

《嵌入式系统》课程教学大纲

一、课程基本信息

- 1、课程编码：U10M11029
- 2、课程名称（中/英文）：嵌入式系统/Embedded System
- 3、学时/学分：32/2
- 4、先修课程：微机原理，计算机组成与体系结构，汇编与接口，操作系统，C语言程
- 5、开课单位：计算机学院
- 6、开课学期：春
- 7、课程类别：专业选修课程
- 8、课程简介（中/英文）：

本课程是面向计算机科学与技术、物联网、自动化、电子信息及电气工程等相关专业的高年级本科生开设的专业选修课程。从结构化的角度出发，课程内容涵盖了嵌入式系统基本概念与组成、硬件电路基础、嵌入式处理器子系统、嵌入式存储器子系统、最小系统与外围电路、典型接口与总线、嵌入式软件结构、嵌入式操作系统以及嵌入式软件设计方法等重要知识点。课程采用理论讲授、科研案例分析以及随课设计相结合的方式展开，充分发挥本课程知识高度系统化的培养特质，使学生掌握嵌入式系统的经典知识基础，进而能够提升系统实践能力并促进系统思维的培养。

This course is one specialized optional course for senior undergraduates majoring in computer science and technology, Internet of Things, automation, electronic information and electrical engineering. From the perspective of the architecture, the contents of this course include a series of important knowledge points, such as the basic concepts and composition of embedded systems, foundational hardware and circuit technologies, sub-system of embedded processor, sub-system of embedded

storage, the minimum system and peripheral circuits, typical embedded interfaces and buses, the structure of embedded software, embedded operating system, and the design methodology of embedded software etc. This course will be carried out in the manner of combining theory teaching, analysis of scientific research case, and a small system design along with the whole course. Such manner will give full play to the cultivation characteristics of the highly systematic of embedded systems, further, enable students to master the classical knowledge foundation of embedded system, and thus, can improve the system practice ability and promote the cultivation of system thinking.

9、教材及教学参考书：

教材：

(1) 《嵌入式系统体系、原理与设计》、张凯龙编著、清华大学出版社、2017

教学参考书：

(1) 《嵌入式系统导论-CPS 方法（第 2 版）》、张凯龙译著、Edward A. Lee 著、机械工业出版社、2018；

(2) 《嵌入式系统设计—CPS 与 IoT 的嵌入式系统基础(第 3 版)》、张凯龙译著、Peter Marwedel 著、机械工业出版社、2020；

(3) 《嵌入式系统教程》、张晨曦等编著、清华大学出版社、2018；

(4) 《边缘计算原理与实践》、谢人超等编著、人民邮电出版社、2019。

二、课程教学目标

本课程是面向计算机科学与技术、物联网、自动化、电子信息及电气工程等相关专业的高年级本科生开设的专业选修课程。教学目的在于，使得学生能够系统地掌握嵌入式系统的组成体系、软硬件机制与原理以及实际设计和运用方法，

为培养学生的嵌入式系统体系结构设计、软硬件设计开发、测试验证评价、多学科知识融合以及与之相关的复杂工程问题研究等能力打下坚实的基础。

知识目标

通过理论学习使学生了解嵌入式系统的普遍性原理、组成、特点及目前主流的嵌入式系统开发技术等,进而建立起嵌入式系统的整体概念和多维度的嵌入式系统知识体系;深入理解嵌入式系统的组成结构及工作原理,掌握嵌入式系统分析、嵌入式软硬件设计、嵌入式系统调试与测试等的基本原则和方法,形成基本的嵌入式系统设计、开发能力;通过前沿介绍、实例分析等方式使学生了解嵌入式计算领域的演进趋势以及与其他学科的交叉融合关系和方法等。

能力目标

本课程具有突出的系统化及实践化特征。通过构建“自架构、原理到设计,由宏观特性到微观机制,硬件与软件、理论与实践相融合”的知识体系,将首先培养学生的系统规划与设计能力,同时引导学生树立多维度、系统化的专业思维能力。进而,采用多元的参与型教学模式,以随课设计与翻转课堂相结合的方式鼓励学生在课程进行期间以小组为单位进行选题设计,从而提升学生的动手实践能力、问题解决能力、演讲表达能力和团队协作能力。

