

《微控制器原理及实践》课程建设

一、课程建设背景

《微控制器原理及实践》课程对应《单片机原理及应用》、《计算机原理及应用实验》2门课程，课程性质、学分、学时及设置学期皆保持不变。《单片机原理及应用》、《计算机原理及应用实验》课程信息如表1所示。

表1《单片机原理及应用》、《计算机原理及应用实验》信息

课程类别	课程性质	课程代码	课程名称	学时	学分	其中		设置学期
						实验	上机	
学科大类基础	必修	0808463	单片机原理及应用	40	2.5			5
	必修	0819042	计算机原理及应用实验	24	0.8	24		5

二、课程建设内容

1、教学方法

方法一，任务驱动。设计多项具有电气学科背景的真实工程项目供学生团队选择。学生在教师的帮助下构建团队、论证项目实施方案、开展项目管理和团队建设、围绕项目的功能需求学习微控制器原理及技术、利用所学知识 with 技能完成项目。

方法二，案例研究。利用 TI 公司为 **TM4C123G LaunchPad**（简称 **Tiva™**）开发板设计的教学案例设置教学要求，引导学生自主学习与实践 **Tiva™** 的开发环境及工具，以及中断、时钟、GPIO 和各种外设的基础知识。

方法三，全开放。课程培养目标、教学方法、学习方法、教学评价提前告知学生，邀请学生参与课程内容设计、共同制定评价量表、共同参与教学管理，学习资料、便携式开发板提前发放给学生，实践场地、设备和器材向学生开放，让学生成为学习与实践的主人，让教师成为学生课程的设计者、学习困境的引导者、体验式学习的合作者、学习效果的评估者。

2、学习方法

方法一，行为学习。课程按原理和功能分为多个模块，每个模块确定可观察的最低目标和发展目标，并以评价量表的形式呈现给学生，学生在教师的帮助下利用课程组提供的教学资源 and 自有资源围绕模块目标及真实工程项目的要求进

行实践。

方法二，体验式学习。利用 TI 公司提供的便携式开发板及实验案例设置教学要求，引导学生实践与反思，并以实验任务的现场验收、实验结果的总结及分享帮助学生巩固知识。

方法三，群组（合作）学习。教师帮助学生组建学习小组，引导学生以小组形式学习微控制器原理及外设模块，小组以简报和主讲某一模块的形式呈现小组学习成果；在真实工程项目实施阶段，学习小组转化为项目团队，并按项目管理形式管理团队和项目实施。

3、教学内容

微控制器选用 **TM4C123GH6PM**，实验载体选用 **TM4C123G LaunchPad**。**TM4C123G LaunchPad** 是基于 **TM4C123GH6PM** 控制器的实验板卡，自带仿真器。扩展模块采用 **DY-Tiva-PB** 口袋实验板。

教学内容按功能和结构分为六个模块，具体内容如下：

模块 1——课程介绍和团队组建。“以学生为中心”教学理论的学习和讨论，《微控制器原理及实践》课程认知模型的定义及课程设计原理的概述，组建团队。

模块 2——MCU 系统架构认知。学习 MCU 工作原理及 **TM4C123GH6PM** 控制器系统架构，帮助学生构建 MCU 系统认知。

模块 3——项目方案设计。设计具有电气学科应用背景的工程项目，各组抽选项目，并根据项目的要求进行方案设计与答辩。

模块 4——六个基础模块的学习与实践。学习 MCU 外设模块的原理、架构、工作方式，同时完成各项目模块的设计与实践。

模块 5——项目集成与调试。各项目小组根据项目要求完成各项功能的设计与实践。

模块 6——项目验收。项目的验收和答辩，各小组交流，提交总结报告。

4、教学评价

课程采用混合评价，即形成性评价+同伴互评，并邀请学生参与评价量表制定。

根据课程教学目标及各模块或单元教学目标设计评价量表，评价量表维度为三级即知识、能力、态度，评价等级为典范、合格、有待改善，评价量表类型有模块或单元评价量表、团队合作评价量表、真实工程项目项目评价量表（注：同

伴互评涵盖在上述三类评价量表之中)。

5、教学管理

利用物联网、移动互联等技术搭建信息化管理平台，为线上线下教学、实验室开放、形成性评价提供技术支撑；弱化课堂授课模式，强化自主学习和实践，鼓励团队合作。

三、课程教学目标（学习成果）

课程以业界广泛使用的 Cortex-M4 处理器为对象，帮助学生领会微控制器的原理和设计思想，学习常规的 MCU 硬件和软件技术，构建电气专业学生的 MCU 认知体系，从而掌握电气工程中实现控制所必需的工具，为解决复杂的实际工程问题奠定基础。

1、领会 MCU 的基本原理

- 1) 能够解释 MCU（包括各外设）的相关概念、原理和分类。
- 2) 能够解释 TM4C123GH6PM 微控制器(内核、存储器组织及各外设)的基本架构。

2、应用 MCU 技术开发产品和解决复杂工程问题

- 1) 能够概述 MCU 系统的一般开发流程。
- 2) 能够根据实际的工程开发需要选择合适的 MCU 组件。
- 3) 能够熟练使用 CCS 等开发工具。
- 4) 能够设计和编写设备驱动程序和小型嵌入式裸机系统程序（C 语言）。
- 5) 能够设计 MCU 的最小系统电路和简单外围电路。
- 6) 能够发现、界定和解决 MCU 开发中出现的一般性软件和硬件问题。
- 7) 能够初步将工程开发规范（工程进度控制（甘特图）和编程规范）应用到 MCU 项目开发中。
- 8) 能够合理使用图表，撰写设计和实验报告，口头表达项目原理和设计方案。

