

电路实验指导书

电工电子实验教学中心

2018年8月

实验一 受控源 VCCS、CCVS 的实验研究

一、实验目的

通过测试受控源的外特性及其转移参数，进一步理解受控源的物理概念，加深对受控源的认识和理解。

二、原理说明

1. 电源有独立电源（如电池、发电机等）与非独立电源（或称为受控源）之分。

受控源与独立电源的不同点是：独立电源的电势 E_s 或电激流 I_s 是某一固定的数值或是时间的某一函数，它不随电路其余部分的状态而变。而受控源的电势或电激流则是随电路中另一支路的电压或电流而变的一种电源。

受控源又与无源元件不同，无源元件两端的电压和它自身的电流有一定的函数关系，而受控源的输出电压或电流则和另一支路（或元件）的电流或电压有某种函数关系。

2. 独立源与无源元件是二端器件，受控源则是四端器件，或称为双口元件。它有一对输入端（ U_1 、 I_1 ）和一对输出端（ U_2 、 I_2 ）。输入端可以控制输出端电压或电流的大小。施加于输入端的控制量可以是电压或电流，因而有两种受控电压源（即电压控制电压源 VCVS 和电流控制电压源 CCVS）和两种受控电流源（即电压控制电流源 VCCS 和电流控制电流源 CCCS）。它们的示意图见图 1-1。

3. 当受控源的输出电压（或电流）与控制支路的电压（或电流）成正比变化时，则称该受控源是线性的。

理想受控源的控制支路中只有一个独立变量（电压或电流），另一个独立变量等于零，即从输入口看，理想受控源或者是短路（即输入电阻 $R_1=0$ ，因而 $U_1=0$ ）或者是开路（即输入电导 $G_1=0$ ，因而输入电流 $I_1=0$ ）；从输出口看，理想受控源或是一个理想电压源或者是一个理想电流源。

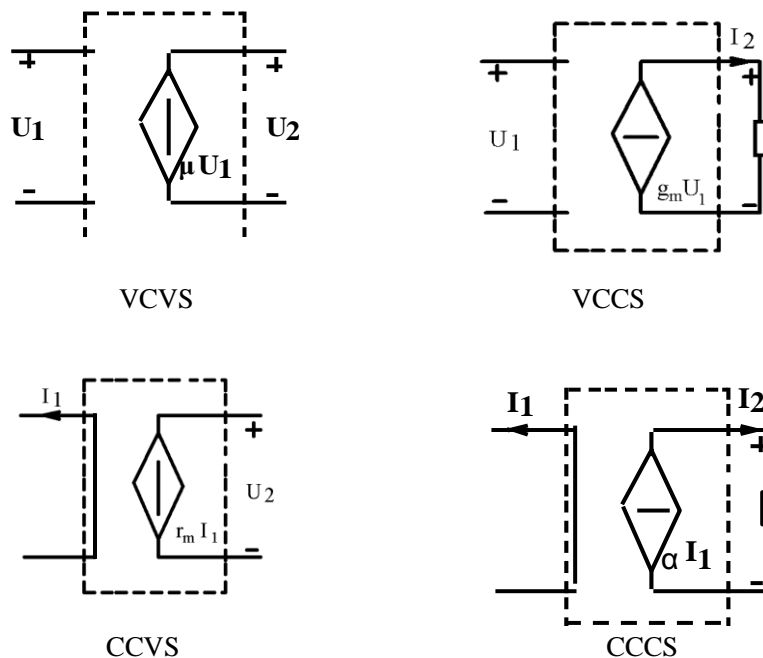


图 1-1

4. 受控源的控制端与受控端的关系式称为转移函数。

四种受控源的转移函数参量的定义如下：

(1) 压控电压源(VCVS): $U_2=f(U_1)$, $\mu =U_2/U_1$ 称为转移电压比 (或电压增益)。

(2) 压控电流源(VCCS): $I_2=f(U_1)$, $g_m=I_2/U_1$ 称为转移电导。

(3) 流控电压源(CCVS): $U_2=f(I_1)$, $r_m=U_2/I_1$ 称为转移电阻。

(4) 流控电流源(CCCS): $I_2=f(I_1)$, $\alpha =I_2/I_1$ 称为转移电流比 (或电流增益)。

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压源	0~30V	1	
2	可调恒流源	0~500mA	1	
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	直流数字毫安表	0~200mA	1	
5	可变电阻箱	0~99999.9 Ω	1	DGJ-05
6	受控源实验电路板		1	DGJ-08

四、实验内容

1. 测量受控源 VCCS 的转移特性 $I_L=f(U_1)$ 及负载特性 $I_L=f(U_2)$, 实验线路如图 1-2。

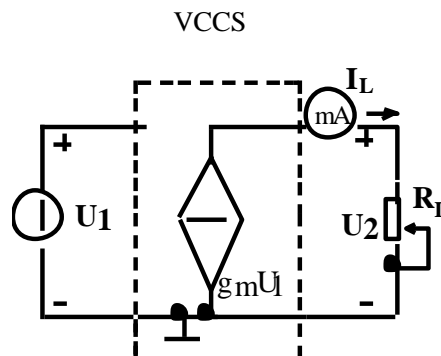


图 1-2

(1) 固定 $R_L=2K\Omega$, 调节稳压电源的输出电压 U_1 , 测出相应的 I_L 值, 绘制 $I_L=f(U_1)$ 曲线, 并由其线性部分求出转移电导 g_m 。

U_1 (V)	0.1	0.5	1.0	2.0	3.0	3.5	3.7	4.0	g_m
I_L (mA)									

(2) 保持 $U_1=2V$, 令 R_L 从大到小变化, 测出相应的 I_L 及 U_2 , 绘制 $I_L=f(U_2)$ 曲线。

R_L (K Ω)	5	4	2	1	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
I_L (mA)										
U_2 (v)										

2. 测量受控源 CCVS 的转移特性 $U_2=f(I_1)$ 与负载特性 $U_2=f(I_L)$, 实验线路如图 1-3。

CCVS

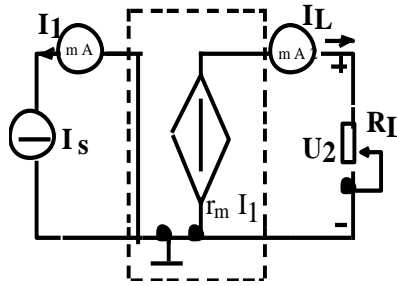


图 1-3

(1) 固定 $R_L=2K\Omega$ ，调节恒流源的输出电流 I_s ，按下表所列 I_s 值，测出 U_2 ，绘制 $U_2=f(I_1)$ 曲线，并由其线性部分求出转移电阻 r_m 。

I_1 (mA)	0.1	1.0	3.0	5.0	7.0	8.0	9.0	9.5	r_m
U_2 (v)									

(2) 保持 $I_s=2mA$ ，按下表所列 R_L 值，测出 U_2 及 I_L ，绘制负载特性曲线 $U_2=f(I_L)$ 。

R_L (K Ω)	0.5	1	2	4	6	8	10
U_2 (v)							
I_L (mA)							

五、实验注意事项

1. 每次组装线路，必须事先断开供电电源，但不必关闭电源总开关。
2. 用恒流源供电的实验中，不要使恒流源的负载开路。

六、实验报告

1. 根据实验数据，在方格纸上分别绘出受控源的转移特性和负载特性曲线，并求出相应的转移参量。
2. 对实验的结果作出合理的分析和结论，总结对受控源的认识和理解。
4. 心得体会及其它。

实验二 戴维南定理和诺顿定理

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、原理说明

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 2-1 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan \phi$ ，则内阻

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

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 2-2 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。

(4) 零示法测 U_{oc}

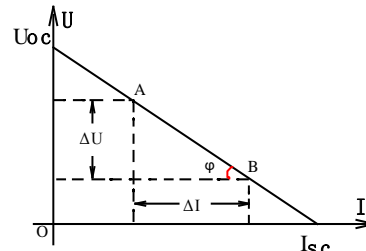


图 2-1

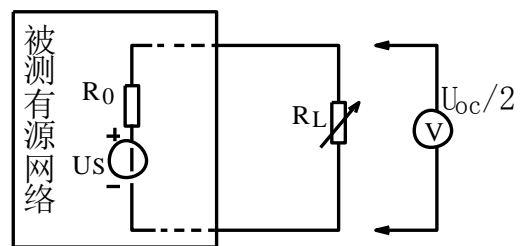


图 2-2

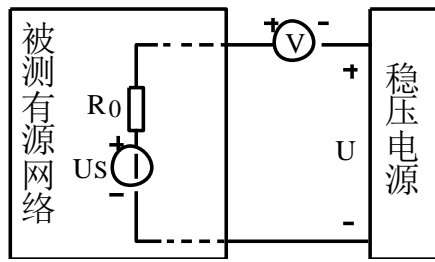


图 2-3

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 2-3 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，电压表的读数将为“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。

三、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	0~30V	1	
2	可调直流恒流源	0~500mA	1	
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	直流数字毫安表	0~200mA	1	
5	万用表		1	自备
6	可调电阻箱	0~99999.9Ω	1	DGJ-05
7	电位器	1K/2W	1	DGJ-05
8	戴维南定理实验电路板		1	DGJ-03

