

电路分析课程趣味性演示实验设计

王文婷^a, 刘金宁^a, 谷志锋^a, 曾春花^b

(军械工程学院 a. 车辆与电气工程系, b. 教务处, 石家庄 050003)

摘要: 电路分析课程由于涵盖的知识信息量大、学时数少, 理论分析过程枯燥乏味, 学生学习兴趣普遍较低。计算机仿真演示虽能加深知识点的理解, 使抽象知识点变得直观, 但不及实物演示给人印象深刻。为了适应新时期对创新型人才的培养要求, 利用笔记本电脑、NI myDAQ、面包板设计了4个演示实验, 分别是“元器件外特性测试实验”“直流电源实验”“温度测试实验”和“数模转换实验”。详细介绍了演示实验的设计要求、设计思路以及每个演示实验的具体实现方案, 包括实验目的、实验原理、实现方案和实验结果。将其应用于电路分析课程的课堂教学中, 不仅能加深学员对所学知识的理解, 还能激发学员的上课积极性, 培养其工程意识和创新思维。

关键词: 电路分析课程; 演示实验; 实验设计

中图分类号: TM 133; G 642.0

文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2017)05-0199-05



Design of Interesting Demonstration Experiment for Circuit Analysis Course

WANG Wenting¹, LIU Jinning¹, GU Zhifeng¹, ZENG Chunhua²

(a. Department of Vehicles and Electrical Engineering, b. Dean's Office, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Because circuit analysis course covers a large amount of knowledge and information, has less number of course hours and the theoretical analysis process is boring, students generally have lower interest in learning. Although the computer simulation demonstration can deepen the understanding of knowledge points, can make abstract knowledge points become intuitive, but it is not as impressive as the physical demonstration. In order to meet the training requirements of innovative talents in the new period, four demonstration experiments which are “external characteristics testing experiment of components”, “DC power experiment”, “temperature testing experiment” and “digital to analog conversion experiment” are designed using a laptop, NI myDAQ and breadboard. Design requirements and design ideas of the demonstration experiments, as well as the concrete realization scheme of each demonstration experiment are introduced in detail, including experimental purpose, experimental principle, realization scheme and experimental results. If they are applied in the classroom teaching of Circuit Analysis Courses, it can not only deepen the students' understanding of the knowledge, but also stimulate their enthusiasm in the class, develop their engineering consciousness and innovative thinking.

Key words: circuit analysis course; demonstration experiment; experimental design

0 引言

电路分析课程是电类专业开设的一门技术基础课, 由于该课程涵盖的知识信息量大、学时数少, 理论分析过程枯燥乏味, 学生学习兴趣普遍较低^[1]。为了改变这一现状, 不少高校将计算机仿真引入课堂, 使理

收稿日期: 2016-08-11

基金项目: 2015年军械工程学院立项课题阶段性成果(jx1542)

作者简介: 王文婷(1979-), 女, 河北平山人, 硕士, 讲师, 研究方向为测试技术及电路仿真。

Tel.: 13933175851; Email: w_wenting@163.com

论教学与虚拟仿真实验紧密结合,使教学知识点更加容易理解、抽象的知识变得更加直观^[2-4]。但仿真演示给学生的印象不及实物演示深刻,因此仿真演示也存在着一一定的局限性^[5]。为了适应新时期对创新型人才的培养要求,课堂实物演示实验(以下简称演示实验)作为课堂教学辅助手段,也是很受欢迎的一种教学形式^[6-7]。演示实验的引入有助于活跃课堂气氛,激发学生学习的兴趣,增加学生对所学知识的理解,培养学生的工程意识和创新思维^[8-9]。

1 演示实验设计要求

演示实验要想服务好理论知识的讲授,除了能够激发学员的听课热情、具备趣味性特点以外,设计时还必须满足以下几点要求:

(1) 设备简单,便于携带。课堂演示实验不同于在实验室做实验,所用设备尽量简单且便于携带,否则不利于课堂演示实验的开展。比如:示波器、直流稳压电源等笨重设备就不便于带入课堂中。

