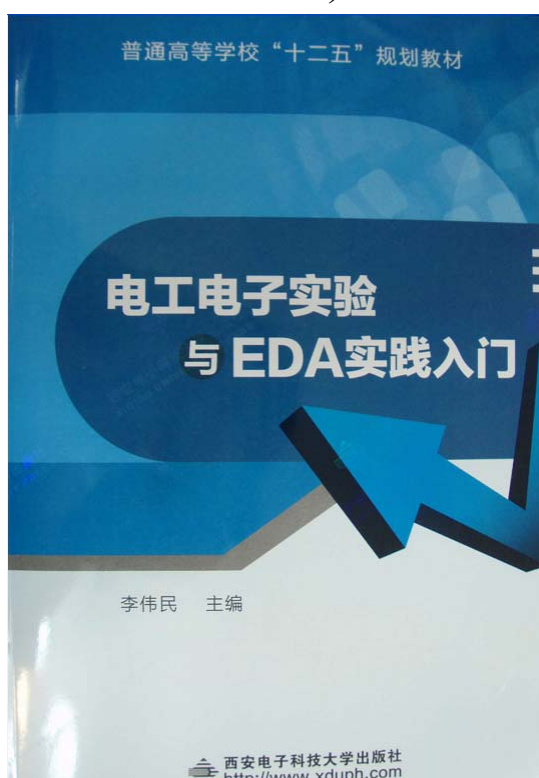


“电路与模拟电子技术”课内实验安排(第 7~11 周三 3/4 节)	
第 7 周	实验一、仪器认识与实践 (综合实验楼 b321)
第 8 周	实验二、叠加原理 (综合实验楼 b321)
第 9 周	实验三、等效电源定理 (综合实验楼 b321)
第 10 周	实验四、单相半波整流电路 (综合实验楼 b321)
第 11 周	实验五、共发射极单管交流放大电路 (综合实验楼 b321)
第 12 周	松 1450 理论课

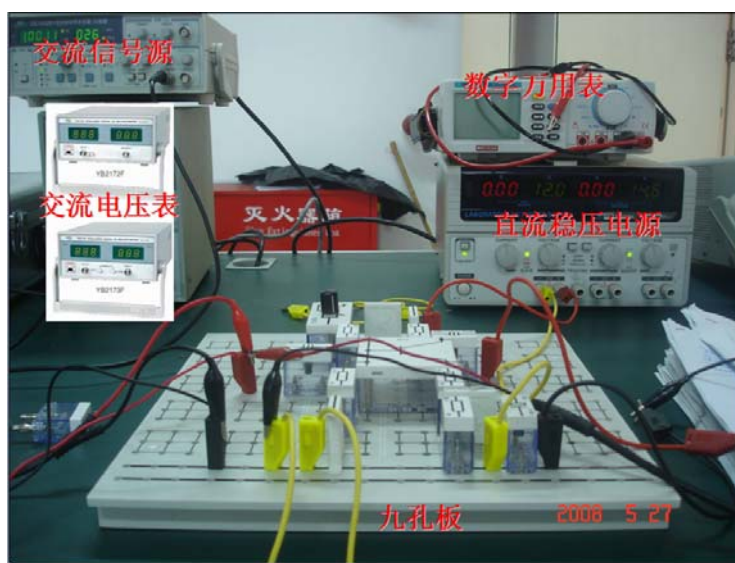
- **实验指导书:**电子文档《2015 电路与模拟电子技术课内实验安排及指导书》**或**参考教材《电工电子实验与 EDA 实践入门》(教材科有售 21 元)



桌号	学生代码	学生姓名	班 级	桌号	学生代码	学生姓名	班 级
1	左 14130001	胡安(外)	计算机 1401	22	左 141310215	陈文钦	计算机 1402
	右 141310101	施呈韵	计算机 1401		右 141310216	吕震	计算机 1402
2	左 141310102	赵思颀	计算机 1401	23	左 141310217	罗金	计算机 1402
	右 141310103	杨芳	计算机 1401		右 141310220	褚仪明	计算机 1402
3	左 141310104	张小倩	计算机 1401	24	左 141310221	黄顺棋	计算机 1402
	右 141310105	蒋影	计算机 1401		右 141310222	潘胡韬	计算机 1402
4	左 141310106	姜力新	计算机 1401	25	左 141310223	孙策	计算机 1402
	右 141310107	丁雨霞	计算机 1401		右 141310224	忻雍昌	计算机 1402
5	左 141310108	姚璐颖	计算机 1401	26	左 141310225	张严俊	计算机 1402
	右 141310109	刘丹	计算机 1401		右 141310226 ①	次桑	计算机 1402
6	左 141310110	张艺凡	计算机 1401	27	左 141310227	蹇岚	计算机 1402
	右 141310111	赵婉婷	计算机 1401		右 141330101	杨戈君	卓越网络 1401
7	左 141310112	黄嘉祥	计算机 1401	28	左 141330102	王小茶	卓越网络 1401
	右 141310113	周欢	计算机 1401		右 141330103	卢惠婷	卓越网络 1401
8	左 141310114	林树友	计算机 1401	29	左 141330104	卢海琴	卓越网络 1401
	右 141310115	孙汉林	计算机 1401		右 141330105	舒文婷	卓越网络 1401
9	左 141310116	周密	计算机 1401	30	左 141330106	郭春妍	卓越网络 1401
	右 141310117	王宇	计算机 1401		右 141330107	王凯伦	卓越网络 1401
10	左 141310118	隋新元	计算机 1401	31	左 141330108	卫燃	卓越网络 1401
	右 141310119	刘忠辉	计算机 1401		右 141330109	黄博谦	卓越网络 1401
11	左 141310121	黄启舜	计算机 1401	32	左 141330110	韦洪尧	卓越网络 1401
	右 141310122	马金成	计算机 1401		右 141330111	李涛	卓越网络 1401
12	左 141310123	施文俊	计算机 1401	33	左 141330112	朱德起	卓越网络 1401
	右 141310124	童心宇	计算机 1401		右 141330113 ①	于博	卓越网络 1401
13	左 141310125	杨天	计算机 1401	34	左 141330114	张立伟	卓越网络 1401
	右 141310126 ①	旦增巴桑	计算机 1401		右 141330115	孙瑶	卓越网络 1401
14	左 141310127	汪聪	计算机 1401	35	左 141330116	陈哲	卓越网络 1401
	右 141310128	王华	计算机 1401		右 141330117	谌奇凯	卓越网络 1401
15	左 141310201	魏樱	计算机 1402	36	左 141330118	伊尹	卓越网络 1401
	右 141310202	赵桓	计算机 1402		右 141330119	张峻铭	卓越网络 1401
16	左 141310203	时嫣	计算机 1402	37	左 141330120	冯君豪	卓越网络 1401
	右 141310204	曹慧	计算机 1402		右 141330121	李鼎天	卓越网络 1401
17	左 141310205	陆璐	计算机 1402	38	左 141330122	邱昕昊	卓越网络 1401
	右 141310206	李媛	计算机 1402		右 141330123	孙悦	卓越网络 1401
18	左 141310207	董芝伊	计算机 1402	39	左 141330124	杨海川	卓越网络 1401
	右 141310208	贺倩	计算机 1402		右 141330125	杨逸帆	卓越网络 1401
19	左 141310209	常皓钰	计算机 1402	40	左 141330126	姚逸清	卓越网络 1401
	右 141310210 ①	德宗拉	计算机 1402		右 141330127	章晨晨	卓越网络 1401
20	左 141310211	刘浩	计算机 1402	41	左 141330128	朱翔	卓越网络 1401
	右 141310212	薛豫诚	计算机 1402		右 141330129	胡双利	卓越网络 1401
21	左 141310213	李岳荣	计算机 1402	42	左 141330130	吴开涵	卓越网络 1401
	右 141310214	邢文彪	计算机 1402		右		

