

电子电路实验系列教材

丛书主编 周 娅

模拟电子电路 mini

实验·设计·仿真

主 编 李淑明
副主编 姜玉亭 王守华 秦冬成



电子科技大学出版社

电子电路实验系列教材

模拟电子电路实验·设计·仿真

丛书主编 周 娅

主 编 李淑明

副 主 编 姜玉亭 王守华

秦冬成

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子电路实验·设计·仿真 / 李淑明主编. —成都:
电子科技大学出版社, 2010.2

(电子电路实验系列教材)

ISBN 978-7-5647-0438-4

I. 模… II. 李… III. 模拟电路—实验 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 013373 号

内 容 提 要

本书结合仿真软件 Multism 10, 将仪器设备的使用、仿真技术的应用、实验技能的训练贯穿始终。本书中所选择的每个实验均编有实验原理、仿真分析和思考问题。

本实验指导书共分 5 章, 第 1 章为绪论, 总体概述了模拟电子技术实验的性质与任务, 以及电路的调试和故障检查; 第 2 章介绍了常用测量仪器的使用, 着重介绍频率特性测试仪、失真度测量仪和半导体管特性图示仪的使用; 第 3 章是模拟电子技术基础实验; 第 4 章是综合设计性实验, 在该章中有 8 个设计性实验; 第 5 章介绍了 Multisim 10 仿真软件的基本功能和使用。

本书可作为电气、电子信息类专业本科生电子技术实验的教材, 各院校可根据实际学时的多少和专业类别的不同要求, 灵活选用实验内容。

电子电路实验系列教材 模拟电子电路实验·设计·仿真

丛书主编 周 娅

主 编 李淑明

副 主 编 姜玉亭 王守华 秦冬成

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 朱 丹

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 郫县犀浦印刷厂

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 11.25 字数 274 千字

版 次: 2010 年 2 月第一版

印 次: 2010 年 2 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-0438-4

定 价: 21.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

《模拟电子技术》是电类专业的一门重要的应用技术基础课，与该课程相对应的实验是学习和掌握电子器件及基本电路的实践性环节。通过实验可使学生掌握器件的性能、参数及电子电路的内在规律、各功能电路间的相互影响，验证理论并提高对实验技能的运用能力。通过实践教学，可使学生进一步掌握基础知识、基本实验方法及基本实验技能。

本实验通过对模拟电路的性能测试，使学生掌握电子电路中基本单元电路的构成原理，了解基本的元器件的性能及应用，掌握基本放大电路、负反馈电路、差动放大器、集成运算放大器应用电路、稳压电路、低频功放等常用基本电路的调整及主要性能的测量，使学生巩固所学的理论知识。

由于科学技术的飞速发展，社会对人才的要求越来越高，不仅要求具有丰富的知识，还要具有更强的对知识的运用能力及创新能力，以适应新形势的要求。在本课程体系中，实验教学内容划分为基础验证性实验、综合性设计性实验。通过综合性设计性实验，可以提高学生综合运用知识的能力和驾驭基本实验技能的能力。本书的主要特点是增加了仿真环节，利用 Multisim 10 这一强有力的电子电路仿真软件，对每一个实验都进行了仿真，学生也可以在虚拟平台上搭建电路，提前做好实验前的预习准备工作，以便能够更好地、更快地完成实验内容。

本实验指导书共分 5 章，第 1 章为绪论，总体概述了模拟电子技术实验的性质与任务，以及电路的调试和故障检查；第 2 章介绍了常用测量仪器的使用；着重介绍频率特性测试仪、失真度测量仪和半导体管特性图示仪的使用；第 3 章是模拟电子技术基础实验；第 4 章是综合设计性实验，在该章中有 8 个设计性实验；第 5 章介绍了 Multisim 10 仿真软件的基本功能和使用。

