

嵌入式软件开发

Embedded Software Development

一、基本信息

课程代码：【2050291】  
课程学分：【3】  
面向专业：【计算机科学与技术】  
课程性质：【专业限选课】  
开课院系：【信息技术学院计算机科学与技术系】  
使用教材：  
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.】  
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.】  
参考书目【程文娟，嵌入式实时操作系统 UCOS-II 教程(第二版)，西安：西安电子科技大学出版社，2017.】

二、课程简介

本课程主要讲述基于 STM32F40x 芯片和实时操作系统 UCOS-III 的嵌入式软件开发，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 平台上的移植应用。通过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，建立嵌入式程序设计思想。

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、任务间的同步和通信等，掌握将实时操作系统 UCOS-III 移植到 ARM 平台的方法，熟悉 UCOS-III 操作系统的部分实现及其应用程序开发，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。

三、选课建议

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、嵌入式硬件设计等课程，要求具有一定的嵌入式基础知识和 C 程序设计的能力。

四、课程与专业毕业要求的关联性

| 专业毕业要求                                                                  | 关联 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| LO1：工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业用于解决复杂工程问题                                   |    |
| LO2：问题分析：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            | ●  |
| LO3：设计/开发解决方案：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 | ●  |

|                                                                                                 |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| LO4: 研究: 能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究, 包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论                            |   |
| LO5: 使用现代工具: 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             | ● |
| LO6: 工程与社会: 能够基于工程相关背景知识进行合理分析, 评价专业工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响, 并理解应承担的责任               |   |
| LO7: 环境和可持续发展: 能够理解和评价针对复杂工程问题的专业工程实践对环境、社会可持续发展的影响                                             |   |
| LO8: 职业规范: 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                                       | ● |
| LO9: 个人和团队: 能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色                                                      |   |
| LO10: 沟通: 能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流, 包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。并具备一定的国际视野, 能够在跨文化背景下进行沟通和交流 |   |
| LO11: 项目管理: 理解并掌握工程管理原理与经济决策方法, 并能在多学科环境中应用                                                     |   |
| LO12: 终身学习: 具有自主学习和终身学习的意识, 有不断学习和适应发展的能力                                                       |   |

## 五、课程目标/课程预期学习成果

| 序号 | 课程预期学习成果                                               | 课程目标<br>(细化的预期学习成果)            | 教与学方式 | 评价方式        |
|----|--------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|-------------|
| 1  | LO211 具备对系统设计、软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 | 1. 了解嵌入式操作系统UCOS-III 源码的结构     | 讲课    | 作业          |
|    |                                                        | 2. 掌握UCOS-III 中任务的创建过程与任务的启动实现 | 讲课、实验 | 作业、小测验、实验报告 |
| 2  | LO311 对嵌入式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        | 1. 熟悉嵌入式系统硬件设计的流程              | 讲课    | 作业          |
|    |                                                        | 2. 掌握嵌入式系统软件的架构设计              | 讲课、实验 | 作业、小测验、实验报告 |
| 3  | LO511 能熟练运用绘图工具, 表达和解决计                                | 能熟练运用绘图工具画嵌入式系统硬件结构图           | 讲课    | 作业、小测验      |

|   |                                      |                           |       |             |
|---|--------------------------------------|---------------------------|-------|-------------|
|   | 计算机系统工程的设计问题                         |                           |       |             |
| 4 | LO512 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 | 能熟练运用 KEIL 软件对嵌入式系统进行软件开发 | 讲课、实验 | 作业、小测验、实验报告 |
| 5 | LO812 具备责任心和社会责任感, 懂法守法; 注重职业道德修养    | 遵守嵌入式操作系统移植的规范            | 讲课、实验 | 作业、小测验、实验报告 |

## 六、课程内容

### 第 1 讲 实时操作系统概述

教学要求:

了解: 实时操作系统的相关概念, 如 UCOS 的任务管理、多任务调度、进程上下文切换、任务间的同步和通信、以及嵌入式系统设计方法等;

熟悉: 实时操作系统的基本架构;

教学要点:

