



高等学校电子与通信工程类专业“十三五”规划教材
电子信息实验及创新实践系列教材

模拟电子电路 实验与设计教程

主 编	姜玉亭		
副主编	李淑明	严 俊	明
	李晓冬	张	



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与通信工程类专业“十三五”规划教材
电子信息实验及创新实践系列教材

模拟电子电路实验 与设计教程

主 编	姜玉亭		
副主编	李淑明	严 俊	
	李晓冬	张 明	

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是模拟电子技术基础实验和操作指导书,书中还结合具体实验介绍了 Multisim 电路仿真软件及其应用方法。

本书分为三大部分:第1部分是模拟电子电路实验基础,主要介绍了模拟电子技术的电路调试、故障检测以及常用仪器的使用等相关知识;第2部分是本书的核心,讲述了模拟电子技术基础实验及仿真;第3部分是综合设计性实验,讲述了设计性实验的设计思路和设计方法,并给出了参考电路图。

本书可作为电子信息、通信工程、电气控制、自动化及相近专业本科生模拟电子技术实验的教材。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子电路实验与设计教程/姜玉亭主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2016.10

ISBN 978-7-5606-4303-8

I. ① 模… II. ① 姜… III. ① 模拟电路—实验—教材 ② 模拟电路—设计—教材
IV. ① TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 238464 号

策 划 邵汉平

责任编辑 许青青

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子信箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西大江印务有限公司

版 次 2016年10月第1版 2016年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 9

字 数 210千字

印 数 1~3000册

定 价 20.00元

ISBN 978-7-5606-4303-8/TN

XDUP 4595001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

“模拟电子技术”是工科电类专业重要的专业基础课程，其理论性与实践性都很强，而实验是学习和掌握这门课程的必要环节。本书是根据模拟电子技术基础课程教学大纲要求编写的与理论教材配套的实验教材。本书内容丰富，旨在培养学生的动手能力、基础训练和综合应用能力以及计算机应用能力。

本书内容分为三大部分：第1部分为模拟电子电路实验基础，主要对实验的目的和意义、基本程序、调试与故障检测、常用仪器的使用以及 Multisim 10 仿真软件的基本功能和使用进行了简要介绍，以便为顺利进行实验做好准备；第2部分为模拟电子技术基础实验及仿真，主要是对经典模拟电路的验证以及对实验电路的仿真，另外增加了对模拟电子技术的核心部件——三极管的介绍；第3部分为综合设计性实验，包括9个设计性实验。

姜玉亭担任本书主编，李淑明、严俊、李晓冬、张明担任副主编。唐甜、孟德明等为本书提出了很多宝贵意见，在此向他们表示感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者指正。

编 者

2016年7月

目 录

第 1 部分 模拟电子电路实验基础	1
1.1 模拟电子电路实验的目的及意义	1
1.2 模拟电子电路实验的基本程序	1
1.3 模拟电子电路实验的调试与故障检测	3
1.3.1 电路的调试	3
1.3.2 电路的故障检查	5
1.4 电子实验常用仪器的使用	7
1.4.1 信号发生器	7
1.4.2 示波器	9
1.4.3 直流稳定电源	16
1.4.4 半导体管特性图示仪	17
1.5 Multisim 10 仿真软件的使用	23
1.5.1 Multisim 10 基本操作	23
1.5.2 Multisim 10 电路创建与仿真	29
第 2 部分 模拟电子技术基础实验及仿真	32
2.1 晶体管特性曲线的测试	32
2.2 单级放大电路	38
2.3 场效应管放大电路	46
2.4 差动放大电路	51
2.5 互补对称功率放大器	58
2.6 两级负反馈放大器	64
2.7 集成运算放大器的应用	71
2.8 整流滤波与稳压电源	84
2.9 集成功率放大器	90
第 3 部分 综合设计性实验	96
3.1 单级放大电路的设计与制作	96
3.2 音频功率放大器的设计与制作	98
3.3 集成电路、分立元件混合放大器的设计	101
3.4 集成运算放大器应用电路的设计	105
3.5 基于数字电位器的增益可调放大器的设计	108
3.6 电压比较器的设计	111

