



信息工程系

教

案

课程名称：电子电路分析与实践 I
总学时： 72
理论学时： 48
实训学时： 24

一、课程基本信息

课程名称：电子电路分析与实践 I

适用专业及班级：物联网应用技术（自主招生）251 班

总学时数：72 学时（理论 48 学时 + 实验 24 学时）

授课周次：16 周（不含第 1-2 周新生未入学时间，实际授课周次为第 3-18 周）

课程性质：物联网应用技术专业必修专业基础课

二、学生已有知识分析

物联网应用技术（自主招生）251 班学生基础存在差异：

已有知识：多数学生具备高中物理基础，掌握欧姆定律、简单直流电路组成与分析方法，了解电阻、电容等基础元件的功能；部分学生通过自学或职业技能培训，接触过简易电路焊接操作。

知识缺口：对半导体材料（如硅、锗）的微观导电机理、PN 结形成原理完全陌生；未接触过二极管、三极管等半导体器件，缺乏对“非线性元件”的认知；仿真软件（如 Multisim）与专业仪器（示波器、信号发生器）的操作经验为空白；对“电路功能与物联网应用结合”（如传感器供电稳压、设备指示灯控制）的关联意识薄弱。

三、分章节教学核心内容

第 1 章 半导体与半导体二极管（第 3 周，理论 3 学时，实验 0 学时）

1. 教学课题和内容

课题：半导体基础与半导体二极管认知

内容：①半导体导电机理（本征、N 型、P 型半导体）；②半导体二极管结构、符号与伏安特性（正向导通、反向截止、反向击穿）；③特殊二极管（肖特基、LED、光电二极管）的特性与物联网应用（如 LED 设备指示灯、光电二极管传感器）。

2. 教学目标

知识目标：理解半导体材料特性，掌握 PN 结形成原理与二极管单向导电性，识别 3 种以上特殊二极管。

能力目标：能根据伏安特性曲线判断二极管工作状态，能举例说明特殊二极管在物联网设备中的应用场景。

素养目标：培养对电子元件“结构 - 特性 - 应用”的逻辑思维，激发对半导体技术的探究兴趣。

3. 教学重点

半导体导电机理（N 型、P 型半导体的载流子差异）；

二极管单向导电性与伏安特性曲线解读。

4. 教学难点

PN 结的形成过程（扩散运动与漂移运动的平衡）；

反向击穿的物理意义（区别“破坏性击穿”与“稳压二极管的可逆击穿”）。

5. 课程思政

结合我国半导体产业发展历程（如芯片自主研发突破），讲解半导体技术对物联网、人工智能等领域的支撑作用，培养学生的科技自信与产业使命感；

强调“材料特性决定元件功能”的科学规律，引导学生树立“严谨务实、尊重客观规律”的治学态度。

6. 教学方法

讲授法（结合 PPT 动画演示 PN 结形成过程）；

演示法（展示 LED 二极管、光电二极管实物，连接简易电路演示单向导电性）；

案例教学法（播放物联网设备指示灯工作视频，分析 LED 二极管的应用）。

7. 教学程序

（1）导入（15 分钟）

实物导入：展示物联网传感器模块（如温湿度传感器），指出其中的二极管元件，提问：“这些元件为什么能控制电流方向？它们和我们熟悉的电阻有什么不同？”

目标呈现：明确本节课需解决“半导体如何导电”“二极管如何工作”两个核心问题。

（2）教授（120 分钟）

半导体基础知识（40 分钟）：

对比导体、绝缘体，讲解半导体“热敏、光敏、掺杂敏感”特性；

动画演示本征半导体载流子（自由电子、空穴）运动，再讲解 N 型（掺杂磷）、P 型（掺杂硼）半导体的载流子变化。

二极管结构与特性（50 分钟）：

演示 PN 结形成动画（扩散→空间电荷区→漂移平衡）；

绘制伏安特性曲线，分区域解读：正向导通区（0.7V 硅管压降）、反向截止区、反向击穿区。

特殊二极管应用（30 分钟）：

实物演示：LED 二极管通电发光，光电二极管在光照下电阻变化；

关联物联网：说明 LED 用于设备状态指示、光电二极管用于光强检测的原理。

(3) 总结 (10 分钟)

思维导图梳理：半导体→PN 结→二极管→特殊二极管，强调“结构决定特性，特性决定应用”的逻辑链；

答疑：针对“反向击穿是否一定损坏二极管”等疑问，结合稳压二极管提前铺垫。

(4) 作业

基础题：绘制二极管伏安特性曲线，标注各区域名称及硅管正向导通压降；

拓展题：观察身边的物联网设备（如路由器、智能音箱），记录其中用到的二极管类型（至少 2 种），分析其功能。

(5) 反思

预判难点：学生可能对“空穴导电”的微观过程理解困难，下次课可通过“接力传球”类比空穴运动；

改进方向：增加学生自主观察实物的时间，避免演示过于集中。

第 2 章 二极管电路模型与整流电路（第 4 周，理论 3 学时，实验 0 学时）

1. 教学课题和内容

课题：二极管电路模型与整流电路分析

内容：①二极管理想模型、实际模型的等效方法；②半波整流电路（组成、工作过程、效率计算）；③全波整流电路（组成、与半波整流的性能对比）。

2. 教学目标

知识目标：掌握两种二极管电路模型的应用场景，理解半波、全波整流电路的工作原理。

能力目标：能用电路模型分析整流电路输出电压，能对比半波与全波整流的效率差异。

素养目标：培养“简化模型解决复杂问题”的工程思维，理解“电路设计需兼顾效率与成本”。

3. 教学重点

二极管理想模型（正向导通压降为 0，反向电阻无穷大）的应用；

半波整流电路的工作过程（交流输入→二极管导通 / 截止→直流输出）。

4. 教学难点

二极管实际模型（考虑正向导通压降与反向漏电流）的电路分析；

全波整流电路中变压器中心抽头的作用。

5. 课程思政

讲解整流电路是物联网设备“AC-DC 电源模块”的核心，说明“稳定供电对传感器数据采集准确性的影响”，培养学生的“责任意识”（电路设计需保障设备可靠运行）；

对比半波（低成本、低效率）与全波（高成本、高效率）整流的设计选择，引导学生树立“性价比平衡”的工程价值观。

6. 教学方法

讲授法（结合电路原理图分析模型应用）；

仿真演示法（用 Multisim 仿真半波、全波整流电路，实时观测输入 / 输出波形）。

7. 教学程序

(1) 导入（10 分钟）

问题导入：“物联网设备需要直流供电，但家庭电路是交流 220V，如何将交流电转换为直流电？”

回顾旧知：复习二极管单向导电性，指出其是“整流”的核心元件。

(2) 教授（130 分钟）

二极管电路模型（40 分钟）：

对比理想模型与实际模型的等效电路，举例：用理想模型分析整流电路输出电压，用实际模型计算导通时的功耗。

半波整流电路（50 分钟）：

绘制电路原理图（变压器、二极管、负载电阻）；

仿真演示：输入正弦波→正半周二极管导通（输出正电压）→负半周截止（输出 0），计算整流效率（ $\approx 40.6\%$ ）。

全波整流电路（40 分钟）：

讲解变压器中心抽头的作用（提供正负半周对称电压）；

对比半波：输出波形更平滑，效率提升至 $\approx 81.2\%$ ，但需 2 个二极管、成本更高。

（3）总结（10 分钟）

表格对比：理想 / 实际模型的适用场景，半波 / 全波整流的效率、元件数量差异；

核心结论：电路模型需根据分析精度选择，整流电路设计需结合实际需求（效率、成本）。

（4）作业

基础题：用理想模型计算半波整流电路（输入 220V/50Hz，变压器变比 10:1）的输出平均电压；

拓展题：思考“为什么全波整流电路的输出波形比半波更平滑？”，尝试绘制两种电路的输出波形。

（5）反思

关注学生对“变压器变比”的理解，若存在遗忘，下次课需简要复习变压器原理；

仿真演示可增加学生操作环节，让学生自主调节输入电压，观察输出变化。

第 3 章 滤波电路与稳压二极管（第 5 周，理论 3 学时，实验 0 学时）

1. 教学课题和内容

课题：滤波电路原理与稳压二极管应用

内容：①滤波电路基础（电容滤波、 π 型滤波的组成与工作机理）；②纹波电压的产生与影响因素；③稳压二极管的结构、伏安特性（反向击穿的可逆性）；④稳压二极管在简易稳压电路中的应用（如物联网传感器供电保护）。

