

工科数学与模拟电子技术课程融合的教学改革探索

徐鑫, 陈柏城, 赖浩杰

东莞理工学院法国国立工艺学院联合学院, 广东 东莞

收稿日期: 2026年6月1日; 录用日期: 2026年6月28日; 发布日期: 2026年7月6日

摘要

在电子信息与集成电路类专业中, 工科数学课程与模拟电子技术课程在课程体系上呈现“基础-应用”的递进关系, 然而实际教学实践中二者往往相对独立, 学生难以实现从数学知识到工程问题的有效迁移。本文分析了当前教学中数学与专业课程脱节的具体表现, 基于教学内容衔接、案例驱动、双向知识强化等维度提出了融合式教学改革策略, 并结合教学实践讨论了初步成效。教学实践表明, 以典型工程问题作为中介纽带贯通课程壁垒, 有助于提升学生的建模能力与系统分析能力, 对培养高素质工程人才具有现实意义。

关键词

工科数学, 模拟电子技术, 课程融合, 教学改革, 工程建模

Exploration of Teaching Reform Integrating Engineering Mathematics with Analog Electronic Technology Courses

Xin Xu, Baicheng Chen, Haojie Lai

DGUT-CNAM Institute, Dongguan University of Technology, Dongguan Guangdong

Received: June 1, 2026; accepted: June 28, 2026; published: July 6, 2026

Abstract

In electronic information and integrated circuit-related majors, engineering mathematics courses and analog electronic technology courses exhibit a progressive “foundation-application” relationship within the curriculum system. However, in actual teaching practice, the two are often taught relatively

independently, making it difficult for students to effectively transfer mathematical knowledge to engineering problems. This paper analyzes the specific manifestations of the disconnection between mathematics and professional courses in current teaching. Based on dimensions such as the articulation of teaching content, case-driven instruction, and bidirectional knowledge reinforcement, it proposes integrated teaching reform strategies and discusses their preliminary effects in combination with teaching practice. The teaching practice shows that using typical engineering problems as an intermediary link to bridge course barriers helps improve students' modeling ability and system analysis ability, and has practical significance for cultivating high-quality engineering talents.

Keywords

Engineering Mathematics, Analog Electronic Technology, Course Integration, Teaching Reform, Engineering Modeling

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在电子信息与集成电路类专业的人才培养体系中，数学课程承担着基础支撑的重要角色。概率论与数理统计、复变函数与积分变换、离散数学这三门课程，为后续专业学习提供了必要的分析工具。模拟电子技术作为专业核心课，直接面向电路分析、系统设计与工程实践。从课程体系上看，两者存在明确的“基础-应用”递进关系，但在实际教学中，这种关系往往仅停留于形式层面的前后衔接，尚未实现知识层面的实质贯通。

近年来，国内学者开始探索数学与专业课程的融合路径。肖涛等[1]提出在复变函数教学中引入工程案例，华杰等[2]强调傅里叶变换的工程背景渗透，蒙忠传等[3]探讨了概率论与数理统计的混合式教学改革。然而，现有研究多聚焦于单一数学课程的局部改进，较少系统性地打通多门数学课程与一门专业核心课程之间的双向知识联结。在课程整合与知识迁移的理论基础方面，已有研究指出，跨课程的知识割裂是工程教育中的普遍难题[4]。情境学习理论强调，知识应在真实的实践情境中习得，否则难以激发学习者的迁移能力[5]。有学者进一步区分了“低路迁移”（相似情境间的自动迁移）与“高路迁移”（需有意识抽象与建模的迁移），后者在工程问题求解中尤为关键[6]。基于问题的学习模式则主张以复杂、真实的问题为驱动，促使学生整合多学科知识[7]。本研究正是基于情境学习理论与高路迁移理论，设计“以工程问题为纽带、双向知识强化”的融合教学策略，尝试在工科数学与模拟电子技术之间建立可操作的知识贯通机制。

教学观察表明：学生在学习模拟电子技术时，遇到频率响应分析、稳定性判定、噪声评估等问题，虽然之前在数学课上学过傅里叶变换、拉普拉斯变换、概率分布等知识，却不知如何运用，或者只会套公式，不理解其中的物理含义。例如，在讲解放大器的频率响应时，需运用拉普拉斯变换推导传递函数，学生对复变量 s 的物理意义感到困惑；在讲解反馈系统的稳定性时，需判断极点在左半平面还是右半平面，学生难以理解该判断的工程内涵。反观数学课堂，学生亦常质疑数学知识的工程用途。有学生在课后反馈，认为傅里叶变换仅停留在积分计算层面。这种双向困惑反映出课程之间缺乏实质性联系的结构性问题。