3.7	直流稳定电源的设计	116
3.8	波形发生器的设计	117
3.9	有源滤波器的设计	120
附录 A	常用电子元器件简介	126
A.1	半导体三极管	126
A.2	场效应管	130
附录 B	实验室常用工具和使用及手工锡焊的基本操作	132
B.1	实验室常用工具和使用	132
B.2	手工锡焊的基本操作	134
附录 C	PCB 基础知识	136
参考文献		138

第1部分

模拟电子电路实验基础

1.1 模拟电子电路实验的目的及意义

“模拟电子技术”是一门工程性和实践性很强的课程，实验在这一学科的研究及发展过程中起着至关重要的作用，电路实验是电路课程教学中不可缺少的实践环节。通过实验手段，可使学生获得模拟电子电路实验的基本知识和基本技能，帮助学生获得必要的感性知识，进一步巩固和掌握所学的理论知识，并运用所学理论来分析和解决实际问题。培养学生的实验操作能力和动手实践能力，提高其分析与解决实际问题的能力和实际工作能力，这对于正在进行本课程学习的学生来说是非常重要的。

随着社会对人才的要求越来越高，相应地对实验课的内容和形式也提出了更高的要求。本实验课程将实验教学内容分为基础验证性实验、综合设计性实验以及实验的虚拟仿真。验证性实验主要是以电子元器件的特性参数和基本单元电路为主，根据实验目的、实验电路、仪器设备和较详细的实验步骤，通过实验来验证模拟电子电路的有关理论，从而进一步巩固学生的基本知识和基本理论；综合设计性实验是根据给定的实验题目、内容和要求自行设计实验电路，选择合适的电子元器件来设计组装电路。通过这个过程，培养学生综合运用所学知识解决实际问题的独立工作能力；实验的虚拟仿真可使学生提前预习实验内容，同时促使其掌握电子电路常用仿真应用软件，从而培养学生掌握和应用模拟电子电路实验的新技术及新方法。

1.2 模拟电子电路实验的基本程序

一、实验要求

- (1) 实验前应认真预习，并按要求写好预习报告，以备老师检查。
- (2) 提前熟悉实验仪器设备的调节及使用方法。
- (3) 提前到达实验室，不迟到，不缺席。
- (4) 实验中应集中思想，严格遵守实验操作规程，出现问题时立即报告。

(5) 以科学的态度对待实验数据的真实性。要认真、实事求是地记录实验数据, 严禁抄袭实验数据。

(6) 模拟电子电路实验要求单人单组, 独立完成。实验总评成绩 = 平时成绩 $\times 40\%$ + 考试成绩 $\times 60\%$, 考试成绩由实际操作和笔试构成。

二、实验报告的编写要求

实验报告是对实验全过程的陈述和总结。编写模拟电子技术实验报告, 要求语言通顺, 字迹清晰, 原理简洁, 数据准确, 物理单位规范, 图表齐全, 曲线平滑, 结论简洁明了。通过编写实验报告, 能够找寻理论知识与客观实在的结合点, 提供对理论知识的认识理解, 训练撰写科技总结报告的能力, 从而进一步体验实事求是、注重实践的认知规律, 培养尊重科学、崇尚文明的科学理念, 锻炼严谨认真、一丝不苟的工程素养。

模拟电子技术实验的内容很多, 每个实验的目的、步骤也有所不同, 但基本过程是类似的。为了达到实验的预期效果, 要求实验者必须做好以下几方面的工作:

1. 预习报告

为了避免盲目性, 使实验过程有条不紊地进行, 每个实验者在实验前都要做好以下几方面的准备工作:

(1) 认真阅读实验教材, 明确实验目的、任务, 了解实验内容, 无目的的实验只能是盲目的实验, 是资源的浪费。

(2) 实验原理是实验的理论依据, 要通过对相关理论知识的复习和公式的计算, 对实验结果有一个符合逻辑的科学估算。陈述实验原理, 要求概念清楚, 简明扼要。对于设计性实验, 还要提出多个设计方案, 绘制设计原理图, 经过论证选择一个合适的实验方案。从这个意义上讲, 预习报告也称作设计报告。

