

赵淑范 王宪伟 编著

电子技术实验与课程设计

清华大学出版社



电子技术实验与课程设计

赵淑范 王宪伟 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是一本综合性实验和课程设计教材,为适应电子信息时代新形势的发展,培养 21 世纪电子类高级技术应用型人才的迫切需要,根据电子技术基础课程教学大纲的基本要求,结合作者多年的教学经验以及当前教学改革和教学体系建设的要求编写而成。内容包括模拟电子技术实验、数字电子技术实验、电子技术课程设计和常用电子仪器四部分,实验分成验证性、提高性、应用性实验和综合设计性实验四个层次。

本书可作为工科院校电子类及非电子类相关专业的本科、专科学生的电子技术实验课和课程设计教材,也可供从事电子设计工作的工程技术人员参考,还可作为“模拟电子技术”、“数字电子技术”等实验独立设课的实验课教材、实验课指导书和课程设计参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/赵淑范,王宪伟编著. —北京:清华大学出版社,2006.8

ISBN 7-302-12543-0

I. 电… II. ①赵… ②王… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材 ②电子技术-课程设计-高等学校-教材 IV. TN01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 009827 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 王敏稚

文稿编辑: 徐跃进

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 230 印张: 16.75 字数: 373 千字

版 次: 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-12543-0/TN · 308

印 数: 1 ~ 3000

定 价: 25.00 元

前 言

本书是一本综合性实验和课程设计教材,为适应电子信息时代新形势的发展,培养 21 世纪电子类高级技术应用型人才的迫切需要,根据电子技术基础课程教学大纲的基本要求,结合作者多年的教学经验以及当前教学改革和教学体系建设的要求编写而成。

本书在编写的过程中充分考虑了各种教学模式和不同层次学生的需要和使用,提供了丰富的实验内容,实验内容由浅入深,从简单到复杂,从理论到实践,循序渐进,目的在于将“模拟电子技术”、“数字电子技术”、电子线路课程设计等课程的理论与实践有机地结合起来,旨在加强对学生基本实验技能的综合训练,从而充分调动学生学习的积极性,从理论和实践两个方面提高学生学习的自觉性,培养和提高学生工程设计与实际动手的能力。

根据分层次教学模式的特点,本书将实验内容的编写分为验证性实验、提高性实验、应用性实验和综合设计性实验 4 个层次。书中有大量的基本实验电路,可供初学者进行基础训练;提高性实验有利于学生拓宽知识面;应用性实验旨在加强工程设计能力的实际训练和培养;综合设计性实验则有利于启发学生的创新设计思想,提高学生进行电子系统设计的综合能力。

全书共分四篇。

第一篇“模拟电子技术”,是电子技术基础。主要介绍基本典型的电子线路、常用电子器件的测试与应用、基本电路的功能与应用等。本篇共有 21 项实验,其中验证性实验 10 项,提高性实验 3 项,应用性实验 4 项,设计性与综合性实验 4 项。

第二篇“数字电子技术”,介绍由数字集成电路组成的逻辑运算测试、元件参数测试,由数字集成电路组成的基本运算电路的功能与应用,由中规模集成电路组成的不同类型的计数器,还有组合逻辑电路设计、时序逻辑电路的设计等。本篇共有 27 项实验,其中验证性实验 5 项,提高性实验 6 项,应用性实验 8 项,综合设计性实验 8 项。