三、教学内容及教学要求

本课程理论教学 32 学时。教学内容以教材及教学参考书中的基本理论知识为主,致力于构建“自架构、原理到设计,由宏观特性到微观机制,硬件与软件、理论与实践相融合”的多维知识体系,同时将辅以具有系统特性和多学科交叉特性的工程实例进行讲解。课程开篇首先以经典的嵌入式系统概念、内涵以及必要的基础知识作为铺垫进行导入,进而分别从嵌入式硬件、嵌入式软件以及系统设计与验证方法三个方面展开论述。教学模式方面,依据课程综合性强、实践性强的特征,结合 BOPPPS 的参与式教学理念以及“Learning by Doing”的教学思想,构建“理论讲解+实例演示+随课设计+专业竞赛(部分学生)”的启发式翻转课堂“教-学”模式。

1 概述（2 学时）

教学内容

- (1) 计算技术发展
- (2) 嵌入式系统、GPS、物联网等概念内涵的辨析
- (2) 嵌入式系统组成、特点及其演化
- (3) 典型嵌入式系统应用与分析

知识点：计算技术的发展与演化；嵌入式系统的基本概念、内涵，嵌入式系统的体系结构、组成组件及特点；

重点：嵌入式系统概念的内涵以及组成结构；

难点：嵌入式系统与通用计算系统在知识体系、组成结构和技术应用等方面的本质区别；

知识要求：

- (1) 重点理解嵌入式系统的经典概念及其内涵、演化过程；
- (2) 可清楚、有机地描述嵌入式系统的组成体系，以及嵌入式系统与其他领域专业知识及学科交叉的关系。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-2】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 6-2】、【毕业要求指标点 7-2】、【毕业要求指标点 8-3】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-1】、【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 6-2】。

2 嵌入式系统硬件技术（4 学时）

教学内容

- (1) 基本硬件基础、体系结构（2 课时）
- (2) 硬件设计方法与实例（2 学时）

知识点：硬件基础、硬件设计工具及设计方法，嵌入式硬件组成及子系统；

重点：上下拉电阻、漏极开路与推挽电路、退耦与旁路电路原理，嵌入式系统硬件组成；硬件设计工具与设计方法；

难点：上下拉电阻、漏极开路与推挽电路、退耦与旁路电路设计；基本硬件电路组成及其设计方法；

知识要求：

(1) 通过回顾熟悉相关数字电路原理，为后续硬件知识学习奠定基础；

(2) 掌握嵌入式系统硬件基本构成；

(3) 以实例分析、随课设计形式学习基本的电路设计方法，具备自学习和实践能力。

能力要求

【毕业要求指标点 2-3】、【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 8-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-1】、【毕业要求指标点 1-3】。

3 嵌入式处理器 (2 课时)

教学内容

(1) 嵌入式处理器模型、体系结构

(2) 嵌入式处理器类型及特点

知识点：嵌入式处理器的组成模型、核心组件、指令与汇编语言、指令集；冯·诺依曼、(改进型)哈佛结构、VLIW、超标量体系；嵌入式微控制器、微处理器、DSP、可编程逻辑器件、SoC 不同类型处理器的架构与特性；处理器性能评价；

重点：嵌入式处理器体系与组成；嵌入式微控制器、微处理器、DSP、可编程逻辑器件及 SoC 的特性与差异；

难点：嵌入式处理器体系，不同嵌入式处理器的特性对比及应用选型与使用；

知识要求：

- (1) 掌握嵌入式处理器的共性模型与典型体系
- (2) 掌握不同类型嵌入式处理器的特点及适用范围；
- (3) 在本章学习基础上，具备进一步自学不同具体处理器的方法和能力。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、
【毕业要求指标点 8-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 6-2】。

4 嵌入式存储技术 (2 课时)

