

信息与电子学科百本精品教材工程

新编电气与电子信息类本科规划教材

电子技术实验教程

刘华章 主编

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

新编电气与电子信息类本科规划教材

电子技术实验教程

刘华章 主编

杨尚明 王仲训 王子玲 张晨亮 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书融电子技术实验与通信技术实验于一体,将原来分散的低频电路、脉冲数字电路和高频电路等课程中的实验部分集中起来,对电子电路的调试原理、测试方法进行了深入浅出的介绍,并配以相应数量的实验,增加了新器件的应用,以便对学生进行实验方法和实验技能的训练。

本书可作为高等学校通信和电子类各专业电子技术实验课的教材,也可作为从事电子技术和计量测试人员的参考书。

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

电子技术实验教程 / 刘华章主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.9

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 7-121-01761-X

I. 电… II. 刘… III. 电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 106550 号

责任编辑: 王 颖

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 8.75 字数: 224 千字

印 次: 2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 14.50 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

根据国家教委修订并颁发的《高等工业学校电工电子技术基础课程教学基本要求》中对实验教学的要求,在满足覆盖基本内容和保证能力培养需要的前提下,我们对实验内容进行了筛选,使本书以集成电路为主,以分立元件电路实验为重要内容,体现了深化实验教学方法和内容改革。本书是将电子技术实验和通信技术实验融为一体的教材,注重对学生实验能力的培养和实验技能的训练。实验教学不是理论教学的附属物,而应是与理论教学既相对独立又相辅相成的,并有自身的系统性、科学性的一门课程。

本教材将原来分散的低频电路、脉冲数字电路和高频电路等课程中的实验部分集中起来,对电子电路的调试原理、测试方法进行了深入浅出的介绍,并配以相应数量的实验,适当增加了新器件的应用,以便对学生进行实验方法和实验技能的训练。

本教材突出了应用性和实用性,重点放在电子技术实验技能的训练上,让学生建立系统概念以培养学生分析问题、解决问题的能力,综合应用能力及工程设计能力。

本书可作为高等学校通信和电子类各专业电子技术实验课的教材,也可作为从事电子技术和计量测试人员的参考书。

本书的主要内容有:第1章介绍了低频电路实验的基本方法和低频电路实验技术,包括测量的概念、测量误差及数据处理、实验操作的基本知识、测量的基本方法、7个基本实验和3个设计性实验。第2章介绍了数字电路实验的基本方法和数字电路实验技术,包括实验逻辑图的绘制、布线原则及集成电路的正确使用、数字电路的调试和排除故障、6个基本实验和5个设计性实验。第3章介绍了高频电路实验的基本方法和高频电路实验技术,包括高频电路实验的任务、关于预习和实验报告的制作、7个基本实验和3个设计性实验。附录给出了组合逻辑电路的分析实验报告实例、常用元器件资料和MC1496P单片集成双平衡模拟乘法器简介。

本书叙述简明,概念清晰,既有理论内容,又有实际操作,面向电子类、通信类、电气类、自控类、机电类的本科学生及有关专业人员。

刘华章担任本书主编,并负责全书的体系结构和审稿工作;杨尚明和王仲训编写了第1章;王子玲和张晨亮编写了第2章;刘华章和洪天惠编写了第3章;赵军、孙晓燕、谭学者、宋玉珍等同志也参与了部分工作。

本书在编写过程中得到了海军航空工程学院教务处和烟台大学教务处的的大力支持。鲁东大学物电学院赵继德院长、山东工商学院信电学院魏志轩教授和烟台大学电子实验中心刘玉儒讲师提出了许多宝贵意见。在此,谨向他们致以最诚挚的谢意。