2. 教学目标

知识目标：掌握电容滤波、 π 型滤波的工作原理，理解稳压二极管的伏安特性及“反向击穿稳压”原理。

能力目标：能分析滤波电路的纹波抑制效果，能判断稳压二极管在电路中的工作状态。

素养目标：培养“从‘整流’到‘滤波’再到‘稳压’的电路功能递进”思维，理解“细节优化对设备稳定性的影响”。

3. 教学重点

电容滤波电路的工作过程（电容充电快、放电慢的特性实现电压平滑）；
稳压二极管的伏安特性（反向击穿区电压稳定的特点）。

4. 教学难点

纹波电压的计算（与负载电阻、电容容量的关系）；
稳压二极管在电路中的参数选型（如稳定电压 V_Z 、最大稳定电流 I_{ZM} ）。

5. 课程思政

结合物联网传感器（如温湿度传感器）对供电电压稳定性的高要求，讲解“滤波 + 稳压”电路是保障数据采集准确性的关键，强调“工程设计中细节决定设备可靠性”，培养学生的严谨态度；
对比不同滤波方案（电容滤波成本低但纹波大， π 型滤波效果好但元件多），引导学生树立“需求导向、权衡优化”的工程思维。

6. 教学方法

讲授法（结合电路原理图分析滤波与稳压原理）；
仿真演示法（用 Multisim 搭建整流 + 电容滤波电路，观测负载变化对纹波电压的影响）；
案例分析法（展示物联网传感器供电模块实物，拆解滤波与稳压单元）。

7. 教学程序

(1) 导入 (15 分钟)

问题导入：“上节课学习的整流电路输出电压存在波动（展示半波整流输出波形），这种波动会导致物联网传感器数据漂移，如何让输出电压更平滑、更稳定？”

旧知衔接：复习整流电路输出特性，引出“滤波”（解决波动）和“稳压”（解决电压漂移）的需求。

(2) 教授 (120 分钟)

滤波电路原理（60 分钟）：

电容滤波：绘制电路（整流桥 + 滤波电容 + 负载），讲解“交流正半周电容充电至峰值，负半周电容放电维持负载电压”的过程；

π 型滤波：对比电容滤波，增加电感或电阻组成 π 型结构，分析其纹波抑制效果更优的原因；

仿真演示：分别搭建电容滤波、 π 型滤波电路，测量两种电路的纹波电压（如电容滤波纹波 $\approx 10V$ ， π 型滤波纹波 $\approx 2V$ ），总结“元件越多，滤波效果越好，但成本越高”。

稳压二极管应用（60 分钟）：

伏安特性解读：重点分析反向击穿区（电压稳定在 V_Z ，电流在 $I_{Zmin} \sim I_{ZM}$ 范围内变化）；

简易稳压电路：搭建“限流电阻 + 稳压二极管 + 负载”电路，讲解限流电阻的作用（防止稳压管电流超过 I_{ZM} 烧毁）；

案例应用：以“物联网节点设备 5V 供电”为例，选择 $V_Z=5V$ 的稳压管，计算限流电阻参数。

(3) 总结 (10 分钟)

逻辑链梳理：整流（交流转直流）→滤波（减少波动）→稳压（稳定电压），强调三者是物联网设备供电模块的核心环节；

表格对比：电容滤波与 π 型滤波的纹波大小、元件成本、适用场景。

(4) 作业

基础题：已知整流电路输出平均电压 12V，负载电阻 1k Ω ，选择滤波电容（频率 50Hz），估算纹波电压；

拓展题：设计一个给物联网 LED 指示灯（工作电压 3V，工作电流 10mA）供电的简易电路，需包含整流、滤波、稳压环节，画出电路图并标注元件参数。

(5) 反思

预判难点：学生可能对“纹波电压与电容容量的定量关系”理解困难，下次课可通过“不同容量电容的仿真对比”强化认知；

改进方向：增加稳压二极管参数选型的实操练习，避免纯理论讲解。

第 4 章 稳压电路（第 6 周，理论 3 学时，实验 0 学时）

1. 教学课题和内容

课题：稳压电路设计与集成稳压器应用

内容：①并联型稳压电路的组成、工作原理与局限性；②三端固定式集成稳压器（78XX 系列、79XX 系列）的引脚定义、应用电路；③三端可调式集成稳压器（如 LM317）的工作原理、输出电压计算；④集成稳压器在物联网设备（如路由器、智能网关）供电模块中的应用。

2. 教学目标

知识目标：掌握并联型稳压电路原理，熟悉三端集成稳压器的类型与应用方法，能计算可调式稳压器的输出电压。

能力目标：能设计基于 78XX 系列的固定稳压电路，能根据需求选择可调式稳压器并计算参数。

素养目标：理解“分立元件电路”到“集成芯片”的技术演进，培养“高效、集成化”的工程设计思维。

3. 教学重点

三端固定式集成稳压器（如 7805）的应用电路（输入、输出、接地引脚的连接，滤波电容的作用）；

可调式集成稳压器（LM317）的输出电压计算公式（ $V_{OUT} = 1.25V \times (1 + R2/R1)$ ）。

4. 教学难点

并联型稳压电路的稳压过程（限流电阻与稳压管的协同作用）；

可调式集成稳压器的内部反馈机制（如何通过外接电阻调节输出电压）。

5. 课程思政

讲解我国集成稳压器产业的发展（如国产 LM317 芯片的技术突破），对比进口与国产芯片的性能差异，培养学生的“自主创新意识”和“国产技术自信”；
以物联网网关供电模块为例，说明集成稳压器的“小型化、低功耗”特点契合绿色低碳理念，引导学生关注“节能环保型电子设计”。

6. 教学方法

讲授法（结合芯片 datasheet 讲解引脚与参数）；

实物演示法（展示 7805、LM317 芯片实物，标注引脚，演示简易应用电路通电测试）；

计算演练法（带领学生现场计算 LM317 的输出电压，如 $R_1=1k\Omega$ 、 $R_2=2k\Omega$ 时， $V_{OUT}=3.75V$ ）。

7. 教学程序

(1) 导入 (10 分钟)

实物导入：展示物联网路由器的供电模块（拆解后露出 7805 芯片），提问：“这个小巧的芯片如何将 12V 输入稳定为 5V 输出？它比我们之前学的稳压二极管电路有什么优势？”

目标呈现：明确本节课需掌握“集成稳压器的类型、应用与参数计算”。

(2) 教授 (130 分钟)

并联型稳压电路回顾（30 分钟）：

电路组成：限流电阻 R 、稳压二极管 D_Z 、负载 R_L ；

稳压过程：当输入电压升高时， D_Z 电流增大→ R 压降增大→负载电压稳定；对比集成稳压器，指出其“效率低、负载能力弱”的局限性。

三端固定式集成稳压器（50 分钟）：

类型区分：78XX 系列（输出正电压，如 7805 输出 5V）、79XX 系列（输出负电压，如 7905 输出 -5V）；

应用电路：输入端接电容（滤除高频干扰）、输出端接电容（改善负载瞬态响应），举例“12V 直流输入→7805→5V 输出给物联网模块供电”；

实物演示：搭建 7805 应用电路，用万用表测量输入 12V、输出 5V，验证稳压效果。

三端可调式集成稳压器（50 分钟）：

核心原理：LM317 内部基准电压 1.25V，通过外接电阻 R_1 、 R_2 分压反馈调节输出；

公式推导： $V_{OUT} = V_{REF} \times (1 + R_2/R_1)$ ，带领学生演练不同 R_2 值对应的输出电压（如 $R_1=1k\Omega$ ， $R_2=3k\Omega$ 时， $V_{OUT}=5V$ ）；

