



普通高等教育实验实训规划教材

电气信息类

模拟电子技术实验

于军 主编
吴兴波 付莉 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育实验实训规划教材



电气信息类

模拟电子技术实验

主 编 于 军
副主编 吴兴波 付 莉
编 写 孙立辉 张慧颖 吴正玲
主 审 翟玉文



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是普通高等教育实验实训规划教材（电气信息类）。根据模拟电子技术的课程要求，结合近年来电子信息技术和高校实验课程的需求，针对提高学生的综合实践能力和创新意识而编写。

全书包括验证性实验 5 个、设计性实验 6 个、综合设计性实验 5 个、MultiSIM9.0 仿真软件的使用实验 5 个、MultiSIM9.0 仿真实验 4 个，共 25 个实验。既包括模拟电子电路的基本测试技术、综合设计和分析、又包括 MultiSIM9.0 仿真模拟电子电路的内容。MultiSIM9.0 既可以进行实验仿真，又可以辅助理论教学。实验内容及其难易程度覆盖了不同层次的实验教学要求，各院校可依据自己的实际情况灵活安排教学内容。

本书既可作为高等学校电气课程、电气信息类和部分非电类专业本科生的实验教材，也可作为广大电子行业工作者和电子爱好者的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

模拟电子技术实验/于军主编. —北京：中国电力出版社，2011.6

普通高等教育实验实训规划教材. 电气信息类

ISBN 978-7-5123-1851-9

I. ①模… II. ①于… 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（2011）第 125841 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.25 印张 197 千字

定价 14.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着电子信息产业的飞速发展和我国高等教育大众化的深层次推进,电气、电子信息类专业学生工程实践能力的培养问题,已经越来越受到人们的重视。从20世纪90年代开始,各高校在实验与实践教学方面就做出了多方面的积极努力。

本书是模拟电子技术课程的实验教材。模拟电子技术课程是电气、电子信息类和部分非电类专业本科生的技术基础课,具有很强的实践性和鲜明的时代性。通过实验,学生能更好地掌握常用电子器件、模拟电路及其系统的知识和设计,为深入学习模拟电子技术以及在专业中的应用打好基础。为提高学生的动手能力和综合实践能力,培养学生创新意识特编写本书。

本书有模拟电子技术和MultiSIM9.0仿真技术方面的25个实验,包括有验证性实验、设计性实验、综合设计性实验和仿真实验四种类型。验证性和设计性实验有实验目的、实验原理、实验设备、实验内容、预习思考题和实验报告等内容,多数学生通过自学即可完成。综合设计性实验含有设计要求、设计思路和相关设备器件介绍,旨在培养学生的实践能力。仿真实验部分包括MultiSIM9.0仿真软件分析和仿真模拟电子电路等内容。MultiSIM9.0仿真软件可以在计算机上虚拟电子实验室,不仅适合于实验仿真,也非常适合于模拟电子技术课程的辅助教学。同时还解决了目前各高校因经费不足、设备有限,很多实验难以进行的问题。该书内容涵盖广泛,设计了不同层次的实验,各院校可以根据自己的实际需要灵活安排教学内容。

本书由于军主编,吴兴波、付莉副主编。实验一~实验十六由于军编写,实验十七~实验二十一由吴兴波编写,实验二十二~二十五实验由付莉编写。全书由于军进行统稿和校稿,孙立辉、张慧颖、吴正玲等也参加了部分编写工作。本书的出版得到了吉林化工学院、浙江天煌科技实业有限公司的大力支持,在这里向所有为本书作过贡献的人们致谢。另外,在本书的编写过程中也参考了一些优秀的教材,在此一并表示衷心的感谢。

吉林化工学院翟玉文教授对书稿进行了详细认真地审阅,提出了很多非常宝贵的意见和建议。这些意见和建议对本书的顺利完成至关重要。在此,谨向翟玉文教授表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,殷切希望读者提出宝贵意见。

编者

2011年5月

目 录

前言

第一篇 模拟电子技术实验

第一章 验证性实验	1
实验一 常用电子仪器的使用	1
实验二 二极管的应用	9
实验三 电压比较器的测试	13
实验四 有源滤波器的测试 (一)	17
实验五 集成功率放大器的测试	20
第二章 设计性实验	24
实验六 基本运算电路的设计	24
实验七 矩形波产生电路的设计	28
实验八 三角波产生电路的设计	31
实验九 RC 正弦波产生电路的设计	35
实验十 压控振荡器的设计	39
实验十一 直流稳压电源的设计	41
第三章 综合设计性实验	48
实验十二 药品电子配料秤的设计	48
实验十三 温度测量控制系统的设计	53
实验十四 防盗报警器的设计	56
实验十五 湿度控制电路的设计	57
实验十六 光强度控制电路的设计	59

