

DIANGONGDIANZIJISHUJICHU SHIYAN

电工电子技术基础 实验

杨茂宇 王俐 赵永红 编著



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

电工电子技术基础实验

杨茂宇 王 俐 赵永红 编著

 华东理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础实验/杨茂宇,王俐,赵永红编著.
上海:华东理工大学出版社,2005.8
ISBN 7-5628-1739-1

I. 电... II. ①杨... ②王... ③赵... 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-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 082436 号

电工电子技术基础实验

.....

编 著 / 杨茂宇 王 俐 赵永红

责任编辑 / 李国平

封面设计 / 王晓迪

责任校对 / 徐 群

出版发行 / 华东理工大学出版社

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:(021)64250306(营销部)

传 真:(021)64252707

网 址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 常熟市华顺印刷有限公司

开 本 / 787×1092 1/16

印 张 / 13

字 数 / 315 千字

版 次 / 2005 年 8 月第 1 版

印 次 / 2005 年 8 月第 1 次

印 数 / 1—5050 册

书 号 / ISBN 7-5628-1739-1/TM·4

定 价 / 20.00 元

前 言

实验教学,不仅是培养学生动手能力、创造性思维的重要环节,而且对其关联的理论知识的理解和掌握也起到点拨作用,有时甚至是很关键的。

一个实验的实施,可能会采用不同的方法、手段与要求。一个步骤、要求的增设往往包含着关键知识点的刻意引导,牵扯的并非单一概念。所以指导老师不一定要墨守面前的实验方法、步骤等,宜随时掺入自己的教学成果,进而优化或更新。

验证性实验与设计性、综合性、创新性实验的比例应根据生源、层次而定。学生的提高实验理应得到一定的实验能力、一定的理论基础的支撑,所以需要充足的基础实验、验证性实验,才能达到要求的实验教学效果。

本书简单介绍了电子电路仿真软件“电子工作台(Electronics Workbench——EWB)”,这对于大学一年级以上的学生来说,老师在现场稍加指导,就能轻松运用,完成教学要求的虚拟实验,达到教学要求。

编写中参考了部分兄弟院校编写的教材、文献,也吸收了部分杂志、书籍和部分厂商提供的有关资料,得助不菲,不胜感谢。

本书由杨茂宇、王俐、赵永红编著,参与本书编写的还有芦涛、兰云、张小兵、郑晓菁、何杰生、胡华北、王廷高、许青春及胡晶晶等老师。

本书由黄友锐老师和李良光老师悉心审阅,他们提出了一些宝贵的意见和建议。非常感谢陈浩信老师在本书编写过程中给予的大力支持和帮助。

王清灵教授对本书的编写自始至终给予了热情指导和关心,笔者在此深表谢意。

书中错误与不妥之处在所难免,希望读者及时指正。

编 者

2005年6月

目 录

电工基础实验篇

实验一	直流电路电位、电压测量	1
实验二	叠加定理	3
实验三	戴维南定理	5
实验四	电路中的过渡过程	8
实验五	RLC 串联电路的阻抗测定	14
实验六	电阻电容移相电路	18
实验七	串联谐振	21
实验八	功率因数的提高	24
实验九	感应耦合电路	27
实验十	三相交流电路负载联接	32
实验十一	三相电路功率的测量	37
实验十二	非正弦周期电流电路	42
实验十三	二端口网络参数的测定	46
实验十四	三相异步电动机起动控制	50
实验十五	用电压表检查串联电路的故障	53

模拟电子技术基础实验篇

实验一	常用电子仪器仪表使用练习	55
实验二	单管交流放大电路	60
实验三	单管交流放大器焊接	64
实验四	单管交流放大器的故障检修	65
实验五	两级阻容耦合放大电路	67
实验六	负反馈放大电路	70
实验七	晶体二极管整流与滤波	74
实验八	线性串联直流稳压源	78
实验九	差动放大电路	82
实验十	集成运算电路	86
实验十一	集成运放的运用	91
实验十二	集成功率放大电路	96
附:	超外差收音机的设计、安装与调试	98

