东北大学秦皇岛分校本科课程教学大纲

一、课程基本信息

<table>
<tr><td>开课单位</td><td colspan="3">计算机与通信工程学院</td><td>课程代码</td><td colspan="5">3030413061</td></tr>
<tr><td>中文名称</td><td colspan="8">嵌入式系统及应用</td></tr>
<tr><td>英文名称</td><td colspan="8">Embedded Systems and Application</td></tr>
<tr><td>总学时</td><td>36</td><td rowspan="2">理论学时</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">实验学时</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">上机学时</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">设计学时</td><td rowspan="2">0</td><td rowspan="2">课外学时</td><td rowspan="2">0</td></tr>
<tr><td>学　分</td><td>2</td></tr>
<tr><td>课程类型</td><td colspan="8">☐理论课程　☑理论（含实验）课程　☐实践类课程</td></tr>
<tr><td>课程类别</td><td colspan="8">☐通识类　☐学科基础类　☑专业方向类　☐实践类</td></tr>
<tr><td>适用专业</td><td colspan="8">通信工程</td></tr>
<tr><td>先修课程</td><td colspan="8">C++程序设计、电子技术基础、计算机组成原理、操作系统</td></tr>
<tr><td>建议开课学期</td><td colspan="8">☐1-1 ☐1-2 ☐2-1 ☐2-2 ☐3-1 ☑3-2
☐4-1 ☐4-2 ☐5-1 ☐5-2 ☐*（代表每学期都开设）</td></tr>
<tr><td>考核方式</td><td colspan="3">☐考试 ☑考查</td><td>成绩分制</td><td colspan="4">☑百分制 ☐五级制
☐二级制</td></tr>
<tr><td>使用教材</td><td colspan="8">马维华. 嵌入式系统原理及应用(第二版). 北京邮电大学出版社, 2010 年.</td></tr>
<tr><td>参考书及教学资源</td><td colspan="8">李登峰. 嵌入式系统及应用(第一版). 高等教育出版社, 2013 年.</td></tr>
<tr><td>其他说明</td><td colspan="8">无</td></tr>
</table>

二、课程简介

中文描述

《嵌入式系统与应用》是通信工程专业一门重要的专业方向类课程。随着后 PC 时代的到来，已高速度、高可靠性、低功耗为特征的嵌入式系统的应用日益广泛和深入。它是继 IT 网络技术和单片机技术之后又一个新的技术发展方向。

本课程将向学生系统的介绍嵌入式系统的知识，从硬件、软件、开发过程、工具等方面对嵌入式系统进行全面的讲解。通过本课程的学习，学生可以地系统掌握嵌入式系统的概念和基本原理，ARM 体系结构特点，嵌入式系统设计的一般原理和方法，嵌入式常见开发工具的使用，嵌入式操作系统的基本原理及应用。为学生今后的工作提供技术能力保障。

目前，嵌入式系统已被广泛应用于工业控制系统、信息家电、通信设备、医疗仪器等众多领域。通过本课程的学习，着重培养学生的实际动手能力，使学生在今后的工作中具有利用嵌入式系统开发产品和解决实际问题的基本能力并为进一步学习和实践嵌入式系统相关知识打下坚实基础，同时培养学生勤学笃行意识和创新实践精神，厚植学生四个自信和家国情怀。

English Description

三、课程目标

1、知识目标：

1-1：掌握嵌入式系统的概念、组成、设计方法、体系结构；
1-2：掌握 ARM 处理器的指令系统及与 C 语言的混合编程技术；
1-3：掌握嵌入式微处理器的硬件资源并进行接口程序的设计；
1-4：掌握嵌入式系统的常用开发工具及交叉工具链的使用；
1-5：掌握嵌入式启动加载程序和操作系统的基础理论及其移植。

2、能力目标：

2-1：能够理解嵌入式系统的组成及各部分在系统中的作用；
2-2：能够理解 ARM 处理器体系结构及其功能；
2-3：能够熟练应用 ARM 指令进行汇编程序设计；
2-4：能够分析和设计常用接口电路程序；
2-5：能够熟练使用嵌入式各项开发工具；
2-6：掌握启动加载程序和操作系统的移植原理和步骤。

