



普通高等教育“十二五”规划教材·电子电气基础课程规划教材



国家级电工电子实验教学示范中心系列实验教材

# 模拟电子技术实验教程

- 杨晓慧 葛 微 主 编
- 蔡立娟 詹伟达 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

电子电气基础课程规划教材

# 模拟电子技术实验教程

主编：杨晓慧 葛 微

副主编：蔡立娟 詹伟达

参编：唐雁峰 徐志文 吴 戈

白雪梅 刘云荣

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是集基础性实验、仿真实验、设计性实验、综合性实验以及创新实验于一体的实践性教材。旨在培养学生动手能力，突出基础训练和综合能力、创新能力以及计算机应用能力的培养。

本书首先介绍模拟电子技术实验中常识性的内容；第二章为基础性实验，例如晶体管放大电路实验等，即验证性实验；第三章是仿真实验，利用PSpice实现各放大电路的仿真；第四章是设计性实验，即给出具体设计指标，由学生完成设计要求；第五章和第六章分别是综合性实验和创新性实验，这两章均为专题性的研究型实验，例如语音放大电路实验等。

本书可作为高等学校电工、电子及通信类专业本、专科学生电子技术与电子线路课程的教辅、实验及课程设计教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术实验教程 / 杨晓慧, 葛微主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.2

电子电气基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-22362-4

I. ①模… II. ①杨… ②葛… III. ①模拟电路—电子技术—实验—高等学校—教材  
IV. ①TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 010128 号

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 12.75 字数: 326.4 千字

印 次: 2014 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

本书按照高校模拟电子技术基础课程教学大纲要求编写的集基础性实验、仿真实验、设计性实验、综合性实验以及创新实验于一体的实践性教材，实验内容丰富，培养学生动手能力，突出基础训练和综合应用能力、创新能力以及计算机应用能力的培养。

本书主要分为6章，第一章为绪论；第二章为基础性实验；第三章是仿真实验；第四章是设计性实验；第五章是综合性实验；第六章是创新性实验。

本书内容上与时俱进，反映科技发展的现状；注重系统性，重视基本核心内容，符合专业人才培养方案的知识结构要求；可作为高等学校电工、电子及通信类专业本、专科学生电子技术与电子线路课程的教辅、实验及课程设计教材。本书在内容安排上有以下几点特色。

(1) 内容全面，集基础、设计、综合及创新于一体，同时软硬结合，注重能力培养

本书除完善以往讲义基本的实验内容外，新增了多个实验题目，还增加了电路软件仿真内容。除绪论外包括5个章节和附录，分为5大模块，即基础、仿真、设计、综合、创新实验。基础性实验题目包含10个实验内容，几乎涵盖了《电子线路》理论课程的主要知识点；为了加深电子技术应用能力，本书增加了综合、设计性、创新实验部分。由电路测量拓展到电路设计，由证明性的实验拓展到专题性问题研究型实验，通过实验设计和硬件安装、调试，让学生感受工程应用的特点，积累实践经验和提高实验能力，培养了学生创新意识及能力。

目前，以计算机辅助设计为基础的电子设计自动化技术已渗透到电子系统的各个环节。使用计算机辅助分析和设计工具来分析与设计电路，加深对电路原理、信号流通过程、元器件参数对电路性能影响的了解等，已经成为电类本科生必须具备的基本能力。因此本书增加了EDA的软件仿真实验，实现软硬结合，帮助学生较快地入门，更好地把握该课程的重点。学生运用仿真功能分析、设计电路。通过电路仿真，可以使学生较快地明确目标，节省时间，不受实验设备、场地的限制。本书体系为实验条件、实验方法、实验内容创造了足够大的空间。

