



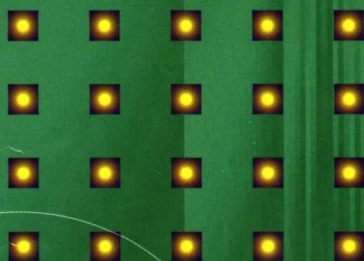
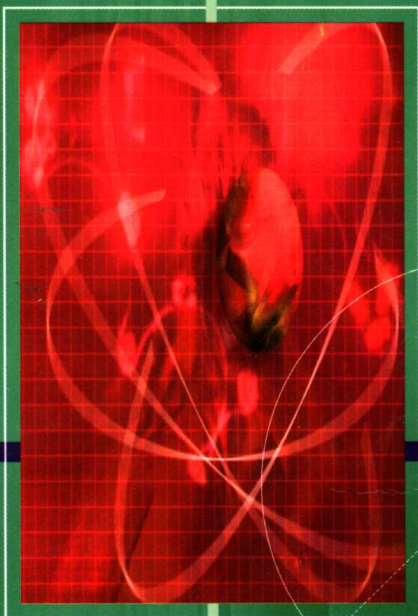
高等学校教材

Textbook for Higher Education

电工、电子实验技术

杜清珍 主编

(第3版)



Diangong Dianzi Shiyān

Jishu

西北工业大学出版社



中华人民共和国教育部

电工·电子实验指导

（第2版）



主 编 王 强
副主编 王 强
参 编 王 强
参 编 王 强

（机械工业出版社）

机械工业出版社

高等学校教材

电工、电子实验技术

(第3版)

主 编 杜清珍

副主编 刘 雁

编 者 杜清珍 刘 雁 李志宇

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要介绍电工、电子技术的实验理论和实验方法。全书分为四章,第一章为电工实验技术,包括电路、电机、PLC 及其应用等 9 个实验;第二章为模拟电子实验技术,包括直流稳压电源、晶体管放大电路、集成运算及其应用等 9 个实验;第三章为数字电子实验技术,包括组合逻辑电路、时序逻辑电路、计数器等 7 个实验;第四章为综合应用与系统设计,共 6 个实验;附录中给出 7 个常用仪器仪表及电子器件的说明。

本书的特点是介绍实验理论和实验方法比较系统,而且突出实际应用,可作为高等学校电工技术、电子技术的实验课教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工、电子实验技术/杜清珍主编. —3 版:—西安:西北工业大学出版社,2005. 5

ISBN 7-5612-1926-1

I. 电… II. 杜… III. ①电工技术—实验—高等学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TM-33 ②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 031507 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:西安兰翔印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:10.5

字 数:250 千字

版 次:2005 年 8 月第 3 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

定 价:15.00 元

前言

《电工、电子实验技术》一书是以教育部颁发的工科高等学校本科电工学课程教学基本要求为依据,在高等教育面向 21 世纪改革研究的基础上,以适应实验课的综合化改革和独立设课的需要,集 20 多年的教学经验而编写的实验课教材。其参考学时为 20~60 学时。

本书对实验课内容和体系作了较大改革。改革的方案是“简化理论验证、夯实单元实验、突出综合应用、加强系统设计”。书中对电工技术和电子技术的基本实验理论和实验方法作了较系统的阐述,安排了预习内容及思考题,增加了 Multisim 电路仿真实验,较详细地介绍了各种电量及电参数的测量方法,以及各种常用电工仪表、电机、电器及电子仪器的选择和使用方法。其内容自成体系,便于学生进行实验研究。

对于具体的实验内容本书采用模块化结构,可根据不同专业、不同对象任意组合,通用性强;各个实验的方法灵活、多样,力图做到软硬件结合、计算机仿真和动手实践相结合;采用固定电路和自己搭接电路相结合的方式,保证在对基本理论消化吸收的基础上,提高学生的实践操作能力。本书具备了基本实验、综合应用、系统设计的多层次结构特点。

在编写过程中,注重电工、电子实验技术的基础性、应用性和先进性,以基本实验理论和实验方法为重点,融入了电子领域的新技术、新成果,以添本书的活力和生命力。

本书由杜清珍主编,负责全书的内容结构安排及统稿等工作。全书分为五章,共 31 个实验,7 个附录。其中实验一、二、五、十一、十三、十五~十七、十九~二十四、二十六、二十八~三十一由杜清珍编写;实验三、四、六~十、十二、十四、十八、二十五、二十七及附录一、五、六由刘雁编写,附录二~四、七由李志宇编写。本书的插图由李志宇、夏健、梅晔、周向前绘制,并请西安科技大学杨世兴教授审阅了全稿。在编写过程中,得到了西北工业大学原电工学教研室及实验室许多同志的大力支持,在此表示感谢。