# 电路与模拟电子技术

## 实验指导书



东华大学电工电子实验中心

2015.3

# 目 录

---

实验注意事项 .....	5
实验一、仪器使用 .....	6
1. 数字式万用表 .....	6
2. 示波器的原理与使用 .....	9
3. 直流稳压电源 .....	20
4. 九孔板 .....	24
实验二、叠加原理 .....	26
实验三、等效电源定理 .....	30
实验四、单相半波整流电路 .....	34
实验五、共发射极单管交流放大电路 .....	37

# 实验注意事项

1. 本书实验，不要求做打星号“\*”的实验内容。
2. 实验按不同班级专业的情况，双人一组，分组决定后，中途不得任意改变桌号。
3. 学生在每次实验前应认真预习，编写预习报告，了解实验内容、仪器性能、使用方法以及注意事项等，同时画好必要的记录表格，以备实验时作原始记录。教师要检查学生的预习情况，未经预习者不得进行实验。
4. 学生上实验者不得迟到，对迟到者，教师可酌情停止其实验。
5. 非本次实验用的仪器设备，未经老师许可不得任意动用。
6. 实验时应听从教师指导。实验线路应简洁合理，导线的粗、细、长、短要选择得恰当，线路接好后应反复检查，确认无误时才接通电源。每当合闸通电时，应提醒同学注意，防止触电。
7. 实验必须严格按实验步骤进行，如实地记录实验情况和数据，积极思考，并随时注意读取数据是否合理。如发现错误，应加以纠正。
8. 实验时必须保持仪器设备在正常情况下运行。如发现故障或损坏，应立即切断电源，向教师报告。
9. 在直接使用 380/220V 市电作为实验电源时，应特别注意人生安全。换接线路时，必须切断电源。不要用手触及任何带电部分。对电子仪器，如发现机壳有麻电现象时，应及时报告指导教师。
10. 实验结束时，不要立即拆线，应先对实验记录进行仔细查阅，看看有无遗漏和错误，再提请指导教师查阅同意，然后才能拆线。拆线时要注意先切断电源。
11. 实验结束后，须将导线、仪器设备等整理好，恢复原位，并将原始数据填入正式表格中，经指导教师检查后，才能离开实验室。

# 实验一、仪器使用

## 1. 数字式万用表

### 1.1 数字万用表概述

万用表又称多用表，是一种可测量多种电量、多量程的便携式电工测量仪表。一般的万用表以测量电阻，交、直流电流，交、直流电压为主。有的万用表还可以用来测量音频电平、电容量、电感量和晶体管的 $\beta$ 值等。万用表的种类很多，按其读数方式可分为模拟式万用表和数字式万用表两类。模拟式万用表是通过指针在表盘上摆动角度的大小来指示被测量的数值，因此，又称为指针式万用表。由于价格便宜、使用方便、量程多、功能满足基本要求等优点深受使用者的欢迎。数字万用表是采用集成电路模/数转换器和液晶显示器，将被测量的数值直接以数字形式显示出来的一种电子测量仪表。数字万用表根据内部结构的不同，可以分为普通数字万用表和智能数字万用表。普通数字万用表是指采用数字电路或低档单片机来实现万用表的功能，它的主要特点是：实现的功能增多、集成芯片外围电路简单、测量较准确和读数方便直观等。其内部结构如图1-2-1所示。