应用案例：设计“3.3V~12V 可调输出电路”，适配不同物联网设备（如 3.3V 传感器、5V 单片机）。

(3) 总结 (10 分钟)

对比梳理：并联型稳压电路（分立元件、低成本、低效率）vs 集成稳压器（集成化、高效率、强负载能力）；

核心结论：集成稳压器是现代电子设备（尤其是物联网设备）供电设计的首选，需根据输出电压需求选择合适类型。

(4) 作业

基础题：用 7809 设计一个 9V 输出的稳压电路，已知输入电压 15V，计算输入 / 输出端滤波电容的容量（参考 datasheet 推荐值）；

拓展题：用 LM317 设计一个给物联网单片机供电的电路（输出电压 5V），确定 R1、R2 的阻值，画出电路图。

(5) 反思

关注学生对“集成电路引脚识别”的掌握情况，下次实验课需增加芯片焊接与引脚检测练习；可调式稳压器的公式推导可简化，重点放在“应用计算”而非“理论推导”，避免增加学生负担。

第 5 章 三极管基础与实验 1（万用表使用及元器件识别检测）

（第 7-8 周，理论 6 学时，实验 4 学时）

1. 教学课题和内容

课题：三极管结构特性与元器件检测实验

内容：①三极管的结构（发射极 e、基极 b、集电极 c）与类型（NPN 型、PNP 型）；②三极管电流分配关系（ $I_E = I_B + I_C$ 、电流放大倍数 $\beta = I_C / I_B$ ）；③万用表的进阶使用（二极管档检测 PN 结、电阻档检测三极管引脚）；④实验操作：二极管、三极管的识别与好坏判断（如三极管短路、开路故障检测）。

2. 教学目标

知识目标：掌握三极管的结构、类型及电流分配关系，熟悉万用表检测半导体元器件的方法。

能力目标：能通过万用表区分 NPN/PNP 型三极管，能判断二极管、三极管的好坏，能记录实验数据并分析。

素养目标：培养“实物检测与理论特性结合”的思维，通过实验强调“数据真实记录”，培养诚信品质。

3. 教学重点

三极管的电流分配关系（ $I_E = I_B + I_C$ 、 β 的物理意义）；

万用表检测三极管的方法（用二极管档测量发射结、集电结的正向导通压降，判断引脚与类型）。

4. 教学难点

三极管电流放大倍数 β 的物理意义（基极电流微小变化控制集电极电流较大变化的机制）；

三极管故障判断（如发射结开路、集电极与发射极短路的检测特征）。

5. 课程思政

实验操作前强调“真实记录数据”的重要性，讲解“伪造实验数据会导致后续电路设计失败”的案例，培养学生的学术诚信与责任意识；

分组实验中明确分工（如记录员、操作员、观察员），引导学生相互配合、相互验证，培养团队协作能力。

6. 教学方法

理论教学：讲授法（结合三极管结构动画）、类比法（将“基极电流控制集电极电流”类比为“水龙头开关控制水流”）；

实验教学：示范操作法（教师演示万用表检测步骤）、分组实操法（4人一组，轮流操作）、问题引导法（设置“三极管引脚标注模糊”的场景，引导学生通过检测确定引脚）。

7. 教学程序

(1) 导入（20分钟，理论课）

类比导入：“我们之前学的二极管只能控制电流‘通/断’，有没有一种元件能‘放大’电流？就像声音通过麦克风放大一样？”引出三极管的“电流放大”功能；

实物展示：拿出NPN型、PNP型三极管实物，标注引脚（e、b、c），让学生观察外观差异（如型号标注、引脚排列）。

(2) 教授（理论4学时+实验4学时）

理论部分（4学时）：

三极管结构（20分钟）：讲解NPN型三极管的“两个PN结”（发射结、集电结），对比NPN与PNP型的电流方向差异；

电流分配关系（60分钟）：通过实验数据（如 $I_B=10\mu A$ 时 $I_C=1mA$ ， $\beta=100$ ）讲解 $I_E=I_B+I_C$ 、 $\beta=I_C/I_B$ ，强调“基极电流是控制信号，集电极电流是受控信号”；

万用表检测原理（40分钟）：用二极管档检测PN结（正向导通压降 $\approx 0.7V$ 硅管， $\approx 0.3V$ 锗管），讲解“NPN型三极管发射结、集电结正向导通，PNP型反向导通”的检测逻辑。

实验部分（4学时）：

实验准备（20分钟）：分发万用表、二极管（硅管、锗管）、三极管（NPN型9013、PNP型9012）、实验报告表；

教师示范（30分钟）：①二极管检测（区分正负极、判断好坏）；②三极管检测（确定引脚、区分类型、判断好坏）；

学生实操（150分钟）：分组完成检测，记录数据（如二极管正向压降、三极管类型与引脚），遇到故障（如开路三极管）时小组讨论分析；

实验总结（20分钟）：各小组汇报检测结果，教师点评常见错误（如万用表档位选错、引脚接触不良）。

(3) 总结（20分钟）

理论总结：思维导图梳理“三极管结构→电流关系→检测方法”；

实验总结：强调“检测前确认万用表档位”“数据记录要精准”，分析实验中出现的典型问题（如误将PNP型当作NPN型检测）。

(4) 作业

基础题：已知某NPN型三极管 $I_B=20\mu A$ ， $\beta=80$ ，计算 I_C 和 I_E ；

实验报告：整理实验数据（二极管正向压降、三极管类型与引脚检测结果），分析“如何通过万用表快速区分硅管与锗管”。

(5) 反思

实验中发现部分学生对“万用表二极管档的使用”不熟练，下次实验课需提前 5 分钟复习档位操作；
可增加“故障元器件检测”的拓展任务（如提供短路二极管、开路三极管），提升学生的问题排查能力。

第 6 章 三极管检测与放大电路概述及实验 2（仿真软件安装与仪器使用）（第 9-10 周，理论 6 学时，实验 4 学时）

1. 教学课题和内容

课题：三极管伏安特性与放大电路基础 + 仿真软件实操

内容：①三极管伏安特性（输入特性、输出特性）与主要参数（ β 、 I_{CEO} 、 V_{CBO} ）；②放大电路的基本组成（三极管、偏置电阻、集电极电阻、耦合电容）与功能（信号放大的必要性，如物联网传感器微弱信号处理）；③Multisim 仿真软件安装与基础操作（电路图绘制、元件选型、仪器调用）；④实验操作：用 Multisim 绘制简单放大电路，用示波器观测输入 / 输出波形，用信号发生器设置激励信号。

2. 教学目标

知识目标：理解三极管伏安特性与放大电路组成，掌握 Multisim 仿真软件的基础操作。

能力目标：能解读三极管输出特性曲线，能在 Multisim 中绘制电路并调用示波器、信号发生器，能观测信号波形。

素养目标：培养“用仿真工具验证理论”的思维，通过波形观测培养“细致观察、精准分析”的科学素养。

3. 教学重点

三极管输出特性曲线的解读（截止区、放大区、饱和区的划分与应用场景）；

Multisim 软件的操作（元件库调用、导线连接、示波器参数调节）。

4. 教学难点

三极管输出特性曲线中“放大区电流随基极电流变化，与集电极电压无关”的理解；

示波器的波形触发与参数测量（如幅值、频率的读取）。

5. 课程思政

讲解仿真软件（如 Multisim）在电子设计中的“降本增效”作用（减少实物焊接损耗、快速验证电路方案），引导学生关注“绿色设计、高效研发”的行业趋势；

实验中设置“电路参数错误导致波形失真”的场景，引导学生反复调试、排查问题，培养“耐心细致、坚持不懈”的问题解决态度。

6. 教学方法

理论教学：讲授法（结合特性曲线图表）、案例分析法（展示物联网传感器微弱信号放大实例）；

实验教学：演示教学法（教师投屏操作 Multisim）、分步指导法（分“绘图→调仪器→测波形”三步教学）、小组互助法（基础薄弱学生与熟练学生结对）。

7. 教学程序

(1) 导入（15 分钟，理论课）

案例导入：“物联网光照传感器输出的信号只有几毫伏，无法直接驱动单片机，如何将这个微弱信号放大到几伏？”引出放大电路的功能；

旧知回顾：复习三极管电流放大特性，指出“放大电路的核心是三极管工作在放大区”。

(2) 教授（理论 4 学时 + 实验 4 学时）

理论部分（4 学时）：

三极管伏安特性（90 分钟）：①输入特性（ V_{BE} 与 I_B 的关系，类似二极管伏安特性）；②输出特性（ I_C 与 V_{CE} 的关系，分截止区： $I_B=0$ ， $I_C\approx 0$ ；放大区： I_C 随 I_B 变化，与 V_{CE} 无关；饱和区： $V_{CE}\approx 0.3V$ ， I_C 不再随 I_B 变化）；③主要参数： β （电流放大倍数）、 I_{CEO} （穿透电流，越小越好）、 V_{CBO} （集电结击穿电压）；