由于作者的水平有限,书中难免会存在一些缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

第 1 章 低频电路实验技术	(1)
1.1 低频电路实验的基本方法	(2)
1.1.1 测量的概念	(2)
1.1.2 测量误差及数据处理	(3)
1.1.3 实验操作的基本知识	(5)
1.1.4 测量的基本方法	(6)
1.2 低频电路实验技术	(8)
1.2.1 三种常用仪器的使用	(8)
1.2.2 单级低频放大器实验	(12)
1.2.3 电压串联负反馈放大器实验	(16)
1.2.4 差动放大器实验	(19)
1.2.5 RC 正弦波振荡器实验	(21)
1.2.6 集成运算放大器实验	(23)
1.2.7 低频推挽功率放大器实验	(25)
1.2.8 集成功率放大器的设计实验	(28)
1.2.9 集成稳压电源的设计实验	(30)
1.2.10 压控函数发生器的设计实验	(32)
第 2 章 数字电路实验技术	(37)
2.1 数字电路实验的基本方法	(38)
2.1.1 实验逻辑图的绘制	(38)
2.1.2 布线原则及集成电路的正确使用	(39)
2.1.3 数字电路的调试和排除故障	(41)
2.2 数字电路实验技术	(45)
2.2.1 组合逻辑电路的分析实验	(45)
2.2.2 组合电路逻辑设计实验	(46)
2.2.3 触发器的相互转换实验	(47)
2.2.4 计数器分析与设计实验	(52)
2.2.5 MSI 时序功能器件(计数器)的应用	(54)
2.2.6 全加器的设计	(57)
2.2.7 电子乒乓球游戏	(59)
2.2.8 智力竞赛抢答装置	(61)
2.2.9 汽车尾灯控制电路	(62)
2.2.10 数字电子计时器	(64)

2.2.11 十字路口交通管理器	(66)
第3章 高频电路实验技术	(71)
3.1 高频电路实验的基本方法	(72)
3.1.1 高频电路实验的任务	(72)
3.1.2 关于预习和实验报告的制作	(73)
3.2 高频电路实验技术	(73)
3.2.1 小信号谐振放大器实验	(73)
3.2.2 电容反馈 LC 振荡器实验	(77)
3.2.3 振幅调制与解调实验	(81)
3.2.4 集成混频器实验	(85)
3.2.5 乘积型相位鉴频器实验	(89)
3.2.6 集成乘积型鉴相器实验	(93)
3.2.7 锁相环路实验	(98)
3.2.8 调幅系统设计实验	(106)
3.2.9 调频系统设计实验	(108)
3.2.10 模拟通话实验	(109)
附录 A 常用元器件资料	(111)
附录 B MC1496P 单片集成双平衡模拟乘法器简介	(119)
附录 C 组合逻辑电路的分析实验报告示例	(127)
参考文献	(129)

第 1 章

低频电路实验技术

内容提要

本章介绍低频电路实验技术,包括低频电路实验的基本方法和低频电路的实验技术两部分。在低频电路实验的基本方法中分别介绍电子测量的概念、测量误差及数据处理、实验操作的基本知识及测量的基本方法,为后面的具体实验提供预备知识。在低频电路的实验技术中共介绍 7 个基本实验和 4 个设计性实验,7 个基本实验包括了低频电子电路的重点内容,能够帮助学生进一步理解和验证所学理论知识,而 4 个设计性实验在考查学生的知识掌握情况的同时又能培养学生对电学知识的综合运用能力。

知识要点

测量误差及数据处理,实验操作的基本方法,三种常用仪器的使用,低频放大器,差动放大器,RC 振荡器,集成运算放大器,集成功率放大器。

教学建议

本章的重点是测量误差及数据处理、实验操作的基本方法、3 种常用仪器的使用、低频放大器、差动放大器、RC 振荡器、集成运算放大器,集成功率放大器,这部分内容建议学时数为 12 学时;4 个设计性实验可以根据具体情况选择,建议学时数为 8 学时。

1.1 低频电路实验的基本方法

1.1.1 测量的概念

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。在这个过程中常借助专门的设备，把被测对象直接或间接地与同类已知单位进行比较，以取得用数值和单位共同表示的测量结果。