四、实验内容

被测有源二端网络如图 2-4(a)。

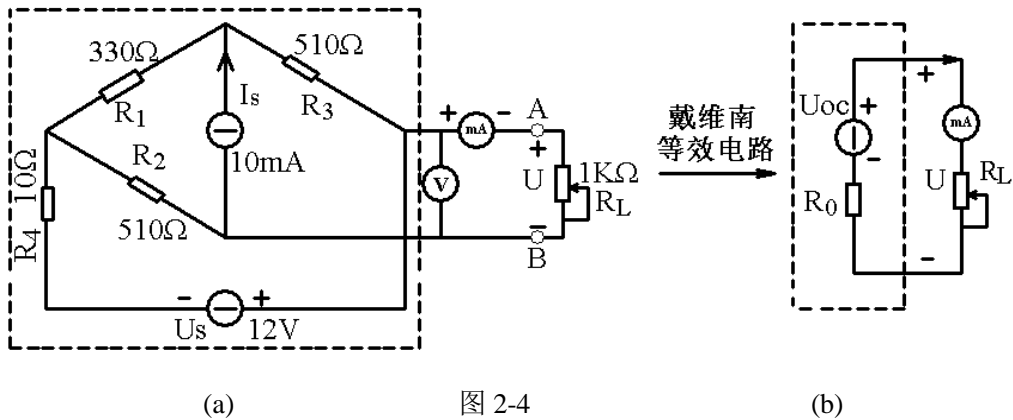


图 2-4

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 。按图 2-4(a)接入稳压电源 $U_s=12V$ 和恒流源 $I_s=10mA$ ，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 mA 表。）

U_{oc}	I_{sc}	$R_0=U_{oc}/I_{sc}$
(v)	(mA)	(Ω)

2. 负载实验

按图 2-4(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。

R_L (Ω)	51	200	1K	6.2K	10K				
U (v)									
I (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 2-4(b)所示，仿照步骤“2”测其外特性，对戴氏定理进行验证。

R_L (Ω)	51	200	1K	6.2K	10K				
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 2-5 所示，仿照步骤“2”测其外特性，对诺顿定理进行验证。

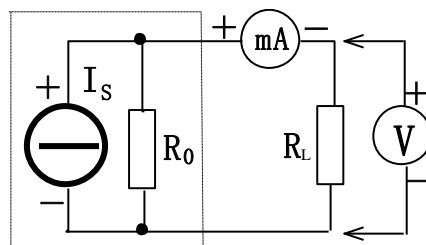


图 2-5

R_L (Ω)	51	200	1K	6.2K	10K				
U (v)									
I (mA)									

五、实验注意事项

1. 测量时应注意电流表量程的更换。
2. 改接线路时，要关掉电源。

六、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. 归纳、总结实验结果。
3. 心得体会及其他。

实验三 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、原理说明

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 3-1 中 a 所示，该直线的斜率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，所以它的伏安特性如图 3-1 中 b 曲线所示。

3. 一般的半导体二极管是一个非线性电阻元件，其伏安特性如图 3-1 中 c 所示。正向压降很小（一般的锗管约为 $0.2\sim 0.3V$ ，

硅管约为 $0.5\sim 0.7V$ ），正向电流随正向压降的升高而急骤上升，而反向电压从零一直增加到十多至几十伏时，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 3-1 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。

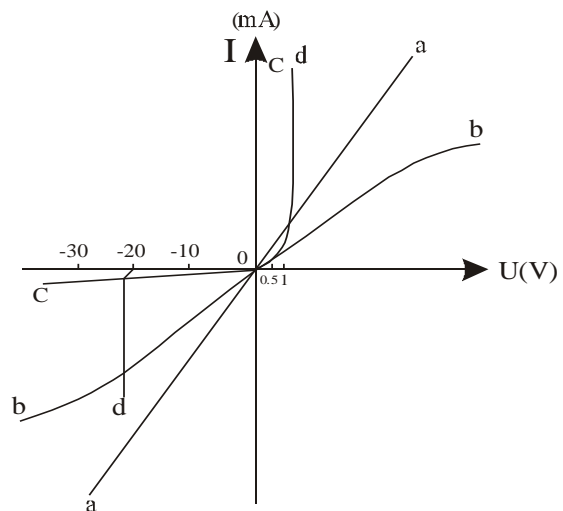


图 3-1

三、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	0~30V	1	
2	万用表	FM-47 或其他	1	自备
3	直流数字毫安表	0~200mA	1	
4	直流数字电压表	0~200V	1	
5	二极管	IN4007	1	DGJ-05
6	稳压管	2CW51	1	DGJ-05
7	白炽灯	12V, 0.1A	1	DGJ-05
8	线性电阻器	200Ω, 1KΩ /8W	1	DGJ-05

四、实验内容

1. 测定线性电阻器的伏安特性

按图 3-2 接线，调节稳压电源的输出电压 U ，从 0 伏开始缓慢地增加，一直到 10V，记下相应的电压表和电流表的读数 U_R 、 I 。

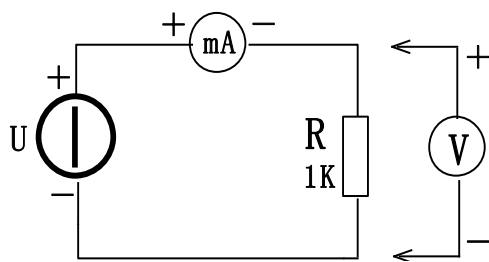


图 3-2

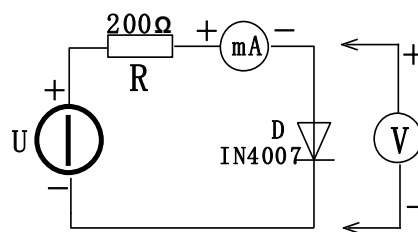


图 3-3

U_R (V)	0	2	4	6	8	10
I (mA)						

2. 测定非线性白炽灯泡的伏安特性

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

U_L (V)	0.1	0.5	1	2	3	4	5
I (mA)							

3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 3-3 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 35mA，二极管 D 的正向施压 U_{D+} 可在 0~0.75V 之间取值。在 0.5~0.75V 之间应多取几个测量点。测反向特性时，只需将图 3-3 中的二极管 D 反接，且其反向施压 U_{D-} 可达 30V。

正向特性实验数据

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

反向特性实验数据

U_D (V)	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
I (mA)							

4. 测定稳压二极管的伏安特性

(1) 正向特性实验：将图 3-3 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。

U_Z (V)	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
I (mA)							

(2) 反向特性实验：将图 3-3 中的 R 换成 $1K\Omega$ ，2CW51 反接，测量 2CW51 的反向特性。稳压电源的输出电压 U_O 从 0~20V，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。

U_O (V)	0	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
U_{Z-} (V)												
I (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 35mA。

2. 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、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。

实验四 RC 一阶电路的响应测试

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、原理说明

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 (b) 所示的 RC 一阶电路的零输入响应和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。

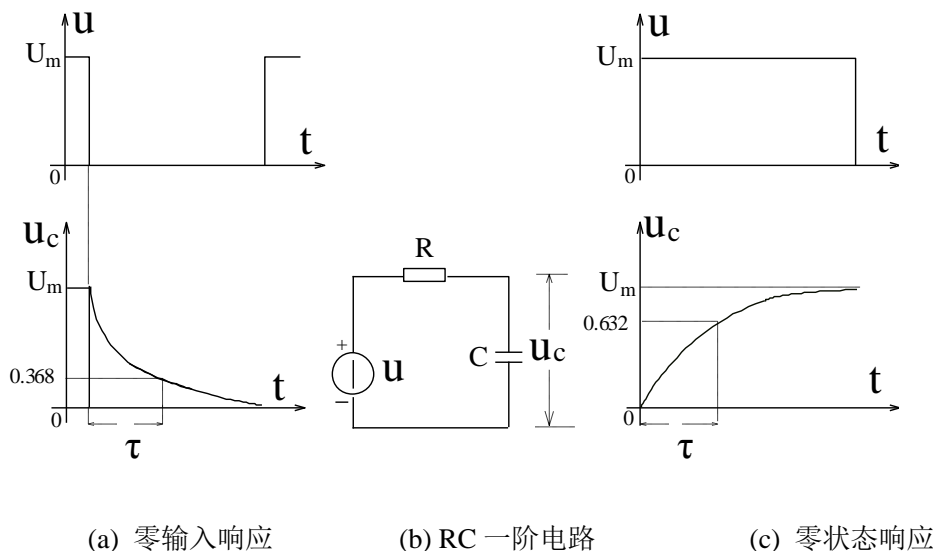


图 4-1

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。

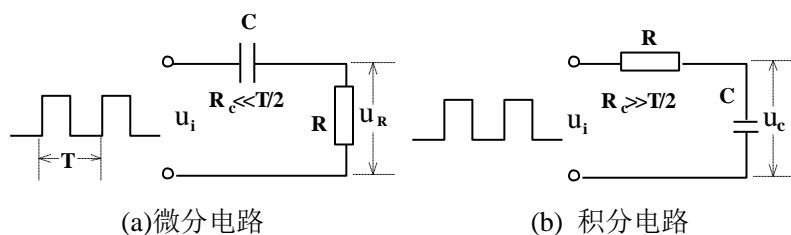


图 4-2

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，请在实验过程仔细观察与记录。

三、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 $R=10K\Omega$ ， $C=6800pF$ 组成如图 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 $U_m=3V$ 、 $f=1KHz$ 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。

改变 C 值 $0.01\mu F$ 、 $C=0.1\mu F$ 观察波形。

2. 令 $C=0.01\mu F$ ， $R=1K\Omega$ 观察并描绘响应的波形。

令 $C=0.01\mu F$ ， $R=10K\Omega$ 、 $1M$ ，组成如图 4-2(a)所示的微分电路。在同样的方波激励信号 ($U_m=3V$ ， $f=1KHz$) 作用下，观测并描绘激励与响应的波形。