第二篇 MultiSIM 9.0 仿真实验

第四章 MultiSIM 9.0 仿真软件的使用	62
实验十七 MultiSIM 9.0 的特点及安装	62
实验十八 MultiSIM 9.0 的工作界面	63
实验十九 MultiSIM 9.0 仪表库的使用	68
实验二十 MultiSIM 9.0 的主要分析功能	81

实验二十一 MultiSIM 9.0 的具体操作	86
第五章 MultiSIM 9.0 仿真实验	94
实验二十二 单管共射极放大电路的测试	94
实验二十三 差动放大器的测试	106
实验二十四 基本运算电路的测试	112
实验二十五 有源滤波器的测试（二）	119
参考文献	126

第一篇 模拟电子技术实验

第一章 验证性实验

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

(1) 掌握模拟电子电路实验中常用的电子仪器——示波器、函数信号发生器及交流毫伏表的主要技术指标、性能。

(2) 掌握模拟电子电路实验中常用的电子仪器——示波器、函数信号发生器及交流毫伏表的正确使用方法。

(3) 初步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。

二、实验原理

在模拟电子技术实验中,经常使用的电子仪器有双踪示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表及频率计等。它们和万用表一起,可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种电子仪器进行综合使用,可按照信号流向,以连线简洁、调节顺手、观察与读数方便等原则进行合理布局,各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 1-1 所示。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称为共地。函数信号发生器(信号源)和交流毫伏表的连接线通常使用屏蔽线或专用电缆线,示波器的连接线使用专用电缆线,直流稳压电源的连接线使用普通导线。

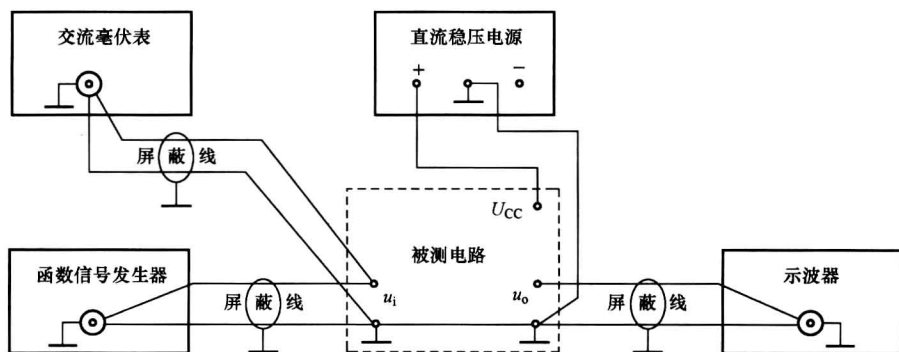


图 1-1 模拟电子电路中常用电子仪器布局图

(一) 双踪示波器 (YB4328)

双踪示波器是一种用途很广泛的电子测量仪器,它既能直接显示电信号的波形,又能对电信号进行各种参数的测量。双踪示波器(YB4328)的控制面板如图 1-2 所示。

双踪示波器(YB4328)的原理和使用详见说明书,着重介绍下列几点。

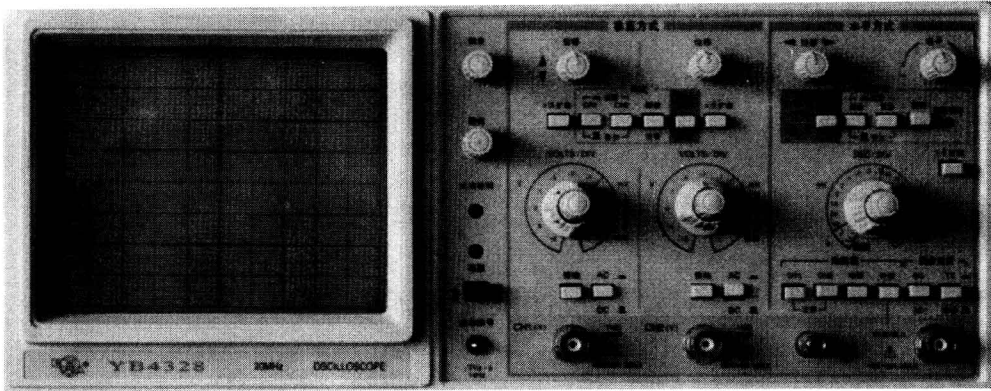


图 1-2 双踪示波器 (YB4328) 的前面控制板

(1) 寻找扫描光迹点。

开机预热后,若在显示屏上不出现光点和扫描基线,可按下列操作去寻找光点和扫描基线。

1) 适当调节辉度旋钮,顺时针旋转光迹增亮。

2) 扫描方式选择“自动”。选择“自动”扫描方式时,当无触发信号输入时,屏幕上显示扫描光迹,一旦由触发信号输入,电路自动转换为触发扫描状态,调节电平可使波形稳定的显示在屏幕上,此方式适合观察频率在 50Hz 以上的信号。