教学内容

- (1) 嵌入式系统存储体系
- (2) 存储器结构模型与访问机制
- (3) 典型嵌入式存储器及其原理与应用

知识点：嵌入式系统的存储体系与模型；嵌入式存储器操作流程与技术指标；
SRAM/DRAM/SPRAM、EEPROM 及 Flash、FeRAM、BBSRAM 和 nvSRAM 等混合存储器的原理与特点；存储器测试与验证方法；

重点：嵌入式系统的存储体系与模型；嵌入式系统中的 RAM、ROM 和混合存储器；存储器验证方法；

难点：嵌入式存储体系构建，混合存储器的原理与应用；

知识要求：

- (1) 掌握嵌入式存储系统的多元化体系架构；
- (2) 掌握 Flash 等混合存储器的特性与基本使用方法；
- (3) 具备延伸学习、掌握新型存储介质原理与应用方法的能力，以及构建嵌入式存储系统的基础。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、
【毕业要求指标点 8-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 6-2】。

5 最小系统电路与 I/O 模块设计 (2 课时)

教学内容

- (1) 最小系统概念与构成
- (2) 电源电路、电源管理与低功耗
- (3) 复位电路原理及设计
- (4) 时钟电路原理及设计
- (5) 电路抖动与消抖方法

知识点: 最小系统概念与组成; 电源电路、复位电路、时钟电路; 电路抖动与消抖方法;

重点: 最小系统组成; 电源管理与低功耗机制, 看门狗电路设计, 软硬件方式的电路消抖方法;

难点: 低功耗机制, 看门狗电路原理, 消抖电路与数字滤波机制;

知识要求:

- (1) 掌握最小系统的内涵及构建方法;
- (2) 掌握基本电路的设计思想和工作原理, 以及最小系统硬件的设计方法;
- (3) 具备从软硬件相结合角度分析、解决问题的能力。

能力要求

【毕业要求指标点 2-3】、【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-1】、
【毕业要求指标点 4-1】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 6-1】。

6 接口、总线与网络拓展 (2 课时)

教学内容

- (1) I/O 接口模型与寄存器访问机制
- (2) 通用 I/O (GPIO) 接口原理与机制
- (3) SPI、I2C、UART 与 USART 接口原理与应用方法

知识点: I/O 接口与寄存器模型, GPIO、SPI、I2C、UART 与 USART 接口;

重点: I/O 接口模型, GPIO、SPI、I2C、UART 接口的原理;

难点: SPI、I2C 接口的工作模式, I2C 的总线仲裁、寻址机制;

知识要求:

- (1) 掌握 I/O 接口模型, 了解通过接口寄存器进行接口操作的基本原理;
- (2) 掌握 GPIO、SPI、I2C、UART 与 USART 接口的工作原理与运用方法;
- (3) 了解其他类型接口, 并具备自学其他接口原理、设计接口电路的能力。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 5-1】、
【毕业要求指标点 5-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 6-1】、【毕业要求指标点 7-2】、【毕业要求指标点 8-2】。

7 嵌入式软件体系结构 (2 课时)

教学内容

- (1) 嵌入式系统的引导与运行过程
- (2) 嵌入式软件的典型体系结构
- (3) 典型基础软件组件、应用及科研实例分析

知识点：通用计算机的引导启动过程分析，典型的嵌入式系统引导过程；两种典型的嵌入式软件体系，基于裸机的嵌入式软件与基于 EOS 的嵌入式软件；ROM Monitor、BootLoader、BSP、虚拟机等系统基础软件（包）；

重点：嵌入式系统的软件引导过程，两种典型嵌入式软件体系的架构及特点，BootLoader、BSP、虚拟机的功能、组成与运用方法；

难点：裸机软件、基于 EOS 的嵌入式软件的运行机制，BootLoader、BSP 及虚拟机机制；

知识要求：

- (1) 掌握嵌入式系统中的完整软件运行机制；
- (2) 掌握两种典型嵌入式软件的体系结构及其基本构成；
- (3) 熟悉典型的 BootLoader、BSP 与嵌入式虚拟机的体系结构；
- (4) 掌握基本的 Boot loader 及 BSP 定制和使用方法。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 7-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 6-2】、【毕业要求指标点 7-1】、【毕业要求指标点 8-2】。