五、实验注意事项

1. 调节电子仪器各旋钮时，动作不要过快、过猛。实验前，需熟读双踪示波器的使用说明书。观察双踪时，要特别注意相应开关、旋钮的操作与调节。

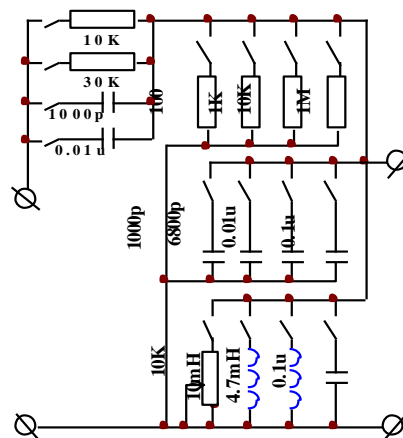


图 4-3 动态电路、选频电路实验板

2. 信号源的接地端与示波器的接地端要连在一起（称共地），以防外界干扰而影响测量的准确性。

3. 示波器的辉度不应过亮，尤其是光点长期停留在荧光屏上不动时，应将辉度调暗，以延长示波管的使用寿命。

4. 示波器的使用

(1) 接通电源：信号发生器调出矩形波，

(2) 接入 CH1 信号：

将信号发生器的输出信号，用示波器探头接入 CH1 → 探头上的开关设为 10X → 按 CH1 功能键显示 CH1 的操作菜单，将第三项探头设定为 10X → 按下 AUTO 按钮

(3) 接入 CH2 信号：

将电路的输出信号，用示波器探头接入 CH2 → 探头上的开关设为 10X → 按 CH2 功能键显示 CH2 的操作菜单，将第三项探头设定为 10X → 按下 AUTO 按钮

(4) 垂直系统：调垂直位置和幅度的分辨率，将幅度的分辨率 CH1 和 CH2 都调为 1V/格；

(5) 水平系统：调水平位置和时间的分辨率，水平分辨应显示一个完整周期。

(6) 利用光标测量时间常数：

按下光标按钮 → 将菜单第一项设为追踪 → 将第二项、第三项光标 A、B 都设为 CH2 → 光标 A 通过垂直旋钮调节，把光标 A 调到 CH2 刚刚开始上升的位置 → 光标 B 通过水平旋钮调节，调光标 B 使两光标间的 ΔY 为 1.9（按一下菜单栏最下面一项） → 返回来看 ΔX 值就是时间常数

六、实验报告

1. 根据实验观测结果，在方格纸上绘出 RC 一阶电路充放电时 u_C 的变化曲线，由曲线测得 τ 值，并与参数值的计算结果作比较，分析误差原因。

2. 根据实验观测结果，归纳、总结积分电路和微分电路的形成条件，阐明波形变换的特征。

3. 心得体会及其他。

实验五 日光灯电路功率因数提高方法的研究

一、实验目的

1. 研究正弦稳态交流电路中电压、电流相量之间的关系。
2. 掌握日光灯线路的接线。
3. 理解改善电路功率因数的意义并掌握其方法。

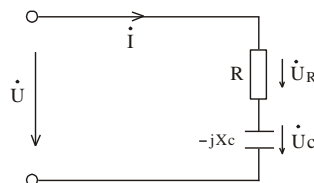


图 5-1

二、原理说明

1. 在单相正弦交流电路中，用交流电流表测得各支路的电流值，用交流电压表测得回路各元件两端的电压值，它们之间的关系满足相量形式的基尔霍夫定律，即 $\sum I=0$ 和 $\sum U=0$ 。

2. 图 5-1 所示的 RC 串联电路，在正弦稳态信号 U 的激励下， U_R 与 U_C 保持有 90° 的相位差，即当 R 阻值改变时， U_R 的相量轨迹是一个半圆。 U 、 U_C 与 U_R 三者形成一个直角形的电压三角形，如图 5-2 所示。 R 值改变时，可改变 φ 角的大小，从而达到移相的目的。

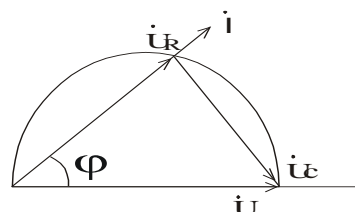


图 5-2

3. 日光灯线路如图 5-3 所示，图中 A 是日光灯管，L 是镇流器，S 是启辉器，

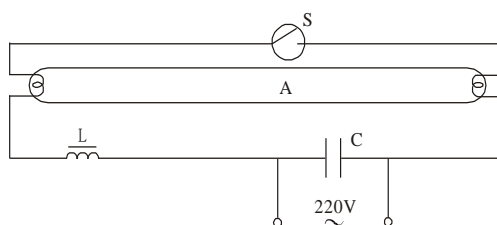


图 5-3

C 是补偿电容器，用以改善电路的功率因数 ($\cos\varphi$ 值)。有关日光灯的工作原理请自行翻阅有关资料。

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	交流电压表	0~500V	1	
2	交流电流表	0~5A	1	
3	功率表		1	(DGJ-07)
4	自耦调压器		1	
5	镇流器、启辉器	与 40W 灯管配用	各 1	DGJ-04
6	日光灯灯管	40W	1	屏内
7	电容器	1 μ F, 2.2 μ F, 4.7 μ F/500V	各 1	DGJ-04
8	白炽灯及灯座	220V, 15W	1~3	DGJ-04
9	电流插座		3	DGJ-04

四、实验内容

1. 按图 5-1 接线。 R 为 220V、15W 的白炽灯泡，电容器为 4.7 μ F/450V。经指导教师检查后，接通实验台电源，将自耦调压器输出(即 U)调至 220V。记录 U 、 U_R 、 U_C 值，验证电压三角形关系。

测量值			计算值		
U (V)	U_R (V)	U_C (V)	U' (与 U_R, U_C 组成 Rt Δ) ($U' = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$)	$\Delta U = U' - U$ (V)	$\Delta U/U$ (%)

2. 并联电路——电路功率因数的改善。按图 5-4 组成实验线路。

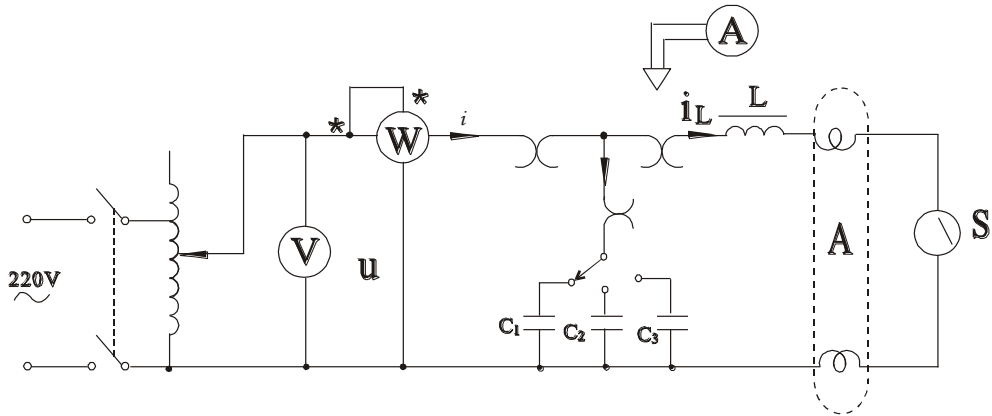


图 5-4

经指导老师检查后，接通实验台电源，将自耦调压器的输出调至 220V，记录功率表、电压表读数。通过一只电流表和三个电流插座分别测得三条支路的电流，改变电容值，进行三次重复测量。数据记入下页表中。

电容值	测量数值						计算值	
(μF)	P(W)	COS ϕ	U(V)	I (A)	I_L (A)	I_C (A)	I' (A)	Cos ϕ
0								
1								
2.2								
4.7								

五、实验注意事项

1. 本实验用交流市电 220V，务必注意用电和人身安全。
2. 功率表要正确接入电路。
3. 线路接线正确，日光灯不能启辉时，应检查启辉器及其接触是否良好。

六、实验报告

1. 完成数据表格中的计算，进行必要的误差分析。
2. 根据实验数据，分别绘出电压、电流相量图。
3. 讨论改善电路功率因数的意义和方法。
4. 装接日光灯线路的心得体会及其他。

实验六 R、L、C 串联谐振电路的研究

一、实验目的

1. 学习用实验方法绘制 R、L、C 串联电路的幅频特性曲线。
2. 加深理解电路发生谐振的条件、特点，掌握电路品质因数（电路 Q 值）的物理意义及其测定方法。

二、原理说明

1. 在图 6-1 所示的 R、L、C 串联电路中，当正弦交流信号源的频率 f 改变时，电路中的感抗、容抗随之而变，电路中的电流也随 f 而变。取电阻 R 上的电压 u_o 作为响应，当输入电压 u_i 的幅值维持不变时，在不同频率的信号激励下，测出 U_o 之值，然后以 f 为横坐标，以 U_o/U_i 为纵坐标（因 U_i 不变，故也可直接以 U_o 为纵坐标），绘出光滑的曲线，此即为幅频特性曲线，亦称谐振曲线，如图 6-2 所示。