3、领会自主学习的重要性，领会 MCU 的一般学习方法

- 1) 能够通过阅读数据手册、例程和其他资料归纳出 MCU 某功能模块的架构和工作原理。

2) 能够在数据手册中迅速查找到需要的库函数和寄存器，以及它们的使用方法。

3) 能够设计和实现 MCU 某具体功能、库函数和寄存器的验证性实验。

4、团队合作能力

1) 能和团队分工协作，有效合作研究，通过讨论相互促进，完成相应实验任务。

四、教学组织形式

《微控制器原理及实践》课程采用小班全开放式教学，即每个班级人数小于 30 人，选课学生除授课时间单元外，其他时间皆可预约进入实验室自主实践。

授课地点：实验教学中心（西二楼 301 实验室）

授课时间： 1-11 周（10 周）。

五、教学内容

1、教学实施及说明

每班 30 人，分为 6 组，每组 5 人，随机抽签组队，并采用项目驱动模式开展教学。课程组提供 3 个项目供 6 组进行抽签选题，即每两组执行同一个任务。

2、课程安排及说明

	第一次		第二次	
第一周	导论（团队、介绍、共识）		1 计算机基础	实验 1
第二周	2CM4 内核	实验 2	3tiva_c 处理器	实验 3
第三周	项目开题答辩		4 嵌入式 C 语言 a	实验 4
第四周	4 嵌入式 C 语言 b		5GPIOa	实验 5
第五周	5GPIOb		6GPTMa	实验 6
第六周	6GPTMb	实验 7	7 串行通信 a	实验 8
第七周	7 串行通信 b		7 串行通信 c	实验 9
第八周	8 模拟外设 a	实验 10	8 模拟外设 b	
第九周	9PWM/QE1a	实验 11	9PWM/QE1b	
第十周	开卷考试		项目验收	实验 12

2.1 课程导论（2 学时）

◆教学目标

帮助学生领会《微控制器原理及应用》课程改革的初衷，认同课程培养目标，确认培训内容、教学管理方式、教学评价，将课程的教学目标变成学生的实践目标。

学习方法：阅读课程建设文档（课前）、小组讨论。

教学方法：讲授法、合作学习

课堂任务：以小组为单位讨论每名小组成员，针对建设方案提出的 3 类 9 个及以上的问题。经过小组讨论，应以小组共同成果的形成输出 3 类 3 个及以上的问题供全体分享。

注：课程建设方案电子档应在课前发给每一个学生，同步发出阅读要求，即每位学生阅读后要针对建设方案提出 3 个及以上困惑的问题，3 个及以上赞同或欣赏的问题/观点/做法，3 个及以上需改进的问题或建议。

时间安排

◆《微控制器原理及应用》课程课前问卷结果解读：10 分钟

◆组建团队（含团队契约）：30 分钟（每组 5 人）

◆课程建设方案讨论：15 分钟

◆课程建设方案问题、观点及建议地分享：20 分钟

◆教师解惑与意见收集：10 分钟

教学组织——组建团队

教学组织——分组讨论

教学组织——小组分享

教学组织——教师解惑与意见收集

教学评价

“课程介绍与团队组建”教学单元评价量表见表 1。

表 1 《微控制器原理及应用》课程介绍——课程建设方案讨论评价量表

维度	典范	合格	有待改善
----	----	----	------

课程介绍 (70%)	<input type="checkbox"/> A1 提出了 3 项及以上困惑的问题, 并叙述了困惑的理由、且理由是充分的、问题不是低层次的, 如阅读不全面产生的问题 <input type="checkbox"/> A2 提出了 3 项及以上赞同或欣赏的观点, 并描述了赞同或欣赏的理由、且理由是充分的、不是奉承性质的 <input type="checkbox"/> A3 提出了 3 项及以上的建议, 并阐释了改进的理由、且理由是充分的、建议具有可操作性	<input type="checkbox"/> B1 提出了 3 项及以上困惑的问题, 并叙述了困惑的理由, 理由是充分的, 问题缺乏深度和思考 <input type="checkbox"/> B2 提出了 3 项及以上赞同或欣赏的观点, 并描述了赞同或欣赏的理由、理由是充分的、观点不是全局性的 <input type="checkbox"/> B3 提出了 3 项及以上的建议, 并阐释了改进的理由、理由是充分的、建议不具有可操作性	<input type="checkbox"/> C1 提出的困惑问题不足 3 项, 未叙述困惑的理由, 或理由叙述不充分, 问题是低层次的 <input type="checkbox"/> C2 提出的赞同或欣赏的观点不足 3 项, 未描述了赞同或欣赏的理由、或理由描述不充分、赞同或欣赏是唱赞歌 <input type="checkbox"/> C3 提出的建议不足 3 项, 未阐释改进的理由、或理由阐释不充分、建议不具有可操作性
团队建设 (30%)	<input type="checkbox"/> A4 团队名称和口号与任务关联度高, 新颖、易记; 队长自荐并被团队接纳 <input type="checkbox"/> A5 <input type="checkbox"/> 团队契约规范完整, 可观测、可量化、可执行, 并被应用	<input type="checkbox"/> B4 团队名称和口号与任务相关; 队长由团队推举 <input type="checkbox"/> B5 <input type="checkbox"/> 团队契约完整, 可观测、可量化、可执行, 但未被应用	<input type="checkbox"/> C4 团队名称和口号与任务不相关; 队长互相推诿或抽签等其他方式选出 <input type="checkbox"/> C5 <input type="checkbox"/> 团队契约不完整, 应用度不高

1) 课后任务。

- a) 阅读课程组下发的“软件安装与学习资料文档”, 安装 CCS6.2, TivaWare 和 Workshop;
- b) 观看 Launchpad 入门讲座第一课至第二课(下), 并完成实验一、实验二(视频 2-7), 参考文献见文档 CCS 基本操作。

2.2 计算机基础(4 学时)

学习计算机基本结构和基本工作原理, 计算机数制及其存储。

◆ 教学目标(学习成果)

- 1) 能够概述计算机的基本组成和工作原理; 能够解释相关概念(控制器、运算器、存储器、总线、寄存器、时钟、指令、流水线、哈佛结构和大小端模式)。
- 2) 能计算各种数值间的转换, 能在计算机存储空间正确识别数据。

◆ 评核方法

教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] william stallings. 计算机组成与体系结构性能设计. 北京:机械工业出版社, 2011

2.3 Cortex-M4 处理器（4 学时）

学习 Cortex-M4 处理器的基本架构，内核寄存器，存储表映射，工作方式，systick，NVIC。

◆ 教学目标（学习成果）

- 1) 能够概述 Cortex-M4 处理器的基本架构，内核寄存器，存储表映射，工作方式。
- 2) 能够概述 Cortex-M4 中断处理的基本流程和操作方法。
- 3) 能够领会通过寄存器对 MCU 进行操作的基本方法。