1. 测量方法的分类

根据获得测量结果方法的不同，可将测量分为直接测量和间接测量，另外，在此两类方法的基础上还发展了一种组合测量。

(1) 直接测量

直接测量是借助测量工具直接在测量工具上读出被测量的数据。例如用电桥测量电阻、用电压表测量电压、用数字式频率计测量频率等。直接测量简单易行，测量的时间短，并有可能达到很高的精度。

(2) 间接测量

间接测量是利用直接测量的量与被测量之间的已知函数关系，计算其结果。比如直接测量单管放大器集电极电阻 R_C 两端的电压 U_C ，由公式 $I_C = U_C / R_C$ 便可求出被测量电流 I_C 的值，而不用采用断开电路串入电流表的方法。

我们一般都采用直接测量，仅在直接测量不方便，误差大或缺乏直接测量的仪器等情况时才采用间接测量。

(3) 组合测量

这是一种兼用直接测量和间接测量的方法，将被测量和另外几个量组成联立方程，最后通过求解联立方程来得出被测量的大小。

2. 测量结果的表示

测量结果既可以表现为一定的数字，也可以表现为一条曲线，或显示出某种图形。在特殊情况下，也可能表现为某种反馈形式的控制信号。但无论其表现形式如何，测量结果总包含有一定的数值及相应的单位。例如 8.2V，36.4Ω，1000kHz 等。

表示测量结果时，必须同时注明单位。否则，此结果将无意义。

3. 电子测量的基本内容

从狭义来说，电子测量是在电子学中测量有关电的量值。即使在这个范围内，内容也是相当广泛的，通常包括以下几个方面。

(1) 电能量的测量，即测量电流、电压、电功率等。

(2) 信号的特性及所受干扰的测量，例如信号的波形和失真度、频率、相位、

脉冲参数、调制度、信号频谱、信噪比等。

(3) 元件和电路参数的测量, 例如电阻、电感、电容、电子器件(电子管、晶体管、场效应管等)、集成电路的测量。电路频率响应、通频带宽度、品质因数、相位移、延时、衰减和增益的测量等。

1.1.2 测量误差及数据处理

1. 测量误差的定义

人们在进行测量的时候, 都希望取得待测量的真实数值(简称真值) χ_0 。但是, 测量仪器、测量方法和测量人员都不可能绝对完善和精确无误, 再加上外界环境的影响, 这就会造成测量所得的数值 χ 不是被测量的真值, 而是它的近似值, 它们两者之间总存在误差 $\Delta\chi$, 这个误差称为“绝对误差”, 表示为

$$\Delta\chi = \chi - \chi_0 \quad (1.1)$$

若测量值大于真值则绝对误差为正, 测量值小于真值则绝对误差为负。由于真值很难用实验方法得到, 因此在实际测量中通常把用高级计量标准的测量仪器所测的测量结果代替真值 χ_0 , 称为实际值, 虽然实际值也有误差, 但它总是比测量值更接近真值。

应用绝对误差来表征测量的准确程度是不完善的, 为了客观地反映测量的准确度, 常采用“相对误差”的表示方法, 用 γ 表示, 它是绝对误差 $\Delta\chi$ 与实际值 χ 的百分比值。

$$\gamma = \Delta\chi / \chi \times (100\%) \quad (1.2)$$

用不同仪表对同一量进行测量时, 所得测量数据相对误差小的, 仪表的准确程度就高, 相对误差大的, 仪表的准确程度就低。但这与用同一仪表在同一量程范围内测量不同数值的量时所得的相对误差是不一样的。因此用相对误差不能准确描述仪表的准确程度, 为了计算和划分仪表的准确度等级, 常用引用相对误差(又称满度误差) γ_n 来表示, 即

$$\gamma_n = \Delta\chi / \chi_m \quad (1.3)$$

式中 γ_n ——引用相对误差;

