

## 《 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) Embedded Operating System				
	(英文) Embedded Operating System				
课程代码	2050400	课程学分		3	
课程学时	48	理论学时	16	实践学时	32
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	<p>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.】</p> <p>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.】</p>			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	2025.2.20
专业负责人	戴智明	审定时间	2025.2.21
学院负责人	矫桂娥	批准时间	2025.2.21

## 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。
	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。
素养目标 (含课程思政目标)	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>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>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>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%

### 三、实验内容与要求

#### (一) 各实验项目的基本信息

序号	实验项目名称	实验类型	学时分配		
			理论	实践	小计
1	嵌入式操作系统设计方法	②验证型	2	2	4
2	uC/OS-III 实时操作系统	②验证型	2	2	4
3	CPU 编程模型与多任务定义	②验证型	2	2	4
4	Project 目录与 IDE 工程构建	①演示型	0	2	2
5	任务控制块与上下文切换	③设计型	4	4	8
6	操作系统的时钟节拍	③设计型	0	2	2
7	Delay 函数与 Sleep 函数	③设计型	0	2	2
8	时间戳计数器	③设计型	0	2	2

9	同步原语	讲授、实践	2	0	2
10	任务的状态	③设计型	0	2	2
11	优先级调度算法与实现	③设计型	2	2	4
12	时间片调度算法与实现	③设计型	2	2	4
13	任务管理的实现	③设计型	0	2	2
14	内核对象	④综合型	0	2	2
15	综合实验	④综合型	0	4	4
合计			16	32	48

实验类型：①演示型 ②验证型 ③设计型 ④综合型

## (二) 各实验项目教学目标、内容与要求

<p><b>实验 1：（嵌入式操作系统设计方法）</b></p> <p><b>教学要求：</b>          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。</p> <p><b>教学要点：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ 操作系统架构</li> <li>✚ 嵌入式操作系统特点</li> <li>✚ 嵌入式操作系统设计方法</li> <li>✚ 实时操作系统 RTOS</li> <li>✚ 嵌入式 Linux 操作系统</li> </ul> <p><b>教学难点：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 嵌入式操作系统设计方法</li> <li>◆ 嵌入式 Linux</li> </ul>
<p><b>实验 2：（<math>\mu</math>C/OS-III 实时操作系统）</b></p> <p><b>教学要求：</b>          了解：<math>\mu</math>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：<math>\mu</math>C/OS 操作系统的移植和体系结构。</p> <p><b>教学要点：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ <math>\mu</math>C/OS 操作系统的历史</li> <li>✚ <math>\mu</math>C/OS 操作系统的移植要点</li> <li>✚ <math>\mu</math>C/OS-II 和 <math>\mu</math>C/OS-III 的体系结构</li> <li>✚ <math>\mu</math>C/OS 的内核对象</li> </ul>

✚  $\mu$ C/OS 的应用开发

**教学难点：** $\mu$ C/OS 操作系统的体系结构。

实验 3：（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

实验 4：（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

实验 5：（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。

实验 6：（操作系统的时钟节拍）

<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: CPU 内核中的计数器外设, 以及系统节拍的驱动代码。</p> <p>掌握: 操作系统的时钟节拍。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ 什么是时钟节拍</li> <li>✚ 时钟节拍 ISR</li> </ul> <p><b>教学难点:</b> 系统节拍的驱动与应用。</p>
<p>实验 7: (Delay 函数与 Sleep 函数)</p>
<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: Delay 函数与 Sleep 函数的实现。</p> <p>掌握: 延迟与睡眠的概念。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Delay 函数的实现</li> <li>✚ Sleep 函数的实现</li> </ul> <p><b>教学难点:</b> Sleep 函数的实现。</p>
<p>实验 8: (时间戳计数器)</p>
<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: 时间戳的实现。</p> <p>掌握: 时间戳与计时概念。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ 时间戳计数器</li> <li>✚ 简易计时 API</li> </ul> <p><b>教学难点:</b> DWT 时间戳计数器外设。</p>
<p>实验 9: (同步原语)</p>
<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: 操作系统的同步原语 (Synchronization Primitives)。</p> <p>掌握: 临界区与同步的概念。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ 临界区</li> <li>✚ 原子操作</li> <li>✚ 位带操作</li> <li>✚ 互斥访问</li> <li>✚ Patterson 算法</li> <li>✚ 开关中断</li> <li>✚ 开关抢占</li> </ul> <p><b>教学难点:</b> 临界区与互斥访问的方法实现、性能分析。</p>
<p>实验 10: (任务的状态)</p>

<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: 任务的基本状态。 掌握: 任务调度相关数据结构。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✚ 任务状态</li><li>✚ 就绪列表</li><li>✚ 等待列表</li><li>✚ 调度实现</li><li>✚ 测试代码</li></ul> <p><b>教学难点:</b> 任务各状态的切换。</p>
<p>实验 11: (优先级调度算法与实现)</p>
<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: 任务优先级的概念。 掌握: 优先级调度算法的实现。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✚ 优先级的概念</li><li>✚ 优先级调度算法</li><li>✚ 优先级调度实现</li><li>✚ 测试代码</li></ul> <p><b>教学难点:</b> 优先级调度实现, 优先级调度算法的拓展。</p>
<p>实验 12: (时间片调度算法与实现)</p>
<p><b>教学要求:</b></p> <p>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。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✚ 时间片的概念</li><li>✚ 时间片调度算法</li><li>✚ 测试代码</li></ul> <p><b>教学难点:</b> 时间片调度算法, 时间片调度算法的拓展。</p>
<p>实验 13: (任务管理的实现)</p>
<p><b>教学要求:</b></p> <p>了解: 多任务的管理。 掌握: 任务的创建、删除、挂起、恢复。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✚ 任务的删除</li><li>✚ 任务的挂起</li><li>✚ 任务的恢复</li></ul> <p><b>教学难点:</b> 任务管理, 任务间通信。</p>

<p><b>实验 14: (内核对象)</b></p> <p><b>教学要求:</b> 了解: 内核对象的概念。 掌握: 多任务同步技术。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ 信号量</li> <li>✚ 互斥量</li> <li>✚ 消息队列</li> <li>✚ 任务信号量</li> <li>✚ 任务消息队列</li> </ul> <p><b>教学难点:</b> 任务间通信、任务间同步技术、内核对象拓展。</p>
<p><b>实验 15: (综合实验)</b></p> <p><b>教学要求:</b> 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。</p> <p><b>教学要点:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ 学生分组演示 (两人上台)</li> <li>✚ 实现一个简易的嵌入式操作系统</li> </ul> <p><b>教学难点:</b> 综合实验的评估。</p>
<p><b>备注:</b> 本课程注重实践, <u>动手写嵌入式操作系统</u>, 授课教师可酌情调整。</p>

### (三) 各实验项目对课程目标的支撑关系

实验项目名称	课程目标					
	1	2	3	4	5	6
1、嵌入式操作系统设计方法	√		√			
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		√		√	√	√

#### 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%	10%	70%	0%	0%	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。