

医学院校教材

医用电工、电子学实验



主 编 柴 英
副主编 侯俊玲 于 新 刚 晶

 人民卫生出版社

医学院校教材

医用电工、电子学实验

主 编 柴 英

副主编 侯俊玲 于 新 刚 晶

主 审 潘志达

编 者 (以姓氏笔画为序)

丁晓东 (大连医科大学)

杨欣欣 (辽宁中医药大学)

于 新 (哈尔滨医科大学)

陈艳霞 (大连医科大学)

司兴勇 (山东中医药大学)

侯俊玲 (北京中医药大学)

刚 晶 (辽宁中医药大学)

姜良萍 (大连大学)

乔灵宝 (山西医科大学)

柴 英 (大连医科大学)

汤以良 (大连医科大学)

黄代政 (广西医科大学)

李 喆 (哈尔滨医科大学)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

医用电工、电子学实验/柴英主编. —北京:

人民卫生出版社, 2009.12

ISBN 978-7-117-12102-6

I. 医… II. 柴… III. 医用电子学-实验-医学
院校-教材 IV. R312-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 189754 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店

卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中
医
师、卫生资格考试培训

医用电工、电子学实验

主 编: 柴 英

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 9

字 数: 219 千字

版 次: 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-12102-6/R·12103

定 价: 20.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

内容简介

本书是由卫生部教材办公室组织,根据医药类高等院校医学影像、医学检验、生物医学工程、制药工程、医学信息等本科专业医用电子学和电工学实验课程教学大纲的要求,由大连医科大学等八所高等医药类院校编写的实验教材。作者从高等医药类院校医用电子学课时和课程要求特点出发设置实验内容,注重基础,注重学科与专业的联系,注意贴近教学实际,力图建设具有多选择性、多层次性的教材框架以适应不同院校、不同专业的教学需要。本教材内容包括基础电路电工实验、模拟电路实验、数字电路实验、医学应用实验和电子电路仿真实验共五章,设有 32 个实验题目,基本上可以满足高等医药类院校各专业对电工电子学实验教学的要求,各校各专业可以根据本专业的需要从中选择。

本书可供医药类高等院校医学影像、医学检验、生物医学工程、制药工程、医学信息等专业本科生和七年制学生使用,也可供相关技术人员参考。

前 言

根据卫生部教材办公室的安排及全国高等医药类院校医学影像、医学检验、生物医学工程、制药工程、医学信息等专业医用电子学和电工学实验课程教学大纲的要求,大连医科大学等八所高等医药类院校共同编写了这本实验教材。

本教材的编写宗旨是:走出以往将工科院校的电工电子学实验教材简化而为我所用的老路,从医药类院校专业课时安排和课程要求的特点这一实际出发,注重基础,注重专业与电工、电子学的联系,兼顾各院校实验设备不同的实际情况,同时还要体现出教材的先进性和科学性。

本教材内容共有五章,分别为“基础电路电工实验”、“模拟电路实验”、“数字电路实验”、“医学应用实验”和“电子电路仿真实验”。

前三章“基础电路电工实验”、“模拟电路实验”、“数字电路实验”的特点是:所选用的实验是最基本的实验,其原理都是在几十学时的医用电子学和电工电路理论课中必修的内容,与工科院校相比,理论深度浅,测量要求少,操作指导细,特别是在必要之处还对同一个实验题目给出两套设备、两种操作步骤,从而兼顾了各院校实验设备不同的实际情况。第四章“医学应用实验”是在医药类院校教学第一线长期进行电子学教学及研究的各位参编作者长期研究的成果,这些实验的特点是:电路传递、放大、转换和表现的信号反映的是生物医学的相关信息,所采用的电路就是学生在理论课上学习的基本电路,因为要实现具体的功能而具有一定的综合性,但电路构成力求简单,尽量不采用为了达到节能、多量程、低噪声等目的附加电路,从而增加了学生对整个实验的可掌握度,使他们对电子学以及实验课程产生浓厚的兴趣。第五章“电子电路仿真实验”则介绍了目前世界上较新的优秀仿真软件 Multisim 7 的功能和特点,指导学生学习用 Multisim 7 进行仿真分析的具体方法,包括参数设置、电路连接、实验测试等仿真操作。随着计算机技术的迅速发展,计算机辅助设计技术已渗透到电子线路设计的各个领域,利用仿真软件进行电路图生成、逻辑模拟、电路分析、优化设计、最坏情况分析、印刷板设计等,可以节省资金,缩短设计过程。本教材引入这部分内容,旨在紧跟现代科学发展的步伐,将先进的计算机技术与电子技术课程实验有机地结合在一起,体现教材的先进性。

