

# 计算机类专业信号与系统课程教学探索\*

戴智明 郑慧诚

中山大学计算机学院, 广州, 510006

**摘要** 本文针对信号与系统课程特点, 讨论了面向计算机类专业信号与系统课程现状以及存在的问题, 探索优化教学方法和内容, 有助于学生提高学习兴趣和高效理解课程内容。

**关键字** 信号与系统, 计算机类专业, 教学思考

## Thoughts on Teaching of Signals and Systems for Computer Science

Zhiming Dai

School of Computer Science & Engineering  
Sun Yat-sen University  
Guangzhou 510006, China  
daizhim@mail.sysu.edu.cn

Huicheng Zheng

School of Information Science and Technology  
Sun Yat-sen University  
Guangzhou 510006, China  
zhenghch@mail.sysu.edu.cn

**Abstract**—According to the characteristics of the signals and systems course, this paper discusses the current situation and existing problems of this course for computer science, and explores and optimizes the teaching methods and contents, which will help students improve their interest in learning and effectively understand the course contents.

**Key words**—Signals and systems, computer science, thoughts on teaching

### 1 引言

信号与系统是大学本科电子信息类专业的一门重要基础理论课程<sup>[1]</sup>。它以高等数学、大学物理、电路分析为基础课程, 同时也是通信原理、数字信号处理、图像处理的先修课程。这门课程以信号和线性非时变系统为研究对象, 围绕信号与系统两者在时域、频域和复频域上展开, 使学生掌握信号的傅里叶变换、拉普拉斯变换、z 变换等理论, 掌握线性非时变系统的分析方法, 掌握分析和解决实际应用问题的方法。国内已有很多探索这门课程教学改革的研究, 主要聚焦教学方法改革<sup>[2-6]</sup>, 加强理论与实践结合<sup>[7-9]</sup>, 培养学生创新能力<sup>[10, 11]</sup>。随着信号与系统相关理论应用领域的不断扩展, 信号与系统课程也从面向单一的电信号与系统分析扩展到非电信号与系统分析, 与计算机结合日趋紧密, 近年逐渐成为不少高校计算机类专业的必修课程<sup>[12]</sup>。

由于计算机类专业往往没有开设电子信息类的部分基础课程(例如电路分析), 而目前的信号与系统教

材一般都涉及这些基础课程的知识, 因此不少计算机类学生反映信号与系统课程涉及的知识点较为抽象, 不容易理解<sup>[13]</sup>。往往有不少学生死记硬背公式, 即使考试取得了不错的成绩, 也对公式的意义不甚理解, 甚至考完试就把公式忘记了。面向计算机类专业, 如何合理规划信号与系统课程内容、调动学生学习积极性、提升教学效果, 是授课教师需要探索的问题<sup>[14, 15]</sup>。

### 2 课程现状

作者所在的中山大学计算机学院, 信号与系统课程之前是计算机类专业的选修课, 随着“厚基础、宽口径”教育理念的逐步深化, 从2021学年开始, 已调整为专业核心必修课, 在大二下学期开设, 总学时数是54学时, 全部为理论学时。根据实际教学情况, 该课程现状如下:

(1) 没有专门面向计算机类专业的信号与系统教材。目前主流教材主要是面向电子信息类专业, 分别是高等教育出版社出版的郑君里等编写的《信号与系统(第三版)》和电子工业出版社出版的 Alan V. Oppenheim 等编写的《信号与系统(第二版)(英文版)》。这两本教材覆盖的知识点比较全面, 并注重实例分析, 然而, 这些实例有相当一部分是以电子信息

\*基金资助: 本文得到2021年第一批教育部产学研合作协同育人项目“《信号与系统》课程虚拟仿真资源建设”与2021年中山大学校级课程建设项目(线下课程)“信号与系统”资助。

