

美国 MIT 信号与系统课程的基本结构

蔡坤宝, 高克英, 江禹生

(重庆大学 通信工程学院, 重庆 400030)

摘要:信号与系统的基本概念与分析方法是通信、控制与信号处理领域重要的理论基础。随着现代科技的迅速发展,越来越多的学科会将信号与系统课程纳入本科教育培养方案。借助网络手段,笔者对美国麻省理工学院电气工程与计算机科学系所设置的“信号与系统”课程进行了调查研究,在此基础上,对课程的定位,以及课程基本信息、教学方法与基本要求、学生成绩评定等课程基本结构做客观的介绍,旨在为中国同类课程的教学改革提供可以借鉴的参考资料。

关键词:信号与系统;教学改革;本科教育

中图分类号:TN91

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2011)01-0100-05

“信号与系统”课程是信息与通信工程等专业本科教育中最重要的技术基础课之一。近年来,计算机与高速数字信号处理器的更新换代日新月异,与此同时,信号处理的新理论、新算法和新方法层出不穷。21世纪,信号处理正朝着新的学科方向迅速发展,“信号与系统”课程不仅仅是中国高等院校信息与通信工程类专业的必修课程,而且已成为其它相关专业的必修或选修课程。随着现代科技的迅猛发展,学科间的相互交叉、相互融合的趋势锐不可挡,“信号与系统”这一现代科技最基本而普遍的概念、极为广泛的适用性必将开辟越来越广阔的应用领域。作为一门引人入胜的技术基础课程,越来越多的学科将会在本科教育阶段将“信号与系统”课程纳入培养计划。与此同时,也面临着新的问题与挑战:由于21世纪科技的迅猛发展,知识更新异常迅速,高素质信息技术人才的培养对专业基础课程的教学质量提出了越来越高的要求。然而“信号与系统”及其相关的技术基础课程在本科教育课程体系中所获得的学时数反而减少了。总而言之,人类知识的无限积累和个人学习能力与时间的有限形成日益尖锐的矛盾^[1]。作为长期从事“信号与系统”课程教学与科研的教师深感压力,他们既要继承中国本科教育严谨与系统的优秀传统,又要应对信号处理的新理论、新算法和新技术飞速发展而提出的挑战并锐意进取。鉴于重庆大学已提出了“以研究型、综合性、国际化发展方向,建设国内一流、国际知名、具有自身特色的研究型大学”的发展目标,教师更需要进一步拓展视野,对国际一流大学同类课程的

收稿日期:2010-09-27

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究项目(09-3-012);重庆大学双语教学示范课程建设项目

作者简介:蔡坤宝(1950-),男,重庆大学通信工程学院教授,博士,主要从事信号与信息处理研究,(E-mail)caikun@cqu.edu.cn。

基本结构,包括教学内容、方法和手段做深入的研究,为教学改革的进一步深化作基础性的研究,旨在形成与国际先进教学理念与教学方法接轨的、符合中国国情的教学方法与手段。

借助互联网,文章对美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)电气工程与计算机科学系(Electrical Engineering and Computer Science, EECS)所设置的“信号与系统”课程基本结构进行了研究与分析,对课程的定位、课程基本信息、教学方法与基本要求、学生成绩评定等做客观的介绍,为中国同类课程的教学改革提供可以借鉴或参考的资料。

一、课程的定位

MIT于2009年9月修订的EECS系本科教育培养方案中,在3个4年制专业——电气工程(Electrical Engineering, EE)、电气工程与计算机科学(Electrical Engineering and Computer Science, EECS)、计算机科学(Computer Science, CS),均设有理学学士学位(Bachelor's Degree of Science, B. S.)培养方案。为2011年及以后入学的本科生设置的新课程表(New Curriculum)中,上述3个专业涉及6门EECS系的必修基础课程,分别为:

- (1) 电路与电子学(Circuits and Electronics);
- (2) 信号与系统(Signals and Systems);
- (3) 计算结构(Computation Structures);
- (4) 软件构建基础(Elements of Software Construction);
- (5) 算法导论(Introduction to Algorithms);
- (6) 电磁能量:电机到激光器(Electromagnetic Energy: From Motors to Lasers)。