(3) 根据实验内容拟好实验步骤, 认真完成所有要求的电路设计、线路连接、调试等任务; 选择测试方案, 掌握所有仪器的使用方法。

(4) 对实验中应记录的原始数据和待观察的波形应先画好空白表和坐标, 以待实验中使用。

(5) 对要做的实验电路进行必要的计算机仿真分析, 并回答相关的部分思考问题, 有助于明确实验任务和要求, 及时调整实验方案, 并对实验结果做到心中有数, 以便在实物实验中有的放矢, 避免走弯路, 提高效率, 节省资源。

(6) 无论是验证性实验还是设计性实验, 均应按照原理图并结合实验要求, 拟定测试方案和步骤, 针对被测试对象选择合适的测试仪表和工具, 制订最佳方案。

2. 实验报告

写报告的过程, 就是对电路的设计方法和实验方法加以总结, 对实验数据进行处理, 对所观察的现象加以分析, 并从中找出客观规律和内在联系的过程, 它是一个提高的过程。因各学科的实验性质和内容有别, 故报告要求也不一样, 就模拟电子技术基础实验而言, 实验报告一般应由以下几部分组成。

(1) 实验名称。实验名称应反映该报告的性质和内容。

(2) 实验目的。实验目的应简明扼要地交代本次实验要掌握什么,熟悉什么,了解什么。

(3) 实验仪器。应列出实验仪器的名称和型号,其目的是让人了解实验仪器的精度等级和先进程度,以便对实验结果的可信度做出恰当的评价。

(4) 实验电路原理图。应按标准画出最后完成设计任务所要求的实验电路原理图,并标出元器件的名称及参数,特别是对实验过程中修改过的元器件及参数,要着重加以注明。若采用印制电路板装配,则应画出装配示意图。

(5) 实验内容及主要步骤。要交代装配时的注意事项,调试时的方法、步骤及内容等。特别是当技术指标不满足或不符合设计要求时,要分析、修正设计方案。

(6) 实验数据处理。应认真整理和处理实验数据,注意确定实验数据的有效数字位数,并列成表格或画出曲线(在坐标纸上)。

(7) 实验结果及分析。实验结果要反映所做实验的深度,是检验理论和实践结合情况的一个重要标准。

① 对实验结果进行理论分析,找出产生误差的原因,提出减少实验误差的措施。

② 详细记录组装、调试和测试过程中发生的故障及问题,进行故障分析,说明故障排除的过程及方法。

③ 认真写出对本次实验的心得体会和意见,以及改进实验的建议。

(8) 实验结论。实验结论是指在实验中获得收获和体会。

实验总结报告用于概括实验的整个过程和结果,是实验工作的最后环节,也是最重要的一个环节。总结报告必须真实可靠、实事求是,不能有半点虚假。一份好的实验总结报告一定是理论与实践相结合的产物,最终能使自己乃至读该报告的人在理论知识、动手能力、创新思维上受到启迪。

实验报告封面应注明课程名称,实验项目名称,实验者姓名、学号,实验台号。

1.3 模拟电子电路实验的调试与故障检测

实践证明,即使一个电路完全按照所设计的电路参数进行安装,甚至已被前人验证是可行的电路,往往也难以实现其预期的电路功能,一个连接好的电路不可能不经调试就满足设计要求。因此,必须经过实验测试和调整,发现和纠正设计与组装中的不足,才能达到预定的设计要求。所以,对于在电子技术领域工作的人员来说,掌握电子线路的调试技术非常重要。由于构成电子电路所需的元器件参数存在离散性,线性连接存在随机性,工作环境存在多变性,因而对电子电路进行的调试就是进行一系列测试、分析、调试、再测试、再分析、再调试的工作。调试电子电路的目的就是在预定的工作条件下实现电路的技术指标。

1.3.1 电路的调试

现代的电子电路调试分为软件仿真和硬件实测两部分。无论是软件仿真还是硬件实测,通常都是先进行分调,后进行总调。所谓总调,是对由各单元电路构成的总体电路进

行的调试,最终使之实现总体技术指标。具体的调试步骤如下所述。

一、通电前检测

1. 检查连线情况

不管是安装在万能板上还是印制板上的电路,即使连线数量不是很多,也难免发生错接、少接和多接线的情况。检查连线一般可直接对照电路安装图进行,但若电路中连线较多,则应以元器件(如运算放大器、三极管)为中心,依次检查其引脚的有关连线,这样不仅可以查出错接或少接的线,而且也较易发现多余的连线。为了确保连线的可靠,在查线的时候,还可以使用万用表电阻挡对接线作连接通断检查,而且最好直接在器件引脚处测量,这样可同时查出“虚焊”隐患。

