

“随机信号分析实验”在线教学设计

付卫红 刘乃安 韦娟 黑永强

(西安电子科技大学通信工程学院, 西安 710071)

摘要:在“新冠”疫情爆发的特殊时期,学校无法正常教学,需要为大学生开展在线教学任务。“随机信号分析实验”作为通信工程、信息工程专业的必修课,正常实施该课程教学对学生的培养至关重要。由此,为该课程设计了一种切实可行的在线教学方案,并针对课程的培养目标,提出了多维度的考核方式、评价标准,既保证了教学内容的顺利完成,又完成了该课程的培养目标,学生综合实践能力到达课程预期。

关键词:在线教学;实验教学;随机信号分析;多维度考核

中图分类号:G642

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2023)0 -0000-00

Online Teaching Design of Random Signal Analysis Experiment

FU Weihong LIU Naian WEI Juan HEI Yongqiang

(School of Telecommunications Engineering, Xidian university, Xi'an 710071, China)

Abstract: During the special period of COVID-19 outbreak, schools cannot reopen normally. It is necessary to carry out online teaching tasks for college students. As a required course of communication engineering and information engineering, the normal implementation of Random Signal Analysis Experiment is very important to the training of students. Thus, a practical scheme of online teaching is designed. In view of the training objectives of the course, the multi-dimensional assessment methods and evaluation standards are put forward, which not only ensures the completion of the teaching content, but also achieves the training objectives of the course. The students' comprehensive practical ability can reach the course expectation.

Key words: online teaching; experiment teaching; random signal analysis; multi-dimensional assessment

2019年12月,“新冠”病毒悄然肆虐,很多学校无法正常开学。突如其来的新冠肺炎疫情迫使高校开启了线上教学模式,推进了高校在线教学的大规模开展^[1-3]。截至2020年5月8日,全国1454所高校开展了在线教学,103万名高校教师开出107万门在线课程,参加在线学习的大学生达到1775万人。在新冠疫情爆发的特殊时期,网络科技教学平台为线上教学的实施提供了优质的服务,教师和学生可以通过手机、电脑等完成相应的教与学任务^[4-5]。一般的理论课程只需要选择合适的软件平台就可以实施教学任务,比如超星学习通、QQ班级群、雨课堂、腾讯课堂、钉钉会议等,教师提前将上课所需PPT以及相关资料上传到选择的软件平台,以供学生们进行课前预习和课后复习。上课过程中教师还可以通过平台发送问题或试卷与学生进行互动,从而实时掌握学生的学习效果。

通过这种在线教学方式就能够在不聚集的情况下较好地完成理论课程的教学任务。然而,高等教育中,对人才的培养,不仅仅是理论知识的学习,更重要的是实践能力的培养,因此高等教育中实验教学任务的顺利完成对人才的培养至关重要^[6-7]。实验课程与理论课程的特点有所不同,实验课程强调的是培养学生的实践能力,以及运用所学的理论知识解决实际工程问题的能力。单纯的通过在线软件平台给学生讲解理论知识的教学模式显然无法满足实验教学的要求。“随机信号分析实验”是西安电子科技大学通信工程、信息工程专业的一门必修实验课,其内容包含随机信号的分析、测量,以及通信系统的设计实现和仿真等内容。如何在“新冠”疫情背景下,通过合理的教学设计,在师生无法聚集到实验室进行面对面教与学的条件下,完成该实验课程的任务,同时又能达到培养学生动手实

收稿日期:2022-03-02;修回日期:2022-09-26

基金项目:基于智能计算和学习方法的SDM系统绿色化设计研究(61876143)

