

普通高等学校通用教材

电 工 学 实 验

主编 康铁英



大连理工大学出版社

TM1-33/19

2008

普通高等学校通用教材

电 工 学 实 验

康铁英 主 编

芦金石 副主编

李 维 主 审

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验 / 康铁英主编. —大连:大连理工大学出版社, 2008. 2

普通高等学校通用教材

ISBN 978-7-5611-3996-7

I. 电… II. 康… III. 电工学—实验—高等学校—教材
IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 012256 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm	印张:13	字数:332 千字
2008 年 2 月第 1 版	2008 年 2 月第 1 次印刷	

责任编辑:赵 静

责任校对:王 义

封面设计:苏儒光

ISBN 978-7-5611-3996-7

定 价:25.00 元

前 言

《电工学实验》是根据国家教育部 1995 年修订的高等工业学校电工技术及电子技术课程的基本要求,认真总结我校电工学实验教学改革的经验,在全面更新了所有设备的基础之上,经过集体讨论由教学经验丰富的教师编写而成的。

本书注意加强学生基本技能的培养,在实验目的、内容安排和仪器使用上,着重在能力培养方面提出了较为明确的要求,在基本的实验基础上增加了综合性、设计性实验的内容。

全书共分五章:第一章为电工技术实验,共设有 14 个实验;第二章为电子技术实验,共设有 12 个实验;第三章为综合性、设计性实验,共设有 6 个实验;第四章为实验室常用的仪器、仪表简介,主要介绍各种实验装置、常用仪器、仪表的原理和使用方法;第五章为常用的电路、电子元器件简介。各专业可根据具体情况选择使用。

本书由大连工业大学康铁英教授主编,芦金石副主编。其中,第一、二、三、五章由康铁英、芦金石编写;崔远慧、刘剑、宛杰、张仁山及唐树森参与了第四章的编写;另外张素娟、李仁庆、王立、牟俊、祁建广也做了大量的编务工作。全书由康铁英统稿,并由李维负责审稿。

由于时间仓促,水平有限,缺点和错误在所难免,希望使用本书的广大读者提出宝贵意见。

编 者

大连工业大学

2007 年 11 月

目 录

第一章 电工技术实验	1
实验须知	1
实验一 电路元件伏安特性的测绘	2
实验二 叠加原理	5
实验三 戴维南定理和诺顿定理——有源二端网络等效参数的测定	7
实验四 RC ——一阶电路的响应	10
实验五 R, L, C 元件阻抗特性的测定	13
实验六 正弦交流电路及功率因数提高的设计	15
实验七 三相交流电路电压、电流的测量	18
实验八 三相电路功率的测量	21
实验九 单相变压器	24
实验十 三相鼠笼式异步电动机	27
实验十一 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制	32
实验十二 三相鼠笼式异步电动机的正反转控制	35
实验十三 三相鼠笼式异步电动机 $Y-\Delta$ 降压启动控制	38
实验十四 三相异步电动机顺序控制	42
第二章 电子技术实验	44
实验十五 常用电子仪器的使用	44
实验十六 晶体管共射极单管放大器	48
实验十七 负反馈放大器	55
实验十八 射极跟随器	58
实验十九 差动放大器	61
实验二十 集成运算放大器的基本应用(Ⅰ)——模拟运算电路	65
实验二十一 集成运算放大器的基本应用(Ⅱ)——电压比较器	69
实验二十二 RC 正弦波振荡器	72
实验二十三 直流稳压电源	75
实验二十四 晶闸管可控整流电路	80
实验二十五 TTL 集成逻辑门电路及其应用	84
实验二十六 触发器及其应用	89
第三章 综合性、设计性实验	95
实验二十七 组合逻辑电路的设计与测试	95
实验二十八 模拟运算电路的设计	98
实验二十九 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	99
实验三十 继电器接触器控制电路的设计	102

