

电路基础实验指导书

江南大学信控学院中心实验室

信控系 自动化 张为芳

电路基础实验指导书

实验一：线性网络定理	6
实验二：一阶电路的响应	9
实验三：二阶电路的响应	15
实验四：容抗及感抗的频率特性	20
实验五：功率因数提高	23
实验六：相移电路的研究	26
实验七：串联谐振电路	29
实验八：并联谐振电路的研究	33
实验九：三相电路及三相功率	37
实验十：具有互感的耦合电路	42
实验十一：二端口网络的参数测定	49
实验十二：二端口网络的频率特性	50
实验十三：网络特性的示波测量法	55
实验十四：网络参数特性	58
实验十五：网络研究	63
实验十六：网络参数	66

江南大学图书馆



91390893

江南大学信控学院中心实验室

实验一 电阻元件及电源的伏安特性

目 录

实验一:元件及电源的伏安特性	1
实验二:线性网络定理	6
实验三:一阶电路的响应	9
实验四:二阶电路的响应	15
实验五:容抗及感抗的频率特性	20
实验六:功率因数提高	23
实验七:相移电路的研究	26
实验八:串联谐振电路	29
实验九:并联谐振的研究	33
实验十:三相电路及三相功率的测量	37
实验十一:具有互感的藕合电路	42
实验十二:二端口网络的参数测定	46
实验十三:二端口网络的频率特性	50
实验十四:元件特性的示波测量法	55
实验十五:受控源特性	59
实验十六:铁芯线圈研究	63
实验十七:综合性实验	66

电压源 E 内阻为零时称为理想电压源,其外特性是电源两端输出电压始终保持为恒定值,

与负载电阻无关。提供恒定电压值取决于负载的大小。实验室使用的直流稳压电源可近似

认为理想电压源

实际电压源是具有一定内阻的,电源两端输出电压随负载电流的变化而变化,负载端电压

与电源电动势 E 的关系式为

$$U = E - IR$$

图1-2(A)(B)分别表示理想电压源及实际电压源的外特性。

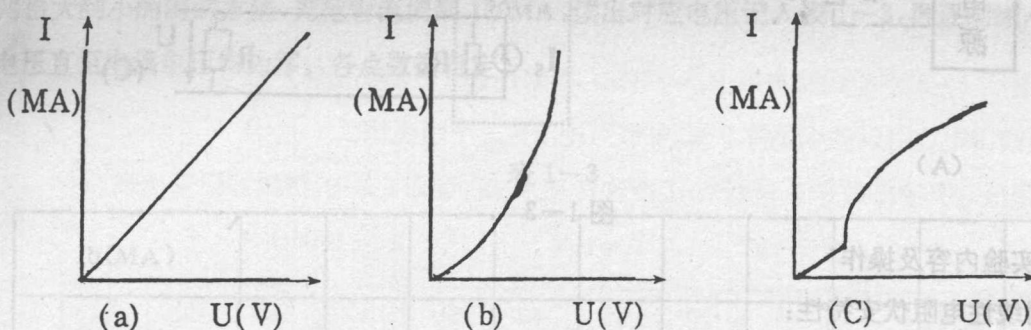
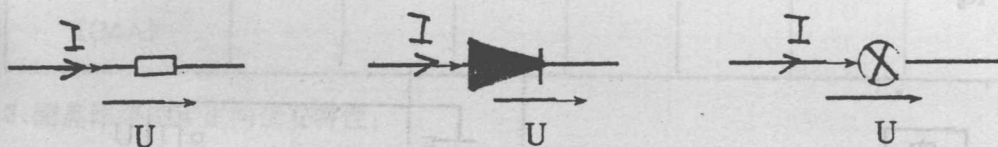
实验一 电阻元件及电源的伏安特性

一、实验目的

- 1、测定线性电阻和非线性电阻元件的伏安特性；
- 2、通过测试加深对电压源、电流源特性的了解；
- 3、进一步熟练使用电流表、万用表等仪表器材。

二、实验原理和线路

1、伏安特性曲线是电压与电流之间相应的关系曲线。对线性电阻元件，测得的伏安特性是一条具有一定斜率的直线。如图 1-1(a) 所示，但也有一些元件(如半导体二极管白炽灯泡等)测得的伏安特性是非线性的。如图 1-1(b)(c) 所示。这类元件称为非线性元件。



2、电压源

当电压源内阻为零时称为理想电压源。其外特性是电源两端输出电压始终保持为恒定值，与外接负载无关。提供给负载的电流取决于负载的大小。实验室使用的直流稳压电源可近似认为理想电压源。