◆ 教学方法

- 1) 教师讲授主要概念。
- 2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。
- 3) 学生通过课堂实验领会通过寄存器对 MCU 进行操作的基本方法。

课堂实验：按照例程使用寄存器对 Systick 进行操作。

◆ 参考资料

[1] Joseph Yiu. ARM Cortex-M3 权威指南

[2] Joseph Yiu. ARM Cortex-M3 与 Cortex-M4 权威指南. 北京:清华大学出版社, 2015

[3] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京:清华大学出版社, 2016: 1-13（第一章）

2.4 TM4C123GH6PM 微控制器（4 学时）

TM4C123GH6PM 的架构：电源、复位、时钟和存储器。

◆ 教学目标（学习成果）

- 1) 能够概述 TM4C123GH6PM 的基本架构。
- 2) 能够解释各外设（GPIO、GPTM、UART、SSI、IIC、AD、PWM 和 QEI）的作用。
- 3) 能够解释 TM4C LaunchPad 的最小系统电路（电源、复位和时钟）。
- 4) 能够概述系统时钟的基本架构，并能通过库函数对系统时钟进行操作。
- 5) 能够解释 TM4C123GH6PM 的存储器结构，并能解释 RAM、ROM、FLASH 和 EPPROM 的概念。
- 6) 能够领会库函数编写的基本方法。

◆ 教学方法

- 1) 教师讲授主要概念。
- 2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。
- 3) 学生通过课堂实验领会库函数编写的基本方法。

课堂实验：按照例程编写 FLASH 的写入函数。

◆ 评核方法

教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

- [1] Tiva LaunchPad 快速入门 V1:3-19(第 1 章)
- [2] TM4C123GH6PM 数据手册:45-68, 212-484, 524-584（第 1、5、8 章）
<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf>
- [3] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京:清华大学出版社, 2016:
14-31（第 2、3、4 章）

2.5 综合任务方案设计（2 学时）

◆ 教学内容

- 1) 各小组通过讨论完成任务解析，确定详细任务指标。
- 2) 各小组设计任务方案（技术路线），分解任务，确定模块任务及指标。

3) 设计方案答辩。

小组方案设计评价量表

维度	典范	合格	有待改善
方案设计 80%	<input type="checkbox"/> 整体方案设计合理，理论分析计算正确 <input type="checkbox"/> 模块设计合理 <input type="checkbox"/> 陈述流畅，逻辑清晰	<input type="checkbox"/> 整体方案设计基本合理，有理论分析 <input type="checkbox"/> 模块设计基本合理 <input type="checkbox"/> 陈述基本流畅，逻辑较清晰	<input type="checkbox"/> 整体方案设计不合理，基本无理论分析计算 <input type="checkbox"/> 模块设计不合理 <input type="checkbox"/> 陈述不流畅，逻辑清晰
团队合作 20%	<input type="checkbox"/> 主动承担小组大部分设计任务，小组成绩优秀 <input type="checkbox"/> 积极热情参与设计方案的讨论	<input type="checkbox"/> 被动接受小组实验任务，小组成绩优秀或良好 <input type="checkbox"/> 参与设计方案讨论，但不积极、不主动	<input type="checkbox"/> 设计过程中不动手或动手较少，小组成绩一般 <input type="checkbox"/> 不参与设计方案讨论

2.6 基本模块 1-嵌入式 C 语言设计（6 学时）

C 语言基础、CCS 开发环境、编程规范。

◆ 教学目标（学习成果）

- 1) 能够解释编译的基本原理。
- 2) 能够概述堆栈的基本工作原理。
- 3) 能够概述 CCS 中一个工程的基本架构。
- 4) 能够概述 C 语言程序调试的基本方法和操作，并能通过调试找出程序 BUG。
- 5) 能够概述 C 语言编程的基本规范，并能按照规范编程。

◆ 教学方法

1) 小组试讲：由选定的小组课前自学，课上主讲该模块内容，教师和其他组提问并点评补充，主讲方式可为 1 人主讲，其他组员补充，也可以组员每人讲解一部分。教师可适当引导，把握重点方向。

2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。

3) 学生通过基础实验掌握调试的基本操作。

4) 学生小组自行设计拓展实验并完成，训练编程能力，进一步加深理解。

基础实验：C 程序调试训练。

拓展实验（模块任务）：结合本组的综合任务，分解出该任务中与 C 语言程序设计相关的部分，实现所需的功能。如 PID 算法程序设计和拟合算法程序设计。

◆ 评核方法

对学生小组自讲进行评价，检查其自主学习和团队合作能力；教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] Michael Barr. C/C++嵌入式系统编程. 北京:中国电力出版社, 2001: 29-40（第四章）

[2] 凌明. 嵌入式系统高级 C 语言编程. 北京:北京航空航天大学出版社, 2011: 83-115（第四章）

2.7 基本模块 2—GPIO（6 学时）

◆ 教学目标（学习成果）

1) 能够解释 GPIO 的概念。

2) 能够概述 GPIO 模块的基本框架，并能概述 GPIO 的工作方式（）和 GPIO 中断。

3) 能够使用库函数进行 GPIO 编程（配置方法、读写操作和中断处理）。

4) 能够用 LCD 显示屏显示简单的字符，数字等。

◆ 教学方法

1) 小组试讲：由选定的小组课前自学，课上主讲该模块内容，教师和其他组提问并点评补充，主讲方式可为 1 人主讲，其他组员补充，也可以组员每人讲解一部分。教师可适当引导，把握重点方向。

2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。

3) 学生通过基础实验掌握 GPIO 的基本应用；基础实验：轮询按键和外部中断按键。

4) 学生小组自行设计拓展实验并完成, 训练编程能力, 进一步加深理解。

基础实验: 按键和 LCD 显示实验。

拓展实验(模块任务): 结合本组的综合任务, 分解出该任务中与 GPIO 相关的部分, 实现所需的功能。如仪表界面程序设计。

◆ 评核方法

对学生小组自讲进行评价, 检查其自主学习和团队合作能力; 教师验收实验检查学生的编程和实践能力; 并通过提问检查学生对核心概念的理解, 按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] Tiva 原理与应用 v0.1.pdf (德研):108-127 (第 7 章)

[2] TM4C123GH6PM 数据手册:649-703 (第 10 章)

<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf>

[3] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京:清华大学出版社, 2016: 32-38

2.8 基础模块 3—定时器 (6 学时)