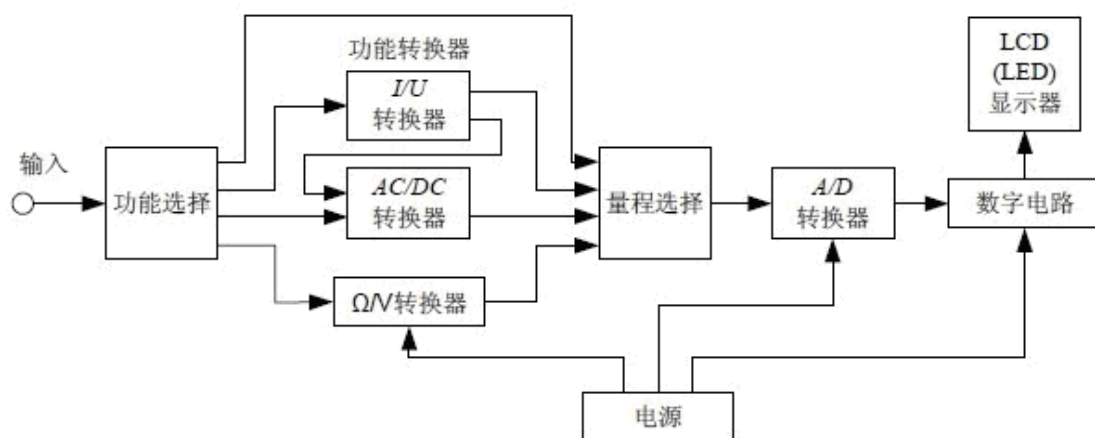


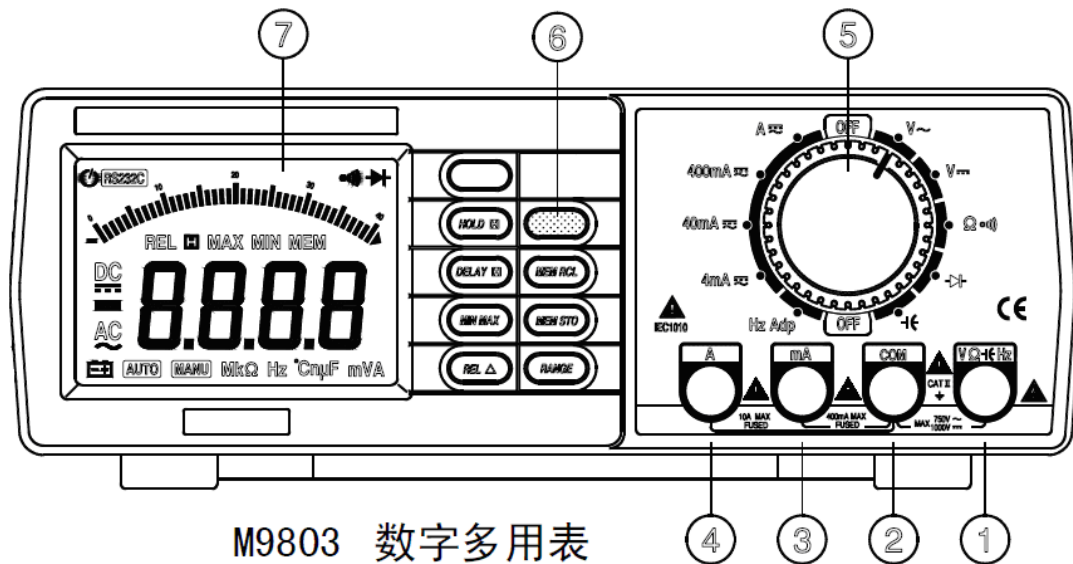
图 1-1-1 数字多用表内部结构

智能数字万用表是指利用DSP（数字信号处理器）、ARM（一种高级单片处理器）等芯片组成系统来实现万用表的功能。它的主要特点是：实现的功能全面并可扩充、全机电路复杂、测量精度高等特点。常用的数字万用表显示数字位数有三位半、四位半和五位半等。对应的数字显示最大值分别为1 999、19 999和199 999，并由此构成不同型号的数字万用表。

M9803 型数字万用表是一种功能齐全、操作方便、读数准确、体积小、携带方便的台式大屏幕液晶显示 3·3/4 位数字万用表，具有 0-4000 的计数能力。该仪表可用于测量直流电压和电流、交流电压和电流、电阻、电容、频率、二极管正向压降及作电路通断测试等。广泛用于实验室、野外维修、家用或其他应用场合，所有的功能和量程都具备过载保护。

### 1.2 M9803 数字万用表面板功能介绍

M9803 型数字万用表面板如图 1-1-2 所示。



M9803 数字多用表

图 1-1-2 M9803 型数字万用表面板图

(1) — 电压、电阻、二极管、频率测量输入端 **VΩHz**，是所有测量功能的正输入端（电流测量除外），使用时用红色测试线进行连接；

(2) — 公共端 **COM**，所有测量功能的负输入端（接地），使用时用黑色测试线进行连接；

(3) — 小电流测量输入端 **mA**，交、直流电流（400 mA 以下）测量功能的正输入端，使用时用红色测试线进行连接；

(4) — 大电流测量输入端 **A**，交、直流电流（10A 以下）测量功能的正输入端，使用时用红色测试线进行连接；大于10A的（交流）电流，要通过电流互感器（钳形表）间接测量。

(5) — 功能/量程选择旋钮，该旋钮共有12个档位，正好对应时钟钟面12个整点。其中6点和12点的位置为关闭。除了电流测量的量程由该旋钮手动选定外，交直流电压、电阻、电容、频率测量的量程，开机后均设定为AUTO，并自动显示测量单位。若测量电阻时，显示40.00MΩ，且字符“4”在闪烁，则为断路。

(6) — 功能/量程选择按键，共有9个按键。用于操作测量功能和量程的选择，所有的按键操作均为触发式的键操作，除非有特别的说明。通过按键操作可进入下列功能：

- 黄色按键（背光源按键）：可以通过按此键点亮或熄灭背光源。在直流电源（电池）供电工作时，背光源点亮约8秒钟后自动熄灭。
- 蓝色按键（功能选择按键）：在电阻测量和电路通断测试量程中，通过按此键进行电阻测量和电路通断测试功能的切换。在频率测量和ADP 测量中，通过按此键进行频率测量和ADP 测量功能的切换。在交、直流电流A 与mA 档测量量程中，通过按此键进行交流电流和直流电流测量功能的切换。
- 除了上述2个键，还有7个按键，分别是HOLD（数据保持），DELAY（延迟），MAX MIN（最大最小值），REL（相对值测量），RANGE（手动量程转换），MEM STO（数据存储），MEM RCL（数据调出）。各键的功能定义和用法请参考使用说明书。

(7) — LCD 液晶显示器，用于显示测量操作功能、测量结果以及单位符号等。

#### 蜂鸣提示

在下列情况之一出现时，蜂鸣器发出约2kHz 的蜂鸣声提示：

- 在进行按键操作时；
- 在出现超量程时，但电阻测量(Ω)、频率测量(Hz)、电路通断测试和二极管测试除外；
- 在所有电源都被关闭时；
- 在电路通断测试结果显示小于约 40 Ω 时。

## 1.3 数字万用表测量功能介绍

### 1、测量电压

功能/量程选择旋钮旋到电压档（交流电压档在 1 点钟位置，直流电压档在 2 点钟位置），将连接到右下角电压测量“V  $\Omega$  Hz”输入端的红色表笔接电路中的测量点，连接到公共端“COM”的黑色表笔接电路中的“地”，则此时显示屏上显示所测电压值及单位，并有 AC 或 DC 字样显示。测直流电压时，如果红、黑表笔互换，则读数前会相差一个负号。

### 2、测量电流

测电流前必须预先估算电流大小：如果电流在 400mA（直流为平均值，交流为有效值）以下，可将红色表笔插头插入 mA 档电流插孔，如果电流在 400mA 以上，10A 以下可将红色表笔插头插入 A 档电流插孔，黑色表笔插头仍插入公共端“COM”。功能/量程选择旋钮也转到电流档相应档位。如果不能确定电流的大小，则从量程最大的哪一档开始（第一次测量后再逐渐调小）。根据是交流电流还是直流电流，按蓝色按键切换，屏上有 AC 或 DC 字样显示。将两表笔串联接入待测支路（即暂时断开待测支路，将红黑两表笔分接断开处），则此时显示屏上读数为所测电流值及单位。注意测电流时不可将两表笔并联在具有电压的支路（或元件）两端。如（交流）电流有可能超过 10A，要用电流钳。

### 3、测量电阻

在路测量电阻时，必须先断开电源，然后至少断开电阻一端，功能/量程选择旋钮转到电阻档（3 点钟位置），红色表笔和黑色表笔的插孔位置与电压测量相同。将红笔和黑笔分接电阻两端，则此时屏上显示的为所测电阻值及单位。注意测量时不可双手捏住电阻两端。