实验三十一 三相异步电动机的自动控制	103
实验三十二 洗衣机的自动控制模拟电路	104
附录 洗衣机模拟控制参考电路	107
第四章 实验室常用的仪器、仪表简介	108
一、ZC25B/ZC25 型绝缘电阻表(兆欧表)	108
二、D34-W 型低功率因数瓦特表	111
三、MF500 型万用表	113
四、离心式转速表	117
五、SZG-441 型手持数字转速表	118
六、YB1713 双路直流电源	119
七、DA-16 型晶体管毫伏表	123
八、XD-22 型低频信号发生器	125
九、YDM-301 数字万用表	127
十、CA-8020 型示波器	134
十一、YB4320/20A/40/60 双踪示波器	145
十二、DGJ-3 型电工技术实验装置	161
十三、DGJ-07 型单相智能型功率、功率因数表	168
十四、THM-3 型模拟电路实验箱	171
十五、THD- I 型数字电路实验箱	174
第五章 常用的电路、电子元器件简介	176
一、电阻器、电容器	176
二、半导体分立元件	181
三、模拟集成电路器件	187
四、数字集成电路器件	195

第一章 电工技术实验

实验须知

一、实验的目的和要求

实验是电工电子技术课程重要的实践性教学环节,实验的目的不仅是要巩固和加深理解所学的知识,更重要的是要训练实验技能,学会独立进行实验,树立工程实际观点和严谨的科学作风。

对学生实验技能训练的具体要求是:

1. 能正确使用常用的电工仪表、电工设备及常用的电子仪器。
2. 能按电路图正确接线和查线。
3. 学习查阅手册,对常用的电子元器件具有使用的基本知识。
4. 能准确读取实验数据,观察实验现象,测绘波形曲线。
5. 能整理分析实验数据,独立写出内容完整、条理清楚、整洁的实验报告。

二、实验课前学生应做的准备工作

1. 认真阅读实验指导书,明确实验目的,理解有关原理,熟悉实验电路、内容步骤及实验中的注意事项。

2. 完成实验指导书中有关预习要求的内容。
3. 做好数据记录表格等准备工作。

三、实验报告的要求

一律用学校规定的实验报告纸认真书写实验报告。实验报告的具体内容为:

1. 实验目的。
2. 实验原理电路图及主要仪器设备的型号规格。
3. 课前完成的预习内容:包括指导书所要求的理论计算、回答问题、设计记录表格等。
4. 实验数据及处理:根据实验原始记录,整理实验数据,并按指导书要求加以必要处理。
5. 实验总结:完成指导书要求的总结、问题讨论及心得体会,如有曲线应用坐标纸绘出。

四、实验规则

1. 严禁带电接线、拆线或改接线路。
2. 接线完毕后,要认真复查,确信无误后,经教师检查同意,方可接通电源进行实验。
3. 实验过程中如果发生事故,应立即关断电源,保持现场,报告指导教师。
4. 实验完毕后,先由本人检查实验数据是否符合要求,然后再请教师检查,经教师认可后方可拆线,并将实验器材整理好。

5. 室内仪器设备不准任意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备,未经教师允许不得动用。没有看懂仪表、仪器及设备的使用方法前,不得贸然使用。若损坏仪器设备,必须立即报告教师,做书面检查,责任事故要酌情赔偿。

6. 实验要严肃认真,保持安静、整洁的学习环境。

实验一 电路元件伏安特性的测绘

一、实验目的

1. 学会识别常用电路元件的方法。
2. 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的测绘。
3. 掌握实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

二、实验原理

任何一个二端元件的特性可用该元件上的端电压 U 与通过该元件的电流 I 之间的函数关系 $I=f(U)$ 来表示,即用 $I-U$ 平面上的一条曲线来表征,这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

1. 线性电阻器的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,如图 1-1 中 a 所示,该直线的斜率的倒数等于该电阻器的电阻值。

2. 一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态,其灯丝电阻随着温度的升高而增大,通过白炽灯的电流越大,其温度越高,阻值也越大,一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍,所以它的伏安特性曲线如图 1-1 中 b 所示。

3. 一般的半导体二极管是一个非线性电阻元件,其伏安特性曲线如图 1-1 中 c 所示。正向压降很小(一般的锗管为 $0.2\sim 0.3\text{ V}$,硅管为 $0.5\sim 0.7\text{ V}$),正向电流随正向压降的升高而急剧上升,而反向电压从零一直增加到十几伏至几十伏时,其反向电流增加很小,粗略地可视为零。可见,二极管具有单向导电性,但反向电压加得过高,超过管子的极限值,则会导致管子击穿损坏。