放大电路概述（30 分钟）：讲解基本共射放大电路的组成（三极管、 R_B 偏置电阻、 R_C 集电极电阻、 $C1/C2$ 耦合电容），说明各元件作用（如 $C1/C2$ 隔离直流、传递交流）。

实验部分（4 学时）：

软件安装与基础操作（60 分钟）：①Multisim 安装（解决常见问题如兼容性、组件缺失）；②元件库调用（三极管 9013、电阻、电容）；③电路图绘制（导线连接、元件参数设置）；

仪器使用教学（60 分钟）：①信号发生器：设置正弦波信号（幅值 10mV，频率 1kHz）作为输入；②示波器：通道 1 接输入信号，通道 2 接输出信号，调节触发方式、时基、幅值档位，使波形稳定显示；

学生实操（60 分钟）：①绘制基本共射放大电路；②调用仪器观测输入 / 输出波形，记录输出波形的幅值（如输入 10mV，输出 1V，放大倍数 100）；③修改 R_B 阻值，观察输出波形是否失真（如 R_B 过大导致截止失真，波形底部削平）；

问题探究（30 分钟）：小组讨论“为什么 R_B 变化会导致波形失真？”，教师引导联系三极管输出特性曲线（ R_B 过大→ I_B 过小→三极管进入截止区）。

(3) 总结（20 分钟）

理论总结：表格对比三极管三个工作区的特点与应用（截止区：开关断开；放大区：信号放大；饱和区：开关闭合）；

实验总结：梳理 Multisim 操作流程（绘图→调仪器→测波形），强调示波器“触发稳定”是观测波形的关键。

(4) 作业

基础题：根据三极管输出特性曲线，判断某工作点（ $V_{CE}=5V$ ， $I_B=30\mu A$ ， $I_C=3mA$ ）处于哪个工作区，计算 β 值；

仿真任务：在 Multisim 中修改放大电路的 R_C 阻值（如从 $1k\Omega$ 改为 $2k\Omega$ ），观测输出波形幅值变化，记录数据并分析原因。

(5) 反思

部分学生对示波器“时基”“幅值档位”的调节逻辑理解困难，下次课可制作“示波器调节步骤卡”（图文结合）；

仿真实验可增加“电路故障模拟”（如 R_B 开路、 $C1$ 短路），让学生通过波形异常排查故障，提升应用能力。

第 7 章 基本共射放大电路与实验 3（整流及电容滤波电路）

（第 11 周，理论 3 学时，实验 2 学时）

1. 教学课题和内容

课题：基本共射放大电路分析与整流滤波电路实验

内容：①基本共射放大电路的静态分析（估算法计算静态工作点 Q ： I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 V_{CEQ} ）；②静态工作点对波形失真的影响（截止失真、饱和失真的产生原因与波形特征）；③实验操作：搭建整流 + 电容滤波电路，测量输入 / 输出电压（直流平均值、纹波电压），验证滤波效果。

2. 教学目标

知识目标：掌握基本共射放大电路的静态分析方法，理解静态工作点与波形失真的关系，巩固整流滤波电路原理。

能力目标：能计算静态工作点 Q ，能通过实验测量整流滤波电路的输出参数，能分析波形失真原因。

素养目标：培养“理论计算与实验验证结合”的思维，通过失真分析培养“精准控制电路参数”的工程意识。

3. 教学重点

静态工作点 Q 的估算法计算（ $I_{BQ}=(V_{CC}-V_{BE})/R_B$ ， $I_{CQ}=\beta I_{BQ}$ ， $V_{CEQ}=V_{CC}-I_{CQ}R_C$ ）；

整流滤波电路的实验测量（用万用表测直流电压，用示波器测纹波电压）。

4. 教学难点

静态工作点偏移导致的波形失真（截止失真： Q 点过低，负半周失真；饱和失真： Q 点过高，正半周失真）；

示波器测量纹波电压的方法（需将示波器耦合方式设为“交流”，避免直流分量影响）。

5. 课程思政

结合物联网设备中“信号放大电路”与“供电电路”的协同工作（如传感器信号放大后需稳定供电保障运算），讲解“电路系统中各模块相互依存”，培养学生的系统思维；

实验中强调“规范操作”（如先断电再接线、示波器探头接地良好），避免设备损坏，培养学生的安全意识与责任意识。

6. 教学方法

理论教学：讲授法（结合公式推导与波形图）、对比分析法（对比不同 Q 点的波形失真特征）；

实验教学：示范操作法（教师演示示波器测纹波的步骤）、实操验证法（学生通过实验验证理论计算的 Q 点合理性）。

7. 教学程序

(1) 导入 (10 分钟)

问题导入：“上节课用 Multisim 仿真放大电路时，部分同学的输出波形出现‘削波’（展示失真波形），为什么会出现这种情况？如何避免？”引出静态工作点的重要性；

实验衔接：“同时，我们需要验证上一章学习的整流滤波电路在实物中的效果，本节课结合理论与实验解决这两个问题。”

(2) 教授 (理论 2 学时 + 实验 2 学时)

理论部分 (2 学时)：

静态工作点计算 (60 分钟)：以基本共射放大电路 ($V_{CC}=12V$, $R_B=300k\Omega$, $R_C=2k\Omega$, $\beta=100$, $V_{BE}=0.7V$) 为例，分步计算：① $I_{BQ}=(12-0.7)/300k\approx 37.7\mu A$ ；② $I_{CQ}=100\times 37.7\mu\approx 3.77mA$ ；③ $V_{CEQ}=12-3.77mA\times 2k\approx 4.46V$ ；

波形失真分析 (30 分钟)：①截止失真： R_B 过大 $\rightarrow I_{BQ}$ 过小 $\rightarrow Q$ 点过低 \rightarrow 输出波形负半周削平，解决方案：减小 R_B ；②饱和失真： R_B 过小 $\rightarrow I_{BQ}$ 过大 $\rightarrow Q$ 点过高 \rightarrow 输出波形正半周削平，解决方案：增大 R_B ；

整流滤波实验原理 (30 分钟)：回顾整流桥 (4 个二极管) + 电容滤波电路，明确实验测量目标 (直流输出电压、纹波电压)。

实验部分 (2 学时)：

实验准备 (20 分钟)：分发整流桥、滤波电容 ($1000\mu F$)、负载电阻 ($1k\Omega$)、万用表、示波器、直流电源；

教师示范 (20 分钟)：①搭建整流滤波电路 (交流输入接整流桥，输出端并联电容与负载)；②用万用表测直流输出电压 (如输入 $220V\rightarrow$ 整流后 $12V\rightarrow$ 滤波后 $14V$)；③用示波器测纹波电压 (耦合方式设为交流，观测波形幅值)；

学生实操 (60 分钟)：分组搭建电路，测量“无滤波”“有滤波”两种情况下的输出电压与纹波，记录数据 (如无滤波时纹波 $\approx 5V$ ，有滤波时纹波 $\approx 0.5V$)；

数据对比 (20 分钟)：各小组汇报数据，验证“滤波电路显著降低纹波”的理论，分析数据差异原因 (如电容容量不同)。

(3) 总结 (10 分钟)