### 4、测量二极管正向压降

将功能/量程选择旋钮转到二极管档（4 点钟位置），红色表笔和黑色表笔的插孔位置与电压测量相同。将红笔连接二极管的正极，黑笔连接二极管的负极，则此时显示屏上显示的为所测二极管的正向压降及单位。典型的电压降应该是大约 0.6V（硅二极管）或 0.3V（锗二极管）左右；如果二极管反偏或开路，则显示器显示的读数（开路电压）约为 3.0V 左右；二极管测试档设为固定量程 4.000V。

### 5、测量频率

将旋钮开关旋至频率测量档（7点钟位置），在该档除量程按键失效外，所有其它按键均为有效。可以通过按蓝色功能选择按键实现频率测量或ADP测量功能的切换。

频率测量的操作说明如下：

- (1) 将红、黑色表笔插头分别插入“V  $\Omega$  Hz”和“COM”输入端插孔；
- (2) 在频率测量时，不需要事先知道量程，仪表自动地设置最高分辨率的量程；
- (3) 输入信号强度不能大于输入电压极限（250V DC/AC RMS），但必须大于仪表的灵敏度；
- (4) 两表笔并联在频率源上，并在显示器上直接读取结果；
- (5) 频率测量为自动量程，无手动量程功能。

### 6、测量电容

电容测量的具体操作如下：

- (1) 将旋钮开关旋至电容测量档（5点钟位置）；
- (2) 所有的电容在测量前必须全部放电；

注：电容放电的一个安全途径是在电容两端跨接一个100k  $\Omega$  的电阻。



- (3) 选择能给出最精确的测量读数的测量量程或设置为自动量程；
  - (4) 连接鳄鱼夹到电容引线端或将电容引线端插入仪表的测量插座；
  - (5) 从显示器上直接读取电容值。电容测量的准确度可以通过首先使用相对测量显示按键（相对测量功能）置零而得到改善，在测量过程中仪表能够自动减去自身和测试线的分布电容。在进入相对测量功能后仍然可以选择手动量程功能进行测量；
- 注：电容的残留电压、绝缘阻抗的差异等都可能引起测量误差；在电容测量档除功能选择按键无效外，所有其他按键均为有效。

## 2. 示波器的原理与使用

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。它能把肉眼看不见的电信号变换成看得见的图像，便于人们研究各种电现象的变化过程。示波管利用由高速运动的电子组成的细电子束，轰击涂有荧光物质的屏面，就可产生细小的光点。电子束在被测信号放大后形成的偏转电场的作用下，就好像一支笔的笔尖，可以在屏面上描绘出被测信号的瞬时值的变化曲线。利用示波器能观察各种信号幅度随时间变化的波形曲线，还可以用它测量电信号各种不同的参数，如电压、电流、周期、频率、相位差、占空比等等。许多非电量信号，也可以通过传感器转换为电信号后，再用示波器观察、测量。现代的示波器还增加了许多新的功能，例如文字、数据显示，波形存储等等。

### 2.1 示波器的工作原理

普通示波器主要由示波管及其显示电路、垂直(Y轴)放大电路、水平(X轴)放大电路、扫描与同步电路、标准信号发生器、稳压电源等几个基本组成部分。

#### 1、示波管

示波管及其显示电路包括示波管及其控制电路两个部分。示波管是一种特殊的电子管，由电子枪、偏转系统和荧光屏 3 个部分组成。图 1-2-1 是示波管结构示意图。

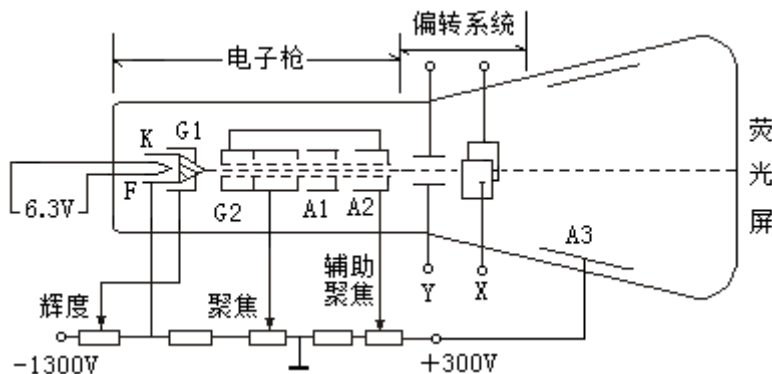


图 1-2-1 示波管结构示意图

#### (1) 电子枪

电子枪用于产生并形成高速、会聚成细束状的电子流，去轰击荧光屏使之发光。它主要由灯丝 F、阴极 K、栅极 G1、前加速极 G2，第一阳极 A1、第二阳极 A2 等组成。除灯丝外，其余电极的结构都为金属圆筒，且它们的轴心都保持在同一轴线上。示波管的灯丝通电后加热阴极，阴极表面涂有金属氧化物涂层，被加热后可发射大量电子；栅极是一个中心带有小孔的圆筒，电位相对阴极来说更负，一部分初速较低的电子被斥回阴极，只有初速较大的部分电子才能通过小孔沿轴向进入前加速极 G2，改变栅极电位可以改变通过小孔的电子数，也就是控制荧光屏上光点的辉度。阳极 A1、A2 的作用是加速和控制电子流。为了提高屏上光点亮度，又不降低对电子束偏转的灵敏度，现代示波管中，

在偏转系统和荧光屏之间还加上一个后加速阳极 A3。

第一阳极对阴极而言加有约几百伏的正电压。在第二阳极上加有一个比第一阳极更高的正电压。穿过栅极小孔的电子束，在第一阳极和第二阳极高电位的作用下，得到加速，向荧光屏方向作高速运动。由于电荷的同性相斥，电子束会逐渐散开。通过第一阳极、第二阳极之间电场的聚焦作用，使电子重新聚集起来并交汇于一点。适当控制第一阳极和第二阳极之间电位差的大小，便能使焦点刚好落在荧光屏上，显现一个光亮细小的圆点。改变第一阳极和第二阳极之间的电位差，可起调节光点聚焦的作用，这就是示波器的“聚焦”和“辅助聚焦”调节的原理。

## (2) 偏转系统

示波管的偏转系统大都是静电偏转式，它由两对相互垂直的平行金属板组成，分别称为水平偏转板 X 和垂直偏转板 Y。分别控制电子束在水平方向和垂直方向的运动。当电子束在偏转板之间运动时，如果偏转板上没有加电压，偏转板之间无电场，离开第二阳极后进入偏转系统的电子束将沿轴向运动，射向屏幕的中心。如果两块垂直偏转板 Y 有电压，偏转板 Y 间则形成电场，进入偏转系统的电子束会在偏转电场的作用下射向荧光屏。最后，电子束撞在荧光屏上的一点，这个点距离荧光屏 X 轴有一段距离，这段距离称为偏转量，用  $y$  表示。偏转量  $y$  与垂直偏转板上所加的电压  $V_y$  成正比。同理，在水平偏转板 X 上加有直流电压时，也发生类似情况，只是光点在水平方向上偏转。