(2) 结构灵活，实用性强

本书体系完整，包括模拟电子技术所有理论课程内容的对应实验，理论课与

实践课教材统一规划，注重各个课程知识内容相互之间的衔接。书中各章的编排既相互独立，又互相联系，有利于模拟电子技术实践教学的组织和学生工程实践能力的训练。虽然各校具体情况不尽相同，特别是实验设备不一致，但是电路原理是相同的，组成是多变的；应用是灵活的，概念是不变的。使用本书时，各校可根据教学上的需要、学时数及设备条件，对内容进行取舍。

### (3) 编写方法上的多元化

本书除具有传统教材所拥有的实验原理、实验电路、表格以外，还增加了预习要求、思考题等内容，克服了内容枯燥、表现手法单调的缺点，注重了电子技术知识的系统性、全面性和表现手法上的多元化、开放性。

### (4) 循序渐进，目标明确

本书根据循序渐进的教学思想，将模拟电子技术实验知识、实验技能、系统设计技术、EDA 技术有机地结合在一起。既有利于学生自学，通过有限的学时在掌握常用功能电路的同时形成电子系统设计的概念，还有利于教师根据各自不同的教学要求安排教学内容，实现因材施教。

本书第一章、第三章由杨晓慧编写，第二章、第六章由葛微、蔡立娟和徐志文编写，第四章、第五章由詹伟达、白雪梅编写，附录由吴戈、刘云荣编写。在本书的编写过程中，得到了长春理工大学电工电子实验教学示范中心教师的大力支持和帮助，清华大学科教仪器厂也对本书的编写，给予了大力支持，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平与时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处。欢迎广大读者提出宝贵意见，请将意见或建议发至电子邮箱 [gewei@cust.edu.cn](mailto:gewei@cust.edu.cn)。

编 者

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)

通信地址：北京市万寿路 173 信箱  
电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

第一章 绪论	1
第二章 基础性实验	8
实验一 常用电子仪器使用练习	8
实验二 晶体管共发射极放大电路	16
实验三 场效应管共源极放大电路	23
实验四 三种组态放大电路的性能比较	27
实验五 差分放大电路	32
实验六 负反馈放大电路	36
实验七 集成运放基本运算电路	40
实验八 RC 正弦波振荡器	45
实验九 功率放大电路	48
实验十 集成稳压电路	52
第三章 仿真实验	55
实验一 晶体管共发射极放大电路仿真	55
实验二 场效应管共源放大电路仿真	62
实验三 差动放大电路仿真	66
实验四 组合放大电路仿真	72
实验五 负反馈放大电路仿真	76
实验六 电压比较器仿真	83
实验七 RC 正弦波振荡器仿真	88
实验八 互补对称功率放大电路仿真	92
实验九 直流稳压电源仿真	96
实验十 心电图信号放大器的设计 (综合设计性)	101
第四章 设计性实验	106
实验一 单管放大电路的设计	106
实验二 集成运算放大电路的设计	111
实验三 反馈放大器的设计	116

实验四	有源滤波器的设计与调试	121
实验五	直流稳压电源的设计与调试	126
<b>第五章</b>	<b>综合性实验</b>	<b>130</b>
实验一	函数发生器	130
实验二	万用电表的设计与调试	141
实验三	温度监测及控制电路	147
实验四	语音放大电路	154
<b>第六章</b>	<b>创新性实验</b>	<b>168</b>
实验一	电子琴音乐的产生与演奏电路设计制作	168
实验二	自动定时汽车闪光灯设计制作	170
实验三	高精度电压表、电流表和电阻表设计制作	172
实验四	简易音响系统设计制作	175
实验五	智能充电器设计制作	177
实验六	自动语音报时电子钟设计制作	179
<b>附录 A</b>	<b>测量误差和测量数据处理的基本知识</b>	<b>181</b>
<b>附录 B</b>	<b>常用电路元件、器件型号及其主要性能指标</b>	<b>190</b>