本书由李淑明担任主编，姜玉亭、王守华、秦冬成担任副主编，周娅教授、朱名日教授审阅。本书的编写还得到了黄品高、严俊、李晓冬等老师的大力支持，他们为本书提出了很多宝贵意见，在这里向他们表示感谢。

由于编者水平有限，对书中的错误和不足之处，恳请读者指正！

编 者

2009 年 12 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 模拟电子电路实验的性质与任务	1
1.2 模拟电子电路实验的调试与故障检测	2
1.2.1 电路的调试	2
1.2.2 电路的故障检查	3
1.3 模拟电子技术实验的基本程序	5
第2章 电子实验常用仪器的使用	8
2.1 交流毫伏表	8
2.2 直流稳定电源	9
2.3 示 波 器	10
2.4 信号发生器	13
2.4.1 函数信号发生器	13
2.4.2 数字合成信号发生器工作原理	15
2.5 频率特性测试仪	19
2.6 失真度测量仪	27
2.7 半导体管特性图示仪	31
第3章 模拟电子技术基础实验	39
3.1 晶体管特性曲线的测试	39
3.2 单级放大电路	46
3.2.1 单级晶体管共射放大电路	47
3.2.2 共集电极放大电路（射极跟随器）	54
3.2.3 共基极放大电路	58
3.3 结型场效应管放大电路	62
3.4 差动放大电路	66
3.5 负反馈放大器	74
3.5.1 分立元件负反馈放大器	74
3.5.2 集成电路负反馈放大器	80
3.6 集成运算放大器的应用	85
3.7 RC 正弦波振荡器	98

3.8 分立器件功率放大器	103
3.9 集成功率放大器	108
3.10 直流稳压电源	113
第4章 综合设计性实验	120
4.1 波形发生器设计	120
4.2 集成电路、分立元件混合放大器的设计	122
4.3 低频功率放大器的设计	127
4.4 直流稳定电源的设计	128
4.5 基于数字电位器增益可调放大器	130
4.6 电压比较器的设计	133
4.7 有源滤波电路	138
4.8 晶闸管可控整流电路	142
第5章 Multisim 10 仿真软件的使用	146
5.1 Multisim 10 基本操作	146
5.2 Multisim 10 电路创建与仿真	156
附录一 常用电子元器件简介	161
附录二 实验室常用工具和使用材料的使用	168
参考文献	173

第 1 章 绪 论

1.1 模拟电子电路实验的性质与任务

模拟电子电路基础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。通过实验手段,使学生获得模拟电子电路实验的基本知识和基本技能,并运用所学理论来分析和解决实际问题,提高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。

模拟电子电路实验可以分为两个层次进行:第一个层次是验证性实验,它主要是以电子元器件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;第二个层次是综合性和设计性实验,学生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组装实验电路,拟定出调整测试方案,最后达到设计要求。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。

实验的基本任务是使学生在基础实验知识、基础实验理论和基本实验技能三个方面受到较为系统的训练,逐步培养他们爱实验、敢实验、会实验,成为善于把理论知识与实践相结合的专门人才。

模拟电子电路实验的内容极其丰富,涉及的知识面很广,并且还在不断充实、更新。在整个实验过程中,对于示波器、信号发生器、直流稳定电源、交流毫伏表等常用电子仪器的使用方法;频率、电压(电流)的平均值、有效值、振幅和峰峰值以及各种电子电路主要技术指标的测试技术;实验数据的分析、处理能力和仿真软件的使用等,都是需要着重掌握的。

为了确保实验教学质量,应采取以下基本教学方法和措施:

(1) 强调以实验操作为主,实验理论教学为辅。围绕和配合各阶段实验的教学内容和要点,进行必要的和基础的实验理论教学。

(2) 采用多媒体教学、电路仿真实验等多种手段,以提高实验教学效果。

(3) 按照基本要求,分阶段进行实验:前阶段进行基本实验,每个基本实验着重解决 2~3 个基本问题。注意让某些重要的实验内容出现适当的重复,以加深印象并熟练操作;后阶段着重安排一些中型或大型实验,主要用于培养综合运用实验理论的能力并加强实验技能的训练,特别应注意在理论指导下提高分析问题和解决问题的能力。