数字电子技术基础实验篇

实验一	门电路	110
实验二	组合逻辑电路	114
实验三	MSI 组合功能件的应用(一)	117
实验四	MSI 组合功能件的应用(二)	121
实验五	触发器	124
实验六	计数器	128
实验七	移位寄存器	132
实验八	555 集成定时器应用	136
实验九	程控放大器	139
实验十	数字电路设计(一)——智力竞赛抢答器	142
实验十一	数字电路设计(二)——节日彩灯流水显示电路	143
实验十二	数字电路简单制作与运用——无源型停电报警器	144

附 录

附录一	电子电路的仿真	145
附录二	常用电子元器件介绍	167
附录三	常用仪器、仪表使用说明	191
参考文献		201

电工基础实验篇

实验一 直流电路电位、电压测量

实验目的

通过实验,加强电路中电位的概念,通过不同参考点下的电位及电压的测量与计算,加深各点电位的高低相对性及两点间的电压值的绝对性认识。

实验原理简述

电路中的电位、电压是相互联系而又相互区别的两个概念。两点间的电压就是两点的电位差,它只能说明一点的电位高,另一点的电位低,以及两点的电位相差多少的问题。至于电路中某一点的电位究竟是多少伏,必须选定电路中某一点作为参考点(通常设参考电位为零),其他各点的电位都同它比较,正数值越大电位越高,负数值越大则电位越低。所选参考点不同,电路中各点的电位值将随参考点的不同而不同。如果参考点在电路图中标上“接地”符号“ $\perp$ ”,并非真与大地相接。

电压是指电路中任意两点之间的电压值,它的大小和极性与所选参考点无关。一旦电路结构及参数一定,电压的大小和极性即为定值。

实验中,在测量电位时应将电压表“负”表笔接在电位的参考点上,若使用指针表,指针反偏则应调换表笔,此时该点电压为负值。

测量电器两点电压时,注意电压符号下标顺序,例“ U_{AB} ”,应将负表笔接在“B”点上,若指针反偏,应变换正、负表笔,读数为负值。

实验器材

- | | |
|---------------------|-----|
| 1. 可调直流稳压电源(0~30 V) | 1 台 |
| 2. 万用表 | 1 只 |
| 3. 实验板(自制) | 1 块 |

实验内容

1. 直流电源电压输出旋钮逆时针调到最小位置,按图 1-1 电路接线。
2. 开启直流稳压电源,将输出电压调节为 20 V。
3. 测量图 1-1 电路中各参考点下的各电位及给定两点间的电压,将测量结果分别填入

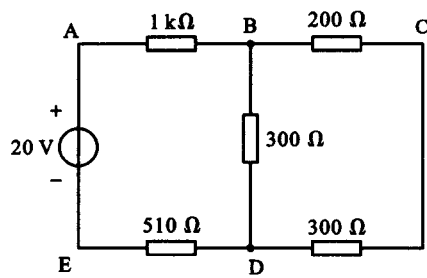


图 1-1

表 1-1。

表 1-1

参考点	测 量 数 据											
	电 位(V)					两点间电压(V)						
	U_A	U_B	U_C	U_D	U_E	U_{AB}	U_{BC}	U_{CD}	U_{DE}	U_{EA}	U_{AE}	U_{BE}
B												
C												
E												
A												

思 考 题

有一电路如图 1-2 所示,零电位参考点在哪里?画电路图表示出来。若电位器 R_P 的滑动触头向右滑动时,A 点电位是增高了还是降低了,还是不变?