本书在编写过程中,得到了人民卫生出版社、大连医科大学及参编学校领导的大力支持,在此一并表示感谢!由于时间仓促,作者能力有限,有不妥之处,恳请广大读者赐教。

编 者

2009 年 11 月

目 录

第一章 基础电路电工实验	1
实验 1-1 常用电子仪器的使用	1
实验 1-2 叠加原理与基尔霍夫定律的验证	9
实验 1-3 戴维南定理的验证	12
实验 1-4 RC 串联电路的研究	14
实验 1-5 日光灯电路的连接	18
实验 1-6 三相异步电动机及其继电——接触控制电路	22
第二章 模拟电路实验	26
实验 2-1 晶体三极管特性曲线的测定	26
实验 2-2 场效应管特性曲线的测定	32
实验 2-3 单管放大器	35
实验 2-4 两级阻容耦合放大电路	41
实验 2-5 负反馈放大电路的研究	44
实验 2-6 差分放大器	48
实验 2-7 集成运算放大器	52
实验 2-8 电压比较器	56
实验 2-9 多谐振荡器	59
实验 2-10 文氏电桥振荡器	61
实验 2-11 直流稳压电源	66
第三章 数字电路实验	71
实验 3-1 TTL 集成逻辑门电路的逻辑功能	71
实验 3-2 组合逻辑电路的设计与测试	75
实验 3-3 集成触发器	80
实验 3-4 移位寄存器及其应用	85
实验 3-5 计数、译码、显示电路	90
实验 3-6 数/模和模/数转换电路	94
第四章 医学应用实验	102
实验 4-1 简易心电图信号测试实验的电路研究	102

实验 4-2	模拟储药罐中液面高度监测系统	105
实验 4-3	双限温度监控报警器	108
实验 4-4	医用换能器	110
实验 4-5	五行生克关系(记忆考核)显示器的设计与制作	114
第五章	电子电路仿真实验	117
实验 5-1	电子仿真软件 Multisim 7 电子学实验入门	117
实验 5-2	单级阻容耦合放大电路	123
实验 5-3	半加器和全加器	128
实验 5-4	555 时基电路及其应用	134

实验 1-1 常用电子仪器的使用

【实验目的】

1. 熟悉电子电路实验中常用的电子仪器——示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、万用表等的主要技术指标、性能及其使用方法。
2. 掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

【实验原理】

一、双踪示波器

示波器是一种用途广泛的电子测量仪器,它既能直接观察和显示电信号的波形,又能对电信号进行各种参数的测量。

示波器的种类很多,根据显示波形的个数,可分为单踪示波器、双踪(或双线)示波器和多踪(多线)示波器。本实验主要应用双踪示波器,它能够正确地显示出两个既相关而又互相独立的被测信号之间的时间、相位及幅度的关系。双踪示波器一般有五种显示方式,即“ Y_1 ”、“ Y_2 ”、“ $Y_1 \pm Y_2$ ”三种单踪显示方式和“交替”、“断续”两种双踪显示方式。“交替”显示一般在输入信号的频率较高时使用。“断续”显示一般在输入信号的频率较低时使用。双踪显示器是在单电子枪示波管的示波器中增设了一个电子开关,利用时间分割原理实现两波形“同时”显示。图 1.1.1 给出了双踪示波器的电路结构图。

1. 信号波形的观测 利用示波器进行波形的观测,需将待测信号从 Y 轴输入,选择适当的耦合方式(直流或交流),根据信号波形的大小选择适当的灵敏度。为了能观测到若干个完整的波形,用来表示时间扫描速率的控制开关必须置于适当的位置,使扫描频率和信号频率有整数的比例关系。

2. 电压的测量 一般情况下,电信号同时含有交流和直流两种成分。在电子技术中,除了要测量电信号的交流分量外,常需测量上述两种分量的瞬时值(即复合值),这时用示波器进行测量非常方便,特别是在脉冲技术中示波器的应用更为广泛。