(4) 贯彻因材施教的原则,对不同程度的学生提出不同的要求,在完成规定的基本实验内容后,允许能力较强的学生加做某些实验内容。

(5) 以严格的实验制度确保实验教学质量。要求做到实验前有预习, 实验后有数据处理、问题分析和总结, 期末有考试。独立设课, 实验总评成绩=平时成绩*40%+考试成绩*60%, 非独立授课的实验成绩=平时成绩, 但实验课时超过 10 学时的非独立授课的实验总成绩获得参照独立设课的实验。实验考试成绩由实际操作成绩和笔试成绩构成。

1.2 模拟电子电路实验的调试与故障检测

实践证明, 尽管一个电路, 即使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, 往往实现起来也难以实现其预期的电路功能。究其原因, 是理论、仿真与实际存在着很大的差异, 如, 所用元件数值的误差、元器件性能的分散性、电路的寄生参数的影响、仪器设备的精度等。也就是说, 一个连接好的电路, 不可能不经调试就能满足设计要求。因此, 必须经过实验测试和调整, 发现和纠正设计和组装中的不足, 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。

1.2.1 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。这是针对被调试电路的复杂程度, 首先就构成总体电路的各单元电路进行的调试, 使之满足单元电路的个体技术指标。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。具体调试的步骤如下:

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, 这样可以同时查出“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、电源的正、负等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, 还须用万用表检查电源输入端与地之间是否存在短接, 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。

完成了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，即要求电流各输入、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，能够对设计电路做出完整、求实的结论。发现实验电路与设计要求存在差异，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，均应首先关断电源。要认真做好实验记录，其中包括实验条件、实验方案、实验现象、信号波形、仪器型号、测试数据等。只有通过大量的、如实的实验记录，才能及时完善实验电路，才能建立良好的工作风范，才能逐步提高分析问题和解决问题的能力。

1.2.2 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，结果造成无波形输出。

2. 电路中元器件本身原因引起的故障

如电阻、电容、晶体管及集成器件等特性不良或损坏。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

如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，都有可能导导致电路不能正常工作。

4. 电路接触不良引起的故障

如焊接点虚焊、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。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。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，从而找出故障的所在。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

如怀疑某一电路存在问题时，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，表明振荡就产生在此点附近或前级电路中。特别要注意的是，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,可采用分别断开各个供电支路,如果断开某一支路时,电流恢复正常,说明故障就发生在该支路。

在实际调试中,检查和排除故障的方法是多种多样的,上面仅仅列举了几种常用的方法。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。

1.3 模拟电子技术实验的基本程序

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和理解,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,要求实验者必须做到:

一、预习报告

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

(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,要通过对相关的理论知识的复习、公式的计算,能够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。对于设计型实验,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,预习报告也称为设计报告。

(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、线路的连接、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) 对被做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, 这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) 无论是验证型实验还是设计型实验, 均应依照结合原理图和实验要求, 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, 准备实验数据的记录, 制定最佳方案。

二、实验总结

实验总结就是按一定的格式和要求, 写出一份实验报告。

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, 应引起大家的重视。

因各学科的实验性质和内容有别, 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

反映该报告的性质和内容。

(2) 实验目的

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

列出实验仪器的名称和型号, 其目的是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

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, 应着重加以注明。若采用印刷电路板装配, 则画出装配示意图。

(5) 实验内容及主要步骤

交待装配时的注意事项, 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, 分析、修正设计方案。

(6) 实验数据处理

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, 并列出表格或画出曲线(在坐标纸上)。

(7) 实验结果及分析

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和问题, 进行故障分析和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的收获和体会。

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、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。