◆ 教学目标 (学习成果)

- 1) 能够解释定时器和看门狗的概念(定时和计数)。
- 2) 能够概述 GPTM 模块的基本框架, 并能概述其 5 种工作模式。
- 3) 能够使用库函数进行 GPTM 编程(配置方法、定时器中断处理)。
- 4) 能够领会定时器在多任务系统程序中的应用。

◆ 教学方法

1) 小组试讲: 由选定的小组课前自学, 课上主讲该模块内容, 教师和其他组提问并点评补充, 主讲方式可为 1 人主讲, 其他组员补充, 也可以组员每人讲解一部分。教师可适当引导, 把握重点方向。

2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。

3) 学生通过基础实验掌握 GPTM 的基本应用。

4) 学生小组自行设计拓展实验并完成, 训练编程能力, 进一步加深理解。

基础实验：定时器产生 PWM 和信号周期的测量。

拓展实验（模块任务）：结合本组的综合任务，分解出该任务中与定时器相关的部分，实现所需的功能。如信号频率的测量或多任务系统程序设计。

◆ 评核方法

对学生小组自讲进行评价，检查其自主学习和团队合作能力；教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] Tiva 原理与应用 v0.1.pdf（德研）：124-129（第 8、9 章）

[2] TM4C123GH6PM 数据手册：704-798（第 11、12 章）

<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf>

[3] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京：清华大学出版社, 2016：39-47

2.9 基本模块 4——串行通信外设（6 学时）

◆ 教学目标（学习成果）

- 1) 能够解释串行通信、异步和同步通信的概念(定时和计数)。
- 2) 能够概述 UART、SSI、I2C 的工作原理和工作方式。
- 3) 能够概述 UART、SSI、I2C 模块的框架。
- 4) 能够使用库函数进行 UART 和 SSI 的编程（配置方法、中断处理）。
- 5) 能够编写 UART 和 PC 机的通信程序，能够编写某传感器的 SSI 通信驱动程序。

◆ 教学方法

1) 小组试讲：由选定的小组课前自学，课上主讲该模块内容，教师和其他组提问并点评补充，主讲方式可为 1 人主讲，其他组员补充，也可以组员每人讲解一部分。教师可适当引导，把握重点方向。

2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。

3) 学生通过基础实验掌握 UART 和 SSI 的基本应用。

4) 学生小组自行设计拓展实验并完成，训练编程能力，进一步加深理解。

基础实验：UART 和 PC 通信实验、I2C 总线温度传感器实验。

拓展实验（模块任务）：结合本组的综合任务，分解出该任务中与串行通信相关的部分，实现所需的功能。如某传感器驱动程序设计或蓝牙无线通信程序设计。

◆ 评核方法

对学生小组自讲进行评价，检查其自主学习和团队合作能力；教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] Tiva 原理与应用 v0.1.pdf（德研）：205-257（第 13、14、15 章）

[2] TM4C123GH6PM 数据手册：893-1047（第 14、15、16 章）
<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf>

[3] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京：清华大学出版社, 2016：61-81

2.10 基本模块 5—模拟外设（6 学时）

◆ 教学目标（学习成果）

- 1) 能够解释 ADC 和 DAC 的概念。
- 2) 能够概述 ADC 和 AC 的工作原理和工作方式。
- 3) 能够概述 ADC 和 AC 模块的框架。
- 4) 能够使用库函数进行 ADC 和 AC 的编程（配置方法、中断处理）。

◆ 教学方法

1) 小组试讲：由选定的小组课前自学，课上主讲该模块内容，教师和其他组提问并点评补充，主讲方式可为 1 人主讲，其他组员补充，也可以组员每人讲解一部分。教师可适当引导，把握重点方向。

2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。

3) 学生通过基础实验掌握 ADC 和 AC 的基本应用。

4) 学生小组自行设计拓展实验并完成，训练编程能力，进一步加深理解。

基础实验：电位器输入实验、AC 模拟比较器实验。

拓展实验（模块任务）：结合本组的综合任务，分解出该任务中与串行通信相关的部分，实现所需的功能。如正弦信号的有效值测量实验、直流电压的过压检测实验

◆ 评核方法

对学生小组自讲进行评价，检查其自主学习和团队合作能力；教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] Tiva 原理与应用 v0.1.pdf（德研）：175-204（第 11、12 章）

[2] TM4C123GH6PM 数据手册：799-892, 1215-1229（第 13、19 章）
<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf>

[3] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京：清华大学出版社, 2016：55-60（第 6 章）

2.11 基本模块 6—运动控制外设（6 学时）

◆ 教学目标（学习成果）

- 1) 能够解释 PWM 和 QEI 的概念。
- 2) 能够概述 PWM 和 QEI 的工作原理和工作方式。
- 3) 能够概述 PWM 和 QEI 模块的框架。
- 4) 能够使用库函数进行 PWM 和 QEI 的编程（配置方法、读取转速和位置）。

◆ 教学方法

1) 小组试讲：由选定的小组课前自学，课上主讲该模块内容，教师和其他组提问并点评补充，主讲方式可为 1 人主讲，其他组员补充，也可以组员每人讲解一部分。教师可适当引导，把握重点方向。

2) 教师用概念测试题检查并巩固学生对概念的理解。

3) 学生通过基础实验掌握 ADC 和 AC 的基本应用。

4) 学生小组自行设计拓展实验并完成，训练编程能力，进一步加深理解。

基础实验：SPWM 实验、空心杯电机的控制与测速。

拓展实验（模块任务）：结合本组的综合任务，分解出该任务中与串行通信

相关的部分，实现所需的功能。如 BUCK 电源的控制实验、直流电机的 PID 闭环控制实验。

◆ 评核方法

对学生小组自讲进行评价，检查其自主学习和团队合作能力；教师验收实验检查学生的编程和实践能力；并通过提问检查学生对核心概念的理解，按评价量表给出评价。

◆ 参考资料

[1] TM4C123GH6PM 数据手册:1230-1327（第 20、21 章）
<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf>