由于水平有限,书中错误、疏漏在所难免,恳请读者不吝指正。

编者

2005 年 7 月

目 录

实验内容模块组合参考表	1
电工、电子技术实验须知	6
仪表选择及数据处理	8
 第一章 电工实验技术	10
实验一 有源二端网络参数测试	10
实验二 单相交流电路研究	13
实验三 RLC 串联电路的频率特性	17
实验四 RC 电路的过渡过程	20
实验五 三相交流电路	23
实验六 三相异步电动机	29
实验七 三相异步电动机的继电器接触器控制	33
实验八 可编程控制器(PLC)及其应用	38
实验九 Multisim 电路仿真	45
 第二章 模拟电子实验技术	49
实验十 直流稳压电源	49
实验十一 晶体管放大电路	54
实验十二 集成功率放大器	57
实验十三 模拟运算电路	59
实验十四 测量放大器	64
实验十五 信号处理电路	66
实验十六 波形产生电路	73
实验十七 可控整流电路	76
实验十八 Multisim 模拟电路仿真	81
 第三章 数字电子实验技术	84
实验十九 TTL 与非门与组合逻辑电路	84
实验二十 集电极开路门与三态输出门	88

实验二十一 译码器及其应用	92
实验二十二 触发器和移位寄存器	96
实验二十三 计数器及其应用	98
实验二十四 555 定时器及其应用	101
实验二十五 Multisim 数字电路仿真	106
第四章 综合应用与系统设计	109
实验二十六 A/D、D/A 转换器	109
实验二十七 闭环温度控制系统	113
实验二十八 数字电子钟	116
实验二十九 交通信号灯控制系统	120
实验三十 电动机闭环调速系统设计	123
实验三十一 四层电梯的 PLC 控制	124
附录 常用仪器仪表及电子器件	132
附录一 数字万用表使用说明	132
附录二 双踪 SS—5702 型示波器使用说明	135
附录三 GFG—8016G 型函数发生器使用说明	139
附录四 数字式光电转速表使用说明	142
附录五 Multisim V8 简介及使用说明	144
附录六 电阻、电容标注法	148
附录七 常用集成电路简易手册	150
参考文献	159

实验内容模块组合参考表

各类课程学时分配参考表

课程分类	课程名称	总学时	讲课学时	实验学时	实验占总学时比例
多学时 1	电工技术	60	42	18	30%
	电子技术	54	38	16	29.6%
多学时 2	电工技术	60	42	18	30%
	模拟与数字电子技术	70	50	20	28.6%
少学时	电工与电子技术	80	56	24	30%

各类课程的实验内容模块组合参考表

实验 序号	实验名称	实验内容	模块组合参考					
			多学时 1		多学时 2		少学时	
			34		38		24	
第一章 电工实验技术			18 学时		18 学时		12 学时	
1	有源二端网络参数测试	1-1 有源二端网络参数测试	√	2	√	2	√	2
		1-2 有源二端网络外特性测试	√		√		√	
		1-3 戴维宁等效电路外特性测试	√		√		√	
2	单相交流电路研究	2-1 电容量的测定	√	2	√	2	√	2
		2-2 电感线圈的测定	√		√		√	
		2-3 感性负载功率因数的提高	√		√		√	
3	RLC 串联电路的频率特性	3-1 X_L 、 $X_C \sim f$ 关系曲线的测定	√	2	√	2		
		3-2 幅频特性 $I=g(f)$ 的测定	√		√			
4	RC 电路的过渡过程	4-1 示波器操作练习	√	2	√	2	√	2
		4-2 RC 电路对矩形脉冲的响应	√		√		√	
		4-3 RC 积分电路	√		√		√	
		4-4 RC 微分电路	√		√		√	