$\Delta\chi$ ——绝对误差;

χ_m ——仪表的量程;

常用电工仪表分为 ± 0.1 、 ± 0.2 、 ± 0.5 、 ± 1.0 、 ± 1.5 、 ± 2.5 、 ± 5.0 七级, 分别表示它们的引用相对误差所不超过的百分比。

2. 测量误差的分类

根据测量误差的性质和特点, 可将它们分为系统误差、随机误差和粗大误差三大类。

(1) 系统误差

在相同条件下多次测量同一量时，误差的绝对值和符号保持不变，或在条件改变时，按照某种确定规律而改变的误差称为系统误差。

(2) 随机误差

在相同条件下多次测量同一量时，误差的绝对值和符号以不可预知的方式变化着的误差称为随机误差。

(3) 粗大误差

超出在规定条件下预期的误差叫粗大误差。也就是说在一定的测量条件下，测量结果明显地偏离了真值。

3. 测量结果的表达方法

任何一种测量总存在一定误差，所以一个完整的测量结果必然包括测量数据和误差两部分。

(1) 测量数据的记录

一个测量数据，并不是它的小数点后的数字越长或者保留位数越多，就越准确。因为，由于客观条件的限制，测量只能达到一定的准确度，我们不可能用多写出几位数字的方法提高准确度，这样反而会带来读数、记录和计算上的不便，因此是完全没有必要的。但是一个测量数据，如果记录的位数过少，也是不恰当的，它会使测量的准确度降低。

正确的数据记录方法应该是所记录的数据除了末位数字为估计或不确定数字之外，其他各位数字都是准确数字。按照这一规则读取的数据，既反映了被测量的大小，又反映了测量误差出现的位数，它和数学中只反映大小的数是有区别的。

(2) 测量误差的估计

① 一次测量的误差

在大多数测量中，只需对被测量进行一次测量。因为它不需要确定误差的实际大小，只是知道误差在什么范围之内就可以了，因此进行直接测量时，仪器的引用误差（满度误差）就是测量误差的最大可能的数值。如采用间接测量，则它的误差可由直接测量数值计算出来。

② 反复测量的误差

在进行理论分析或精密测量时，要求测量数据的准确度程度较高，这时测量者应尽可能地将产生的系统误差的原因消除，或者对数据进行必要的修正，将可能产生的系统误差从数据中除去，以保证测量的准确度。而减小随机误差对测量结果的影响，是采用多次重复测量并取算术平均值的方法。例如测得几次数据 A_1 、 A_2 、 A_3 、 $\cdots$ A_n ，则平均值为

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \cdots + A_n}{n} \quad (1.4)$$

当 n 越大时，则平均值 $\bar{A}$ 越接近于真值 χ_0 。

平均值 $\bar{A}$ 的测量误差可取各次测量误差绝对值的平均值来表示, 称为“平均绝对误差”。记为 $\Delta\bar{A}$, 即

$$\Delta\bar{A} = \frac{|\Delta A_1| + |\Delta A_2| + \cdots + |\Delta A_n|}{n} \quad (1.5)$$

由于 $\Delta A_1 = A_1 - \chi_0$ 、 $\Delta A_2 = A_2 - \chi_0$ 、 $\cdots$ 、 $\Delta A_n = A_n - \chi_0$, 所以有

$$\Delta\bar{A} = \left| \frac{A_1 + A_2 + \cdots + A_n}{n} - \chi_0 \right| = |\bar{A} - \chi_0| \quad (1.6)$$

由此可见, 采用平均绝对误差来表示的测量误差反映了测量所得的算术平均值与真值间的最大误差。

1.1.3 实验操作的基本知识

1. 关于布局、接线和焊接

实验需用的仪器、仪表、实验板等应根据连线简捷、调节方便和读数观察方便的原则合理布局。

仪器和实验板之间的连线需要用颜色区别, 如电源正极线用红色, 公共地线用黑色等, 以便检查。接线头要拧紧, 防止短路、开路、松脱等造成的人为故障。

某些实验需要自己安装焊接实验电路, 这时一定要注意焊接质量, 保证焊点牢固, 无虚焊、错焊, 并力求达到焊点光滑美观, 元件布置和走线合理、整齐。切忌不顾质量盲目图快, 造成人为故障。