实际电压源是具有一定内阻的，电源两端输出电压随负载电流的变化而变化。负载端电压与电源电动势的关系式为

$$U = E_s - IR_s$$

图 1-2(A)(B) 分别表示理想电压源及实际电压源的外特性：

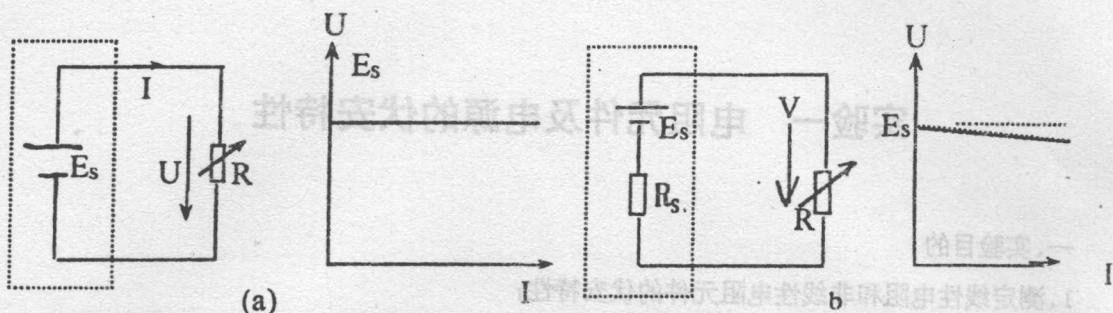


图 1-2

3、电源能始终提供一个恒值电流可以称其为理想电流源或称为恒流源。恒流的电压由外接负载决定。

对一个实际电源既可视为由理想电压源与电阻 R_s 串联的电压源也可看成一个具有内阻与恒流源并联组成的电流源。电压源与电流源两者互换的关系式为：

$$I_s = \frac{E_s}{R_s} \quad E_s = I_s \cdot R_s \quad \text{而 } R_s \text{ 是不变的}$$

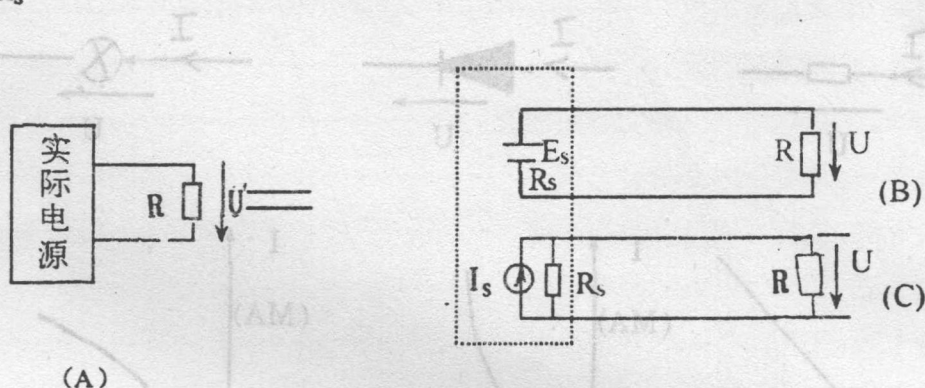


图 1-3

三、实验内容及操作

1、测线性电阻伏安特性：

实验线路如图 1-4 所示，把电压表、电流表接好，接通电源，调节输出电压按表 1-1 所列测电压电流值。

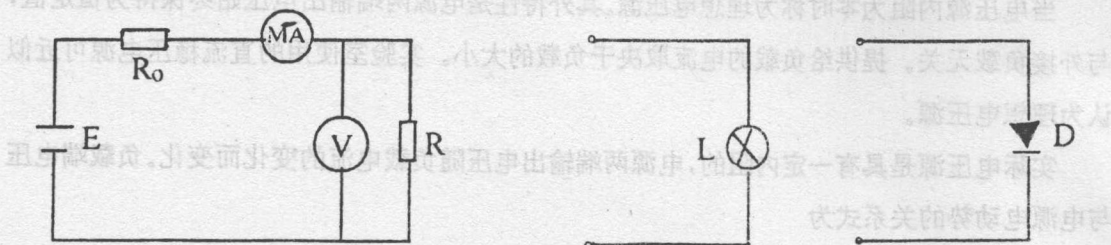


图 1-4

测出 $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 表 1-1

U(V)	0	2	4	6	8	10
I(MA)						

2、测白炽灯的伏安特性：

将电源加在白炽灯 L 两端，按表 1-2 所示，调节电压并记录电流值于表 1-2 内。

表 1-2

U(V)	0	0.55	1	1.5	2	4	6
I(MA)							

3、测晶体两极管正向伏安特性：

将电源加在二极管 D 两端，所用管的型号为 2CP，电流额定值约 120MA，为保护管子，采用由大到小的测试方法，先把管流调到 120MA，读出对应电压记入表 1-3，再逐渐减小电流、电压直至电流电压均为零。各点数据自定。

表 1-3

Ib(MA)									
Ug(V)									