工程作为背景(表1列出了《信号与系统(第三版)》的应用实例),计算机类专业学生普遍对此比较陌生。因此,设计有助于计算机类学生理解的实例,是教学中亟待解决的问题。

表1 《信号与系统(第三版)》应用实例

知识点	应用实例
卷积	通信系统多径失真的消除
连续傅里叶变换	雷达测距原理、雷达信号的频谱、通信系统
拉普拉斯变换	分析电路
离散傅里叶变换	OFDM 通信系统
模拟与数字滤波器	RC 有源滤波器、开关电容滤波器

(2) 课程没有专门的课堂实验学时。由于计算机类专业课程比较多,受学时限制,信号与系统课程并没有开设实验课。该课程是一门原理和应用紧密结合的课程,其理论与实践同样重要。上机实验对透彻理解及熟练运用课程的知识点十分重要。由于部分知识点较为抽象,仿真实验可以使学生通过亲自编写程序代码,加深对公式的理解;通过调节不同参数观察仿真实验的输出结果,对比实验结果,更直观形象理解知识点的意义。因此,设计有针对性的课后上机实验作业,是提升教学效果的一个重要环节,有助于培养学生独立思考能力和创新能力。

(3) 学生易于片面注重数学运算和推导,忽略了其蕴含的物理意义与工程意义。数学运算往往占据了主流信号与系统教材的大量篇幅,因此学生往往把精力放在了公式的推导上,而忽略了公式所表示信号与系统的性质。这样使得公式变成无源之泉,在学生的脑海里可能也只是过眼云烟。

### 3 教学探索

要从根本上解决上述提到的三个问题,授课教师需要面向计算机类专业学生优化信号与系统课程教学方法和内容,着力提高学生兴趣,加深学生对知识点的理解,加强学生使用理论知识解决实际应用问题的能力。本文作者为此进行了如下探索(图1):

(1) 引入面向计算机类专业的应用实例。本专业部分知识点较为抽象,结合计算机类专业学生熟悉的应用场景进行讲解有助于学生理解。我们主要选取音频和图像处理场景,并结合前沿技术,激发学生学习兴趣。

例如,信号的频谱是一个重要的基本概念,是理解后续知识点的重要基础,往常有不少学生反映这个概念不好理解。在频谱教学中引入了语音信号和图像为例子,展示了这两类常见信号的频谱:1、通过分析高音歌唱家和低音歌唱家的歌声,展示各自频谱的差别;2、通过分析图像频谱,使学生理解图像的高频和

低频对应图像的哪方面特征。根据课后反馈,学生普遍对频谱有了更直观的认识。

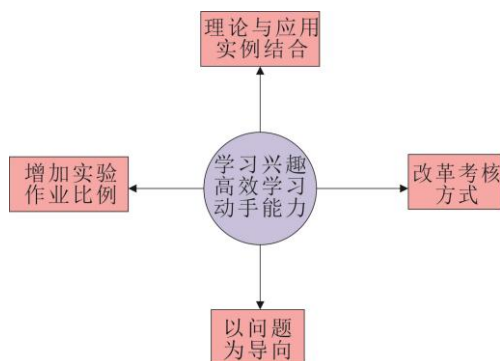


图1 教学探索

连续时间傅里叶变换性质是学习难点,如时移性质、时间与频率的尺度变换等。为了能让学生更好地理解这些性质的数学式子,我们引入了语音信号作为实例。通过对语音信号在时域上进行处理,例如时移和压缩等,观察处理前后信号的频谱变化。通过这些演示,可以让学生能更容易理解连续时间傅里叶变换性质。

再如,卷积是本课程的一个教学难点。往常在教学中使用动态图演示两个信号进行卷积运算的全过程,学生在课后虽然能了解卷积的运算步骤,并能较好完成关于信号卷积运算的作业。然而,学生不明白卷积的意义,难以理解其在实际工程中的用途。考虑到卷积神经网络的卷积运算与本课程的卷积运算具有较高的相似性,而且内容比较前沿。在教学中引入了卷积核对图像进行卷积的动态图,演示了不同的卷积核可以提取图像的不同特征,使学生了解卷积运算在实际工程的应用意义。

