
二十七、嵌入式系统

课程介绍

掌握嵌入式系统的起源、基本概念、原理、组成、特点和应用场景；掌握目前流行的各种嵌入式系统的组成、特点和性能；了解和掌握 ARM9、Cortex-A8 嵌入式系统的硬件系统知识，包括 ARM 处理器、处理器结构、存储格式、处理器模式、寄存器组织、存储控制模块、广义 IO、中断系统、串行通信模块、模数采样模块、SPI 接口、I2C 总线等；了解和掌握 ARM 嵌入式系统的软件系统知识，包括 ARM 指令系统、ARM 指令集、Thumb 指令集、C/C++/ARM 混合编程；了解和掌握嵌入式系统的开发流程，熟悉 ARM9、Cortex-A8 嵌入式系统的集成开发环境。

课程负责人简介

张航，教授，博士生导师。1988 年至 1998 年在化工部乳胶工业研究所设备研究室从事自动控制以及仪器设备的研制工作，并担任设备研究室主任。1995 年，主持化工部部控项目，并获株洲市科技进步三等奖。1998 年至 2001 年在中南大学信息科学与工程学院攻读交通信息工程及控制专业硕士学位，并担任校研究生会副主席，参与国家 863/长沙自来水 CIMS 应用示范工程，完成了长沙市自来水八水厂、一水厂的集散控制系统设计、施工和调试工作，并通过了国家科技部的验收，成果获建设部华夏科技二等奖。2001 年毕业后留校任教至今，主讲“自动控制原理”“最优控制”“传感器原理及应用”等多门专业课程；参加水厂集散控制系统、基于地理信息技术的城市环境保护管理信息系统等多项纵横向项目。2003 年晋升副教授，并担任硕士研究生导师，出版著作《微处理器与现场总线》。近年来，在《电子学报》《中国图象图形学报》《控制理论与应用》《信息与控制》《系统工程与电子技术》《计算机工程与应用》等知名刊物以及国际学术会议发表论文二十多篇，EI 及 ISTP 检索多篇。

课程思政教学大纲

一、课程说明

课程编号：090022Z10

课程名称：嵌入式系统原理及应用/Embedded System Theory and Application

课程类别：专业课

学时/学分：40/2.5(其中实验学时：8)

先修课程：自动控制原理、微机原理与系统、电路、模拟电路、数字电路、计算机与程序设计语言基础

适用专业：自动化、测控技术与仪器、电气工程

教材、教学参考书：

[1] 孟祥莲. 嵌入式系统原理及应用教程[M]. 北京：清华大学出版社，2010.

[2] 杨胜利, 刘洪涛. ARM 嵌入式体系结构与接口技术(Cortex-A8 版)[M]. 北京：人民邮电出版社，2013.

[3] 徐光宪, 赵常松. ARM 嵌入式系统原理与应用教程[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2014.

二、课程达成目标

1. 课程目标

通过本课程的学习、研讨和实践训练，达成如下目标。

(1)课程思政目标。

结合嵌入式系统的历史背景与发展状况，在课堂教学中增加控制理论与嵌入式系统的关联关系讲授，通过对其中有代表性的国内外重大技术突破的创新点介绍，对历史和当今有代表意义的典型事件(如中兴通信受美国制裁事件、美国政府打压华为事件等)及其影响的分析讲解，明确具有正确的价值观、人生观和思想政治觉悟对于工程与科研工作者的重要性，养成科学思维和创新习惯，培养学生的大工程观。弘扬勇于探索、解决实际需求的科学精神，培养尊重科学规律、不断求实创新的工作作风，坚定立志成才和坚守职业道德的信念，树立科学无国界但科学家有祖国的观念，激发科学报国的爱国情怀；在实验教学中，重点要求认真完成实验，撰写实验报告，不抄袭、不篡改实验数据等科学态度和科学方法论教育，培养实事求是、严肃认真的科学态度和正确的操作规范。

(2)课程目标 1。

掌握嵌入式系统的基本概念和特点，建立嵌入式系统设计的基本思维模式，能够运用嵌入式系统的硬件系统知识，进行嵌入式系统的硬件系统设计；掌握嵌入式系统的软件系统知识，包括 ARM 指令系统、ARM 指令集、Thumb 指令集、C/C++/ARM 混合编程，利用嵌入式系统开发平台，进行嵌入式系统的软件设计和调试；能够根据掌握的有关嵌入式系统的软硬件知识，解决自动化复杂工程中的检测和控制问题。