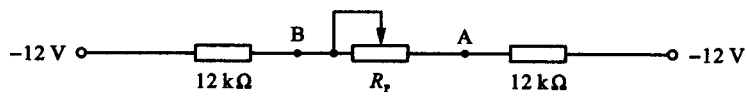


图 1-2

作 业

1. 计算参考点 B、E 的各电位,与测量值相比较。
2. 以参考点 A、C 测量的各电位,计算出记录表中各两点间的电压,并与实测值相比较。

实验二 叠加定理

实验目的

用实验证明线性电路的叠加性。

实验原理简述

线性网络最重要的基本性质就是叠加性,叠加定理是和线性概念紧密相连的。

1. 叠加定理

在线性网络中有多个独立电源作用,通过任一支路的电流(或电压),等于各个独立电源单独作用时(其余独立电源为零即电压源相当于短路,电流源相当于开路),在该支路产生的电流(或电压)的代数和。

2. 说明

例如对图 2-1 实验电路,欲计算 I_3 的值,可以先求出 U_1 单独作用下的 I'_3 ,再来求出 U_2 单独作用下的 I''_3 ,它们代数和便是 I_3 。

$$I'_3 = \frac{U_1}{R_1 + R_2 // R_3} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

$$I''_3 = \frac{U_2}{R_2 + R_1 // R_3} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

所以 $I_3 = I'_3 + I''_3$

图 2-1 实验电路中 U_1 、 U_2 均为 9 V,它们由稳压电源一路输出提供。 U'_1 、 U'_2 是等于 9 V 还是零伏由双投开关接投完成。

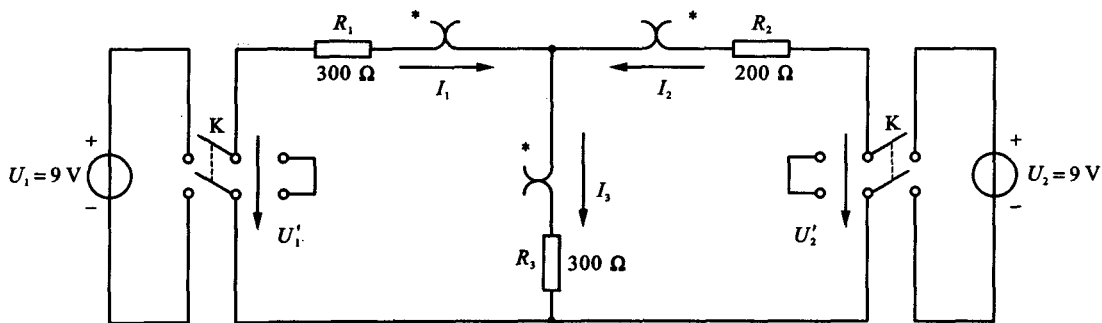


图 2-1 实验电路图

注意在正方向下,电流的正负值。

备注:图中“X”表示电流插座,“*”表示同极端。

实验器材

1. 可调直流稳压电源(0—30 V)

1 台
2. 直流电流表(0—30 mA)

1 台
3. 数字电压表

1 台
4. 电流插座

3 只
5. 电流插头

1 只
6. 实验板(自制)

1 块

实验内容

1. 连接图 2-1 电路, U_1 、 U_2 共同由单路电源提供,检查无误后方可进行下一步骤。
2. 调稳压源输出电压为 9 V,(用电压表测准确)。
3. 左闸刀左投($U'_1 = U_1$),右闸刀左投($U'_2 = 0$),测各支路电流、电压,填入表 2-1 中。
4. 左闸刀右投($U'_1 = 0$),右闸刀右投($U'_2 = U_2$),测各支路电流、电压,填入表 2-1 中。
5. 左闸刀左投($U'_1 = U_1$),右闸刀右投($U'_2 = U_2$),测各支路电流、电压,填入表 2-1 中。
6. 根据提供的电阻元件,自选,重新安排图 2-1 中 R_1 、 R_2 、 R_3 的值(实验电路结构不变),按实验内容“3”、“4”步骤操作,再次测出电路中的 I_1 、 I_2 值。总结具有一个独立电源的线性电路中激励和响应的位置关系及数值情况。你的结论语是什么?