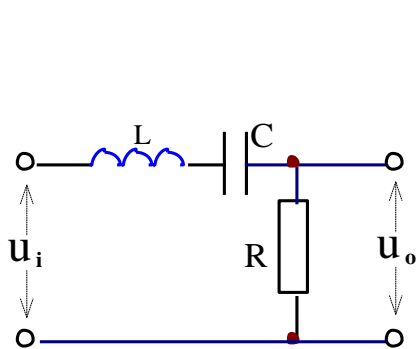


图 6-1

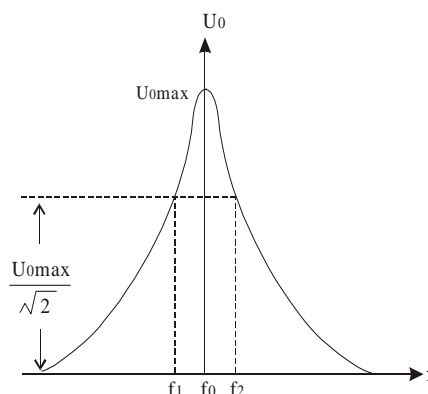


图 6-2

2. 在 $f=f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 处，即幅频特性曲线尖峰所在的频率点称为谐振频率。此时 $X_L=X_C$ ，电路呈纯阻性，电路阻抗的模为最小。在输入电压 U_i 为定值时，电路中的电流达到最大值，且与输入电压 u_i 同相位。从理论上讲，此时 $U_i=U_R=U_o$ ， $U_L=U_C=QU_i$ ，式中的 Q 称为电路的品质因数。

3. 电路品质因数 Q 值的两种测量方法

一是根据公式 $Q=\frac{U_L}{U_o}=\frac{U_C}{U_o}$ 测定， U_C 与 U_L 分别为谐振时电容器 C 和电感线圈 L 上

的电压；另一方法是通过测量谐振曲线的通频带宽度 $\Delta f=f_2-f_1$ ，再根据 $Q=\frac{f_0}{f_2-f_1}$ 求出

Q 值。式中 f_0 为谐振频率， f_2 和 f_1 是失谐时，亦即输出电压的幅度下降到最大值的 $1/\sqrt{2}$ (=

0.707)倍时的上、下频率点。 Q 值越大, 曲线越尖锐, 通频带越窄, 电路的选择性越好。在恒压源供电时, 电路的品质因数、选择性与通频带只决定于电路本身的参数, 而与信号源无关。

三、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	交流毫伏表	0~600V	1	
3	双踪示波器		1	自备
4	频率计		1	
5	谐振电路实验电路板	R=200Ω, 1KΩ C=0.01μF, 0.1μF, L=约 30mH		DGJ-03

四、实验内容

1、按图 6-3 组成监视、测量电路。先选用 C1、R1。用交流毫伏表测电压。令信号源输出电压 $U_i=3V$, 并保持不变。

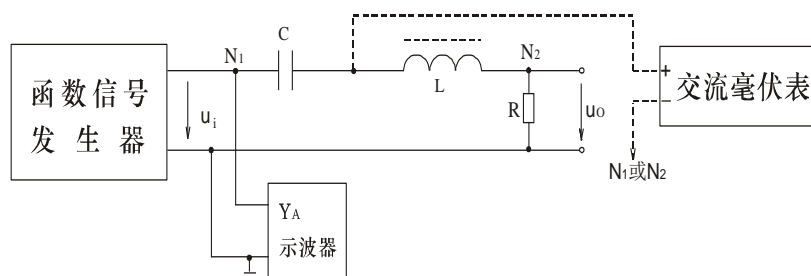


图 6-3

2. 找出电路的谐振频率 f_0 , 其方法是, 将毫伏表接在 R(200Ω)两端, 令信号源的频率由小逐渐变大 (注意要维持信号源的输出幅度不变), 当 U_o 的读数为最大时, 读得频率计上的频率值即为电路的谐振频率 f_0 , 并测量 U_C 与 U_L 之值 (注意及时更换毫伏表的量限)。

3. 在谐振点两侧, 按频率递增或递减 500Hz 或 1KHz, 依次各取 8 个测量点, 逐点测出 U_o , U_L , U_C 之值, 记入数据表格。

f(KHz)												
U_o (V)												
U_L (V)												
U_C (V)												
$U_i=3V$, $C=0.1\mu F$, $R=200\Omega$, $f_0=$, $f_2-f_1=$, $Q=$												

4.将电阻改为 R2，重复步骤 2，3 的测量过程。

f(KHz)														
$U_o(V)$														
$U_L(V)$														
$U_C(V)$														
$U_i=3V$, $C=0.1\mu F$, $R=1K\Omega$, $f_o=$, $f_2-f_1=$, $Q=$														

五、实验注意事项

1. 测试频率点的选择应在靠近谐振频率附近多取几点。在变换频率测试前，应调整信号输出幅度（用示波器监视输出幅度），使其维持在 $4V_{p.p}$ 。

2. 测量 U_c 和 U_L 数值前，应将毫伏表的量限改大，而且在测量 U_L 与 U_C 时毫伏表的“+”端应接 C 与 L 的公共点，其接地端应分别触及 L 和 C 的近地端 N_2 和 N_1 。

3. 实验中，信号源的外壳应与毫伏表的外壳绝缘（不共地）。如能用浮地式交流毫伏表测量，则效果更佳。

六、实验报告

1. 根据测量数据，绘出不同 Q 值时三条幅频特性曲线，即：

$$U_o=f(f), U_L=f(f), U_C=f(f)$$

2. 计算出通频带与 Q 值，说明不同 R 值时对电路通频带与品质因数的影响。

3. 对两种不同的测 Q 值的方法进行比较，分析误差原因。

4. 谐振时，比较输出电压 U_o 与输入电压 U_i 是否相等？试分析原因。

5. 通过本次实验，总结、归纳串联谐振电路的特性。

6. 心得体会及其他。

实验七 R、L、C 元件阻抗特性的测定

一、实验目的

1. 验证电阻、感抗、容抗与频率的关系，测定 $R \sim f$ 、 $X_L \sim f$ 及 $X_C \sim f$ 特性曲线。
2. 加深理解 R、L、C 元件端电压与电流间的相位关系。

二、原理说明

1. 在正弦交变信号作用下，R、L、C 电路元件在电路中的抗流作用与信号的频率有关，它们的阻抗频率特性 $R \sim f$ 、 $X_L \sim f$ 、 $X_C \sim f$ 曲线如图 7-1 所示。

2. 元件阻抗频率特性的测量电路如图 7-2 所示。

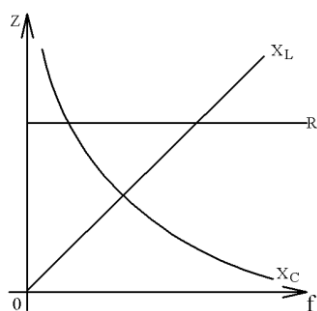


图 7-1

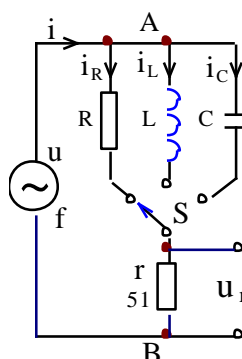


图 7-2

图中的 r 是提供测量回路电流用的标准小电阻，由于 r 的阻值远小于被测元件的阻抗值，因此可以认为 AB 之间的电压就是被测元件 R、L 或 C 两端的电压，流过被测元件的电流则可由 r 两端的电压除以 r 所得。

若用双踪示波器同时观察 r 与被测元件两端的电压，亦就展现出被测元件两端的电压和流过该元件电流的波形，从而可在荧光屏上测出电压与电流的幅值及它们之间的相位差。

1. 将元件 R、L、C 串联或并联相接，亦可用同样的方法测得 $Z_{串}$ 与 $Z_{并}$ 的阻抗频率特性 $Z \sim f$ ，根据电压、电流的相位差可判断 $Z_{串}$ 或 $Z_{并}$ 是感性还是容性负载。

2. 元件的阻抗角（即相位差 φ ）随输入信号的频率变化而改变，将各个不同频率下的相位差画在以频率 f 为横坐标、阻抗角 φ 为纵坐标的坐标纸上，并用光滑的曲线连接这些点，即得到阻抗角的频率特性曲线。

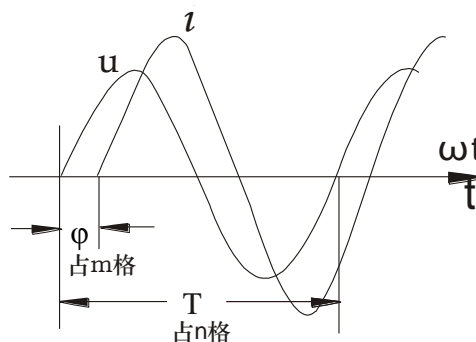


图 7-3

用双踪示波器测量阻抗角的方法如图 7-3 所示。从荧光屏上数得一个周期占 n 格，相位差占 m 格，则实际的相位差 φ （阻抗角）为

$$\varphi = m \times \frac{360^\circ}{n} \quad (\text{度})。$$

三、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	交流毫伏表	0~600V	1	
3	双踪示波器		1	自备
4	频率计		1	
5	实验线路元件	$R=1K\Omega$, $r=51\Omega$, $C=1\mu F$, L 约 $10mH$	1	DGJ-05

四、实验内容

通过电缆线将函数信号发生器输出的正弦信号接至如图 7-2 的电路，作为激励源 u ，并用交流毫伏表测量，使激励电压的有效值为 $U=3V$ ，并保持不变。

使信号源的输出频率从 200Hz 逐渐增至 5KHz（用频率计测量），并使开关 S 分别接通 R 、 L 、 C 三个元件，用交流毫伏表测量 U_r ，并计算各频率点时的 I_R 、 I_L 和 I_C （即 U_r/r ）以及 R 、 X_L 及 X_C 之值。