# 第一章 绪 论

## 一、模拟电子技术实验的性质与任务

通过实验的方法和手段，分析器件、电路的工作原理，完成器件、电路性能指标的检测，验证和扩展器件、电路的功能及其使用范围，设计并组装各种实用电路和整机。

通过实验手段，使学生获得电子技术方面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，提高实践动手能力。熟练地掌握电子实验技术，无论是对从事电子技术领域工作的工程技术人员，还是对正在进行本课程学习的学生来说，都是极其重要的。

电子技术实验可分为以下三个层次：第一个层次是基础验证性实验，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，来验证电子技术的有关理论，从而进一步巩固所学基本知识和基本理论；第二个层次是提高性实验，它主要是根据给定的实验电路，由学生自行选择测试仪器，拟定实验步骤，完成规定的电路性能指标测试任务。第三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，选择合适的元器件并组装实验电路，拟定出调整、测试方案，最后使电路达到设计要求，这个层次的实验，可以培养学生综合运用所学知识和解决实际问题的能力。

实验的基本任务是使学生在“基本实践知识、基本实验理论和基本实验技能”三个方面受到较为系统的教学与训练，以逐步培养他们“爱实验、敢实验、会实验”，成为善于把理论与实践相结合的专门人材。

电子技术实验内容极其丰富，涉及的知识面也很广，并且正在不断充实、更新。在整个实验过程中，对于示波器、信号源等常用电子仪器的使用方法；频率、相位、时间、脉冲波形参数和电压、电流的平均值、有效值、峰值以及各种电子电路主要技术指标的测试技术；常用元、器件的规格与型号，手册的查阅和参数的测量；电子电路小系统的设计、组装与调试技术；以及实验数据的分析、处理能力；EDA 软件的使用等都是需要着重掌握的。

为确保实验教学质量，应该采取下列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, 进行必要的和基本的实验理论教学。

(2) 采用“多媒体教学”、“虚拟实验”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两至三个基本问题。注意让某些重要的实验内容出现适当的重复, 以加深印象和熟练操作。

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和加强实践技能的训练, 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。例如, 对实验中出现的一些现象能做出正确的解释, 并在此基础上有能力解决一些实际问题。

(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, 允许程度较好的学生选做加做某些实验内容。

(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“报告”, 阶段有“总结”, 期末有“考核”。考核内容包括实验理论、实验技能和基本实践知识三个方面, 以口试、笔试和实际操作相结合的方式在期中或期末进行。

## 二、模拟电子技术实验的基本程序

电子技术实验的内容广泛, 每个实验的目的、步骤也有所不同, 但基本过程却是类似的。为了达到每个实验的预期效果, 要求参加实验者做到以下几个方面。

### 1. 实验前的预习

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

(1) 阅读实验教材, 明确实验目的、任务, 了解实验内容及测试方法。

(2) 复习有关理论知识并掌握所用仪器的使用方法, 认真完成所要求的电路设计、实验底板安装等任务。

(3) 根据实验内容拟好实验步骤, 选择测试方案。

(4) 对实验中应记录的原始数据和待观察的波形, 应先列表待用。

### 2. 测试前的准备

上好实验课并严格遵守实验操作规则, 是提高实验效果, 保证实验质量的重要前提。在线路按要求安装完毕即将通电测试前, 应做好以下准备工作。

(1) 首先检查 220V 交流电源和实验所需的元器件、仪器仪表等是否齐全并符合要求, 检查各种仪器面板上的旋钮, 使之处于所需的待用位置。例如, 直流稳压电源应置于所需的挡级, 并将其输出电压调整到所要求的数值。切勿在调整电压前随意与实验电路板接通。

(2) 对照实验电路图, 对实验电路板中的元件和接线进行仔细的寻迹检查, 检查各引线有无接错, 特别是电源与电解电容的极性有无接反, 各元件及接点有无漏焊、假焊, 并注意防止碰线短路等问题。经过认真仔细检查, 确认安装无差错后, 方可按前述的接线原则, 将实验电路板与电源和测试仪器接通。