第一作者:付卫红(1979—),博士,副教授,主要从事无线通信和信号处理的教学和研究工作,E-mail:whfu@mail.xidian.edu.cn

践能力的目的是一个值得思考的问题。

1 “随机信号分析实验”教学内容

传统的“随机信号分析实验”课程通过课堂讲授、学生课上课后动手实践以及课上答疑的授课方式,利用专门研制的实验箱和专门设计的实验项目,对各个分系统的工作原理、组成、性能进行分析、测试,使学生们认知各种通信系统中随机信号的特性。通过实验,掌握通信工程中常规测量仪器的使用方法;配合典型实验系统学习系统主要性能指标的测试要领,丰富和拓宽学生对系统定性、定量分析方面的知识,使学生接受工程训练。

“随机信号分析实验”是开放性、综合性、设计性实验。实验内容分为三大部分:滤波器的设计及测量分析实验、基于 Matlab 信号产生及分析实验、基于 FPGA 的通信系统综合性设计实验。该实验课程实施过程中,将学生以 3 人为一组进行分组,每一组需要完成三部分的实验内容。以分组的形式进行实验的目的是培养学生团队协作的能力。不同组之间需要完成的三部分的实验具体内容不完全相同,这样可以避免不同组之间相互抄袭。下面简单介绍三部分实验的具体内容。

第一部分是滤波器的设计及测量分析实验,该实验要求学生设计一个满足一定指标要求的滤波器,用 Matlab 仿真软件仿真该滤波器的输入、输出信号时域、频域特性以及系统传递函数,然后在面包板上搭建该滤波器,并利用信号源和示波器等设备对滤波器的输入、输出信号的时域波形、频域波形以及滤波器的幅频特性进行测试,最后对测试的结果以及理论分析的结果进行对比,如果二者存在偏差,需要分析可能存在的原因。设置该实验的目的是培养学生利用理论课上学到的知识进行分析问题、解决问题的能力,同时锻炼学生动手操作的能力以及常用仪器设备的使用能力。

第二部分是基于 Matlab 的信号产生及分析实验,要求学生利用 Matlab 软件,产生不同的随机信号,并对信号特性进行分析和仿真。由于随机信号分析数学公式推导较多,学生知识有限,难以将抽象的数学表达式与实际信号联系起来,利用 Matlab 工具可实现学生理论知识验证和程序设计能力的提高,加深学生对“随机信号分析实验”这门课程的感性认识,包括白噪声时域和频域的表现、随机信号的统计特性、随机信号通过线性和非线性系统后的特性、窄带随机信号特性等的认识。

第三部分是基于 FPGA^[8]的数字调制信号产

生及测量分析实验要求学生利用学到的通信原理相关的知识,在 FPGA 开发板上实现一个数字调制系统,也就是以硬件的方式产生通信信号,并用示波器观测信号波形和频谱特性。该实验目的是培养学生将所学的理论应用到实际的实践能力,以及系统设计、实现、测量、分析的能力。该实验是一个综合性、设计性的实验,综合性表现为学生需要综合运用学习的“通信原理”“信号与系统”“数字电路”等相关课程内容,设计性表现为学生可以在备选题目范围内自由选题,自行设计实现方案并实现。

2 “随机信号分析实验”在线教学设计

2.1 实验理论知识以及具体要求

“随机信号分析实验”课程相关的理论知识大部分都在相关的理论课程中学习过,比如“通信原理”^[9]、“数字信号处理”^[10]、“随机信号分析”^[11]、“信号与系统”、“电路基础”等。此外,本实验课程属于综合性设计性的实验,它与验证性实验有所不同,验证性实验需要学生严格按照实验要求和步骤进行实验操作,最后得到预期的实验结果,并对结果进行分析。本实验安排给学生的实验任务有很强的自由度,学生根据实验要求,可以设计自己个性化的实验方案,得到不同的实验结果。因此该实验课,需要教师讲解的内容并不是很多,只需在开始实验之前,利用软件平台,比如腾讯课堂给学生在线讲解实验内容的具体要求以及关键的知识点,然后通过平台将实验所需的资料发送给学生。在该环节,如果部分学生不清楚具体的实验要求,可以通过腾讯课堂互动聊天框进行提问咨询,教师会针对学生们的问题进行解答。

