

第1章 电子技术实验实训的基础知识

1.1 电子技术实验实训的目的和要求

1.1.1 基本目的

电子技术是高等工科大学各专业的一门技术基础课程。在电子技术日新月异、不断渗透到其他学科领域的形势下，为培养卓越的工程技术人才，电子技术实验实训的学习显得尤为重要。

电子技术是一门工程实践性很强的课程。在实验实训中，应加强工程意识的训练，注重实践技能的培养，包括：掌握电子器件性能指标的测试方法；掌握电子电路的分析与设计方法；掌握电子电路的组装、调试和故障的排除方法；掌握仿真软件的应用与技能；迅速拓展、巩固和加深电子电路技术的理论知识及实践能力等。

对于《电子技术实验与实训教程》的内容，如果按理论课程分类，可分为“模拟电子技术实验实训”和“数字电子技术实验实训”两部分；如果按实践项目的性质分类，可分为基础型、综合型和设计型三大类；如果按电子系统来理解，则系统中常常会同时含有模拟电子电路和数字电子电路，即教材是将电子系统中的问题，分成各种模块项目进行实践实训。

1.1.2 基本要求

实验实训项目的完成，一般可分为三个阶段，如图 1.1.1 所示。

预习阶段：预习项目的理论基础知识；预习电路图及要求；预习实训装置及仪器仪表；撰写预习报告。

实施阶段：在确保安全操作的条件下，按照项目技术要求、电子电路图等进行操作、调试、观测。

报告阶段：整理操作过程、实训线路、故障排除等，进行数据分析与论述。

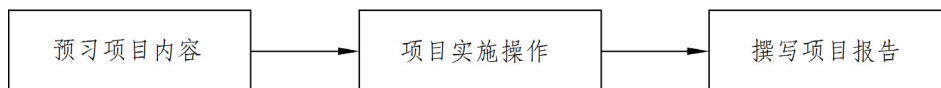


图 1.1.1 电子技术实验实训的项目实施过程框图

1. 预习报告

“预习报告”是项目操作前对每一个学生提出的要求。在写预习报告过程中，应思考以下几个问题：

- (1) 这次做什么项目？
- (2) 项目的目的是什么？
- (3) 项目的基本原理、电子电路图和要求是什么？
- (4) 怎么才能准确无误地实施操作、完成项目？
- (5) 如何操作使用装置、仪器、仪表？

尽量做到在准确无误地完成项目的同时,从中获得最大的知识量和得到技术能力的提高。

2. 项目实施过程

项目不仅仅是知识的载体,还是学习掌握工程技能的平台,还是科学与研究能力培养的起源地。从简单的基本型实验实训开始,观测电子器件的非线性伏安特性、逻辑元件的功能状态,到分析、设计组合逻辑电路、时序逻辑电路,掌握电子电路的故障诊断、分析和处理方法,从而提高电子技术工程能力。因此,在项目实施过程中,要求必须做到:

(1) 准时进入实训室,遵守实训室的规章制度,在规定的时间内完成项目,项目结束后整理好所有的装置和设备等。

(2) 掌握电子器件和集成芯片的管脚识别方法;掌握二极管、三极管和场效应管的输入特性或传输特性、输出特性;掌握逻辑部件的逻辑功能。

(3) 严格按照科学的操作方法进行正确接线和布线。即接线该长则长,该短则短,达到接线清楚、容易检查、操作方便的目的。

(4) 掌握电子电路图的基本原理,耐心分析故障原因,排除故障。

(5) 认真操作,细心观察,准确记录。

3. 项目报告

报告是整个项目中一个重要的学习环节,是每一个工程技术人员必须经历的一项基本训练,一份优秀的项目报告能反映出实践的科学水平,也是反映学生能力的最好答卷。因此,须按项目要求认真撰写报告。

1.2 操作规则

为了在实践中培养学生严谨的科学作风,确保人身和设备的安全,顺利完成实践任务,特制定以下操作规则:

(1) 严禁带电接线、拆线或改接线路操作。

(2) 认真复查电子电路的接线,确信无误后,经指导教师检查同意,再接通电源。

(3) 通电操作时,必须全神贯注观察电子电路、仪器仪表的变化,如有异常,应立即断电,检查故障原因。如发生事故,立即关断电源,保持现场,报告指导教师。

(4) 确认测量数据或逻辑结果无误后,提交指导教师检查;经教师认可后,方可拆电子电路线路,整理好操作平台器材和导线。

(5) 不能擅自搬动或调换操作平台上的装置、仪器、仪表、设备等。对于不会使用的仪器仪表、设备,不得贸然使用。若损坏仪器设备,必须立即报告指导教师,并做书面检查,

责任事故要酌情赔偿。

(6) 操作中要严肃认真, 保持安静、整洁的实验学习环境。

1.3 电子技术实践中的测量方法

1.3.1 模拟电子技术参数的测量方法

1. 测量电压的方法

下面介绍两种测量电压的方法: 直接测量法和示波器测量法(又称比较测量法)。

1) 直接测量法

直接测量法是一种直接用电压表测量电压的方法。

在测量电压时, 注意考虑电表的输入阻抗(或电阻)、仪表的量程、频率范围等。在仪表的量程选择上, 尽量使被测电压的指示值(即电压值的大小)大于仪表满刻度量程的 $2/3$, 减少仪表所产生的测量误差。

2) 示波器测量法

示波器测量法是用示波器同时测量显示被测电压与已知电压, 通过对被测电压信号与已知电压信号间的比较后, 计算出被测电压值。所以, 示波器测量法又称为比较测量法。

(1) 直流电压的测量。

测量步骤如下:

- 设置被选用通道的输入耦合(AC-GND-DC)方式为“GND”。
- 扫描方式的选择(SWEEP MODE)为自动(AUTO)方式, 屏幕上显示扫描光迹, 即屏幕显示一条扫描基线。
- 调节垂直移位, 使扫描基线移到示波器屏幕刻度的中心水平坐标上, 并定义此时的电压值为零(即称为基准电压)。
- 将被测信号输入被选用的通道插座。
- 将输入耦合(AC-GND-DC)方式置为“DC”。
- 测量扫描线在垂直方向偏移基线的距离, 扫描线向上移为正电压, 下移为负电压。
- 按下式计算被测直流电压值:

直流电压值 $U = \text{垂直方向格数} \times Y \text{轴电压衰减指示值 (VOLTS/DIV)} \times \text{偏转方向 (+ 或 -)}$

例如: 在图 1.3.1 中, 测出扫描基线比原基线上移 3.5 格, 如 Y 轴电压衰减指示值为 2 V/div , 则被测直流电压 U 为

$$U = 3.5 \times 2 = 7 \text{ (V)}$$

(2) 交流电压的测量。

- 将示波器 X 轴扫描速度微调(VARIABLE)顺时针旋足, 即置于“校准”位置。
- 将被测交流电压 $u(t)$ 信号从 Y 轴“CH1”输入, 即垂直方式设置为“CH1”通道。
- 调整 X 轴扫描速度, 使波形稳定, 并使屏幕显示至少一个波形周期。

- 调整垂直移位 (VERTICAL POSITION), 使波形的底部在屏幕中某一水平坐标上。
- 调整水平移位 (HORIZONTAL POSITION), 使波形顶部在屏幕中央的垂直坐标上。
- 测量垂直方向波形峰-峰两点的格数。
- 按下面公式计算被测信号的电压峰-峰值 $U_{p,p}$:

$$U_{p,p} = \text{垂直方向峰-峰间的格数} \times Y \text{轴电压衰减指示值 (VOLTS/DIV)}$$

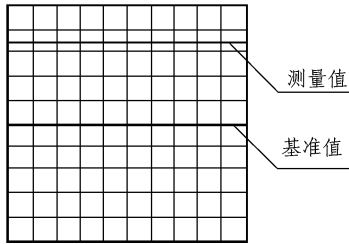


图 1.3.1 直流电压测量图

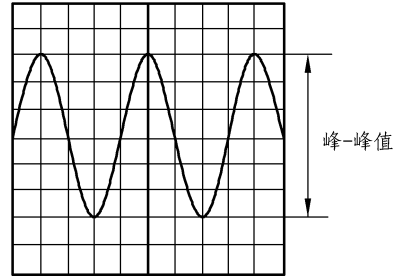


图 1.3.2 交流电压测量图

例如：在图 1.3.2 中，测出交流电压波形峰-峰两点的垂直格数为 6 格，如 Y 轴电压衰减指示值为 3 V/div，则被测交流电压 $u(t)$ 信号的电压峰-峰值 $U_{p,p}$ 为