### 三、模拟电子技术实验的操作规程

和其他许多实践环节一样, 电子技术实验也有它的基本操作规程。电子技术工作者经常要对电子设备进行安装、调试和测量, 因此要求学生一开始就注意培养正确、良好的操作习惯, 并逐步积累经验, 不断提高实验水平。

#### 1. 实验仪器的合理布局

实验时, 各仪器仪表和实验对象(如实验板或实验装置等)之间, 应按信号流向, 并根据连线简捷、调节顺手、观察与读数方便的原则进行合理布局。

图 1-1-1 为实验仪器的一种布局形式。输入信号源置于实验板的左侧, 测试用的示波器与电压表置于实验板的右侧, 实验用的直流电源放在中间位置。

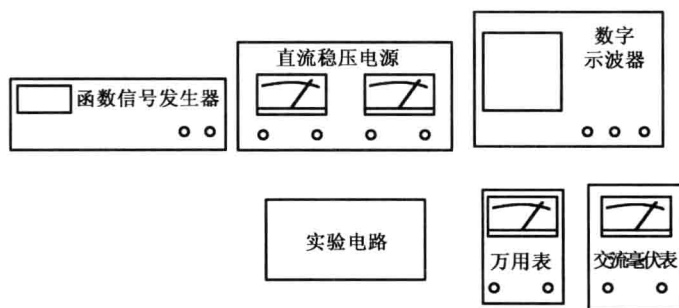


图 1-1-1 实验仪器的布局

#### 2. 电子实验器上的接插、安装与布线

目前, 在实验室中常用的各类电子技术实验箱上通常有一块或数块多孔插座板(或称为面包板)。利用这些多孔插座板可以直接接插、安装和连接实验电路而

无须焊接。然而，正确和整齐的布线在这里显得极为重要。这不仅是为了检查、测量的方便，更重要的是可以确保线路稳定可靠地工作，因而是顺利进行实验的基础。实践证明，草率的和杂乱无章的接线往往会使线路出现难以排除的故障，以致最后不得不重新接插和安装全部实验电路，浪费了很多时间。为此，在多孔插座板上接插安装时应注意做到以下几点。

(1) 首先要弄清楚多孔插座板和实验箱的结构，然后根据实验箱的结构特点来安排元器件位置和电路的布线。一般应以集成电路或晶体管为中心，并根据输入、输出分离的原则，以适当的间距来安排其他元件。最好先画出实物布置图和布线图，以免发生差错。

(2) 接插元器件和导线时要非常细心。接插前，必须先用钳子或镊子把待插元器件和导线的插脚弄平直。接插时，应小心地用力插入，以保证插脚与插座间接触良好。实验结束时，应一一轻轻拔下元器件和导线，切不可用力太猛。注意接插用的元器件插脚和连接导线均不能太粗或太细，一般以线径为 0.5mm 左右为宜，导线的剥线头长度约 10mm。

(3) 布线的顺序一般是先布电源线与地线，然后按布线图，从输入到输出依次连接好各元器件和接线。在可能条件下应尽量做到接线短、接点少，但同时又要考虑到测量的方便。

(4) 在接通电源之前，要仔细检查所有的连接线。特别注意检查各电源的连线和公共地线是否接得正确。查线时仍以集成电路或三极管的引脚为出发点，逐一检查与之相连接的元件和连线，在确认正确无误后方可接通电源。

### 3. 正确的接线规则

(1) 仪器和实验板间的接线要用颜色加以区别，以便于检查，如电源线（正极）常用红色，公共地线（负极）常用黑色。接线头要拧紧或夹牢，以防接触不良或因脱落而引起短路。

(2) 电路的公共接地端和各种仪表的接地端应连接在一起，既作为电路的参考零点（即零电位点），同时又可避免引起干扰，如图 1-1-2 所示。在某些特殊场合，还需将一些仪器的外壳与大地接通，这样可避免外壳带电而确保人身和设备安全，同时又能起到良好的屏蔽作用。如在焊接和测试 MOS 元件时，电烙铁和测试仪器均要接大地，以防它们漏电而造成 MOS 元件的击穿。