实验任务包括三部分实验内容,学生根据三部分实验内容的具体要求,在课下进行实验内容的预习,制定实验方案,撰写预习报告。在第二次线上实验课时,教师会分组检查学生们的预习报告,查看实验方案是否合理,然后给每组学生以在线视频的方式进行反馈,指出实验方案中存在的问题,给出合理的建议。教师在对某一组学生进行实验方案反馈的时候,其他组的学生可以根据设计的实验方案开始自己的实验,过程中有任何问题都可以通过腾讯课堂提问。该实验课程总体实施方案如图 1 所示,下面分别介绍三部分实验内容在线教学的实施过程。

2.2 滤波器的设计及测量分析

在线教学模式下,该实验要求学生根据指标

(如滤波器类型、截止频率)要求给出设计的实验方案,由于限制的条件不多,学生在设计方案时有很高的自由度,可以设计出个性化的实验方案,比如对于低通滤波器的设计,学生可以自由选择无源滤波器或有源滤波器,还可以自己决定采用一阶滤波器或二阶滤波器,具体参数的选取也可以根据具体情况自行决定。如图 2、图 3 所示分别是 RC 无源低通滤波器和二阶有源低通滤波器设计方案。

设计好滤波器的具体电路之后,第二阶段学生就用 Matlab 仿真软件仿真该滤波器的输入、输出信号时域、频域特性以及系统传递函数。这一过程学生可以在自己的 PC 机上完成,这过程中有任何问题都可以通过在线互动的方式跟教师沟通交流,教师会全程在线随时解答学生遇到的问题。