2. 检查元器件的安装情况

重点应该检查集成运放(集成运算放大器的简称)、三极管、二极管、电解电容、电源等的引脚和极性是否接错,以及引脚间有无短接,同时还需检查元器件焊接处是否可靠。

3. 检查电源输入端与公共接地端之间有无短接

通电前,还必须用万用表检查电源输入端与公共接地端之间是否存在短接,若有,则必须进一步检查其原因。

4. 检查电源

检查直流电源、信号源、地线是否连接正确;检测直流电源、信号源的波形数据是否符合要求。

完成以上各项检查并确认无误后,才可通电调试。

二、通电检测

1. 通电观察

电路一经通电,应首先观察元器件是否烫手,电路有无冒烟、异味,被测电路的电源电压和接地点(包括集成芯片的电源、地引脚)是否正常,电源的输出电流是否过高。如果发现异常现象,应立即关断电源。待排除故障后,再重新接通电源。

2. 静态调试

静态调试是指在没有加入信号的条件下进行的调试工作,也称为直流调试或静态工作点调试。对模拟电路要求工作在线性状态,而对于数字电路则要求工作在开关状态,即要求电路各输入、输出端的直流电量参数符合设计要求。如不符合要求,应适当调整电路的直流偏置系统,必要时需调换元器件。

3. 动态调试

动态调试是指在静态调试正常的条件下加入信号所进行的调试工作。对于模拟电路应借助示波器定性观察输入、输出波形的幅值、频率、相位等是否符合要求。一旦发现与设计不符的情况,应对电路的相关部件进行调整。经调整后的电路,应重新进行静态调试。

4. 指标测试

电路经静态、动态调试正常后,可进行技术指标测试。指标测试需借助多种电子测量仪器。依据指标物理含义的不同和测试条件的不同,选用的仪器设备不同,采用的测试方法也不同。指标测试是一项严谨细致的工作,通过对测试数据的分析,能够对设计电路作出完整求实的结论。发现实验电路与设计要求存在差异时,要找出原因,及时调整,甚至修正设计方案。可见,在调试电路的整个工作中,指标测试既是过程也是结果。为了得到满意的电路、可靠的数据,经常需要进行多次重复指标测试。

在调试过程中,无论调换元器件还是更改连线,切记应当首先关断电源。要认真做好实验记录,包括实验条件、实验方案、实验现象、信号波形、测试数据等。只有通过大量如实的实验记录,才能及时完善实验电路,建立良好的工作风范,从而逐步提高分析问题和解决问题的能力。

1.3.2 电路的故障检查

如果电路丧失了基本功能,或者反映电路特征的某些额定值、性能指标的偏差超出了规定的范围,如放大器无输出或输出波形严重失真等,就可以认为电路出现了故障。

一、常见故障的来源

1. 测试仪器引起的故障

可能有的测试仪器本身就有故障,功能失常或是与电路相连的信号线损坏,使之无法测试;还有可能是操作者对仪器使用不正确而引起的故障,如示波器通道选择错误,会造成无波形输出。

2. 电路中元器件本身原因引起的故障

电阻、电容、晶体管及集成器件等特性不良或损坏等,属于电路中元器件本身原因引起的故障。这种原因引起的故障现象经常是电路有输入而无输出或输出异常。

3. 人为引起的故障

操作者将连线错接或漏接,元器件参数选错,三极管型号选错,二极管或电解电容极性接反等,都属于人为引起的故障。这类故障都有可能導致电路不能正常工作。

4. 电路接触不良引起的故障

焊接点虚焊,插接点接触不牢靠,电位器滑动端接触不良,接地不良,引线断线等,都属于电路接触不良引起的故障。这种原因引起的故障一般是间歇式或瞬时出现,或者突然停止工作。