(3) 信号的传输应采用具有金属外套的屏蔽线，而不能用普通导线。并且屏蔽线外壳要选择一点接地，否则又可能引进干扰，而使测量结果和波形异常，如图 1-1-3 所示。

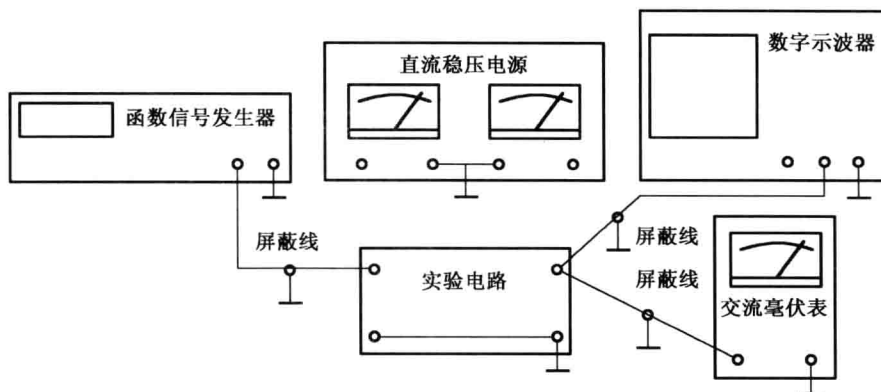


图 1-1-2 仪器与实验电路板的连接

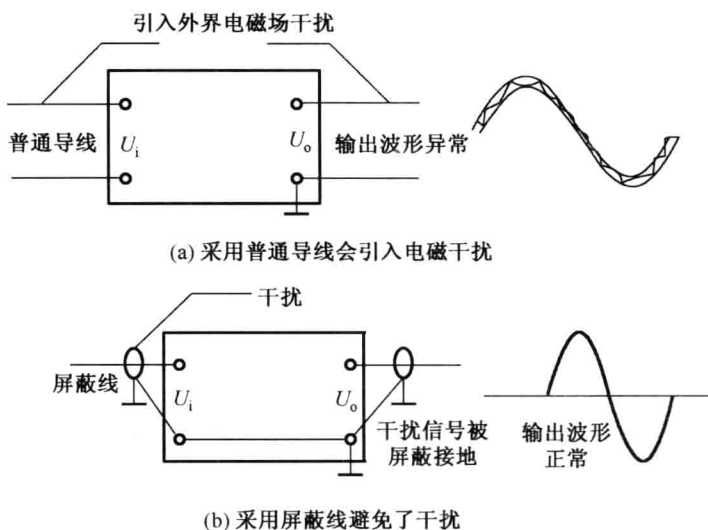


图 1-1-3 外界电磁干扰与屏蔽

#### 4. 注意人身和仪器设备的安全

##### 1) 注意安全操作规程，确保人身安全

(1) 为了确保人身安全，在调换仪器时须切断实验台的电源。另外为防止器件损坏，通常要求在切断实验电路板上的电源后才能改接线路。

(2) 仪器设备的外壳如能良好接大地，可防止机壳带电，以保证人身安全。在调试时，要逐步养成用右手进行单手操作的习惯，并注意人体与大地之间有良好的绝缘。

## 2) 爱护仪器设备, 确保仪器和实验设备的使用安全

(1) 在使用仪器过程中, 不必经常开关电源。因为多次开关电源往往会引起冲击, 结果反而使仪器的使用寿命缩短。

(2) 切忌无目的地随意摆弄仪器面板上的开关和旋钮。实验结束后, 通常只要关断仪器电源和实验台的电源, 而不必将仪器的电源线拔掉。

(3) 为了确保仪器设备的安全, 在实验室配电柜、实验台及各仪器中通常都安装有电源保险丝。仪器使用的保险丝, 常用的有 0.5A、1A、2A、3A 和 5A 等几种规格, 应注意按规定的容量调换保险丝, 切勿随意代用。

