

教育部高等学校本科教学质量与教学改革工程“十二五”规划教材

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

电子技术实习教程

周珂 刘涛 主编

吕振 曾云甫 朱漪刚 张洁 参编



清华大学出版社

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

电子技术实习教程

号 718000 类 (1102) 工业技术 CIP 数据 2014 第 060817

周珂 刘涛 主编
吕振 曾云甫 朱漪刚 张洁 参编

北京

内 容 简 介

本书共4篇,19章,包括基本实训知识(第1~3章),基础电路实验(第4~10章),电子电路设计及制作(第11~16章),综合实验(第17~19章)。本书以实验为教学单元,重点体现学生实践实习环节,既有电子类基础性知识,又有综合性实训项目。本书可用于大学理工科学生电子技术实习的课堂教学和实践教学,也可作为初入门的电子工程技术人员的培训教材。

林峰校队 “五十二” 小中示示新野工队案图

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实习教程/周珂,刘涛主编.--北京:清华大学出版社,2014

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

ISBN 978-7-302-35729-2

I. ①电… II. ①周… ②刘… III. ①电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第060817号

责任编辑:庄红权 洪 英

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.5 字 数:568千字

版 次:2014年9月第1版 印 次:2014年9月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00元

产品编号:049469-01

清华大学出版社

北京

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

PREFACE

编审委员会

顾问

傅水根

主任

梁延德 孙康宁

委员(以姓氏首字母为序)

陈君若 贾建援 李双寿 刘胜青 刘舜尧
邢忠文 严绍华 杨玉虎 张远明 朱华炳

秘书

庄红权

序言



PREFACE

自国家的“十五”规划开始,我国高等学校的教材建设就出现了生机勃勃的局面,工程训练领域也是如此。面对高等学校高素质、复合型和创新型的人才培养目标,工程训练领域的教材建设需要在体系、内涵以及教学方法上深化改革。

以上情况的出现,是在国家相应政策的主导下,源于两个方面的努力:一是教师在教学过程中,深深感到教材建设对人才培养的重要性和必要性,以及教材深化改革的客观可能性;二是出版界对工程训练类教材建设的积极配合。在国家“十五”期间,工程训练领域有 5 部教材列入国家级教材建设规划;在国家“十一五”期间,约有 60 部教材列入国家级“十一五”教材建设规划。此外,还有更多的尚未列入国家规划的教材已正式出版。对于国家“十二五”规划,我国工程训练领域的同仁,对教材建设有着更多的追求与期盼。

随着世界银行贷款高等教育发展项目的实施,自 1997 年开始,在我国重点高校建设 11 个工程训练中心的项目得到了很好的落实,从而使我国的工程实践教学有机会大步跳出金工实习的原有圈子。训练中心的实践教学资源逐渐由原来热加工的铸造、锻压、焊接和冷加工的车、铣、刨、磨、钳等常规机械制造资源,逐步向具有丰富优质实践教学资源的现代工业培训的方向发展。全国同仁紧紧抓住这百年难得的机遇,经过 10 多年的不懈努力,终于使我国工程实践教学基地的建设取得了突破性进展。在 2006—2009 年期间,国家在工程训练领域共评选出 33 个国家级工程训练示范中心或建设单位,以及一大批省市级工程训练示范中心,这不仅标志着我国工程训练中心的发展水平,也反映出教育部对我国工程实践教学的创造性成果给予了充分肯定。

经过多年的改革与发展,以国家级工程训练示范中心为代表的我国工程实践教学发生了以下 10 个方面的重要进展。

(1) 课程教学目标和工程实践教学理念发生重大转变。在课程教学目标方面,将金工实习阶段的课程教学目标“学习工艺知识,提高动手能力,转变思想作风”转变为“学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质,培养创新精神和创新能力”;凝练出“以学生为主体,教师为主导,实验技术人员和实习指导人员为主力,理工与人文社会学科相贯通,知识、素质和能力协调发展,着重培养学生的工程实践能力、综合素质和创新意识”的工程实践教学理念。

(2) 将机械和电子领域常规的工艺实习转变为在大工程背景下,包括机械、电子、计算机、控制、环境和管理等综合性训练的现代工程实践教学。

(3) 将以单机为主体的常规技术训练转变为部分实现局域网络条件下,拥有先进铸造技术、先进焊接技术和先进钣金成形技术,以及数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术和柔性制造技术等先进制造技术为一体的集成技术训练。