表 2-1

	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{R1} (V)	U_{R2} (V)	U_{R3} (V)	计 算		
							$U_{R1} I_1$	$U_{R2} I_2$	$U_{R3} I_3$
$U'_1 = U_1$ $U'_2 = 0$									
$U'_2 = U_2$ $U'_1 = 0$									
$U'_1 = U_1$ $U'_2 = U_2$									

思 考 题

1. 如果线性电路中有几个独立电源同时作用,叠加定理当然也是适用的。__(对/错)网络的每一响应(电压或电流)与每个独立源成线性关系。__(对/错)
2. 我们可以用叠加定理来计算线性电路中电流和电压,也可以用叠加定理计算功率。__(对/错)
3. 电源 U_1 、 U_2 共同由单路电源提供参与组成图 2-1 电路结构,去做验证叠加原理的实验,你有什么想法,与定理说法矛盾吗?(实验前预习时,你头脑里接线思路清楚吗?)

作 业

1. 用叠加定理计算图 2-1 中各支路电流、电压,并与实测值进行比较。
2. 用具体数值(根据表 2-1)回答思考题。

实验三 戴维南定理

实验目的

1. 用实验证明,任何一个线性含源二端网络,对外电路作用,可用一条有源支路来等值代替。
2. 正确使用直流仪表。

实验原理简述

对于任何一个电路,如果只研究其中一部分电路时(其余部分为线性含源二端网络)应用戴维南定理,通常是较为方便、省力的一种方法。

任何一个线性含源二端网络,对外电路来说,可以用一个有源支路来替代,该有源支路的电动势 E 等于含源二端网络的开路电压 U_{oc} ,其电阻 R_0 等于含源二端网络化成无源网络后的两端之间的等效电阻 R_{ab} (R_0)

戴维南定理又叫做等值发电机定理或含源二端网络定理。

欲用戴维南定理解析图 3-1(a) 电路中 ab 支路,可用等效电路图 3-1(b) 求解,图中 E 是图 3-1(a) 电路移去 R_L 后, ab 间的电压即开路电压 U_{oc} , 图 3-1(b) 中 R_0 是电压源等于零(等于 c 、 d 短路), 移去 R_L 后 a 、 b 之间的电阻。求此 R_0 可用 $Y-\Delta$ 变换求知。