(4) 要注意仪表允许的安全电压(或电流), 切勿超过安全电压(或电流)当被测量的大小无法估计时, 应从仪表的最大量程开始测试, 然后逐渐减小量程。

## 四、实验报告的编写与要求

实验报告是实验结果的总结和反映, 也是实验课的继续和提高。通过撰写实验报告, 使知识条理化, 可以培养学生综合问题的能力。一个实验的价值在很大程度上取决于报告质量的高低, 因此对编写好实验报告必须予以充分的重视。编写一份高质量的实验报告必须做好以下几个环节。

### 1. 以实事求是的科学态度认真做好各次实验

(1) 在实验过程中, 对读测的各种实验原始数据应按实际情况记录下来, 不应擅自修改, 更不能弄虚作假。

(2) 对测量结果和所记录的实验现象, 要会正确分析与判断, 不要对测量结果的正确与否一无所知, 以致出现因数据错误, 而重做实验的情况。

如果发现数据有问题, 要认真查找线路并分析原因。数据经初步整理后, 再请指导教师审阅, 然后才可拆线。

### 2. 实验报告的主要内容包括以下几个方面

(1) 实验目的。

(2) 实验电路、测试方法和测试设备。

(3) 实验的原始数据, 波形和现象, 以及对它们的处理结果。

(4) 结果分析及问题讨论。

(5) 收获和体会。

(6) 记录所使用仪器的规格及编号(以备以后复核)。

在编写实验报告时,常常要对实验数据进行科学的处理,才能找出其中的规律,并得出有用的结论。常用的数据处理方法是列表和作图。实验所得的数据可分类记录在表格中,这样便于对数据进行分析 and 比较。实验结果也可绘成曲线,直观地表示出来。在作图时,应合理选择坐标刻度和起点位置(坐标起点不一定要从零开始),并要采用方格纸绘图。当标尺范围很宽时,应采用对数坐标纸。另外,在波形图上通常还应标明幅值、周期等参数。具体到各实验题目,实验报告按不同实验内容有具体要求。

## 第二章 基础性实验

### 实验一 常用电子仪器使用练习

#### 一、实验目的

1. 掌握常用电子仪器的基本功能并学习其正确使用方法。
2. 学习掌握用数字示波器观察和测量波形的幅值、频率及相位的方法。

#### 二、预习要求

上网查阅有关仪器设备说明。

#### 三、实验原理

在模拟电子电路实验中，经常使用的仪器有示波器、信号发生器、毫伏表、万用表等。利用这些仪器可以对模拟电子电路的静态和动态工作情况进行测试。

在模拟电子电路实验中，经常使用的仪器有示波器、信号发生器、毫伏表、万用表等。利用这些仪器可以对模拟电子电路的静态和动态工作情况进行测试。

(1) 示波器是用于观察各种电信号的波形并测量电压的幅值、频率和相位等综合参数的测量仪器。

(2) 函数发生器是能产生多种波形的信号发生器，用于给被测电路提供所需波形、幅值和频率的测量信号。

(3) 毫伏表是用于测量正弦交流信号电压大小的电压表，其读数为被测电压的有效值。

(4) 数字万用表可用于测量交直流电压、电流，也可测量电阻、电容和半导体的一些参数等。

(5) TPE-ADII 电子技术学习机，不但可以完成《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》课程要求的基本实验，也可用于模拟/数字综合实验及实用电路



的开发实验、元器件测试等多种功能。该学习机主要由电源、信号源、电位器组、线路区等几部分组成。电源及信号源电路如图 2-1-1 和图 2-1-2 所示，线路区电路如图 2-1-3 和图 2-1-4 所示，学习机面板图如图 2-1-5 所示。