2. 关于数据的读取和波形的观察

要使读取的数据和观察到的波形精度高, 应选用合适的仪器和量程。如测量直流电流或电压选用直流电表, 测量交流电流或电压选用交流电表。一般交流电表只限于测量正弦交流电, 而且交流电的频率不应超出仪表正常工作的频率范围, 否则将造成较大的误差。由于仪表都具有内阻, 对被测量会产生一定的影响, 而仪表的内阻是和量程有关的, 当量程改变时, 仪表的内阻也改变, 对被测量的影响也会发生改变, 因此在进行测量时, 应考虑到由于量程改变而造成的测量误差。

观察频率不高的一般电信号, 选用频带宽度为 5MHz 的普通示波器就可以了, 而观察快速变化的脉冲信号则要选用频带宽度为 30MHz 以上的脉冲示波器, 用普通示波器观察快速变化的信号会产生大的失真。观察信号波形时还应根据信号大小适当调节示波器 Y 轴的衰减和增益, 以防止信号过大而造成的削波失真。

从指针式仪表或示波器上读取数据时, 应使视线与显示屏垂直, 此外还应注意表针的起始位置是否在零点, 欧姆表是否进行了校零, 示波器的比较电压是否准确等。

记录的数据应标明名称、单位, 并记在事先准备好的表格中, 零乱与无秩序的记录常常会造成错误或漏掉测试数据。对所取得的数据, 要根据基本理论进行检查,

发现不合理时应分析原因重复实验，并重新读取数据。需绘制曲线时，应合理地选择测试点，在曲线变化大的部分应多选几个测试点。必要时还要记下仪表的精度、室温等实验条件以备参考。

3. 关于预习和实验报告

要使实验获得良好的效果，在实验进行之前应进行预习，阅读实验指导书，了解实验的目的、任务和注意事项，完成规定的课前练习，必要时还应复习有关的理论和熟悉仪器的使用方法，对实验中应记录的数据和观察的现象最好先列表待用。

在实验过程中往往需要进行多次测量，可能得到大量的测量数据，还可能出现一些故障，或者发生一些意外的现象，这些都应写在实验报告中。但是一大堆杂乱的数字和现象是不能说明任何问题的，只有经过整理、分析或列表，才能从中找出规律并得到有用的结论。写实验报告就是做这种分析整理工作，它可以提高学生对待实验数据处理和分析的能力。实验报告应包括：实验目的、仪器设备、实验内容及电路图、记录和整理的结果、对实验数据和观察到的现象的分析讨论及实验的收获体会等。

1.1.4 测量的基本方法

电子测量的方法与使用的电子仪器有关，这里仅以最基本的万用表、毫伏表、信号发生器、示波器等为例进行说明。

1. 测量静态工作点的方法

在测量时，先去掉信号源，再将放大器的输入端短路（注意切勿将信号源短路），对于放大倍数不高的阻容耦合放大器也可将其开路，然后用万用表的直流电压挡测量被测量。

在实验中，测量 Q 点是指测量各三极管的 U_{BE} 和 U_{CE} 。对于 I_B 和 I_C 可通过测量电阻上的电压而间接求得。

请注意万用表直流电压挡测量的是电压的平均值，如果在 Q 点之上叠加着一个平均值为零的交流分量，则对 Q 点无影响，如果这个交流分量的平均值不为零（比如是一个失真的正弦波），则对 Q 点有影响。