4. 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,其正向特性与普通二极管类似,但其反向特性较特别,如图 1-1 中 d 所示。在反向电压开始增加时,其反向电流几乎为零,但当电压增加到某一数值时(称为管子的稳压值,有各种不同稳压值的稳压管)电流将突然增加,以后它的端电压将基本维持恒定,当外加的反向电压继续升高时其端电压仅有少量增加。

注意:流过二极管或稳压二极管的电流不能超过管子的极限值,否则管子会被烧坏。

三、实验设备(表 1-1)

表 1-1		实验设备		
序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	可调直流稳压电源	$0\sim 30\text{ V}$	1	DGJ-3 型电工技术实验台
2	万用表	FM-47 或其他	1	自备
3	直流数字毫安表	$0\sim 200\text{ mA}$	1	
4	直流数字电压表	$0\sim 200\text{ V}$	1	
5	二极管	1N4007	1	DGJ-05
6	稳压管	2CW51	1	DGJ-05
7	白炽灯	$12\text{ V}, 0.1\text{ A}$	1	DGJ-05
8	线性电阻器	$200\ \Omega, 1\text{ k}\Omega/8\text{ W}$	1	DGJ-05

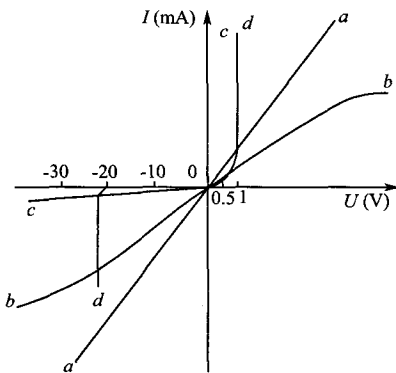


图 1-1

四、实验内容

1. 测定线性电阻器的伏安特性

按图 1-2 接线,调节稳压电源的输出电压 U ,从 0 V 开始缓慢地增加,一直到 10 V,记下相应的电压表和电流表的读数 U_R, I (见表 1-2)。

表 1-2

$U_R(\text{V})$	0	2	4	6	8	10
$I(\text{mA})$						

2. 测定非线性白炽灯泡的伏安特性

将图 1-2 中的 R 换成一只 12 V, 0.1 A 的灯泡,重复步骤 1。 U_L 为灯泡的端电压(见表 1-3)。

表 1-3

$U_L(\text{V})$	0.1	0.5	1	2	3	4	5
$I(\text{mA})$							

3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 1-3 接线, R 为限流电阻器。测二极管的正向特性时,其正向电流不得超过 35 mA,二极管 D 的正向施压 U_{D+} 可在 0~0.75 V 之间取值。在 0.5~0.75 V 之间应多取几个测量点。测反向特性时,只需将图 1-3 中的二极管 D 反接,且其反向施压 U_{D-} 可达 30 V。

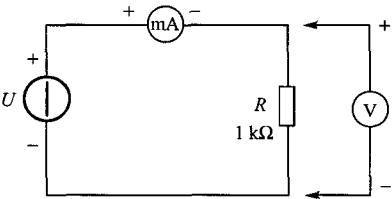


图 1-2

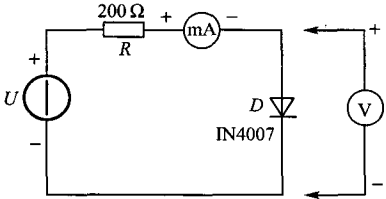


图 1-3

正向特性实验数据见表 1-4。

表 1-4

$U_{D+}(\text{V})$	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
$I(\text{mA})$								

反向特性实验数据见表 1-5。

表 1-5

$U_{D-}(\text{V})$	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
$I(\text{mA})$							

4. 测定稳压二极管的伏安特性

(1) 正向特性实验:将图 1-3 中的二极管换成稳压二极管 2CW51,重复实验内容 3 中的正向测量。 U_{Z+} 为 2CW51 的正向施压(见表 1-6)。

表 1-6

$U_{Z+}(\text{V})$	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
$I(\text{mA})$								