3) 适当调节“垂直位移 ($\downarrow\uparrow$)”、“水平位移 (\rightleftarrows)”旋钮,使光点和扫描基线位于屏幕中央。“垂直位移 ($\downarrow\uparrow$)”旋钮用于调节光迹在垂直方向的位置;“水平位移 (\rightleftarrows)”旋钮用于调节光迹在水平方向的位置。

(2) 扫描方式选择。

“自动”:当无触发信号输入时,屏幕上显示扫描光迹,一旦由触发信号输入,电路自动转换为触发扫描状态。调节电平可使波形稳定地显示在屏幕上,此方式适合观察频率在 50Hz 以上的信号。

“常态”:当无信号输入时,屏幕上无光迹显示;当有信号输入时,且触发电平旋钮在合适的位置上,电路被触发扫描。当被测信号频率低于 50Hz 时,必须选择该方式。

“锁定”:仪器工作在锁定状态后,无需调节电平即可使波形稳定地显示在屏幕上。

“单次”:用于产生单次扫描。进入单次状态后,按动复位按钮,电路工作在单次扫描方式,扫描电路处于等待状态,当触发信号输入时,扫描只产生一次,下次扫描需要再次按动复位按钮。

(3) 触发源的选择。

“CH1”:在双踪显示时,触发信号来自 CH1 通道;单踪显示时,触发信号则来自被显示的通道。

“CH2”:在双踪显示时,触发信号来自 CH2 通道;单踪显示时,触发信号则来自被显示的通道。

“交替”:在双踪显示时,触发信号交替来自于两个 Y 通道,此方式用于同时观察两路不相关的信号。

“电源”：触发信号来自于市电。

“外接”：触发信号来自于触发输入端口。

(4) 显示方式的选择。

“CH1”：只显示 CH1 通道的信号。

“CH2”：只显示 CH2 通道的信号。

“交替”：用于同时观察两路信号，此时两路信号交替显示，该方式适合于在扫描速率较快时使用。

“断续”：两路信号断续工作，适合于在扫描速率较慢时同时观察两路信号。

“叠加”：用于显示两路信号相加的结果，当 CH2 极性按钮被按下时，则两路信号相减。

“CH2 反相”：此按钮未被按下时，CH2 的信号为常态显示，此按钮被按下时，CH2 的信号被反相。

(5) 输入耦合方式的选择。

“AC”：信号中的直流分量被隔开，用以观察信号的交流成分。

“DC”：信号与仪器通道直接耦合，当需要观察信号的直流分量或被测信号的频率较低时应选用此方式。

“GND”：输入端处于接地状态，用以确定输入端为零电位时光迹所在位置。

(6) 灵敏度选择。

“灵敏度”旋钮用于选择垂直轴的偏转系数，从 5mV/div ~ 10V/div (div, 格) 分 11 个挡级调整，可根据被测信号的电压幅度选择合适的挡级。

“灵敏度微调”旋钮用以连续调节垂直轴的偏转系数，调节范围 ≥ 2.5 倍。该旋钮顺时针旋足时为“校准”位置，此时可根据“灵敏度”旋钮度盘位置和屏幕显示幅度读取该信号的电压值。

适当调节“灵敏度”旋钮可使屏幕上显示 1~2 个周期的被测信号波形。在测量幅值时，应注意将“灵敏度微调”旋钮置于“校准”位置，即顺时针旋到底，且听到关的声音。同时还要注意“扩展”旋钮的位置。

根据被测波形在屏幕坐标刻度上垂直方向所占的格数 (div) 与“灵敏度”旋钮度盘指示值 (V/div) 的乘积，即可算出被测信号幅值的实测值。

(7) 选择扫描速率。

“扫描速率”旋钮根据被测信号的频率高低，选择合适的挡级。当“扫描速率微调”置于“校准”位置时，可根据“扫描速率”旋钮度盘位置和波形在水平轴的距离读出被测信号的时间参数。

“扫描速率微调”旋钮用于连续调节扫描速率，调节范围 ≥ 2.5 倍，该旋钮顺时针旋足时为“校准”位置。

适当调节“扫描速率”旋钮可使屏幕上显示 1~2 个周期的被测信号波形。在测量周期时，应注意将“扫描速率微调”旋钮置于“校准”位置，即顺时针旋到底，且听到关的声音。同时还要注意“扩展”旋钮的位置。