(2) 便于操作,用时较短。如果在课堂上选择的演示实验的内容过多、过长,必然造成喧宾夺主,影响科学知识和基础理论的教学时间。因此,只有在有限的课堂时间内安排合理的时间进行演示实验,才能达到最好的教学效果^[10]。

(3) 安全可靠,现象明显。演示实验在保证设备和人身安全的基础上,使学生快速看到显著而引人关注的实验现象,避免选择一些实验时间较长,现象不太明显的实验。

(4) 内容科学,激发思维。实验内容既是课堂讲授的典型电路,又要紧贴工程实际,使理论与实践完美结合起来,激发学员的创造性思维。

2 演示实验框架设计

本着以上设计原则,我们利用笔记本电脑(安装有 LabVIEW 及相应硬件驱动)、NI myDAQ、面包板设计了“元器件外特性测试实验”“直流电源实验”“温度测试实验”“数模转换实验”4 个典型实验。演示实验系统结构如图 1 所示。

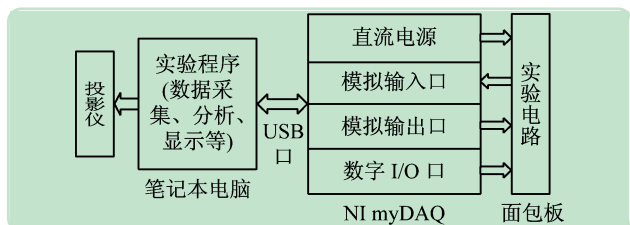


图1 演示实验系统结构

NI myDAQ 是美国国家仪器(National Instruments,

NI)公司推出的是一款采用 USB 供电的便携式教学设备,能方便应用于课堂演示中^[11]。NI myDAQ 能向实验电路提供 $\pm 15\text{ V}$ 和 $+5\text{ V}$ 直流电源,不用另外增加直流稳压电源;利用 LabVIEW 编程和虚拟仪器技术,通过采集实验电路的输出,将实验结果在笔记本电脑的虚拟面板上显示,省去了示波器;另外还能通过 NI myDAQ 的 8 路模拟输出口输出幅值、频率、相位任意可调的正弦波形,给实验电路充当交流信号源;通过 NI myDAQ 的 8 路数字 I/O 口给实验电路加入数字信号。

3 4 个演示实验介绍

3.1 元器件外特性测试实验

(1) 实验目的。元器件的外特性也称为伏安特性,它与基尔霍夫定律统称为电路分析的两类约束,在电路分析中占据重要地位,对其进行测试实验,能加深学员对常见元器件伏安特性的理解。

(2) 实验原理^[12]。由戴维宁定理可知,NI myDAQ 的模拟输出口相当于一个电压源,可用一个理想电压源和一个表示电源内阻的电阻串联来表示。其中理想电压源电压为开路电压 E ,电源内阻用 R_0 来表示。

测试电路原理如图 2 所示。在模拟输出口输出直流电压 E ,只要测出 U_i 和 U_R ,在知道精密电阻 R 的值后,根据 $U = U_i - U_R$ 和 $I = U_R/R$ 就可以得到该输出电压对应下的 U 、 I 值,不断改变 E 的大小,就可得到不同工作状态的 U 、 I 值,而 U 、 I 的约束关系也就是二极管的伏安特性。

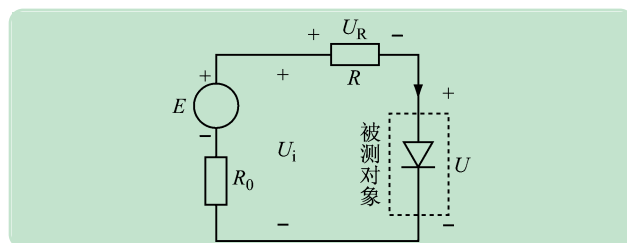


图2 外特性测试原理图

(3) 实现方案。硬件:利用 NI myDAQ 模拟输出口输出直流电压 E ,2 路模拟输入口测试 U_i 和 U_R 。软件:在 While 循环中,以“起始电压”值(一般设为 0)为 E 的初值,以“步进增量”值为步长正向增大,每次输出一个 E ,就从模拟输入口测出对应的 U_i 和 U_R ,并计算出对应下的 U 、 I 值。为了避免损坏元器件,程序设置了 E 的最大值和最大正、反向电流,当超出其设置值,程序就从循环的自动索引隧道获得测试所得的 U 、 I 两个一维数组,之后将其捆绑在一起进行显示就行了。