4、测定电压源的外特性

(1)按图 1-5 接好电路并将 R_s 短接。

(2)稳压电源输出至 10 伏，改变负载 R_L 数值(见表格 1-4)读取 I 及 U 数据并记入表 1-

4。

(3)接入 $R_s = 20\Omega$ ，重复上述步骤，并记入表 1-4。

表 1-4 $E = 10V$

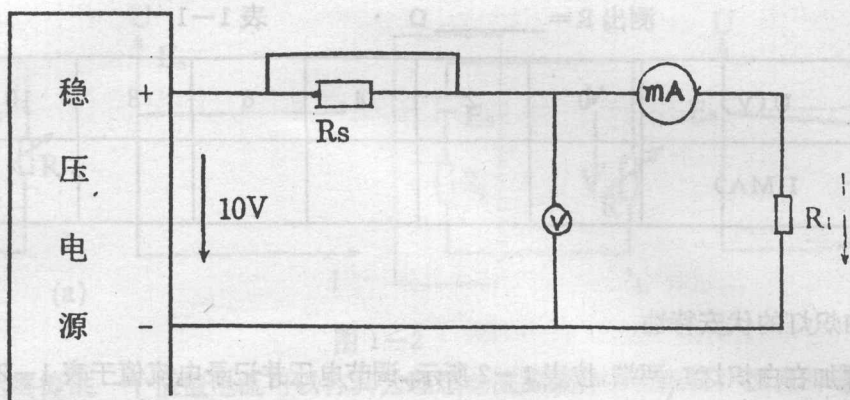


图 1-5

$R_L(\Omega)$		300	250	220	200	180	160	140	100	80
$R_s=0(\Omega)$	$I(\text{mA})$									
	$U(\text{V})$									
$R_s=20(\Omega)$	$I(\text{mA})$									
	$U(\text{V})$									

5、测定电流源之外特性

在图示 1-5 实验线路中取 $R_s=1000\Omega$ ，如果按表 1-5 改变确定值 R_L 由于 $R_s \gg R_L$ ，这样，电源输出电流可以基本保持不变，电源可近似为一个恒流源。

现稳压电源输出仍取 $E_s=10\text{V}$ ，逐步改变 R_L 数值，读取 I 及 U 数据并记录于表 1-5

表 1-5

$E=10\text{V}$

$R_s=1000\Omega$

$R_L(\Omega)$	0	20	30	40	50	60	70	80	90
$I(\text{mA})$									
$U(\text{V})$									

四、实验报告

- 1、开列本实验所用的仪表和器材设备。
- 2、根据表 1-1、1-2、1-3 的测量数据，分别在座标纸上作出元件的伏安特性线。

五、注意事项

- 1、电流表应串接在支路中测量，并注意正负端接法，切勿跨在电路两端，以免短路损坏仪

表。
情况下的输入电阻。见图 1-2 所示。

2、电压表应跨在被测电路两端，并注意正负端接法。

3、用万用表测量时，应根据被测对象正确选择档位和量程。

4、万用表测电阻时，转换开关应放在欧姆档，测量前将红黑两电棒相短接，转动调零电位器使指针到零欧后再行测试。

5、元件在接通电源情况下，不可用万表欧姆档去测元件的阻值。

6、直流稳压电源通电后，输出两端不能直接相碰短路，以免烧保险。

图 1-2

三、实验内容

1. 验证戴维南定理
根据图 2-1(a) 所示电路，用万用表测量开路电压 U_0 和等效电阻 R_0 ，并计算等效电源的电动势 E_0 和内阻 r_0 。图 2-1(a) 中， E_1 为直流稳压电源， R_1 、 R_2 、 R_3 为电阻， U_0 为开路电压， R_0 为等效电阻。
(2) 让 E_1 单独作用，如图 2-1(b) 所示，测量 U_1 、 U_2 、 U_3 和 I_1 、 I_2 、 I_3 。
(3) 让 E_2 单独作用，如图 2-1(c) 所示，测量 U_1 、 U_2 、 U_3 和 I_1 、 I_2 、 I_3 。
把上述测量数据全部填入表 2-1。

$$U_1 + U_2 = U_3$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$U_3 = U_1 + U_2$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

表 2-1

(同类关系可用类似两图由其它)