8 嵌入式操作系统及其服务机制 （6 课时）

教学内容

- (1) 嵌入式（实时）操作系统架构与模型 （1 课时）
- (2) 实时性与实时系统、思想延伸科研案例分析 （1 课时）
- (3) 内核服务机制及经典示例分析 （4 课时）

知识点：微内核、超微内核架构，经典操作系统模型以及衍生的 EOS 模型；计算的时间正确性，实时性与实时系统设计，影响实时性的因素分析；任务管理、时钟管理、任务间通信与协同、中断与异常管理、存储管理等内核服务机制。

重点：面向领域衍生的嵌入式操作系统模型与体系，实时性与制约因素，优先级翻转问题及解决方法，中断与异常管理，动态存储管理与分区存储管理；

难点：制约实时性的因素，优先级翻转，中断及异常管理，分区存储管理；

知识要求：

- (1) 理解嵌入式操作系统的模型与特性；
- (2) 理解实时的内涵，影响实时性设计的四个主要问题及其方法；
- (3) 掌握基本的实时系统设计方法；
- (4) 掌握嵌入式操作系统的内核服务及其运用方法；
- (5) 具备学习其他具体嵌入式操作系统的能力，以及定制内核和系统集成与部署的能力。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 5-1】、【毕业要求指标点 5-2】、【毕业要求指标点 6-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 7-1】、【毕业要求指标点 8-2】。

9 四种典型的嵌入式软件结构（2 课时）

教学内容

- (1) 轮转结构
- (2) 前后台结构
- (3) 函数队列调度结构
- (4) 基于 EOS 的软件结构
- (5) 软件结构制约软件性能的科研实例分析

知识点：四种软件结构的原理与特点，基于该类结构的软件设计方法；

重点：前后台软件结构，函数队列调度结构；

难点：前后台软件结构，函数队列调度结构的优先级扩展；

知识要求：

- (1) 掌握四种基本软件结构的工作原理和特点；
- (2) 掌握基于四种基本软件结构的软件设计方法；
- (3) 具备基于四种基本软件结构设计复杂软件的思路与能力。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 6-1】、
【毕业要求指标点 7-1】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 8-2】。

10 中断及多任务并发设计 (2 学时)

教学内容

- (1) 中断机制与中断延迟
- (2) 前后台结构的嵌入式软件数据共享问题
- (3) 多维度解决数据共享问题的方法及实例分析

知识点：回顾中断机制及中断延迟，嵌入式系统中的中断-任务、任务-任务的多“任务”并发特性，裸机软件、基于 EOS 的软件中的数据共享问题解决方法；

重点：嵌入式系统裸机软件中的中断、任务并发机制，数据共享问题及其解决方法；

难点：如何结合软硬件特性来给出有效的数据共享问题解决方法；

知识要求：

- (1) 理解嵌入式系统中的中断机制；
- (2) 理解中断与任务协同的多“任务”并发过程，以及数据共享问题；
- (3) 掌握解决软硬件环境下数据共享问题的思路及需要考虑的复杂因素。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-1】、【毕业要求指标点 4-1】、
【毕业要求指标点 4-2】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 6-2】。

11 系统设计与优化方法 (2 课时)

教学内容

- (1) 实时系统基本设计
- (2) 代码共享问题：代码的可重入性
- (3) 基于看门狗思想的自恢复软件设计
- (4) 基于有限状态机的软件逻辑设计
- (5) 模型驱动的软件设计思想