(2) 增加课外上机作业比例。由于本课程没有设置实验课,往常本课程的作业以书面作业为主,一学期的上机作业只有一到两次。授课教师把课外上机作业的次数提高到5次左右。本课程使用软件MATLAB进行仿真实验,该软件具有较好的可视化功能。学生动手使用MATLAB软件对理论知识点进行仿真,使原本抽象的知识和概念具体生动表现出来,有助于加深对知识点的理解,激发学习兴趣和热情,提高科学计算的编程能力。上机作业针对往届学生反馈的不好理解的知识点进行设计。上机作业内容主要包括以下方面(表2):利用卷积和求离散系统的响应,了解傅里叶变换的MATLAB实现方法,了解傅里叶变换的性质,观察、分析线性时不变系统的时域特性、频率特性、输出响应,实现信号的采样和恢复在时域和频域上的变化。这些上机实验大部分对应课程前期的知识点,完成这些实验可以为课程后期的学习打下良好的基础。另外,为了提高学生的学习兴趣,还设计了趣味实验,让学

生使用低通和高通滤波器分别处理两幅图片，再把处理后的图片进行合成。不少学生除了完成指定的黑白图片外，还自行找了其它彩色图片进行处理，可见他们对该实验的兴趣很高。上述改革方案在中山大学计算机学院 2020 级计算机科学与技术（系统方向）专业和信息与计算科学专业实施后，取得了较好的效果，全班 52 人不仅都熟练掌握了 MATLAB，而且有三分之一的学生积极对实验内容进行了扩展，探索实验要求以外的问题。

表 2 上机作业内容

作业序号	内容
1	MATLAB 的基本使用
2	利用 MATLAB 实现两个离散序列的卷积和，利用卷积和求离散系统的响应
3	利用 MATLAB 实现傅里叶变换，实现傅里叶变换的性质和常见信号的傅里叶变换，分析 LTI 系统的频域特性和输出响应
4	利用 MATLAB 实现连续时间信号的采样和重建，观察频谱的变化
5	使用傅里叶变换完成图像合成

为了不加重学生的作业负担，在增加上机作业的同时，减少书面作业的数量，但减量不减质，不搞题海战术，考查同个知识点的题目不重复布置。及时对书面作业进行评讲，使得学生能及时对错题进行总结。

由于平时作业形式发生了改变，随之也改革课程的考核方式。新的考核方式更加全面和合理，包括：随堂测试、书面作业、上机作业以及期末考试（表 3）。随堂测试和书面作业引导学生能及时对上课内容进行复习，通过书面练习和测试消化学到的知识点，能对自己的学习查缺补漏。上机作业引导学生通过编程实现知识点，更直观深入理解知识点，有助于消化所学知识。期末考试注重考察学生对知识的理解，淡化死记硬背和大量计算，常用公式都会在试卷上列出供参考，计算不需要用计算器也可完成。

表 3 考核方式及比重

考核方式	随堂测试	书面作业	上机作业	期末考试
所占比重	10%	15%	15%	60%

(3) 注重数学公式推导，以理解和应用为引导的公式学习。本课程有大量的公式，往常学生反映学习这些公式既枯燥又抽象。我们逐渐把应用融入到公式教学中，即在课堂上详细讲解大部分的公式推导，随即以具体的信号或系统实例演示公式的使用场景。这种理论与应用结合的教学方法有助于提高学生学习公式的效率。而且有相当一部分公式在后续章节也会涉

及，届时再对这些公式进行回顾，以此加深学生对这些公式的理解。

本课程虽然涉及大量公式，但是这些公式都有一条主线：信号与系统的时域、频域和复频域表示。在大部分公式的教学中，应向学生讲解所学公式与这条主线的关系，使学生在这条主线的框架下更透彻理解公式的意义。在教学方法上，可以使用对比教学法讲解公式，例如连续时间傅里叶变换和离散时间傅里叶变换之间较大的相似性，可以通过比较它们概念、性质的联系和区别进行教学。