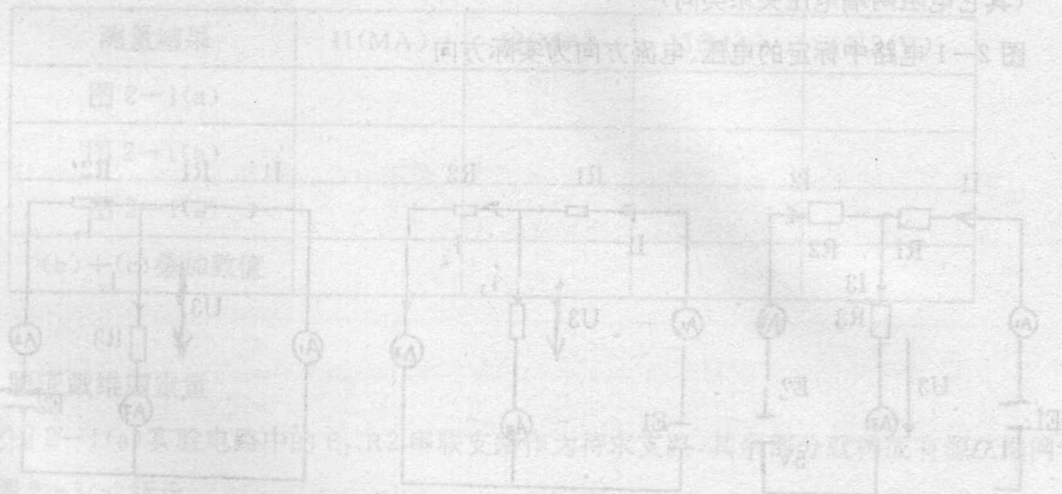


图 2-1

(1) 除去 E_2 ，短接 E_2 ，测量 U_1 、 U_2 和 I_1 、 I_2 。

(2) 测量等效电源的内阻 R_0 。

方法一：把图 2-1(a) 网络中的 E_1 除去，用短接代替电路后用欧姆表测出 R_0 。
方法二：把图 2-1(a) 网络中的 E_1 除去，用短接代替电路后用电压表测出 U_1 、 U_2 和 I_1 、 I_2 ，并计算 R_0 。
方法三：把图 2-1(a) 网络中的 E_1 除去，用短接代替电路后用电压表测出 U_1 、 U_2 和 I_1 、 I_2 ，并计算 R_0 。

实验二 线性网络定理

一、实验目的

1. 验证迭加原理。
2. 学习测定有源二端网络的等效电势与等效内阻的方法。
3. 验证戴维南定理。

二、实验原理说明

1. 迭加原理：

在线性电路中,当几个独立电源共同作用时,在电路的各部分所产生的电流或电压,等于这些电源分别作用该电路时,在各部分产生的电流或电压的代数和,如图 2-1(A) 电路,可以视为图 2-1(B) 与图 2-1(C) 二个电路的迭加。

各支路的电流或电压关系为:

$$I_1 = I_1' + I_1''$$

$$I_2 = I_2' + I_2''$$

$$I_3 = I_3' + I_3''$$

$$U_3 = U_3' + U_3''$$

(其它电阻两端电压关系类同)

图 2-1 电路中标定的电压、电流方向为实际方向

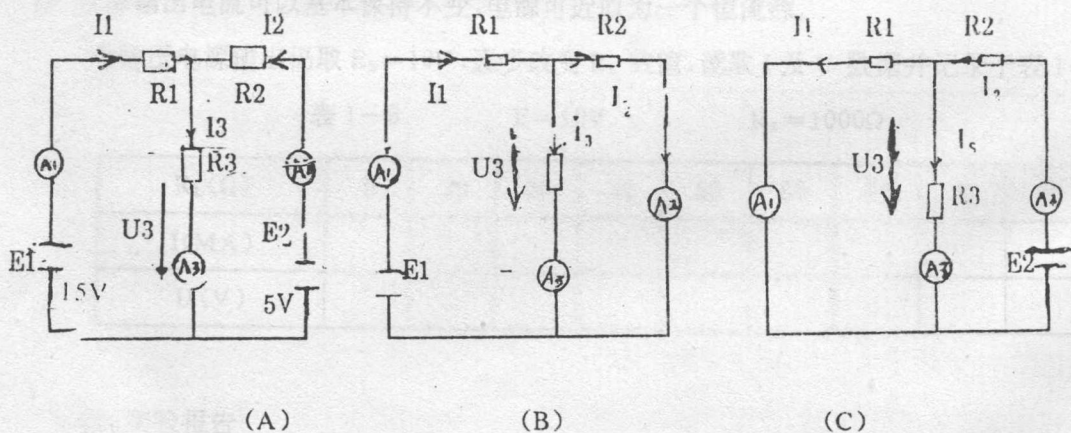


图 2-1

2. 戴维南定理

在线性电路中,任何一个有源二端网络都可以等看作是一个电源电动势 E_0 与电阻 R_0 串联的含源支路,其等效电动势 E_0 ,等于网络输出端开路时的电压 U_{abk} ,等效电阻 R_0 为网络除

源情况下的入端电阻。见图 2-2 所示。

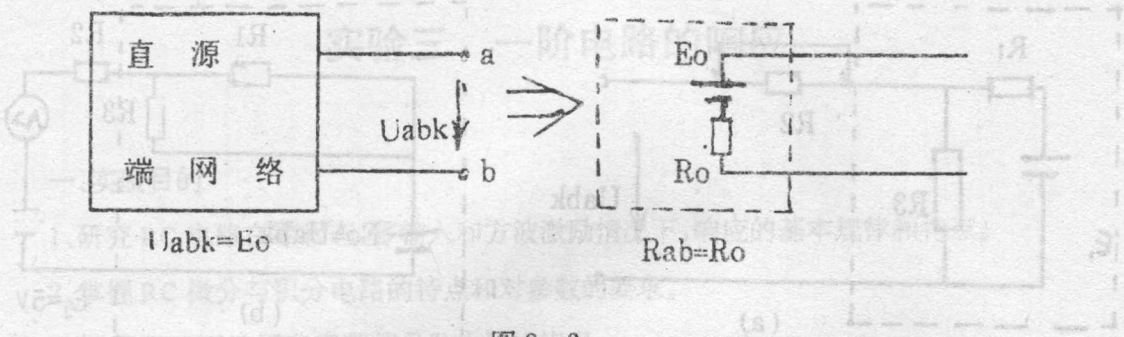


图 2-2

三、实验内容及操作

1、验证迭加原理

- (1)按图 2-1(a)接好线路,测电流 I_1 、 I_2 、 I_3 及电压 U_3 ;
 - (2)让 E_1 单独作用,如图 2-1(B)所示,除去 E_2 ,且接好线路,测出 I_1' 、 I_2' 、 I_3' 、 U_3' 。
 - (3)让 E_2 单独作用,如图 2-1(C)所示,除去 E_1 ,且接好线路,测出 I_1'' 、 I_2'' 、 I_3'' 、 U_3'' 。
- 把上述测量数据全部填入表 2-1。