知识点：实时系统基本设计方法，代码的可重入问题及解决方法，看门狗软件逻辑，基于有限状态机的软件逻辑设计，模型驱动的软件设计思想；

重点：实时系统基本设计方法，代码可重入机制，看门狗软件设计；

难点：实时系统的逻辑设计，代码可重入机制；

知识要求：

- (1) 理解并掌握实时系统的基本设计原则；
- (2) 理解代码可重入问题，并系统地掌握解决方法；
- (3) 理解看门狗软件的设计思想，并掌握基本的软件设计方法；
- (4) 理解有限状态机以及模型化的软件设计思想。

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-1】、【毕业要求指标点 4-1】、
【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 6-1】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 6-2】、【毕业要求指标点 8-2】。

12 嵌入式系统调试与测试 (1 课时)

教学内容

- (1) 嵌入式系统调试原理与典型方法
- (2) 调试方法实例分析
- (3) 嵌入式系统的测试原理与典型方法
- (4) 几种测试技术实例分析

知识点: 基于宿主机的调试, ROM Monitor 调试, ROM 仿真器, ICE 在线仿真, JTAG 调试; 嵌入式软件及系统的测试方法与指标, 测试工具示例;

重点: 基于宿主机的调试, JTAG 调试; 嵌入式软件测试及测试过程对测试结果(尤其是实时性)可能带来的影响, 典型测试工具的运用;

难点: 分离式调试原理; 基于插桩的嵌入式软件测试方法;

知识要求:

- (1) 理解嵌入式系统的分离式调试方法;
- (2) 掌握基于 JTAG 主流方法的调试技术;
- (3) 理解嵌入式软件、嵌入式系统的测试原理和复杂性;
- (4) 掌握典型的自动化测试方法。

能力要求

【毕业要求指标点 2-3】、【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 7-1】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 8-2】、【毕业要求指标点 8-3】。

13 概述 (1 学时)

教学内容

- (1) CPS、物联网、边缘计算、人工智能的融合发展趋势

(2) 典型示例分析

知识点：计算技术的发展与演化；嵌入式系统的基本概念、内涵，嵌入式系统的体系结构、组成组件及特点；

重点：嵌入式系统概念的内涵以及组成结构；

难点：嵌入式系统与通用计算系统在知识体系、组成结构和技术应用等方面的本质区别；

知识要求：

(1) 了解嵌入式系统的高阶发展方向以及相关领域的创新发展状态

(2) 梳理与其他知识体系的融合发展关系

能力要求

【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-2】、【毕业要求指标点 4-1】、

【毕业要求指标点 6-2】、【毕业要求指标点 7-2】、【毕业要求指标点 8-3】。

素养要求

【毕业要求指标点 1-1】、【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 6-2】。

四、思政育人

教育的根本与核心内涵是人的品质与素养教育。研究型大学的教育目标在于通过多个维度的系统化育人工作培养出一批思政素养合格且具备优秀专业能力和品质的社会主义建设者。从人生发展阶段看，本科生正处于思想、人格、审美、价值观、世界观等认知方面快速发展与养成的关键阶段，因此，本科生课程的课堂教学必然会是一个极为重要的育人载体和环节。如何发挥课程特质、优化课程内容、改革教学模式，以通过理论课程有效开展多维度育人就非常重要和必要。

思政育人的引入，必然会使得专业课程的教学更加丰富与生动，也会使得课程教学更加接近于人的灵魂教育、品质教育的本质，其重要性与必要性不言而喻。结合思政教育目标，本课程的育人内涵主要包括思想育人、文化育人、知识育人、实践育人以及服务育人等方面，这已在本课程的教材编著、内容组织、教学过程