5. 各种干扰引起的故障

所谓干扰,是指外界因素对电路有用信号产生的扰动。干扰源种类很多,如接地处理不当引入的干扰、直流电源因滤波不佳而引入的干扰、感应干扰等。

二、检查故障的基本方法

1. 直接观察法

直接观察法是指不使用任何仪器,只凭人的视觉、听觉、嗅觉以及直接碰或摸元器件作为手段来发现电路有无发烫、冒烟、焦味、打火、开路、短路等现象。直接观察法包括:观察电路的布局、布线是否合理;观察电子元件的外观有无断裂、变形、损坏,引脚有无错接、漏接、短接;观察仪器仪表的使用挡位、读数方法是否正确;通电观察电源电压、接地点和器件的静态工作点是否正常。

2. 跟踪法

查找故障发生在电路的哪一个环节、哪一条连线,最常用的方法是在被调试电路的输入端接入适当幅度与频率的信号(如 $f=1000\text{ Hz}$ 的正弦信号),利用示波器,并按信号的流向,从前级到后级逐级观察电压波形及幅值的变化情况,从而找出故障所在。这种方法对各种电路普遍适用,在动态调试电路中更应该使用。

3. 比较法

若怀疑某一电路存在问题,则可以将此电路的参数和工作状态与相同的正常电路一一进行对比,从中分析故障原因,判断故障点。

4. 替换法

当故障发生在电路比较隐蔽的地方,无法用常规的方法检查出来时,可用正常的免调试的模块电路或元件替换怀疑有问题的模块电路或元器件。如果故障排除了,说明故障出现在被替换的电路或元器件中,从而可以缩小故障范围,便于查找故障原因。

5. 补偿法

当有寄生振荡时,可用适当容量的电容器使电路各个合适部位通过电容对地短路。如果电容接到某点寄生振荡消失,则表明振荡就产生在此点附近或前级电路中。特别要注意,补偿电容要选得适当,不宜过大,通常只要能较好地消除有害信号即可。

6. 短路法

短路法就是采取临时短接一部分电路来寻找故障的方法。短路法对检查断路故障最有效。但值得注意的是,在使用此方法时,应考虑到短路对电路的影响,如对稳压电路就不能采用短路法。

7. 断路法

断路法也是一种缩小故障范围的有效方法,且对检查短路故障最有效。例如,若某稳压电源接入一带有故障的电路使输出电流过大,此时可分别断开各个供电支路,如果断开某一支路,电流恢复正常,则说明故障就发生在该支路中。

在实际调试中,检查和排除故障的方法是多种多样的,这些方法的使用可根据设备条件、故障情况灵活掌握。对于简单的故障或许用一种方法即可查找出故障点,但对于较复杂的故障则需采用多种方法,互相协调、互相配合,才能找出故障点。

1.4 电子实验常用仪器的使用

在电子技术实验中,测试与定量分析电路的静态和动态的工作状况时,最常用的电子仪器有信号发生器、示波器、直流稳定电源、数字式万用表等。

1.4.1 信号发生器

信号发生器也叫信号源,在电子实验中用来产生所需要的信号。信号发生器可产生不同波形、频率和幅度的信号,是电路实验中常用的仪器。

目前的信号源多采用直接数字合成技术信号发生器,仪器的稳定性和可靠性都比较高。数字合成信号发生器(DDS)没有振荡元件,是用数字合成方法产生一连串数据流,再经过数/模转换产生预先设定的模拟信号,即利用程序软件产生所需的信号。

下面我们以 TF6000 系列信号发生器为例介绍信号发生器的使用方法。TF6000 系列信号发生器的面板图如图 1.4.1 所示。

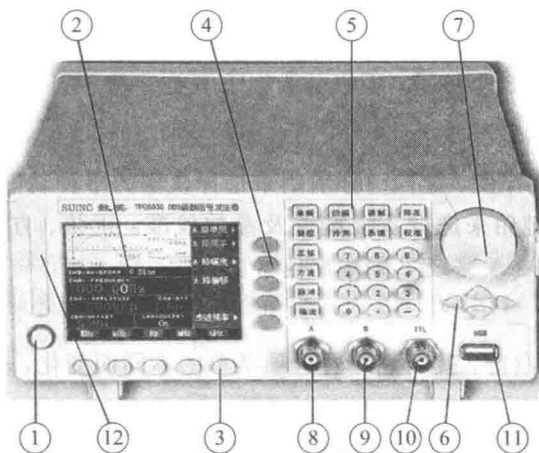


图 1.4.1 TF6000 系列信号发生器的面板图

一、面板功能键介绍

面板图上的数字分别指的是:① 电源开关,② 显示屏,③ 单位软键,④ 选项软键,⑤ 功能键、数字键,⑥ 方向键,⑦ 调节旋钮,⑧ 输出 A,⑨ 输出 B,⑩ TTL 输出,⑪ USB 接口,⑫ CF 卡槽(备用)。