(4) 实验结果

按着上述实现方案,分别对 IN4727A 型号二极管、1

k Ω 普通电阻、mfh103-3950 型热敏电阻、新、旧干电池几种元器件的外特性进行了测试,结果如图 3 所示。

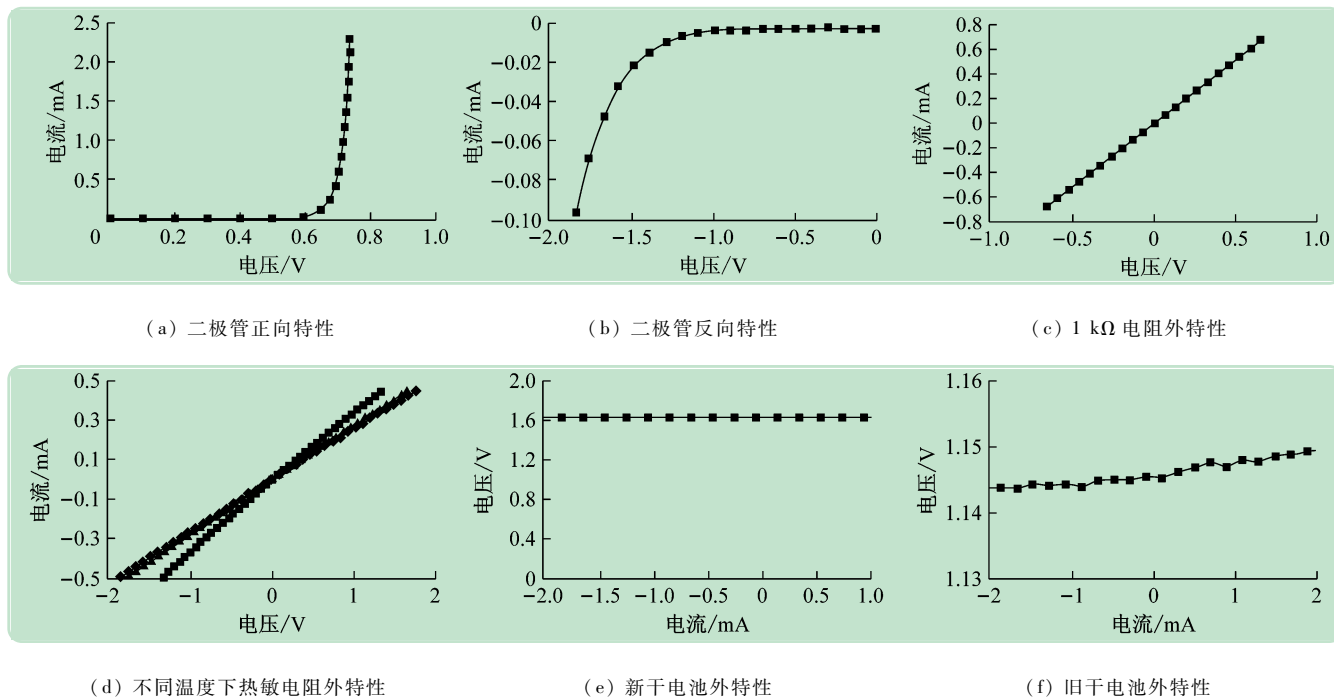


图3 元器件外特性实验结果

3.2 直流电源实验

(1) 实验目的。直流电源是由整流器后接滤波器构成。整流器是将交流电转换成脉动直流电压,为了能给电子电路供电,滤波后的电压必须经过滤波器变成恒定的直流电压,而电容常用做直流电源的滤波器^[13]。进行直流电源实验主要验证电容的滤波特性和充放电特性,拓展学员对电容元件应用领域的知识面。