- (1) 嵌入式操作系统架构;
- (2) 嵌入式操作系统设计方法;
- (3) 实时操作系统特点;
- (4) 存储器消耗需求分析;
- (5) Unix 和 Linux 操作系统;

理论课时数 2, 实践课时数 0。

### 第 2 讲 UCOS 操作系统概述

教学要求:

了解: UCOS 操作系统的历史;

掌握: UCOS 操作系统的移植和体系结构;

教学要点:

- (1) UCOS 操作系统的历史;
- (2) UCOS 操作系统的移植要点;
- (3) UCOS-II 和 UCOS-III 的体系结构;

理论课时数 2, 实践课时数 0。

### 第 3 讲 任务管理

教学要求:

了解: 操作系统的任务概念;

掌握: 操作系统的任务调度和同步;

教学要点：

- (1) 任务的概念（进程和线程区别）；
- (2) 可重入性概念；
- (3) 多线程安全概念；

理论课时数 2，实践课时数 0。

#### 第 4 讲 新建工程与调试技术

教学要求：

了解：基于 Keil-uVision5 创建 UCOS 工程；

掌握：在 Keil 中建立 UCOS 工程模板的方法；

教学要点：

- (1) 创建 UCOS 操作系统的目录结构
- (2) 创建 Keil-uVision5 工程；
- (3) 在 Keil 工程中添加分组；
- (4) 在 Keil 工程中添加文件；
- (5) 调试和包含路径相关配置；

理论课时数 2，实践课时数 2。

#### 第 5 讲 任务定义与任务切换的实现

教学要求：

了解：UCOS 操作系统的任务概念；

掌握：UCOS 操作系统的任务定义与任务切换；

应用：基于 STM32F4xx 芯片实现 UCOS 的任务管理；

教学要点：

- (1) STM32F4xx 中 Cortex-M4 内核的基础知识点；
- (2) 创建任务（任务栈、任务函数、任务控制块 TCB）；
- (3) 操作系统系统初始化代码实现；
- (4) 操作系统启动代码；
- (5) 任务切换的实现；

理论课时数 6，实践课时数 2。

#### 第 6 讲 任务时间片运行

教学要求：

了解：操作系统时钟节拍的概念；

掌握：UCOS 操作系统时钟节拍的实现；

应用：基于 STM32F4xx 芯片实现 UCOS 的系统时钟；

教学要点：

- (1) STM32F4xx 中 Cortex-M4 内核中的 SysTick 外设；
- (2) 初始化 SysTick；
- (3) 编写 SysTick 中断服务程序；
- (4) 主函数 main 的实现；
- (5) 观察实验现象；

理论课时数 2，实践课时数 0。

## 第7讲 阻塞延时与空闲任务

教学要求：

了解：操作系统阻塞延时和空闲任务的概念；

掌握：UCOS 操作系统空闲任务和阻塞延时的实现；

应用：基于 STM32F4xx 芯片实现空闲任务和阻塞延时；

教学要点：

(1) 空闲任务的原理和实现；

(2) 阻塞延时的原理和实现；

(3) 任务阻塞和任务调度；

(4) 主函数 main 的实现；

(5) 观察实验现象；

理论课时数 2，实践课时数 2。

## 第8讲 时间戳

教学要求：

了解：操作系统中时间戳的概念；

掌握：UCOS 操作系统中时间戳的实现；

应用：基于 STM32F4xx 芯片实现时间戳；

教学要点：

(1) STM32F4xx 芯片中的 DWT 外设；

(2) 时间戳的概念；

(3) 时间戳的实现；

理论课时数 2，实践课时数 0。

## 第9讲 临界段

教学要求：

了解：操作系统临界段的概念；

掌握：UCOS 操作系统中临界段的实现；

应用：基于 STM32F4xx 芯片实现临界段；

教学要点：

(1) 临界段的概念；

(2) Cortex-M 内核快速关中断指令；

(3) 开关中断指令；

(4) 临界段代码的应用；

(5) 测量临界段的时间；

理论课时数 2，实践课时数 2。

## 第10讲 就绪列表

教学要求：

了解：操作系统就绪任务列表的概念；

掌握：UCOS 操作系统就绪任务列表的实现；

应用：基于 STM32F4xx 芯片实现就绪任务列表；

教学要点：

(1) 优先级表的概念；

- (2) 就绪列表的概念;
- (3) 优先级操作函数的实现;
- (4) 就绪列表操作函数的实现;