根据被测信号波形一个周期在屏幕坐标刻度水平方向所占的格数 (div) 与“扫描速率”旋钮度盘 (s/div) 的乘积，即可算出被测信号周期的实测值。

(二) 函数信号发生器/计数器 (EE1641B1)

函数信号发生器/计数器 (EE1641B1) 按需要可以输出频率可调、幅度可调的正弦波、方波、三角波等三种信号波形。输出电压峰峰值最大可达 20V, 通过输出衰减开关和输出幅度调节旋钮, 可使输出电压在毫伏级到伏级范围内连续调节。函数信号发生器的输出信号频率可以通过频率分挡开关进行调节。

1. 功能介绍

函数信号发生器/计数器 (EE1641B1) 前面板示意图如图 1-3 所示, 各部分功能如下。

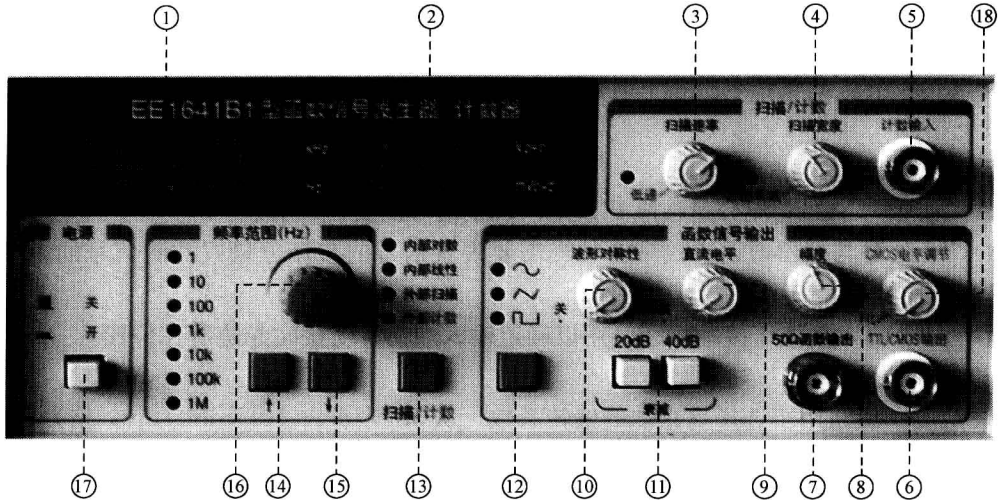


图 1-3 函数信号发生器/计数器 (EE1641B1) 前面板示意图

- ①—频率显示窗口；②—幅度显示窗口；③—扫描速率调节旋钮；④—宽度调节旋钮；⑤—外部输入插座；
⑥—TTL/CMOS 信号输出端；⑦—函数信号输出端；⑧—函数信号输出幅度调节旋钮；⑨—函数信号输出直流电平预置调节旋钮；⑩—输出波形对称性调节旋钮；⑪—函数信号输出幅度衰减开关；
⑫—函数输出波形选择按钮；⑬—扫描/计数按钮；⑭—上频段选择按钮；
⑮—下频段选择按钮；⑯—频率调节旋钮；⑰—整机电源开关；
⑱—CMOS 电平调节旋钮

(1) 频率显示窗口。该窗口显示输出信号的频率或外测频信号的频率。

(2) 幅度显示窗口。该窗口显示函数输出信号的幅度。

(3) 扫描速率调节旋钮。调节此旋钮可以改变内扫描的时间长短。在外测频时, 逆时针旋到底 (绿灯亮) 为外输入测量信号经过低通开关进入测量系统。

(4) 宽度调节旋钮。调节此旋钮可调节扫频输出的扫频范围。在外测频时, 逆时针旋到底 (绿灯亮), 为外输入测量信号经过衰减 “20dB” 进入测量系统。

(5) 外部输入插座。当 “扫描/计数键⑬” 功能选择在外扫描状态或外测频功能时, 外扫描控制信号或外测频信号由此输入。

(6) TTL/CMOS 信号输出端。输出标准的 TTL 电平和峰峰值幅度为 3~15V 的 CMOS 电平, 输出阻抗为 600Ω。

(7) 函数信号输出端。该输出端输出多种波形受控的函数信号, 输出峰峰值幅度为 20V (1MΩ 负载)、10V (50Ω 负载)。

(8) 函数信号输出幅度调节旋钮。该调节旋钮可实现的信号输出幅度调节范围为 20dB。

(9) 函数信号输出直流电平预置调节旋钮。该调节旋钮可实现输出信号直流电平的调节范围为： $-5\sim+5\text{V}$ (50Ω 负载)，当电位器处在中心位置时，则为 0 电平。

