

# 《嵌入式系统》教学大纲

## 一、基本信息

课程名称：嵌入式系统

课程代码：160527E002

总学时：32

实验学时：8

开课学院：石油学院

课程性质：选修

英文课程名称：Human-computer Interaction Technology

总学分：2

课内学时：24

上机学时：0

适用专业：计算机

先修课程：C 语言程序设计、计算机组成原理

## 二、课程简介

本课程是计算机的专业选修课，是电子系统设计和集成电路应用开发的入门课程。本课程主要包括嵌入式系统概述，ARM Cortex 处理器架构，软硬件开发环境，基本内部硬件模块 GPIO/定时器/PWM/ADC 模块，通用外设通信接口 UART/I2C/SPI 接口，TCP/IP 网络协议及其实现，嵌入式操作系统内部机制及其移植等内容。通过本课程的学习，让学生掌握嵌入式系统的概念及其开发方法，并且能够利用所学内容进行嵌入式系统的开发设计。本课程覆盖面广，体现电子学科模拟电路、数字电路和软件基础等三四门课程的基础知识和及其综合应用，对学生实际动手能力有很高的要求。在教学上，突出理论和实验并重的特点，让学生在理论和实践的不断循环中掌握和消化知识。

## 三、教学目标

学生在完成这门课程的学习后，应该能够：

知识：掌握嵌入式系统设计技术知识；

能力：提高学生在嵌入式系统硬件、软件设计能力及解决实际问题的动手能力；

意识：树立沟通交流和团队协作意识，共同完成嵌入式项目开发设计工作；

## 四、教学内容与学习要求

（可按章节顺序或教学单元顺序编写，要详细说明具体教学内容、教学重点和难点，应清楚地表达知识、技能的范围和深度，充分反映课程的知识 and 技能要求，体现课程特点。）

章节/教学单元		教学内容、重点、难点	学时	学习要求
第 1 章 ARM 嵌入式技术概述	1.1 ARM 处理器的历史及发展	ARM 处理器的历史及发展	2	<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	1.2 ARM 处理器简介	ARM 处理器的特征、架构		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	1.3 ARM 处理器系列	ARM 处理器根据应用的不同分为 A、R、M 系列处理器		<input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 理解
	1.4 ARM 处理器的芯片选型	ARM 处理器的芯片选型		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
第 2 章 ARM 处理器体系结构	2.1 数据类型	ARM 的基本数据类型：字节、半字、字	4	<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	2.2 处理器工作模式	介绍 ARM 处理器的 8 种工作模式		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆
	2.3 ARM 处理器的存储系统	ARM 处理器的存储空间大小及大小端存储格式		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆
	2.4 寄存器组织	ARM 处理器模式下的寄存器分布		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆

章节/教学单元		教学内容、重点、难点	学时	学习要求
				<input checked="" type="checkbox"/> 应用
	2.5 异常处理	ARM 处理器的 7 中异常及其对应的处理器工作模式		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	2.6 ARM Cortex - A9 内核架构	ARM Cortex - A9 内核架构		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
第 3 章 ARM 处理器指令系统	3.1 ARM 指令集概述	ARM 指令集概述	4	<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	3.2 ARM 指令的基本格式	ARM 指令集编码及指令的基本格式		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	3.3 ARM 指令的寻址方式	ARM 指令的寻址方式		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	3.4 ARM 存储器访问指令	ARM 存储器访问指令		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	3.5 ARM 数据处理指令	ARM 数据处理指令		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	3.6 ARM 分支指令	ARM 分支指令		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	3.7 协处理器指令	ARM 协处理器指令		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	3.8 杂项指令	ARM 杂项指令		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	3.9 其他指令介绍	ARM 其他指令介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
第 4 章 Exynos4412 处理器简介	4.1 处理器功能介绍	ARM 处理器功能介绍	2	<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.2 处理器引脚介绍	ARM Exynos4412 处理器引脚介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.3 内核单元	ARM 内核单元介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.4 存储器系统	ARM 存储器系统介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.5 多媒体处理单元	ARM 多媒体处理单元介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.6 外部连接及通信接口	外部连接及通信接口介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.7 系统外设单元	系统外设单元介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	4.8 GPIO 单元	GPIO 功能介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用