[2] 叶朝辉. TM4C123 微处理器原理与实践. 北京:清华大学出版社, 2016: 93-102（第 8 章）

2.12 综合任务实施（8 学时）

各组在前面学习的基础上，分工协作，合作完成任务。

2.13 综合任务结题（4 学时）

◆ 教学内容

任务的验收和答辩，各小组交流，提交总结报告。

综合任务验收评价量表

维度	典范	合格	有待改善
作品测评 (60%)	<input type="checkbox"/> 软件设计合理, 演示过程中未发现 BUG <input type="checkbox"/> 采用模块化编程, 在代码中未发现没有或只发现 1-2 处不符合编程规范的情况。 <input type="checkbox"/> 人机交互设计美观、简洁, 控制流畅	<input type="checkbox"/> 软件设计有少量问题, 或演示过程中发现 1-2 个 BUG <input type="checkbox"/> 采用模块化编程, 在代码只发现 5 处以下不符合编程规范的情况。 <input type="checkbox"/> 人机交互设计有少量问题, 或控制不够流畅	<input type="checkbox"/> 软件设计有较严重问题, 演示过程中 BUG 较多 <input type="checkbox"/> 未采用模块化编程, 或在代码发现 5 处以上不符合编程规范的情况。 <input type="checkbox"/> 人机交互设计不完整, 有较大问题
PPT (10%)	<input type="checkbox"/> 制作内容详尽, 结构分明, 重点突出	<input type="checkbox"/> 制作内容详尽, 但结构含混, 重点不突出	<input type="checkbox"/> 制作内容不完整或未完成

	<input type="checkbox"/> 排版清晰美观,采用文字与图片交替叙述,制作风格简洁明了,页面图字布局、文字颜色及大小设计符合人体视觉阅读习惯 <input type="checkbox"/> 陈述思路清晰,有条理,语言流畅,对内容非常了解。	<input type="checkbox"/> 排版不清晰,文字过多,制作风格过于花哨,页面图字布局、文字颜色及大小设计局部不符合人体视觉阅读习惯 <input type="checkbox"/> 陈述清晰,有2—3次停顿	<input type="checkbox"/> 排版不清晰,直接粘贴论文或网页,制作风格混乱,页面设计多数不符合人体视觉阅读习惯 <input type="checkbox"/> 陈述不清晰,不流畅
团队合作 (20%)	<input type="checkbox"/> 有合作制度,可高效执行 <input type="checkbox"/> 有明确分工,成员无异议、各自的任务皆已完成	<input type="checkbox"/> 有合作制度,未执行或执行有困难 <input type="checkbox"/> 有明确分工,成员无异议、部分成员的任务未完成	<input type="checkbox"/> 未制订合作制度 <input type="checkbox"/> 有分工、不明确、任务未完成
报告 (10%)	<input type="checkbox"/> 有理论设计或原理说明且无错 <input type="checkbox"/> 有功能测试或技术指标测试,有测试分析 <input type="checkbox"/> 总结有结论及建议 <input type="checkbox"/> 采用中文论文编辑格式,格式及语法使用准确无误	<input type="checkbox"/> 有理论设计或原理说明,内容不完整或有错 <input type="checkbox"/> 有功能测试或技术指标测试,无测试分析或分析有错 <input type="checkbox"/> 仅有公式化的总结 <input type="checkbox"/> 采用中文论文编辑格式、格式及语法使用有错,但不影响理解	<input type="checkbox"/> 无理论设计或原理说明 <input type="checkbox"/> 无有功能测试或技术指标测试 <input type="checkbox"/> 没有总结 <input type="checkbox"/> 未采用中文论文编辑格式,或严重影响理解

备注：测评表结果也是作品评测的部分内容。

六、教学评价

- ◆ 设计课程矩阵,分阶段、按模块设计评价量表,实施形成性教学评价;
- ◆ 课程效果选用达成度评价;
- ◆ 学生课程成绩以学生平时学习情况、各基础模块任务及综合任务的完成情况作为考核依据,成绩评分比例见下表;
- ◆ 表 评价环节与能力对照表

评价环节	评估毕业要求	分值
------	--------	----

1	预习作业		13 分
2	课堂任务（实验）		14 分
3	课后作业		13 分
4	团队活动及项目管理		5 分
5	团队自讲		7 分
6	随堂测验		15 分
7 综合 任务 30 分	方案设计及答辩		6 分
	结题答辩		6 分
	测评		12 分
	任务报告		6 分
8	课程总结		3 分
	总分		100 分

七、附件

1、综合任务

任务一 电能质量分析仪

一、背景

随着用户电力电子设备、非线性负荷和冲击性负荷不断增加，加剧了电网电能质量问题。对电力系统，电能质量污染使系统的线损增加，变压器寿命降低，继电保护装置误动作；对电力用户，电能质量污染使用户电机产生附加损耗、发热和振动，降低了电机的最大转矩和过载能力，使无功补偿装置投不上，熔丝经常熔断。因此，对电能质量进行监测十分重要。

电能质量问题通常定义为：导致用电设备故障或不能正常工作的电压、电流或频率偏差，其内容涉及频率偏差、电压偏差、电磁暂态、供电可靠性、波形失真、三相不平衡以及电压波动和闪变等。

二、任务要求

设计一个电能分析仪和一个测试用三相信号源，能实现以下功能。

1. 测量各项电能质量参数，包括：三相电压、三相电流、频率、有功、无功、视在功率，功率因数、电压偏差、三相电压谐波、三相电流谐波、电压不平衡度、电流不平衡度。

2. 在 LCD 上显示各测量值和电压和电流的频谱图。
3. 与 PC 机通过无线通信连接，将测量数据传到串口助手上显示。
4. 设计一个测试用三相信号源，用 3 路 PWM 模拟三相电压信号，3 路 PWM 模拟三相电流信号。

三、技术指标

1. 电压：测量范围 10~250V，分辨率 0.1V，准确度 $\pm 0.2\%$ 额定电压(220V)。
2. 电流：测量范围 0~1A，分辨率 0.001A，准确度 $\pm 0.5\% \pm 2$ 个计数点。
3. 有功：测量范围 0~250W，分辨率 0.1W，准确度 $\pm 1\% \pm 2$ 个计数点。
4. 频率：分辨率 0.01Hz，准确度 $\pm 0.02\text{Hz}$ 。
5. 谐波：THD，分辨率 0.1%，准确度 $\pm 5\%$ 。
6. 电压、电流、有功、无功、视在功率，功率因数、谐波每 2s 刷新 1 次，频率、电压偏差、不平衡度每 10s 刷新一次。