中进行了多维度设计以及多年实践，也需要不断丰富、优化和提升。由此，本课程的思政育人目标可总结为人的教育与专业品质教育两个主要方面。

1. **课程思政育人目标：**将价值塑造、能力培养和知识传授有机融合，贯穿于课堂教学的各个环节。

人才培养的目标是培养德才兼备的专业人才，首要方面是帮助学生发展和完善人格与思想，成为拥有正确的价值观与世界观且热爱社会主义祖国的思政合格的人。因此，本课程在知识育人为主体的基础上，要发挥课程系统化突出的特质，通过启发与引导使得学生养成独立、全面思考问题的习惯与能力。独立思考、人格成熟等基本品质，是树立起正确、高远价值追求的重要基石。与此同时，要在课程进行过程融合社会主义价值观、中国传统文化以及我校的优良传承，以事例启发、引导、辨析等方式促进学生树立起“聚焦价值、追求卓越、服务社会”以及“淡泊名利、志存高远”的学习态度和事业观。以此为指导思想，优化、拓展课程的教学、实践等环节，在促进学生在掌握专业知识、养成专业思维的同时，能进一步成长和发展为思政合格、富有理想、善于学习、甘于奉献且具有“公诚勇毅、三实一新”品质的优秀的人。

价值与品质的塑造必将对专业知识的学习与掌握、对高品质专业人才的培养产生积极的催化作用。经过多年的教学实践探索与总结，可以得出嵌入式系统具有知识综合系统、技术形态多元、演化更新快速、理论与实践融合等独有特质。这些特质不但适合于帮助学生建立系统的知识体系，有益于未来的专业成长，还非常适合于培养学生的系统化专业思维与能力，有益于未来的职业发展。因此，课程中发挥这些特质的优势，培养学生勇于面对未知、挑战复杂问题的精神以及探索用不同方法来解决问题的意识。通过拓展培养体系，引导学生养成尊重科学规律且谦逊善学、科学严谨、追求卓越的科研观念以及良好的专业思维能力，以及能够且勇于提出新思想、新理念和新方法的科学素养。最终为将学生培养成为优秀的社会主义专业人才和建设者提供有效支撑。

2. 课程思政示范性教学内容：挖掘和提炼课程教学过程中所蕴含的思想政治教育元素，包括爱国情怀、创新意识、科学精神等，强化学生价值塑造。

本课程为专业类课程，基于其课程特质在教材建设、PPT 课件组织及教学过程中开展思政教育的内容主要包括如下几个方面。

第一，弘扬社会主义核心价值观以及科技强国战略，加强学生的爱国情怀与良好品质塑造，引导学生树立高远的职业理想和人生追求。

第二，结合课程的特质与难度，培养学生勇于迎接挑战的品质，以及发现主要矛盾并循序渐进解决复杂问题的综合素质。

第三，以丰富的事例以及随课设计、专业竞赛等融合的方式，加深学生对科技创新内涵的认识，培养学生勇于创新、善于创新的专业素养。

3. 课程思政教学设计：优化教学内容，创新教学方法，改革教学模式，将思政元素更好与专业知识相结合。

围绕课程思政教育的上述目标及特性，需要对教学各个环节的内涵及方式进行如下拓展。

第一，以社会主义核心价值观为指导思想，在课程的教材以及教学过程中将知识与思维、科技与人文、传承与创新、责任与担当等主题进行辩证融合，适时、适度地以典型事例或实事热点引入社会主义核心价值观以及有关人格、思想、文化、素养等方面的分析与开放式讨论，引导和强化学生的社会主义核心价值观与爱国情怀。

第二，深入发掘课程的人文与历史，以计算与通信技术的发展历程以及 C 语言、Flash、铁电存储器、Contiki 物联网操作系统、国产自主操作系统 SylixOS 与图形库 MiniGUI 等的诞生为例，以及运用看门狗、优先级继承、分区存储等优秀的计算技术思想解决交叉领域复杂问题的事例，引导、培养学生不畏挑战、勇于创新、善于创新的意识与科学精神，启发学生在解决问题时的思想和方法创新能力。

第三，发挥课程特质优势，不断拓展教学方式，提升学生的系统思维能力与实践能力。主要包括：从共性原理到具体对象的知识点分析，引导学生建立并掌握抽象化思维与方法；基于硬件与软件、宏观与微观等多个维度的问题分析，培养学生的系统化专业思维；通过案例分析、随课设计，培养学生对复杂问题的系统分析能力。

第四，拓展学生在该领域的技术与学术视野，通过对边缘计算、智能系统以及相关交叉领域的前沿技术和发展动态了解，培养学生科研兴趣，为未来从事本领域科研工作打下良好基础。

