、结合国家卡脖子技术：芯片与操作系统，讲述本专业知识，激发学生的学习热情。

4、结合企业案例，培养学生的职业素养。

## 五、课程考核

总评构成	占比	考核方式	课程目标						合计
			1	2	3	4	5	6	
X1	20	课堂表现	10%	10%	20%	20%	20%	20%	100
X2	20	实验报告	10%	10%	20%	20%	20%	20%	100
X3	20	期中考试	10%	10%	20%	20%	20%	20%	100
X4	40	综合实践	10%	10%	20%	20%	20%	20%	100

### 评价标准细则（选填）

考核项目	课程目标	考核要求	评价标准			
			优 100-90	良 89-75	中 74-60	不及格 59-0
X1						
X2						
X3						
X4						

## 六、其他需要说明的问题

X4 综合实践的考核，请参考额外的考核细则，授课教师可酌情调整。