(2) 实验原理。直流电源电路选用全波倍压整流电路(见图4),将交流电转换成单向脉动直流电,在整流电路之后接入一个较大容量的电容器,利用其滤波特性,改善输出电压的脉动程度,进而为负载(这里是发光二极管)供电。

(3) 实现方案。硬件:利用 NI myDAQ 的模拟输出口通过编程输出有效值为 10 V 的正弦信号,充当该实验的交流电源;利用 myDAQ 的模拟输入口采集负

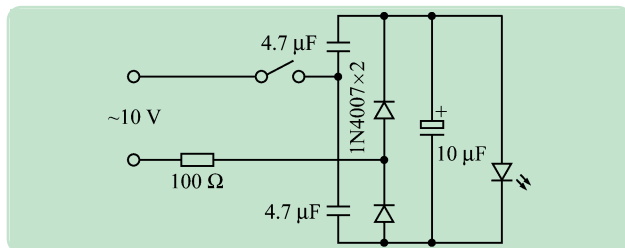


图4 直流电源实验电路

载两端的电压。软件:利用 LabVIEW 支持的多线程技术,在 While 循环中,平行放置两个 DAQ 助手,一个负责输出模拟电压,一个负责采集模拟电压,程序的停止靠前面板的“停止”按钮控件进行控制。

(4) 实验结果。为了验证电容的滤波效果,这里选择了 10 μF 、100 μF 和 470 μF 3 个不同数值的电容进行实验,结果如图 5 所示。实验表明:随着电容值的增大,滤波效果会更好。

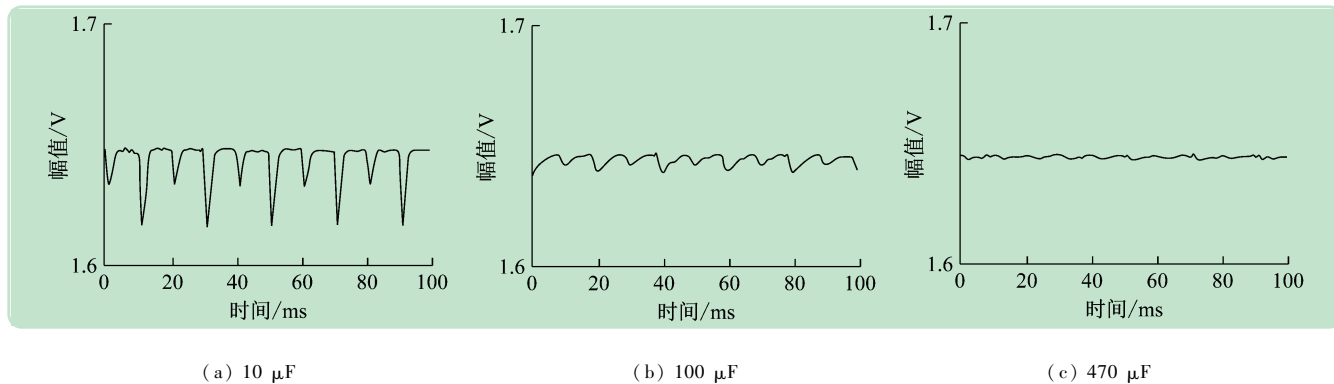


图5 不同电容值对应的电压波形

3.3 温度测试实验

(1) 实验目的。电桥和由运算放大器构成的放大电路是电路课程中两种典型电路,将这两种电路连接在一起,称为电桥放大电路,此电路在测试领域应用比较广泛^[14]。将电桥的一个桥臂换成传感器,就可以构成温度、湿度、拉力等非电量的测试电路。开展温度测试实验,可以加深学员对电桥放大电路工程应用的认识,并对现代测试技术有一个宏观认识。