章节/教学单元		教学内容、重点、难点	学时	学习要求
	4.9 通用中断控制器	通用中断控制器介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	4.10 SPI 功能单元	SPI 功能介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	4.11 I2C 接口功能单元	I2C 接口功能介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	4.12 UART 接口功能单元	UART 接口功能介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	4.13 ADC 功能单元	ADC 功能介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
第 5 章 Exynos4412 实验教学系统设计	5.1 实验教学系统概述	实验教学系统概述	2	<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.2 Exynos4412 存储模块	Exynos4412 存储模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.3 Exynos4412 电源管理系统	Exynos4412 电源管理系统介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.4 LED/KEY 模块	LED/KEY 模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.5 UART 模块	UART 模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.6 红外接收器	红外接收器介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.7 CAN/RS-485 通信接口模块	CAN/RS-485 通信接口模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.8 3-AXIS 传感器模块	3-AXIS 传感器模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.9 温度传感器模块	温度传感器模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.10 音频模块	音频模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.11 ADC 模块	ADC 模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.12 LCD 模块	LCD 模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.13 摄像头接口模块	摄像头接口模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.14 TF 卡/SD 卡模块	TF 卡/SD 卡模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
	5.15 USB 模块	USB 模块介绍		<input checked="" type="checkbox"/> 理解
第 6 章 Exynos4412 部件编程实	6.1 GPIO 编程	GPIO 功能描述及寄存器详解	2	<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用

章节/教学单元		教学内容、重点、难点	学时	学习要求
例	6.2 中断控制器编程	ARM 处理器中断响应流程及相关控制寄存器		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	6.3 异步串行编程	串口简介、UART 通信寄存器详解		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	6.4 PWM 定时器编程	PWM 定时器的寄存器及 PWM 工作流程		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用
	6.5 MMU 编程	MMU 的作用及工作流程		<input checked="" type="checkbox"/> 理解 <input checked="" type="checkbox"/> 记忆 <input checked="" type="checkbox"/> 应用

注：在“学习要求”一栏补充选项，可以多选，无要求可不填，也可自定要求。**记忆**，指能从记忆库中找到相关的知识、概念、术语或材料与当前的信息进行比较、确认，能记住并能不加理解的列出、描述这些知识、概念、术语或材料；**理解**，指能对所学的内容作归纳、分类、解释、总结、推断和一定程度的发挥；**应用**，指能选择正确的程序应用、实施所学到的内容，并能进行必要的计算或判断；**综合分析**，指能将所学的内容分解并找出它们的相互关系和构成，或能计划、创造、建造、有改变的重构，或能作评论、总结、估计、预测、评估、论证和答辩。

#### 实验内容（含实验学时，须填写此部分，若无则删除）

序号	实验项目名称	主要内容	主要仪器名称	仪器台套数	每组人数	实验类型	实验类别	学时
1	I/O 实验	I/O 口控制 LED 灯	嵌入式试验箱	30	1	验证性	验证性	2
2	ARM 处理器中断实验	通过按键触发 ARM 中断控制灯亮灭	嵌入式试验箱	30	1	验证性	验证性	2
3	串口通信实验	通过 ARM 串口与电脑进行数据传输	嵌入式试验箱	30	1	设计性	设计性	2
4	实时时钟实验	通过实时时钟定时器控制灯的亮灭	嵌入式试验箱	30	1	设计性	设计性	2
5	A/D 转换实验	通过 A/D 转换实时获取引脚的电压值	嵌入式试验箱	30	1	设计性	设计性	2
6	PWM 蜂鸣器实验	通过 PWM 产生不同频率的声波控制蜂鸣器	嵌入式试验箱	30	1	设计性	设计性	2
7	看门狗实验	使用看门狗进行系统重启	嵌入式试验箱	30	1	设计性	设计性	2
8	I2C 实验	通过 I2C 接口获取陀螺仪的实时位置信息	嵌入式试验箱	30	1	验证性	验证性	2

注：实验类型指演示性、验证性、综合性、设计性、创新性。实验类别指基础实验、专业基础实验、专业实验。

#### 五、教学方法

本课程主要采取课堂讲授+实验验证的方法。

#### 六、考核方式

考核方式：结课考试。成绩构成：考勤 10% + 平时作业 20% + 实验 25% + 结课考试

45%。

## 七、教材与参考书

### （一）教材

《ARM Cortex-A9 嵌入式技术教程》，出版年度 2018 年，ISBN：978-7-111-59764-3

### （二）参考书目或文献

《汇编语言程序设计-基于 ARM 体系结构》出版年度 2021 年，ISBN：978-7-5124-3386-1

《嵌入式系统设计与开发实践》出版年度 2017 年，ISBN：978-7-302-47932-1

制定人：（课程负责人）高增伟

审核人：（开课系主任）崔立杰

制（修）订时间：2023 年 8 月

# 《Embedded Systems》 syllabus

## I. Basic Information

Course Name: Embedded Systems  
Course No.: 160527E002  
Total Hours: 32  
Lab Hours: 8  
Offering College: Petroleum Institute  
Course Type: Elective