(2) 反向特性实验:将图 1-3 中的 R 换成 1 kΩ, 2CW51 反接,测量 2CW51 的反向特性。

稳压电源的输出电压 U 。从 $0 \sim 20 \text{ V}$, 测量 2CW51 二端的电压 U_{Z-} 及电流 I , 由 U_{Z-} 可看出其稳压特性(见表 1-7)。

表 1-7

$U_o(\text{V})$	0	2	5	10	15	20
$U_{Z-}(\text{V})$						
$I(\text{mA})$						

五、实验注意事项

1. 测二极管正向特性时, 稳压电源输出应由小至大逐渐增加, 应时刻注意电流表读数不得超过 35 mA 。
2. 如果要测定 2AP9 的伏安特性, 则正向特性的电压值应取 $0, 0.10, 0.13, 0.15, 0.17, 0.19, 0.21, 0.24, 0.30(\text{V})$, 反向特性的电压值取 $0, 2, 4, \dots, 10(\text{V})$ 。
3. 进行不同实验时, 应先估算电压和电流值, 合理选择仪表的量程, 勿使仪表超量程, 仪表的极性亦不可接错。

六、思考题

1. 线性电阻与非线性电阻的概念是什么? 电阻器与二极管的伏安特性有何区别?
2. 设某器件伏安特性曲线的函数式为 $I = f(U)$, 试问在逐点绘制曲线时, 其坐标变量应如何设置?
3. 在图 1-3 中, 设 $U = 2 \text{ V}$, $U_{D+} = 0.7 \text{ V}$, 则毫安表读数为多少?

七、实验报告

1. 根据各实验数据, 分别在方格纸上绘制出光滑的伏安特性曲线(其中二极管和稳压管的正、反向特性均要求画在同一张图中, 正、反向电压可取为不同的比例尺)。
2. 根据实验结果, 总结、归纳被测各元件的特性。
3. 心得体会及其他。

实验二 叠加原理

一、实验目的

验证线性电路叠加原理的正确性,加深对线性电路的叠加性的认识和理解。

二、实验原理

叠加原理指出:在有多多个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

三、实验设备(表 2-1)

表 2-1		实验设备		
序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	直流稳压电源	0~30 V 可调	二路	DGJ-03 型实验台
2	万用表		1	自备
3	直流数字电压表	0~200 V	1	
4	直流数字毫安表	0~200 mA	1	
5	叠加原理实验电路板		1	DGJ-03

四、实验内容

实验线路如图 2-1 所示,用 DGJ-03 挂箱的“基尔霍夫定律/叠加原理”线路。

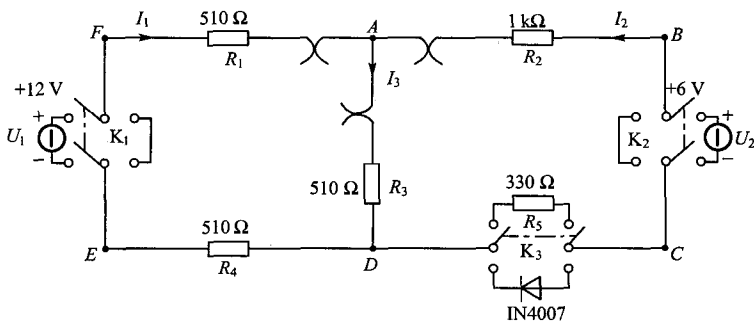


图 2-1

1. 将两路稳压源的输出分别调节为 12 V 和 6 V,接入 U_1 和 U_2 处。
2. 令 U_1 电源单独作用(将开关 K_1 投向 U_1 侧, K_2 投向短路侧, K_3 投向 330 Ω)。用直流数字电压表和毫安表(接电流插头)测量各支路电流及各电阻元件两端的电压,数据记入表 2-2 中。

表 2-2

测量项目 实验内容	U_1 (V)	U_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{CD} (V)	U_{AD} (V)	U_{DE} (V)	U_{FA} (V)
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
U_1, U_2 共同作用										