## (3) 荧光屏

荧光屏位于示波管的终端，它的作用是将偏转后的电子束显示出来，以便观察。在示波器的荧光屏内壁涂有一层荧光物质，因而，荧光屏上受到高速电子冲击的地点就显现出荧光。此时光点的亮度决定于电子束中电子的数目、密度及其速度。改变控制极的电压时，电子束中电子的数目将随之改变，光点亮度也就改变。在使用示波器时，不宜让很亮的光点固定出现在示波管荧光屏一个位置上，否则该点荧光物质将因长期受电子冲击而烧坏。

## 2、垂直(Y轴)和水平(X轴)放大电路

一般的被测信号电压都要先经过垂直放大电路的放大，再到示波管的垂直偏转板 Y 上，以得到垂直方向的适当大小的图形。

扫描发生器产生一个与时间成线性关系的周期性锯齿波电压（又称扫描电压），则要经过水平放大电路的放大，加到水平偏转板 X 上，以得到水平方向的适当大小的图形。

## 3、扫描与同步电路

扫描电路产生一个锯齿波电压。该锯齿波电压的频率能在一定的范围内连续可调。锯齿波电压的作用是使示波管阴极发出的电子束在荧光屏上形成周期性的、与时间成正比的水平位移，即形成时间基线（垂直方向的被测信号为零时）。这样，才能把加在垂直方向的被测信号按时间的变化波形展现在荧光屏上。

## 4、波形显示原理

示波器的基本工作原理是用电子束撞击 CRT 的荧光屏来显示周期性变化信号的轨迹。一般示波器的垂直偏转板由被测信号电压控制，而水平偏转板由示波器内部产生的、与时间成线性关系的周期性锯齿波电压控制，则电子束在荧光屏上的垂直位移距离取决于被测信号的大小，水平位移距离取决于锯齿波信号的大小。这两个运动的合成，就是被测信号对时间的函数图像。如果未接入被测信号（相当于被测信号等于零），而仅将与时间成线性关系的周期性锯齿波电压接入 X 轴放大电路，则电子束仅在水平方向展开成一条水平亮线，称为时基扫描线。

为了在荧光屏上能看到被测信号电压稳定的图形，要求扫描电压  $u_x$  的周期  $T_x$  与 Y 轴输入的被测信号  $u_y$  的周期  $T_y$  之比  $n$  具有整数倍的关系，即

$$n = \frac{T_x}{T_y}$$

式中， $n$  应为正整数。当  $n=2$  时， $T_x=2T_y$ ，屏幕显示的波形如图 1-2-2 中。

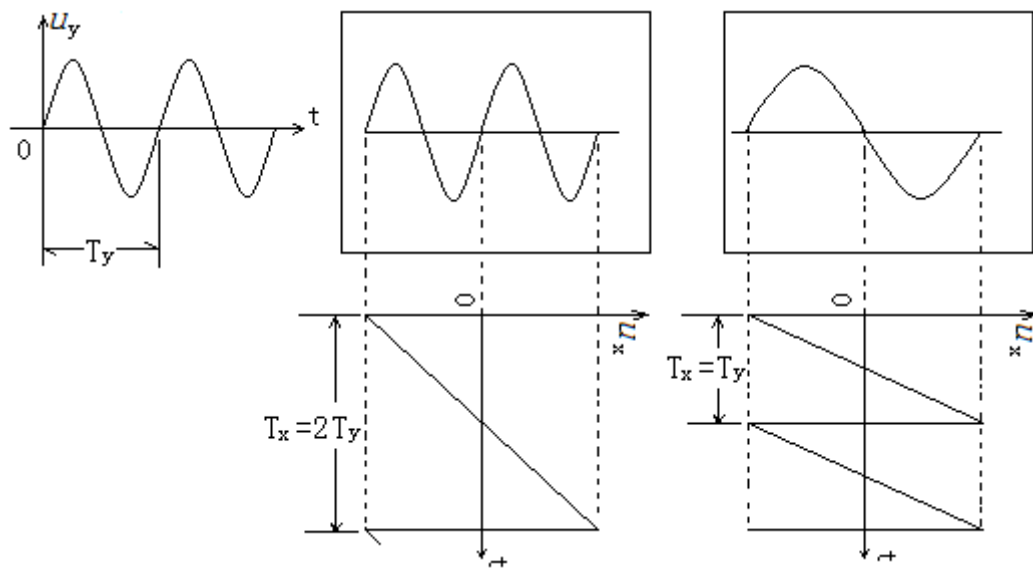


图 1-2-2 示波器显示波形原理

由示波器的功能可知，被测信号电压加到示波器的 Y 轴输入端，经垂直放大电路处理加于示波管的垂直偏转板。示波管的水平偏转电压，虽然多数情况都采用锯齿波电压(用于观察波形时)，但有时也采用其它的外加电压(用于测量频率、相位差等时)，因此在水平放大电路输入端有一个水平信号选择开关，以便按照需要选用示波器内部的锯齿波电压，或选用外加在 X 轴输入端上的其它电压作为水平偏转电压。

为了使荧光屏上显示的图形保持稳定，要求锯齿波电压信号的频率和被测信号的频率保持准确的倍数关系，即所谓同步。这样，不仅要求锯齿波电压的频率能连续调节，而且在产生锯齿波的电路还要输入一个同步信号。这样，对于只能产生连续扫描(即产生周而复始、连续不断的锯齿波)一种状态的简易示波器而言，需要在其扫描电路上输入一个与被观察信号频率相关的同步信号，以牵制锯齿波的振荡频率。为了适应各种需要，同步(或触发)信号可通过同步或触发信号选择开关来选择，通常来源有 3 个：①从垂直放大电路引来被测信号作为同步(或触发)信号，此信号称为“内同步”(或“内触发”)信号；②引入某种相关的外加信号为同步(或触发)信号，此信号称为“外同步”(或“外触发”)信号，该信号加在外同步(或外触发)输入端；③有些示波器的同步信号选择开关还有一档“LINE”，是由 220V，50Hz 电源电压，通过变压器次级降压后作为同步信号。