随着新工科建设和集成电路产业发展,工程教育越来越关注复杂问题的建模能力、跨学科整合能力以及对分析结果的解释能力。企业招聘时也不再满足于学生掌握了一些孤立的知识点,而是希望他们能够用所学知识解决实际问题。模拟电子技术中的许多核心内容——电路的频率特性、反馈系统的稳定性、器件的噪声模型、功率放大器的效率分析——本质上都依赖数学工具的支撑。如果学生仅停留在套用公式层面,遇到稍微变化一点的问题就束手无策,很难形成系统性的分析能力。因此,从课程体系层面推动工科数学与模拟电子技术的深度融合,并非可有可无的补充,而是切实提高人才培养质量必须面对的问题。

2. 教学中的割裂现象及原因分析

(一) 数学课程重理论轻应用, 工程背景缺失

以复变函数与积分变换为例。这门课讲授傅里叶变换时,通常侧重于定义、性质和常用变换对,教师往往将大量课时用于公式推导与定理证明。教材上的例题也多半是求某个函数的傅里叶变换,或者验证某个变换性质,很少涉及实际的工程场景。至于为何要将时域信号转换到频域,频域分析在放大电路频率响应中的具体作用,通常仅简略提及,甚至完全省略。学生学完后仅知其公式,却不清楚其与后续模拟电子技术课程的关联。待学习模拟电子技术时,教师引入电路的频率响应分析,学生难以建立两者之间的联系。

概率论与数理统计也存在类似问题。随机变量的分布、期望、方差等概念的讲授细致入微,例题多限于抽球、掷骰子、产品合格率等情境。但到了模拟电子技术中学习电阻热噪声、晶体管散粒噪声时,很少有学生能把噪声的统计特性与之前学过的正态分布、功率谱密度联系起来。当教师提出诸如“热噪声电压的均方根值如何计算”这一类问题时,学生难以意识到相应的计算式正是概率论中方差概念的直接应用。离散数学与模拟电路的直接交叉点较少,容易被师生双方忽视。文献[8]虽探讨了离散数学教学改革,但主要面向数字电路,本研究亦在逻辑代数与图论部分做了衔接尝试(详见后文)。

此外,数学课程与专业课程之间的符号不一致问题给学生造成额外认知负担。例如,数学课中以 i 表示虚数单位,电路课中为避免与电流混淆而改用 j 表示虚数单位。此变化虽小,但对基础薄弱的学生而言,构成又一适应门槛。

(二) 专业课程预设学生已具备知识迁移能力

模拟电子技术课程的教师在讲解传递函数、波特图、稳定性判据等内容时,往往预设学生已具备知识迁移能力,已经熟练掌握拉普拉斯变换、复数的极坐标表示、零极点分析等数学工具。但实际情况是,不少学生对这些数学概念仅存模糊印象,对其具体应用方法和适用缘由缺乏理解。教师自认为从数学推导到电路分析的逻辑连贯清晰,但学生的学习进程可能出现脱节。

由此产生一种困境:专业课教师不得不占用课时补充数学知识。在讲解传递函数之前复习拉普拉斯变换的定义与基本性质,在讲解频率响应之前解释复数的表示方法及其模与辐角含义。长此以往,原本有限的课时资源被进一步压缩。且专业课教师补充数学知识的效果往往不佳,学生可能产生认知偏差。

(三) 课程之间缺乏沟通与协同

数学课教师和专业课教师彼此之间缺乏教学协同,很少就教学内容进行沟通。数学老师不了解专业课需要的数学工具和教学重点,只能依照数学课程的内在逻辑推进教学。专业课教师也不清楚数学课讲授进度、深度以及学生的掌握情况,只能按照自己的判断去补缺。这种各自为政的状态,不利于学生构建系统化的知识结构。

更深层的原因是考核机制的分离。数学课程考核数学知识,专业课程考核专业知识,两者之间无交叉。学生很快意识到:数学成绩不影响专业课成绩,专业课成绩亦无需扎实的数学基础。这种考核导向