表 2-1

测量结果	$I_1(\text{MA})$	$I_2(\text{MA})$	$I_3(\text{MA})$	$U_3(\text{V})$
图 2-1(a)				
图 2-1(b)				
图 2-1(c)				
(b)+(c)叠加数值				

2、验证戴维南定量

把图 2-1(a)实验电路中的 E_2 、 R_2 串联支路作为待求支路,其余部分就构成有源二端网络,如图 2-3(a)所示。

- (1)除去 E_2 、短接 R_2 、测量 a、b 端开路电压 $U_{abk} = E_o$ 。
- (2)测量等效电源的内阻 $R_{ab} = R_o$ 。

方法一:把图 2-3(a)网络中的 E_1 除去,用短线连好电路后用欧姆表测出 R_{ab} 。

方法二:把图 2-3(a)所示网络输出端 a、b 接一电流表,并读出短路电流 I_d ,计算。

$R_o = \frac{E_o}{I_d}$ 求得 R_o 。

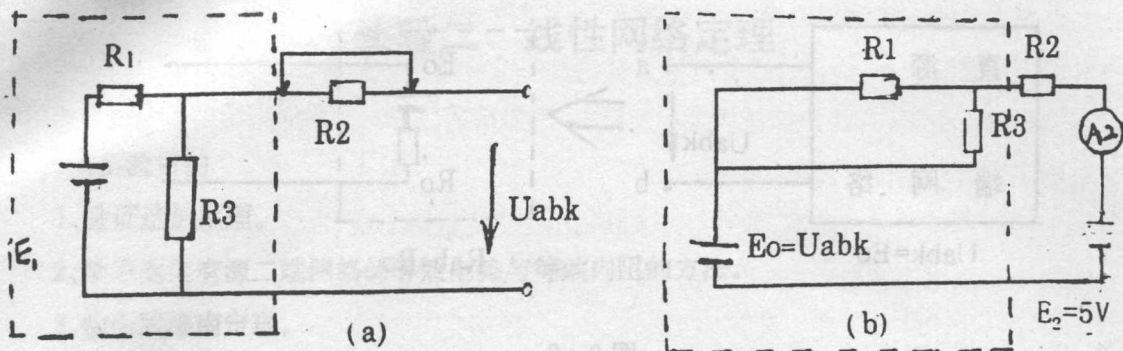


图 2-3

方法三:在图 2-3(a)所示的输出端 a、b 接一可变电阻箱电压表,见图 2-4 所示。调节电阻箱阻值,可以使电压表读数, $U = 1/2E_0$,这时, $R = R_0$ 可以读出。

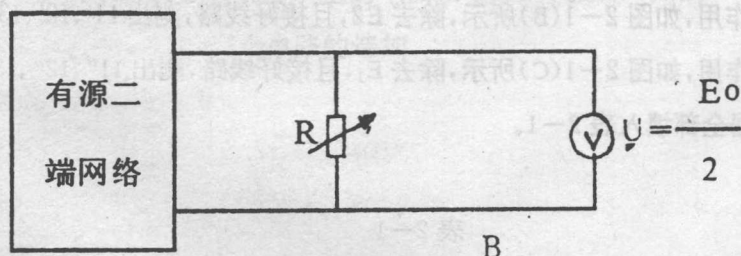


图 2-4

(3)由测定的 $E_0 = U_{abk}$ 值及 $E_2 = 5V$ 作为双路稳压电源的输出,接成图 2-3(b)所示电路后,读出 I_2 值,(此 I_2 是用戴维宁定理测定的)记录于表 2-2。

表 2-2

$E_0 = U_{abk} (V)$	$R_0/R_{ab} (\Omega)$			$I_2 (mA)$	
	方法一	方法二	方法三	用戴维宁法测定	用迭加法测定

四、实验报告

1、对验证结果作结论。

2、只有电压表而没有电流表测量电源二端网络输出电流的情况下,如何确定该电源二端网络的等效内阻?