2. 测量交流电压的方法

普通万用表交流挡除等效电阻小以外，灵敏度太低且频率范围很窄，故一般均采用毫伏表进行交流电压测量。毫伏表输入阻抗较高，在一般电路的测量中其负载效应可忽略。

（1）测量交流电压时首先要注意仪器接地。有人认为交流电压不分正负因此不必共地，这种看法是不正确的。我们说的“地”是指仪器和线路的公共端。当两个或两个以上的电子仪器是通过交流电源（220V）供电时，就需要将各自仪器的公共

端接在一起，以使干扰最小。

因此，在测量交流电压时我们始终是测量电位，而不是直接测量两点的电压。比如对于图 1.1 所示电路，应该分别测量 A 和 B 点电位 U_A 和 U_B ，然后通过计算 $U_A - U_B$ 得 U_{AB} ，若直接测量 U_{AB} ，毫伏表就不与信号源共地了。

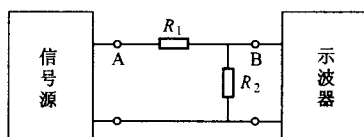


图 1.1 多仪器连接时交流电压的测量

(2) 请注意测量交流电时应用示波器监视波形。如果在测量时电路中存在自激振荡或外来信号的干扰，就应该先消除振荡和干扰再测量。测量时还要注意波形是否失真，如果用按正弦波有效值刻度的毫伏表测量非正弦交流电压，那么读数中会引入波形误差，所以必须知道信号波形形状才有意义。一般我们用毫伏表测量正弦波电压，对于非正弦波电压只好借助于示波器了。

3. 测量 A_u 、 R_i 和 R_o 的方法

(1) 测量 A_u 时，首先应该选择一个合适的输入信号 U_i （最好为整数值），然后用示波器观察输出信号波形。在输出波形不失真的条件下测量输出电压 U_o ，通过 U_o / U_i 即可求得 A_u 。

(2) 测量 R_i 的电路如图 1.2 所示。在测量时应先取 R_s 与 R_i 数量级相同，然后给定一个合适的输入信号 U_s ，测得 U_i ，通过下式

$$R_i = \frac{U_i}{I} = \frac{R_s U_i}{U_s - U_i} \quad (1.7)$$

就可求得 R_i 的值。

(3) 测量 R_o 的电路如图 1.3 所示，在测量时应先选取 R_L 使其与被测 R_o 的数量级相同，然后给定一个合适的输入信号 U_i ，测得 R_L 开路时的输出电压为 U'_o 和带负载 R_L 时的输出电压 U_o ，通过下式计算就可得到 R_o 的值。

$$R_o = \frac{U'_o - U_o}{I} = \frac{R_L (U'_o - U_o)}{U_o} \quad (1.8)$$

测量 A_u 、 R_i 和 R_o 都是通过测量交流电压进行的。因此，凡是测量交流电压应注意的问题这里都应注意。

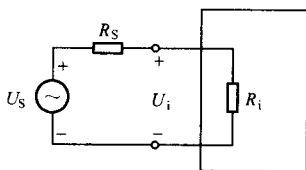


图 1.2 测量 R_i 的电路

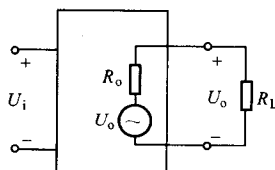


图 1.3 测量 R_o 的电路

4. 测量最大不失真输出幅度的方法

下面所讲的最大不失真输出幅度是在 Q 点可调的情况下所能达到的最大不失真幅度。

对于共发射极单级放大器如图 1.4 所示, 若要测得该电路的最大不失真输出幅度, 首先应增加输入信号幅度使 U_o 出现失真, 然后调节 R_{b1} 使 U_o 的波形对称失真, 再共同调节输入信号幅度和 R_{b1} 使对称失真同时消失, 此时 U_o 为最大不失真幅度。