其中,(1)、(2)和(6)为EE专业的基础课;(3)为EE或CS专业的基础课;(4)和(5)为CS专业的基础课。电气工程专业的学生必须修3门EE基础课;电气工程与计算机科学的学生必须修2门EE基础课和2门CS基础课;计算机科学专业的学生必须修3门CS基础课。

按要求,攻读EE或EECS理学学士学位的学生必须修信号与系统课程,该课程的前修课程为:电气工程与计算机科学导论II(Introduction to EECS II)或电路与电子学(Circuits and Electronics)。而且,EE专业的学生在修这2门前修课程前必须通过数学必修课微分方程(Differential Equations);EECS专

业的学生必须通过数学必修课或线性代数(Linear Algebra)。

二、课程的基本结构

现根据MIT电气工程与计算机科学系在网上发布的2009年秋季学期(Fall Semester)信号与系统课程开设情况,将课程基本信息、教学方法与基本要求和学生成绩评定等内容介绍如下。

(一)课程基本信息

1. 课程描述

课程涵盖信号与系统分析的基本理论,及其在广泛地从力学、电路、音频与图像信号处理、反馈与控制方面提取的各种实例中的应用。涉及的主题包括将系统表示为微分和差分方程、方框图、系统函数、频率响应、冲激响应、多种变换和极点与零点。

2. 先修课程

- (1) 电气工程与计算机科学导论II;
- (2) 电路与电子学。

3. 学分

学分单位(Units)为:5-0-7。即总学分为12,其中课内教学5学分;课外自习7学分;实验不占学分,或者说记0学分。

(二)教学方法与基本要求

现从2009年秋季学期“信号与系统”课程教学日程表(Calendar)着手,对课程的基本结构,包括教学内容、教学方法与手段、学时数分配、实践性教学内容和基本要求、学生成绩评定方法等予以逐一介绍。

1. 课程教学

如表1所示,该课程的课内教学由两部分构成:其一,由教授(D. Freeman)主讲的24学时(L1-L24)讲授课(Lecture),一般每周安排2讲,每讲的时间为1小时,修课的全部学生在指定的教室集中听课;其二,由2位副教授(E. Adalsteinsson and M. Baldo)承担的22(R1-R22)节复述课(Recitation),一般每周安排2节。复述课以小班为单位上课,2009年秋季学期听大班课的学生(100人以内)被分成4个复述课小班(Recitation Sections 1 to 4),每次复述课的上课时间为1小时。例如,安排在周三或周五的复述课,任课教师需要为每个复述课小班上课1小时。复述课的教学内容一般是复习或补充讲授课上的教学内容,包括习题课、测验(Quiz or Examination)前的复习指导和终考(Final Examination)

前的总复习(Review)等。

2. 教学内容

该课程采用的教材为 Oppenheim 和 Willsky 教授的名著^[2]《信号与系统》(第二版),补充教材^[3]是由 S. Mahajan 和 D. Freeman 于 2009 年编著的《离散时间信号与系统:算子法》。教学内容涵盖了 Oppenheim 著作的全部主要内容。此外,还包括补充

教材的 7 个专题:(1)差分方程;(2)差分方程与模态;(3)方块图与算子;(4)模式;(5)重复根;(6)控制;(7)比例微分控制。

3. 辅导答疑

行课期间,在周一、周二下午 3-8 点的办公时间(Office Hours)内,由 3 位助教(Teaching Assistant, TA)负责在固定的办公室为学生答疑。