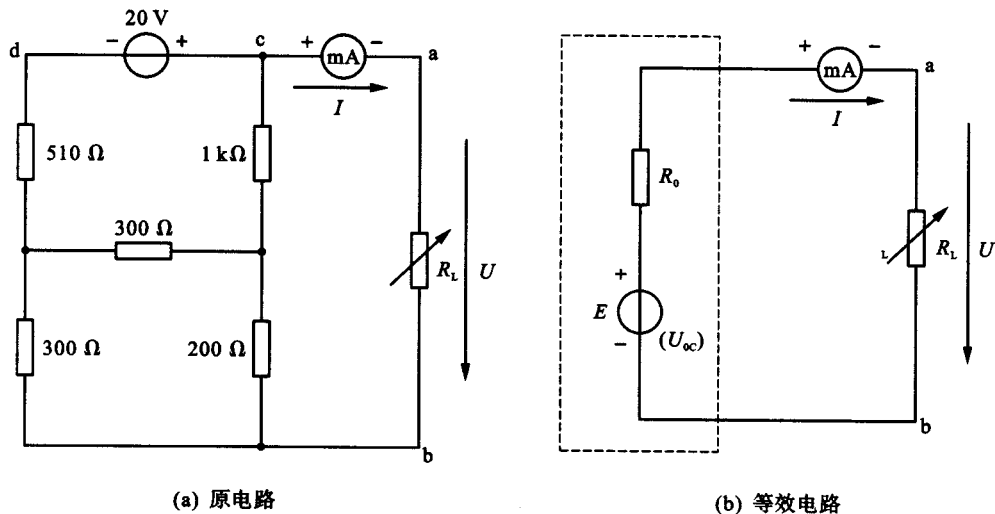


图 3-1

若已知 R_L 求 I , 或令 I 为某值定出 R_L , 用等效电路 3-1(b) 求解当然是容易的。

实验中,其等效电路开路电压 U_{oc} 可用直接测量法或者补偿法求出,其等效电阻 R_0 可用直接测量法、开短路法、半电压法及替代法求出。

1. 开路电压 U_0

(1) 用高内阻电压表测量线性含源二端网络端口处开路电压。

(2) 补偿法测量。用电压表初测线性含源二端网络的开路电压;用电阻器与电压源组成分压器并令其输出电压近似等于初测的开路电压。将二端网络端口与分压器并联对接,并在之间串一检流计(或用毫安表代替),细调分压器的输出电压使得检流计指示为零,此时电压表测量指示即为开路电压,当等效电阻 R_0 与电压表内阻相比不可忽略时,这样测量的结果准确。

2. 等效电阻 R_0 的测定

(1) 直接测量法:在有源二端网络可以除源的情况下,在其开路两端之间用欧姆表测量;把有源二端网络中的所有独立电源置零,然后在端口处外加一给定电压 U ,测得流入端口的电流 I ,则 R_0 可通过 U 除以 I 求出。

(2) 开短路法:测出有源二端网络的开路电压 U_0 及短路电流 I_d ,则 R_0 通过 U_0 除以 I_d 求出。

(3) 半电压法:首先测出被测有源网络的开路电压 U_0 并记录下来,然后在开路端口处介入比较准确的电阻箱 R ,调节电阻箱 R ,使其端电压等于 $\frac{1}{2}U_0$,显然此时 R 值等于 R_0 。

(4) 替代法:取一电压源,令电压源 E 等于 U_0 ,与电阻箱 R 、负载电阻 R_L 及电流表构成一个闭合电路,细调电阻箱使电流值为原电路某一负载 R_L 值下的电流值,此时 R 等于 R_0 。

(5) 若已知外电路电阻 R_L 的阻值,分别测出开路电压 U_{oc} 和外电路的端电压 U_L ,可计算出 R_0 。

实 验 器 材

1. 双路可调直流稳压电源(0—30 V)	1 台
2. 数字电压表	1 只
3. 直流电流表(0—30 mA)	1 只
4. ZX 型旋转式电阻箱	2 只
5. 实验板(自制)	1 块

实 验 内 容

1. 原电路外特性的测量

(1) 按图 3-1(a)电路接线,检查无误后,进行下面步骤。

(2) 打开稳压电源,使输出 20 V 电压(用数字电压表测准确)。

(3) 测量 a、b 间的电压、负载电阻 R_L 中的电流。

(4) 操作程序是:按照记录表 3-1 要求调 R_L 从最大(∞)至最小(0),记下每次的 R_L 值和电流 I 、电压 U 的读数。

2. 戴维南等效电路外特性测量(U_{oc} 用直接测量法, R_0 用开短路法)。

从原电路所测数据可得到 U_{oc} 计算出 R_0 。即:

(1) 将稳压源调到上步实验中 $R_L = \infty$ 时的 a、b 间的电压(即开路电压)值。(从原电路中可得)

(2) 把一只电阻箱的阻值调到 $R_0 = \frac{U(R_L = \infty)}{I(R_L = 0)}$ 的值(公式中 U 、 I 从原电路所测数据

索取)

(3) 关掉电源,按图 3-1(b)接线。

(4) 重复步骤“1”中“(3)”。

实验拓展

1. 用补偿法测定 U_{oc} , 设计出测量电路, 自拟实验步骤。

2. 用替代法求等效电阻 R_0 , 画出电路图, 写出实验步骤, 与开短路法求出的 R_0 相比较, 哪种实验方法准确些?