三、报告封面

将预习报告和总结报告整理在一起，配以封面，装订成册，在下一次实验前或一周内上交。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，实验设备编号，同组实验人姓名（如果有的话），预习报告完成日期，总结报告完成日期。

第2章 电子实验常用仪器的使用

在电子技术实验中，测试和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：示波器、低频信号发生器、直流稳定电源、晶体管毫伏表、数字式（或指针式）万用表等。

2.1 交流毫伏表

交流毫伏表是一种用于测量正弦电压有效值的电子仪器，主要由分压器、交流放大器、检波器等主要部分组成。电压测量范围为 $1\text{mV}\sim 300\text{V}$ ，分十个量程。下面我们以 DF2172 型交流毫伏表为例说明，如图 2.1.1 所示。

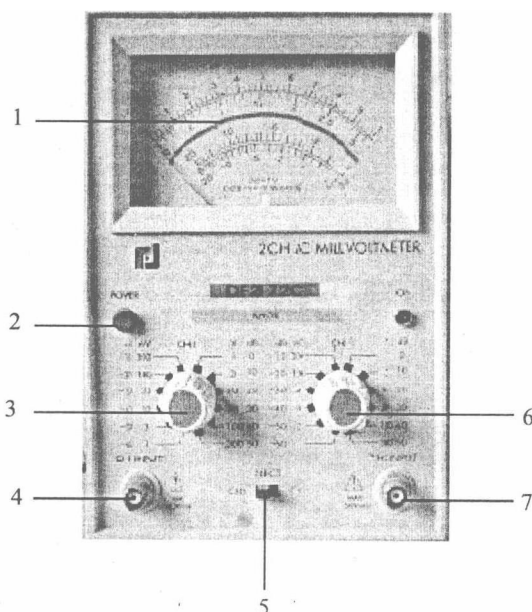


图 2.1.1 DF2172 型交流毫伏表面板

使用方法：打开电源开关，将量程开关置于适当位置。将正弦信号通过电缆接至“4 端”，通道选择开关“5”置于相应位置。若测量电压大小未知，应将量程开关置于最大挡，然后逐渐减小量程，使指针偏转大于满刻度的 $1/3$ 。

当量程开关“3”置于“1”打头的，如 1mV 、 10mV 、 100mV 、 1V 、 10V 、 100V 挡位

时，读最上面 0~1 的刻度线，满刻度为量程的指示值。例如选择 100 mV 挡位，指针满偏即为 100 mV，若指针指向“.7”位置，则测得的信号有效值为 70mV。当量程开关“3”置于 3 mV、30 mV、300 mV、3 V、30 V、300 V 挡位时，读第二条 0~3 的刻度线，满刻度为量程的指示值。例如选择 30 mV 挡位，指针满偏即为 30 mV；若指针指向“2.5”位置，则测得的信号有效值为 25mV。