3、**德育/素养目标：**

3-1：展示本专业在新时代中国特色社会主义建设中的成就和当前要解决的重大课题；
3-2：具有良好的团队协作意识和能力、较强的表达能力和人际交往能力；
3-3：理解嵌入式系统理论知识对于刻画工程实践问题的重要意义；
3-4：认知当前全球，特别是我国嵌入式系统的发展对提升中国工程关键技术及核心竞争力的重要意义；
3-5：认知提升工程科技人才的创新创业能力、责任意识对提高中国在全球发展核心竞争力的作用；
3-6：认知大国工匠精神的内涵及时代意义，增强专业认同感、民族责任感；
3-7：具备良好的职业道德和社会责任感，遵纪守法。

表 1 课程目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	指标点	课程目标	关联性（H/M/L）
3、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、单元或流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。	指标点 3-1：能够设计针对本专业相关复杂工程问题的解决方案，能够设计和开发实现特定功能、满足特定需求的信息传输、信号处理或网络通信系统；	1-1 、 1-2 、 2-1 、 2-3 、 3-1、3-3、3-4	H
	指标点 3-2：能够对不同设计方案进行比较和优化，在工作各环节中具有创新意识；	1-3 、 1-4 、 2-2 、 2-3 、 3-2、3-5	M

5、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。	指标点 5-1：能够对本专业相关复杂工程问题进行建模与分析，理解获取相关信息参数的必要性与基本方法，并理解其局限性；	1-4 、 2-5 、3-2、3-4、	M
	指标点 5-2：熟悉解决本专业相关复杂工程问题所需的技术和资源，能够运用现代信息技术进行文献检索和资料查询，获取专业解决方案；	1-5 、 2-6 、3-2、3-4	M

四、主要教学内容

（一）理论教学

第 1 章 绪论 （支撑课程目标 1-1、2-1、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) 嵌入式系统的概念；
(2) ARM 的概念、发展历程；
(3) ARM 的设计思想及 ARM 处理器的优点；
(4) 嵌入式系统的组成；
(5) 嵌入式产品的开发流程。

【2】学习目标：

了解： 嵌入式系统的概念及 ARM 的含义。
理解： ARM 处理器的设计思想。
掌握： 嵌入式系统的组成及产品开发流程。

【3】重点内容：

(1) 嵌入式与 ARM 的联系与区别；
(2) ARM 处理器的设计思想；
(3) 嵌入式系统的构成及开发流程。

【4】难点内容：

嵌入式系统硬件和软件各组成部分在系统中的作用。

【5】思政案例：

通过介绍嵌入式系统的发展史，让学生了解我国嵌入式的发展现状，让学生能够积极主动的投入到嵌入式系统课程的学习中。

第 2 章：ARM 处理器的体系结构 （支撑课程目标 1-1、2-2、3-4、3-6）

【1】知识点：

(1) ARM 体系结构版本的发展历程；
(2) 流水线的概念和工作原理；
(3) ARM 处理器的工作状态；
(4) ARM 处理器的工作模式；
(5) ARM 处理器的寄存器文件；
(6) ARM 处理器的存储器接口；
(7) 异常运行机制。