1、测量 $R-f$ 特性 ($R=1K$)

f (Hz)	200	1000	1800	2600	3400	4200	5000
U_r							
I_R							
R							

2、测量 X_C-f 特性 ($c=0.1\mu F$)

f (Hz)	200	1000	1800	2600	3400	4200	5000
U_r							
I_C							
X_C							

3、测量 X_L-f 特性 ($L=10mH$, 电阻 59Ω)

f (Hz)	200	1000	1800	2600	3400	4200	5000
U_r							
I_L							
X_L							

每次先调好频率,再调电压值为 3V

五、实验注意事项

每次先调好频率,再调电压值为 3V

六、实验报告

1. 根据实验数据，在方格纸上绘制 R 、 L 、 C 三个元件的阻抗频率特性曲线，从中可得出什么结论？

2. 根据实验数据,在方格纸上绘制 R 、 L 、 C 三个元件串联的阻抗角频率特性曲线，并总结、归纳出结论。

心得体会及其他。

实验八 三相交流电路

一、实验目的

1. 掌握三相负载作星形联接、三角形联接的方法，验证这两种接法下线、相电压及线、相电流之间的关系。
2. 充分理解三相四线供电系统中中线的作用。

二、原理说明

1. 三相负载可接成星形（又称“Y”接）或三角形（又称“ Δ ”接）。当三相对称负载作 Y 形联接时，线电压 U_L 是相电压 U_p 的 $\sqrt{3}$ 倍。线电流 I_L 等于相电流 I_p ，即

$$U_L = \sqrt{3}U_p, \quad I_L = I_p$$

在这种情况下，流过中线的电流 $I_0 = 0$ ，所以可以省去中线。

当对称三相负载作 Δ 形联接时，有 $I_L = \sqrt{3}I_p$ ， $U_L = U_p$ 。

2. 不对称三相负载作 Y 联接时，必须采用三相四线制接法，即 Y_0 接法。而且中线必须牢固联接，以保证三相不对称负载的每相电压维持对称不变。

倘若中线断开，会导致三相负载电压的不对称，致使负载轻的那一相的相电压过高，使负载遭受损坏；负载重的一相相电压又过低，使负载不能正常工作。尤其是对于三相照明负载，无条件地一律采用 Y_0 接法。

3. 当不对称负载作 Δ 接时， $I_L \neq \sqrt{3}I_p$ ，但只要电源的线电压 U_L 对称，加在三相负载上的电压仍是对称的，对各相负载工作没有影响。

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	交流电压表	0~500V	1	
2	交流电流表	0~5A	1	
3	万用表		1	自备
4	三相自耦调压器		1	
5	三相灯组负载	220V, 15W 白炽灯	9	DGJ-04
6	电门插座		3	DGJ-04

四、实验内容

1. 三相负载星形联接（三相四线制供电）

按图 8-1 线路组接实验电路。即三相灯组负载经三相自耦调压器接通三相对称电源。将三相调压器的旋柄置于输出为 0V 的位置（即逆时针旋到底）。经指导教师检查合格后，方可开启实验台电源，然后调节调压器的输出，使输出的三相线电压为 220V，并按下述内容完成各项实验，分别测量三相负载的线电压、相电压、线电流、相电流、中线电流、电源与负载中点间的电压。将所测得的数据记入表 8-1 中，并观察各相灯组亮暗的变化程度，特别要注意观察中线的作用。

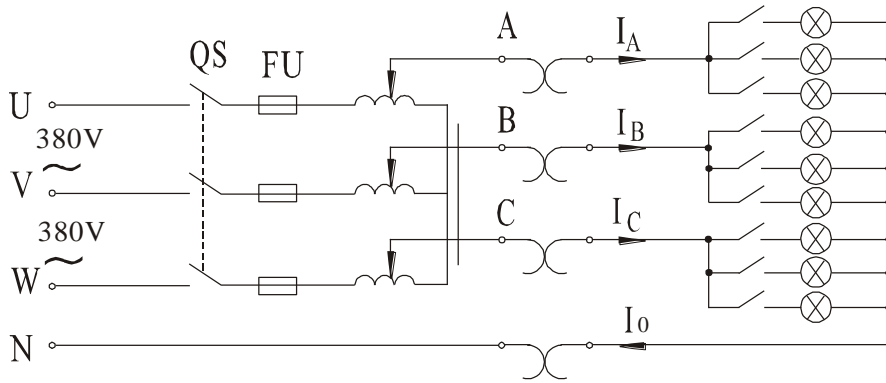


图 8-1

表 8-1

测量数据	开灯盏数			线电流 (A)			线电压 (V)			相电压 (V)			中线 电流 I_0 (A)	中点 电压 U_{N0} (V)
	A 相	B 相	C 相	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{A0}	U_{B0}	U_{C0}		
Y_0 接平衡负载	3	3	3											
Y接平衡负载	3	3	3											
Y_0 接不平衡负载	1	2	3											
Y接不平衡负载	1	2	3											
Y_0 接B相断开	1		3											
Y接B相断开	1		3											

2. 负载三角形联接 (三相三线制供电)

按图 8-2 改接线路, 经指导教师检查合格后接通三相电源, 并调节调压器, 使其输出线电压为 220V, 并按表 8-2 的内容进行测试。

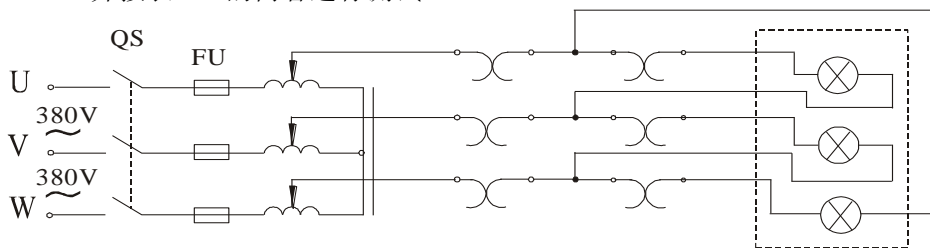


图 8-2

表 8-2

测量数据	开灯盏数			线电压=相电压 (V)			线电流 (A)			相电流 (A)		
	A-B相	B-C相	C-A相	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}
三相平衡	3	3	3									
三相不平衡	1	2	3									

五、实验注意事项

1. 本实验采用三相交流市电，线电压为 380V，应穿绝缘鞋进实验室。实验时要注意人身安全，不可触及导电部件，防止意外事故发生。

2. 每次接线完毕，同组同学应自查一遍，然后由指导教师检查后，方可接通电源，必须严格遵守先断电、再接线、后通电；先断电、后拆线的实验操作原则。

3. 星形负载作短路实验时，必须首先断开中线，以免发生短路事故。

4. 为避免烧坏灯泡，DGJ-04 实验挂箱内设有过压保护装置。当任一相电压 $>245\sim 250\text{V}$ 时，即声光报警并跳闸。因此，在做 Y 接不平衡负载或缺相实验时，所加线电压应以最高相电压 $<240\text{V}$ 为宜。

六、实验报告

1. 用实验测得的数据验证对称三相电路中的 $\sqrt{3}$ 关系。

2. 用实验数据和观察到的现象，总结三相四线供电系统中中线的作用。

3. 不对称三角形联接的负载，能否正常工作？实验是否能证明这一点？

4. 根据不对称负载三角形联接时的相电流值作相量图，并求出线电流值，然后与实验测得的线电流作比较，分析之。

5. 心得体会及其他。

实验九 基尔霍夫定律的验证

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 学会用电流插头、插座测量各支路电流。

二、原理说明

基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及每个元件两端的电压，应能分别满足基尔霍夫电流定律（KCL）和电压定律（KVL）。即对电路中的任一个节点而言，应有 $\sum I=0$ ；对任何一个闭合回路而言，应有 $\sum U=0$ 。

运用上述定律时必须注意各支路或闭合回路中电流的正方向，此方向可预先任意设定。

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流可调稳压电源	0~30V	二路	
2	万用表		1	自备
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	电位、电压测定实验电路板		1	DGJ-03

四、实验内容

实验线路图 9-1，用 DGJ-03 挂箱的“基尔霍夫定律/叠加原理”线路。

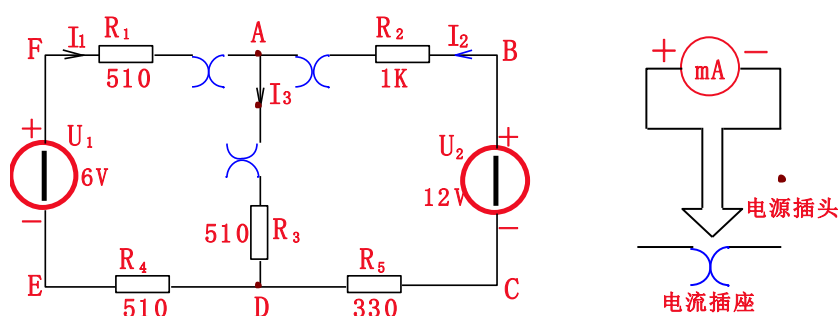


图 9-1

1. 实验前先任意设定三条支路和三个闭合回路的电流正方向。图 9-1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。三个闭合回路的电流正方向可设为 ADEFA、BADCB 和 FBCEF。
2. 分别将两路直流稳压源接入电路，令 $U_1=6V$ ， $U_2=12V$ 。
3. 熟悉电流插头的结构，将电流插头的两端接至数字毫安表的“+、-”两端。
4. 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中，读出并记录电流值。
5. 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值，记录之。