二、屏幕显示说明

仪器使用 3.5 英寸(注:1 英寸 $\approx$ 2.54 厘米)彩色 TFT 液晶显示屏,见图 1.4.2。

图 1.4.2 中:左边上部为各种功能下的 A 路波形示意图①;右边中文显示区,上边一行为功能菜单②,下边五行为选项菜单③;左边英文显示区为参数菜单,自上至下依次为

“B 路波形”、“频率等参数”、“幅度”、“A 路衰减”、“偏移等参数”、“输出开关”④；最下边一行为输入数据的单位菜单⑤。

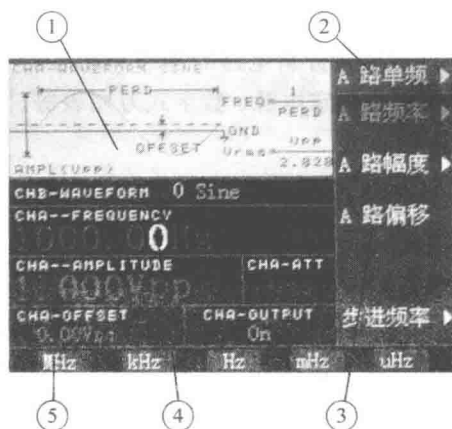


图 1.4.2 液晶显示屏

三、键盘说明

仪器前面板上共有 38 个按键，可以分为以下五类。

1. 功能键

单频、扫描、调制、猝发、键控键分别用来选择仪器的十种功能。外测键用来选择频率计数功能。系统、校准键用来进行系统设置及参数校准。正弦、方波、脉冲键用来选择 A 路波形。输出键用来开关 A 路或 B 路输出信号。

2. 选项软键

屏幕右边有五个空白键，其功能随着选项菜单的不同而变化，称为选项软键。

3. 数据输入键

0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 键用来输入数字。· 键用来输入小数点。— 键用来输入负号。

4. 单位软键

屏幕下边有五个空白键，其定义随着数据的性质不同而变化，称为单位软键。数据输入之后必须按单位软键，表示数据输入结束并开始生效。

5. 方向键

<、> 键用来移动光标指示位，转动旋钮时可以加减光标指示位的数字。Λ、V 键用来步进增减 A 路信号的频率或幅度。

四、基本操作

下面举例说明信号发生器的基本操作方法。

1. A 路单频

按单频,选中“A路单频”功能。A路频率设定:设定频率值为3.5 kHz,按选项1软键,选中A路频率,按3、、5 kHz。A路频率调节:按<或>键可移动数据中的白色光标指示位,左右转动旋钮可使指示位的数字增大或减小,并能连续进位或借位,由此可任意粗调或细调频率。其他选项数据也都可用旋钮调节,不再重述。按选项1软键,选中A路周期,可以设定A路周期。A路幅度设定:设定幅度峰峰值为3.2 V,按选项2软键,选中A路幅度,按3、、2。A路幅度设定:设定幅度有效值为1.5 Vrms,按1、、5。还可以设定A路衰减和A路偏移。A路波形选择:正弦、方波、脉冲,可以选择A路相应的波形。

2. B 路单频

按单频,选中B路单频功能。B路频率幅度设定:B路的频率和幅度设定与A路类同,只是B路不能进行周期设定,幅度设定只能使用峰峰值,不能使用有效值。B路波形选择:选择三角波,按选项3软键,选中B路波形,按2、OK。A路谐波设定:设定B路频率为A路的三次谐波,按选项4软键,选中A路谐波,按3、time。A、B相差设定:设定A、B两路信号的相位差为 90° ,按选项4软键,选中AB相差,按9、0、 $^\circ$ 。两路波形相加:A路和B路波形线性相加,由A路输出,按选项5软键,选中AB相加。

1.4.2 示波器

示波器是一种用来观测各种周期性变化电压波形的电子仪器,可用来测量其幅度、频率、相位等。一个示波器主要由示波管、垂直放大器、水平放大器、锯齿波发生器、衰减器等部分组成。