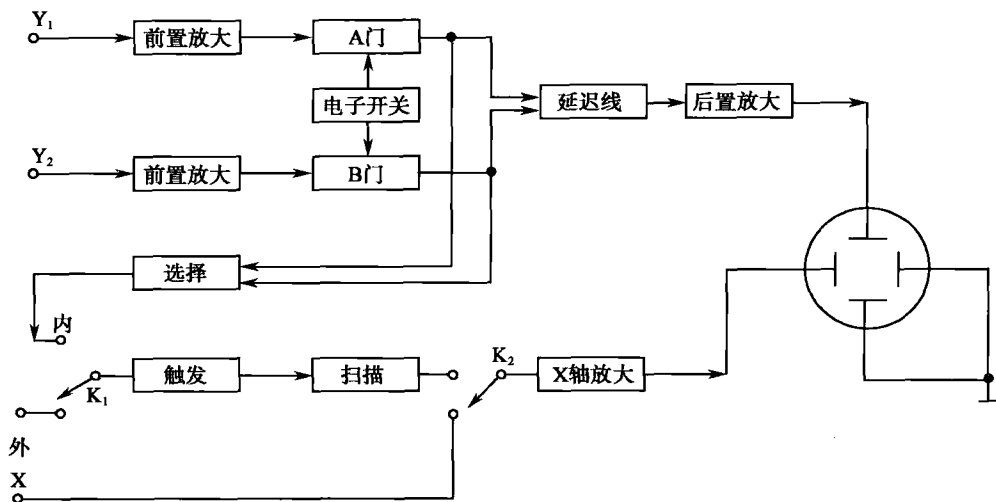


图 1.1.1 双踪示波器结构图

(1) 交流电压的测量:示波器显示的是电压波形,若要测量正弦交流电压有效值的大小,可以通过测量交流电压波形的峰与峰之间的幅度——峰峰值而得到。电压的有效值 U 与峰峰值 U_{pp} 之间的换算关系为

$$U = \frac{\sqrt{2}}{2} U_{pp} \quad (1)$$

测量峰峰值时,耦合方式采用交流(AC)方式,Y轴的灵敏度需要进行校准,Y轴的灵敏度就是在Y轴的方向上每格所代表的电压值,这个值可从示波器的面板上直接读出。这样峰峰值 U_{pp} 就等于荧光屏上峰峰间的格数 d_Y 与Y轴灵敏度 K 的乘积。

即

$$U_{pp} = K \cdot d_Y \quad (2)$$

(2) 直流电压的测量:首先应确定Y轴输入为零时基线的位置,具体方法是将耦合开关拨至“地”或使Y轴输入为零,然后再调节“Y轴位移”定位。

进行测量时将耦合开关拨至“直流(DC)”状态,“Y轴位移”保持不变,校准好的Y轴灵敏度旋钮置于适当位置,即可测得此时的信号瞬时值高于零输入时基线的格数 d_Y 。再按公式(2)计算出瞬时的直流电压值。

3. 频率的测量(时间测量)

(1) 扫描时间法:首先将扫描速率进行校准,待测信号由Y轴输入。测量时X轴扫描速率开关置于适当位置,使荧光屏上显示清晰稳定的波形。读出被测信号波形中相邻两个同相位点之间在X轴方向上对应的格数 d_X ,再乘以扫描控制开关的灵敏度 H (即X轴的方向上每格所代表的时间,这个值可从示波器的面板上直接读出)便可得到该信号的周期

$$T = H \cdot d_X \quad (3)$$

由周期可求出频率

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

(2) 李萨如图形法:示波器如果不接扫描发生器,将两个正弦电压分别接在示波器的垂直偏转板与水平偏转板上,那么在荧光屏上就出现一个封闭的曲线。如果两个电压的频率、

振幅和相位都不同,就可以得到各种不同的图形,这些图形称为李萨如图形。

利用李萨如图形,可以测量交流电压的频率。其方法是从李萨如图形上读出图形与垂直线的相交点数目 N_Y 和图形与水平线的相交点数目 N_X 。若用 f_X 表示接到水平偏转板上的已知信号的标准频率, f_Y 表示接到垂直偏转板上的被测信号的频率,则由

$$\frac{f_X}{f_Y} = \frac{N_Y}{N_X} \quad (5)$$

可求出 f_Y 。

图 1.1.2 给出了一些常用的李萨如图形及其对应的频率比($N_Y : N_X$)。椭圆是一个最简单的情况, $N_Y : N_X = 1 : 1$, 即待测频率和已知的标准频率相等。在实际测量中,要适当选择已知频率的数值,以得到一个简单的李萨如图形。