【2】学习目标：

了解： ARM 指令集的发展历程及 ARM 处理器的命名规律。
理解： 与编程相关的 ARM 处理器各项功能模型。

掌握： 异常的工作原理及其重要性。

【3】重点内容：

(1) 工作状态的含义及其转换；
(2) 工作模式的含义及其转换方式；
(3) ARM 处理器中的寄存器种类及其功能；
(4) ARM 处理器支持的数据类型。

【4】难点内容：

异常的工作机制(异常的响应和返回过程)。

【5】思政案例：

通过介绍流水线技术的工作原理启发学生在生活中遇到需要同时处理的多件事情时要学会调度和并行处理，以便找到最优化的解决方案。

第 3 章：ARM 指令集与汇编程序设计（支撑课程目标 1-2、2-3、3-1、3-3）

【1】知识点：

(1) ARM 汇编指令格式，寻址方式；
(2) ARM 指令集；
(3) ARM 伪指令；
(4) 汇编语言和 C 语言的混合编程。

【2】学习目标：

了解： ARM 汇编指令的基本格式，寻址方式的概念。
理解： ARM 基本指令集和伪指令的语法、功能。
掌握： 实现汇编语言和 C 语言混合编程的途径。

【3】重点内容：

(1) 各种寻址方式的含义和用法；
(2) 各项 ARM 指令的格式、功能；
(3) 各项 ARM 伪指令的格式、功能。

【4】难点内容：

ARM 汇编语言和 C 语言混合编程所要遵循的各项具体规则。

【5】思政案例：

ARM 的每条汇编指令对于嵌入式系统而言都是不可或缺的，启发学生认识到个人是团队的一员，每个人都要发挥相应的作用，培养学生的团队精神和集体荣誉感。

第 4 章：接口电路程序设计（支撑课程目标 1-3、2-4、3-2、3-4）

【1】知识点：

(1) ARM 系统设计概述；
(2) 嵌入式系统时钟的设置；
(3) 通用 IO 端口的汇编程序设计；
(4) 串口的汇编程序设计；
(5) 中断的汇编程序设计。

【2】学习目标：

了解： ARM 系统设计的基础知识。
理解： 系统时钟、通用 IO 端口相关寄存器的功能和使用方法。
掌握： 系统串口和中断的工作原理。

【3】重点内容：

(1) 嵌入式系统时钟的汇编程序设计；
(2) 通用 IO 端口的汇编程序设计；
(3) 串口的汇编程序设计。

【4】难点内容：

中断电路的工作原理及中断相关寄存器的使用。

【5】思政案例：

接口电路的程序设计要与实际电路和应用要求严格保持一致，启发学生注重基础知识的学习，培养实践中细致观察，积极思考的优良品质。

第 5 章：Linux 系统的开发工具和交叉工具链（支撑课程目标 1-4、2-5、3-1、3-4、3-6）

【1】知识点：

(1) vi 在嵌入式开发中的作用和使用方法；
(2) gcc 在嵌入式开发中的作用和使用方法；
(3) gdb 在嵌入式开发中的作用和使用方法；
(4) make 在嵌入式开发中的作用和使用方法；
(5) 交叉工具链的概念、功能、安装和使用方法。

【2】学习目标：

了解： vi、gcc、gdb、make 的在嵌入式开发中的作用。
理解： vi、gcc、gdb、make 的常用功能。
掌握： 交叉工具链的概念、功能和使用方法。

【3】重点内容：

(1) 编辑器 vi 的使用方法；
(2) 编译器 gcc 的使用方法；
(3) 调试器 gdb 的使用方法；
(4) 工程管理器 make 的使用方法。

【4】难点内容：

makfile 文件的编写。

第 6 章：Bootloader 及其移植（支撑课程目标 1-5、2-6）

【1】知识点：

(1) 启动加载程序的概念、功能；
(2) 启动加载程序的工作模式；
(3) 启动加载程序移植的原因；
(4) Uboot 简介及其目录结构；
(5) Uboot 移植的步骤。

【2】学习目标：

了解： Bootloader 程序的概念及其在嵌入式系统软件中的作用。
理解： 启动加载程序移植的原因及步骤。
掌握： Uboot 移植的基本步骤。

【3】重点内容：

(1) 启动加载程序在嵌入式系统中发挥的作用；
(2) Uboot 源代码的目录结构；。

【4】难点内容：

Uboot 的移植。

第 7 章：Linux 内核及其移植（支撑课程目标 1-5、2-6、3-3、3-7）

【1】知识点：

(1) Linux 内核简介；
(2) Linux 内核源代码结构；
(3) Linux 内核编译步骤。

【2】学习目标：

了解： Linux 移植的原因。

理解： Linux 内核源代码中主要文件夹的功能。

掌握： Linux 内核编译步骤。

【3】重点内容：

Linux 内核源代码各主要文件夹的功能。

【4】难点内容：

Linux 内核编译。

【5】思政案例：

Bootloader 和内核的移植内容庞大而繁琐，培养学生不怕困难，胆大心细的作风，充分挖掘自身潜能，展现自身才华。

（二）实验教学

嵌入式系统与应用实验通过一系列的实操任务，全面覆盖了实验内容覆盖了从基础的 ARM 汇编指令，到进阶的基本接口和串口实验，以及 STM32 综合应用实验等多个方面，全面培养学生的实验设计能力和解决实际问题的能力。实验教学的项目名称及学时分配相关信息如表 2 所示。