第三篇“电子技术基础课程设计”,分为模拟电子技术课程设计和数字电子技术课程设计。共有 12 个课题,前者 5 个课题,后者 7 个课题。

第四篇“常用电子仪器”,分为通用电子仪器和专用电子仪器两个方面。

参加本书编写工作的有赵淑范(第一篇),张化勋(第二篇),王宪伟(第三篇),周凤臣(第四篇),曹昕燕(附录)。

全书由长春大学电子信息工程学院张丽英教授主审。同时,本书在编写的过程中得

到长春大学电子信息工程学院的领导、其他教师和实验人员的关怀和支持,在此向他们致以最诚挚的谢意。

限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者提出批评意见和改进建议。

编 者

2006.2

目 录

第一篇 模拟电子技术基础

第 1 章 验证性实验	3
1.1 常用电子仪器的使用练习	3
1.2 晶体管参数测试与应用	8
1.3 低频单管放大电路实验	13
1.4 共射单管分压式偏置电路实验	18
1.5 结型场效应管放大电路实验	21
1.6 射极跟随器实验	24
1.7 压控振荡器(函数波发生器)实验	26
1.8 固定集成三端稳压电路实验	28
1.9 可调集成三端稳压电路实验	29
1.10 函数波形变换电路实验	30
第 2 章 提高性实验	32
2.1 负反馈放大电路实验	32
2.2 差动放大电路实验	36
2.3 功率放大电路实验	40
第 3 章 应用性实验	43
3.1 集成运放比例、积分、微分运算电路	43
3.2 集成运放比较器、积分器限幅电路	46
3.3 RC 文氏电桥振荡器实验	48
3.4 集成运算放大器的非线性应用	50
第 4 章 设计性与综合性实验	53
4.1 晶体管放大电路的设计	53
4.2 直流稳压电源综合实验	63
4.3 集成直流稳压电源设计	69
4.4 用运算放大器组成万用电表的设计与调试实验	71

第二篇 数字电子技术基础

第 5 章 验证性实验	79
5.1 门电路逻辑功能及测试	79
5.2 TTL 芯片性能和参数的测试	82
5.3 门电路的驱动能力测试	84
5.4 触发器逻辑功能测试	87
5.5 集成计数器测试	90
第 6 章 提高性实验	92
6.1 波形的产生与单稳态触发器的研究	92
6.2 555 时基电路的研究	94
6.3 计数、译码、显示电路	98
6.4 竞争冒险	100
6.5 TTL 与 CMOS 相互连接实验	102
6.6 电压变换器	104
第 7 章 应用性实验	106
7.1 触发器应用	106
7.2 寄存器及其应用	109
7.3 计数器 MSI 芯片的应用	112
7.4 时序电路应用	115
7.5 施密特触发器及其应用	116
7.6 多路模拟开关及其应用	118
7.7 EN556 时基电路应用	121
7.8 单稳态触发器及其应用	122
第 8 章 设计性与综合性实验	126
8.1 组合逻辑电路设计	126
8.2 时序逻辑电路设计	127
8.3 石英晶体振荡器设计	127
8.4 四路优先判决电路综合实验	129
8.5 电子校音管综合实验	130
8.6 示波器多踪显示接口综合实验	131
8.7 智力竞赛抢答装置设计	133
8.8 数字电子秒表设计	135

第三篇 电子技术基础课程设计

第 9 章 模拟电子技术课程设计	143
9.1 直流稳压电源与充电电源	143
9.2 音响放大器	150
9.3 水温控制系统	156
9.4 电冰箱保护器	159
9.5 数字逻辑信号测试器	162
第 10 章 数字电子技术课程设计	168
10.1 $4\frac{1}{2}$ 数字电压表	168
10.2 数字电子钟	175
10.3 数字电子秤	178
10.4 数字温度计	187
10.5 多路智力抢答器	192
10.6 数字频率计	198
10.7 红外线数字转速表	202

第四篇 常用电子仪器

第 11 章 通用电子仪器	209
11.1 DF4321 双踪示波器	209
11.2 EM1642 函数信号发生器	214
11.3 EE1411 型合成函数信号发生器	216
11.4 EM2171 单交流毫伏表	219
11.5 DF1731SL 双路直流稳压电源	221
11.6 NFC 多功能计数器	224
11.7 EE1051 高频信号发生器	226
第 12 章 专用电子设备	229
12.1 XCTS—1 晶体管特性图示仪使用说明	229
12.2 模拟电路实验系统	230
12.3 数字电路实验系统	230

附录 A 用万用表测量二极管、三极管及放大器指标的方法	233
-----------------------------------	-----

附录 B	常用电路元件、器件识别	239
附录 C	焊接基本知识	241
附录 D	标准逻辑符号与旧逻辑符号对照	243
附录 E	部分集成电路引脚排列	244
附录 F	实验规则和实验报告的要求	255
附录 G	设计性实验报告	257

第一篇 模拟电子技术基础

第 1 章

验证性实验

1.1 常用电子仪器的使用练习

1. 预习要求

预习第 11 章。写出 DF4321 双踪示波器、EM1642 函数信号发生器、DF1731SL 双路直流稳压电源、EM2171 交流毫伏表、NFC 多功能计数器各仪器前面板的旋钮名称、功能及作用。写出使用示波器测量波形电压和频率的方法。并阅读这些仪器的技术指标。

2. 实验目的

- (1) 学会正确使用通用电子仪器及设备。
- (2) 学会用示波器测量电压波形、幅度、频率的基本方法。
- (3) 学会正确调节函数信号发生器频率、幅度的方法,熟悉 dB 按键。
- (4) 学会正确使用交流毫伏表的方法。
- (5) 学会使用双路直流稳压电源的方法。
- (6) 了解常用电子仪器主要技术指标,学习阅读仪器说明书的方法。