思考题

1. 应用戴维南定理关键在于正确理解和求出_____和_____。

2. 求 R_0 ——负载断开后含源二端口网络化成无源网络后的入端电阻, 所谓“无源”, 即对其中电压源_____、对电流源_____。

3. 所谓等效是对线性含源二端网络的外电路而言。__(对/错)

表 3-1

原电路	$R_L(\Omega)$	0	100	300	400	430	470	510	520	600	400	900	∞
	$I(\text{mA})$												
	$U(\text{V})$												
等效电路	$R_L(\Omega)$												
	$I(\text{mA})$												
	$U(\text{V})$												
	$R_0 =$												

作业

1. 画出有源二端网络及等效网络的外特性: $U = f(I)$, 进行比较。

2. 计算出二端网络入端电阻的理论值, 且与实验所测得的等效内阻比较。

3. 什么因素影响本实验中的测量准确度, 主要因素是什么?

实验四 电路中的过渡过程

实验目的

1. 研究 RC 一阶电路动态响应的基本规律和特点。
2. 用实验的手段测出一阶电路的时间常数。
3. 研究 RLC 二阶电路在过阻尼和欠阻尼时的零状态响应。

实验原理简述

电容、电感元件不同于电阻元件,是一种储存能量的元件,是一种动态元件,这两种元件的伏安关系都涉及对电流电压的微分或积分。

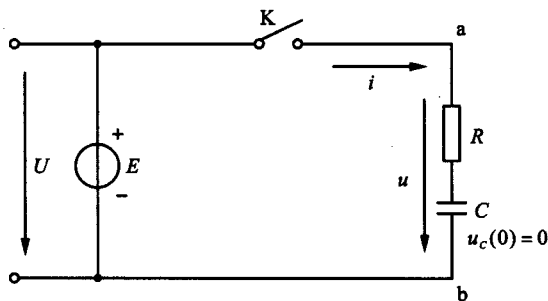


图 4-1

图 4-1 是我们很熟悉的 RC 一阶电路,若 K 未闭合, $u_c = 0$; K 早已闭合, $u_c = E$ 。在此之前,没有讨论 u_c 从 0 到 E 的变化规律,即从一稳态(处于一定能量状态)到另一稳态的过程。凡是能量改变就需要时间,日常生活中随时都能观察这种现象。过渡过程是必然的,这是自然规律,不能违抗。

例如图 4-1 中, K 未闭合, $u_c = 0$, $W_c = 0$; 若 K 闭合后 u_c 充电到 $U(=E)$ 。那么 $W_c = \frac{1}{2}CU_c^2 = \frac{1}{2}CU^2$, 则 $\Delta W = W_c - W'_c = \frac{1}{2}CU_c^2 (= W_c)$

$$\text{观察 } \frac{\Delta W}{\Delta t}, \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W_c}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W_c}{\Delta t} = \infty = P (\Delta W \text{ 此为定值})$$

然而,实际上在电容电流为有界的条件下提供无穷大的功率电源是不可能的,所以有过渡过程。

设电容电压 u_c 和电流 i 的参考方向一致,如图 4-1 所示,则 $i = C \frac{du_c}{dt}$, 这也就表明了电容的一个重要性质,若在任何时刻通过电容的电流只能为有限值,那么 $C \frac{du_c}{dt}$ 就一定为有限值,电容两端的电压一般不可能突变而只能是连续变化。所以:换路瞬间($t = 0$, K 开闭

瞬间)电容元件上的电压应当保持原值而不能有所跃变。类似可以分析, RL 串联电路在换路瞬间, 电感元件中的电流应当保持原值而不能跃变。

1. 直流一阶线性电路的过渡过程

经常遇到只包含一个动态元件的电路是用线性常系数一阶常微分方程来描述的, 称为一阶电路。我们从解它的微分方程可总结出“三要素法”, 去方便地求解分析电路。只要求得 $f(0_+)$ 、 $f(\infty)$ 和“ τ ”这三个“要素”, 就能直接定出电路的响应(电流或电压)。其表示式如下。

$$f(t) = f(\infty) + [f(0_+) - f(\infty)]e^{-t/\tau}$$

$f(t)$ ——电路中的电压或电流。

$f(0_+)$ ——电压或电流的初始值。(0₊——表示换路后的初始瞬间)