表 1 MIT 2009 年秋季学期信号与系统课程教学日程表

日期/ 课型	Tuesday/ Lecture	Wednesday/ Recitation	Thursday/ Lecture	Friday/ Recitation	
周次	教学内容	备注	教学内容	教学内容	
1	(Registration Day)	R1: CT and DT Systems	L1: Signals and Systems	R2: Difference Equations	
2	L2: DT Systems	HW1 due	R3: DT Systems	L3: Feedback, Cycles and Modes	R4: Feedback, Cycles and Modes
3	L4: Feedback and Position Control	HW2 due	R5: Feedback and Position Control	L5: Feedback Control Schemes	R6: Feedback Control Schemes
4	L6: CT Systems, Difference Eqs.	HW3 due	R7: CT Systems, Difference Eqs.	L7: Laplace and Z Transforms	R8: Laplace and Z Transforms
5	L8: CT Operator Representations	EX4	Exam 1 no recitation	L9: Second - Order Systems	R9: CT Operator Representations
6	(For Columbus Day)	HW5 due	R10: Second - Order Systems	L10: Convolution; Impulse Response	R11: Convolution; Impulse Response
7	L11: Frequency Response	HW6 due	R12: Frequency Response	L12: Bode Diagrams	R13: Bode Diagrams
8	L13: CT Feedback and Control	EX7	Exam 2 no recitation	L14: CT Feedback and Control	R14: CT Feedback and Control
9	L15: CT Fourier Series	HW8 due	R15: CT Fourier Series	L16: CT Fourier Series	R16: CT Fourier Series
10	L17: CT Fourier Transforms; Filtering	HW9 due	(Veteran's Day)	L18: CT Fourier Transforms	R17: CT Fourier Transforms
11	L19: DT Fourier Representations	EX10	Exam 3 no recitation	L20: DT Fourier Representations	R18: DT Fourier Representations
12	L21: Sampling	HW11 due	R19: Sampling	(Thanksgiving Vacation)	
13	L22: Sampling	HW12 due	R20: Sampling	L23: Modulation	R21: Modulation
14	L24: Applications of 6.003	EX13	R22: Review	Breakfast with Staff	Study Period
15	Final Examination Period				

4. 课外作业

修课学生必须完成 13 次课外作业,其中的 9 次必须在周三的复述课开始时提交,这 9 次课外作业的得分将按比例记入课程总成绩。例如,表 1 中注明的第一次作业(HW1)必须在第 3 节复述课(R3)上课开始时提交。第 4、7、10 和 13 次作业不用提

交,也不记成绩。但是教师会提醒学生,完成这些作业对顺利通过测验和考试是不可忽视的。每次作业内容量大面广,一般还包含 1 道工程设计问题(Engineering Design Problem, EDP),以提高并检测学生综合应用所学知识解决工程问题的能力。而且,在课外作业提交一周后,学生方可获得准确答案与解题

过程的参考。对于所有需要提交的课外作业,每位学生只允许迟交 1 次作业,迟交作业者必须得到复述课教师或其他官方谅解。申请迟交作业的学生必须在应交作业前一天的午夜前(11:59 pm)及时告知助教(TA),一旦提出迟交申请后不允许撤消,且推迟时间仅为 7 天。还规定接近期末的第 12 次作业必须按时提交。

(三) 学生成绩评定

1. 成绩评定

修课学生的最后成绩按表 2 进行评定。

表 2 成绩评定

课目	权值
课外作业	5%
工程设计问题	10%
测验 1	10%
测验 2	15%
测验 3	20%
期终考试	40%
总计	100%

2. 测验与考试

该课程设置了 3 次测验(Exam 1 ~ Exam 3)和 1 次期终考试(Final Examination),具体的时间安排如表 1 所示。每次测验,教师设计 1 小时内可完成的试题内容,要求学生必须在 2 小时内完成。测验均采用闭卷考试,但允许学生携带自己准备的纸质应试资料。测验与考试的具体情况如下。

(1)第 1 次测验:测验内容覆盖第 1 至 5 讲的离散时间信号与系统的教学内容,以及第 1 至 4 次课外作业内容。不用提交的第 4 次课外作业中包含了部分测验内容。参加测验的学生可以携带 1 张 8.511 英寸的纸,允许学生利用该纸的正反面打印自己准备的应试资料。

(2)第 2 次测验:测验内容覆盖第 1 至 12 讲的教学内容,以及第 1 至 7 次课外作业内容。不用提交的第 7 次课外作业中包含了部分测验内容。参加测验的学生可以携带 2 张 8.511 英寸的应试资料纸。

(3)第 3 次测验:测验内容覆盖第 1 至 18 讲的教学内容,以及第 1 至 10 次课外作业内容。参加测验的学生可以携带 3 张 8.511 英寸的应试资料纸。

(4)期终考试安排在第 15 周的周五,考试的内容包含该课程的全部内容,但是第 3 次测验后的教

学与课外作业涉及的内容占较大的比重。期终考试为闭卷考试,参加考试的学生可以携带 4 张 8.511 英寸的应试资料纸,但不允许携带计算器、计算机、移动电话、或其它辅助装置,学生必须在 3 小时内完成考试内容。