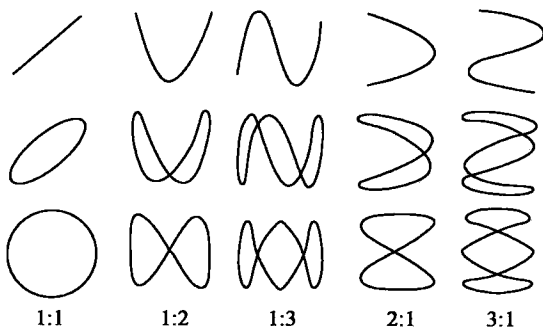


图 1.1.2 常用的李萨如图形

二、函数信号发生器

函数信号发生器能直接输出正弦波、三角波、方波、锯齿波、脉冲波等多种信号。通过输出衰减开关和输出幅度调节旋钮,可使输出电压在一定范围内连续调节。输出信号频率可以通过频率分档开关及频率微调控制旋钮进行调节。函数信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

三、交流毫伏表

交流毫伏表只能在其工作频率范围之内,用来测量正弦交流电压的有效值。为了防止过载而损坏,测量前一般先把量程开关置于较大位置上,然后在测量中逐档减小量程。

四、万 用 表

万用表是一种多用途、多量程的便携式仪器,它可以进行交、直流电压和电流以及电阻等多种电量的测量。万用表分为指针式模拟万用表和数字式万用表两种。

指针式模拟万用表的测量过程是先通过一定的测量电路,将待测电量转换成电流信号,再由电流信号去驱动磁电式表头指针的偏转,在刻度尺上指示出被测电量的大小。

数字式万用表的测量过程是先由转换电路将待测电量转换成直流电压信号,由模数(A/D)转换器将电压模拟量转换成数字量,最后把测量结果用数字直接显示在显示器上。

五、直流稳压电源

直流稳压电源输出的电压可从零伏到几十伏,且连续可调。输出电流可达 3A,负载能力较强。

六、矩形脉冲波的参数

图 1.1.3 给出了矩形脉冲波的几个参数。

1. 脉冲周期 T 周期性重复的脉冲序列中两个相邻脉冲间的时间间隔。

2. 重复频率 f 周期的倒数 $f = \frac{1}{T}$, 表示单位时间内脉冲重复的次数。

3. 脉冲幅度 U_m 脉冲电压的最大变化幅度。

4. 脉冲宽度 T_w 脉冲前沿到后沿的时间间隔。

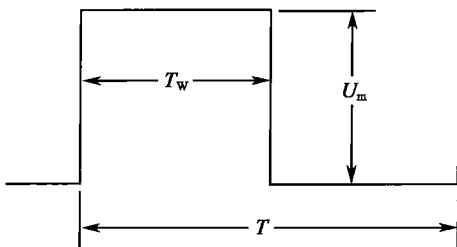


图 1.1.3 矩形脉冲波参数

【实验器材】

双踪示波器、函数信号发生器、交流毫伏表、直流稳压电源、录音机、指针式模拟万用表、数字式万用表和综合实验板。

或模拟电路实验箱。

【实验步骤】

一、用数字式万用表测定单管交流放大器的静态工作点

1. 根据图 1.1.4 所示原理图, 从综合实验板上找出三极管放大电路, 并确定放大电路的输入端、输出端、集电极、基极和发射极的组装位置。

2. 接通放大器电源, 将直流稳压电源输出端与放大电路 h、e 点相连, 注意电源正极接 h 点, 负极接 e 点。经老师检查接线正确无误之后, 接通稳压器的电源, 预热后调节稳压器输出为 12V。

3. 用导线将放大电路输入端 a、e 短接。注意实验室已经调好放大器的静态工作点, R_{w1} 不可再动。

4. 按照使用数字式万用表测量直流电压的方法, 设置档位和量程, 将黑色测试棒插入“COM”插孔, 红色测试棒插入“VΩHz”插孔。

5. 接通万用表电源, 黑表棒探头与放大器的地(e 点)相连。红表棒探头接触 h 点, 测量放大器工作电压 E_C ; 红表棒探头接触集电极 c 点, 测量集电极电压 U_{CEQ} ; 红表棒探头接触基极 b 点, 测量基极电压 U_{BEQ} ; 红表棒探头接触发射极 e 点, 测量发射极电压 U_{EQ} 。将测量结果记入表 1.1.1 中。