四、发挥部分

1. 信号源能跟踪电网电压信号，保持同频同相（编程实现）。

五、测量方法

1. 电压 U_{rms} 、电流 I_{rms}

各相的相电压有效值、相电流有效值。规定为 10 个周期内的电压、电流均方根值。

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^2}$$

2. 有功、无功、视在功率，功率因数

有功功率： $P_a = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_a(n) * i_a(n)$ ，总功率为 $P_T = P_a + P_b + P_c$ 。

视在功率： $S_a = V_{a_{\text{rms}}} \times I_{a_{\text{rms}}}$ ，总视在功率为 $S_T = S_a + S_b + S_c$ 。

三相无功功率 Q_T ：基波正序无功。

功率因数： $PF = \frac{P_T}{S_T}$

均以十个周期为基本测试时间单元。

3. 频率

计算 10s 中的被测信号的正向过零点的次数，若 10s 中的周期数不是整数，那么频率应该等于 10s 内测量到的完整周期数除以所有完整周期对应的时间。在测试频率之前应该用滤波的方式以避免谐波与间谐波的对测量结果的干扰。

4. 谐波

计算包括 2~10 次谐波，以十个周期为基本测试时间单元。

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$$

5. 电压偏差

实际电压与标称电压之差的标称电压的比率称为供电该节点的电压偏差， U_{re} 为实际电压， U_N 为标称电压：

$$\delta_U = \frac{U_{re} - U_N}{U_N} \times 100\%$$

对 10 个周期内信号进行采样，求得 V_{rms} ，并在 10s 内的统计 95%概率大值（正负）的 V_{rms} 。

6. 电压的暂降与中断

电压暂降就是指供电电压均方根值在短时间内突然下降的时间，其典型的持续时间为 0.5 到 30 个周波。IEC 将电压暂降时的电压均方根值定义为下降到额定值的 90%—1%。

电压的中断定义为电压均方根值降到接近于零，IEC 定义“接近于零”为电压均方根值下降为额定值的 1%以下。

IEC 61000-4-30 A 级标准提供了电压暂降和中断的监测方法，测试半个周期的值 U_{rms} ，当该值低于设定的阈值时，则判定为电压暂降或中断，记录下这个时间，以此为这种电能质量现象的开始，当结束之时也同样要记录下时间。

7. 三相不平衡

三相不平衡度指 50Hz 电力系统正常运行方式下由于负序分量引起的三相不平衡的程度。电压或电流不平衡度分别用 ε_U 或 ε_I 表示，即用电压基波或电流基波负序分量与正序分量的方均根值的百分比表示。

$$\varepsilon_U = \frac{U_2}{U_1} \times 100\%$$

式中： U_1 ——三相电压基波的正序分量方均根值。

U_2 ——三相电压基波的负序分量方均根值。

在有零序分量的三相系统中，应用对称分量法，分别求出正序分量 U_1 和负序分量 U_2 ，由下式求出不平衡度。

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}$$

式中 U_a 、 U_b 、 U_c 为三相基波电压， α 为旋转因子，

$$\alpha = e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\alpha^2 = e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

在没有零序分量的三相系统中，当已知三相量 U_a 、 U_b 、 U_c 时，可用下式求不平衡度：

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6L}}{1 + \sqrt{3 - 6L}}} \times 100\%$$

$$\text{式中 } L = \frac{(U_a^4 + U_b^4 + U_c^4)}{(U_a^2 + U_b^2 + U_c^2)^2}$$

我国国家标准 GB/T15543-1995《电能质量—三相电压允许不平衡度》规定：电力系统公共接点正常电压不平衡度允许值为 2%，短时不得超过 4%；接于公共连接点的每个用户，引起该点正常电压不平衡允许值一般为 1.3%。

IEC 61000-4-30 对三相不平衡度的测试也是以十个周期为基本测试时间单元的。对于波动性较小的场合（这里设为相差 0.5%内），三相不平衡度 ε 用算术平均值；对于波动性较大的场合，使用 95%概率大值。

8. 95%概率大值

所谓 95%概率大值，指的是将实测值按由大到小的次序排列，舍弃前面 5% 的大值，取剩余的实测值中最大值。

七、相关知识点

- 1) GPIO，输入和显示；
- 2) TIMER，用于产生系统的控制节拍（测量频率或采样率）；
- 3) UART，用于从仪表传输数据到 PC 上；
- 4) ADC，用于各参数的测量；
- 5) PWM，用于产生三相模拟信号；
- 6) FPU，用于浮点高速运算；
- 7) uDMA，用于外设和 RAM 间的高速数据传输；
- 8) RTC，用于产生实时时钟。

八、器件材料

课程组将为同学们提供部分电路模块和元件，详见《微控制器综合任务硬件模块.PDF》。

表 1 电能质量分析仪的电路模块和元件

类别	模块/器件名称	数量（每组）	备注
电路模块	三相交流电压模块	1	TVA1421-01M OPA376
	三相交流电流模块	1	TVA1421-01M OPA376

九、参考学习资料

- 1) [重点] 《电能质量监测和监测仪器讲座》（第一讲到第八讲）。仪表技术, 2005 年第 4 期到 2005 年第 6 期；
- 2) [了解] Pulse-width Modulation, https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation;

- 3) [了解] IEC61000-4-30-2008 电磁兼容 (EMC) 试验和测量技术电能质量测量方法;

<https://wenku.baidu.com/view/f36db2330b1c59eef8c7b494.html>;

- 4) [了解]TVA1421-01M 数据手册:

<http://www.bingzi.com/search.php?kword=TVA1421>;

- 5) [了解]OPA376 数据手册:

<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/opa376.pdf>

任务二 简易直流微电网模拟系统

一、背景说明

直流微电网是由直流构成的微电网,是未来智能配用电系统的重要组成部分,对推进节能减排和实现能源可持续发展具有重要意义。相比交流微电网,直流微电网可更高效可靠地接纳风、光等分布式可再生能源发电系统、储能单元、电动汽车及其他直流用电负荷。微电网内光伏、风机、燃料电池、电池储能单元等产生的电能大部分为直流电或非工频交流电,常用电气设备,如个人电脑、手机、LED 照明、变空调和电动汽车等,皆通过相应适配器变成直流电驱动。上述发电单元或负荷如果接入交流微电网,则需要通过相应 DC-DC, DC-AC 和 AC-DC 等电力电子变流器构成的多级能量转换装置,若接入合适电压等级的直流微电网,将省去部分交直流变换装置,减小成本、降低损耗。