理论课时数 4, 实践课时数 0。

## 第 11 讲 支持多优先级

教学要求:

了解: 操作系统优先级的支持;

掌握: UCOS 操作系统中优先级的实现;

应用: 基于 STM32F4xx 芯片实现任务优先级;

教学要点:

- (1) 多优先级的概念;
- (2) 操作系统初始化函数 OSInit;
- (3) 操作系统启动函数 OSStart;
- (4) 任务创建函数 OSTaskCreate;
- (5) 系统时钟处理函数 OSTimeTick;

理论课时数 2, 实践课时数 2。

## 第 12 讲 实现时基列表

教学要求:

了解: 操作系统时基列表的概念;

掌握: UCOS 操作系统中时基列表的实现;

应用: 基于 STM32F4xx 芯片实现时基列表;

教学要点:

- (1) 时基列表的概念;
- (2) 时基列表的实现;
- (3) 延时函数 OSTimeDly;
- (4) 系统时钟处理函数 OSTimeTick;

理论课时数 2, 实践课时数 2。

## 第 13 讲 实现时间片

教学要求:

了解: 操作系统时间片的概念;

掌握: UCOS 操作系统中时间片的实现;

应用: 基于 STM32F4xx 芯片实现时间片;

教学要点:

- (1) 时间片的概念;
- (2) 系统时钟处理函数 OSTimeTick;
- (3) 任务创建函数 OSTaskCreate;
- (4) 主函数 main 的实现;

理论课时数 2, 实践课时数 2。

## 第 14 讲 任务的挂起和恢复

教学要求:

了解：操作系统中任务挂起和恢复的概念；  
 掌握：UCOS 操作系统中任务挂起和恢复的实现；  
 应用：基于 STM32F4xx 芯片实现任务的挂起和恢复；  
 教学要点：

- (1) 任务挂起和恢复的概念；
- (2) 实现任务的挂起和恢复；
- (3) 主函数 main 的实现；
- (4) 观察实验现象；

理论课时数 2，实践课时数 2。

## 第 15 讲 任务的删除

教学要求：

了解：操作系统中任务删除的概念；  
 掌握：UCOS 操作系统中任务删除的实现；  
 应用：基于 STM32F4xx 芯片实现任务的删除；  
 教学要点：

- (1) 实现任务删除；
- (2) 就绪列表、时基列表、等待列表的概念；
- (3) 任务处于删除态的理解；

理论课时数 2，实践课时数 0。

## 七、课内实验名称及基本要求

| 实验序号 | 实验名称              | 主要内容                                                                              | 实验时数 | 实验类型 | 备注 |
|------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|------|----|
| 1    | UCOS 编译环境的建立和移植   | (1) Keil 的安装和建立开发模板；<br>(2) 建立无 UCOS-II 的 STM32 的工程模板；<br>(3) 建立带有 UCOS-II 的工程模板； | 4    | 验证型  |    |
| 2    | UCOS 任务定义与切换的实现   | (1) 掌握 UCOS 任务定义的实现；<br>(2) 在 UCOSII 里面创建 3 个任务测试。                                | 4    | 设计型  |    |
| 3    | UCOS 阻塞（睡眠）延时的实现  | (1) 掌握 UCOS 阻塞延时的实现；<br>(2) 编写 main 函数测试阻塞延时。                                     | 4    | 设计型  |    |
| 4    | UCOS 任务优先级和时间片的实现 | (1) 掌握 UCOS 任务多优先级的实现；<br>(2) 掌握 UCOS 任务时间片的实现；<br>(3) 编写 main 函数测试。              | 4    | 设计型  |    |

## 八、评价方式与成绩

| 总评构成（1+X） | 评价方式 | 占比  |
|-----------|------|-----|
| 1         | 课堂测验 | 40% |
| X1        | 实验报告 | 20% |
| X2        | 平时作业 | 20% |
| X3        | 上机测试 | 20% |

撰写人：程涛

系主任审核签名：

审核时间：