(4) 将学习技术技能和转变思想作风为主体的训练模式转变为集知识、素质、能力和创

新实践为一体的综合训练模式,并进而实现模块式的选课方案,创新实践教学在工程实践教学中逐步形成独有的体系和规模,并发展出得到广泛认可的全国工程训练综合能力竞赛。

(5) 将基本面向理工类学生转变为除理工外,同时面向经济管理、工业工程、工艺美术、医学、建筑、新闻、外语、商学等尽可能多学科的学生。使工程实践教学成为理工与人文社会学科交叉与融合的重要结合点,使众多的人文社会学科的学生增强了工程技术素养,不仅成为我国高校工程实践教学改革的重要方向,并开始纳入我国高校通识教育和素质教育的范畴,使越来越多的学生受益。

(6) 将面向低年级学生的工程训练转变为本科4年不断线的工程训练和研究训练,开始发展针对本科毕业设计,乃至硕士研究生、博士研究生的高层人才培养,为将基础性的工程训练向高层发展奠定了基础条件。

(7) 由单纯重视完成实践教学任务转变为同时重视教育教学研究和科研开发,用教学研究来提升软实力和促进实践教学改革,用科研成果的转化辅助实现实验技术与实验方法的升级。

(8) 实践教学对象由针对本校逐渐发展到立足本校、服务地区、面向全国,实现优质教学资源共享,并取得良好的教学效益和社会效益。

(9) 建立了基于校园网络的中心网站,不仅方便学生选课,有利于信息交流与动态刷新,而且实现了校际间的资源共享。

(10) 卓有成效地建立了国际和国内两个层面的学术交流平台。在国际,自1985年在华南理工大学创办首届国际现代工业培训学术会议开始,规范地实现了每3年举办一届。在国内,自1996年开始,由教育部工程材料及机械制造基础课指组牵头的学术扩大会议(邀请各大区金工研究会理事长参加)每年举办一次,全国性的学术会议每5年一次;自2007年开始,国家级实验教学示范中心联席会工程训练学科组牵头的学术会议每年两次;各省市级金工研究会牵头举办的学术会议每年一次,跨省市的金工研究会学术会议每两年一次。丰富而优质的实践教学资源,给工程训练领域的系列课程建设带来极大的活力,而系列课程建设的成功同样积极推动着教材建设的前进步伐。

面对目前工程训练领域已有的系列教材,本规划教材究竟希望达到怎样的目标?又可能具备哪些合理的内涵呢?个人认为,应尽可能将工程实践教学领域所取得的重大进展,全面反映和落实在具有下列内涵的教材建设上,以适应大面积的不同学科、不同专业的人才培养要求。

(1) 在通识教育与素质教育方面。面对少学时的工程类和人文社会学科类的学生,需要比较简明、通俗的“工程认知”或“实践认知”方面的教材,使学生在比较短时间的实践过程中,有可能完成课程教学基本要求。应该看到,学生对这类教材的要求是比较迫切的。

(2) 在创新实践教学方面。目前,我们在工程实践教学领域,已建成“面上创新、重点创新和综合创新”的分层次创新实践教学体系。虽然不同类型学校所开创的创新实践教学体系的基本思路大体相同,但其核心内涵必然会有较大的差异,这就需要通过内涵和风格各异的教材充分展现出来。

(3) 在先进技术训练方面。正如我们所看到的那样,机械制造技术中的数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术、柔性制造技术和新型的材料成形技术,以及电子设计和工艺中的电子设计自动化技术(EDA)、表面贴装技术和自动焊接技术等已经深入到工程训练的



许多教学环节。这些处于发展中的新型机电制造技术,如何用教材的方式全面展现出来,仍然需要我们付出艰苦的努力。

(4) 在以项目为驱动的训练方面。在世界范围的工程教育领域,以项目为驱动的教学组织方法已经显示出强大的生命力,并逐渐深入到工程训练领域。但是,项目训练法是一种综合性很强的教学组织法,不仅对教师的要求高,而且对经费的要求多。如何克服项目训练中的诸多困难,将处于探索中的项目驱动教学法继续深入发展,并推广开去,使更多的学生受益,同样需要教材作为一种重要的媒介。