理论总结：静态工作点是放大电路的“基础”， Q 点合适才能避免失真；

实验总结：整流滤波电路的核心是“整流桥变交流为直流，电容滤波平滑电压”，滤波效果与电容容量、负载电阻相关。

(4) 作业

基础题：已知基本共射放大电路 $V_{CC}=15V$, $R_B=470k\Omega$, $R_C=3k\Omega$, $\beta=80$, $V_{BE}=0.7V$, 计算 Q 点 (I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 V_{CEQ})；

实验报告：整理整流滤波实验数据，绘制“有无滤波的输出电压波形图”，分析电容容量对纹波电压的影响。

(5) 反思

理论计算中部分学生对“ V_{BE} 的取值” (硅管 $0.7V$) 易遗忘，下次课需在公式推导时重点标注；实验中发现少数小组示波器接地不良导致波形干扰，需强调“探头接地夹必须可靠连接”。

第 8 章 射极偏置电路与实验 4（串联稳压电路性能测试）（第 12-13 周，理论 6 学时，实验 4 学时）

1. 教学课题和内容

课题：射极偏置电路稳 Q 点原理与串联稳压电路实验

内容：①射极偏置电路的组成（发射极电阻 R_E 、旁路电容 C_E ）与稳 Q 点原理（温度变化或 β 变化时， R_E 的负反馈作用稳定 I_{CQ} ）；②基本共射放大电路的动态分析（微变等效电路法计算电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o ）；③串联稳压电路的组成（调整管、取样电阻、基准电压、比较放大）；④实验操作：搭建串联稳压电路，测试负载变化、输入电压变化时的输出电压稳定性（稳压系数、输出电阻）。

2. 教学目标

知识目标：掌握射极偏置电路的稳 Q 点原理与放大电路动态分析方法，理解串联稳压电路的工作机制。

能力目标：能计算放大电路的动态参数，能测试串联稳压电路的性能指标，能分析稳压效果的影响因素。

素养目标：培养“从‘静态稳定’到‘动态性能’的电路分析递进”思维，通过稳压测试培养“追求高精度、高稳定性”的工程素养。

3. 教学重点

射极偏置电路的稳 Q 点原理（ R_E 的负反馈作用： $I_C \uparrow \rightarrow I_E \uparrow \rightarrow V_E \uparrow \rightarrow V_{BE} \downarrow \rightarrow I_B \downarrow \rightarrow I_C \downarrow$ ）；串联稳压电路的性能测试（稳压系数 $S = \Delta V_O / \Delta V_I$ ，输出电阻 $R_O = \Delta V_O / \Delta I_O$ ）。

4. 教学难点

微变等效电路的绘制（将三极管等效为电流源与输入电阻 r_{be} ）；

串联稳压电路中调整管的工作状态（工作在放大区，通过基极电流变化调节管压降 V_{CE} ）。

5. 课程思政

讲解射极偏置电路的“负反馈稳 Q 点”与串联稳压电路的“取样 - 比较 - 调整”机制，类比“自我调节、自我完善”的人生态度，引导学生养成“发现问题、修正偏差”的反思习惯；

结合工业级物联网设备对稳压电路“高精度、宽范围”的需求，讲解我国在稳压芯片领域的技术突破（如国产高精度基准电压源），培养学生的产业自信与创新动力。

6. 教学方法

理论教学：讲授法（结合微变等效电路图表）、公式推导法（推导 A_u 、 R_i 、 R_o 的计算公式）；

实验教学：分组实验法（4 人一组，分工测量输入 / 输出电压、负载电流）、数据分析法（指导学生计算稳压系数与输出电阻）。

7. 教学程序

(1) 导入 (15 分钟, 理论课)

问题导入：“基本共射放大电路中，温度升高会导致三极管 β 增大，进而使 I_{CQ} 增大、Q 点偏移，如何解决这个问题？”引出射极偏置电路；

实验铺垫：“物联网设备的输入电压可能波动（如电池供电从 3.7V 降至 3.2V），如何保证输出电压稳定？本节课通过串联稳压实验解决。”

(2) 教授 (理论 4 学时 + 实验 4 学时)

理论部分 (4 学时)：

射极偏置电路 (90 分钟)：①电路组成：在基本共射电路基础上增加 R_E (发射极电阻) 和 C_E (旁路电容，交流短路，不影响动态性能)；②稳 Q 点原理：以温度升高为例，推导“ $T \uparrow \rightarrow \beta \uparrow \rightarrow I_{CQ} \uparrow \rightarrow I_{EQ} \uparrow \rightarrow V_E = I_{EQ} R_E \uparrow \rightarrow V_{BE} = V_B - V_E \downarrow \rightarrow I_{BQ} \downarrow \rightarrow I_{CQ} \downarrow$ ”的负反馈过程；

③静态分析：与基本共射电路类似，需考虑 V_E 的影响 ($I_{BQ} = (V_{CC} - V_{BE}) / (R_B + \beta R_E)$)；

动态分析 (90 分钟)：①微变等效电路绘制：三极管基极 - 发射极等效为 r_{be} ，集电极 - 发射极等效为受控电流源 βI_b ；②参数计算： $A_u = -\beta R_L' / r_{be}$ ($R_L' = R_C / R_L$ ，负号表示反相)、 $R_i = R_B / r_{be}$ 、 $R_o \approx R_C$ ；③案例计算：以射极偏置电路 ($R_C = 2k\Omega$, $R_L = 2k\Omega$, $r_{be} = 1k\Omega$, $\beta = 100$) 为例，计算 $A_u = -100 \times (2/2) / 1 = -100$ ；

串联稳压电路 (60 分钟)：①组成：调整管 (NPN 型三极管)、取样电阻 (R_1 、 R_2 分压)、基准电压 (稳压二极管)、比较放大管；②工作原理：输入电压或负载变化 \rightarrow 取样电压 V_F 变化 \rightarrow 与基准电压 V_Z 比较 \rightarrow 比较放大管输出电流变化 \rightarrow 调整管基极电流变化 \rightarrow 调整管 V_{CE} 变化 \rightarrow 输出电压 V_O 稳定。

实验部分 (4 学时)：

实验准备 (30 分钟)：分发调整管 (TIP41)、稳压二极管 ($V_Z = 5V$)、比较放大管 (9013)、取样电阻、万用表、直流电源、滑动变阻器 (模拟负载)；

电路搭建与测试 (150 分钟)：①搭建串联稳压电路 (输入端接 0-12V 可调直流电源，输出端接滑动变阻器负载)；②测试 1 (输入电压变化)：固定负载 ($R_L = 1k\Omega$)，输入电压从 8V 增至 12V，每 1V 记录输出电压 V_O ，计算稳压系数 $S = \Delta V_O / \Delta V_I$ ；③测试 2 (负载变化)：固定输入电压 (10V)，负载电阻从 500 Ω 增至 2k Ω ，记录输出电压 V_O 与负载电流 I_O ，计算输出电阻 $R_O = \Delta V_O / \Delta I_O$ ；④故障模拟：断开取样电阻 R_2 ，观察输出电压变化，分析故障原因；

结果分析 (40 分钟)：各小组汇报 S 与 R_O 数据 (如 $S < 0.01$, $R_O < 1\Omega$ 为合格)，教师点评“调整管 β 越大，稳压效果越好”。

(3) 总结 (20 分钟)

理论总结：射极偏置电路解决“Q 点不稳定”问题，动态参数反映放大电路的信号处理能力，串联稳压电路解决“输出电压波动”问题；

实验总结：稳压系数 S 越小、输出电阻 R_O 越小，稳压性能越好，调整管、基准电压是影响性能的关键元件。

(4) 作业

基础题：已知射极偏置电路 $V_{CC} = 12V$, $R_B = 200k\Omega$, $R_C = 2k\Omega$, $R_E = 1k\Omega$, $\beta = 80$, $V_{BE} = 0.7V$ ，计算 Q 点与电压放大倍数 ($R_L = 2k\Omega$, $r_{be} = 1.2k\Omega$)；