被测量	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$U_{FA}(\text{V})$	$U_{AB}(\text{V})$	$U_{AD}(\text{V})$	$U_{CD}(\text{V})$	$U_{DE}(\text{V})$
计算值										
测量值										
相对误差										

五、实验注意事项

1. 本实验线路板系多个实验通用，本次实验中使用电流插头。DGJ-03 上的 K_3 应拨向 330Ω 侧，三个故障按键均不得按下。

2. 所有需要测量的电压值，均以电压表测量的读数为准。 U_1 、 U_2 也需测量，不应取电源本身的显示值。

3. 防止稳压电源两个输出端碰线短路。

4. 用指针式电压表或电流表测量电压或电流时，如果仪表指针反偏，则必须调换仪表极性，重新测量。此时指针正偏，可读得电压或电流值。若用数显电压表或电流表测量，则可直接读出电压或电流值。但应注意：所读得的电压或电流值的正确正、负号应根据设定的电流参考方向来判断。

六、实验报告

1. 根据实验数据，选定节点 A，验证 KCL 的正确性。
2. 根据实验数据，选定实验电路中的任一个闭合回路，验证 KVL 的正确性。
3. 将支路和闭合回路的电流方向重新设定，重复 1、2 两项验证。
4. 心得体会及其他。

实验十 叠加原理的验证

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和齐次性的认识和理解。

二、原理说明

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。

线性电路的齐次性是指当激励信号（某独立源的值）增加或减小 K 倍时，电路的响应（即在电路中各电阻元件上所建立的电流和电压值）也将增加或减小 K 倍。

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流稳压电源	0~30V 可调	二路	
2	万用表		1	自备
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	直流数字毫安表	0~200mV	1	
5	迭加原理实验电路板		1	DGJ-03

四、实验内容

实验线路如图 10-1 所示，用 DGJ-03 挂箱的“基尔夫定律/叠加原理”线路。

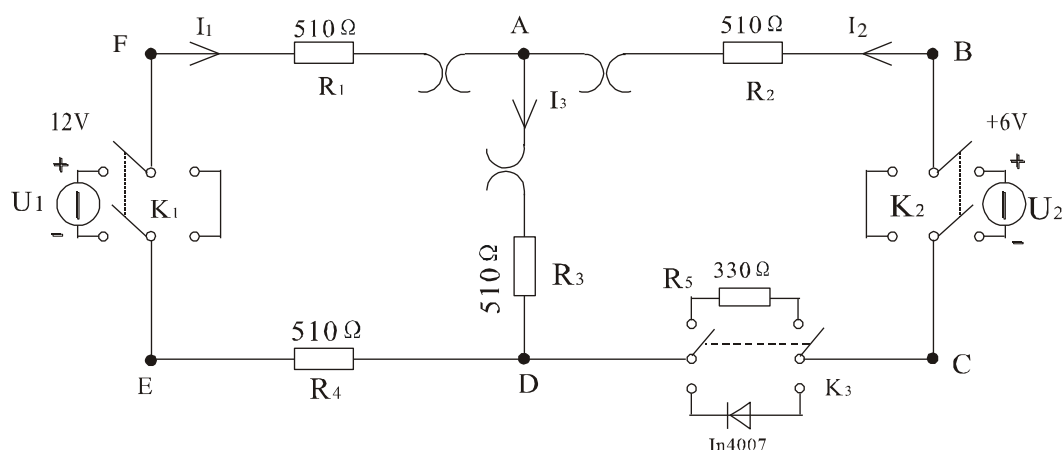


图 10-1

1. 将两路稳压源的输出分别调节为 12V 和 6V，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，开关 K_2 投向短路侧）。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 10-1。

表 10-1

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										
$2U_2$ 单独作用										

3. 令 U_2 电源单独作用（将开关 K_1 投向短路侧，开关 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 10-1。

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 10-1。

5. 将 U_2 的数值调至 +12V，重复上述第 3 项的测量并记录，数据记入表 10-1。

6. 将 R_5 (330Ω) 换成二极管 1N4007（即将开关 K_3 投向二极管 1N4007 侧），重复 1~5 的测量过程，数据记入表 10-2。

7. 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 10-2

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										
$2U_2$ 单独作用										

五、实验注意事项

1. 用电流插头测量各支路电流时，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、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与齐次性。

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，进行计算并作结论。

3. 通过实验步骤 6 及分析表格 10-2 的数据，你能得出什么样的结论？

4. 心得体会及其他。

用户手册

RIGOL

Publication number DS5-070525

May 2007

DS-5000 数字存储示波器

DS 5000CA, DS 5000C, DS 5000MA, DS 5000M

DS 5000CAE, DS 5000CE, DS 5000MAE, DS 5000ME

© Copyright Rigol Technologies, Inc. 2006

All Rights Reserved

一般安全概要

了解下列安全性预防措施，以避免受伤，并防止损坏本产品或与本产品连接的任何产品。为避免可能的危险，请务必按照规定使用本产品。

只有合格人员才能执行维修程序。

避免起火和人身伤害。

使用正确的电源线。 只有使用所在国家认可的本产品专用电源线。

正确插拔。 探头或测试导线连接到电压源时请勿插拔。

将产品接地。 本产品通过电源的接地导线接地。为避免电击，接地导体必须与地相连。在连接本产品的输入或输出端之前，请务必将本产品正确接地。

正确连接探头。 探头地线与地电势相同。请勿将地线连接高电压。

查看所有终端额定值。 为避免起火和过大电流的冲击，请查看产品上所有的额定值和标记说明，请在连接产品前查阅产品手册以了解额定值的详细信息。

请勿开盖操作。 外盖或面板打开时请勿运行本产品。

使用合适的保险丝。 只使用本产品指定的保险丝类型和额定指标。

避免电路外露。 电源接通后请勿接触外露的接头和元件。

怀疑产品出故障时，请勿进行操作。 如果您怀疑本产品已经出故障，可请合格的维修人员进行检查。

保持适当的通风。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易燃易爆的环境下操作。

请保持产品表面的清洁和干燥。

安全术语和符号

本手册中的术语。以下术语可能出现在本手册中：



警告。警告性声明指出可能会危害生命安全的条件和行为。



注意。注意性声明指出可能导致此产品和其它财产损坏的条件和行为。

产品上的术语。以下术语可能出现在产品上：

危险表示您如果进行此操作可能会立即对您造成损害。

警告表示您如果进行此操作可能不会立即对您造成损害。

注意表示您如果进行此操作可能会对本产品或其它财产造成损害。

产品上的符号。以下符号可能出现在产品上：



高电压



注意请参阅手册



保护性接地端



壳体接地端



测量接地端

DS 5000 系列数字存储示波器简介

本书的说明和介绍涵盖 DS 5000 及 DS5000E 系列数字存储示波器：

DS 5000 系列示波器实现了易用性，优异的技术指标及众多功能特性的完美结合，可帮助用户更快地完成工作任务。

DS 5000 系列示波器向用户提供简单而功能明晰的前面板，以进行所有的基本操作。各通道的标度和位置旋钮提供了直观的操作，完全符合传统仪器的使用习惯，用户不必花大量的时间去学习和熟悉示波器的操作，即可熟练使用。为加速调整，便于测量，用户可直接按 **AUTO** 键，立即获得适合的波形显现和档位设置。

易于使用之外，DS 5000 系列示波器还具有更快完成测量所需要的高性能指标和强大功能。通过 1GSa/s 的实时采样和 50GSa/s 的等效采样，可在 DS 5000 示波器上观察更快的信号。强大的触发和分析能力使其易于捕获和分析波形。清晰的液晶显示、和数学运算功能，便于用户更快更清晰地观察和分析信号问题。

从下面给出的性能特点，可以了解此系列示波器如何满足您的测量要求。

- 双通道，每通道带宽 200M (DS5202CA/CAE)，150M (DS5152CA/CAE、DS5152C/CE、DS5152MA/MAE、DS5152M/ME)，100M (DS5102CA/CAE、DS5102C/CE、DS5102MA/MAE、DS5102M/ME)，60M (DS5062CA/CAE、DS5062C/CE、DS5062MA/MAE、DS5062M/ME)，40M (DS5042M/ME)，25M (DS5022M/ME)。
- 高清晰彩色/单色液晶显示系统，320×240 分辨率
- 单次采样 1GSa/s (DS5000CA/CAE 系列、DS5000MA/MAE 系列) ;500MSa/s (DS5000C/CE 系列、DS5000M/ME 系列)，等效采样率 50GSa/s
- 自动波形、状态设置 (AUTO)
- 波形、设置存储和再现
- 精细的延迟扫描功能，轻易兼顾波形细节与概貌
- 自动测量 20 种波形参数
- 自动光标跟踪测量功能
- 独特的波形录制和回放功能
- 内嵌 FFT
- 实用的数字滤波器，包含 LPF, HPF, BPF, BRF
- 50 Ω /1M Ω 输入阻抗选择，便于观测高速信号 (限于部分型号，见相关章节)
- Pass/Fail 检测功能

第 1 章 初级用户指南

本章主要阐述以下题目：

- 初步了解 DS 5000 的前面板和用户界面
- 如何进行一般性检查
- 如何进行功能检查
- 如何进行探头补偿
- 如何进行自动设置
- 初步了解垂直系统
- 初步了解水平系统
- 初步了解触发系统