(10) 输出波形对称性调节旋钮。调节此旋钮可改变输出信号的对称性。当电位器处在中心位置或“OFF”位置时，则输出对称信号。

(11) 函数信号输出幅度衰减开关。该衰减开关分为“20dB”、“40dB”两个按键。“20dB”、“40dB”键均不按下，输出信号不经衰减，直接输出到插座口。“20dB”、“40dB”键分别按下，则可选择 20dB 或 40dB 衰减。

(12) 函数输出波形选择按钮。按动该按钮可分别选择正弦波、三角波、脉冲波输出。

(13) “扫描/计数”按钮。按动该按钮可选择多种扫描方式和外测频方式。

(14) 上频段选择按钮。每按一次此按钮，输出频率向上调整一个频段。

(15) 下频段选择按钮。每按一次此按钮，输出频率向下调整一个频段。

(16) 频率调节旋钮。调节此旋钮可改变输出频率的一个频段。

(17) 整机电源开关。此按键按下时，机内电源接通，整机工作。此键释放为关掉整机电源。

(18) CMOS 电平调节旋钮。当 CMOS 电平调节旋钮置于“关”位置时，信号输出端⑥输出标准 TTL 电平；当 CMOS 电平调节旋钮置于“开”位置时，CMOS 电平峰峰值调节范围为 $3\sim 15\text{V}$ 。

2. 函数信号输出

(1) 50Ω 主函数信号输出。 50Ω 主函数信号输出可按下列步骤进行：

1) 以终端连接 50Ω 匹配器的测试电缆，由前面板插座⑦输出函数信号；

2) 由频率选择按钮⑭、⑮选定输出函数信号的频段，由频率调节旋钮⑯调整输出信号频率，直到所需的工作频率值；

3) 由波形选择按钮⑫选定输出函数的波形分别获得正弦波、三角波、脉冲波；

4) 由信号幅度选择器⑪和⑧选定和调节输出信号的幅度；

5) 由信号电平设定器⑨选定输出信号所携带的直流电平；

6) 输出波形对称调节器⑩可改变输出脉冲信号空度比，与此类似，输出波形为三角波或正弦时可使三角波调变为锯齿波，正弦波调变为正与负半周分别为不同角频率的正弦波形，且相位可相差 180° 。

(2) TTL/CMOS 信号输出。TTL/CMOS 信号输出端输出信号电平（TTL 标准电平，CMOS 电平峰峰值为 $3\sim 15\text{V}$ ），其重复频率、调控操作均与 50Ω 函数输出信号一致。以测试电缆（终端不加 50Ω 匹配器）由输出插座⑥输出 TTL/CMOS 脉冲信号，CMOS 电平调节旋钮⑬调节 CMOS 电平输出幅度。

(3) 内扫描/扫频信号输出。

1) “扫描/计数”按钮⑬选定为内扫描方式；

2) 分别调节扫描速率调节器③和扫描宽度调节器④获得所需的扫描信号输出；

3) 函数输出插座⑦、TTL/CMOS 输出插座⑥均输出相应的内扫描的扫频信号。

(4) 外扫描/扫频信号输出。

1) “扫描/计数”按钮⑬选定为“外扫描方式”；

2) 由外部输入插座⑤输入相应的控制信号, 即可得到相应的受控扫描信号。

3. 外测频功能检查

(1) “扫描/计数”按钮③选定为“外计数方式”;

(2) 用本机提供的测试电缆, 将函数信号引入外部输入插座⑤, 观察显示频率应与“内”测量时相同。

4. 使用时注意事项

(1) 本仪器采用大规模集成电路, 修理时禁用二芯电源线的电烙铁; 校准测试时, 测量仪器或其他设备的外壳应接地良好, 以免意外损坏。

(2) 在更换熔丝时严禁带电操作, 必须将电源线与交流市电电源切断, 以保证人身安全。

(3) 维护修理时, 一般先排除直观故障, 如断线、碰线、器件倒伏、接插件脱落等可视损坏故障。然后根据故障现象按工作原理初步分析出故障电路的范围, 再以必要的手段来对故障电路进行静态、动态检查, 查出确切故障后按实际情况处理, 使仪器恢复正常运行。

(4) 函数信号发生器作为信号源时, 它的输出端不允许短路。

(三) 数字交流毫伏表 (TH1911)

数字式交流毫伏表 (TH1911) 主要用于测量频率范围为 $10\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$, 电压为 $100\mu\text{V} \sim 400\text{V}$ 的正弦波有效值电压; 只能在其工作频率范围之内测量正弦交流电压的有效值。为了防止因过载而损坏, 测量前一般先把量程开关置于量程较大位置上, 然后在测量中逐挡减小量程。数字式交流毫伏表 (TH1911) 的前面板如图 1-4 所示。

数字式交流毫伏表的使用方法为:

(1) 接入电源;