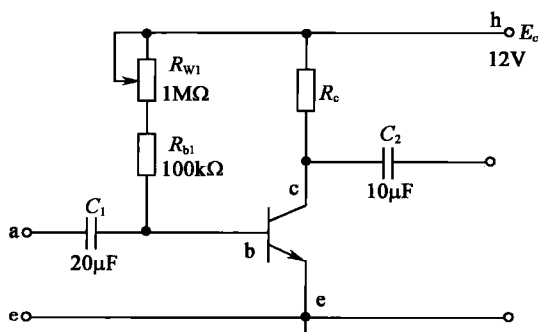


图 1.1.4 单管放大器电路

表 1.1.1 用数字万用表测定放大器的静态工作点

	E_C (V)	U_{CEQ} (V)	U_{BEQ} (V)	U_{EQ} (V)
测量值				

二、用交流毫伏表测量单管放大器电压放大倍数

1. 去掉 a、e 短接线,将函数信号发生器输出端与放大器输入端相连,注意芯线接 a 端,屏蔽层接地线 e 端;令函数信号发生器输出 1kHz 正弦信号,用交流毫伏表测定 a、e 之间的信号电压,调节函数信号发生器输出信号幅度,使放大器输入电压有效值为 5mV。
2. 将放大器输出信号接入示波器,注意示波器引线的芯线接放大器输出端,屏蔽层接地线 e 端。观察放大后的波形,应不失真的正弦波形。
3. 用交流毫伏表测定放大器输出电压,记入表 1.1.2 中,计算电压放大倍数 A_u 。

表 1.1.2 用交流毫伏表测量单管放大器电压放大倍数

输入电压 U_i (mV)	输出电压 U_o (mV)	放大倍数 $A_u = \frac{U_o}{U_i}$

三、用机内校正信号对示波器进行自检

1. 扫描基线调节 将示波器的显示方式开关置于“单踪”显示(CH1 或 CH2),输入耦合方式开关置于“GND”,触发方式开关置于“自动”。开启电源开关后,调节“辉度”、“聚焦”等旋钮,使荧光屏上显示一条细而且亮度适中的扫描基线。然后调节“X 轴位移”和“Y 轴位移”旋钮,使扫描线位于屏幕中央。

2. 测试“校正信号”波形的幅度及频率 将示波器的“校正信号”通过专用电缆线引入选定的 Y 通道(Y_1 或 Y_2),将 Y 轴输入耦合方式开关置于“AC”或“DC”,触发源选择开关置于“内”。调节 X 轴“扫描速率”开关(t/div)和 Y 轴“输入灵敏度”开关(V/div),使示波器荧光屏上显示出一个或数个周期稳定的方波波形。

(1) 校准“校正信号”的幅度:将“Y 轴灵敏度微调”旋钮置于“校准”位置,“Y 轴灵敏度”开关置于适当位置,读取校正信号幅度,记入表 1.1.3 中。

表 1.1.3 校准“校正信号”幅度及频率

项目	幅度 U_{PP} (V)	频率 f (kHz)	上升沿时间(μ s)	下降沿时间(μ s)
标准值				
实测值				

注:不同型号的示波器标准值有所不同,请按所用示波器的类型将标准值记入表格中。

(2) 校准“校正信号”的频率:将“扫速微调”旋钮置于“校准”位置,“扫描速率”开关置于适当位置,读取校正信号周期,换算成频率值,记入表 1.1.3 中。

(3) 测量“校正信号”的上升时间和下降时间:调节“Y 轴灵敏度”开关及微调旋钮,移动波形,使方波波形在垂直方向上正好在中心轴上,且上下对称以便于观测。通过扫速开关逐级提高扫描速度,使波形在 X 轴方向扩展(必要时可以利用“扫速扩展”开关将波形再扩展 5 或 10 倍),同时调节触发电平旋钮,以从荧光屏上清楚地读出“校正信号”的上升时间和下降时间,并记入表 1.1.3 中。

四、观察函数信号发生器的输出波形

1. 将函数信号发生器的正弦信号输出端接到示波器的 Y 轴。调节函数信号发生器的相关旋钮,在示波器上便可观察到频率和幅度适当的正弦信号波形。

2. 观测函数信号发生器输出的脉冲波形,应从脉冲输出端输出信号,功能开关置于相应的脉冲符号档位。适当调节脉冲宽度,在示波器上可看到不同的脉冲波形。

五、用示波器和交流毫伏表测量信号参数

1. 测量信号源输出电压和频率

(1) 调节函数信号发生器的相关旋钮,以得到输出频率分别为 100Hz、1kHz、10kHz、100kHz,有效值均为 1V(交流毫伏表测量值)的正弦波信号。

(2) 改变示波器“扫描速率”开关及“Y 轴灵敏度”开关的位置,测量信号源输出电压频率及峰峰值,并记入表 1.1.4 中。

表 1.1.4 信号源输出电压、频率及峰峰值

信号频率	示波器测量值		毫伏表显示的 信号电压(V)	示波器测量值	
	周期(ms)	频率(Hz)		峰峰值(V)	有效值(V)
100Hz					
1kHz					
10kHz					
100kHz					