(2) 实验原理。实验原理如图 6 所示。当 $R_1 \gg R$ 时,利用运算放大器虚短和虚断性质及线性电路的叠加原理得:

$$u_a = u_b \quad (1)$$

$$u_a = \frac{u_o R}{R + 2R_1} + \frac{u}{2} \quad (2)$$

$$u_b = \frac{u(1 + \delta)}{2 + \delta} \quad (3)$$

联立式(1)~(3)可得:

$$u_o = \left(1 + \frac{2R_1}{R}\right) \frac{\delta}{1 + \delta/2} \frac{u}{4} \quad (4)$$

当 $\delta/2 \ll 1$ 时, u_o 与 δ 之间近似成线性关系,即:

$$u_o = \frac{u}{4} \left(1 + \frac{2R_1}{R}\right) \delta \quad (5)$$

测试时,需要根据 u_o 计算出温度传感器对应的电阻值

$$R_x = (1 + \delta)R = \left[1 + \frac{4u_o}{u(1 + 2R_1/R)}\right]R \quad (6)$$

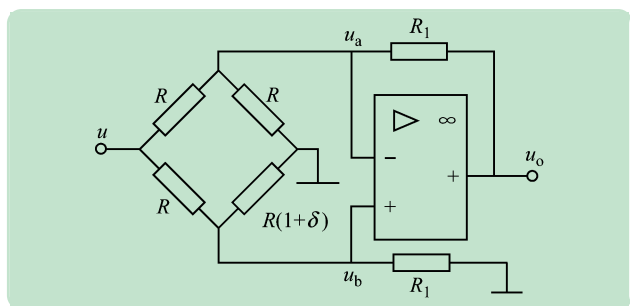


图 6 温度测试实验电路

(3) 实现方案。硬件:运算放大器工作所需的 ± 15 V 直流偏置电压由 myDAQ 的直流电源提供;温度测试电路的直流电源由 myDAQ 的模拟输出口通过编程提供;利用 myDAQ 的模拟输入口采集温度测试电路的输出电压。另外温度传感器选用 mfh103-3950 型负温度系数热敏电阻;运算放大器采用高增益运算放大器 UA741 芯片。软件:首先利用“曲线拟合”函数(按着“函数→Express→信号分析→曲线拟合”路径寻找)对热敏电阻进行直线拟合,计算出直线的截距和斜率,并得到直线方程,再将式(6)计算出的电阻值代入直线方程,即可得到当前温度值,然后将这一温度与

预设值比较,若温度高于或低于预设值,通过布尔指示灯控件进行报警。界面如图 7 所示。

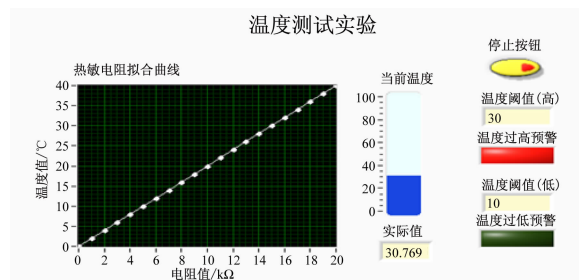


图 7 温度测试实验界面

3.4 数模转换实验

(1) 实验目的。在电子技术中,模拟量与数字量的互相转换是很重要的^[15]。在计算机控制时,首先将模拟量转换为数字量,才能在计算机中进行运算和处理,然后将数字量转换为模拟量,才能实现对控制对象的控制。本实验选择倒 T 形电阻网络 D/A 转换器进行演示,不但能加深学员对倒 T 形网络和运算放大器的理解,还能使学员对计算机测控技术有个初步认识。

(2) 实验原理^[16]。数模转换实验电路原理见图 8。

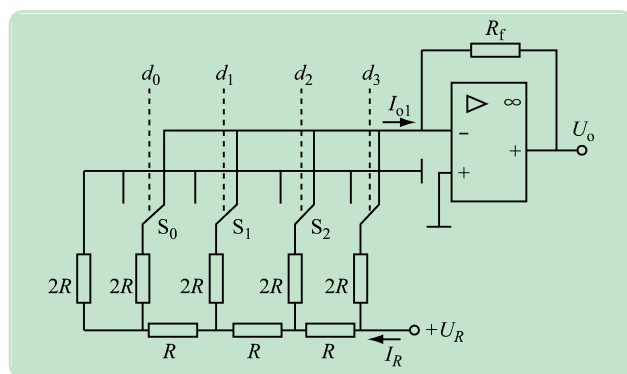


图 8 数模转换实验电路

根据电路串并联知识可知,电阻网络的等效电阻均为 R ,且不管数字信号是 1 或 0,各支路的电流是不变的,因此:

$$I_R = U_R / R \quad (7)$$

电阻网络的输出电流:

$$I_{o1} = \frac{U_R}{R \cdot 2^4} (d_3 \cdot 2^3 + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0) \quad (8)$$