客观上强化了“学科分立”的认知。

(四) 教材内容缺乏横向呼应

目前的教材体系也是造成割裂的一个因素。数学教材很少提及数学知识在后续专业课程中的具体应用。专业教材则预设学生已经掌握了所需的数学工具，对解释物理现象的繁琐的数学推导过程，不予解释。最终，数学教材不谈应用，专业教材不释数学，学生不得不在缺乏指导的情况下自行建立知识联结，部分学生能够成功贯通，而另一部分则长期处于认知模糊状态。

3. 融合式教学改革策略

针对上述问题，本研究基于情境学习理论[5]与高路迁移理论[6]，设计了“以工程问题为纽带、双向知识强化”的融合教学策略。具体而言，通过将工程真实情境嵌入数学课堂(情境学习)，并引导学生在专业课程中有意识地调用数学工具进行建模与解释(高路迁移)，尝试打通两门课程之间的知识壁垒。近两年的教学实践中，主要围绕以下措施展开。

(一) 在数学课程中嵌入工程案例

复变函数与积分变换课程：讲授傅里叶变换时，增加一个关于 RC 低通滤波器频率响应的案例。具体做法是：先给出一个简单的一阶 RC 电路，输入一个正弦信号 $v_i(t) = V_m \sin(\omega t)$ ，让学生计算稳态输出 $V_o(t)$ 。这个过程只用到了复数和欧拉公式，学生能够有效理解。然后引出频率响应的概念——输出与输入的幅值比和相位差如何随频率变化。进一步提出问题：若输入信号为非单一频率的正弦波(如方波、三角波或实际语音信号)，应如何分析？学生自然联想到将信号分解为不同频率成分的叠加，而这正是傅里叶变换的本质功能。通过此案例，学生既理解了傅里叶变换的工程意义(将复杂信号分解为简单频率成分的叠加)，也为后续模拟电子技术课程学习频率响应奠定了基础。

概率论课程：讲授正态分布时，引入电阻热噪声的例子。首先介绍基本事实：任何电阻两端均会产生随机热噪声电压，该现象源于电子热运动，无法消除只能减小。继而说明：热噪声电压的瞬时值服从正态分布，其方差与电阻值、绝对温度及带宽成正比。借此复习方差含义——描述随机变量偏离均值的程度，对应噪声即为“噪声电压的起伏幅度”。进一步解释电路设计中限制带宽的原因：带宽越大，噪声方差越大，信噪比越差。该实例帮助学生将抽象的分布概念与具体的电子器件相联系，相较于脱离工程背景的统计案例，更契合专业培养目标。

离散数学课程：虽然与模拟电路直接关联较少，但在讲解逻辑代数时，可提及数字电路中的逻辑门实现(与门、或门、非门如何用晶体管搭建)，为后续数字电子技术课程做衔接。同时，图论中的最短路径算法可延伸至 PCB 布线中的走线优化问题——在复杂电路板上寻找两个引脚之间的最短连线路径并避开障碍物，本质上是一个图论问题。这些内容虽不直接服务于模拟电子技术，但有助于拓展学生的工程视野，使其认识离散数学在电子工程中的多元应用[8]。

(二) 在专业课程中反向强化数学逻辑

传递函数与频率响应部分：采用“先回顾、再应用”的教学策略。具体操作：利用半课时时间带领学生回顾拉普拉斯变换的基本概念——复频率 s 的定义、拉普拉斯变换与傅里叶变换的关系、常见变换对。随后重点讲解共射放大电路的高频响应案例：从电路图出发，画出小信号等效模型，列写节点电压方程，整理得到传递函数 $A_v(s)$ ，分析传递函数中零点与极点对应的物理意义(零点多源于输入回路的高频特性，极点决定增益下降的转折频率)，最后根据极点位置判断-3 dB 带宽与稳定性。通过此过程，学生认识到数学公式是描述电路行为最简洁精确的语言，若无拉普拉斯变换，高频响应分析将极为繁琐。

噪声分析部分：先利用二十分钟复习概率论中随机变量、方差、功率谱密度的概念。然后结合电阻热噪声公式 $v_n^2 = 4 kTR\Delta f$ ，阐释三个层面的含义：第一，系数 $4 kTR$ 源自统计物理推导，体现了温度 T

和电阻 R 的影响；第二，与带宽 Δf 成正比，说明噪声在各频率上均有分量，带宽越宽累积噪声功率越大；第三，该公式对电路设计的工程指导价值——降低噪声可通过降温、减小电阻、限制带宽实现。如此，学生不仅记住公式，更理解其背后的物理逻辑与工程应用。