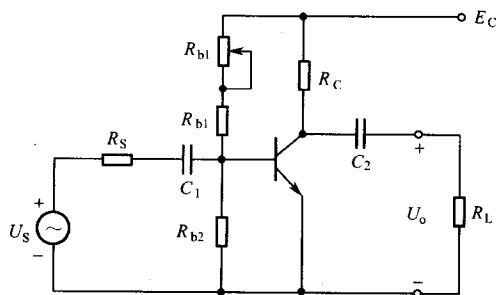


图 1.4 共发射极单级放大器

1.2 低频电路实验技术

1.2.1 三种常用仪器的使用

1. 实验目的

(1) 了解示波器、低频信号发生器、晶体管毫伏表的主要技术指标、性能和面板上各旋钮的功能。

(2) 初步掌握用示波器观察正弦信号波形和测量波形参数的方法, 并且初步学会使用低频信号发生器和晶体管毫伏表。

2. 实验原理

本实验使用三种仪器, 即低频信号发生器、晶体管毫伏表和示波器, 它们之间连接如图 1.5 所示。

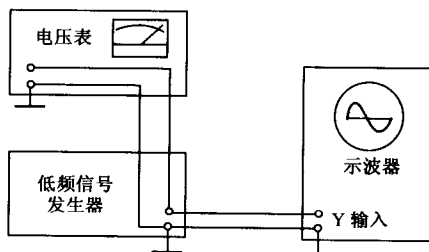


图 1.5 用示波器观察信号波形和用毫伏表测量信号电压

图中的低频信号发生器用来产生一定频率、一定信号幅度的正弦波信号。这里，选用 JWR8111 低频信号发生器，它可产生频率为 $0.1\text{Hz}\sim 2\text{MHz}$ ，最大幅度为 20V （开路）的正弦波信号，并分别给电压表和示波器提供信号。

晶体管毫伏表用来测量信号电压的大小。根据本实验选定的信号频率和幅度范围，选用 DA—16 型晶体管毫伏表。它能够测量频率范围为 $20\text{Hz}\sim 1\text{MHz}$ ，幅度为 $100\mu\text{V}\sim 300\text{V}$ 的正弦波信号电压。

示波器是用来观测各种周期电压（或电流）波形的仪器。本实验采用 SS—5702 型示波器，用它可观察 20MHz 以下的各种信号。

3. 实验仪器及设备

- 低频信号发生器 1 台
- 晶体管毫伏表 1 台
- 示波器 1 台

4. 预习要求

认真阅读低频信号发生器、晶体管毫伏表和示波器的使用说明。

5. 实验内容及步骤

（1）JWR8111 型低频信号发生器的使用

JWR8111 是一台便携式多用途数字显示低频信号发生器/频率计，可提供 $0.1\text{Hz}\sim 2\text{MHz}$ 正弦波、方波、三角波、脉冲波和锯齿波信号，用七挡改变输出频率，可在 $5\text{mV}\sim 20\text{V}$ （峰-峰值）范围改变输出幅度。使用方法见表 1.1。

表 1.1 JWR8111 型低频信号发生器的使用说明

序号	开关、旋钮或 端子代号	开关、旋钮或 端子名称	调节方法	作 用	说 明
1	ON/POWER	电源开关	转拨向 ON	电源接通	控制电源通断
2	AMPLITUDE	幅度调节	顺时针 旋转	幅度增大	信号输出幅度调节
3	MAIN	频率粗调	顺时针 旋转	频率增大	配合 FINE 用
4	FINE	频率细调	顺时针 旋转	频率增大	配合 MAIN 用
5	ATT	衰减开关	按下或 弹出	当开关按下时对函数信号输出衰减约 30dB ，对外接频率计数信号衰减约 20dB ，弹出不衰减	用 OUTPUT 端输出函数信号与 COUNT 端输入计数信号
6	FUNC/COUNT	函数/计数显示控制开关	按下或 弹出	当开关弹出时数码管显示函数信号频率，按下时显示外接计数频率	