(5) 在全国大学生工程训练综合能力竞赛方面。2009 年和 2011 年在大连理工大学举办的两届全国大学生工程训练综合能力竞赛,开创了工程训练领域无全国性赛事的新局面。赛事所取得的一系列成功,不仅昭示了综合性工程训练在我国工程教育领域的重要性,同时也昭示了综合性工程训练所具有的创造性。从赛事的命题,直到组织校级、省市级竞赛,最后到组织全国大赛,不仅吸引了数量众多的学生,而且提升了参与赛事的众多教师的指导水平,真正实现了我们所长期企盼的教学相长。这项重要赛事,不仅使我们看到了学生的创造潜力,教师的创造潜力,而且看到了工程训练的巨大潜力。以这两届赛事为牵引,可以总结归纳出一系列有价值的东西,来推进我国的高等工程教育深化改革,来推进复合型和创造型人才的培养。

总之,只要我们主动实践、积极探索、深入研究,就会发现,可以纳入本规划教材编写视野的内容,很可能远远超出本序言所囊括的上述 5 个方面。教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组经过近 10 年的努力,所制定的课程教学基本要求,也只能反映出我国工程实践教学的主要进展,而不能反映出全部进展。

我国工程训练中心建设所取得的创造性成果,使其成为我国高等工程教育改革不可或缺的重要组成部分。而其中的教材建设,则是将这些重要成果进一步落实到与学生学习过程紧密结合的层面。让我们共同努力,为编写出工程训练领域高质量、高水平的系列新教材而努力奋斗!

清华大学 傅水根

2011 年 6 月 26 日

(4) 突出实验的趣味性。增加了温度监控报警电路、自动避障小车控制系统设计、MP3 音响制作等趣味性强、学生感兴趣的实验内容,其中自动避障小车还增加了蓝牙模块等技术教学内容。此外还结合教学环境,自主设计了与教材配套的可拼接实验模块,既方便实践教学,又提高了学生独立设计的学习兴趣。

(5) 突出实验的操作性。在焊接工艺、印制电路板制作、故障调试等工艺操作性环节中,配备了详细的实际操作图片,内容具体,可操作性强,方便对于初次学习电子技术的同学和人员进行实践指导。

通过本书的实验训练,学生可完成基础电子器件识别选择、电路设计及制作、综合产品焊接及调试这一完整的学习过程,并制作一些自己感兴趣的电子产品,为日后从事电子技术工作奠定扎实的基础。

本书由北京理工大学高等工程师学院工程训练中心电子实习基地周珂、刘涛、吕振、曾云南、朱志刚、张志刚教师编写,北京理工大学黄鸿教授、北京科技大学刘立教授、邹静高级

前言

FOREWORD

电子技术是高等工科院校实践性很强的技术基础课程。随着电子技术的不断发展,要想培养适应社会技术需求、工程素质高的专业技术人才,必须在理论教学的同时,十分重视和加强实践性教学环节。

本书根据教学大纲要求编写,以培养工程技术人才为出发点,总结了近几年来的教学改革及学生创新竞赛指导经验。书中既有电子类基础性知识,又有综合性实训项目,以实验为教学单元,重点体现学生实践实习环节。本书可用于大学理工科学生电子技术实习的课堂教学实践,也可作为初入门的电子工程技术人员的培训教材。

本书在编写中力求突出以下特点。

(1) 以实验为教学单元,突出实践教学内容。本书将电子技术知识以实验项目的形式进行编排,包含:基础器件及电路验证实验,约占 30%;培养学生实际操作能力的工艺实践性实验,约占 35%;较为复杂并要求学生独立思考的综合性设计实验,约占 35%。方便教师在实践教学时,根据不同专业对电子技术的教学需求,进行实验项目及授课内容的选择。

(2) 加强实验项目的层次性、递进性。在实验设计和选择中,遵循从基础到一般、从简单到复杂的原则,既考虑了与理论教学同步,又考虑了培养学生能力循序渐进的过程。全书章节之间、实验之间既相对独立,又具有一定的梯度;编排的顺序从元器件到单元电路再到综合电路,层次分明。