$f(\infty)$ ——电压或电流的稳态值。

τ ——表示电路的时间常数, 对于图 4-1 RC 电路, $\tau = RC$, R 为从动态元件 C 两端看进去的戴维南或诺顿等效电阻。

例: 图 4-1 电路, 求 K 闭合后, $u_C(t)$

当 $t = 0$ 时, $u(0_+) = u(0_-) = 0$

$t = \infty$ 时, $u_C(\infty) = E$

所以 $u_C(t) = E + (0 - E)e^{-t/RC} = E(1 - e^{-t/RC})$

同样可得出:

$$u_R(t) = Ee^{-t/RC}$$

$$i(t) = \frac{E}{R}e^{-t/RC}$$

当 C 充电到稳态值 E , K 打开, a, b 两点短接时(放电), u_C 的变化规律用“三要素法”求解, 容易得到:

$$u_R(t) = Ee^{-t/RC}$$

可见图 4-1 电路从初始值增长到稳态值的 63.2% 所需时间 $t = \tau$ 。对电容器放电而言, 放电使电压衰减到初始值的 36.8% 所需时间也是 $t = \tau$ 。

一阶电路实验采用 RC 串联电路, 我们通常采取两种方法进行:

一是把时间常数设计得较大, 逐点测出电路在换路后各给定电压值及其对应的时间, 然后绘出响应曲线。为此, 我们用一个大的非电解电容器, 选择的 R 为数字直流电压表的输入电阻 R_{in} , 那么随着充电或放电的进行, 可直接从数字表上观察到某时刻 u_R 值, 从而也可知 u_C 的即时值, 具体电路见实验电路图 4-2。

二是采用方波激励, 在电路的时间常数远小于方波周期时, 示波器显示响应的多次重复过程, 记录响应曲线。电路的时间常数 τ 在响应曲线上求解可采用以下几种方法:

(1) 在指数曲线的次切距求得;

(2) 指数曲线上任意两点 $P(u_{C1}, t_1)$ 与 $Q(u_{C2}, t_2)$, 利用关系式 $\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{U_{C1}}{U_{C2}}}$;

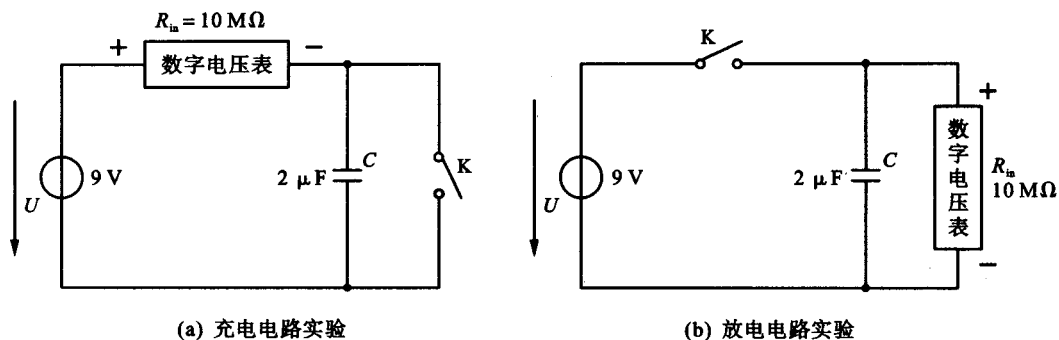


图 4-2

(3) 可由响应波形中估算出来,对于充电状态, $u_C(t)$ 上升到终值 63.2% 所对应的时间,即为“ τ ”,对于放电状态, $u_C(t)$ 下降到初始值的 36.8%,所对应的时间即为“ τ ”。

2. 二阶 RLC 串联电路的过渡过程

根据电路参数 R 、 L 、 C 之间的值,电路响应会出现三种情况:

(1) $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,响应是非振荡的,称为过阻尼情况。

(2) $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,响应为临界振荡,称为临界阻尼情况。

(3) $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,响应为衰减振荡,称为欠阻尼情况。

为了观察上述情况下的响应 $[u_C(t)$ 和 $i_C(t)]$ 的过程,本实验采用方波作为激励源。对于欠阻尼情况,衰减振荡的角度 ω_d 和衰减系数 δ ,可以从响应的波形中测量出来。在示波器显示的曲线上,若第一个正峰点出现的时刻为 t_1 ,第二个正峰点出现的时刻为 t_2 ,则振荡周期 $T = t_2 - t_1$,若第一个正峰值为 I_{1m} ,第二个正峰值为 I_{2m} ,由于 $I_{1m} = Ae^{-\delta t_1}$, $I_{2m} = Ae^{-\delta t_2}$,故 $\delta = \frac{1}{t_1 - t_2} \ln \frac{I_{1m}}{I_{2m}}$ 。

实 验 器 材

1. 可调直流稳压电源(0—30 V)	1 台
2. 数字直流电压表	1 台
3. 函数信号发生器	1 台
4. 双通道示波器	1 台
5. 电容箱	1 只
6. 电阻箱	1 只
7. 电感线圈	1 只
8. 单刀单投开关	1 只
9. 计时秒表	1 只

实 验 内 容

1. RC 串联一阶电路逐点测量法

(1) 确定数字直流电压表档的输入电阻 R ，一般为 $10\text{ M}\Omega$ ，要利用制造厂的说明书查找或用欧姆表测量，定出准确值。

(2) 充电实验，接好图 4-2(a) 电路，电压 $U = 9\text{ V}$ ，打开开关，按照表 4-1 的测量要求测量各值，记入表中。

把 $C = 2\text{ }\mu\text{F}$ 换为 $1\text{ }\mu\text{F}$ ，测定充电时间常数。

(3) 放电实验，接好图 4-2(b) 电路，数字表指示 9 V ，打开开关 K ，按表 4-2 测量要求，测量各值，记入表中。

把 $C = 2\text{ }\mu\text{F}$ 换为 $1\text{ }\mu\text{F}$ ，测定充电时间常数。

表 4-1(充电)

测 量	$u_R(\text{V})$	7	6	5	4	3	2
	$u_C(\text{V})$	2	3	4	5	6	7
	$t_1(\text{s})$						
	$t_2(\text{s})$						
	$t_3(\text{s})$						
计 算	$t_{\text{pj}}(\text{s})$						
	$t(\text{s})$						
测 量	$\tau(\text{s})$	$\tau_{2\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad); \tau_{1\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad)$					
计 算	$\tau(\text{s})$	$\tau_{2\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad); \tau_{1\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad)$					

注： t_1 、 t_2 、 t_3 分别为第一次，第二次，第三次测得的时间。

t_{pj} 为三次所测 t 的平均时间， t 为理论计算时间。

表 4-2(放电)

测 量	$u_R(\text{V})$	7	6	5	4	3	2
	$u_C(\text{V})$						
	$t_1(\text{s})$						
	$t_2(\text{s})$						
	$t_3(\text{s})$						
计 算	$t_{\text{pj}}(\text{s})$						
	$t(\text{s})$						
测 量	$\tau(\text{s})$	$\tau_{2\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad); \tau_{1\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad)$					
计 算	$\tau(\text{s})$	$\tau_{2\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad); \tau_{1\text{ }\mu\text{F}} = \quad, (u_C = \quad)$					

2. RC 串联一阶电路响应示波器记录法

(1) 按图 4-3(a) 电路接线，信号源为方波电压(由函数信号发生器提供)，其波形如图 4-3(b) 所示， $f = 50\text{ Hz}$ ，幅值为 3 V 。

(2) 取 $R = 2\text{ k}\Omega$ ， $C = 1\text{ }\mu\text{F}$ ，用示波器观察 $i(t)$ (从电阻两端取样)及 $u_C(t)$ 的波形，要求在原始记录纸上作出 $i(t)$ 的波形素描，在方格纸上记录 $u_C(t)$ 的波形，并按 $u_C(t)$ 的波形求出