运算放大器输出的模拟电压为:

$$U_o = -R_f I_{o1} = -\frac{R_f U_R}{R \cdot 2^4} (d_3 \cdot 2^3 + d_2 \cdot 2^2 + d_1 \cdot 2^1 + d_0 \cdot 2^0) \quad (9)$$

(3) 实现方案。硬件:利用 NI myDAQ 的 4 路数字 I/O 口输出 4 个数字信号,用于控制图 8 中的 4 个单刀双掷开关;利用 NI myDAQ 的直流电源向运算放

大器提供 $\pm 15\text{ V}$ 直流偏置电压;利用模拟输出口向数模转换电路提供直流电源 U_R ;利用模拟输入口采集数模转换电路的输出电压。软件:在前面板放置一个布尔控件数组,并设置4个布尔控件元素,用布尔控件的“1”和“0”代表数字量的高低电平,再用DAQ助手配置4个数字输出口,并将上述布尔控件数组连到DAQ助手的数据端,即可输出4个数字量;将4个数字量代入式(9),就可得到该数字量对应的理想模拟量;利用多线程技术,平行放置另外2个DAQ助手,分别用于输出直流电压 U_R 和采集数模转换电路的输出电压,该电压为实测模拟量;最后将理想模拟量和实测模拟量进行比较,得出误差。界面如图9所示。

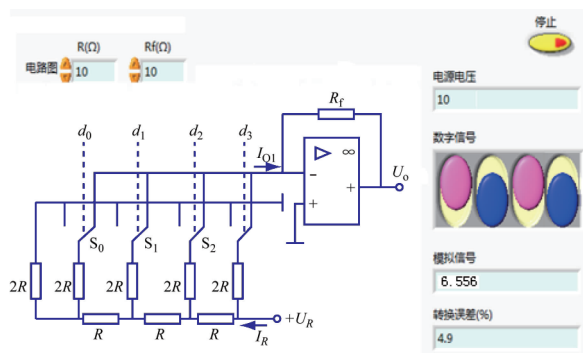


图9 数模转换实验界面

4 结 语

演示实验作为辅助教学手段,对提高课堂授课质量和提升学员的创新意识有一定帮助。笔者设计的4个针对电路课程的课堂演示实验,目的在于起到抛砖引玉的作用,不断推动课程教学改革步伐,全面培养适

应新时代要求的高素质新型人才。

参考文献 (References):