(3) 结合技术发展及学科竞赛,提升实验项目水平。本书在实验项目设计中,总结了电子技术的发展特点与需求,加入了大量集成化、模块化、数字化的技术内容。还结合校内实践教学特点,根据学生科技赛事的课题要求,进行综合性实验设计编排,如实验 17.2“手写绘图板设计及制作”,便是 2013 年全国大学生电子设计竞赛的 G 组设计题目。

(4) 突出实验的趣味性。增加了温度监控报警电路、自动避障小车控制系统设计、MP3 音响制作等趣味性强、学生感兴趣的实验内容,其中自动避障小车还增加了蓝牙模块等教学内容。此外还结合教学环境,自主设计了与教材配套的可拼接实验模块,既方便实践教学,又提高了学生独立设计的学习兴趣。

(5) 突出实验的操作性。在焊接工艺、印制电路板制作、故障调试等工艺操作性环节中,配备了详细的实际操作图片,内容具体,可操作性强,方便对于初次学习电子技术的同学和人员进行实践指导。

通过本书的实验训练,学生可完成基础电子器件识别选择、电路设计及制作、综合产品焊接及调试这一完整的学习过程,并制作一些自己感兴趣的电子产品,为日后从事电子技术工作奠定扎实的基础。

本书由北京科技大学高等工程师学院工程训练中心电子实习基地周珂、刘涛、吕振、曾云甫、朱漪刚、张洁等教师编写,北京理工大学黄鸿教授、北京科技大学刘立教授、邹静高级



工程师仔细审阅了本书,并提出了大量宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

本书得到了“十二五”期间高等学校本科教学质量与教学改革工程建设项目和北京科技大学教材建设的经费资助,为全书的编写及实验模块的设计验证提供了保障。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者提出批评和建议,以利于我们不断修正。

编 者

2014 年 3 月

目录



CONTENTS

第1篇 基本实训知识

第1章 实验要求	3
第2章 常用电子仪器的使用	4
实验 2.1 函数信号发生器的使用	4
实验 2.2 示波器的使用	7
实验 2.3 万用表的使用	14
第3章 常用电子元器件选用及检测	20
实验 3.1 电阻器的选用及检测	20
实验 3.2 电位器的选用及检测	24
实验 3.3 光敏、热敏、压敏等电阻器的选用及检测	29
实验 3.4 电容器的选用及检测	35
实验 3.5 电感器的选用及检测	40
实验 3.6 二极管的选用及检测	47
实验 3.7 三极管的选用及检测	57
实验 3.8 集成电路元器件的选用及检测	64

第2篇 基础电路实验

第4章 放大器电路	71
实验 4.1 单管放大电路	71
实验 4.2 负反馈放大电路	74
实验 4.3 集成运算放大电路	77
第5章 转换器电路	81
实验 5.1 电压/频率转换电路	81



实验 5.2	TTL 电平转换电路	86
第 6 章	信号发生器电路	90
实验 6.1	正弦波/余弦波振荡电路	90
实验 6.2	任意频率振荡器电路	91
第 7 章	A/D、D/A 转换电路	94
实验 7.1	8 位 D/A 转换电路	94
实验 7.2	8 位 A/D 转换电路	97
第 8 章	传感器应用电路	100
实验 8.1	光电传感器应用电路	100
实验 8.2	超声波传感器应用电路	104
第 9 章	调制解调电路	109
实验 9.1	FM 调制解调电路	109
实验 9.2	AM 调制解调电路	117
实验 9.3	高精度 PWM 波发生器	119
第 10 章	单片机控制电路	122
实验 10.1	单片机最小系统	122
实验 10.2	单片机输入输出电路(流水灯及键盘电路)	130
第 3 篇 电子电路设计及制作		
第 11 章	电子电路设计的基本原则和方法	151
第 12 章	电子电路设计技术及工具	159
实验 12.1	Altium Designer 软件简介	159
实验 12.2	电路原理图(SCH)设计	165
实验 12.3	印制电路板(PCB)设计	173
第 13 章	印制电路板制作技术	185
实验 13.1	印制电路板热转印制作工艺	185
实验 13.2	印制电路板感光板制作工艺	193
第 14 章	装配及焊接技术	199
实验 14.1	电子元器件的安装工艺	199
实验 14.2	电子器件焊接工艺	205