为了激发学生的兴趣，我们以问题为切入点引起他们的思考，发挥他们的主观能动性。例如，在讲解拉普拉斯变换概念时，循序渐进询问学生一系列问题：“是否任何连续时间信号都有傅里叶变换？”“如果某个信号不存在傅里叶变换，可以怎样分析它的频谱？”“如果傅里叶变换中  $e$  的指数由纯虚数变成复数呢？”在引导学生进行思考的过程中引入了拉普拉斯变换这个概念，这种以问题为导向，以学生为中心的教学方法既让学生自身回顾了傅里叶变换，又让学生理解了傅里叶变换与拉普拉斯变换之间的联系和区别。

## 4 结束语

本文探索了面向计算机类专业信号与系统课程的教学方法。我们根据日常教学中发现的问题，优化教学内容，丰富教学方法和手段，增加实践环节比重。这些改革激发了学生的学习热情和兴趣，培养了学生的学习能力和动手能力，有利于学生更好理解教学内容，提升了教学效果。这种探索不能停步，我们继续坚持以问题为导向，以学生为中心，不断改进教学方法，改善教学质量。另外，科技在更新换代，课程教学也需要跟上科技前进的步伐。信号与系统是一门基础课程，在教学中需要与信号处理的前沿技术结合，能使该课程焕发更强生命力。

## 参考文献

- [1] 郑君里, 谷源涛. 信号与系统课程历史变革与进展[J]. 电气电子教学学报, 2012, 34(02): 1-6
- [2] 解培中, 魏昕. “信号与系统”翻转课堂教学改革和实践[J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(02): 78-81
- [3] 王渊, 贾永兴, 朱莹. 混合式教学法在《信号与系统》课程中的探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2020(13): 303-305
- [4] 陶丹, 胡健, 陈后金. “信号与系统”课程案例教学探讨[J]. 电气电子教学学报, 2015, 37(05): 55-57+120
- [5] 王松林, 郭宝龙, 张永瑞, 李小平, 王辉. “信号与系统”国家精品课程的建设与实践[J]. 高等理科教育, 2008(03): 145-148
- [6] 王晴, 张振国, 李秀英. “信号与系统”课程教学改革探究[J]. 电气电子教学学报, 2019, 41(02): 24-27

- [7] 陶丹, 胡健, 黄琳琳, 陈后金. 基于 OBE 理念的电子信息类课程改革与实践——以“信号与系统”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2018(30):81-82
- [8] 王琼, 欧阳征标, 刘强. 《信号与系统》课程中以实用设计为导向的实验教学探讨[J]. 信息系统工程, 2019(12):168-170
- [9] 郑君里, 谷源涛. 试谈“信号与系统”课程理论与实践之结合[J]. 电气电子教学学报, 2014, 36(03):1-5
- [10] 毕萍, 刘毓. 面向“卓越工程师”目标进行“信号与系统”课程教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(01):190-193
- [11] 卜方玲, 徐新, 邹炼, 徐兆卓. 面向创新能力培养的信号与系统教学改革[J]. 计算机教育, 2016(01):52-55
- [12] 刘永祥, 吴京, 黎湘. 面向国际一流大学的信号与系统课程教学模式研究[J]. 高等教育研究学报, 2011, 34(02):77-79.
- [13] 齐萌, 吕治国. 电子信息类课程思政教育的探索——以《信号与系统》课程为例[J]. 通信与信息技术, 2021(04):75-76
- [14] 刘善梅, 李小霞, 彭辉, 翟瑞芳. 面向计算机专业的信号与系统课程教学思考[J]. 科技创新与生产力, 2021(04):72-74+77
- [15] 姜来为, 杨宏宇, 熊育婷, 付宇, 张良, 李晓文. “新工科”背景下计算机类专业课程教学改革探究——以“信号与系统”课程为例[J]. 高教学刊, 2020(04):128-130