与传统的模拟示波器相比,数字存储示波器利用数字电路和微处理器来增强对信号的处理能力、显示能力以及模拟示波器没有的存储能力。KEYSIGHT 2000X是一种小型、轻便式的四通道数字示波器(见图1.4.3),下面以它为例进行介绍。

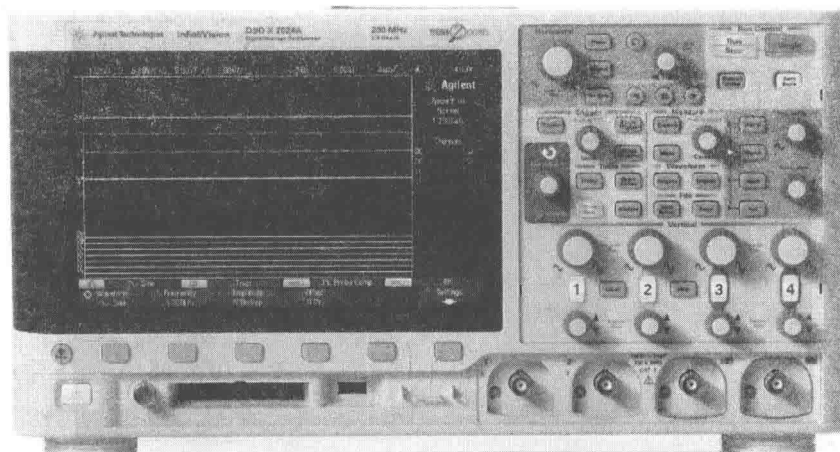


图 1.4.3 KEYSIGHT 2000X 数字示波器

一、面板各功能键介绍

1—电源开关，如图 1.4.4 所示。

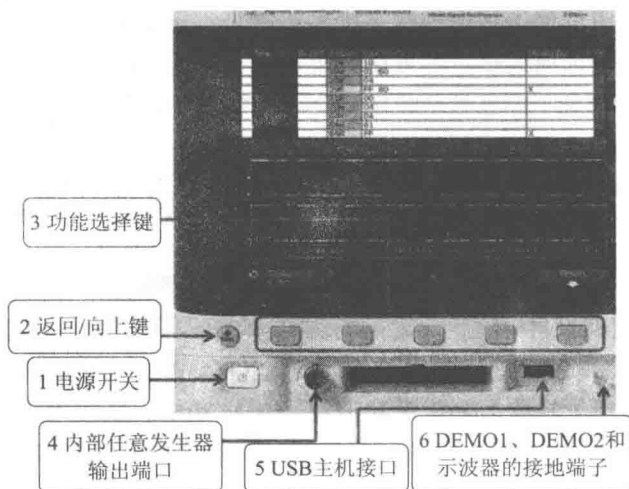


图 1.4.4 KEYSIGHT 2000X 数字示波器面板结构图一

2—Back 返回/向上键，可在软键菜单层次结构中向上移动。在层次结构顶部，返回/向上键将关闭菜单，改为显示示波器信息。

3—功能选择键，在测试过程中，需要选择不同的测试功能时，按对应位置的按键便可以进行选择。

4—内部任意发生器输出端口。

5—USB 主机接口，用来存数数据、图像，便于后期整理实验报告。

6—DEMO1、DEMO2 和示波器的接地端子。

7—Auto Scale，按一下仪器自动将波形设置为最佳，如图 1.4.5 所示。

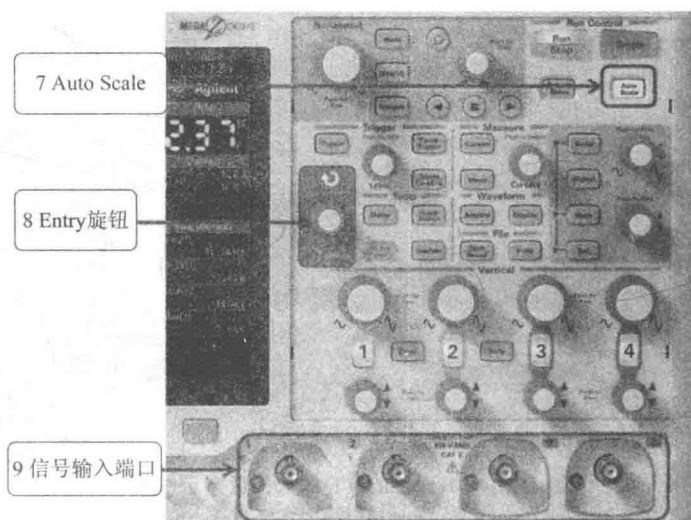