2. 测量交流电压有效值

(1) 待测信号是正弦信号,录在录音机的磁带上,这个信号可从录音机的耳机插孔输出。将待测信号接到示波器的 Y 轴,耦合开关置于“AC”状态,扫描速率置于适当位置。

(2) 将波形移到示波器荧光屏的中心位置,注意将波形控制在荧光屏上、下刻度极限之内(Y 轴灵敏度需事先进行校准),保持波形清晰稳定。

(3) 首先确认 Y 轴灵敏度已校准完毕,然后读取正弦波峰峰间的格数 d_Y 和 Y 轴的灵敏度 K ,根据(1)、(2)两式计算交流电压的有效值。

(4) 用交流毫伏表测量该信号的有效值,并与用示波器测出的有效值进行比较。

(5) 将上述测量结果记入表 1.1.5 中。注意要分别对录音机的 A 面和 B 面信号进行测量。

表 1.1.5 电压测量

待测的录音机 信号	Y 轴灵敏度 K (V/div)	波形峰峰间的 格数 d_Y	峰峰值(V) $U_{PP} = K \cdot d_Y$	有效值(V) $U = \frac{\sqrt{2}}{4} U_{PP}$	交流毫伏表 测量值(V)
A 面					
B 面					

3. 扫描时间法测频率

- (1) 将待测录音机信号(A 面或 B 面)接到示波器 Y 轴,调节示波器使波形适中。
- (2) 将已校准的扫描速率控制开关置于适当位置,使示波器上显示清晰、稳定的波形。
- (3) 调节位移旋钮,使波形处在便于观察读数的位置,读出被测波形相邻两个同相位点之间在 X 轴方向所占的格数 d_x 及 X 轴的灵敏度 H。
- (4) 根据式(3)和式(4)求出周期 T 和频率 f 。并将测量结果记入表 1.1.6 中。

表 1.1.6 频率测量

待测的录音机 信号	X 轴灵敏度 H (ms/div)	相邻同相 位点间的 格数 d_x	周期(ms) $T=H \cdot d_x$	频率(Hz) $f=\frac{1}{T}$	李萨如图形法测频率 f (Hz)			
					$N_Y : N_X = 1 : 1$		$N_Y : N_X = 1 : 2$	
					f_x	f_y	f_x	f_y
A 面								
B 面								

4. 李萨如图形法测频率

- (1) 将待测录音机信号(A 面或 B 面)接到示波器的 Y 轴。
- (2) 将函数信号发生器输出的正弦信号接到示波器的 X 轴输入端,X 轴扫描速率开关置于“X-Y”状态。调节信号发生器的幅度旋钮和示波器的 Y 轴灵敏度旋钮,使在示波器的荧光屏上得到一个近似正方形的图形。
- (3) 调节函数信号发生器的频率,以在示波器的荧光屏上得到各种形状的李萨如图形。
- (4) 调节函数信号发生器的频率旋钮,按照 $N_Y : N_X = 1 : 1$ 和 $N_Y : N_X = 1 : 2$ 两种比值,得到相应的李萨如图形,读取函数信号发生器所对应的频率数值,将其记入表 1.1.6 中,再根据式(5)求出待测信号的频率,并与用扫描时间法测得的结果进行比较。

5. 测量矩形波的参数

- (1) 适当调节函数信号发生器,以得到一个矩形波。
- (2) 测出此矩形波的周期、频率、脉宽及函数信号发生器输出的最大幅度,记入自行设计的表格中。

6. 测量直流电压 将稳压电源输出电压调到 10V,用示波器测量并将测试值记入表 1.1.7 中。

表 1.1.7 直流电压测量

V/div	测试时光线位移的方向及跳动格数	直流电压值	万用表测试值

六、测量两波形间的相位差

1. 观察双踪显示波形“交替”与“断续”两种显示方式的特点 Y_1 、 Y_2 均不加输入信号,输入耦合方式置于“GND”位置,扫速开关置于扫速较低档位(如 0.5s/div 档)和扫速较高档位(如 5 μ s/div 档),把显示方式开关分别置于“交替”和“断续”位置,观察两条扫描基线的显示特点。