3. 实验仪器及设备

(1) 双踪示波器	VD 或 DF 型	1 台
(2) 函数信号发生器	EE1642	1 台
(3) 单交流毫伏表	EM2171	1 台
(4) 直流稳压电源	DF1731SL 型	1 台
(5) 数字万用表	MH8201	1 块
(6) 测试导线		若干

4. 实验原理

在电子技术基础实验中,最常用的电子仪器有直流稳压电源、测量仪器及仪表、函数信号发生器、示波器等。为了正确观察被测实验电路的实验现象、测量实验数据,必须学会一些常用电子仪器的使用方法,并掌握一般的电子测试技术。这是电子技术实验课的重要任务之一,电子技术实验的基本框图如图 1-1 所示。

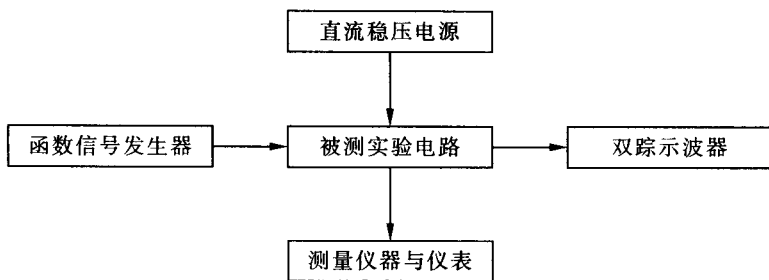


图 1-1 基本框图

1) 被测实验电路

即在“电子技术基础”或“电子线路”等课程中的各种电路；实验电路可以是一个单元电路，也可以是综合设计性电路。无论何种电路都要使用一些电子仪器及设备进行测量。测量分为两种：一是静态测试，二是动态测试。通过观察实验现象和结果，从而将理论和实践结合起来。

2) 直流稳压电源

它是为被测实验电路提供能源的仪器，通常是输出电压。

3) 测量仪器及仪表

即用来测量实验电路中电阻、电压、电流、频率等参数的常用仪器。例如毫伏表、电流表、万用表、频率计等。

4) 函数信号发生器

即用来产生信号源的仪器，可以产生正弦波、三角波、方波、TTL 波等信号，输出的信号（频率和幅度）均可调节，可根据被测电路的要求选择输出波形。

5) 双踪示波器

双踪示波器用来观察、测量实验电路的输入和输出信号。通过示波器可以显示电压或电流的波形，可以测量频率、周期及其他有关参数。

5. 实验内容及步骤

1) 双踪示波器的使用

熟悉示波器面板上各旋钮的名称及功能，掌握正确使用各旋钮应处的位置。

(1) 示波器的检查与校准：

对照 VD 或 DF 型双踪示波器，前面板各旋钮的作用详见仪器使用。

首先，接通电源，检查示波器的亮度、聚焦、位移各旋钮的作用是否正常，并将它们调至合适的位置，使示波器显示出扫描线。

其次，用示波器的校准信号检查示波器的 Y 轴（包括 CH1 和 CH2 通道）灵敏度 V/div 及 X 轴扫描时间 t/div 是否正确。校正信号的幅度 $V_{p-p}=0.5V$ ，频率 $f=1kHz$ 。

检查时先将接线 CH1 通道 INPUT(输入)旋钮调到 CAL 0.5V 位置,调节 V/div 旋钮和 t/div 旋钮使校准信号的方波位于通道的屏中央,同时将 V/div 和 t/div 的套轴旋钮微调慢旋到校准位置,即顺时针旋到底。此时即是测得的校准信号。

例:示波器 Y 轴灵敏度开关 V/div 位于 0.1 档级,其“微调”位于“校准”位置时,如果被测波形占 Y 轴的坐标幅度 D 为 5div,则此信号电压(V_{p-p})为

$$V = V/\text{div} \times D(\text{div}) = 0.1 \times 5 = 0.5\text{V} \quad (1-1)$$

如果经探头测量时,示波器上的作用开关位置不变,显示波形的幅度 D 仍为 5div,应把探头衰减 10 倍的因素考虑在内,因此被测电压为 5V。

$$V = V/\text{div} \times D(\text{div}) \times 10 \quad (1-2)$$

(2) 检查 CH1 通道 Y 轴灵敏度及 X 轴扫描时间:

示波器触发源选用 CH1,校正信号输入 CH1 通道的 INPUT 项,工作方式选择开关(MODE)置于 CH1,调节有关旋钮,使屏幕上显示稳定的波形。

① 零电平校准。

将输入耦合开关置 GND 位置,调节该路的垂直位移旋钮(POSITION),使扫描线位于显示屏的中心位置,该位置即作为零电平“基线”。

② 测直流耦合波形。

将耦合开关置 DC 位置,测 CH1 通道 INPUT 的 Y 轴输入为 DC 耦合波形,并将测量波形、数据记入表 1-1 第 1 行中。

表 1-1 用示波器内部校正信号检查示波器数据

数据 序号	扫描旋钮 位置	波形 X 方向 格数	仪器显示 周期 T	误差	Y 轴灵敏度旋 钮位置 V/div	示波器显示 幅度	波形
1	DC						
	AC						
2	DC						
	AC						

误差计算公式: $Y_T = \frac{T - T_1}{T} \times 100\%$ 。

示波器显示幅度: $Y_V = \frac{V_{p-p} - V'_{p-p}}{V_{p-p}} \times 100\%$ 。

③ 测交流耦合波形。

将耦合开关置 AC 位置,测 CH1 通道 INPUT 的 Y 轴输入为 AC 耦合的波形,并将测量波形、数据记入表 1-1 第 2 行中。注意交流耦合与直流耦合波形有何不同。

(3) 检查 CH2 通道:

校正信号输入 Y 轴 CH2 通道,方法同上。数据填入表 1-1 中。

(4) 检查双踪工作方式:

MODE 开关置于 ALT 位置,INTTRIG 开关置于 BRTMODE 位置,校正信号分别经 DC 耦合送入 CH1 及 CH2 两通道,分别调节 CH1 和 CH2 通道的垂直位移旋钮(POSITION),使 Y1 路和 Y2 路的波形分别显示在屏幕中心线的上方和下方,观察并记录波形。

(5) 检查波形相加工作方式:

MODE 开关置于 ADD 位置,信号同样经 DC 耦合送入 CH1 和 CH2 通道,测试并记录 CH2 通道的波形。

2) 用示波器测量电压

(1) 选定示波器基时线在屏幕的位置为参考点。将直流稳压电源调到 5V,并将示波器 CH1 或 CH2 输入通道与电源+5V 相接。按公式(1-1)的方法测量、计算。

(2) 将函数信号发生器频率调到 1kHz,输出电压幅度调到最大,输出衰减器为 0dB(常态),用示波器测信号发生器输出电压的峰值(用 V_{p-p} 表示)。按公式(1-1)的方法测量、计算。

(3) 依次改变信号发生器的输出衰减为 20dB、40dB,记下相应的 Y 轴灵敏度选择开关 V/div 所在档位及屏幕上波形峰到峰的高度,并计算出信号发生器输出电压的 V_{p-p} 及 V 值(有效值)。

注意: 示波器灵敏度“微调”旋钮顺时针旋至校准位置,此时灵敏度选择开关 V/div 的刻度值为在屏幕上纵向每格表示的电压伏特数。这样就能根据显示波形高度所占的格数,直接读出电压的值。为了保证测量精度,在屏幕上应显示足够高的波形,为此应将灵敏度选择开关置于合适档位上。使用示波器探头时,应该考虑探头是否有 10:1 的衰减。

用示波器测量电压时,首先应会使用直流稳压电源和函数信号发生器。

3) EM1644 或 EE1642B 型函数信号发生器

参阅仪器一章函数信号发生器的技术指标及功能部分。函数信号发生器主要产生正弦波、方波、三角波、TTL 波形。

(1) 信号发生器输出幅度检查:

将信号发生器的“输出幅度”衰减置于“0dB”,“输出频率”调到 $f=1\text{kHz}$,调整信号源“输出幅度旋钮”;用 EM 2171 晶体管单交流毫伏表测量信号发生器输出电压为 5V、7V、7.8V 的值。

(2) 信号发生器“输出衰减”的检查:

要求信号发生器的“输出衰减”位置分别为 0dB、20dB、40dB。20dB 和 40dB 等位置分别记录用交流毫伏表测量的电压值,并说明 dB 的作用。

注意: 选择交流毫伏表量程时,应从大到小慢慢旋转定好待测电压的量程。用完将量程置于最大挡 300V 上,避免指针来回摆动过大。不要用小量程测量大电压,以免损坏毫伏表。