(2) 把量程选择旋钮置于 400V 量程;

(3) 当电源开关打到“ON”上时, 数字表大约有 5s 不规则的数字跳动, 这是开机的正常现象, 不表明它是故障;

(4) 大约 5s 后仪器稳定, 输入短路有大约 15 个字以下的噪声, 这不影响测试精确, 可以开始使用。

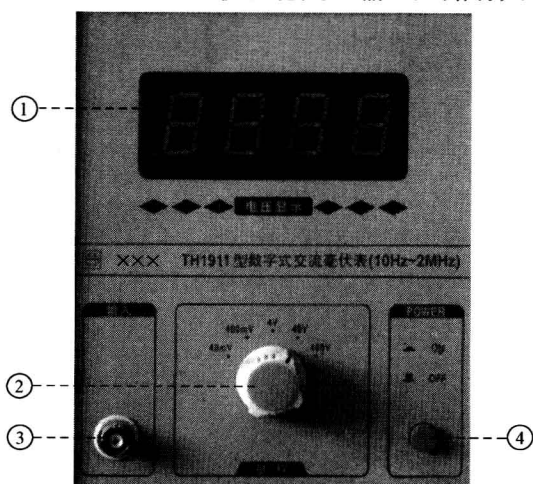


图 1-4 TH1911 型数字式交流毫伏表前面板示意图

- ①—数字显示窗口; ②—量程选择旋钮;
③—输入端; ④—电源开关

三、实验设备

模拟电子实验常用的实验设备见表 1-1。

表 1-1 常用实验设备及型号

序号	名称	型号	数量
1	双踪示波器	YB4328	1
2	函数信号发生器/计数器	EE1641D	1
3	数字式交流毫伏表	TH1911	1
4	双路直流稳压电源		1

四、实验内容

1. 测量示波器校准信号

用机内校正信号 (频率为 1kHz , 电压幅度为 0.5V 的方波) 对示波器进行自检。

(1) 扫描基线调节。

将示波器的显示方式中的“CH1”显示开关按下，输入耦合方式开关置“GND”，触发方式开关置于“自动”。开启电源开关后，调节“辉度”、“聚焦”、“光迹旋转”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“水平位移 (\rightleftarrows)”和“垂直位移 (\updownarrow)”旋钮，使扫描线位于屏幕中央，并且能上下、左右移动。

(2) 测试校正信号波形的幅度、频率。

将示波器的校正信号（频率为 1kHz，电压幅度为 0.5V 的方波）通过专用电缆线接入选定的 CH1 通道，将输入耦合方式开关置于“AC”或“DC”，触发源选择开关置于“CH1”。调节水平轴“扫描速率”开关 (s/div) 和垂直轴“灵敏度”开关 (V/div)，使示波器显示屏上显示出一个或数个周期稳定的方波波形。

1) 校准校正信号幅度。将“灵敏度微调”旋钮置于“校准”位置，“灵敏度”旋钮置于适当位置，读取校正信号幅度，记入表 1-2 中。

表 1-2 校正信号的测量数据

参 数	标 准 值	实 测 值
幅度 U_{PP} (V)		
频率 f (kHz)		

注 不同型号示波器标准值有所不同，请按所使用示波器将标准值填入表格中。

2) 校准校正信号频率。将“扫描速率微调”旋钮置于“校准”位置，“扫描速率”旋钮置于适当位置，读取校正信号周期，记入表 1-2 中。

3) 测量校正信号的上升时间和下降时间。调节“灵敏度”旋钮及“灵敏度微调”旋钮，并移动波形，使方波波形在垂直方向上正好占据中心轴上，且上下对称，便于阅读。通过“扫描速率”旋钮逐级提高扫描速度，使波形在水平轴方向扩展（必要时可以利用“扫描速率扩展”开关将波形再扩展 10 倍），并同时调节“触发电平”旋钮，从显示屏上清楚地读出上升时间和下降时间，记入表 1-2 中。

2. 用示波器和交流毫伏表测量信号参数

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

改变示波器“扫描速率”旋钮及“灵敏度”旋钮等位置，测量信号源输出电压的周期、频率、最大值、峰峰值，将所测得的数据填入表 1-3 中。

表 1-3 正弦波信号的测量数据

信号电压频率	示波器测量值			
	周期 (ms)	频率 (Hz)	最大值 (V)	峰峰值 (V)
100Hz				
1kHz				
10kHz				

3. 用示波器测量两波形间相位差

(1) 观察双踪显示“交替”与“断续”的特点。

CH1、CH2 均不加输入信号，输入耦合方式置于“GND”，扫描速率旋钮置于扫描速率较低挡位（如 $0.1\text{s}/\text{div}$ 挡）和扫描速率较高挡位（如 $10\mu\text{s}/\text{div}$ 挡），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，并记录该现象。