电能直流微网的传输过程中会产生损耗,因而在用户端得到的电压必然会受到传输线路长度、用户负荷等因素影响。为了形象地了解直流微网的基本运行原理,本任务简单地模拟了电能产生、输电和监控过程,并在用户端监控电压和电流,反馈至电能产生部分实时调节输出。系统框图如图 1 所示。

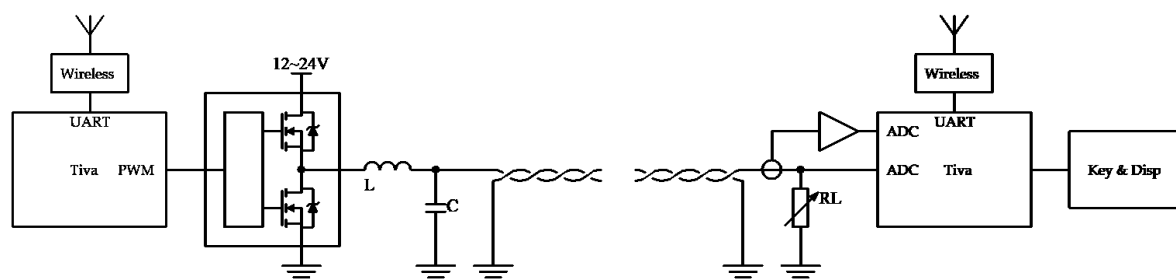


图 1 简易电网模拟系统整体框图

系统使用 BUCK 电源变换器模拟电能产生装置,是一种最为常用的直流降压

变换器，在各类电源中应用广泛。

任务要求

- 1、设计和制作一个基于 Tiva-C 控制的 BUCK 电源变换器；
- 2、使用 5m 双绞电缆连接电源变换器和负载（电阻）；
- 3、设计和制作一个基于 Tiva-C 的负载监测器，监测负载电压和电流并通过无线方式反馈给电源变换器。

二、技术指标

1. 电源变换部分输入：12V 至 24V，最大 2A；
2. 输出到负载（以监控部分为准）：3.3V 至 10V 可调，分辨力 0.1V，最大 2A；
3. 可在负载监控部分设定输出电压，设定的输出电压和实测电压以无线方式传输至电源变换部分，作为电源变换部分的控制反馈；
4. 负载监控部分需检测和显示设定电压、实测电压和实测电流；
5. 电流大于 2A 时电源变换部分停止输出，等待 1s 后重新上电；
6. 电源变换部分输入在 12V 至 24V 变化时，输出电压变化小于 2%；
7. 负载变化导致输出电流从 0 至 2A 变化时，输出电压变化小于 2%。

三、发挥内容

在完成任务要求的前提下，可以自由发挥扩展系统功能，例如：将滑动变阻器负载替换为自制的基于 Tiva-C 的电子负载：

1. 可调负载电流，在任何输入电压下，保持负载电流恒定；
2. 可设定负载电流为 0 至 2A 可调，分辨力 0.1A，误差不大于 0.05A；
3. 可设定负载等效电阻为 1.5Ω 至 5Ω 可调，分辨力 0.1Ω ，误差不大于 $5\% + 0.05\Omega$ 。

除自制电子负载外，项目组也可以根据项目的真实需要增添其他功能。

四、器件材料

课程组将为同学们提供部分电路模块和元件，详见《微控制器综合任务硬件模块.PDF》。

表 2 简易直流微电网模拟系统的电路模块和元件

类别	模块/器件名称		数量（每组）	备注
电路模块	蓝牙数传模块		1 对	
	BUCK 驱动模块		1	IR2110
	直流电流测量模块		1	电流检测 INA282
	直流电压测量模块		1	电压检测 INA333
	电容	220 μ F, ≥ 25 V	2	
	电感	400 μ H, 10A	1	
软件模块	PI 控制器函数			

五、项目与 MCU 相关的知识点

1. 定时器，用于产生系统的控制节拍（系统工作采样率）；
2. PWM，用于驱动半桥模块；
3. ADC，用于监测负载上的电压和电流；
4. UART，用于从负载监控部分传输数据到电源变换部分；
5. GPIO，输入和显示。

六、参考学习资料

- 1、[重点] Pulse-width Modulation, https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation;
- 2、[重点]BUCK Converter, https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter;
- 3、[了解]PID Controller, https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller;
- 4、[了解] INA282 数据手册：
<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/ina282.pdf>
- 5、[了解] INA333 数据手册：
<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/ina333.pdf>
- 6、[了解] INA333 数据手册：

[https://www.infineon.com/dgdl/ir2110.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c8](https://www.infineon.com/dgdl/ir2110.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c80333167e)

[0333167e](#)

7、[重点] PID 控制器参考代码 (C++):

i. pid.h:

```
#ifndef __PID_H__
#define __PID_H__
class Pid {
private:
    float p, i, d, n, ts;
    float accI, accD;
public:
    Pid(float p, float i, float d, float n, float ts);
    float Tick(float diff);
};
#endif
```

pid.cc:

```

#include "pid.h"
#define USEI
// #define USED
Pid::Pid(float p, float i, float d, float n, float ts){
    this->p = p;
    this->i = i;
    this->d = d;
    this->n = n;
    this->ts = ts;
    this->accI = .0f;
    this->accD = .0f;
}
float Pid::Tick(float diff){
    float pout;
#ifdef USED
    float dout;
#endif
    pout = diff * p;
#ifdef USEI
    accI += diff * i * ts;
#endif
#ifdef USED
    dout = (diff * d - accD) * n;
    accD += dout * ts;
#endif
#ifdef USEI
    pout += accI;
#endif
#ifdef USED
    pout += dout;
#endif
    return pout;
}

```

任务三 变电站巡检机器人

一、背景

传统的变电站巡视主要是通过人工方式，综合运用感官以及一些配套的检测仪器对变电设备进行以简单定性判断为主的检查，该方式存在劳动强度大、检测质量散、主观因素多等缺陷。近年来，随着计算机技术的进展和微机监控