2.2 直流稳定电源

直流稳定电源的作用是将交流电转变为稳定的直流电，一般直流稳压源的部分组成如图 2.2.1 所示。

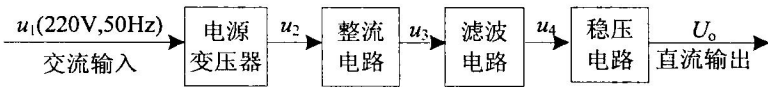


图 2.2.1 直流稳压源组成框图

我们以 SS1791 型直流稳定电源为例说明。下面介绍面板控制功能，如图 2.2.2 所示。

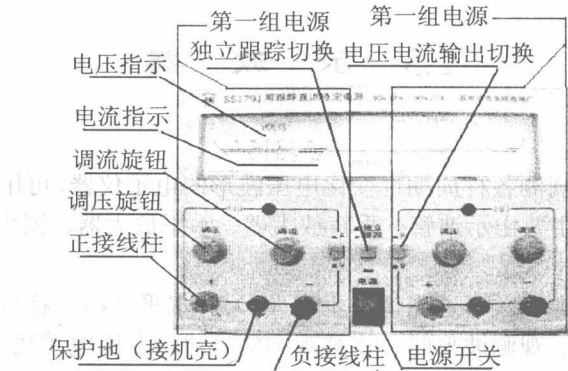


图 2.2.2 SS1791 电源面板

1. 0~30V 单路电压输出：选择开关置“独立”，I/V 开关置“V”，电压调节到所要求的电压（电流调节不能调得太低，否则电路将由于负载过重而自动保护，没有电压输出）。在“+”、“-”接线柱两端即可输出电压，如图 2.2.3 所示。

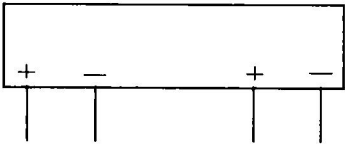


图 2.2.3 单路直流电压输出

2. 30~60V 单路电压输出：选择开关置“独立”，用导线连接一路的“+”和另一路的“-”。I/V 开关置“V”，分别调节两路电压使两路电压之和为所要求的电压（电流调节不能调得太低，否则电路将由于负载过重而自动保护，没有电压输出），具体接法如图

2.2.4 所示。

3. 同时输出一路正电压和一路负电压：选择开关置“独立”，用导线连接一路的“+”和另一路的“-”，并将此连线定为零电位。则前一路可输出正电压，后一路可输出负电压，如图 2.2.5 所示。

4. 直流电流输出：接上电路（电流源不能开路，但这里设置了保护，开路时电流为 0），将“电压/电流”输出按钮按下，调节调流旋钮即可调节电流大小。

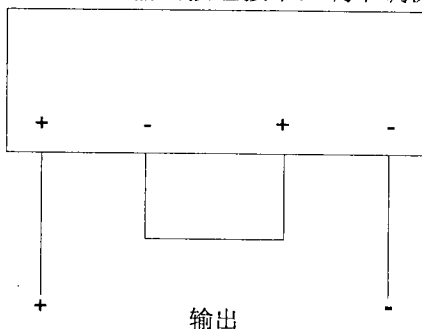


图 2.2.4 两路串联输出

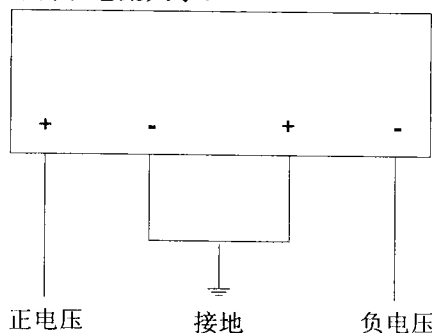


图 2.2.5 双极性电源输出

2.3 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。

使用方法：打开电源开关，适当调节垂直（ $\updownarrow$ ）和水平（ $\leftrightarrow$ ）移位旋钮，将光点或亮线移至荧光屏的中心位置。观测波形时，将被观测信号通过专用电缆线与 CH1（或 CH2）输入插口接通，将触发方式开关置于“自动”位置，选择触发源，改变示波器扫速开关及 Y 轴灵敏度开关，在荧光屏上显示出一个或数个稳定的信号波形。