3. 成绩查询

如果学生发现测验、考试或课外作业的成绩有误,学生应在成绩下达之日起的一周内,以书面形式向助教提出修改成绩的要求,有关人员将仔细查阅以纠正由学生发现的评分错误,以及其它评分错误。

4. 学术诚信

MIT 鼓励学生在完成课外作业过程中与其他同学或教员进行讨论,以便更好地理解有关问题的基本概念。但是,学生个人提交的作业详细内容应该完全是自己所做的工作,并且在建立概念阶段的讨论中本人至少起了实质性的作用,不允许使用其他同学编写的计算机代码或图形。作业必须独立完成,不允许数位学生只交一份作业。在作业中涉及剽窃或抄袭的任何学生,其该次作业成绩为零分。所有被发现的剽窃或抄袭事件将向校纪律检查委员会报告,并按情节轻重严肃处理。

三、结语

文章对 MIT 电气工程与计算机科学系“信号与系统”课程的基本结构作了客观、如实、尽可能详尽而又不失简洁性的介绍,涉及的内容可为中国高校同类课程的教学改革提供可以借鉴或参考的资料。此外,笔者在应用网络手段对 MIT 的“信号与系统”课程进行调查研究、资料收集和论文撰写的过程中,颇有感触,印象深刻的有如下几点。

(1)从 21 世纪的第一个 10 年跨入第二个 10 年的交替之间,MIT EECS 系的本科教育的培养方案发生了较大的变化。

(2)EECS 系在技术基础课教学上投入的师资力量是保证教学质量的重要因素之一。

(3)MIT 信号与系统课程的教学内容十分庞大,涵盖了 Oppenheim 教授的名著 Signals and Systems 的全部内容,还增添了补充内容,包括 24 讲讲授课和 22 节复述课在内的课内教学时间仅用了 46 小时。按中国高校通常采用的 45 分钟为 1 节课来折算,MIT 的课内教学时间约为 61 节课。参照西安交通大学刘树棠教授所译的《信号与系统》中文版本^[4],保守估计 MIT 所用教材的中文内容约为 750

页。也就是说,如果中国同类课程教师采用同样的教材授课,则在1节课内的教学内容约为12页。可见MIT的课堂教学方法重在启发式的教学方法,提高学生分析问题与解决问题的能力、培养独立思考与善于思考的习惯和极强的自学能力。

(4)MIT的课外作业量大,还包含与工程实际应用联系较为密切的工程设计问题。在课外作业环节中抓住学生的学术诚信教育,强调学生诚实地独立完成作业。

(5)学生成绩评定方法科学、全面、客观和严谨。很难想象会存在培养出高分低能学生的可能性。

(6)课程教学的改革要与学科课程体系的整体改革同步进行。

(7)国际一流的大学有一流的教师、勤奋好学的学生和严格的管理体系。

参考文献:

- [1]王越. 电子电气基础课程时代发展的思考[R]. 第四届电子电气课程报告论坛. 西安, 2008.
- [2]A. V. Oppenheim et al. Signals and Systems (Second Edition)[M]. Prentice - Hall, Inc. , 1997.
- [3]S. Mahajan and D. Freeman. Discrete - Time Signals and Systems: An Operator Approach[Z]. Massachusetts Institute of Technology, 2009.
- [4]Oppenheim等. 信号与系统[M]. 刘树棠译. 西安:西安交通大学出版社, 1998.

Basic course structure of signals and systems course in MIT of America

CAI Kun-bao, GAO Ke-ying, JIANG Yu-sheng

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: The basic concepts and analysis techniques of signals and systems are important fundamentals for communication, control and signal processing fields. With the rapid development of modern science and technology, it is sure that more and more disciplines will take the signals and systems course into their undergraduate educational programs. By means of the internet, we investigated the signals and systems course offered by the Department of Electrical Engineering and Computer Science in MIT. The course orientation and the basic course structure including the basic information, teaching methods and basic requirements as well as grading were objectively introduced, which is an useful reference for the teaching reform of alike courses in our country.

Keywords: signals and systems; teaching reform; undergraduate education

(编辑 周沫)