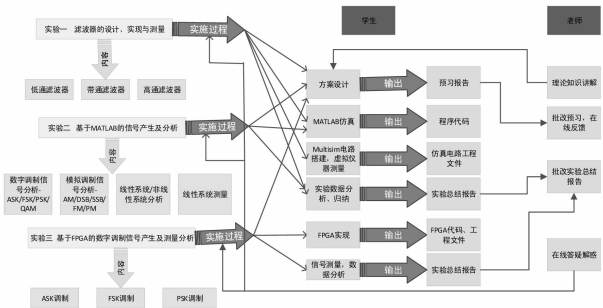


图 1 “随机信号分析实验”在线教学实施方案

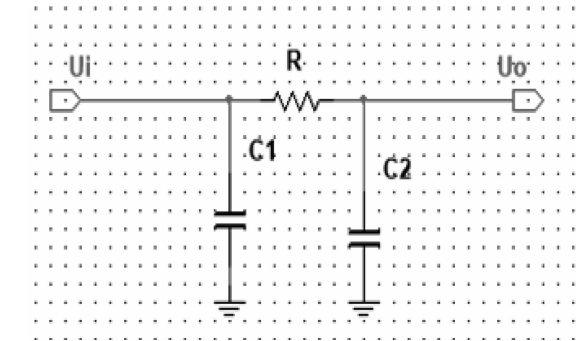


图 2 RC-π型低通滤波器电路图

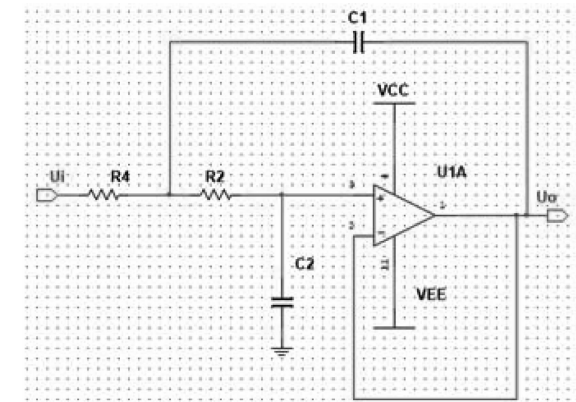


图 3 二阶有源低通滤波器的电路

在传统的线下实验的过程中,该实验的第三个阶段是要求学生在面包板上根据自己的设计方案

搭建一个真实的滤波器,并利用信号源和示波器等设备对滤波器的输入、输出信号的时域波形、频域波形以及滤波器的幅频特性进行测试,最后对测试的结果以及理论计算的结果进行对比分析。在在线教学模式下,学生无法使用这些真实的仪器设备,我们让学生采用 Multisim 电路仿真软件,根据设计方案搭建一个滤波器电路,然后利用虚拟的仪器比如信号源、示波器进行测量,Multisim 中虚拟的仪器跟真实仪器的操作是一样的,所以这种在线的实验方式对学生动手实践能力的培养是等同的。在这过程中,学生有任何问题也是可以通过在线语音、视频的方式进行沟通,教师会全程在线关注学生实验过程中的问题,随时解答。

2.3 基于 Matlab 的随机信号产生及分析

该实验的具体内容有多个不同的实验题目,由于学时的限制,要求所有的学生做完所有的实验是不现实的。考虑到不同的题目之间有一些共同的特点,都是利用 Matlab 仿真软件,对各种不同的信号或者系统进行特性分析和测量。因此本实验根据分组情况,不同的组指定 1~2 个必做的内容,其他内容可以根据自身情况选做。由于这部分实验主要是利用 Matlab 软件编程的方式来完成,因此学生可以利用自己的 PC 机,安装 Matlab 仿真软件就可以在线完成,在这过程中,有任何问题都可以在线沟通交流,教师会全程在线,关注学生的问题,随时解答学生的疑问。

这部分实验内容的开设主要是培养学生理论联系实际的能力,对在“高频电子线路”“通信原理”“随机信号分析”“数字信号处理”等课程中学习到理论知识有一个更深入的理解。比如在“高频电子线路”课程中,我们学习了幅度调制信号的时域分析、频域分析知识,从中可以知道当调制度 $m \leq 1$ 时,AM 信号具有包络形状与调制信号时域波形形状一样的特点,当 $m > 1$ 时,包络形状与调制信号时域波形形状不一样。此外,AM 信号的频谱结构与调制信号频谱结构一样,只是在频率轴上的位置进行了搬移。在本实验中,有一个题目就是要求学生产生一个 AM 调制信号,然后利用 Matlab 软件分析该信号的时域波形、频谱结构,学生就可以观察到上述特点。同时,学生可以调整不同的参数来观察这些参数对信号特性的影响,将其与理论分析结果进行对照,如果实验结果与理论分析结论不一致,要求学生分析查找原因。通过这部分实验的开设,尽管学生没有进入实验室,但是一样能够培养学生的编程实践能力、理论联系实际的

能力、分析问题和解决问题的能力。

2.4 基于 FPGA 的信号产生与测量

该部分实验要求学生根据通信原理中学习的数字调制技术,以 FPGA 的方式产生一个真实的数字调制信号(如 ASK 信号、PSK 信号、FSK 信号),并对信号特性进行测量和分析。这部分实验不同组的学生任务不完全相同,比如有的学生做 ASK 信号的产生及测量,有的学生则做 FSK 信号的产生及测量,每个学生要求的具体参数(如载波频率、码元速率)要求也不同,这样的好处是可以避免不同组之间相互抄袭。

该实验的第一阶段学生根据自己的任务要求,利用理论课上学习的数字调制原理,设计自己的数字调制系统方案,撰写预习报告,教师会在第二次实验课时检查学生的设计方案,对存在的问题通过在线沟通的方式一一反馈。如图 4 所示是 2ASK 调制的系统框图。