(2) 用双踪显示测量两波形间相位差。

1) 按图 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 、有效值为 1V 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 的输入端。

2) 把显示方式开关置于“交替”挡位，将 CH1 和 CH2 输入耦合方式开关置于“GND”挡位，调节 CH1、CH2 的“垂直移位 ($\downarrow\uparrow$)”旋钮，使两条扫描基线重合。

3) 将 CH1、CH2 输入耦合方式开关置“AC”挡位，调节触发电平旋钮、扫描速率旋钮及 CH1、CH2 “灵敏度”旋钮的位置，使在屏幕上显示出易于观察的两个相位不同的正弦波形 u_i 及 u_R ，如图 1-6 所示，由图 1-6 读出两波形在水平方向差距的格数 m 和正弦波信号周期的格数 n ，则可求得两波形相位差 φ 为

$$\varphi = \frac{m}{n} \times 360^\circ$$

例如，图 1-6 所示两波形在水平方向差距的格数为 4，正弦波信号周期的格数为 16，则两波形相位差 φ 为

$$\varphi = \frac{4}{16} \times 360^\circ = 90^\circ$$

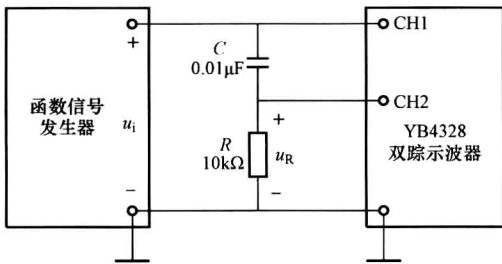


图 1-5 两波形间相位差测量电路

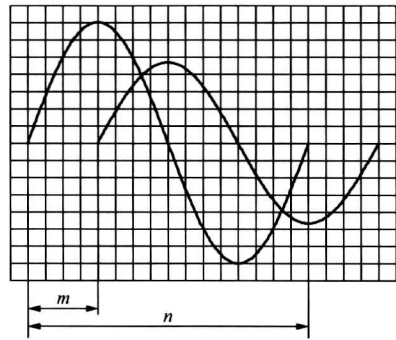


图 1-6 测量相位波形图

记录两波形相位差 φ 于表 1-4 中，为了读数和计算方便，可适当调节扫描速率旋钮及微调旋钮，使波形一周期占整数格。

表 1-4

两波形间相位差的测量数据

一个周期格数	两波形水平轴差距格数	相位差	
		实测值 ($^\circ$)	计算值 ($^\circ$)
$X_T =$	$X =$	$\varphi =$	$\varphi =$

五、注意事项

(1) 使用仪器设备前，必须先仔细阅读仪器的使用说明书，严格遵守操作规程；

- (2) 拨动面板各旋钮时,用力要适当,不可过猛,以免造成仪器设备的机械损坏;
- (3) 改变电路接线前,应该先关闭电源开关。

六、预习思考题

- (1) 如何操纵示波器有关旋钮,以便从示波器显示屏上观察到稳定、清晰的波形?
- (2) 用双踪显示波形,并要求比较相位时,为在显示屏上得到稳定波形,应怎样选择下列开关的位置?

①显示方式选择(CH1、CH2、叠加、交替、断续);②触发方式(常态、自动);③触发源选择(CH1、CH2、交替、电源)。

(3) 已知 $C=0.01\mu\text{F}$ 、 $R=10\text{k}\Omega$, 计算图 1-2 中 RC 移相网络的阻抗角 φ 。

(4) 函数信号发生器有哪几种输出波形? 它的输出端能否短接? 如用屏蔽线作为输出引线, 则屏蔽层一端应该接在哪个接线柱上?

(5) 交流毫伏表是用来测量正弦波电压还是非正弦波电压? 它的表头指示值是被测信号的什么数值? 它是否可以用来测量直流电压的大小?

七、实验报告

- (1) 整理实验数据, 并进行分析。
- (2) 总结仪器的使用方法。
- (3) 本次实验的心得体会。

实验二 二极管的应用

一、实验目的

- (1) 掌握二极管的单向导电性。
- (2) 掌握二极管的基本特性及其应用。
- (3) 掌握特殊二极管的应用。

二、实验原理

1. 普通二极管

二极管的基本特性是单向导电性。当二极管外加正向电压时处于导通状态; 当二极管外加反向电压时处于截止状态。利用二极管的单向导电性, 二极管可以有多种用途, 如整流、限幅(削波)、检波等。