实验 14.3 SMT 贴片焊接工艺(波峰焊、回流焊)	222
实验 14.4 SMT 贴片手工焊接工艺	235
第 15 章 电子电路调试	239
实验 15.1 基本调试技术	239
实验 15.2 干扰和噪声	245
实验 15.3 抑制技术	253
第 16 章 故障检修及元器件拆卸	276
实验 16.1 故障检修方法	276
实验 16.2 基本元器件拆卸方法	285
实验 16.3 SMT 贴片式元器件拆卸方法	292
第 4 篇 综合实验	
第 17 章 模拟电路综合设计及制作	299
实验 17.1 家庭影院(音频功率放大器)设计及制作	299
实验 17.2 手写绘图板设计及制作	308
实验 17.3 FM 收音机设计及制作	316
第 18 章 数字电路综合设计及制作	327
实验 18.1 温度监控报警电路设计及制作	327
实验 18.2 交通信号灯控制电路设计及制作	337
第 19 章 电子综合产品设计及制作	343
实验 19.1 自动避障小车控制系统设计及实现	343
实验 19.2 ZX2062T 型贴片收音机插卡 MP3 音响制作	351
参考文献	359

第 1 篇

一、实验规则

(1) 实验前必须做好充分预习,完成要求的预习任务。模拟实验可以将预习实验查错填写在本实验指导书的预习检查表上,经指导教师检查,没有错误的同学才能进行实验。

基本实训知识

(2) 使用仪器前,必须了解其性能、使用方法和注意事项。

(3) 实验时认真接线,并经过检查确认无误后,才能接通电源。实验中发生故障时,应先关闭电源。

(4) 接通电源后,应首先观察有无破坏性异常现象(如仪器设备、元器件过热、发烫或有异味),如果有应立即关断电源,保护现场并报告指导老师。只有在查明原因、排除故障后才能继续做实验。在实验报告中,认真分析故障原因,并说明故障排除方法。

(5) 实验时,要遵守纪律,不迟到、不做与实验无关的事情,不动与本次实验无关的仪器设备。实验时保持室内安静。

(6) 实验数据测完后,同学先自查实验数据的正确性,再交老师检查。实验完成后应关断仪器电源,然后再拆线,并将仪器设备恢复原状,整理好实验桌及周围环境卫生。

(7) 每个同学都必须在规定时间内完成实验报告,在规定时间内上交。

(8) 每个学生都要自觉遵守本实验守则,如有违反,指导老师将立即中断其实验操作。

二、实验报告的编写和要求

(1) 写出实验目的,简述实验内容和步骤,画出实验电路图。

(2) 必须有原始记录(数据、波形、现象及所用仪器设备),不能随意更改试验参数,要有实事求是的科学作风。

(3) 对原始记录要进行必要的分析、整理,并将原始记录与预习时的理论值进行比较,分析误差原因。

(4) 回答有关的实验思考题(有的思考题可以通过实验来验证)。

(5) 选出体会最深、收获最大的 1~2 个实验内容(如实验中出现故障,应分析故障原因)在实验报告中详细写明。



实验要求

一、实验规则

(1) 实验前必须做好充分预习,完成要求的预习任务。模拟实验可以将预习要求直接填写在本实验指导书的相关内容中。实验前教师要对学生的预习进行检查,没有预习的同学不能进行实验。

(2) 使用仪器前,必须了解其性能、使用方法和注意事项。

(3) 实验时认真接线,并经过检查确认无误后,才能接通电源。实验中接线、拆线时,应先关闭电源。

(4) 接通电源后,应首先观察有无破坏性异常现象(如仪器设备、元器件冒烟、发烫或有异味),如果有应首先关断电源,保护现场并报告指导老师。只有在查清原因、排除故障后,才能继续做实验。在实验报告中,认真分析故障原因,并说明故障排除的方法。