技术在变电站的推广使用，变电站巡检机器人系统因其灵活的控制/运行方式、不受天气因素影响等优点，逐渐在无人值班或少人值守变电站对户外高压设备执行巡检任务，为及时发现和消除设备缺陷，预防事故发生，确保设备安全运行发挥了一定的作用。

目前的巡检机器人代替人工进行特种环境下设备的检查，其通过自主移动底盘，搭载各种传感器设备（可见光高清摄像头，红外热像仪，气体分析仪等），由无线网络进行数据的回传，通过特有的巡检软件对传感器数据进行分析，预测危险，亦可通过自身携带的报警设备在危险发生时进行报警。

二、任务描述

模拟现有的变电站巡检机器人系统，设计一个能够一键启动，既能按预定线路行驶又能遥控行驶的巡检机器人，并能回传一些检测数据。设计包括机器人和遥控器两部分。

三、技术指标

1、预定线路行驶指标要求：

- 1.1 前进一米左转 90°，再重复 3 次，回到起点。
- 1.2 半径一米的圆周行驶，回到起点，一分钟之内完成。
- 1.3 其他自定义线路。

2、遥控行驶指标要求：

使用一个二自由度的摇杆控制线速度和角速度，线速度范围-1m/s 至 1m/s。角速度范围-180°/s 至 180°/s。

3、监测功能

- 3.1 能监测环境温度，绝对误差±2℃。
- 3.2 能监测环境相对湿度，绝对误差±5%。
- 3.3 能监测环境光照度，误差±(5%+20lux)。
- 3.4 监测数据显示在遥控器上。
- 3.5 能监控小车电池的电压，电压过低时报警，防止电池过放。

四、材料清单：

- 1、小车底盘（含带编码盘的电机，自行采购）；

- 2、无线通讯模块（蓝牙，提供）
- 3、摇杆模块（提供）
- 4、电机驱动模块（自行采购）
- 5、传感器模块（温湿度、环境光照度，自行采购）
- 6、电池（提供）

五、相关知识点：

- 1、PWM，用于机器人电机的驱动；
- 2、UART，用于机器人和遥控器间的无线通讯；
- 3、ADC，用于摇杆的控制；
- 4、GPIO，输入和显示；
- 5、SSI，用于传感器的控制和通讯；
- 6、I²C，用于传感器的控制和通讯；
- 7、Timer，用于产生系统的控制节拍（系统工作采样率）。

六、学习参考：

- 1、[重点] Pulse-width Modulation,
https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation;
- 2、[了解] PID Controller,
https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller;
- 3、自行选择的器件请参看该器件数据手册。

2、评价量表

小组自讲评价量表

维度	典范	合格	有待改善
PPT (20%)	<input type="checkbox"/> 制作内容详尽，结构分明，重点突出 <input type="checkbox"/> 排版清晰美观，采用文字与图片交替叙述，制作风格简洁明了，页面图字布局、文字颜色及大小设计符合人体视觉阅读习惯 <input type="checkbox"/> 在规定时间内完成 <input type="checkbox"/> 陈述思路清晰，有条理，语言流畅，对内容非常了解。	<input type="checkbox"/> 制作内容详尽，但结构含混，重点不突出 <input type="checkbox"/> 排版不清晰，文字过多，制作风格过于花哨，页面图字布局、文字颜色及大小设计局部不符合人体视觉阅读习惯 <input type="checkbox"/> 仅有少量内容未陈述 <input type="checkbox"/> 陈述清晰，有 1—2 次停顿	<input type="checkbox"/> 制作内容不完整或未完成 <input type="checkbox"/> 排版不清晰，直接粘贴论文或网页，制作风格混乱，页面设计多数不符合人体视觉阅读习惯 <input type="checkbox"/> 有大量内容未陈述 <input type="checkbox"/> 陈述不清晰，不流畅
内容 (60%)	<input type="checkbox"/> 全面，涵盖了模块的重点内容。 <input type="checkbox"/> 理解深入，内容层层推进，逻辑性强，深入浅出，便于听者理解。 <input type="checkbox"/> 正确，无明显错误。	<input type="checkbox"/> 基本涵盖了模块的重点内容，但缺少一到两点。 <input type="checkbox"/> 内容逻辑性较强，但有点晦涩难懂。 <input type="checkbox"/> 有 1-2 处错误。	<input type="checkbox"/> 遗漏了一些重要的内容。 <input type="checkbox"/> 内容只是简单罗列，逻辑性较差。 <input type="checkbox"/> 很多处错误。
团队 (20%)	<input type="checkbox"/> 当主讲成员讲解有遗漏或错误时，队员及时补充或纠正。 <input type="checkbox"/> 当教师或其他队成员提问时，队员主动回答问题，并回答正确。	<input type="checkbox"/> 当主讲成员讲解有遗漏或错误时，队员有 1-2 次补充或纠正。 <input type="checkbox"/> 当教师或其他队成员提问时，队员主动回答问题，但回答不一定正确。	<input type="checkbox"/> 当主讲成员讲解有遗漏或错误时，队员无补充或纠正。 <input type="checkbox"/> 当教师或其他队成员提问时，队员未回答问题。

基础模块评价量表

维度	典范	合格	有待改善
知识 40%	<input type="checkbox"/> 熟练掌握该模块的原理、工作方式、编程设计,能熟练回答老师的提问	<input type="checkbox"/> 基本掌握该模块的原理、工作方式、编程方法,对老师的提问回答基本正确	<input type="checkbox"/> 对该模块的原理、工作方式、编程方法掌握很差,对老师的提问基本不能回答
	备注:以学生对提问的回答和陈述进行评价。		
实验 任务 50%	<input type="checkbox"/> 较好的完成任务,或有自己的发挥 <input type="checkbox"/> 程序编写规范	<input type="checkbox"/> 基本完成任务,有少量错误,能改正 <input type="checkbox"/> 程序编写基本规范	<input type="checkbox"/> 基本不能完成任务 <input type="checkbox"/> 程序编写不规范
	备注:以扩展任务完成的质量进行评价。		
学习态度 10%	<input type="checkbox"/> 积极参与课堂活动,积极回答问题	<input type="checkbox"/> 无迟到、早退;遵守课堂纪律	<input type="checkbox"/> 有迟到、早退或不遵守课堂纪律的行为