Name in Chinese: 嵌入式系统  
Total Credits: 2  
Lecture Hours: 24  
Computer Lab Hours: 0  
Corresponding Majors: Computer  
Prerequisite: C language programming,  
computer composition principle

## II. Course Introduction

This course is a professional elective course for computers, and an introductory course for electronic system design and integrated circuit application development. This course mainly includes an overview of embedded systems, ARM Cortex processor architecture, software and hardware development environment, basic internal hardware modules GPIO/timer/PWM/ADC module, general peripheral communication interface UART/I2C/SPI interface, TCP/IP Network protocol and its implementation, the internal mechanism of embedded operating system and its transplantation, etc. Through the study of this course, students will be able to master the concept of embedded system and its development methods, and be able to use what they have learned to develop and design embedded systems. This course covers a wide range, reflecting the basic knowledge and comprehensive application of three or four courses in electronic disciplines such as analog circuit, digital circuit and software foundation. It has high requirements for students' practical ability. In teaching, highlight the characteristics of equal emphasis on theory and experiment, allowing students to master and digest knowledge in the continuous cycle of theory and practice.

## III. Course Objective

After completing this course, students should be able to:

Knowledge: master the technical knowledge of embedded system design;

Ability: improve students' hands-on ability in embedded system hardware and software design and solving practical problems;

Awareness: Establish a sense of communication and teamwork, and jointly complete the development and design of embedded projects;

## IV. Contents and Requirements

Chapter/Unit		Contents and Key Points	hrs	Requirements
Chapter 1 Overview of ARM Embedded Technology	1.1 History and development of ARM processors	History and development of ARM processors	2	<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	1.2 Introduction to ARM processor	Features and architecture of ARM processors		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	1.3 ARM processor series	ARM processors are divided into A, R, and M series processors according to different applications		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	1.4 Chip selection of ARM processor	Chip selection of ARM processor		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
Chapter 2	2.1 Data type	The basic data types of ARM: byte,	4	<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension

Chapter/Unit		Contents and Key Points	hrs	Requirements
ARM processor architecture		halfword, word		
	2.2 Processor working mode	Introduce the 8 working modes of the ARM processor		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	2.3 Storage system of ARM processor	ARM processor storage space size and large and small storage format		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	2.4 Register organization	Register distribution in ARM processor mode		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	2.5 Exception handling	7 exceptions of ARM processor and its corresponding processor working mode		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	2.6 ARM Cortex-A9 core architecture	ARM Cortex-A9 core architecture		<input checked="" type="checkbox"/> Memory
Chapter 3 ARM processor instruction system	3.1 Overview of ARM instruction set	ARM instruction set overview	4	<input checked="" type="checkbox"/> Memory
	3.2 The basic format of ARM instructions	ARM instruction set coding and basic format of instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.3 Addressing mode of ARM instructions	ARM instruction addressing mode		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.4 ARM memory access instructions	ARM memory access instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.5 ARM data processing instructions	ARM data processing instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.6 ARM branch instructions	ARM branch instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.7 Coprocessor instructions	ARM coprocessor instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Memory <input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.8 Miscellaneous instructions	ARM miscellaneous instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	3.9 Introduction to other commands	Introduction to other ARM instructions		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
Chapter 4 Introduction to Exynos4412 Processor	4.1 Introduction to processor functions	ARM processor function introduction	2	<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	4.2 processor pin introduction	ARM Exynos4412 processor pin introduction		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	4.3 Core unit	ARM core unit introduction		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	4.4 Memory system	ARM memory system introduction		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	4.5 Multimedia Processing Unit	Introduction to ARM Multimedia Processing Unit		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension
	4.6 External connection and communication interface	External connection and communication interface introduction		<input checked="" type="checkbox"/> Comprehension