(三) 建立联合教研机制

数学教师与专业课教师定期举行联合教研活动，梳理两门课程之间的知识点对应关系。学期初召开碰头会，共同审阅教学大纲，标注交叉知识点。例如，明确复变函数课程中哪些内容(傅里叶变换、拉普拉斯变换、留数定理)为模拟电子技术课程所必需，这些内容在数学课上需讲授至何种程度，是否需要补充工程应用讲解。反之，模拟电子技术课程在何时会用到这些数学工具，是否需要数学教师提供补充材料或习题支持。

经过多次沟通，形成以下共识：复变函数课程适当加强傅里叶变换与拉普拉斯变换的工程应用部分，增加一至两个电路相关例题；模拟电子技术课程则在讲授频率响应之前，提前一周告知学生需复习的数学内容，并通过在线平台布置若干复习题以帮助学生温故知新。尽管操作层面较为简便，但实际教学效果显著，学生不再认为两门课程毫无关联。

(四) 设计跨课程的小型项目

在学期中段，尝试布置一些同时涉及数学和电路知识的小型项目。以下是两个比较成熟的项目案例：

项目一：RC 滤波器设计与频率响应分析。题目要求：设计一个 RC 低通滤波器，给定截止频率 $f_c = 1 \text{ kHz}$ ，负载电阻 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 。学生需要：(1) 选择合适的电阻和电容值；(2) 用拉普拉斯变换推导传递函数 $H(s)$ ；(3) 计算滤波器的幅频响应和相频响应，画出波特图；(4) 用 Multisim 或 LTspice 仿真验证计算结果；(5) 撰写简要报告，说明设计思路和结果。这个任务需要的数学知识不多，但能让学生完整地经历从数学建模到电路设计再到仿真验证的过程。

项目二：音频信号的频谱分析与去噪。题目要求：采集一段带噪声的音频信号(可以是教师提供的，也可以是自己录制的)，用 MATLAB 或 Python 完成以下操作：(1) 读取音频文件，绘制时域波形；(2) 用 FFT 计算频谱，绘制幅度谱和相位谱；(3) 根据频谱特征设计一个简单的滤波器(如低通、高通或带通)，滤除噪声成分；(4) 用逆变换恢复时域信号，播放去噪前后的音频进行对比；(5) 分析去噪效果，讨论滤波器参数对结果的影响。这个项目难度稍大，需要学生同时运用傅里叶变换知识和基本的编程能力，但学生普遍反馈收获显著。

(五) 调整考核方式，增加融合型题目

传统的考试中，数学课考数学题，专业课考电路题，两不相干。这种考核导向在很大程度上强化了学科壁垒。我们尝试在两个课程的考试中适当增加融合型题目。具体做法是：

数学课考试：增加一道“工程应用题”，给出一个简单的电路场景，要求学生运用所学数学工具进行分析。例如：给出一个 RC 电路的传递函数，要求写出其幅频响应表达式，并计算截止频率。这道题考查的是傅里叶变换的应用，但涉及的是电路知识，学生需要把两个课程的内容串起来。

专业课考试：适当减少纯记忆性题目，增加需要数学推导的题目。例如：给出一个放大电路的等效模型，要求学生写出传递函数、判断稳定性、计算带宽等。这类题目考查的是专业能力，但完成的前提是掌握相关的数学工具。

这种考核方式的调整虽然幅度不大，但传递了一个明确的信号：数学和专业并非不相干的两件事，而是互相支撑的。学生在复习备考时，自然会有意识地建立两门课之间的联系。

4. 初步实践效果与反思

上述改革措施在本校电子与信息工程专业两个年级的试点班中进行了初步实施。从期末成绩看，试

点班学生在模拟电子技术课程中涉及数学推导部分的题目得分率比对照班高出约 12 个百分点。该结果与情境学习理论的核心预期一致——当数学知识在真实工程问题情境中呈现时，学生的知识保持与迁移效率显著提升[5]。同时，学生在课程设计中的学习主动性显著增强，遇到分析问题时更倾向于尝试运用数学工具进行描述与求解，而非直接寻求现成答案。这在一定程度上验证了高路迁移策略的有效性[6]。与已有研究相比，本研究的贡献在于：不同于单一数学课程的案例点缀[1][2]，本研究通过联合教研、跨课程项目、双向考核等系统性设计，初步实现了数学与专业课程之间的双向知识强化。