3. 令 U_2 电源单独作用(将开关 K_1 投向短路侧, K_2 投向 U_2 侧),重复实验步骤 2 的测量

和记录,数据记入表 2-2 中。

4. 令 U_1 和 U_2 共同作用(开关 K_1 和 K_2 分别投向 U_1 和 U_2 侧),重复上述的测量和记录,数据记入表 2-2 中。

5. 将 R_5 ($330\ \Omega$)换成二极管 IN4007(即将开关 K_3 投向二极管 IN4007 侧),重复 1~4 的测量过程,数据记入表 2-3 中。

6. 任意按下某个故障设置按键,重复实验内容 4 的测量和记录,再根据测量结果判断出故障的性质。

表 2-3

测量项目 实验内容	U_1 (V)	U_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{CD} (V)	U_{AD} (V)	U_{DE} (V)	U_{FA} (V)
U_1 单独作用										
U_2 单独作用										
U_1, U_2 共同作用										

五、实验注意事项

1. 用电流插头测量各支路电流或者用电压表测量电压降时,应注意仪表的极性,正确判断测得值的+、-号后,记入数据表格。

2. 注意仪表量程的及时更换。

六、预习思考题

1. 在叠加原理实验中,要令 U_1, U_2 分别单独作用,应如何操作? 可否直接将不作用的电源(U_1 或 U_2)短接置零?

2. 实验电路中,若有一个电阻器改为二极管,试问叠加原理的叠加性还成立吗? 为什么?

七、实验报告

1. 根据实验数据表格,进行分析、比较、归纳、总结实验结论,即验证线性电路的叠加性。

2. 各电阻器所消耗的功率能否用叠加原理计算得出? 试用上述实验数据进行计算并得出结论。

3. 通过实验步骤 5 及分析表格 2-3 的数据,你能得出什么样的结论?

4. 心得体会及其他。

实验三 戴维南定理和诺顿定理——有源二端网络等效参数的测定

一、实验目的

1. 验证戴维南定理和诺顿定理的正确性,加深对该定理的理解。
2. 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

二、实验原理

1. 任何一个线性含源网络,如果仅研究其中一条支路的电压和电流,则可将电路的其余部分看作是一个有源二端网络(或称为含源一端口网络)。

戴维南定理指出:任何一个线性有源网络,总可以用一个电压源与一个电阻的串联来等效代替,此电压源的电动势 U_s 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{oc} ,其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立源均置零(理想电压源视为短接,理想电流源视为开路)时的等效电阻。

诺顿定理指出:任何一个线性有源网络,总可以用一个电流源与一个电阻的并联组合来等效代替,此电流源的电流 I_s 等于这个有源二端网络的短路电流 I_{sc} ,其等效内阻 R_0 定义同戴维南定理。

$U_{oc}(U_s)$ 和 R_0 或者 $I_{sc}(I_s)$ 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

2. 有源二端网络等效参数的测量方法

(1) 开路电压、短路电流法测 R_0

在有源二端网络输出端开路时,用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} ,然后再将其输出端短路,用电流表测其短路电流 I_{sc} ,则等效内阻为 $R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$ 。

如果二端网络的内阻很小,若将其输出端口短路则易损坏其内部元件,因此不宜用此法。

(2) 伏安法测 R_0

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线,如图 3-1 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan \varphi$,则电阻

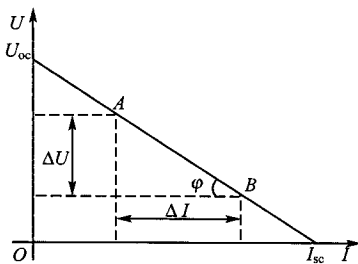


图 3-1

$$R_0 = \tan \varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

也可以先测量开路电压 U_{oc} ,再测量电流为额定值 I_N 时的输出端电压值 U_N ,则内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc} - U_N}{I_N}$$

(3) 半电压法测 R_0

如图 3-2 所示,当负载电压为被测网络开路电压的一半时,负载电阻(由电阻箱的读数确定)即为被测有源二端网络的等效内阻值。

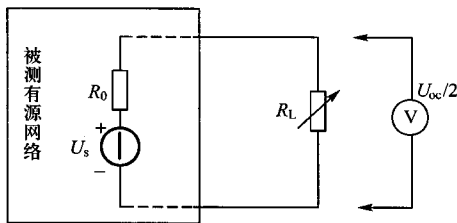


图 3-2

(4) 零示法测 U_{oc}

在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时,用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响,往往采用零示测量法,如图 3-3 所示。

