

嵌入式操作系统

Embedded Operating System

一、基本信息

课程代码：【2050610】

课程学分：【4】

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【任哲、房红征编著，嵌入式实时操作系统 μ C/OS-II 原理及应用（第5版），北京：北京航空航天大学出版社，2021。】

参考书目【温子祺等编著，ARM Cortex-M4 微控制器深度实战，北京：北京航空航天大学出版社，2017。】

【刘火良等编著， μ C/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。】

【刘军等编著，例说 STM32（第3版），北京：北京航空航天大学出版社，2018。】

先修课程：【单片机与接口技术】

二、课程简介

本课程主要讲述基于 STM32 的 ARM Cortex-M4 微处理器的嵌入式操作系统设计，其中包含嵌入式系统的体系结构、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，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。

本课程的特点是内容广，实践性强。为了让学生真正掌握嵌入式系统的设计，必须强调对学生实际动手能力的培养。实验教学在本课程中具有举足轻重的地位，要求每个学生必须亲自编程，动手实现课程中的多个实验，了解嵌入式系统的应用，了解嵌入式设备上各个硬件模块的功能及控制方法，培养学生动手操作的兴趣。

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、单片机与接口技术等课程，要求具有一定的微处理器基础知识和 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 design 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, 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 (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-II 源码的结构 | 讲课 | 作业 |
| | | 2. 掌握 UCOS-II 中任务的创建过程与任务的启动 | 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 嵌入式系统概述

教学要求:

了解: 基本的嵌入式硬件知识, 嵌入式操作系统的概念及嵌入式系统的现状和发展趋势;

掌握: 嵌入式系统的基本概念、组成、特点及应用领域;

教学要点:

- (1) 嵌入式系统概念;
- (2) 嵌入式处理器;
- (3) 嵌入式系统的组成;
- (4) 嵌入式技术发展现状及趋势。

理论课时数 4, 实践课时数 0。

第 2 讲 嵌入式操作系统 UCOS-II

教学要求:

了解: 实时操作系统 UCOS-II 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;

熟悉: 将实时操作系统 UCOS-II 移植的基本方法;

教学要点:

- (1) 嵌入式操作系统原理;
- (2) UCOS-II 源码的结构;
- (3) UCOS-II 任务的基本概念;
- (4) UCOS-II 中任务的创建过程与任务的启动;
- (5) UCOS-II 中任务管理的基本方法 (创建、启动、挂起、解挂任务)。

理论课时数 4, 实践课时数 0。

第 3 讲 ARM Cortex-M4 技术

教学要求:

了解: ARM 技术的发展流程及 Cortex-M4 产生的背景;

掌握：Cortex-M4 核心技术组成。

教学要点：

- (1) Cortex-M4 内部架构；
- (2) Cortex-M4 内核比较；
- (3) 流水线技术；

理论课时数 4，实践课时数 0。

第 4 讲 STM32F407 体系结构

教学要求：

了解：STM32 系列微处理器发展历程；

掌握：STM32F407 微处理器的架构；

应用：学会搭建 STM32F407 微处理器的最小系统；

教学要点：

- (1) STM32F407 的片内结构；
- (2) STM32F407 的功能单元描述；
- (3) STM32F407 的功能模块设计(电源模块、复位模块、时钟模块、看门狗模块、存储器模块)。

理论课时数 4，实践课时数 0。

第 5 讲 基于 STM32F407 的嵌入式系统硬件设计及软件编程

教学要求：

了解：基于 STM32F407 的嵌入式系统硬件设计规则；

掌握：STM32F407 外设硬件模块结构性能及相关驱动编程；

应用：利用 STM32F407 平台的硬软件资源构建完整的嵌入式系统；

教学要点：

- (1) GPIO；
- (2) 中断；
- (3) 定时器；
- (4) 键盘及 LED 控制；
- (5) 串口；
- (6) PWM 输出；
- (7) A/D 转换；
- (8) 触摸屏控制；