2. 特殊二极管

(1) 发光二极管。发光二极管是半导体二极管的一种, 可以把电能转化成光能, 常简称为 LED。发光二极管包括可见光、不可见光、激光等不同类型, 在本实验中只对可见光二极管作一简单介绍。发光二极管与普通二极管一样是由一个 PN 结组成, 也具有单向导电性。只有当外加的正向电压使得正向电流足够大时才发光, 它的开启电压比普通二极管的大, 红色 LED 的开启电压在 1.6~1.8V 之间, 绿色 LED 的开启电压约为 2.0V。正向电流愈大, 发光越强。发光二极管的发光颜色取决于所用材料, 常用的是发红光、绿光或黄光的二极管, 可以制成各种形状, 如长方形、圆形等。

使用发光二极管时, 必须串联限流电阻, 工作电流在 20mA 左右。因此, 根据发光二极管的电压和电流以及电源电压参数可以计算限流电阻的大小, 电路如图 1-7 所示, 限流电

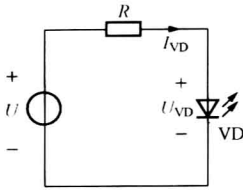


图 1-7 发光二极管
实验电路

阻 R 的计算公式为

$$R = \frac{U - U_{VD}}{I_{VD}}$$

式中： U 为电压源电压； U_{VD} 为发光二极管的正向压降； I_{VD} 为发光二极管的一般工作电流。

(2) 稳压二极管。稳压二极管是利用二极管的反向击穿特性来实现稳压的。在反向击穿区的一定范围内，即使流过管子的电流变化很大，管子两端的电压也会基本保持不变。

三、实验设备

二极管的应用所需实验设备及型号见表 1-5。

表 1-5 实验设备及型号

序号	名称	型号	数量	序号	名称	型号	数量
1	双踪示波器		1	6	电阻	10kΩ, 100Ω	2
2	函数信号发生器		1	7	电容	1μF	1
3	直流数字电压表		1	8	发光二极管		1
4	交流数字电压表		1	9	稳压二极管		1
5	二极管	1N4007	4				

四、实验内容

1. 半波整流

实验电路如图 1-8 所示， $R=10\text{k}\Omega$ ，使函数信号发生器输出电压 u_i 为 $U_i=5\text{V}$ ， $f=200\text{Hz}$ 的正弦交流信号，测量输出电压 u_o 为相应的 U_o ，并用示波器观察 u_o 和 u_i 的对应关系，将测量数据与波形

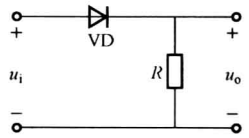


图 1-8 半波整流电路

表 1-6 半波整流实验数据及波形

$U_i(\text{V})$	$U_o(\text{V})$	输入电压 u_i 波形	输出电压 u_o 波形

2. 桥式整流

桥式整流实验电路如图 1-9 所示， $R=10\text{k}\Omega$ 。使函数信号发生器输出电压 u_i 为 $U_i=5\text{V}$ ， $f=200\text{Hz}$ 的正弦交流信号，测量输出电压 u_o 为相应的 U_o ，并用示波器观察 u_o 和 u_i 的对应关系，将测量数据与波形记入表 1-7 中。

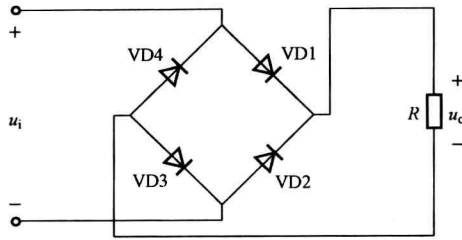


图 1-9 全波整流电路

表 1-7

桥式整流实验数据及波形

U_i (V)	U_o (V)	输入电压 u_i 波形	输出电压 u_o 波形

3. 限幅

限幅实验电路如图 1-10 所示, $R=10k\Omega$ 。使函数信号发生器输出电压 u_i 为 $U_i=5V$, $f=200Hz$ 的正弦交流信号, 用示波器观察 u_o 和 u_i 的波形, 并将测量波形记入表 1-8 中。

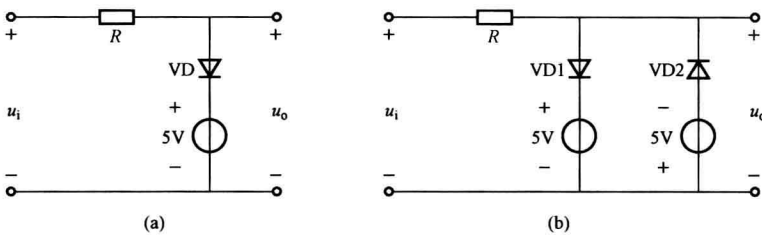


图 1-10 限幅电路

表 1-8

限幅实验数据及波形

输入电压 u_i 波形	输出电压 u_o 波形