示波器使用起来比较复杂，但是只要记住几个关键，可以达到“事半功倍”的效果，学会标准信号的显示与测量对熟悉与掌握示波器的操作是很有好处的，如图 2.3.1 所示。

一、基本操作部分

打开电源，用电缆线将正弦信号输入到通道 1（CH1）。

INTEN: 时基线显示亮度调节，一般调到中间位置。

READOUT: 屏幕字符显示亮度调节，一般调到中间位置。

FOCUS: 时基线及屏幕字符聚焦调节，调到字符清晰位置。

二、扫描方式及“X”方式选择部分

初学者首先将扫描方式置于自动（AUTO 按钮上的灯亮）。水平显示置于“A”即显示屏左上角“A”后应有扫描时间显示。

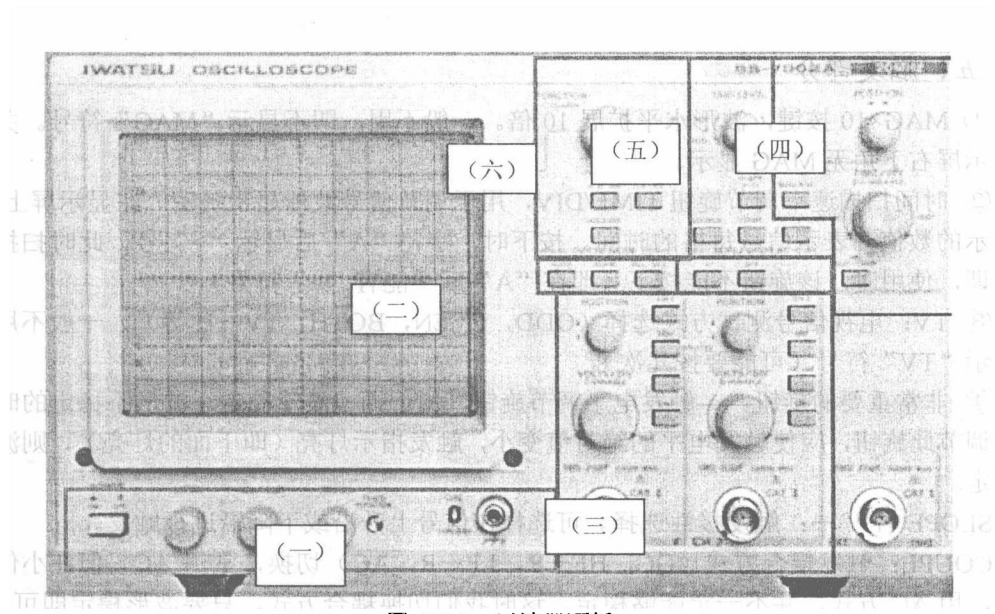


图 2.3.1 示波器面板

三、垂直轴部分

① 信号从第一通道输入，打开通道 1 (CH1) 开关，即显示屏左下方应有“1:”显示，此时，(触发部分的) 触发源 Source 选择 (EXT, LINE, CH1, CH2) 应选择与信号输入通道相同 (否则，波形不稳定)，即选择 CH1；如果信号从第二通道输入，则应打开通道 2 (CH2)，即显示屏左下方应有“2:”显示，触发源 Source 选择 (EXT, LINE, CH1, CH2) 应选择 CH2。

② 按键 ADD，使得 CH1+CH2 两输入通道信号相加，这时屏幕左下方显示“2:”前面出现一个“+”号，通常情况下不使用，即屏幕上不出现“+”号。

③ DC/AC 耦合开关，一般情况下置于 AC，即幅度单位 V 上有“~”显示。

④ 接地符号 GND，按下 GND 屏幕下方有“⊥”显示，这时无论接入什么信号，示波器上只显示一条直线。用法：现在调节上下位移按钮，使得接地线出现在屏幕中央。调好后，再按 GND，使得接地符号“⊥”不出现。

⑤ 幅度调节旋钮 (VOLTS/DIV)，用于调节波形幅度大小，该旋钮不能按下 (即在“1: 或 2:”后不能有“>”符号)。

⑥ CH2 通道与第一通道的功能基本相同。不同之处是，INV 按钮是波形反转功能，CH2 通道信号反相时，屏幕下方出现向下的箭头。一般不用，即在显示“2:”后面不要有“↓”符号，即该旋钮不能按下 (演示第二通道打开，触发源选择为 CH2，并复习第一通道及触发源的选择)。

四、水平部分

水平控制部分调节旋钮：使波形疏密适中。

水平位移旋钮 (POSITION)，调节此旋钮可使波形左右移动，一般将波形置于中间。