实验报告：整理串联稳压实验数据，分析“输入电压变化”与“负载变化”对输出电压的影响程度，提出优化稳压性能的方案 (如增加比较放大级)。

(5) 反思

动态参数计算中，学生对“ $R_L=R_C/R_L$ ”的并联计算易出错，下次课需增加电阻并联计算的快速练习；

实验中调整管发热较明显，需提醒学生“避免长时间满负载工作”，培养安全操作意识。

第 9 章 多级 / 差分放大电路与实验 5、6（单管放大电路分析测试 / 运算放大器信号运算电路）（第 14-15 周，理论 6 学时，实验 4 学时）

1. 教学课题和内容

课题：多级与差分放大电路原理 + 单管放大 / 运放运算实验

内容：①多级放大电路的耦合方式（电容耦合、直接耦合）与总电压放大倍数计算（ $A_u=A_{u1}\times A_{u2}\times\dots\times A_{un}$ ）；②共集电极放大电路（射极输出器）的特性（电压跟随、高输入电阻、低输出电阻）与应用（输入级、输出级）；③差分放大电路的组成、静态 / 动态分析（差模增益 A_d 、共模增益 A_c 、共模抑制比 $K_{CMR}=|A_d/A_c|$ ）；④实验 5：单管放大电路（共射 + 共集）的参数测试（ A_u 、 R_i 、 R_o ）；⑤实验 6：运算放大器的基本运算电路（加法、减法、积分）搭建与波形观测。

2. 教学目标

知识目标：掌握多级放大电路的耦合方式与总增益计算，理解共集电极电路特性与差分电路的抗干扰原理，熟悉运放基本运算电路。

能力目标：能测试多级放大电路的动态参数，能搭建运放运算电路并观测输出波形，能分析差分电路的共模抑制效果。

素养目标：培养“从‘单级’到‘多级’的电路系统设计”思维，通过抗干扰分析培养“解决实际工程问题”的能力。

3. 教学重点

共集电极放大电路的特性（ $A_u\approx 1$ ， R_i 大， R_o 小）；

差分放大电路的共模抑制比（ K_{CMR} 越大，抗干扰能力越强）；

运放加法、减法电路的输出电压计算（如加法电路 $V_O=-R_F(R_1/R_1+R_2/R_2)V_{I1}-R_F/R_2V_{I2}$ ）。

4. 教学难点

差分放大电路的动态分析（差模信号与共模信号的区别，差模增益计算）；

运放电路的“虚短”（ $V_+=V_-$ ）与“虚断”（ $I_+=I_-=0$ ）分析方法应用。

5. 课程思政

讲解差分放大电路在物联网设备（如工业传感器）中的抗干扰应用（抑制环境温度、电源波动等共模干扰），说明“技术创新是解决复杂工程问题的关键”，培养学生的创新思维；

实验 6 中要求学生自主设计“两输入加法电路”，鼓励不同小组采用不同电阻参数，对比输出结果，培养“自主设计、勇于尝试”的探索精神。

6. 教学方法

理论教学：讲授法（结合电路框图与公式）、对比分析法（对比共射、共集电路特性）；
实验教学：项目驱动法（以“设计一个能放大微弱信号并实现加法运算的电路”为项目）、小组合作法（分工完成单管测试与运放实验）。

7. 教学程序

(1) 导入 (20 分钟, 理论课)

需求导入：“物联网振动传感器输出信号需放大 1000 倍，单级放大电路最大放大倍数仅 200，如何实现？”引出多级放大电路；

问题导入：“工业现场的传感器信号常受电网干扰（50Hz 共模信号），如何抑制干扰？”引出差分放大电路。

(2) 教授 (理论 4 学时 + 实验 4 学时)

理论部分 (4 学时)：

多级放大电路 (60 分钟)：①耦合方式：电容耦合（隔直传交，适用于交流信号，如音频放大）、直接耦合（无电容，适用于直流信号，如传感器小信号）；②总增益计算：以“共射 + 共集”两级电路为例， $A_u = A_{u1} \times A_{u2}$ (A_{u1} 为共射级增益， $A_{u2} \approx 1$)；

共集电极电路 (40 分钟)：①电路组成：集电极接地，信号从基极输入、发射极输出；②特性推导： $A_u = R_L' / r_{be}$ ($R_L' = R_E / R_L$, $A_u \approx 1$)， $R_i = R_B / [r_{be} + (1 + \beta) R_L']$ (大)， $R_o = r_{be} / (1 + \beta) / R_E$ (小)；③应用：作为输入级（提高输入电阻，减少信号衰减）、输出级（降低输出电阻，增强带负载能力）；

差分放大电路 (60 分钟)：①组成：两个对称的共射电路，输入信号分差模 ($V_{I1} = -V_{I2}$) 和共模 ($V_{I1} = V_{I2}$)；②动态分析： $A_d = -\beta R_L' / r_{be}$, $A_c \approx 0$ (电路对称)， $K_{CMR} \rightarrow \infty$ ；③抗干扰原理：共模信号（如温度变化）被抑制，差模信号（有用信号）被放大；

运放基本运算电路 (40 分钟)：①“虚短”与“虚断”假设；②加法电路： $V_O = -R_F (R_1 V_{I1} + R_2 V_{I2}) / (R_1 R_2)$ ；③减法电路： $V_O = (1 + R_F / R_1) \times (R_3 / (R_2 + R_3)) V_{I2} - (R_F / R_1) V_{I1}$ ；④积分电路： $V_O = -1 / (R C) \int V_I dt$ 。

实验部分 (4 学时, 实验 5 与实验 6 各 2 学时)：

实验 5：单管放大电路测试 (2 学时)：①搭建“共射 + 共集”两级电路；②测试动态参数：用信号发生器输入 1kHz/10mV 正弦波，示波器测输出电压（计算 A_u ），用“替代法”测输入电阻 R_i ，用“负载法”测输出电阻 R_o ；③对比单级共射电路与两级电路的 A_u 差异（如单级 $A_u = 100$ ，两级 $A_u = 95$ ）；

实验 6：运放运算电路 (2 学时)：①搭建加法电路 ($R_1 = R_2 = 10k\Omega$, $R_F = 10k\Omega$)，输入 $V_{I1} = 1V$ 、 $V_{I2} = 2V$ ，测量 V_O (理论值 -3V)；②搭建减法电路，输入 $V_{I1} = 1V$ 、 $V_{I2} = 3V$ ，测量 V_O (理论值 2V)；③搭建积分电路，输入 1kHz 方波，观测输出三角波；④记录实验数据，分析“实际值与理论值偏差”的原因（如运放非理想参数）。

(3) 总结 (20 分钟)

理论总结：多级放大电路实现高增益，共集电路优化输入输出特性，差分电路抑制共模干扰，运放电路实现精确运算；

实验总结：单管放大电路的级联需注意阻抗匹配，运放电路的精度与电阻参数精度、运放性能相关。

(4) 作业

基础题：已知两级共射放大电路 $A_{u1}=50$, $A_{u2}=40$, 计算总电压放大倍数；已知差分放大电路 $A_d=100$, $A_c=0.5$, 计算 K_{CMR} ;

设计题：用运放设计一个“ $V_O=2V_{I1} + 3V_{I2}$ ”的加法电路，确定各电阻阻值（取 $R_F=15k\Omega$ ）。

(5) 反思

差分电路的“差模 / 共模信号”区分是难点，下次课可通过仿真软件直观展示两种信号的作用效果；

运放实验中部分学生因电阻选型错误导致输出偏差，需强调“电阻精度选择（如 1% 误差）”的重要性。

第 10 章 反馈、电压比较器与实验 7（电压比较器、方波—三角波发生器）（第 16 周，理论 3 学时，实验 2 学时）

1. 教学课题和内容

课题：反馈电路原理与电压比较器 / 波形发生器实验

内容：①反馈的基本概念（反馈信号的取样与比较方式）与类型判断（正反馈 / 负反馈、电压 / 电流反馈、串联 / 并联反馈）；②负反馈对放大电路性能的影响（稳定增益、展宽频带、改变输入输出电阻）；③简单电压比较器（过零比较器、滞回比较器）的组成与工作原理（阈值电压 V_{TH} 的计算）；④实验 7：搭建电压比较器（过零比较器）与方波—三角波发生器，观测输入 / 输出波形，调节参数改变波形频率与幅值。