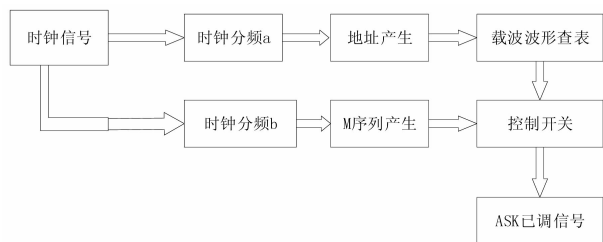


图 4 2ASK 调制的系统框图

第二阶段,学生利用自己的电脑,安装一个 Quartus II FPGA 开发软件,在该软件下可利用原理图、结构框图、Verilog、AHDL 和 VHDL 等方式完成电路的描述,然后利用 modelsim 工具进行仿真,观察设计的系统输出信号波形。在这个过程中,学生有任何问题都可以随时通过腾讯课堂平台跟教师进行沟通交流,教师会全程在线,关注学生的实验情况,及时解答学生的疑问。

在传统的线下教学模式下,第三阶段学生可以将设计的工程文件下载到 FPGA 开发板上,就可以输出真实的数字调制信号波形,然后利用示波器就可以对信号时域、频域特性进行观测。在在线教学模式下,学生无法将设计好的工程文件下载到 FPGA 开发板上,也无法使用真实的示波器进行观测,我们这里采用的替代方案是将 Quartus II 通过和 DSP Builder 工具与 Matlab/Simulink 相结合,将 Quartus II 中输出的信号送入到 Matlab 平台中,然后利用 Matlab 软件对产生的数字调制(ASK\FSK\PSK)信号特性进行分析。

学生通过完成该实验内容,就能知道一个最基本的数字通信系统是如何实现的,为以后设计其他

复杂的通信系统积累了丰富的实践经验。该实验内容的开设培养了学生的系统设计能力、工程实现能力、编程能力、分析问题解决问题的能力,此外,该实验分组讨论的实施方式,培养了学生的团队协作能力。

3 “随机信号分析实验”在线实验考核方式

“随机信号分析实验”考核方式采用多维度的考核方式,通过学生提交预习报告、实验总结报告,程序代码以及在线验收答辩的方式考核学生多方面的能力。预习报告要求学生在了解本实验课程的相关实验内容和要求之后,通过团队成员的分工、讨论,制定自己的实验计划和实验方案,要求在设计方案时,写清楚电路或系统相关的参数选取过程和选取的结果,预习报告考核学生的分析计算能力以及方案设计能力。

学生在根据预习报告中设计的方案完成实验后,教师会组织学生进行在线的实验验收,学生以组为单位,通过腾讯在线课堂给教师汇报实验结果,汇报过程中要求学生在线演示实验程序、展示实验结果以及对结果的分析,同时说明团队成员的分工合作情况,通过在线验收,考核学生的沟通交流能力、团队协作能力。

验收结束后,学生根据前期的实验情况,整理实验总结报告,并在规定的时间内提交报告,该报告要求学生写清楚实验方案、实验步骤、实验结果以及结果的分析,同时写清楚实验过程中遇到的问题以及尝试解决的方案。实验总结报告考核的是学生的实验数据的分析、归纳能力,科技报告的写作能力以及工程实践能力。最后,要求学生提供实验过程中产生的程序、代码,通过查阅学生的程序代码来考核学生的编程实践能力。具体考核内容、考核方式、考核标准如表 1 所示。

4 结语

“随机信号分析实验”是西安电子科技大学通信工程、信息工程专业的必修实验课,该课程的目的是通过实验使学生们对所学课程理论内容有更深刻的理解,一方面能够掌握随机信号的基本分析方法和基本测量方法,另一方面能够锻炼基本通信系统的开发、调试、测量、分析能力。该课程既培养了学生的实践能力、创新能力,也培养了学生团队协作的工程师素质。在“新冠”疫情的大环境下,如何保证在学生无法到实验室进行面对面实验教学的情况下,实验课程的正常开设是我们必须考虑