使用函数信号发生器时先调节“输出电压”旋钮到最小,定好 dB 开关再右旋慢调,在毫伏表读出所测电压值。

4) 电子仪器使用练习

(1) 用万用表测量直流稳压电源电压,接通直流稳压电源并调节或选择直流电压

$\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 24\text{V}$ ；可用万用表的直流电压挡测量，注意表量程选择。

(2) 用单交流毫伏表测函数信号发生器的正弦波电压有效值。

函数信号发生器输出频率调至 1kHz ，改变不同 dB 按键，测输出有效电压值。

① 函数信号发生器 dB 不衰减（常态），输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

② 函数信号发生器按下 20dB 按键，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

③ 函数信号发生器按下 40dB 按键，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

④ 函数信号发生器按下 20dB 、 40dB 按键，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

⑤ 适当调节函数信号发生器输出电压旋钮及 dB 按键，此时测量正弦波电压有效值为 10mV 。

(3) 用示波器观测函数信号发生器输出波形。

① 当 $f=1\text{kHz}$ ， $V=7.8\text{V}$ 左右时记录正弦波波形。

② 当 $f=1\text{kHz}$ ，信号发生器不衰减，输出调最大，此时记录三角波波形。用示波器测量波形最大输出幅度。

③ 条件同②，此时记录方波波形，测方波输出幅度及宽度。

④ 用示波器测量正弦波幅值、 $V_{\text{P-P}}$ 值和频率。详见仪器—示波器使用方法。同学自己观测。

⑤ 用示波器测信号发生器的 TTL 波。示波器 Y 轴 CH1 接信号发生器 TTL 端（ $f=1\text{kHz}$ ）测量 TTL 输出信号的高低电平，用直流电压表测量。

通过以上测量主要熟悉示波器、信号发生器及交流毫伏表各旋钮的作用及测量方法。

6. 实验思考题

(1) 整理测量数据，画出实验波形。

(2) 示波器 V/div 旋钮有何作用？

(3) 示波器 t/div 旋钮有何作用？

(4) 使用交流毫伏表测量电压时应注意哪些？

(5) 示波器 ALT 和 CHOP 挡的作用及区别如何？

(6) 如何用示波器测量正弦波电压的 $V_{\text{P-P}}$ 值？写出测试步骤。

(7) 用示波器测量正弦波幅值和用交流毫伏表测量正弦波电压有何不同。分析两者测量电压误差原因。

(8) 简述如何在示波器同时观察频率较高的被测波形？

(9) 使用函数信号发生器注意事项。

(10) 如何在示波器上同时显示两种清晰的信号?

(11) 在使用交流毫伏表测量电压时,量程开关一般先置于哪个档? 然后根据被测电压的大小再逐步减小到小量程挡进行测量,这种说法正确吗?

1.2 晶体管参数测试与应用

1. 预习要求

掌握二极管、三极管的主要参数,画出本节实验电路波形,复习晶体管图示仪原理。画出 NPN 晶体管放大特性曲线。

2. 实验目的

- (1) 认识模拟电路实验系统板上的元器件,掌握元器件的性能。
- (2) 对典型二极管、三极管的应用电路进行测试。
- (3) 对晶体管放大特性曲线及 β 值进行测量。

3. 实验仪器及设备

(1) 双踪示波器	1 台
(2) 函数信号发生器	1 台
(3) 直流稳压电源	1 台
(4) 数字万用表	1 块
(5) 模拟电路实验系统	1 台
(6) 连接导线	若干

4. 实验原理

1) 晶体管图示仪原理

晶体管图示仪是显示半导体特性的常用仪器,是示波器功能的扩展,其工作原理与示波器相似。其原理框图如图 1-2 所示。

原理简述如下:

利用示波器 $X-Y$ 显示功能, Y 轴输入电压与电阻 R_e 两端的电压 V_E 成正比, $V_E = I_E R_e \approx I_C R_e$ 。所以 Y 轴输入电压与 I_C 成正比。 X 轴输入的则是三极管发射极和集电极之间的电压 V_{CE} ,这样就使 X 轴输入电压与三极管的 V_{CE} 成正比。

被测三极管基极输入的是一个阶梯波信号,集电极加的是扫描信号,此扫描信号可以是单相正弦波(集电极扫描信号 V_X)。基极阶梯信号 I_B 和电压 V_E 之间的关系如图 1-3 所示。可见每个集电极扫描电压周期里, I_B 是相同的,示波器电子束在屏幕上由左到右