(3)课程目标 2。

依据自动化工程中的检测和控制问题的实际需求、功能与性能要求和应用环境选择适用的嵌入式系统，选择合适的存储器、A/D、串行通信模块、电源系统进行硬件系统原理图设计；利用 ARM9、Cortex-A8 嵌入式系统开发流程和集成开发环境，进行嵌入式系统的软件编程和调试；在基于嵌入式系统的实际检测或控制系统的设计过程中，积累经验知识并培养创新意识，提高发现、分析、解决问题的能力；能够根据需求确定自动化工程实践实际的设计目标，设计基于嵌入式系统的总体技术方案和软硬件设计方案。

(4)课程目标 3。

采用可变电压代替模拟传感器，采用虚拟通信软件模拟实际通信系统，采用高级语言编写的展示界面，并结合嵌入式系统开发平台自带的软件仿真功能，在实验室搭建实验系统，进行软件仿真、半实物仿真实验。

2. 课程目标与毕业要求的对应关系及其支持指标点的权重

课程能力目标	毕业要求	毕业要求指标点	支持指标点的权重
课程目标 1	工程知识	掌握自动化工程专业知识，能够用于解决自动化及相关领域的复杂工程问题	0.3
课程目标 2	设计/开发解决方案	能够根据需求确定自动化工程实践的设计目标，设计简单工程问题的解决方案	0.3
课程目标 3	研究	能够采用软件仿真、实物或半实物等形式搭建实验系统，进行实验研究	0.4

3. 课程的基本要求

(1)知识：掌握嵌入式系统的起源、基本概念、原理、组成、特点和应用场景；掌握目前流行的各种嵌入式系统的组成、特点和性能；了解和掌握 ARM9、Cortex-A8 嵌入式系统的硬件系统知识，包括 ARM 处理器、处理器结构、存储格式、处理器模式、寄存器组织、存储控制模块、广义 IO、中断系统、串行通信模块、模数采样模块、SPI 接口、I2C 总线等；了解和掌握 ARM 嵌入式系统的软件系统知识，包括 ARM 指令系统、ARM 指令集、Thumb 指令集、C/C++/ARM 混合编程；了解和掌握嵌入式系统的开发流程，熟悉 ARM9、Cortex-A8 嵌入式系统的集成开发环境。

(2)能力：控制系统的设计能力，依据现场实际、功能与性能要求和应用环境选择适用的嵌入式系统，选择合适的存储器、A/D、串行通信模块、电源系统进行硬件系统原理图设计；通过课内实验，利用 ARM9、Cortex-A8 嵌入式系统开发流程和集成开发环境，进行嵌入式系统的软件编程和调试，培养编程能力；在学习、调试和设计基于嵌入式系统的实际控制系统的过程中，积累经验知识并培养创新意识，提高发现、分析、解决问题的能力。

(3)素质：能领会本课程实用性强、应用范围广的特点和通过实验增强认识及培养设计、编程和调试技能的必要性；熟知嵌入式系统构成原理、选型原则和编程基础，建立根据应用背景与需求，从多种实现方式中选定适用系统解决方案的思维模式；树立解决实际问题需要综合运用本课程与相关课程知识并考虑经济、环境等条件约束的观念，形成嵌入式系统硬件和软件设计、调试和应用的完整知识，增强动手、创新意识和解决工程实际问题的能力。

四、教学思路与方式

本课程教学由大班授课、小班讨论和实验共三个环节组成，其中，大班授课 30 学时，小班讨论 2 学时，实验 8 学时。本课程采用的主要教学思路 and 具体方式如下：

(1)以课堂教学为主,辅以线上辅导和课程实验,通过理论教学与仿真、实验训练相结合,强化学生工程观点的建立和分析能力的培养;其中主要在第一章“嵌入式系统的发展”中介绍国内外嵌入式系统发展中的重大技术突破点,分析讲解中兴通信受美国制裁事件、美国政府打压华为事件及其影响,介绍华为公司不畏艰难、勇于探索的科学精神,树立科学无国界但科学家有祖国的观念,激发科学报国的爱国情怀。

(2)课堂教学主要讲解有关嵌入式系统的基本概念、基本理论以及控制系统的基本分析方法,并将生产、生活以及科技热点与人物或事件融入相关知识的讲解和分析中,使学生更好地认识和掌握嵌入式系统的基本原理,熟悉嵌入式系统理论体系、思维方式和研究与设计方法,认识到勇于探索的科学精神和脚踏实地的工作作风对自身学习和立志成才的意义。注重引导学生理论联系实际,培养实践能力和创新意识。在教学过程中结合具体内容,采用现代教育信息技术手段与传统教学方法相结合的方式,充分利用学校的网络资源,增强教学效果。