零示法测量原理是用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较,当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时,电流表的读数为“0”。然后将电路断开,测量此时稳压电源的输出电压,即为被测有源二端网络的开路电压。

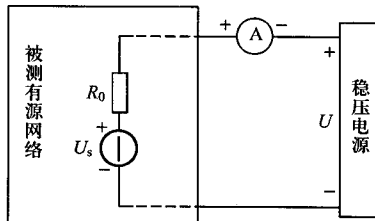


图 3-3

三、实验设备 表 3-1

实验设备				
序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	可调直流稳压电源	0~30 V	1	实验台
2	可调直流恒流源	0~500 mA	1	
3	直流数字电压表	0~200 V	1	
4	直流数字毫安表	0~200 mA	1	
5	万用表		1	自备
6	可调电阻箱	0~99999.9 Ω	1	DGJ-05
7	电位器	1 k Ω /2 W	1	DGJ-05
8	戴维南定理实验电路板		1	DGJ-05

四、实验内容

被测有源二端网络如图 3-4(a)所示。

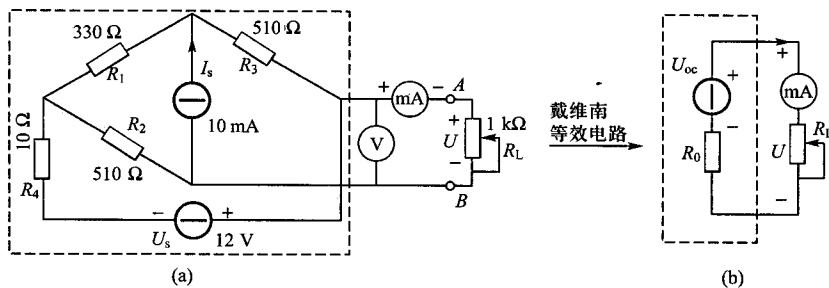


图 3-4

1. 用开路电压、短路电流法测定戴维南等效电路的 U_{oc} , R_0 和诺顿等效电路的 I_{sc} , R_0 。按照图 3-4(a) 接入稳压电源 $U_s = 12\text{ V}$ 和恒流源 $I_s = 10\text{ mA}$, 不接入 R_L 。测出 U_{oc} 和 I_{sc} , 并计算出 R_0 (测 U_{oc} 时, 不接入毫安表), 数据记入表 3-2。

表 3-2

$U_{oc}(\text{V})$	$I_{sc}(\text{mA})$	$R_0 = U_{oc}/I_{sc}(\Omega)$

2. 负载实验

按图 3-4(a) 接入 R_L 。改变 R_L 阻值, 测量有源二端网络的外特性曲线, 数据记入表 3-3。

表 3-3

$U(\text{V})$								
$I(\text{mA})$								

3. 验证戴维南定理: 从电阻箱上取得按步骤“1”所得的等效电阻 R_0 之值, 然后令其与直

流稳压电源(调到步骤“1”时所测得的开路电压 U_{oc} 之值)相串联,如图 3-4(b)所示,依照步骤“2”测其外特性,对戴维南定理进行验证,数据记入表 3-4。

表 3-4

$U(V)$									
$I(mA)$									

4. 验证诺顿定理:从电阻箱上取得按步骤“1”所得的等效电阻 R_0 之值,然后令其与直流恒流源(调到步骤“1”时所测得的短路电流 I_{sc} 之值)相并联,如图 3-5 所示,依照步骤“2”测其外特性,对诺顿定理进行验证,数据记入表 3-5。

表 3-5

$U(V)$									
$I(mA)$									

5. 有源二端网络等效电阻(又称入端电阻)的直接测量法。见图 3-4(a)。将被测有源网络内的所有独立源置零(去掉电流源 I_s 和电压源 U_s ,并在原电压源所接的两点用一根短路导线相连),然后用伏安法或者直接用万用表的欧姆挡去测定负载 R_L 开路时 A、B 两点间的电阻,此即为被测网络的等效内阻 R_0 ,或称网络的入端电阻 R_i 。