2. 教学目标

知识目标：掌握反馈类型的判断方法，理解负反馈对放大电路的性能优化，熟悉电压比较器与波形发生器的工作原理。

能力目标：能判断反馈类型，能搭建比较器与波形发生器电路，能通过调节参数控制波形特征。

素养目标：培养“通过‘反馈’实现电路性能优化”的思维，通过波形调节培养“精准控制、反复调试”的工程素养。

3. 教学重点

反馈类型的判断步骤（先判断正 / 负反馈，再判断电压 / 电流反馈，最后判断串联 / 并联反馈）；

过零比较器的工作原理（ $V_I > V_{TH}$ 时输出高电平， $V_I < V_{TH}$ 时输出低电平， $V_{TH}=0$ ）；

方波—三角波发生器的组成（滞回比较器 + 积分电路）。

4. 教学难点

电压 / 电流反馈的判断（短路输出端，若反馈消失则为电压反馈，否则为电流反馈）；

滞回比较器阈值电压的计算（ $V_{TH}=\pm(R_1/R_F)V_Z$, V_Z 为稳压管稳定电压）；

方波频率的计算（ $f=1/(4R_2 C \ln(1+2R_1/R_3))$ ）。

5. 课程思政

讲解“反馈”的核心思想（通过输出信号调节输入，实现性能稳定），类比“自我反思、持续改进”的学习与工作态度，引导学生养成“定期复盘、优化自我”的习惯；

展示波形发生器在物联网设备（如信号模拟器、故障检测仪）中的应用，说明“基础电路是复杂设备的核心”，培养学生“重视基础、夯实技能”的意识。

6. 教学方法

理论教学：讲授法（结合反馈判断流程图）、案例分析法（以共射放大电路加发射极电阻为例分析负反馈）；

实验教学：演示操作法（教师演示波形发生器参数调节）、探索式学习法（让学生自主改变电阻/电容，观察波形变化）。

7. 教学程序

(1) 导入 (15 分钟)

生活类比导入：“空调通过检测室内温度（反馈信号）调节制冷量，保持温度稳定，电子电路中如何通过‘反馈’稳定放大倍数？”引出反馈电路；

实验预告：“物联网设备的测试需要方波、三角波信号，本节课学习如何用比较器与积分电路制作波形发生器。”

(2) 教授 (理论 2 学时 + 实验 2 学时)

理论部分 (2 学时)：

反馈基本概念与类型判断 (60 分钟)：①反馈定义：将输出信号的一部分或全部送回输入回路；②判断步骤：a. 正 / 负反馈（瞬时极性法：假设输入信号极性，判断反馈信号对输入的增强 / 削弱，增强为正反馈，削弱为负反馈）；b. 电压 / 电流反馈（短路输出端 $V_O=0$ ，若反馈信号消失则为电压反馈）；c. 串联 / 并联反馈（反馈信号与输入信号在输入回路串联为串联反馈，并联为并联反馈）；③案例练习：判断射极偏置电路中 R_E 的反馈类型（电流串联负反馈）；

负反馈的作用 (30 分钟)：①稳定放大倍数 ($A_f=A/(1+AF)$ ， AF 为环路增益，越大越稳定)；②展宽频带；③改变输入电阻（串联负反馈增大 R_i ，并联负反馈减小 R_i ）；④改变输出电阻（电压负反馈减小 R_o ，电流负反馈增大 R_o ）；

电压比较器与波形发生器 (30 分钟)：①过零比较器：输入接运放反相端，同相端接地， $V_I>0$ 时输出低电平 ($-V_Z$)， $V_I<0$ 时输出高电平 ($+V_Z$)；②滞回比较器：增加正反馈电阻 R_1 、 R_F ，形成滞回特性，避免微小干扰导致输出跳变；③方波 — 三角波发生器：滞回比较器输出方波，经积分电路积分得到三角波，三角波反馈回比较器控制方波跳变。

实验部分 (2 学时)：

实验准备 (20 分钟)：分发运放 (LM324)、稳压管 (5V)、电阻、电容、示波器、直流电源；

电路搭建与测试 (100 分钟)：①搭建过零比较器：输入 1kHz/1V 正弦波，观测输出方波 ($V_I>0$ 时输出 -5V， $V_I<0$ 时输出 +5V)；②搭建方波 — 三角波发生器：连接滞回比较器 ($R_1=10k\Omega$ ， $R_F=20k\Omega$ ， $V_Z=5V$) 与积分电路 ($R_2=10k\Omega$ ， $C=0.1\mu F$)；③参数调节：改变 R_2 阻值（如从 10k Ω 改为 20k Ω ），观察方波频率变化（频率降低）；改变 C 容量（如从 0.1 μF 改为 0.2 μF ），观察三角波幅值变化（幅值增大）；记录不同参数下的波形频率与幅值；

波形分析 (20 分钟)：对比理论计算频率（如 $R_2=10k\Omega$ ， $C=0.1\mu F$ 时 $f\approx 140Hz$ ）与实际测量值，分析偏差原因（如电阻电容误差）。

(3) 总结 (10 分钟)

理论总结：反馈类型判断是核心，负反馈优化放大电路性能，比较器实现信号幅值判断，波形发生器通过“比较 + 积分”产生方波与三角波；

实验总结：方波频率与电阻电容成反比，三角波幅值与方波幅值、积分时间常数相关。

(4) 作业

基础题：判断下图（共射放大电路，从集电极通过 R_F 反馈到基极）的反馈类型；计算过零比较器输入 $V_I=2V$ 时的输出电平（ $V_Z=5V$ ）；

拓展题：已知方波—三角波发生器中 $R_2=15k\Omega$ ， $C=0.01\mu F$ ， $R_1=5k\Omega$ ， $R_3=10k\Omega$ ，计算方波频率。

(5) 反思

反馈类型判断的步骤较复杂，部分学生易混淆“电压/电流反馈”与“串联/并联反馈”，下次课需制作“判断步骤口诀卡”（如“瞬时极性判正负，短路输出判压流，输入连接判串并”）；

实验中积分电路的电容漏电会导致三角波线性度下降，需选择漏电小的电容（如钽电容），培养学生“元件选型影响电路性能”的认知。

第 11 章 课程复习与总结（第 17 周，理论 3 学时，实验 2 学时）

1. 教学课题和内容

课题：《电子电路分析与实践 I》课程知识整合与实验回顾

内容：①核心知识点模块梳理（半导体器件模块：二极管、三极管；电路分析模块：整流滤波、放大电路、反馈电路、稳压电路、比较器与波形发生器；实验操作模块：万用表、示波器、Multisim、电路搭建与测试）；②知识体系关联（如“供电链：整流→滤波→稳压”“信号处理链：差分放大→多级放大→反馈优化→比较器判断”）；③实验重点回顾（常见仪器操作误区、电路故障排查方法、数据记录与分析规范）；④综合练习（典型电路分析题、实验数据处理题）。

2. 教学目标

知识目标：构建完整的课程知识体系，巩固各模块核心知识点，明确知识间的逻辑关联。

能力目标：能综合运用知识点分析复杂电路，能熟练回忆实验操作流程与故障排查方法，能独立完成综合练习题。

素养目标：培养“系统整合、温故知新”的学习习惯，通过综合练习培养“举一反三、灵活应用”的思维能力。

3. 教学重点

核心知识模块的逻辑关联（如二极管→整流电路→滤波电路→稳压电路，三极管→放大电路→反馈电路→多级放大电路）；

实验操作的核心要点（仪器档位选择、电路接线规范、故障排查步骤：断电检查接线→通电测关键点电压→替换可疑元件）。

4. 教学难点

跨模块知识的综合应用（如结合放大电路与反馈电路分析电路性能）；

复杂电路故障的排查（如多级放大电路无输出，需从输入级到输出级逐步检测）。

5. 课程思政

引导学生回顾课程学习历程，总结“从‘元件认知’到‘电路分析’再到‘实验验证’”的学习路径，强调“循序渐进、脚踏实地”的学习态度，培养学生的耐心与毅力；结合物联网行业对电子电路知识的需求，鼓励学生“将课程知识与专业应用结合”，树立“学以致用、服务产业”的目标。