(3)实验课主要针对嵌入式实验系统的平台、GPIO设计与调试、PC机与ARM试验系统的串行通信功能设计与调试、ARM试验系统对模拟量的采集及软件编程和调试,使学生掌握嵌入式系统的设计方法,训练学生的实验技能和科学实验方法,提高分析和解决实际问题的能力,同时强化尊重科学规律的意识,培养求真务实的作风。

(4)建立QQ群或微信群(或通过QQ、微信、邮件、短信、电话等方式),加强和学生的联系,线上线下互动,采用课内提问、课后及时答疑和课外答疑结合的有效教辅方式。

(5)部分章节内容采取学生自学,并在讨论课上展示学习成果的方式,通过教师对学生的讲授效果和自学效果以及方法的讲评,结合学生听众评价,培养学生自主学习的意识和能力。

五、实践教学内容 and 基本要求(实验为8学时)

1. 实践教学目标

通过课程实验使学生加深对嵌入式系统基础知识的理解,能够根据工艺控制性能指标采取正确合适的方法设计出一般和复杂工业对象的嵌入式系统;能够针对嵌入式系统的相关模块进行设计,并实施验证实验;能够通过嵌入式系统的软硬件设计实现具体的功能;能够通过实验操作训练熟悉嵌入式系统开发平台的使用和调试过程,了解实验室的各项规章制度。

2. 内容安排与具体要求

本课程共安排4个实验,每个实验2学时,实验内容与基本要求如下。

(思政目标内容体现在实验中完成实验前的准备、实验报告的撰写、实验数据的获取和实验结果的总结分析等过程中)

实验名称	实验内容	学时	基本要求	课程目标
嵌入式开发环境构建	熟悉嵌入式实验系统的硬件和软件组成，操作开发软件了解开发平台的各项功能，为整个实验打下基础	2	安装嵌入式系统的开发环境；搭建嵌入式系统开发平台，熟悉开发软件和调试过程。效果要求：本课程目标 1、3	思政目标目标 1、3
GPIO 实验	GPIO 设计与调试实现	2	掌握 GPIO 开发的基本流程；编写 GPIO 接口程序并进行调试，利用嵌入式系统开发平台自带的软件仿真功能，进行软件仿真试验。效果要求：本课程目标 2、3	思政目标目标 2、3
ARM 的串行口实验	PC 机与 ARM 试验系统的串行通信功能设计与调试实现	2	掌握 ARM 通信软件开发的基本流程；编写基于 ARM 串行通信模块的通信软件并进行调试。采用虚拟通信软件模拟实际通信系统，进行软件仿真实验。效果要求：本课程目标 2、3	思政目标目标 2、3
A/D 接口模块实验	ARM 试验系统的对模拟直流电压的采集的软件编程和调试实现	2	掌握 ARM 系统的 A/D 接口模块硬件系统的连线，编写基于 A/D 接口模块的采集软件并进行调试。采用可变电压代替模拟传感器的输出电压，采用高级语言编写的展示界面，结合嵌入式系统开发平台自带的软件仿真功能，进行半实物仿真试验。效果要求：本课程目标 2、3	思政目标目标 2、3

六、考核方式及成绩评定

课程思政内容以课堂提问、讨论和提交报告等形式进行全过程考核，在最终成绩中进行体现。

本课程考核采用平时成绩+期末考试(见表 1)的综合考核方式，具体如表 1 所示。

表 1 课程考核内容与权重(方式 1)

项目名称	期末考试/%	平时成绩/40%			
		随堂互动	作业	过程测试	实验
权重	60	5	5	10	20

1. 考核项目与权重

本课程各项考核项目、考核内容与权重，具体如表 2 所示。

表 2 考核项目与权重

考核方式	考核内容	成绩比例/%
随堂互动	主要考核到课率, 课堂学习主动性以及在课内答问和讨论中表现出的分析能力、交流素质	5
作业	知识的理解和应用能力, 编程实现能力以及资料的查阅能力	5
过程测试	课程基本知识和一般方法的掌握程度	10
实验	操作技能、实验项目完成情况及报告质量	20
笔试	课程基本知识和软硬件设计方法的掌握程度, 以及应用分析、设计能力以及创新能力	60

2. 考核内容与成绩评定

(1) 期末考试: 开卷笔试, 考试时间 100 分钟, 成绩采用百分制计分; 主要考核学生对本课程所学知识的整体掌握程度, 包括基本分析计算能力、综合运用所学知识分析问题、解决问题的能力; 题型主要有填空题、选择题、简答题、设计题等。

(2) 随堂互动: 要求学生积极参与, 不得无故缺席, 采用随机抽查方式, 每缺勤一次扣 1 分, 无故缺勤次数达上课次数三分之一者(参照学生手册), 取消本门课程的考核资格。