表 1 “随机信号分析实验”在线教学考核方式表

考核方式	考核内容	实验内容	考核标准				分值
			优(85% ~100%)	良(70% ~84%)	中(60% ~69%)	差(<60%)	
预习报告	分析计算	实验一、二、三	参数选择计算过程清楚,结果正确合理	参数选择计算过程基本清楚,结果正确合理	参数选择计算过程不太清楚,结果基本合理	参数选择计算过程不完整,结果不正确	10
	方案设计	实验一、二、三	实验方案具体可行,实验计划合理	实验方案具比较明确,实验计划基本合理,	实验方案不太具体,实验计划基本合理,	实验方案不可行,实验计划不合理	15
实验验收	团队协作	实验一、二、三	团队成员分工明确,成员之间交流频繁	团队成员分工较明确,成员之间交流较频繁	团队成员分工不太明确,成员之间交流不够	任务没有分工,成员之间缺乏交流	10
	沟通交流	实验一、二、三	汇报过程中讲述内容条理清晰,能正确理解并回答问题	汇报过程中讲述内容条理较清晰,能基本正确地理解并回答问题	汇报过程中讲述内容条理不够清晰,回答问题有少量错误	汇报过程中讲述内容条不清,回答问题错误较多	10
实验总结报告	实验数据分析、归纳	实验一、二、三	实验数据分析完善、归纳结论正确合理	实验数据分析较完善、归纳结论基本正确	实验数据分析不够完善、归纳结论基本正确	实验数据分析不完善、归纳结论错误	15
	写作能力	实验一、二、三	实验报告撰写层次分明,图表清晰,格式规范	实验报告撰写层次较分明,图表较清晰,格式较规范	实验报告撰写调理不太清晰,格式基本规范	实验报告图表不清晰,格式不规范	15
	工程实践	实验一、二、三	遇到问题解决思路清晰,解决方案正确	遇到问题解决思路较清晰,解决方案正确	遇到问题有一定的解决思路,解决方案基本合理	遇到问题没有解决思路	15
程序代码	编程能力	实验二、三	代码编写规范,可读性好,运行结果正确	代码编写较规范,有较好的可读性,运行结果正确	代码编写不太规范,可读性一般,运行结果存在少量错误	代码编写不规范,可读性差,程序运行出错	10

的实际问题。本文探索了“随机信号分析实验”课程在线教学模式,设计了“随机信号分析实验”在线教学方案,给出了该实验课程的具体实验内容以及详细的在线实施过程,提出了多维度全方位的考核方式。本文提出的在线教学方案和考核方式能在不降低学生实践能力、创新能力、编程能力、团队协作能力等培养效果的前提下,无需到达实验室进行面对面授课就可以正常完成该课程的实验教学任务。

参考文献

[1]李秋菊. 疫情期间在线教学探索与思考[J]. 科技创业月刊, 2020, 33(8): 123 – 125.

[2]王丹. 疫情期间在线教学的实践与思考[J]. 现代商贸工业, 2020, 41(35): 153 – 154.

[3]张芳. 疫情期间在线教学实践与经验[J]. 消费导刊, 2019(50): 63.

[4]崔允郢, 余文森, 郭元祥, 等. 在线教学的探索与反思

(笔谈)[J]. 教育科学, 2020, 36(3): 1 – 24.

[5]郭大光. 教育技术演进的回顾与思考: 基于新冠肺炎疫情背景下高校在线教学的视角[J]. 中国高教研究, 2020(4): 1 – 6, 11.

[6]余建潮. 依托实验教学示范中心加强学生实验能力的培养[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(3): 117 – 119, 129.

[7]李玉东, 刘景艳, 阎有运. 依托实验教学示范中心培养工程实践能力的探索和实践[J]. 实验室研究与探索, 2012(3): 105 – 108.

[8]张礼勇, 楚鹤. 数字通信系统中位同步信号提取的 FPGA 实现[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2008, 13(6): 94 – 97.

[9]樊昌信, 曹丽娜. 通信原理[M]. 第七版. 北京: 国防工业出版社, 2015.

[10]高新波, 阔永红, 田春娜. 数字信号处理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.

[11]李兵兵, 马文平, 田红心, 等. 随机信号分析教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.