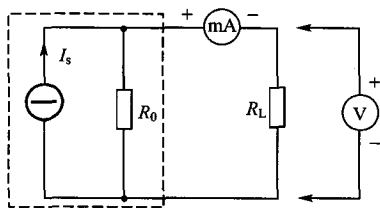


图 3-5

6. 用半电压法和零示法测量被测网络的等效内阻 R_0 及其开路电压 U_{oc} 。线路及数据表格自拟。

五、实验注意事项

1. 测量时应注意电流表量程的更换。
2. 步骤“5”中,电压源置零时不可将稳压源短接。
3. 用万用表直接测 R_0 时,网络内的独立源必须先置零,以免损坏万用表。其次,欧姆挡必须经调零后再进行测量。
4. 用零示法测量 U_{oc} 时,应先将稳压电源的输出调至接近于 U_{oc} ,再按图 3-3 测量。
5. 改接线路时,要关掉电源。

六、预习思考题

1. 在求戴维南或诺顿等效电路时,做短路实验,测 I_{sc} 的条件是什么? 在本实验中可否直接做负载短路实验? 请实验前对线路图 3-4(a)预先作好计算,以便调整实验线路及测量时可准确地选取电表的量程。
2. 说明测有源二端网络开路电压及等效内阻的几种方法,并比较其优缺点。

七、实验报告

1. 根据步骤 2,3,4,分别绘出曲线,验证戴维南定理和诺顿定理的正确性,并分析产生误差的原因。
2. 根据步骤 1,5,6 的几种方法测得的 U_{oc} 与 R_0 ,与预习时电路计算的结果作比较,你能得出什么结论。
3. 归纳、总结实验结果。
4. 心得体会及其他。

实验四 RC 一阶电路的响应

一、实验目的

1. 测定 RC 一阶电路的零输入响应、零状态响应及完全响应。
2. 学习电路时间常数的测量方法。
3. 掌握有关微分电路和积分电路的概念。
4. 进一步学会用示波器观测波形。

二、实验原理

1. 动态网络的过渡过程是十分短暂的单次变化过程。要用普通示波器观察过渡过程和测量有关的参数,就必须使这种单次变化的过程重复出现。为此,我们利用信号发生器输出的方波来模拟阶跃激励信号,即利用方波输出的上升沿作为零状态响应的正阶跃激励信号;利用方波的下降沿作为零输入响应的负阶跃激励信号。只要选择方波的重复周期远大于电路的时间常数 τ ,那么电路在这样的方波序列脉冲信号的激励下,它的响应就和直流电接通与断开的过渡过程是基本相同的。

2. 图 4-1 所示的 RC 一阶电路的零输入响应与零状态响应分别按指数规律衰减和增长,其变化的快慢决定于电路的时间常数 τ 。

3. 时间常数 τ 的测定方法:用示波器测量零输入响应的波形如图 4-1(a)所示。

根据一阶微分方程的求解得知 $u_C = U_m e^{-t/RC} = U_m e^{-t/\tau}$ 。当 $t = \tau$ 时, $u_C(\tau) = 0.368U_m$ 。此时所对应的时间就等于 τ 。亦可用零状态响应波形增加到 $0.632U_m$ 所对应的时间测得,如图 4-1(c)所示。