实验三 一阶电路的响应

一、实验目的

- 1、研究 RC 电路在零状态,零输入和方波激励情况下,响应的基本规律和特点。
- 2、掌握 RC 微分与积分电路的特点和对参数的要求。
- 3、学习 SR8 示波器和函数信号发生器的使用。

二、实验原理说明

1、含有 L、C 储能元件(动态元件)的电路,其响应可以由微分方程求解。凡是可用一阶微分方程描述的电路,称为一阶电路。一阶电路通常由一个储能元件和若干个电阻元件组成。

2、所有储能元件初始值为零的电路对激励的响应称为零状态响应。图 3-1 所示电路当 $t=0$ 时, K 由位置 2 转到位置 1, 直流电源经 R 向 C 充电, 由方程:

$$U_c + RC \frac{dU_c}{dt} = U_s \quad t \geq 0$$

$$\text{初始值 } U_c(0) = 0$$

可以得出电容的电压和电流随时间变化的规律。

$$U_c(t) = U_s(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad t \geq 0$$

$$i_c(t) = \frac{U_s}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad t \geq 0$$

其中 $\tau = RC$, 称为时间常数。它是反映电路过渡过程快慢的物理量。 τ 越大, 过渡过程时间越长, 反之时间越短。

电压电流变化曲线见图 3-2 所示。

3、电路在无激励情况下, 由储能元件的初始状态引起的响应称为零输入响应。图 3-1 中, 当开关 K 置于 1。 $U_c(0) = U_0$ 时, 再将 K 转到位置 2, 电容器的初始电压 $U_c(0)$ 经 R 放电。由方程:

$$U_c + RC \frac{dU_c}{dt} = 0 \quad t \geq 0$$

$$U_c(0) = U_0$$

可以得出电容器上的电压和电流随时间变化的规律:

$$U_c(t) = U_c(0)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad t \geq 0$$

$$i_c(t) = \frac{U_c(0)}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad t \geq 0$$

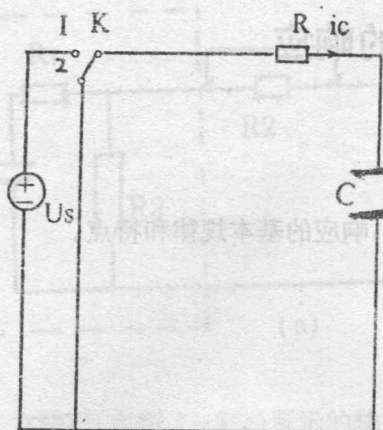


图 3-1

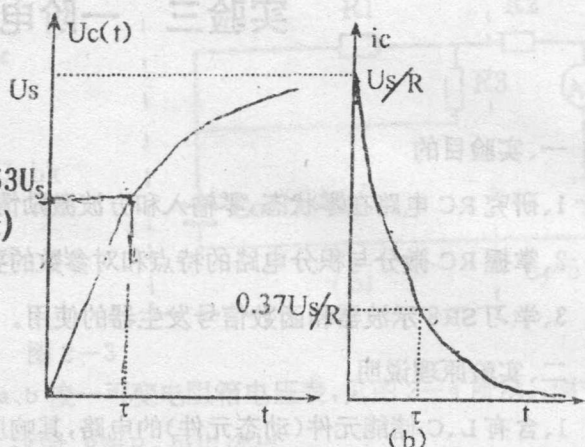


图 3-2

4、微分电路和积分电路是电容器充电放电现象的一种应用。如图 3-3 所示。

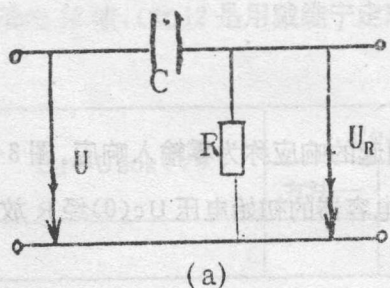
微分电路中图 3-3(a)所示,当时间常数很小时,输出电压 U_R 正比于输入电压 U 的微分。

$$\text{即: } U_R = i_R R = R \cdot C \frac{dU_C}{dt}$$

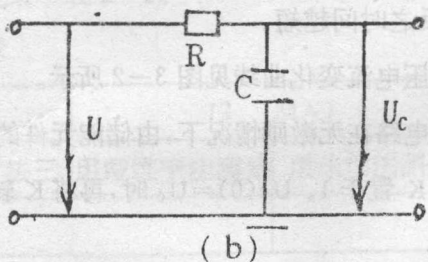
若激励信号为矩形波时,微分电路参数应满足 $\tau \ll t_K$, 输出电压波形如图 3-4(a)所示,为尖顶脉冲波。

积分电路中图 3-3(b)所示,当时间常数很大时,输出电压 U_C 正比于输入电压 U 的积分,即:

$$U_C = \frac{1}{C} \int i_C dt = \frac{1}{RC} \int U_R dt$$



(a)



(b)