## 2.2 GOS-6031 示波器面板操作键及功能说明

GOS-6031 型双通道通用示波器可以同时显示两路输入信号波形，并可对信号进行测量和处理。以微处理器为核心的操作系统控制仪器的多种功能。使用光标，可从屏幕上的文字符号直接读出电压，时间，频率等参数；为了方便仪器的操作，有十组不同的面板设定可任意存储及调出。垂直偏转系统有两个输入通道，每一通道的垂直偏转灵敏度从 1mV/格到 20V/格，共有 14 档可供选择；水平偏转系统的提供从 0.2  $\mu$ s/格 到 0.5s/格，共 20 档的扫描时间。触发系统可在垂直偏转系统全带宽的范围内提供稳定的触发。

GOS-6031 型示波器的前面板如图 1-2-3 所示。可以分为显示器控制、垂直控制、水平控制和触发控制四部分，各个重要旋钮和按钮的名称、功能说明如下：

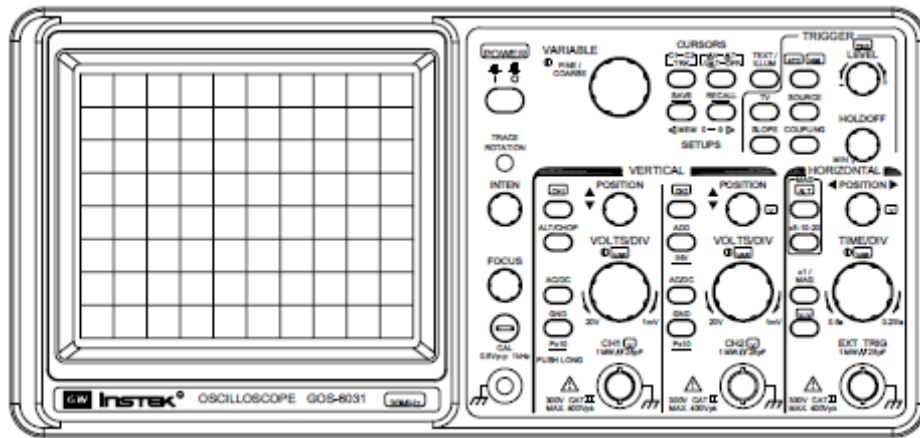


图1-2-3 GOS-6031 型示波器面板图

### 1、显示控制

显示控制钮调整屏幕上的波形，提供探头补偿的信号。显示控制部分在面板上的位置如图1-2-4所示。

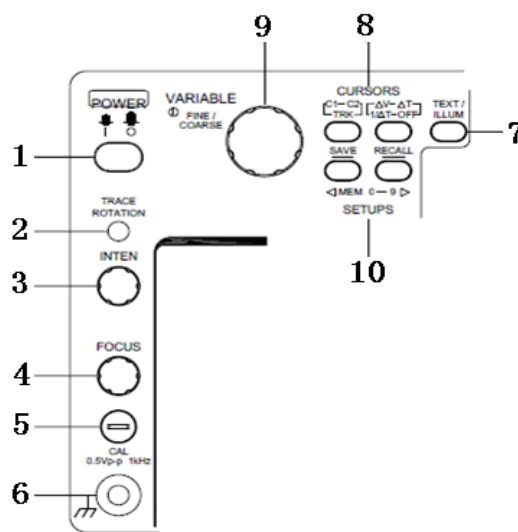


图1-2-4 GOS-6031 型示波器面板显示器控制部分

(1) — **POWER** 电源开关。当按下此键时，电源指示灯点亮，所有LED 先全亮，机器进行自检，然后执行上次开机时的设定。

(2) — **TRACE ROTATION** 扫描轨迹水平调整。使时基扫描线与水平刻度线平行，可用小螺丝刀来调整该电位器。

(3) — **INTEN** 辉度调节旋钮，或称亮度调节。可调节扫描轨迹的亮度。

(4) — **FOCUS** 聚焦调节旋钮。调节此按钮，可使屏幕上的波形及文字更清晰。

(5) — **CAL** 探头补偿校准信号端子。此端子输出一个0.5Vp-p（电压峰-峰值）、1kHz 的参考信号，可用于探头补偿校准，也可检查示波器本身（探头，输入放大，扫描，屏显）是否正常。

(6) — **Ground socket** 接地端子。用于仪器外壳接地。

(7) — **TEXT/ILLUM** 具有双重功能的控制按钮。这个按钮用于选择TEXT（屏显字符亮度调节）或ILLUM（刻度线照度调节）功能。以“TEXT”或“ILLUM”显示在屏幕右上角。TEXT/ILLUM功能和VARIABLE（9）旋钮相关。

(8) — **CURSORS MEASUREMENT FUNCTION** 光标量测功能。有两个按钮和VARIABLE

### (9) 旋钮联动操作。

1)  $\Delta V - \Delta T - 1/\Delta T - OFF$  按钮: 当此按钮按下时, 三个量测功能及OFF将以下面的次序被选中:

$\Delta V$ : 出现两条水平虚线光标, 根据垂直偏转灵敏度 (VOLTS/DIV) 的设置, 处理器可算出两条水平光标之间的电压差,  $\Delta V$  数值显示在屏幕上部。

$\Delta T$ : 出现两条垂直虚线光标, 根据水平偏转灵敏度 (TIME/DIV) 的设置, 处理器可算出两条垂直光标之间的时间差,  $\Delta T$  数值显示在屏幕上部。

$1/\Delta T$ : 出现两条垂直虚线光标, 根据水平偏转灵敏度 (TIME/DIV) 的设置, 处理器可算出两条垂直光标之间时间的倒数,  $1/\Delta T$  数值显示在屏幕上部。可用于求波形的频率。

OFF: 关闭光标功能。

2)  $C1 - C2 - TRK$  按钮: 按压此钮将以下面次序选择光标:

C1: 选中光标1 (C1虚线端部显示▼或▶符号)。此时旋动VARIABLE 旋钮, 仅C1移动;

C2: 选中光标2 (C2虚线端部显示▼或▶符号)。此时旋动VARIABLE 旋钮, 仅C2移动;

TRK: 同时选中光标1和2, 此时旋动VARIABLE 旋钮, C1C2同步移动, 保持两条虚线光标的间隔不变。

(9) — VARIABLE 调节旋钮, 在光标模式中, 按压VARIABLE 旋钮可以在Fine细调和Coarse粗调之间切换, 旋动此钮则移动光标。选择细调时, 光标移动得慢, 选择粗调时, 光标移动得快。

在TEXT/ILLUM模式中, 按压VARIABLE 旋钮可以关闭或打开TEXT (屏显字符亮度调节) 或ILLUM (刻度线照度调节)。顺时针旋转此钮增加屏显字符亮度或刻度线照明亮度。逆时针则减低。

## 2、垂直控制

垂直控制选择输出信号及控制信号在垂直方向上的显示。垂直控制部分在面板上的位置如图1-2-5所示。分为2个大致对称的部分, 各控制钮的功能说明如下:

(11) / (12) — CH1/ CH2 通道开/闭按钮, 按下时, 绿灯亮, 相应通道打开, 再次按下时, 绿灯灭, 相应通道关闭。

(13) / (14) — V POSITION 垂直位移控制旋钮。控制该通道波形的纵向位置。在X-Y 模式中, CH2 POSITION 可用来调节Y 轴信号偏转灵敏度。

(15) — ALT/CHOP, 交替/断续方式按钮, 仅在CH1、CH2双通道都开启时有效。

ALT — 交替方式。屏幕下方显示“ALT”。双通道工作时, 轮流以CH1和CH2的信号作同步。主要用于显示高频信号。此时, 两个通道的波形相位关系未“锁定”, 不可用于相位差测量。

CHOP — 断续方式。屏幕下方显示“CHOP”。扫描期间, 不断在CH1 和CH2 之间以250KHz的频率作断续扫描。两个通道的波形相位关系“锁定”, 可用于相位差测量。

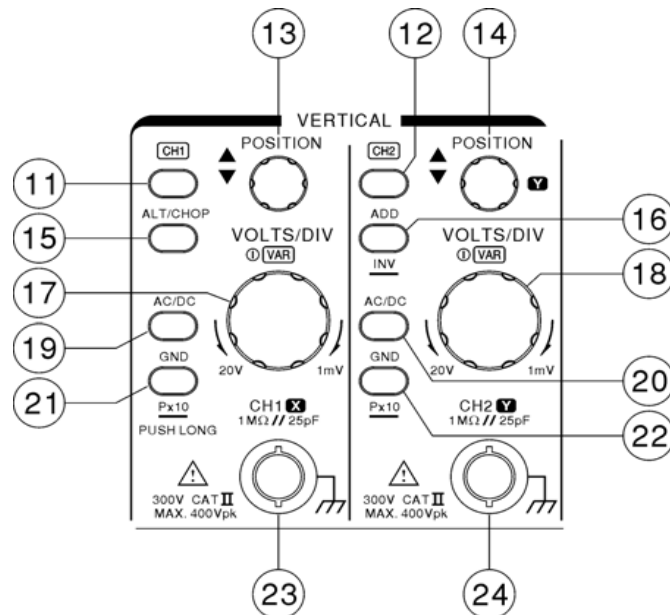


图1-2-5 GOS-6031 型示波器面板垂直控制部分

(16) — **ADD-INV** 相加和CH2反向功能按钮。

**ADD** — 屏幕下方显示“+”号表示相加模式。两个通道的信号将合成为一个信号显示。输入信号相加或是相减由相位关系和**INV** 的设定决定，为使测试正确，两个通道的垂直偏转灵敏度 (**VOLTS/DIV**) 应相等。

**INV** — 按住此钮数秒，设定CH2 反向功能，将会于屏幕下方显示“↓”号。反向功能会使CH2 信号垂直反转180° 显示。

(17) / (18) — **VOLTS/DIV** 垂直偏转灵敏度调节旋钮。从1mV/DIV到20V/DIV。（“DIV”的中文意思“格”，屏幕上约1 cm为1格）如果通道关闭，此钮自动无效。使用中本通道的垂直偏转灵敏度和其他信息都显示在屏幕下方。若按住此钮数秒则选择开启**VAR**（微调），红色LED点亮，屏幕下方以“>”符号显示表示处于非校准状态。此时可对本通道的垂直偏转灵敏度在1:2.5的范围内作连续调节。

(19) / (20) — **AC/DC**，输入耦合方式按钮。交流、直流耦合切换，以符号(~)或(≡)显示在屏幕下方。**AC**耦合时，信号的直流分量被电容隔离，不能进入垂直通道放大器，**DC**耦合时，信号的正负直流分量可以全部进入垂直通道放大器。

(21) / (22) — **GND-Px10** 接地按钮。按一下此钮，使垂直放大器的输入端接地，接地符号(⏏)显示在屏幕下方。再按一下，接地撤销。第二功能：按住此钮数秒，信号光迹在垂直方向的偏转乘以10倍，符号“P10”显示在屏幕下方。适用于与10倍衰减的探头配合。再按住此钮数秒，该功能撤销。

### 3、水平控制

水平控制可选择时基操作模式和调节水平偏转灵敏度，位移和信号的扩展。水平控制部分在面板上的位置如图1-2-6所示。各控制钮的功能说明如下：

(25) — **H POSITION** 水平位移控制旋钮。在X-Y 模式中，可调整X轴偏转灵敏度。

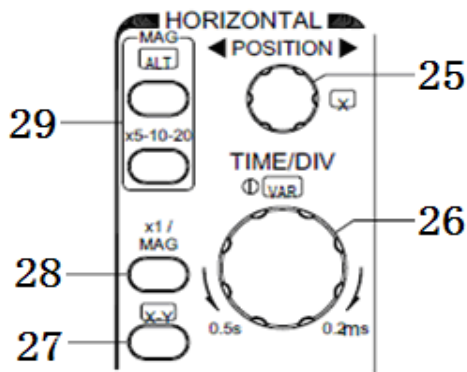


图1-2-6 GOS-6031 型示波器面板水平控制部分

(26) — **TIME/DIV** 扫描速度（即水平偏转灵敏度）选择旋钮。扫描速度（或称扫描时间系数）会显示在屏幕下方。旋动此钮，可在0.5s/DIV 到0.2 μs/DIV（DIV每格1cm）之间选择。若按住此钮数秒则选择开启**VAR**（微调），红色LED点亮，屏幕下方以“>”符号显示表示处于非校准状态。此时可对扫描速度在1:2.5的范围内作连续调节。

(27) — **X-Y**模式按钮。按住此钮数秒，可进入X-Y 模式，X-Y 符号将取代扫描速度显示在屏幕下方。在这个模式中，在CH1 输入端加入X（水平）信号，CH2 输入端加入Y（垂直）信号。Y 轴偏转灵敏度范围为1mV/DIV 到20V/DIV，带宽：500kHz。

(28) — 标准/扩展按钮，按下此按钮，将在×1（标准）和MAG（扩展）之间选择扫描时间。选择MAG功能，信号波形将会被水平扩展，倍数由按钮（29）决定。因此，仅一部分信号波形将被看见，调整H POSITION旋钮可以看到信号波形中其余的部分。

(29) — 有2个按钮，下钮：扩展倍率切换，x5-x10-x20 三档轮流切换；上钮：ALT MAG，可以同时显示原始波形和放大波形，放大波形显示在原始波形下面3格处。