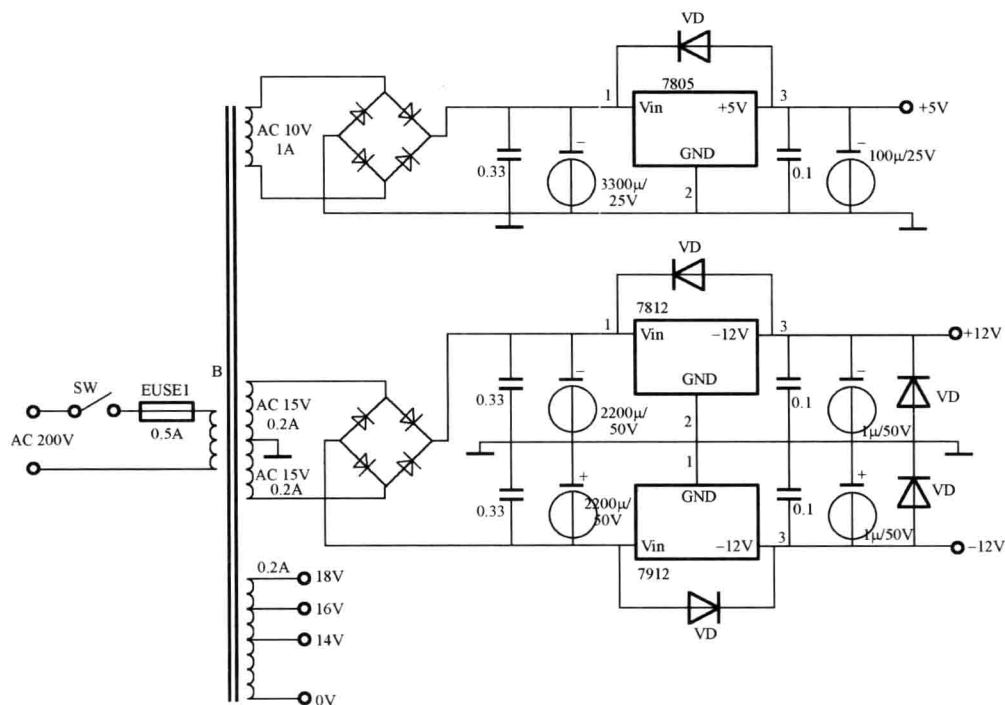


图 2-1-1 直流电源原理图

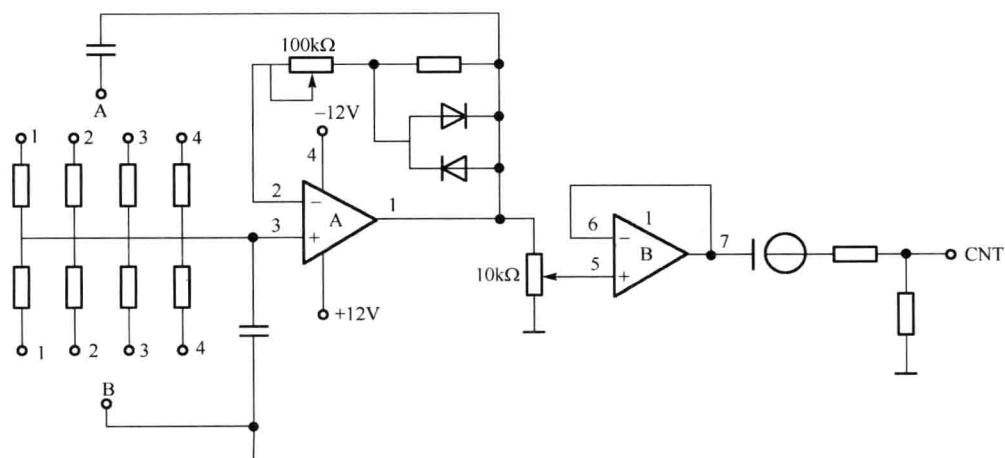


图 2-1-2 信号源电路