- [1] 刘俊霞,王 静. 电路分析课程教学改革探讨[J]. 教育教学论坛,2016(25):94-95.
- [2] 任兆香,谷海青,张 倩,等. 仿真实验在“电路”课程理论教学中的应用[J]. 实验技术与管理,2014,31(5):112-114.
- [3] 颜 芳,宋焱翼,谢礼莹,等. 基于 Multisim 的电路原理课程仿真实验设计[J]. 实验技术与管理,2013,30(5):59-61.
- [4] 肖冬萍,李 新. 仿真实验在“电路原理”理论教学中的应用[J]. 电气电子教学学报,2009,31(2):97-99.
- [5] 田武刚,潘孟春,陈棣湘. 虚拟仪器技术在电工演示性教学中的应用[J]. 电气电子教学学报,2012,34(4):82-83.
- [6] 王文婷,刘金宁,朱长青. 基于 NI myDAQ 的 RC 电路实验演示仪[J]. 电气电子教学学报,2015,37(4):102-104.
- [7] 张大伟,孙浩杰,马军山,等. 试谈大学课堂演示实验的作用[J]. 实验室研究与探索,2008,27(8):115-116.
- [8] 黄 睿,伍振海,唐 斌. 课堂演示实验的工科大学物理教学模式初探[J]. 实验科学与技术,2015,13(5):141-143.
- [9] 陈棣湘,潘孟春,张 玘. 麻省理工学院研究性实验教学的启示[J]. 实验科学与技术,2013,11(4):75-78.
- [10] 陈 煜,李树奎,姜春风. 演示实验教学在工科通识课程中的应用[J]. 实验室研究与探索,2015,34(12):160-163.
- [11] 刘贵栋,王淑娟. 基于 NI myDAQ 的电子技术基础课堂教学[J]. 现代教育技术,2012,22(9):108-110.
- [12] 王文婷,刘金宁,曾春花. 二极管伏安特性自动测试系统[J]. 仪表技术与传感器,2015(11):65-66.
- [13] Thomas L, Floyd David M, Buchla. 交直流电路基础[M]. 北京:机械工业出版社,2014.
- [14] 张国雄,李醒飞. 测控电路[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
- [15] 奚素霞. 数模转换器的 EWB 仿真分析与研究[J]. 国外电子测量技术,2008,27(5):16-18.
- [16] 秦曾煌,姜三勇. 电工学电子技术[M]. 北京:高等教育出版社,2012.

(上接第177页)

课程内容和教学方式方法变革,优化教学设计,重塑课程体系,改革教学内容,探索线上线下互动融合式教学,调动学生学习的积极性、主动性和创造性,不断提高教学质量,使“互联网+”教育教学发生“化学”变化,使教育教学产生质的变化,提升教育教学的品质,这需要广大师生不断的探索、实践和完善。

参考文献 (References):

- [1] 陈 峻,庞 玮,徐小明,等. MOOC 和 PI 相结合教学法在大学物理实验教学中的运用研究[J]. 大学物理实验,2015,28(5):137-140.
- [2] 杨 梅,刘义军,郑 津. 以系统能力培养为导向的计算机组成原理课程教学研究[J]. 计算机教育,2015(21):11-14.
- [3] 周玲玲. 小规模限制性在线课程在基础护理实验教学中的应用[J]. 右江民族医学院学报,2015,37(4):650-651.
- [4] 顾祝军. “遥感原理与应用”课程教学改革初探[J]. 大学教育,2015(10):108-109.
- [5] 崔贯勋. 基于云计算技术的 MOOC 实践教学平台[J]. 实验室研究与探索,2015,34(8):119-123.

- [7] 刘欢迎. 创新计算机实验教学,开启 MOOC 新时代[J]. 计算机教育,2015(9):20-23.
- [8] 马汉达. 基于 MOOC 的计算机硬件课程实验教学研究[J]. 计算机教育,2015(13):9-11.
- [9] 张亚东,王见之,张惠琴,等. 慕课时代功能学实验教学改革探索[J]. 基础医学教育,2015,17(8):723-725.
- [10] 张智焕,张惠娣. 机械工程控制的虚拟仿真实验教学实践[J]. 实验技术与管理,2014,31(7):102-103.
- [11] 孙 青,艾明晶,曹庆华. MOOC 环境下开放共享的实验教学研究[J]. 实验技术与管理,2014,31(8):192-195.
- [12] 伍兴阶,胡 析,李红松. 应对“慕课”挑战,深化医学实验教学改革[J]. 中国高等教育,2014(12):32-34.
- [13] 李山山,陈永强,刘敬略. MOOC 时代下的计算机实验教学探讨[J]. 计算机教育,2014(13):103-106.
- [14] 周 阳,苏立平,孙计桃,等. 基于 MOOC 的基础医学实验教学改革探索[J]. 疾病监测与控制,2015,9(10):690.
- [15] 张 蕾,路 璐. 基于 MOOC 理念的开放性实验教学[J]. 佳木斯职业学院学报,2015(11):233-234.
- [16] 张惠芹. MOOCs 背景下的高校实验室工作探讨[J]. 实验科学与技术,2015,13(5):232-235.