五、各教学环节学时分配

章节	章节名称	课内讲授学时	课外自学学时	备注
第一讲	概述	2	2	
第二讲	嵌入式系统硬件技术	4	8	
第三讲	嵌入式处理器	2	4	
第四讲	嵌入式存储技术	2	4	
第五讲	最小系统电路与 I/O 模块	2	4	
第六讲	接口、总线与网络扩展	2	4	
第七讲	嵌入式软件体系结构	4	6	
第八讲	嵌入式操作系统及其服	6	10	
第九讲	四种典型的嵌入式软件	2	4	
第十讲	中断及多任务并发设计	2	4	
第十一讲	系统设计与优化方法	2	4	
第十二讲	嵌入式系统调试与测试	1	2	
第十三讲	新兴技术及其发展方向	1	2	
合计		32	48	

六、考核方式及要求

课程总成绩=笔试(60%)+设计(20%)+平时(10%)+作业(10%)

成绩组成	考核/评价环节	分值(或百分比)	考核/评价细则	教学目标
最终成绩共由四部分构成	期末考试成绩	60%	试题以分析与计算题目为主,减少知识点考核比重,增加对知识应用、综合分析和评价性题目的比重。	促进、考核学生对基本知识点和相关理论的理解与掌握程度,以及运用知识进行复杂问题分析与求解的能力。
	随课设计成绩(注重过程)	20%	以分组随课的设计项目为主体,要求学生能够协同完成一个小的嵌入式系统原型,并进行专题答辩汇报。	促进并考核学生对知识的运用能力、系统设计能力、协作能力、表达能力等。
	课堂表现成绩(注重过程)	10%	主要考核学生参与课堂教学的活跃度和质量。	促进学生积极参与课堂交流,激活学习过程、提升教学质量。
	平时作业成绩(注重过程)	10%	主要考核对每堂课知识点的复习、理解和掌握程度,主要形式是作业。	促进、评价日常学习中对知识点,尤其是重点,的掌握程度,以此作为反馈,可进一步优化教学过程。

七、理论课程包含的实践教学内容说明

1. 实验项目内容及学时分配

本课程为理论课程,无实践学时分配。

为了提升课程的教、学质量,促进学生理解,进一步增加了贯穿这个课程教学过程的**随课设计环节,全部属于课外学时**。其基本要求是,在开课后,学生每

2人1组，以开放方式自主选择一个最小系统的软硬件设计题目。通过选题评审后开始实施，并在结课前完成设计，进行专题汇报与讨论。

2. 主要教材及教学参考书（包括实验指导书）

随学生的选题内容而定，参阅与器件、模块对应的数据表和使用手册、硬件设计手册以及操作系统定制手册、应用软件开发教程等。鉴于开放式选题，在学生选定软硬件后，会推荐相应的参考资料。

西北工业大学-翼辉嵌入式操作系统实验室有16套ARM+SyllixOS实验箱以及北京翼辉提供的SyllixOS开发指南。

3. 实验安全事项

弱电系统，除了实验室统一的用电、防火要求外，无特殊安全隐患。

4. 实验报告要求

以PPT为主，内容包括需求分析与阐述、硬件选型与设计、软件定制与开发、系统演示与分析、问题总结与讨论等五个方面，并在课堂进行总结汇报。

5. 使用的主要仪器设备说明

硬件设计所需的工具包括电烙铁、焊台、万用表、示波器等仪器设备。

6. 主要实验耗材

处理器、电阻、电容、电感等电子元器件以及插接件、导线等耗材。

八、课程与人才培养目标关系矩阵图

序号	支撑目标点	主要教学内容	预期培养成效
1	<p>(涵盖能力要求和素养要求)</p> <p>【毕业要求指标点2-4】、【毕业要求指标点3-2】、【毕业要求指标点4-1】、【毕业要求指标点6-2】、【毕业要求指标点7-2】、【毕业要求指标点8-3】</p> <p>【毕业要求指标点1-1】、【毕业要求指标点1-3】、【毕业要求指标点6-2】</p>	嵌入式系统概念及其内涵；嵌入式系统基本组成结构	<p>1. 理解嵌入式系统的内涵与特点；具有概念辨析能力；引导系统思维。</p> <p>2. 基本电路设计能力；EDA工具运用能力。</p> <p>3. 嵌入式处理器模型与机制；不同嵌入式处理器的特点、选型</p>
2	【毕业要求指标点2-3】、【毕业要求指	上下拉电阻、漏	