续表

序号	开关、旋钮或端子代号	开关、旋钮或端子名称	调节方法	作用	说明
7	COUNT	计数信号输入		输入计数信号	输入信号电压 $U_o \leq 3V$
8	OUTPUT	函数信号输出		输出函数信号	

(2) 用晶体管毫伏表测量电压

用晶体管毫伏表直接测量信号发生器输出电压的连接图如图 1.6 所示。

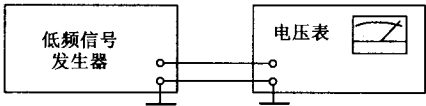


图 1.6 晶体管毫伏表直接测量信号发生器输出电压的连接图

调节低频信号发生器使频率调至 1kHz, 再调 AMPLITUDE 旋钮直到用晶体管毫伏表测量为 5V。保持 AMPLITUDE 旋钮位置不变, 改变低频信号发生器输出信号频率, 用晶体管毫伏表测量相应的电压值, 记入表 1.2 中。

表 1.2 晶体管毫伏表测量结果

信号频率 (Hz)	50	100	1k	10k	50k	100k	200k
晶体管毫伏表读数 (V)							

(3) 示波器的使用

用示波器观察信号波形的连接图如图 1.7 所示。

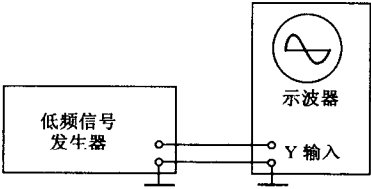


图 1.7 用示波器直接测量信号发生器波形的连接图

① 观察信号波形

a. 设置控制器

- 垂直位移：中间位置；
- 水平位移：中间位置；
- 辉度：顺时针旋到底；
- 垂直方式：CH₁；

- 扫描方式：AUTO；
- 时间/格：1ms；
- 扫描长度：顺时针旋到底。

接通“电源”开关。大约 15 s 后出现扫描轨迹，调节水平垂直“位移”钮，使扫描轨迹移到荧光屏观测区域中央，用“辉度”旋钮将扫描轨迹的亮度调到所需要的程度。调节“聚焦”旋钮，使扫描轨迹清晰。

- 加入信号触发，设置控制器
 - 垂直方式：CH₁；
 - 交流—地—交流（CH₁）：DC；
 - 伏特/格（CH₁）：5mV；
 - 微调（CH₁）：CAL；
 - 耦合方式：AC；
 - 触发源：CH₁。

用附带的探头将信号连接至通道 1 的 INPUT 端。调节 LEVEL/SLOPE 旋钮使仪器触发。

本实验要求输入 5V 的正弦波。调节示波器相应的旋钮，分别观察频率为 100Hz，200Hz，1kHz，20kHz，200kHz 的正弦信号，要求在屏幕上显示高度为 6 格，并有三个完整周期的正弦波形。

② 用示波器测量信号电压幅度

使低频信号发生器输出频率固定为 1kHz，幅度调为 5V。从示波器 INPUT 端输入被测信号，调节“伏特/格”开关以获得一个易于读取的信号幅度，将“伏特/格”微调旋钮置于 CAL 位置。测量值为：

- 如果用探头的“×1”位置测量，那么峰-峰值电压为“伏特/格”的设定值（V/格）乘以输入信号显示幅度（格）。
- 如果用探头的“×10”位置测量，那么峰-峰值电压为“伏特/格”的设定值（V/格）乘以输入信号显示幅度（格），再乘以 10。
- 有效值电压为峰-峰值电压（ V_{p-p} ）除以 $2\sqrt{2}$ 。

再改变低频信号发生器输出幅度，分别为 1V，100mV，将所得的结果记入表 1.3 中。

表 1.3 信号电压幅度的测量结果

低频信号发生器输出电压值	5V	1V	100mV
峰-峰电压值 V_{p-p} (V)			
有效值电压 V_{rms}			

③ 测量信号的周期

测量信号的周期可用示波器进行测试。置 SS-5702 示波器“时间/格微调”旋钮