初步了解 DS 5000 的前面板和用户界面

当您得到一款新型示波器时，首先需要了解示波器前操作面板，DS 5000 系列数字存储示波器也不例外。本章对于 DS 5000 系列的前面板的操作及功能作简单的描述和介绍，使您能在最短的时间熟悉 DS 5000 系列示波器的使用。

DS 5000 向用户提供简单而功能明晰的前面板，以进行基本的操作。面板上包括旋钮和功能按键。旋钮的功能与其它示波器类似。显示屏右侧的一列 5 个灰色按键为菜单操作键（自上而下定义为 1 号至 5 号）。通过它们，您可以设置当前菜单的不同选项。其它按键(包括彩色按键)为功能键，通过它们，您可以进入不同的功能菜单或直接获得特定的功能应用。

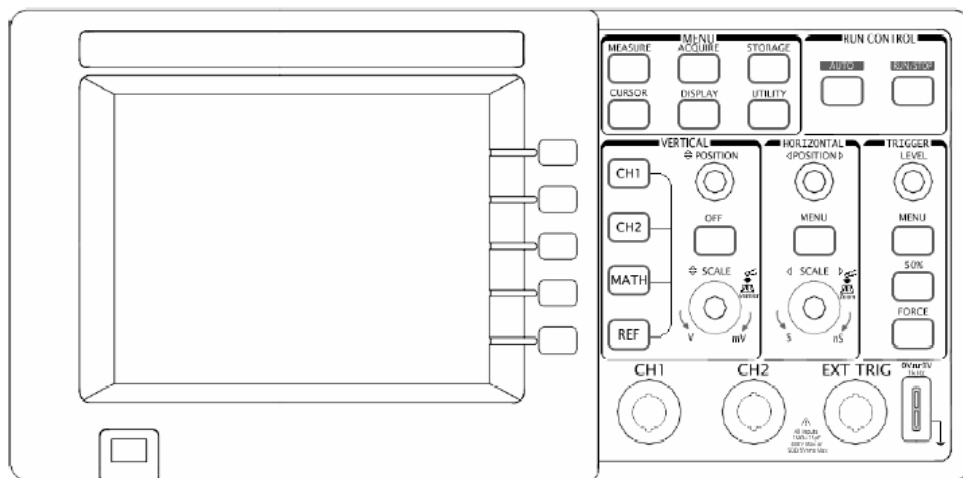


图 1-1
DS 5000 系列示波器前面板

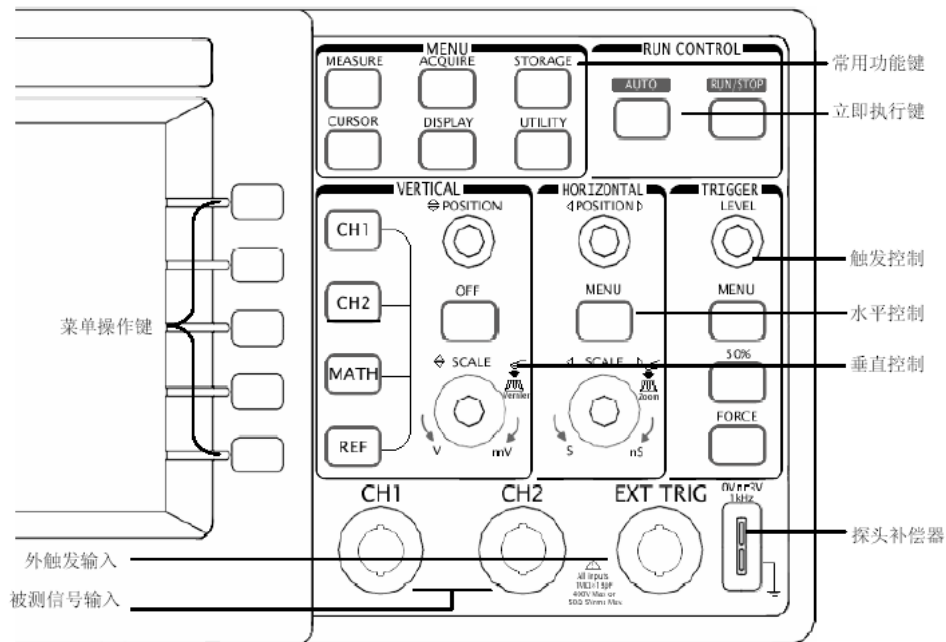


图 1-2
DS 5000 面板操作说明图

本书表示定义:

本书对于按键的文字表示与面板上按键的标识相同。值得注意的是，功能键的标识用一四方框包围的文字所表示，如 **MEASURE**，代表前面板上的一个上方标注着 MEASURE 文字的灰色功能键。与其类似，菜单操作键的标识用带阴影的文字表示，如 **波形存储**，表示存储菜单中的存储波形选项。

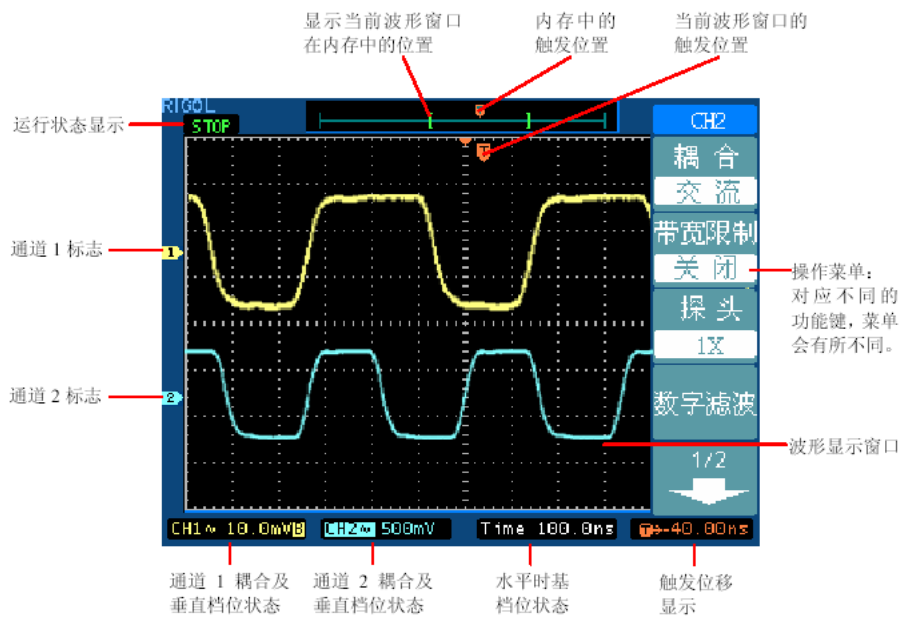


图 1-3
显示界面说明图

一般性检查

当您得到一台新的 DS 5000 示波器时，建议您按以下步骤对仪器进行检查。

1. 检查是否存在因运输造成的损坏。

如果发现包装纸箱或泡沫塑料保护垫严重破损，请先保留，直到整机和附件通过电性和机械性测试。

2. 检查附件。

关于提供的附件明细，在本说明书前述的“DS 5000 示波器附件”项目已经进行了说明。您可以参照此说明检查附件是否有缺失。

如果发现附件缺少或损坏，请和负责此业务的 RIGOL 经销商或 RIGOL 的当地办事处联系。

3. 检查整机。

如果发现仪器外观破损，仪器工作不正常，或未能通过性能测试，请和负责此业务的 RIGOL 经销商或 RIGOL 的当地办事处联系。

如果因运输造成仪器的损坏，请注意保留包装。通知运输部门和负责此业务的 RIGOL 经销商。RIGOL 会安排维修或更换。

（具体检测方法和步骤详见下一节之表述）

功能检查

做一次快速功能检查，以核实本仪器运行正常。请按如下步骤进行：

1. 接通仪器电源。

您可通过一条接地主线操作示波器，电线的供电电压为 100 伏交流电至 240 伏交流电，频率为 50HZ。接通电源后，仪器执行所有自检项目，并确认通过自检，按 **STORAGE** 按钮，用菜单操作键从顶部菜单框中选择 **存储类型**，然后调出 **出厂设置** 菜单框。

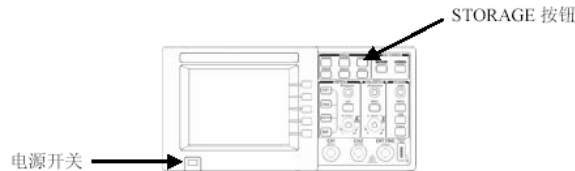


图 1-4



警告： 为避免电击，请确认示波器已经正确接地。

2. 示波器接入信号

DS 5000 系列为双信道输入加一个外触发输入通道的数字存储示波器。



注意： 为了避免损坏仪器，请确认在输入阻抗为 $1\text{M}\Omega$ 时，输入的信号的峰值小于 400V (DC+AC Peak)；输入阻抗为 50Ω 时，输入信号的有效值小于 5V 。

请按照如下步骤接入信号：

- ①. 用示波器探头将信号接入通道 1 (CH1)：将探头上的开关设定为 10X (图 1-6)，并将示波器探头与通道 1 连接。将探头连接器上的插槽对准 CH1 同轴电缆插接件 (BNC) 上的插口并插入，然后向右旋转以拧紧探头。