$$U_{p,p} = 6 \text{格} \times 3 \text{ V/div} = 18 \text{ V}$$

峰值电压 (即最大值电压) U_m 为

$$U_m = 3 \text{格} \times 3 \text{ V/div} = 9 \text{ V}$$

有效值电压 U 为

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_{p,p}}{2\sqrt{2}} \approx 6.36 \text{ V}$$

2. 阻抗的测量方法

在模拟电子电路中，阻抗参数值是描述系统的传输及变换的一个重要技术指标。特别是低频条件下模拟线性放大电路的输入电阻和输出电阻，是反映放大电路特性的重要参数。

根据电路理论中欧姆定律，可得直流电路中的电阻为

$$R = \frac{U}{I}$$

正弦交流电路中阻抗为

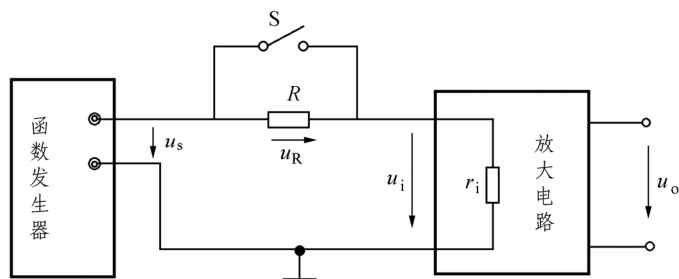
$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + jX$$

即欧姆定律是测量阻抗的理论基础。

下面重点讨论模拟线性放大电路的输入电阻和输出电阻的测量方法。

1) 放大电路输入电阻 r_i 的测量方法

测量输入电阻 r_i 的电路如图 1.3.3 所示，其中电阻 R 值为已知。

图 1.3.3 放大电路输入电阻 r_i 测量图

在测量放大电路输入电阻 r_i 前，我们要先估算一下输入电阻 r_i 的大小。当测量较低的输入电阻 r_i 时，用“输入换算法”测量；当测量较高的输入电阻 r_i 时，用“输出换算法”测量。

注意：函数发生器输出的信号为低频小信号，保证放大电路工作在线性放大状态下，即用示波器观测输出波形是否失真，调节输入信号，确保放大电路输出波形不失真。

(1) 输入换算法。

用仪器、仪表分别测量图 1.3.3 中的有效值电压 U_s 、 U_i ，则根据欧姆定律，分析计算输入电阻 r_i 为

$$r_i = \frac{U_i}{\frac{U_s - U_i}{R}} = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R$$

(2) 输出换算法。

选择电阻 R 值，其大小应尽量接近被测输入电阻 r_i 的值。

当图 1.3.3 中的开关 S 闭合时，用仪器仪表测量输出电压的有效值，即输出电压 $U_o = U_{o1}$ 。根据放大电路原理得

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_{o1}}{U_s} \quad (1.1)$$

当图 1.3.3 中的开关 S 打开时，用仪器、仪表测量输出电压的有效值，即输出电压 $U_o = U_{o2}$ 。则

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_{o2}}{U_i} \quad (1.2)$$

$$U_i = \frac{r_i}{R + r_i} U_s \quad (1.3)$$

将式 (1.3) 代入式 (1.2)，得

$$A_u = \frac{U_{o2}}{U_s} \cdot \left(1 + \frac{R}{r_i}\right) \quad (1.4)$$

由于式 (1.1) 等于式 (1.4)，则

$$\frac{U_{o1}}{U_s} = \frac{U_{o2}}{U_s} \cdot \left(1 + \frac{R}{r_i}\right) \quad (1.5)$$