表 2 实验教学信息表

序号	实验项目名称	实验学时	每组人数	实验类型	实验性质
1	ARM 汇编指令实验	2	1	设计型	必做
2	ARM 基本 C 语言程序实验	2	1	设计型	必做
3	ARM 基本接口实验	2	1	设计型	必做
4	ARM 串口通信实验	2	1	设计型	必做
5	STM32 综合应用实验	4	1	设计型	必做

实验项目一：ARM 基本汇编指令实验（支撑课程目标 1-2、2-1、2-2）

【1】实验内容：

(1) 用 MDK-ARM 开发环境建立一个工程；

(2) 在 ST-LINK 仿真器上调试运行基本的 arm 指令；

(3) 熟悉并掌握嵌入式实验箱的相关操作，将 ARM 汇编程序可以通过下载器下载到实验箱运行并观察相关实验现象。

【2】实验目的：

掌握 arm 开发环境，了解嵌入式工程开发的基本流程，掌握相关软件和实验箱的功能并能够灵活应用。

【3】教学要求：

要求学生熟悉并掌握能够动手使用开发软件及实验箱，掌握基本的嵌入式汇编指令的用法，并在开发环境中编写程序。通过观察实验箱呈现的相关实验现象，了解 ARM 基本指令的具体作用。

【4】实验方式：程序设计和实物验证。

【5】实验场地与设备：综合楼 1210；计算机和嵌入式实验箱。

【6】思政案例：

强调学生要认真进行实验操作、细心检查代码和实验箱连线，通过在生活中的应用实例，了解 ARM 体系架构在嵌入式开发中的具体作用。

实验项目二：ARM 基本 C 语言程序实验（支撑教学目标 1-2、1-3，2-1、2-2、3-3）

【1】实验内容：

(1) 用 STM32CubeIDE 开发环境建立一个 STM32 工程；

(2) 在 ST-link 仿真器上调试运行编写的 ARM C 代码；
(3) 将编译好的可执行文件下载到实验箱并观察相关实验现象。

【2】实验目的：掌握 STM32CubeIDE 开发环境的使用，掌握运用 ARM CORTEX M3 架构，进行嵌入式开发的具体流程；了解 C 语言与汇编语言在进行工程开发时的联系与区别。

【3】教学要求：要求学生学习和掌握 ARM C 开发和调试流程，并能够进行基本应用，能够编写基础的 ARM C 工程项目。

【4】实验方式：程序设计和实物验证

【5】实验场地与设备：综合楼 1210；计算机和嵌入式实验箱

【6】思政案例：

强调实现同一种功能，应用不同的程序设计语言或流程，会在整个工程设计和调试等各方面存在差异，强化学生认真、负责工作的意识。

实验项目三：ARM 基本接口实验（支撑教学目标 1-1、1-3、2-1、3-4）

【1】实验内容：

(1) 了解 ARM 基本接口的应用；
(2) 用 STM32CubeIDE 开发环境建立一个 STM32 工程，设计并编写一个应用 STM32 基本接口（GPIO）的嵌入式工程项目；
(3) 将编译好的可执行文件下载到实验箱并观察相关实验现象。

【2】实验目的：了解 STM32 GPIO 在嵌入式程序设计和工程项目中的应用。

【3】教学要求：要求学生学习和掌握 STM32 GPIO 基本原理和嵌入式 C 语言开发和调试流程，能够在具体的工程项目中对 GPIO 进行综合使用。

【4】实验方式：程序设计和通过嵌入式实验箱观察实验现象

【5】实验场地与设备：综合楼 1210；计算机和嵌入式实验箱

【6】思政案例：

引导学生在实现嵌入式系统的相关功能的过程中，能够运用不同方法解决问题，拓展学生的思维，提高解决问题的能力。

实验项目四：ARM 串口通信实验（支撑教学目标 1-2、1-3、1-5、2-1、2-2、2-4、3-2、3-6）

【1】实验内容：

(1) 了解 STM32 串口通信原理；
(2) 掌握基本的数据处理相关指令的应用方法；
(3) 掌握 STM32 串口的基本使用方法；
(4) 设计并编写相关程序并建立 STM32 工程，将编译好的可执行文件下载到实验箱。并观察相关实验现象。