(5) 实验时,要遵守纪律,不迟到、不做与实验无关的事情、不动与本实验无关的仪器设备。实验时保持室内安静。

(6) 实验数据测完后,同学先自查实验数据的对错,然后再交老师检查。实验完成后先关断仪器电源,然后再拆线,并将仪器设备恢复原状,整理好实验桌及周围环境卫生。

(7) 每个同学都必须在实验结束后按要求写一份实验报告,在规定时间内统一上交。

(8) 每个学生都要自觉遵守本规则,凡违背者,指导老师将立即中断其实验操作。

二、实验报告的编写和要求

(1) 写出实验目的,简述实验内容和步骤,画出实验电路图。

(2) 必须有原始记录(数据、波形、现象及所用仪器设备等),不能随意更改试验参数,要有实事求是的科学作风。

(3) 对原始记录要进行必要的分析、整理,并将原始记录与预习时的理论值进行比较,分析误差原因。

(4) 回答有关的实验思考题(有的思考题可以通过实验来验证)。

(5) 选出体会最深、收获最大的1~2个实验内容(如实验中出现故障,应分析故障原因)在实验报告中详细写明。

常用电子仪器的使用

实验 2.1 函数信号发生器的使用

一、实验目的

- (1) 掌握函数信号发生器的基本使用方法；
- (2) 利用函数信号发生器进行实际测量。

二、实验器材

- (1) 函数信号发生器；
- (2) 电子电压表；
- (3) 数字万用表。

三、实验原理

函数信号发生器按需要输出正弦波、方波、三角波 3 种信号波形。通过输出衰减开关和输出幅度调节旋钮,可使输出电压在毫伏级到伏级范围内连续调节。函数信号发生器的输出信号频率可以通过频率调节开关进行调整。函数信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

1. YB 1600 系列函数信号发生器面板图

YB 1600 系列函数信号发生器面板图如图 2.1.1 所示。

2. YB 1600 系列函数信号发生器性能

1) 仪器特点

采用直接数字合成技术、微处理控制以及大规模可编程逻辑电路,采用晶体振荡器作为系统时钟基准,通过相位累加器和数模转换器产生数字合成波形。

2) 主要技术指标

输出波形种类: 正弦波、方波;

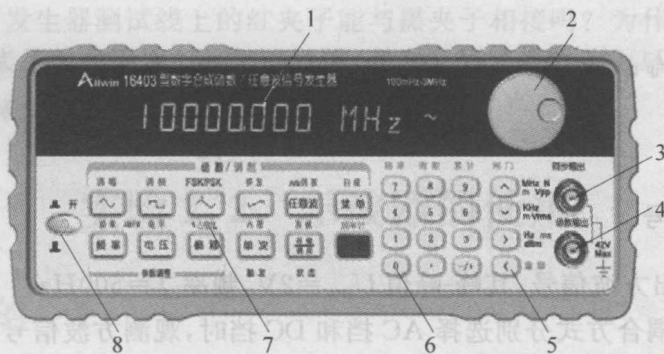


图 2.1.1 YB 1600 系列函数信号发生器面板图

1—字符显示区；2—调节旋钮；3—同步信号输出插口(输出与函数输出信号同频，相位关系保持不变的 TTL 电平信号)；4—函数信号输出插口；5—上、下、左、右键或单位键；6—数字键；7—功能键；8—电源开关

- 频率范围：1Hz~3MHz；
- 幅度范围：正弦波显示为有效值，调节范围 2mV~10V；方波显示为峰值(无直流分量)，调节范围 2mV~10V。
- 3) 具有正向频率扫描功能
- 扫描范围：起始点和终止点任意设定；
- 扫描步进：大于 1Hz 的任意值；
- 扫描速率：10ms/步进~60s/步进。

四、实验过程

1. 函数信号发生器的基本使用

- (1) 将函数信号发生器的输出端与电子电压表的输入端相连。
- (2) 利用幅度调节按键以及输出细调旋钮使指示值为 5V(实验过程始终保持)，再调节输出频率分别为 50Hz、100Hz、1kHz、100kHz、500kHz、1MHz(以上均为正弦波)，同时用电子电压表分别测出相应的电压值，填入表 2.1.1。

表 2.1.1 低频信号发生器的基本使用

衰减分贝值/dB		0	20	40
信号发生器输出=10V/衰减倍数		10V/1	10V/10	10V/100
电子电压表读数	50Hz			
	100Hz			
	1kHz			
	100kHz			
	500kHz			
	1MHz			

2. 输出正弦波信号

- 信号发生器输出正弦波信号，其有效值 $U=10\text{mV}$ ，频率 $f=1\text{kHz}$ 。
- (1) 用示波器测量验证信号发生器输出正弦波信号，将波形画在实习报告中。要求波