考核内容	比例/%	优(5分)	中(3分)	差(1分)
出勤率	40	按时全到课	有 1~2 次缺课, 或偶有迟到	有 3~4 次缺课, 或常有迟到
课堂活跃度	20	积极回答教师提问, 积极与老师互动	较为积极回答老师提问	较少与老师互动
答问正确性	20	正确	基本正确	有较大缺陷
叙述交流	20	叙述清楚、逻辑性较好, 能很好地与老师、同学交流分享和回答问题	叙述清楚、逻辑性一般, 能较好地与老师、同学交流分享和回答问题	叙述含糊、交流分享一般

(3) 作业: 本课程作业总评满分 5 分, 依据下表考核内容与评判规则计分。

考核内容	比例/%	优(5分)	中(3分)	差(1分)
完成进度	10	提前完成	按时完成	延时完成
概念掌握程度	30	概念清晰	概念基本清晰	概念不够清晰
选材、方案正确性	40	正确	基本正确	有较大缺陷
分析或结论有效性	20	分析合理、结论有效	分析较合理、结论基本有效	存在严重错误

(5) 过程测试: 总评满分为 10 分。至少安排 2 次过程测试, 采用中南大学可视化平台进行, 由老师在平台系统预先准备的考试题库中随机选取 15 道试题, 安排线上过程测试。学生

通过手机登陆答题，系统自动评分和判卷，并给出标准答案。考试时间一般限定在 10 分钟内，题型包括单项选择、多项选择和对错判断题。总评成绩为 2 次过程测试成绩的平均分。

(6)实验：总评满分为 20 分。主要考核学生对知识的理解与运用能力，以及采用现代工具和科学的方法进行研究的能力。要求学生熟练使用嵌入式开发平台设计实验方案，记录、进行系统各模块的软硬件设计和调试，给出有效结论并撰写实验报告。总实验成绩由 4 次实验成绩平均而得，按下表所设考核项目的完成质量程度与权重评判单次实验的得分。

考核内容	比例 /%	优	良	中	差
实验工具的使用	20	能熟练地使用嵌入式开发平台开展实验并理解其局限性(18~20)	能较熟练地使用嵌入式开发平台开展实验，了解其局限性(16~17)	能使用嵌入式开发平台开展实验，了解其局限性(12~15)	能在同学帮助下使用嵌入式开发平台开展实验(0~11)
实验方案设计	20	能运用所学理论知识、科学的方法，结合实验条件，设计切实可行的实验方案(18~20)	能运用所学理论知识、科学的方法，结合实验条件，设计实验方案(16~17)	掌握基本实验方法，能够按照给定的实验方案，搭建实验系统，进行实验验证(12~15)	掌握基本实验方法，能够在老师或同学帮助下按照给定的实验方案，搭建实验系统(0~11)
软硬件设计和调试	40	能独立正确编写嵌入式系统相关模块的软件并调试成功，实现各模块的功能(36~40)	能正确编写嵌入式系统相关模块的软件并大部分程序调试成功，大部分实现各模块的功能(32~35)	能正确编写嵌入式系统相关模块的软件并部分调试成功，部分实现各模块的功能(24~31)	能够在老师或同学帮助下部分调试成功，部分实现各模块的功能(0~23)
实验报告	20	能根据实验指导书要求撰写实验报告。报告叙述清楚，逻辑性好，且结构完整，层次分明，图表规范，并提出独到见解(18~20)	能根据实验指导书要求撰写实验报告。报告叙述清楚，结构完整，图表规范，有一定的见解(16~17)	能根据实验指导书要求撰写实验报告。报告叙述清楚，结构完整，图表较规范(12~15)	能根据实验指导书要求撰写实验报告。报告叙述较清楚，结构完整，图表较规范(0~11)

毕业要求的达成度和课程总达成度的计算方式为：

$$\text{毕业要求达成度} = \frac{\sum_i \text{考核环节 } i \text{ 权重} \times \text{考核环节 } i \text{ 得分的平均分值}}{\sum_j \text{考核环节 } j \text{ 权重} \times 100}$$

课程总达成度 = 各毕业要求达成度的平均值

其中，课程能力和各毕业要求的支撑环节权重的分配如下表所示：

毕业要求		工程知识	设计/开发解决方案	研究
考核环节权重/%	随堂互动	10	10	0
	过程测试	20	20	0
	实验	20	20	70
	作业	10	10	10
	期末考试	40	40	20
	总权重	100	100	100

七、教学团队

姓名	职称	承担的教学工作
张航	教授	课程负责人、主讲教师
邹润民	教授	主讲教师
王海波	教授	主讲教师
王一军	教授	主讲教师
樊新宇	讲师	助教
彭建辉	高工	实验指导教师

大纲主撰人：张航