图 3-3

若激励信号为矩形波时,积分电路参数应满足 $\tau \gg t_K$, 输出电压波形如图 3-4(b)所示,为三角形波。

三、实验内容及操作

1、RC 电路充电过程的测试

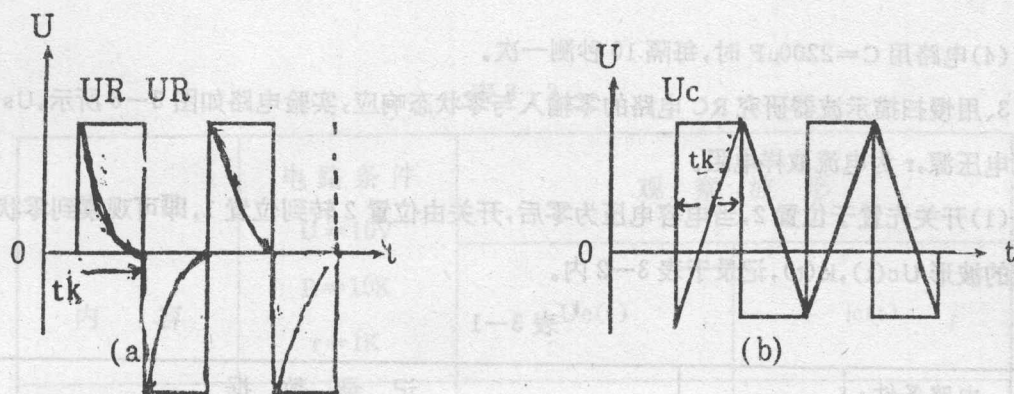


图 3-4

按图 7-5 所示电路进行, $U_s = 10V$ (直流稳压电源输出)

电路元件参数 $R = 10K\Omega$ $C = 1000\mu F$ 及 $2200\mu F$ 。

(1) 接好电压表, 将开关 K 放到位置 1, 测 $U_c - t$ 曲线, 要求每隔 5 秒测一值, 直至 $t = 5\tau$ 为止, 把 U_c 值记录于表 3-1。

(2) 接好电流表, (先把电容 $C = 1000\mu F$ 短接一下) 再重新充电, 测 $i_c - t$ 曲线, 并作记录。

2. RC 电路放电时的测试

先将电容器充至接近 10 伏, 再将开关放至 2 位置, 测放电曲线 $U_c - t$ 及 $i_c - t$, 记录于表格内:

注意: (1) 在计时开始时, 应使电容两端的电压为零 (充电时) 或接近 10 伏 (放电时)

(2) 接入电压表后, 对实验电路参数有一些影响。

(3) 放电电流与充电电流方向相反, 故放电时电流表正负端要调换。

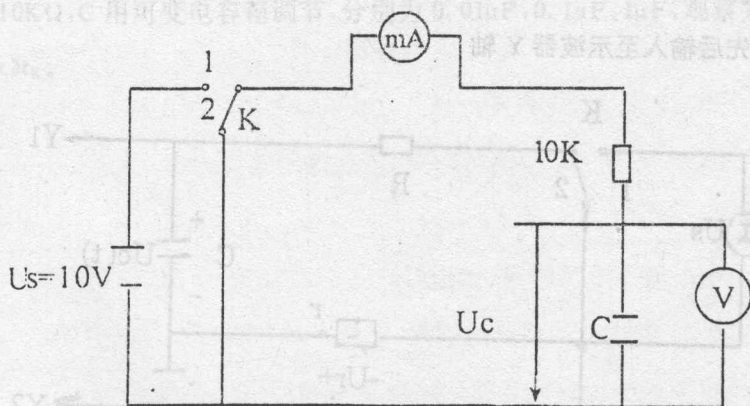


图 3-5

(4)电路用 $C=2200\mu\text{F}$ 时,每隔 10 秒测一次。

3、用慢扫描示波器研究 RC 电路的零输入与零状态响应,实验电路如图 3-6 所示, U_s 为直流电压源, r 为电流取样电阻。

(1)开关先置于位置 2,当电容电压为零后,开关由位置 2 转到位置 1,即可观察到零状态响应的波形 $U_c(t)$, $i_c(t)$,记录于表 3-2 内。

表 3-1

内 容	电路条件 $R=10\text{K}$	被 测 量	记 录 数 据											
			U_c-t 或 i_c-t											
充 电	$C=1000\mu\text{F}$	秒	0	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120
		$U_c(\text{伏})$												
放 电	$C=1000\mu\text{F}$	秒												
		$U_c(\text{伏})$												
充 电	$C=1000\mu\text{F}$	秒												
		$i_c(\text{mA})$												
放 电	$C=1000\mu\text{F}$	秒												
		$i_c(\text{mA})$												
充 电	$C=2200\mu\text{F}$	秒	0	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200	250
		$U_c(\text{伏})$												

(2)开关由位置 1 转向位置 2, (U_c 已达到稳态值)观察零输入响应的波形 $U_c(t)$ 及 $i_c(t)$ 记录于表 3-2。

Y1 及 Y2 先后输入至示波器 Y 轴

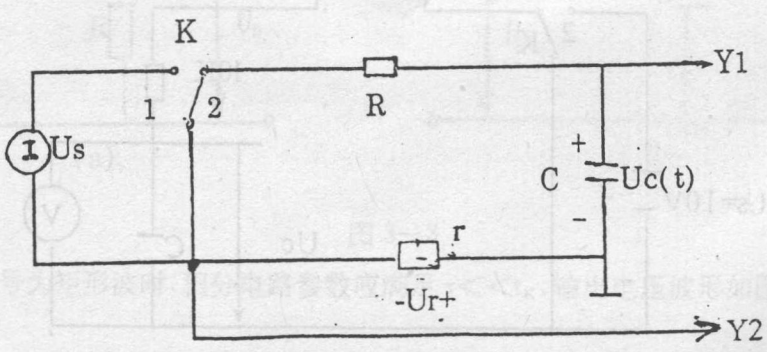


图 3-6

表 3-2

项 目 内 容	电 路 条 件 $U=10V$ $R=10K$ $r=1K$	观 察 波 形	
		$U_c(t)$	$i_c(t)$
零 状 态	$C=100\mu F$		
零 输 入	$C=100\mu F$		
零 状 态	$C=50\mu F$		
零 输 入	$C=50\mu F$		