(一) 研究局限性

本研究的实施存在若干局限，需在解释结论时加以审慎考虑。

1) **样本局限性**。改革实践仅在两个试点班级中进行，样本规模较小，且未进行跨年级、跨专业的重复验证，统计结论的外推效度有限。

2) **实施周期较短**。每门课程的改革仅持续一个学期，尚未追踪学生在后续课程(如高频电子线路、通信原理)中的长期知识保持与迁移效果。

3) **教师投入依赖较高**。联合教研、跨课程项目设计等环节需要数学与专业课教师在常规教学之外投入大量额外时间，目前缺乏制度化的课时补贴或工作量认定机制，可持续性面临挑战。

4) **考核调整幅度有限**。融合型题目仅占期末考试总分的 10%~15%，尚未从根本上改变以学科为中心的评价导向。

(二) 推广性讨论与前瞻性建议

基于上述局限，本研究的结论更适用于同类型地方高校的电子信息类专业，且需要具备以下条件：数学与专业课教师有协同意愿、班级规模适中(≤ 50 人)、课程大纲存在明确的知识交叉点。对于希望采纳该模式的其他课程或学校，提出以下前瞻性建议：

1) **向其他课程对推广**。该模式可尝试迁移至“大学物理”与“电路分析”之间(如电磁学与基尔霍夫定律的关联)，或“信号与系统”与“通信原理”之间(如傅里叶变换与调制解调)。建议从单一知识模块(如 RC 电路频率响应)入手，形成可复用的教学案例库，再逐步扩展。

2) **向不同类型学校推广的调整策略**。对于研究型大学，可增加跨课程项目的开放性，鼓励学生自主提出工程问题并建模；对于应用型高职院校，可降低数学推导深度，侧重数学工具在电路仿真(如 Multisim、LTspice)中的操作与结果解释。

3) **制度保障建议**。学校层面应将跨课程联合教研纳入基层教学组织(如教研室、课程组)的常规活动，提供课时补贴或教研项目经费支持，并将融合型教学成果纳入教师职称评审的业绩认定范围，以降低对教师个人热情的过度依赖。

5. 结语

工科数学与模拟电子技术的融合是要在课程体系层面打通知识之间的联系，帮助学生建立从数学建模到工程应用的完整认知链条。本文的探索仍属初步，尚有若干细节有待完善：工程案例的选取需要更加精炼，跨课程项目的难度需要更合理的设计，教师之间的协同需要更稳定的制度保障。

可以确定的是，只有当学生真正理解数学工具的来源、适用条件及其工程意义时，才可能具备解决复杂工程问题的能力。若数学课程与专业课程始终各自为政，则无论各门课程的讲授质量如何，学生获得的都将是碎片化的知识结构，难以形成系统性的分析能力。希望上述初步探索能为同行提供一定参考，也期待更多教学研究者参与到此类跨课程融合的教学改革探索中。

基金项目

2025 年东莞理工学院校级质量工程，高等教育教学改革项目——面向工程问题驱动的“数学 - 电路”

一体化教学模式研究(项目编号: 202502031)。

参考文献

- [1] 肖涛, 张丽娜, 郑亚勤. 工科专业“复变函数与积分变换”课程教学改革探讨[J]. 河北农业大学学报(农林教育版), 2016, 18(5): 67-70.
- [2] 华杰, 董贺, 汪玉海, 等. 复变函数与积分变换课程教学方法[J]. 高师理科学刊, 2022, 42(9): 67-69+74.
- [3] 蒙忠传, 黄敢基, 冯海珊. 概率论与数理统计混合式教学探索与实践[J]. 科教导刊, 2024(36): 83-85.
- [4] Litzinger, T.A., Lattuca, L.R., Hadgraft, R.G. and Newstetter, W. (2011) Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of Engineering Education*, **100**, 123-150. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00006.x>
- [5] Lave, J. and Wenger, E. (1991) *Situated Learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355>
- [6] Perkins, D.N. and Salomon, G. (1988) Teaching for Transfer. *Educational Leadership*, **46**, 22-32.
- [7] Barrows, H.S. (1986) A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education*, **20**, 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- [8] 李士生, 陈仁霞, 冯琪. 基于学生综合能力提升的离散数学教学改革探讨[J]. 内江科技, 2022, 43(9): 118-119+121.