2. 用双踪显示测量两波形间的相位差

(1) 按图 1.1.5 连接实验电路, 将函数信号发生器的输出电压调至频率为 1kHz, 幅值为 2V 的正弦波, 经 RC 移相网络获得频率相同但相位不同的两路信号 u_i 和 u_R , 分别加到双踪示波器的 CH1 和 CH2 输入端。为了便于稳定波形, 比较两波形的相位差, 应使内触发信号取自被设定作为测量基准的一路信号。

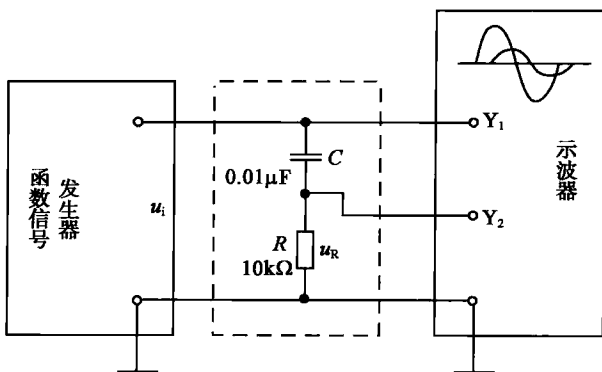


图 1.1.5 两波形间相位差测量电路

(2) 把显示方式开关置于“交替”档位, 将 CH1 和 CH2 输入耦合方式开关置于“GND”档位, 调节 CH1、CH2 的(↑↓)移位旋钮, 使两条扫描基线重合。再将 Y_1 、 Y_2 输入耦合方式开关置“AC”档位, 调节扫描开关及 CH1、CH2 灵敏度开关位置, 此时在荧屏上显示出两个相位不同的正弦波形 u_i 和 u_R , 如图 1.1.6 所示。根据两波形同相位点在水平方向的差距 X 及信号周期 X_T , 可求得两波形的相位差

$$\theta = \frac{X(\text{div})}{X_T(\text{div})} \times 360^\circ \quad (6)$$

式中: X_T ——一周在 X 轴方向上所占的格数;
 X ——两波形在 X 轴方向上的差距格数。记录两波形的相位差于表 1.1.8 中。

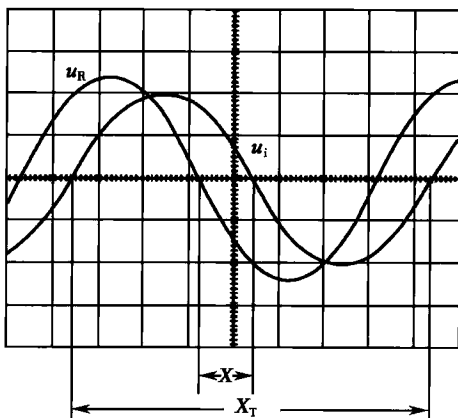


图 1.1.6 双踪示波器显示两相位不同的正弦波

表 1.1.8 两波形间的相位差

一周期格数 X_T	两波形 X 轴差距格数 X	相位差 θ	
		实测值	计算值

θ 的理论值依据 RC 移相网络的阻抗角运算公式计算。另外, 为了读取数据的方便, 可适当调节扫描开关及微调旋钮, 使波形的一个周期占据 X 轴方向的格数为整数。

【实验数据及其处理】

根据实验结果填写数据表格, 计算有关的物理量。

【实验讨论与思考】

1. 如何调节示波器相关旋钮, 以便从示波器荧光屏上观察到稳定、清晰的波形。
2. 交流毫伏表是用来测量正弦波电压还是非正弦波电压? 它的表头指示值对应于待

测信号的哪一个量? 是否可以用交流毫伏表测量直流电压的大小?