所以输入电阻 r_i 为

$$r_i = \frac{U_{o2}}{U_{o1} - U_{o2}} \cdot R \quad (1.6)$$

2) 放大电路输出电阻 r_o 的测量方法

放大电路的输出电阻 r_o 的测量原理电路如图 1.3.4 所示,电阻 R_L 为放大电路的负载电阻,并且已知电阻 R_L 的参数值。

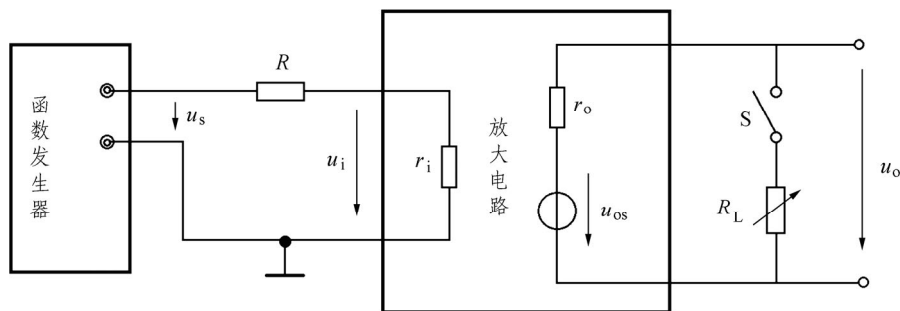


图 1.3.4 放大电路输出电阻 r_o 的测量图

在保持输入函数信号 u_s 不变的条件下,分别用仪器仪表测量开关 S 闭合时输出电压 U_{oL} 和开关 S 打开时输出电压 U_o , 则通过换算得放大电路的输出电阻 r_o 为

$$r_o = \frac{U_{os} - U_{oL}}{\frac{U_{oL}}{R_L}} = \frac{U_o - U_{oL}}{U_{oL}} \cdot R_L$$

1.3.2 数字电子技术的测量方法

数字电路的实践过程是对基本逻辑器件的功能特性进行了解和掌握的过程,是检验、修正设计方案的探索过程,是理论知识的应用过程,是电子工程师们掌握基本技能的过程。而数字电路的测试方法、分析技能则是数字电子电路正常工作的基本保证。

数字电路技术测量方法主要分为集成电路器件功能测试和数字逻辑电路的逻辑测试。

1. 数字集成电路器件功能测试方法

在接数字电路的线路之前,检测数字集成器件的逻辑功能,避免线路因器件原因发生电路故障,增加故障分析判断的难度。常用测试器件功能的方法有三种:

1) 仪器测试法

仪器测试法是通过一些数字集成电路测试仪,对数字集成电路器件功能进行检测的方法。

2) 实验测试法

根据已知数字集成电路器件的功能,设计一个能直接反映其功能的测试电路,通过实验

电子电路是否能完成其器件的逻辑功能，判断器件的功能是否正常。

3) 替代测试法

先用一个已知功能正常的同型号器件连接一个数字应用电路，再用被测器件去替代这个正常工作的相同型号器件，从而判断器件功能是否正常。

2. 数字电路的分析测试方法

数字电路的测试方法有多种，用不同的仪器仪表，其测试方法略有不同。但基本上都是通过测试数字电路的逻辑结果，并加以分析，从而得出数字电路的逻辑关系和时序波形图。常用的测试仪器主要是示波器、逻辑分析仪等。

1.4 安全用电

安全用电是始终需要注意的重要问题。为了人身安全和仪器、仪表、设备等装置的完好，在电子技术操作中，必须严格遵守下列安全用电规则：

1. 断电操作

接线、改线、拆线都必须在切断电源的情况下进行，即先接线后通电，先断电再检查线路故障、改接线路、拆线等。

2. 绝缘测量

在电路通电情况下，人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线或连接点等带电部位。万一遇到触电事故，应立即切断电源，进行必要的处理。

3. 集中注意力

在整个实践操作过程中，特别是设备刚通电运行时，要随时注意仪器、仪表、设备等实验装置的运行情况，如发现有过载、超量程、过热、异味、异声、冒烟、火花等，应立即断电，并请老师检查处理。严禁在操作过程中玩弄其他电子产品。

4. 额定值工作

了解有关电子器件的规格、技术指标及功能，严格按额定值使用。

5. 肃静操作

实验实训中应做到：严肃认真、保持安静、环境整洁。