理论课时数 4，实践课时数 4。

第 6 讲 UCOS-II 在 STM32 平台上的移植

教学要求：

了解：UCOS-II 在 STM32 移植的流程；

掌握：在 Keil 中建立 UCOS-II 开发的模板的方法；

应用：UCOS-II 在 STM32 平台上移植；

教学要点：

- (1) Keil 的安装和建立开发模板；
- (2) 建立带有 UCOS-II 的 STM32 的工程模板的方法；
- (3) UCOS-II 移植文件的编写；

理论课时数 4，实践课时数 4。

第7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, 基于 STM32F4xx 芯片实现 UCOS 的任务管理;

掌握: UCOS 操作系统的任务定义与任务切换;

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 等);
- (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;

教学难点:

- (1) STM32F4xx 中 Cortex-M4 内核的基础知识点;
- (2) 系统栈和任务栈的概念;
- (3) 任务切换的实现;

理论课时数 4, 实践课时数 2。

第8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, 基于 STM32F4xx 芯片实现 UCOS 的系统时钟;

掌握: UCOS 操作系统时钟节拍的实现;

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;

教学难点: Cortex-M4 处理器内核中的 SysTick 外设;

理论课时数 4, 实践课时数 0。

第9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, 基于 STM32F4xx 芯片实现空闲任务和阻塞延时;

掌握: UCOS 操作系统空闲任务和阻塞延时的实现;

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;

教学难点: Sleep 函数内部的实现;

理论课时数 4, 实践课时数 2。

第10讲 临界段

教学要求:

了解：操作系统临界段的概念，基于 STM32F4xx 芯片实现临界段；

掌握：UCOS 操作系统中临界段的实现；

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；

教学难点：处理器的开关中断指令的理解；

理论课时数 4，实践课时数 2。

第 11 讲 就绪列表

教学要求：

了解：操作系统就绪任务列表的概念，基于 STM32F4xx 芯片实现就绪任务列表；

掌握：UCOS 操作系统就绪任务列表的实现；

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；

教学难点：

- (1) 优先级表的操作函数；
- (2) 双向链表的操作函数；

理论课时数 4，实践课时数 0。

第 12 讲 支持多优先级

教学要求：

了解：操作系统优先级的支持，基于 STM32F4xx 芯片实现任务优先级；

掌握：UCOS 操作系统中优先级的实现；

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；

教学难点：操作系统时钟节拍处理函数 OSTimeTick；

理论课时数 4，实践课时数 2。

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 | STM32F407 开发环境的建立 | (1) RealView MDK 软件的安装与调试; (2) 在 RealView MDK 中建立完整的工程项目; (3) 对工程项目进行编译和运行。 | 2 | 验证型 | |
| 2 | GPIO 接口控制实验 | (1) 学习 STM32F407 芯片的 I/O 控制配置; (2) 掌握 STM32F407 芯片 I/O 口的编程方法。 | 2 | 设计型 | |
| 3 | 外部中断原理实验 | STM32F407 的 I/O 口外部中断的中断输入实验, 外部键盘的使用。 | 2 | 设计型 | |
| 4 | UCOS-II 操作系统移植实验 | 实现在 STM32 实验平台上移植 UCOS-II 实时操作系统 | 2 | 设计型 | |
| 5 | UCOS 任务定义与切换的实现 | (1) 掌握 UCOS 任务定义的实现; (2) 在 UCOSII 里面创建 3 个任务测试。 | 2 | 设计型 | |
| 6 | UCOS 阻塞(睡眠)延时的实现 | (1) 掌握 UCOS 阻塞延时的实现; (2) 编写 main 函数测试阻塞延时。 | 2 | 设计型 | |
| 7 | UCOS 任务优先级的实现 | (1) 掌握 UCOS 任务多优先级的实现; (2) 编写 main 函数测试。 | 2 | 设计型 | |
| 8 | UCOS 综合实验 | 在 STM32 实验平台上实现 UCOS 综合应用 | 2 | 设计型 | |

八、评价方式与成绩

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

撰写： 孙锦中
(2023 年 1 月修订)

系主任审核：戴智明