图 1.4.5 KEYSIGHT 2000X 数字示波器面板结构图二

8—Entry 旋钮, 通过旋转该旋钮控制选项移动, 按下表示确定选择。

9—信号输入端口, 通过探头或者 BNC 电缆将信号引入。

10—水平控制区(见图 1.4.6):

① 水平缩放旋钮: 旋转该旋钮可实现水平时基的缩放, 按下可在粗调/细调间切换。

② 水平平移旋钮: 该旋钮可实现波形水平平移, 按下可以迅速将波形的偏移归零。

③ 水平键(Horiz): 按下该键可打开水平设置菜单, 可在其中选择 XY 和滚动模式(即常用模式, 此时水平方向为时间, 垂直方向为电压)。

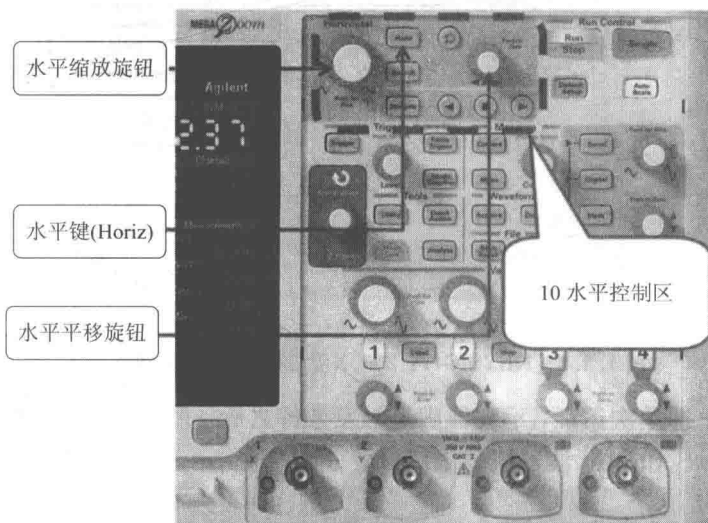


图 1.4.6 KEYSIGHT 2000X 数字示波器面板结构图三

11—垂直控制区(见图 1.4.7):

① 通道标识按键: 按下亮起表示通道打开, 可设置该通道的相应参数。

② 垂直分度切换旋钮: 按下可以实现粗调/细调切换。

③ 垂直移动旋钮: 控制波形在屏幕上上下下移动。

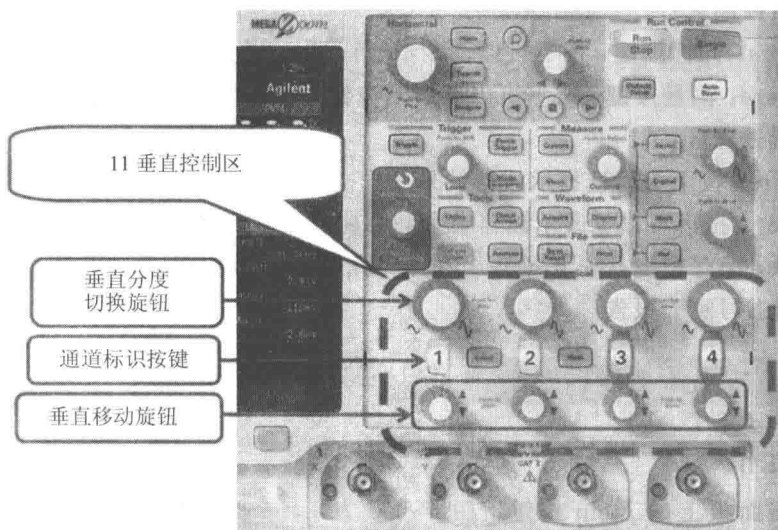


图 1.4.7 KEYSIGHT 2000X 数字示波器面板结构图四