续 表

实验 序号	实验名称	实验内容	模块组合参考					
			多学时 1		多学时 2		少学时	
			34		38		24	
5	三相交流电路	5-1 负载 Y 连接的三相电路	✓	2	✓	2	✓	2
		5-2 负载 Δ 连接的三相电路	✓		✓		✓	
6	三相异步电动机	6-1 电动机的检验	✓	2	✓	2		2
		6-2 电动机机械特性的测量	✓		✓			
7	三相异步电动机的继电器接触器控制	7-1 点动控制	✓	2	✓	2	✓	2
		7-2 自锁控制	✓		✓		✓	
		7-3 正反转控制	✓		✓		✓	
		7-4 Y- Δ 降压启动控制						
		7-5 顺序控制						
8	可编程控制器 (PLC) 及其应用	8-1 键盘操作练习	✓	2	✓	2		2
		8-2 基本逻辑指令操作	✓		✓			
		8-3 复杂逻辑指令实验	✓		✓			
		8-4 定时器指令实验	✓		✓			
		8-5 计数器指令实验	✓		✓			
		8-6 定时器与计数器的综合实验						
		8-7 用 PLC 实现电机的正反转控制						
		8-8 用 PLC 实现电机的 Y- Δ 降压启动控制						
9	Multisim 电路仿真	9-1 电压表内阻对测量结果的影响	✓	2	✓	2	✓	
		9-2 RLC 串联电路 u, i 波形的观测	✓		✓		✓	
		9-3 RC 电路过渡过程仿真	✓		✓		✓	
		9-4 自选电路仿真						
第二章 模拟电子实验技术			8		10		6	
10	直流稳压电源	10-1 半波整流、滤波电路	✓	2	✓	2	✓	2
		10-2 桥式整流、滤波电路	✓		✓		✓	
		10-3 直流稳压电源性能测试	✓		✓		✓	
11	晶体管放大电路	11-1 静态工作点的测量	✓	2	✓	2	✓	2
		11-2 观测负载电阻 R_L 对电压放大倍数 A_u 的影响	✓		✓		✓	
		11-3 观测电路参数对静态工作点及输出波形的影响	✓		✓		✓	
		11.4 输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 的测量	✓		✓		✓	

续 表

实验 序号	实验名称	实验内容	模块组合参考					
			多学时 1		多学时 2		少学时	
			34		38		24	
12	集成功率放大器	集成功率放大器						
13	模拟运算电路	13-1 反比例运算电路	✓	2	✓	2	✓	2
		13-2 同比例运算电路	✓		✓		✓	
		13-3 反相加法运算电路	✓		✓		✓	
		13-4 反相减法运算电路	✓		✓		✓	
		13-5 反相积分运算电路	✓		✓			
		13-6 反相微分运算电路	✓		✓			
14	测量放大器	14-1 共模电压放大倍数 A_{uc} 的测量						
		14-2 差模电压放大倍数 A_{ud} 的测量						
15	信号处理电路	15-1 过零比较器	✓	2	✓	2	✓	
		15-2 电压比较器	✓		✓			
		15-3 滞回比较器						
		15-4 有源低通滤波器						
		15-5 有源高通滤波器						
		15-6 电压-电流($V-I$)转换器						
16	波形产生电路	16-1 RC 桥式正弦波振荡器						
		16-2 方波-三角波发生器	✓	✓				
		16-3 锯齿波发生器						
17	可控整流电路	17-1 观察触发电路工作情况						
		17-2 观察控制角 α 对输出电压的控制作用						
		17-3 观察电压负反馈的稳压作用						
18	Multisim 模拟电路仿真	18-1 射极输出器			✓	2		
		18-2 有源滤波器			✓			
		18-3 自选电路仿真			✓			
第三章 数字电子实验技术			8		10		6	
19	TTL 与非门与组合逻辑电路	19-1 TTL 与非门逻辑功能测试						
		19-2 优先权控制器						
		19-3 半加器	✓		✓		✓	
		19-4 两位二进制加法器	✓		✓		✓	

续 表

实验 序号	实验名称	实验内容	模块组合参考					
			多学时 1		多学时 2		少学时	
			34		38		24	
20	集电极开路门与三态输出门	20-1 集电极开路门负载电阻的确定		2		2		2
		20-2 集电极开路门的应用						
		20-3 三态输出门及其应用	√		√		√	
21	译码器及其应用	21-1 集成译码器的功能测试						
		21-2 变量译码器的应用	√		√		√	
		21-3 七段显示译码器的应用						
22	触发器和移位寄存器	22-1 JK 触发器及其功能转换	√	2	√	2	√	2
		22-2 D 触发器的应用	√		√		√	
		22-3 JK 触发器的应用						
		22-4 移位寄存器的应用	√		√		√	
23	计数器及其应用	23-1 D 触发器构成加法计数器	√	2	√	2		2
		23-2 集成计数器 74LS290 的功能测试	√		√			
		23-3 集成计数器 74LS290 的应用	√		√			
		23-4 四位同步二进制计数器 74LS163 的应用						
		23-5 二十四进制计数器						
24	555 定时器及其应用	24-1 555 构成单稳态触发器			√	2		
		24-2 555 构成多谐振荡器			√			
		24-3 555 构成施密特触发器			√			
		24-4 模拟救护车声响电路						
25	Multisim 数字电路仿真	25-1 密码锁控制电路	√	2	√	2	√	2
		25-2 十进制计数器	√		√		√	
		25-3 六十进制计数器	√		√		√	
第四章 综合应用与系统设计			任 选					
26	A/D、D/A 转换器	26-1 A/D 转换器						
		26-2 D/A 转换器						
27	闭环温度控制系统	闭环温度控制系统						
28	数字电子钟	数字电子钟						
29	交通信号灯控制系统	交通信号灯控制系统						
30	电动机闭环调速系统设计	电动机闭环调速系统设计						
31	四层电梯的 PLC 控制	四层电梯的 PLC 控制						