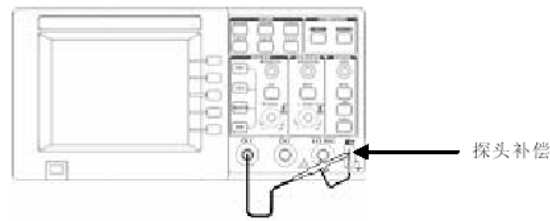


图 1-5

- ②. 示波器需要输入探头衰减系数。此衰减系数改变仪器的垂直档位比例，从而使得测量结果正确反映被测信号的电平。（默认的探头菜单衰减系数设定值为 10X。）

设置探头衰减系数的方法如下：按 **CH1** 功能键显示通道 1 的操作菜单，应用与 **探头** 项目平行的 3 号菜单操作键，选择与您使用的探头同比例的衰减系数。此时设定应为 10X。

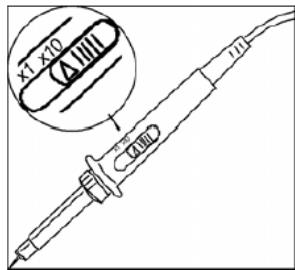


图 1-6

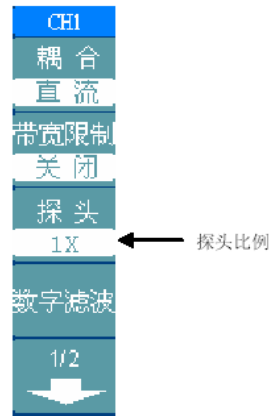


图 1-7

- ③. 把探头端部和接地夹接到探头补偿器的连接器上。按 **AUTO**（自动设置）按钮。几秒钟内，可见到方波显示（1KHz, 约 3V, 峰到峰）。
- ④. 以同样的方法检查通道 2 (CH2)。按 **OFF** 功能按钮以关闭通道 1，按 **CH2** 功能按钮以打开通道 2，重复步骤 2 和步骤 3。

探头补偿

在首次将探头与任一输入通道连接时，进行此项调节，使探头与输入通道相配。未经补偿或补偿偏差的探头会导致测量误差或错误。若调整探头补偿，请按如下步骤：

1. 将探头菜单衰减系数设定为 **10X**，将探头上的开关设定为 **10X**，并将示波器探头与通道 1 连接。如使用探头钩形头，应确保与探头接触紧密。

将探头端部与探头补偿器的信号输出连接器相连，基准导线夹与探头补偿器的地线连接器相连，打开通道 1，然后按 **AUTO**。

2. 检查所显示波形的形状。

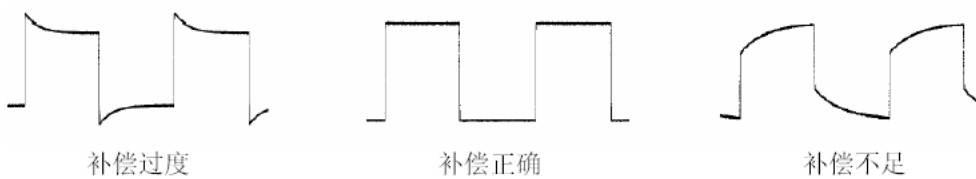


图 1-8

3. 如必要，用非金属质地的改锥调整探头上的可变电容，直到屏幕显示的波形如上图“补偿正确”。
4. 必要时，重复步骤。



警告： 为避免使用探头时被电击，请确保探头的绝缘导线完好，并且连接高压源时请不要接触探头的金属部分。

波形显示的自动设置

DS 5000 系列数字存储示波器具有自动设置的功能。根据输入的信号，可自动调整电压倍率、时基、以及触发方式至最好形态显示。应用自动设置要求被测信号的频率大于或等于 50Hz，占空比大于 1%。

使用自动设置：

1. 将被测信号连接到信号输入通道。
2. 按下 **AUTO** 按钮。

示波器将自动设置垂直，水平和触发控制。如需要，可手工调整这些控制使波形显示达到最佳。

初步了解垂直系统

如下图所示，在垂直控制区（VERTICAL）有一系列的按键、旋钮。下面的练习逐渐引导您熟悉垂直设置的使用。

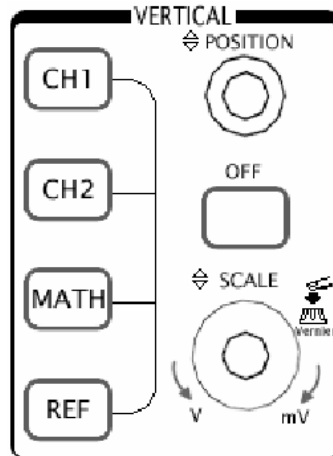


图 1-9

1. 使用垂直 **POSITION** 旋钮在波形窗口居中显示信号。

垂直 **POSITION** 旋钮控制信号的垂直显示位置。当转动垂直 **POSITION** 旋钮时，指示通道地（GROUND）的标识跟随波形而上下移动。

测量技巧

如果通道耦合方式为 DC，您可以通过观察波形与信号地之间的差距来快速测量信号的直流分量。

如果耦合方式为 AC，信号里面的直流分量被滤除。这种方式方便您用更高的灵敏度显示信号的交流分量。

2. 改变垂直设置，并观察因此导致的状态信息变化。

您可以通过波形窗口下方的状态栏显示的信息，确定任何垂直档位的变化。

- 转动垂直 **SCALE** 旋钮改变“Volt/div（伏/格）”垂直档位，可以发现状态栏对应通道的档位显示发生了相应的变化。
- 按 **CH1**、**CH2**、**MATH**、**REF**，屏幕显示对应通道的操作菜单、标志、波形和档位状态信息。按 **OFF** 按键关闭当前选择的通道。

注意： **OFF** 按键具备关闭菜单的功能。当菜单未隐藏时，按 **OFF** 按键可快速关闭菜单。如果在按 **CH1** 或 **CH2** 后立即按 **OFF**，则同时关闭菜单和相应通道。

Coarse/Fine（粗调/细调）快捷键

切换粗调/细调不但可以通过此菜单操作，更可以通过按下垂直 **SCALE** 旋钮作为设置输入通道的粗调/细调状态的快捷键。

初步了解水平系统

如下图所示，在水平控制区（HORIZONTAL）有一个按键、两个旋钮。下面的练习逐渐引导您熟悉水平时基的设置。

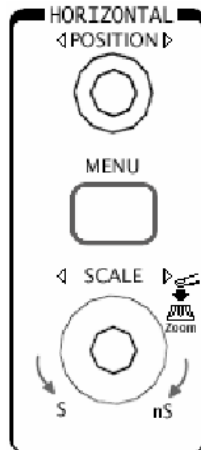


图 1-10

1. 使用水平 **SCALE** 旋钮改变水平档位设置，并观察因此导致的状态信息变化。

转动水平 **SCALE** 旋钮改变“S/div（秒/格）”水平档位，可以发现状态栏对应通道的档位显示发生了相应的变化。水平扫描速度从 1ns * 至 50s，以 1-2-5 的形式步进，在延迟扫描状态可达到 10ps/div *。

Delayed（延迟扫描）快捷键

水平 **SCALE** 旋钮不但可以通过转动调整“S/div（伏/格）”，更可以按下切换到延迟扫描状态。

* 注：示波器型号不同，其水平扫描和延迟扫描速度也有差别。

2. 使用水平 **POSITION** 旋钮调整信号在波形窗口的水平位置。

水平 **POSITION** 旋钮控制信号的触发位移或其他特殊用途。当应用于触发位移时，转动水平 **POSITION** 旋钮时，可以观察到波形随旋钮而水平移动。

3. 按 **MENU** 按钮，显示 **TIME** 菜单。在此菜单下，可以开启/关闭延迟扫描或切换 Y-T、X-Y 显示模式。此外，还可以设置水平 **POSITION** 旋钮的触发位移或触发释抑模式。

名词解释

触发位移：指实际触发点相对于存储器中点的位置。转动水平 **POSITION** 旋钮，可水平移动触发点。

触发释抑：指重新启动触发电路的时间间隔。转动水平 **POSITION** 旋钮，可设置触发释抑时间。

初步了解触发系统

如下图所示，在触发控制区（TRIGGER）有一个旋钮、三个按键。下面的练习逐渐引导您熟悉触发系统的设置。

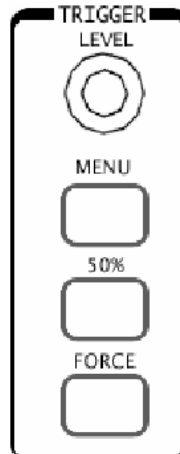


图 1-11

1. 使用 **LEVEL** 旋钮改变触发电平设置。

转动 **LEVEL** 旋钮，可以发现屏幕上出现一条桔红色（单色液晶系列为黑色）的触发线以及触发标志，随旋钮转动而上下移动。停止转动旋钮，此触发线和触发标志会在约 5 秒后消失。在移动触发线的同时，可以观察到在屏幕上触发电平的数值或百分比显示发生了变化。（在触发耦合为 **交流** 或 **低频抑制** 时，触发电平以百分比显示）

2. 使用 **MENU** 调出触发操作菜单（见下图），改变触发的设置，观察由此造成的状态变化。



图 1-12

- 按 1 号菜单操作按键，选择 **边沿触发**。
- 按 2 号菜单操作按键，选择“信源选择”为 **CH1**。
- 按 3 号菜单操作按键，设置“边沿类型”为 **上升沿**。
- 按 4 号菜单操作按键，设置“触发方式”为 **自动**。
- 按 5 号菜单操作按键，设置“耦合”为 **直流**。

注：改变前三项的设置会导致屏幕右上角状态栏的变化。

3. 按 **50%** 按钮，设定触发电平在触发信号幅值的垂直中点。
4. 按 **FORCE** 按钮：强制产生一触发信号，主要应用于触发方式中的“普通”和“单次”模式。