Chapter/Unit		Contents and Key Points	hrs	Requirements
	4.7 System Peripheral Unit	System peripheral unit introduction		☑Comprehension
	4.8 GPIO unit	GPIO function introduction		☑Comprehension
	4.9 General Interrupt Controller	General interrupt controller introduction		☑Comprehension
	4.10 SPI functional unit	SPI function introduction		☑Comprehension
	4.11 I2C interface functional unit	I2C interface function introduction		☑Comprehension
	4.12 UART interface functional unit	UART interface function introduction		☑Comprehension
	4.13 ADC functional unit	ADC function introduction		☑Comprehension
Chapter 5 Exynos4412 Experimental Teaching System Design	5.1 Overview of the experimental teaching system	Overview of Experimental Teaching System	2	☑Comprehension
	5.2 Exynos4412 storage module	Exynos4412 storage module introduction		☑Comprehension
	5.3 Exynos4412 Power Management System	Introduction to Exynos4412 Power Management System		☑Comprehension
	5.4 LED/KEY module	LED/KEY module introduction		☑Comprehension
	5.5 UART module	UART module introduction		☑Comprehension
	5.6 Infrared receiver	Infrared receiver introduction		☑Comprehension
	5.7 CAN/RS-485 communication interface module	CAN/RS-485 communication interface module introduction		☑Comprehension
	5.8 3-AXIS sensor module	3-AXIS sensor module introduction		☑Comprehension
	5.9 Temperature sensor module	Temperature sensor module introduction		☑Comprehension
	5.10 Audio Module	Audio module introduction		☑Comprehension
	5.11 ADC module	ADC module introduction		☑Comprehension
	5.12 LCD module	LCD module introduction		☑Comprehension
	5.13 Camera interface module	Camera interface module introduction		☑Comprehension
	5.14 TF card/SD card module	TF card/SD card module introduction		☑Comprehension
	5.15 USB module	USB module introduction		☑Comprehension
Chapter 6 Exynos4412	6.1 GPIO programming	GPIO function description and detailed register explanation	2	☑Memory ☑Comprehension



Chapter/Unit		Contents and Key Points	hrs	Requirements
component programming example				☑Application
	6.2 Interrupt Controller Programming	ARM processor interrupt response process and related control registers		☑Memory ☑Comprehension ☑Application
	6.3 Asynchronous serial programming	Introduction to serial port, detailed explanation of UART communication register		☑Memory ☑Comprehension ☑Application
	6.4 PWM timer programming	PWM timer register and PWM workflow		☑Memory ☑Comprehension ☑Application
	6.5 MMU programming	The role and workflow of MMU		☑Memory ☑Comprehension ☑Application

### Lab Contents (if applicable)

N o.	Project	Contents	Apparatus	Units	Students/Group	Lab Type	Lab Category	hrs
1	I/O experiment	I/O port control LED light	Embedded test box	30	1	Verification	Verification	2
2	ARM processor interrupt experiment	Trigger the ARM interrupt control light by pressing the button	Embedded test box	30	1	Verification	Verification	2
3	Serial communication experiment	Data transmission with the computer through the ARM serial port	Embedded test box	30	1	Design	Design	2
4	Real-time clock experiment	Control the light on and off by real-time clock timer	Embedded test box	30	1	Design	Design	2
5	A/D conversion experiment	Real-time acquisition of pin voltage value through A/D conversion	Embedded test box	30	1	Design	Design	2
6	PWM buzzer experiment	Control the buzzer by PWM generating sound waves of different frequencies	Embedded test box	30	1	Design	Design	2
7	Watchdog experiment	Use watchdog to reboot the system	Embedded test box	30	1	Design	Design	2
8	I2C experiment	Obtain real-time position information of the gyroscope through the I2C interface	Embedded test box	30	1	Verification	Verification	2

### V. Teaching Method

This course mainly adopts the method of classroom teaching + experimental verification.

## **VI. Evaluation**

Assessment method: final exam. Grade composition: 10% attendance + 20% usual homework + 20% experiment + 50% final exam.

## **VII. Textbook and Reference**

### **(1) Textbook**

"ARM Cortex-A9 Embedded Technology Tutorial", publication year 2018, ISBN: 978-7-111-59764-3

### **(2) Reference**

"Assembly Language Programming-Based on ARM Architecture" publication year 2021, ISBN: 978-7-5124-3386-1

"Embedded System Design and Development Practice" Publishing Year 2017, ISBN: 978-7-302-47932-1