3. 对该实验过程进行小结。

【实验注意事项】

1. 为防止外界干扰,接线时应把各仪器的接地端连接在一起,作为共地端。
2. 接通电源时,应先将用电器方面的电源线接好,再接通总电源。断开电源时,应先断开总电源,再断开用电器方面的电源连线。
3. 不要将直流稳压电源和函数信号发生器输出端的两条线短路。
4. 在示波器上读取数据时,要注意将 Y 轴的灵敏度和扫速的微调旋钮置于校准位置。

(丁晓东 黄代政)

实验 1-2 叠加原理与基尔霍夫定律的验证

【实验目的】

1. 验证电路的叠加原理,加深对这一原理的理解。
2. 验证基尔霍夫定律,加深对基尔霍夫定律的理解。
3. 学习电路组成及电路测量的基本操作。

【实验原理】

一、叠 加 原 理

在由线性电阻、线性受控源及独立源组成的线性网络中,任一支路的响应(电压或电流)都可以看成是每一个独立源单独作用于网络时,在该支路上所产生的响应(电压或电流)的代数和。

所谓独立源单独作用,是指当某个独立源单独作用于网络时,其余的独立源都不作用,即取零值,所以其余的电压源应当用短路代替,电流源则用开路代替。叠加原理的“叠加”是指“代数和”,因此叠加时应注意各量值的正负。

二、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路理论中最基本的、也是最重要的定律之一,它概括了电路电压、电流所分别遵循的基本规律,其内容有二:

1. 基尔霍夫电流定律 电路中任意时刻,流进和流出节点的电流的代数和等于零,即 $\sum I=0$ 。

基尔霍夫电流定律规定了汇集于节点上各支路电流间的约束关系,而与支路上元件的性质无关,不论元件是线性的或非线性的,有源的或无源的,电路是时变的或稳定的,此定律都成立。

2. 基尔霍夫电压定律 电路中任意时刻,沿闭合回路电压降的代数和等于零,亦即 $\sum U=0$ 。基尔霍夫电压定律表明了任一闭合回路中各支路电压降必须遵守的约束关系。

它是电压与路径无关这一性质的反映,它与基尔霍夫电流定律一样,只与电路的结构有关,而与支路中元件的性质无关。不论这些元件是线性的或非线性的,有源的或无源的,电路是时变的或稳定的,此定律都成立。

因此,测量某电路的各支路电流及每个元件两端的电压,可分别应用基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

三、参考方向

在电路分析中常常要用到参考方向的概念。例如某有源网路中的一条支路 AB,在事先并不知道该支路电压极性的情况下,应如何测定该支路的电压降? 电压表的正极和负极是分别接在 A 端和 B 端,还是相反? 为解决这一问题,在测量之前需首先假定一个电压降的方向。若设其方向由 B 指向 A,此即电压参考方向。于是,根据设定的电压参考方向,电压表的正极和负极分别与 B 端和 A 端相连;若此时电压表的指针沿顺时针方向偏转,则电压表的读数为正值,说明电压的实际方向与参考方向是一致的;若电压表的指针沿逆时针方向偏转,此时电压表的读数记为负值,说明电压的实际方向与参考方向相反。在使用指针式电压表的情况下,应将电压表的极性对换,重新测量,并在测量数据前面冠以负号。同理可测该支路的电流,但应将电流表串联接入该支路进行测量。

【实验器材】

直流电源、电流表、电压表、各阻值电阻、导线、开关和面包板。

或直流电源、电流表、电压表和实验线路板。

【实验步骤】

一、叠加原理的验证

1. 按图 1.2.1 连接好线路。用万用表的欧姆档选择实验所需的电阻。电路参数为 $R_1: 200\Omega; R_2: 100\Omega; R_3: 150\Omega; R_4: 100\Omega; R_5: 51\Omega$ 。

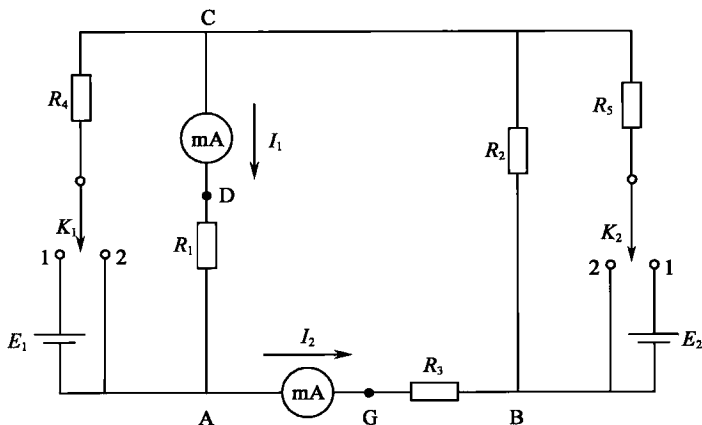


图 1.2.1 叠加原理实验线路