6. 教学方法

理论教学：思维导图法（绘制课程知识体系图）、问答法（通过提问回顾知识点）、综合练习法（讲解典型例题）；

实验教学：案例回顾法（分析实验中典型故障案例）、实操复习法（学生分组快速回顾示波器、万用表操作）。

7. 教学程序

(1) 导入 (20 分钟)

回顾导入：“从第3周学习二极管到第16周学习波形发生器，我们接触了哪些核心元件与电路？它们之间有什么联系？”引出知识整合主题；

目标呈现：明确本节课需完成“知识体系梳理、实验重点回顾、综合练习巩固”三个任务。

(2) 教授 (理论 2 学时 + 实验 2 学时)

理论部分 (2 学时)：

知识体系梳理 (60 分钟)：①半导体器件模块：二极管（单向导电→整流）、三极管（电流放大→放大电路）、运放（高增益→运算/比较）；②电路分析模块：供电电路（整流→滤波→稳压，保障设备供电）、信号处理电路（放大→反馈→比较→波形发生，处理传感器信号）；③用思维导图展示各模块关联（如“传感器信号→差分放大→多级放大→反馈优化→比较器判断→单片机处理”）；

综合例题讲解 (30 分钟)：①电路分析题：分析“整流 + 滤波 + 串联稳压 + 共射放大”综合电路，计算稳压输出电压与放大电路 A_u ；②实验数据题：已知单管放大电路实验数据（输入 10mV，输出 1V，输入电阻 10k Ω ），判断电路性能是否合格，分析可能的失真原因；

学生提问与答疑 (30 分钟)：针对学生提出的“反馈类型判断”“差分电路分析”等难点问题，集中讲解与练习。

实验部分 (2 学时)：

实验重点回顾 (40 分钟)：①仪器操作：快速复习万用表二极管档、示波器交流耦合 / 触发调节、Multisim 元件调用；②故障排查案例：分析“放大电路无输出”（可能原因：R_B 开路、三极管损坏、电源未接好）、“波形失真”（Q 点偏移、输入信号过大）的排查步骤；

分组实操复习 (60 分钟)：①第一组：用万用表检测三极管类型与好坏；②第二组：用示波器观测正弦波幅值与频率；③第三组：在 Multisim 中绘制共射放大电路并观测波形；各组轮换操作，教师巡视指导；

实验总结 (20 分钟)：各小组分享复习中发现的问题（如示波器触发不稳定），教师总结“实验操作的核心是‘规范’与‘耐心’”。

(3) 总结 (20 分钟)

知识总结：重申课程知识体系（元件→电路→应用），强调“供电电路与信号处理电路是物联网设备的两大核心”；

学习建议：建议学生通过“绘制知识导图”“重做典型实验”“做综合练习题”三种方式巩固知识，为后续课程（如《物联网电路设计》）奠定基础。

(4) 作业

综合题：绘制“物联网传感器节点的电子电路框图”，标注各部分电路（如供电、信号放大、信号比较），并说明各部分的核心元件与功能；

复习任务：整理各章节错题，重点复习反馈类型判断、静态工作点计算、稳压电路分析三个难点。

(5) 反思

复习中发现学生对“跨模块综合电路”的分析能力较弱，需在后续课程中增加综合电路设计与分析的练习；

可提供“课程知识手册”（含核心公式、电路图、实验步骤），方便学生后续复习查阅。

第 12 章 复习与实验考核（第 18 周，理论 3 学时，实验 2 学时）

1. 教学课题和内容

课题：课程重点复习与实验操作考核

内容：①课程重点难点针对性复习（反馈类型判断、放大电路静态/动态分析、稳压电路性能指标、运放运算电路计算）；②实验考核内容与要求说明（考核项目：万用表检测三极管、示波器观测放大电路波形、串联稳压电路性能测试；考核标准：操作规范、数据准确、故障排查、报告完整）；③实验考核（分组进行，每人考核 1 项核心操作）；④考核总结与反馈。

2. 教学目标

知识目标：巩固课程重点难点知识，明确实验考核标准与要求。

能力目标：能熟练完成考核范围内的实验操作，能准确记录实验数据并撰写简要报告，能应对考核中的简单故障。

素养目标：培养“沉着应对考核、规范完成操作”的心理素质，通过考核反馈培养“发现不足、持续改进”的意识。

3. 教学重点

实验考核项目的操作流程（如万用表检测三极管：确定引脚→区分类型→判断好坏）；

考核评分标准（操作规范性 30%、数据准确性 30%、故障排查 20%、报告完整性 20%）。

4. 教学难点

考核中的突发故障处理（如仪器接触不良、元件损坏，需快速判断并解决）；

高压下的规范操作（如串联稳压电路输入电压 12V，避免短路）。

5. 课程思政

考核前强调“诚信操作、真实记录”，讲解“实验数据造假会导致后续工程设计失误”，培养学生的诚信品质与责任意识；

鼓励学生“将考核视为对学习成果的检验，而非压力”，引导学生树立“重视过程、正视结果”的正确态度。

6. 教学方法

理论教学：重点突破法（针对高频错题与难点集中复习）、标准讲解法（明确考核评分标准）；

实验教学：考核法（分组进行实操考核）、现场点评法（教师现场评分并指出问题）。

7. 教学程序

(1) 导入 (15 分钟)

考核导入：“本节课进行实验考核，考核内容是我们之前反复练习的核心操作，重点考察‘规范’与‘准确’，希望大家沉着应对。”

标准说明：解读考核项目（3选1：①三极管检测；②放大电路波形观测；③稳压电路测试）、评分标准与时间限制（每项操作20分钟，含5分钟报告撰写）。

(2) 教授与考核 (理论 1 学时 + 实验 2 学时)

重点复习（1学时）：

难点突破（30分钟）：①反馈类型判断：以“共射放大电路+集电极反馈电阻”为例，带领学生按步骤判断（瞬时极性法判负反馈，短路输出判电压反馈，输入并联判并联反馈→电压并联负反馈）；②放大电路Q点计算：以射极偏置电路为例，快速复习计算公式；③稳压系数计算：回顾串联稳压电路中 $S=\Delta V_O/\Delta V_I$ 的计算方法；

考核注意事项（30分钟）：①操作安全：通电前检查接线，避免短路；②仪器使用：万用表档位选择正确，示波器触发稳定；③数据记录：保留原始数据，不涂改；④故障处理：若电路无输出，先断电检查接线，再替换可疑元件（如三极管）。

实验考核（2学时）：

分组安排（10分钟）：将学生分为3组，每组对应1个考核项目，考核后轮换（共3轮，每轮20分钟）；

现场考核（100分钟）：①学生操作：按考核要求完成操作（如三极管检测需记录引脚、类型、好坏；放大电路观测需记录输入/输出波形幅值）；②教师评分：现场观察操作规范性，检查数据准确性，提问简单故障排查问题（如“放大电路无输出，先检查什么？”）；③报告撰写：学生填写简要实验报告（含操作步骤、数据、结论）；

考核反馈（10分钟）：每组考核结束后，教师简要点评共性问题（如“示波器探头未接地导致波形干扰”“三极管引脚判断错误”）。

(3) 总结 (15 分钟)

考核总结：肯定学生在考核中的规范操作与认真态度，指出普遍存在的问题（如故障排查不够快速、报告细节不完整）；

课程总结：回顾《电子电路分析与实践 I》的学习历程，强调“电子电路是物联网专业的基础，后续课程需持续巩固”，鼓励学生课后查漏补缺。

(4) 作业

考核反思：撰写“实验考核反思报告”，总结自己在考核中的优点与不足，提出后续改进计划；

预习任务：预习《物联网电路设计》课程中的“单片机接口电路”，了解电子电路与单片机的结合应用。

(5) 反思

考核中发现部分学生对“突发故障”的应对能力较弱，后续教学中需增加“随机故障模拟”练习；可建立“实验操作技能档案”，记录学生各实验的表现，为后续个性化辅导提供依据。