4、观察 RC 微分电路波形

按图 3-3(a)连接,输入方波 $f=500\text{Hz}$, $t_K=1\text{ms}$ 。输出端接至 SR8 型示波器的“Y”轴输入”。 $C=0.1\mu F$, R 用可变电阻箱调节,分别使 τ 为 $0.1\text{ms}(1K\Omega)$ 、 $0.05\text{ms}(500\Omega)$ 、观察并记录 U_R 输出波形,是否满足 $t_K \gg \tau$ 。

5、观测 RC 积分电路波形

按图 3-3(b)连接,输入方波 $f=500\text{Hz}$, $t_K=1\text{ms}$,从电容两端输出至示波器。

R 固定为 $10K\Omega$, C 用可变电容箱调节,分别为 $0.01\mu F$ 、 $0.1\mu F$ 、 $1\mu F$,观察并记录 U_c 输出波形是否满足 $\tau \gg t_K$ 。

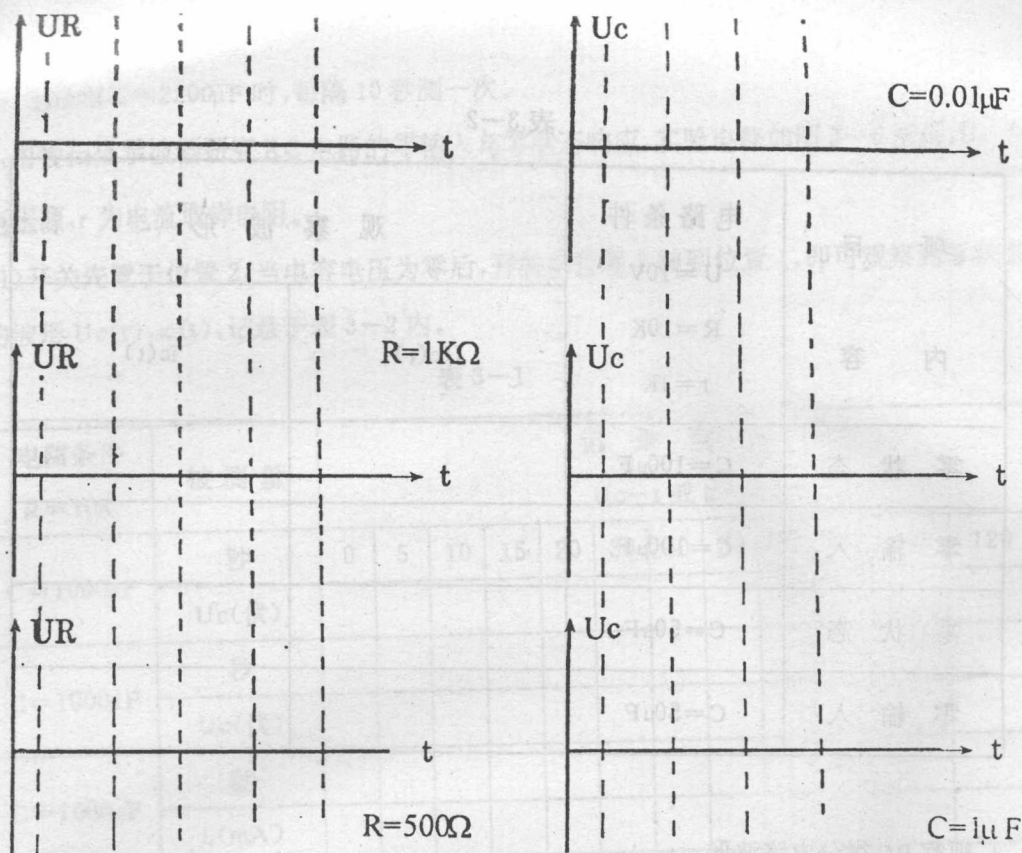


表 3-3

四、实验仪器设备

- 1、示波器 SR8 一台
- 2、直流稳压电源一台
- 3、万用表一只
- 4、直流毫安表一只
- 5、计时秒表一只
- 6、函数信号发生器一台
- 7、电阻箱一只
- 8、电容箱一只
- 9、电容器 $1000\mu F$ 及 $2200\mu F$ 各一只
- 10、 $100\mu F$ 、 $50\mu F$ 及 $1K/W$ 电阻各一只，慢扫描示波器一台。

五、实验报告

- 1、由测试的 RC 暂态电路数据，作出 U_C-t 曲线及 i_C-t 曲线。
- 2、计算电路的时间常数 τ ，由测试结果，说明 τ 对充放电过程的影响。
- 3、将微分电路及积分电路所观察的输出信号波形记录于表 3-2。
- 4、计算微分电路及积分电路各种情况下的时间常数，并分析 τ 值是否满足微分电路及积分电路的条件？