	<p>标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 8-2】</p> <p>【毕业要求指标点 1-1】、【毕业要求指标点 1-3】</p>	<p>极开路、推挽电路、退耦电容、电路设计方法；</p>	<p>及运用。</p> <p>4. 嵌入式存储体系设计能力；嵌入式存储器的选型与运用能力。</p> <p>5. 理解各电路部分的工作机制；供电、复位、时钟电路的设计能力。</p> <p>6. 接口原理的分析能力；I/O 接口的选择及电路设计能力。</p>
3	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 8-2】</p> <p>【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 6-2】</p>	<p>微处理器模型、嵌入式微控制器、嵌入式处理器、DSP、可编程逻辑、SoC；</p>	<p>7. 理解嵌入式软件的体系架构；各组成部分的功能与运行机制。</p> <p>8. 理解内核架构模型；掌握内核定制方法；掌握内核服务的使用方法。</p>
4	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 8-2】</p> <p>【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 6-2】</p>	<p>典型的嵌入式系统存储体系、不同类型存储器的原理和特点；</p>	<p>9. 掌握基本软件结构的特点及其运用方法。</p> <p>10. 理解数据共享问题的本质；掌握分析和解决该类问题的多维度思维方法。</p>
5	<p>【毕业要求指标点 2-3】、【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-1】、【毕业要求指标点 4-1】</p> <p>【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 6-1】</p>	<p>最小系统、复位电路、时钟电路、抖动与软硬件消抖；</p>	<p>11. 掌握该类方法的基本原理，并灵活、创新使用。</p> <p>12. 掌握运用该类方法的能力。</p>
6	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 5-1】、【毕业要求指标点 5-2】</p> <p>【毕业要求指标点 6-1】、【毕业要求指标点 7-2】、【毕业要求指标点 8-2】</p>	<p>I/O 接口模型以及 GPIO、I2C、SPI、UART、USART 等嵌入式系统接口的原理与机制；</p>	
7	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 7-2】</p> <p>【毕业要求指标点 6-2】、【毕业要求指标点 7-1】、【毕业要求指标点 8-2】</p>	<p>嵌入式软件结构及 Boot Loader、BSP 系统软件组件；</p>	
8	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 5-1】、【毕业要求指标点 5-2】、【毕业要求指标点 6-2】</p> <p>【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 1-4】、【毕业要求指标点 7-1】、【毕业要求指标点 8-2】</p>	<p>嵌入式操作系统内核架构、实时性与实时系统、内核服务机制；</p>	

9	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 6-1】、【毕业要求指标点 7-1】</p> <p>【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 8-2】</p>	四种典型的嵌入式软件结构；
10	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-1】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】</p> <p>【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 6-2】</p>	中断、中断与多任务；数据共享问题本质及其解决方法；
11	<p>【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 3-1】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 6-1】</p> <p>【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 6-2】、【毕业要求指标点 8-2】</p>	可重入代码、软件看门狗、应用任务管理；
12	<p>【毕业要求指标点 2-3】、【毕业要求指标点 2-4】、【毕业要求指标点 4-1】、【毕业要求指标点 4-2】、【毕业要求指标点 7-1】</p> <p>【毕业要求指标点 1-3】、【毕业要求指标点 8-2】、【毕业要求指标点 8-3】</p>	嵌入式软件的开发、调试与测试。

课程负责人签名：



专家组评审意见：

专家组组长签名：

评审日期：

开课单位教学委员会审核意见：

教学委员会负责人签名：

审定日期：