【2】实验目的：了解 ARM 串口通信的基本原理，能够综合所学理论，实现复杂的功能。

【3】教学要求：了解 ARM 串口接口的控制方法，通过串口通信实现数据的传递。

【4】实验方式：程序设计和实物验证

【5】实验场地与设备：综合楼 1210；计算机和嵌入式实验箱

【6】思政案例：

介绍目前先进的可以实现复杂功能的嵌入式系统，激发学生在工作中不断探索，持续改进的工匠精神。

实验项目五：STM32 综合应用实验（支撑教学目标 1-2、1-3、1-5、2-1、2-2、2-4）

【1】实验内容：

(1) 用 STM32CubeIDE 开发环境建立一个工程；
(2) 将 STM32 汇编指令和 STM32 C 语言代码结合，设计并编写一个具有基本应用功能的嵌入式工程项目；

(3) 将编译好的可执行文件下载到实验箱并观察相关实验现象。

【2】实验目的：了解 STM32 汇编指令和 C 代码在嵌入式工程编辑中的不同作用。

【3】教学要求：要求学生学习和掌握 STM32 系列的工程开发中，汇编指令和 C 语言开发和调试流程，并能够将两种编程语言在同一个工程项目中进行综合使用。

【4】实验方式：程序设计和实物验证

【5】实验场地与设备：综合楼 1210；计算机和嵌入式实验箱

【6】思政案例：

引导学生在实现嵌入式系统的相关功能的过程中，能够运用不同方法解决问题，拓展学生的思维，提高解决问题的能力。

五、教学安排与学时分配

本课程以课堂教学为主，辅以实验教学形式。围绕本课程的基本概念、基本理论、基本原理进行授课。课程围绕立德树人根本任务，以培养德智体美劳全面发展社会主义建设者和接班人为总目标。以嵌入式系统组成为主线，深入讲解嵌入式系统各主要组成部分和功能模块的工作原理，逐步建立分析和设计嵌入式系统的能力。学时分配如表 3 所示。

表 3 学时分配表

讲课内容		学时				
		讲课	实验	上机	设计	课外
第 1 章	绪论	1	0	0	0	0
第 2 章	ARM 处理器的体系结构	3	0	0	0	0
第 3 章	ARM 指令集与汇编程序设计	10	4	0	0	0
第 4 章	接口电路程序设计	4	4	0	0	0
第 5 章	Linux 系统的开发工具和交叉工具链	2	4	0	0	0
第 6 章	BootLoader 及其移植	2	0	0	0	0
第 7 章	Linux 内核及其移植	2	0	0	0	0
小计		24	12	0	0	0
总计	36					

六、教学方法

1、讲授基本原理，理论联系实际，强调材料的应用及设计原理，培养学生创新能力。

2、采用多媒体课件、网络教学和传统教学相结合的教学方式，赋予课堂生机。

3、理论教学、讨论形式相结合，调动学生的学习积极性，培养学生的自学能力、团队协作能力和解决实际问题的能力。

七、成绩评定

1、本课程考试形式为闭卷，按百分制评定。结合平时作业、课堂提问、课堂交流和期末考试成绩综合评定成绩。

（1）平时成绩占 15%，主要包括课堂交流、作业、线上资料学习等综合评定。

（2）实验成绩占 15%，主要为上机实验练习、作业和测评。

（3）期末成绩占 70%，主要为试卷成绩（闭卷测试）。

2、所缺实验、作业等超过应完成量 1/3 者，或缺课学时超过计划学时 1/3 者，或实验考核成绩不合格者，取消该课程考核资格。

八、评价及持续改进

1、教学大纲

考核周期：4 年，修订周期：4 年。

改进措施：课程负责人组织课程团队所有教师讨论后提出改进意见，经教研室主任审核后由教学院长批准。

2、成绩评定考核

考核周期：1 学年，评价依据：学生最终成绩综合分析。

改进措施：根据学生最终成绩的分布，进行相应的内容调整和优化，并改进教学方法。

撰写：　　李志华　戴庆天

审核：　　辛凤鸣

批准：　　史闻博

日期：　　2023.07.05