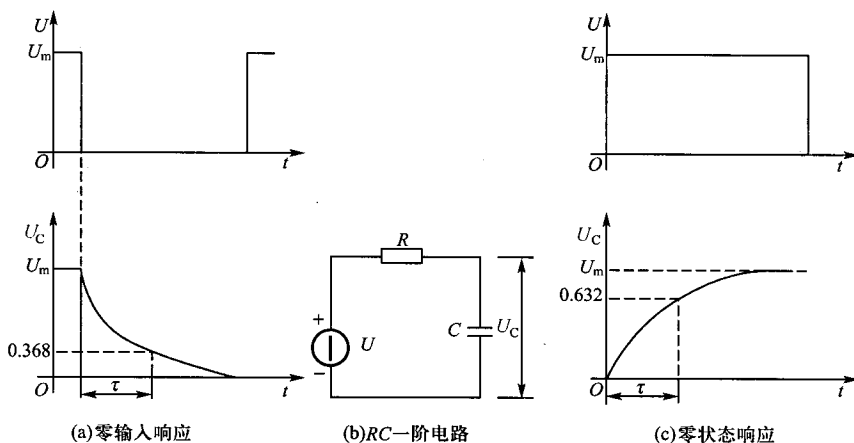


图 4-1

4. 微分电路和积分电路是 RC 一阶电路中较典型的电路,它对电路元件参数和输入信号的周期有着特定的要求。一个简单的 RC 串联电路,在方波序列脉冲的重复激励下,当满足 $\tau = RC \ll \frac{T}{2}$ 时 (T 为方波脉冲的重复周期),且由 R 两端的电压作为响应输出,则该电路就是一

个微分电路。因为此时电路的输出信号电压与输入信号电压的微分成正比。如图 4-2(a)所示。利用微分电路可以将方波转变成尖脉冲。

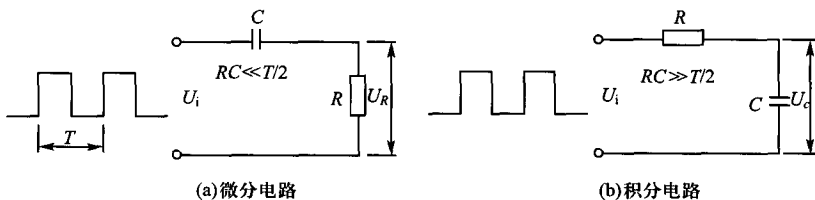


图 4-2

若将图 4-2(a)中的 R 与 C 位置调换一下,如图 4-2(b)所示,由 C 两端的电压作为响应输出,且当电路的参数满足 $\tau = RC \gg \frac{T}{2}$,则该 RC 电路称为积分电路。因为此时电路的输出信号电压与输入信号电压的积分成正比。利用积分电路可以将方波转变成三角波。

从输入输出波形来看,上述两个电路均起着波形变换的作用,请在实验过程中仔细观察与记录。

三、实验设备(表 4-1)

表 4-1

实验设备

序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	函数信号发生器		1	
2	双踪示波器		1	自备
3	动态电路实验板		1	DGJ-03

四、实验内容

实验线路板的器件组件,如图 4-3 所示,请认清 R 、 C 元件的布局及其标称值,各开关的通断位置等。

1. 从电路板上选 $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 6800 \text{ pF}$ 组成图 4-1(b)所示的 RC 充放电电路。 u_i 为脉冲信号发生器输出的 $U_m = 3 \text{ V}$, $f = 1 \text{ kHz}$ 的方波电压信号,并通过两根同轴电缆线,将激励源 u_i 和响应 u_C 的信号分别连至示波器的两个输入口 Y_A 和 Y_B 。这时可在示波器的屏幕上观察到激励与响应的变化规律,请测算出时间常数 τ ,并用方格纸按 $1:1$ 的比例描绘波形。

少量地改变电容值或电阻值,定性地观察对响应的影响,记录观察到的现象。

2. 令 $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 0.1 \mu\text{F}$, 观察并描绘响应的波形,继续增大 C 之值,定性地观察对响应的影响。

3. 令 $C = 0.01 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$, 组成如图 4-2(a)所示的微分电路。在同样的方波激励信号 ($U_m = 3 \text{ V}$, $f = 1 \text{ kHz}$) 作用下,观测并描绘激励与响应的波形。

增减 R 之值,定性地观察对响应的影响,并作记录。当 R 增至 $1 \text{ M}\Omega$ 时,输入输出波形有何本质上的区别?

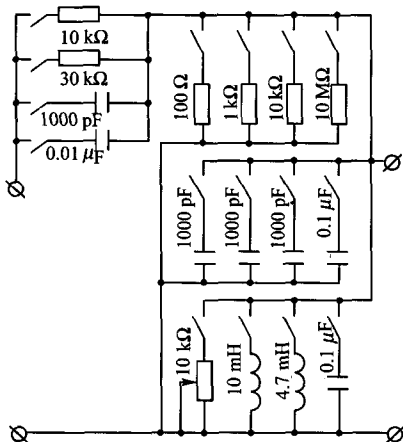


图 4-3