续 表

实验 序号	实验名称	实验内容	模块组合参考					
			多学时 1		多学时 2		少学时	
			34		38		24	
附录 常用仪器仪表及电子器件			必 读					
F1	数字万用表使用说明							
F2	SS—5702 型示波器使用说明							
F3	GFG—8016G 型函数发生器使用说明							
F4	数字式光电转速表使用说明							
F5	Multisim V8 简介及使用说明							
F6	电阻、电容标注法							
F7	常用集成电路简易手册							

电工、电子技术实验须知

电工、电子技术实验是应用电工、电子技术的基本理论进行基本实验技能训练的主要环节。除了介绍必要的实验理论和实验方法外,主要是通过学生自己的实践,学习基本的电量和非电量的电工测试技术,学习各种常用的电工仪器、仪表、电机、电器及电子仪器的使用方法,培养学生进行科学实验的基本技能,为专业学习和从事工程技术工作打下一定基础。

为使实验正确、顺利地进行,保证设备、仪器仪表和人身的安全,在做电工、电子技术实验时,必须注意以下几方面的问题。

一、实验预习

每次实验前,学生应通过自学实验教材,掌握必要的实验理论和方法,明确本次实验的目的和任务,拟定实验线路、数据表格,选择仪器及仪表的类型和量程,计算出相关理论数据,以便和测量数据相比较,做到任务明确,心中有数。没有预习者不得参加实验。

二、实验操作

(1)实验前应仔细查对实验仪器及设备,合理布置好各种仪表及设备,弄清实验桌上电源的种类和电压大小。

(2)在实验中必须严格遵守安全用电制度和操作规程。

在接线、改线、拆线前必须断开电源开关,严禁带电操作。接好线后应自己仔细检查,确认无误后才能接通电源开始实验。若本人无把握者可请教师协助检查。

(3)实验时应根据规定的(或自拟的)实验步骤独立操作和测量,注意观察实验现象,并做必要的记录。遇有疑难问题或设备故障应举手请教师指导。要注意培养自己独立分析问题和解决问题的能力。

(4)一项实验任务做完后应立即分析实验数据是否合理,若有异常应重新测量或请教师指导,获得正确结果后才能改接电路继续实验。

(5)实验完毕后要整理好实验数据,请教师审查。然后断开电源,拆除线路,整理好仪器设备,请教师验收,才能离开实验室。

三、实验报告

实验报告是理论联系实际,培养分析问题能力的重要环节之一。学生应认真编写实验报告,用学过的理论知识对自己实验所得数据和观察到的现象进行实事求是的分析、计算和讨

论。报告应书写整洁,各种曲线要用方格纸认真描绘。实验报告应包括以下几项内容:

- (1)实验目的;
- (2)实验线路;
- (3)实验仪器和设备;
- (4)实验内容;
- (5)实验数据表格及实验曲线;
- (6)数据分析及实验结论。

仪表选择及数据处理

一、电流表与电压表的使用

电流表应与被测电路串联,电压表应与被测电路并联。电压表一般通过两根测试棒跨接在被测电路两端(注意:测试棒不允许接在电流表上,以免引起短路事故)。

二、仪表的选择

(1) 根据被测电路所用电源、测量对象和被测数值范围,选择仪表的种类及量程。

(2) 根据测量要求的精度选择仪表的准确度等级。

仪表的准确度取决于仪表在正常工作条件下,由于本身的原因造成的测量误差称为基本误差。仪表的准确度为最大基本绝对误差 ΔA_m 与量程 A_m 之比的百分数,即

$$\gamma = \frac{\pm \Delta A_m}{A_m} \times 100\%$$

仪表的准确度通常分为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 4.0 七个等级。

同样等级的仪表相对额定误差一定,被测量愈小而选用的量程愈大,则可能产生的相对误差愈大。例如准确度为 1.0 级的电压表,选量程为 50 V,用来测量 10 V 和 40 V 的电压,可能产生的相对误差分别为

$$\gamma_{10} = \frac{\pm 1.0\% \times 50}{10} \times 100\% = \pm 5\%$$

$$\gamma_{40} = \frac{\pm 1.0\% \times 50}{40} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

这里 $\Delta A_m = \pm 1.0\% \times 50 \text{ V} = \pm 0.5 \text{ V}$ 是仪表的最大基本绝对误差,它不受被测电压大小的影响,只取决于准确度等级和量程。

又如选用准确度 1.0 级的电流表测量 0.4 A 电流,若用 1 A 和 0.5 A 两个不同量程测量,则可能产生的相对误差分别为

$$\gamma_{1.0} = \frac{\pm 1.0\% \times 1}{0.4} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

$$\gamma_{0.5} = \frac{\pm 1.0\% \times 0.5}{0.4} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

要获得准确的测量结果,不仅要选用准确度高于测量要求精度的仪表,还应选择适当的量程。如测量要求误差小于 $\pm 5\%$,考虑到仪表的其他附加误差,那么应选用 1.0 级的仪表,且量程应

小于被测量的二倍,或被测量应大于量程的一半。通常选用仪表量程时,应使指针能偏转到满刻度的 $1/3$ 以上。

(3) 根据被测电路输入阻抗的大小,选择适当的仪表灵敏度。

仪表的灵敏度通常与仪表的内阻有关,电流表的内阻愈小,其灵敏度愈高;电压表的内阻愈大,其灵敏度愈高。仪表的灵敏度愈高,对被测电路影响愈小,测量愈准确。但对仪表灵敏度提出过高的要求将增加制造成本。

三、实验数据处理及误差分析

关于实验数据处理和误差分析计算的基本知识在物理实验课中已作过详细介绍。这里根据电工学实验的一些具体情况,介绍一些常用的具体处理方法。

(1) 有效数字的选取。

一般直读式指示仪表的读数应根据仪表最小刻度再估计一位来选取。如量程为 1 A 的电流表,满刻度 100 格,估计值最小为 0.1 格,即为 0.001 A 。这样有效数字为三位,其中第三位是估计值。对于数字式仪表则可根据其显示的有效位数读取,但最后一位也是估计值,是不准确的。在分析计算中,可根据要求的精确度来选取,一般选取三位有效数字即可。第四位以后的尾数是无实际意义的,也是不准确的。

(2) 误差计算及原因分析。

实验误差包括系统误差和随机误差,在许多工程应用场合,常采用以下方法进行误差计算及分析:

- 1) 规定某些理论值或计算值为真值,求实测值的误差,分析实测值产生误差的原因。
- 2) 以精度较高的仪表测量结果为真值,分析其他仪表测量结果的误差和其产生的原因。
- 3) 以实测值为真值,分析理论值的误差和产生原因,用以验证工程设计的正确性。

在确定真值的时候,应尽可能消除系统误差,也可用多次测量消除偶然误差。

(3) 实验曲线的绘制。

绘制实验曲线首先应正确规定比例尺,坐标应由原点开始。曲线不应点点通过,而应根据变化趋势画出带规律性的曲线。一般可徒手或用曲线板画出平均曲线,要求严格时可采用回归法进行曲线拟合。

第一章 电工实验技术

实验一 有源二端网络参数测试

一、实验目的

- (1) 学习直流电源外特性的测量方法。
- (2) 熟悉有源二端网络参数的测量,加深对戴维宁定理的理解。
- (3) 掌握常用电工仪表的使用。
- (4) 熟悉测量结果的数据处理与误差分析。

二、预习要求

- (1) 认真阅读本实验内容,弄清实验原理,明确实验任务。
- (2) 认真阅读附录一,熟悉数字万用表的使用方法。
- (3) 认真阅读仪表选择及数据处理,计算实验内容中的理论值,选择合适的仪表及量程。
- (4) 写出预习报告。
- (5) 思考题:
 - 1) 如何选择仪表的种类及量程?
 - 2) 如何分析开路-短路法中的系统误差?

三、实验仪器及设备

- (1) 直流稳压电源 $0 \sim 30 \text{ V}$, 2 A 。
- (2) 变阻器 110Ω 左右, 2 A (做电位器用)。
- (3) 变阻器 50Ω 左右, 2.5 A (做负载用)。
- (4) 数字万用表。
- (5) 交、直流两用电流表。

四、实验原理与说明

1. 有源二端网络外特性测试

用直流稳压电源(输出 30 V , 近似为恒压源)和一只 110Ω , 2 A 的滑线变阻器构成一个有源二端网络,如图 1-1 所示。调节此滑线变阻器,使有源二端网络的开路电压 $U_o = U_{ab} =$