#### 4、触发控制

触发控制决定两个通道信号的扫描起点。触发控制部分在面板上的位置如图1-2-7所示。各控制钮的功能说明如下：

(30) — **ATO/NML** 触发模式选择按钮。可在**ATO**（自动）和**NML**（常态）间切换，由LED 灯指示。

**ATO** 自动模式，无信号输入时，仍会显示时基扫描线。只有触发电平钮调整到新的电平设定时触发电平才会改变。适用于输入信号频率50Hz以上；实验中最为常用。

**NML** 常态模式，无信号输入时，屏幕无任何波形显示。有信号输入时，必须将触发电平调到合适位置，屏幕上才能显示信号波形。本模式适用于频率较低的周期信号或占空比小的脉冲信号。

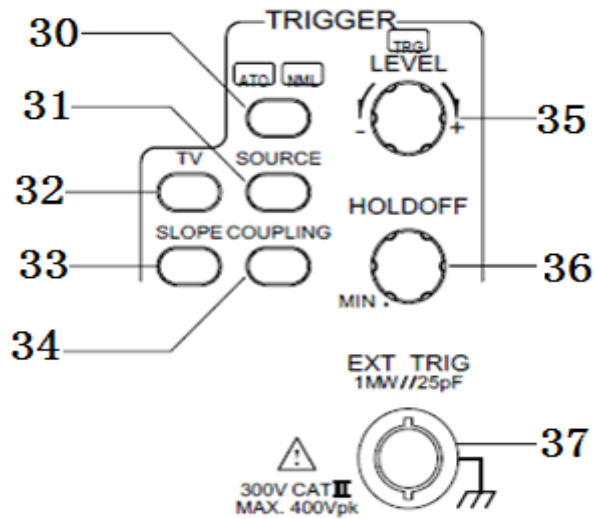


图1-2-7 GOS-6031 型示波器面板触发控制部分

(31) — **SOURCE** 触发信号源选择按钮。当按钮按下时，触发源以下列顺序改变：VERT—CH1—CH2—LINE—EXT—VERT。

VERT（垂直模式）：以垂直通道的输入信号作为触发信号。为了观察两个波形，同步信号将随着CH1 和CH2上的信号轮流改变。

CH1 触发信号源来自CH1 的输入信号，

CH2 触发信号源来自CH2 的输入信号。

LINE 触发信号源从交流电源取样波形获得。对显示与交流电源频率相关的波形极有帮助。上述触发源均为内触发。

EXT 外触发信号源，从外部连接器EXT TRIG输入，作为外部触发源信号。

(33) — **SLOPE**，触发边沿选择按钮。可在上升沿 $\uparrow$ 和下降沿 $\downarrow$ 之间切换。

(34) — **COUPLING** 触发耦合方式按钮。每次按下此钮，触发耦合以下列次序改变：AC交流—HFR高频衰减—LFR低频衰减—AC。简单信号一般选AC。

屏幕右下方实时显示这三项设定[Source, Slop, Coupling]，例如：CH1  $\uparrow$  AC。

(35) — **TRIGGER LEVEL** 触发电平旋钮。转动此钮调节触发信号电平，设定在适合的触发位置，开始波形触发扫描。顺时针调整控制钮，触发点向触发信号正峰值方向移动，反时针则向负峰值方向移动，当设定值超过观测波形的变化部分，稳定的扫描将停止。如果触发条件符合时，触发LED指示灯亮，波形不再移动。

(36) — **HOLD OFF** 持闭时间（在水平扫描的两个锯齿波之间插入一段关闭时间）调节旋钮。此旋钮是GOS示波器特设的。当调节触发电平旋钮不能获得稳定的触发时，你会发现旋动此钮时，波形移动的速度和方向会发生变化，直到屏幕上的波形移动速度变得非常慢时，再细调触发电平，就很容易获得同步。

## 2.3 CS-4125示波器面板操作键及功能说明

CS-4125示波器也是一种双通道通用示波器，其前面板如图1-2-8所示。现将主要控制部件介绍如下：

### 1、显示控制

#### (1) CRT(显示屏幕)

显示范围为垂直轴8格（80mm），水平轴10格（100mm）。为了使显示信号与刻度间不会产生视差，采用了标示于屏幕内侧的刻度。



(2) **POWER** (电源开关)

按下即为开启电源，指示灯亮。经预热后示波器可正常工作。再按一次即为关闭电源。

(3) **TRACE ROTA**(光迹旋转)

调整光迹与水平刻度线平行。

(4) **CAL** (校准信号)

此端子输出1Vp-p正极性，1KHz的方波校准信号。

(5) **INTENSITY** (辉度调节)

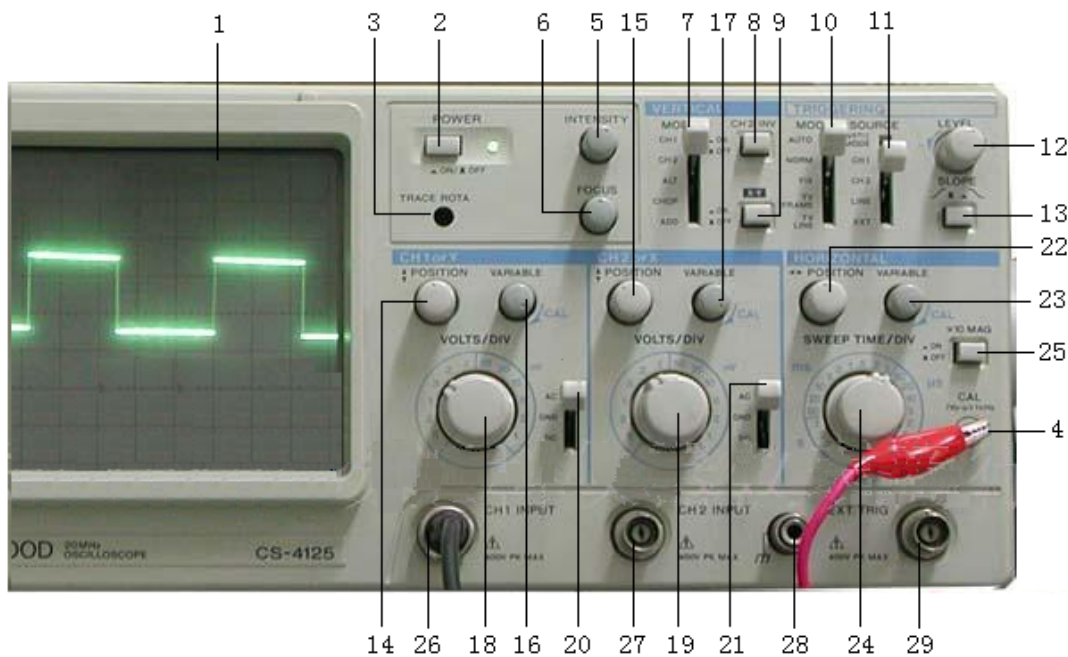


图1-2-8 CS-4125 示波器的前面板

(6) **FOCUS** (聚焦调节)

2、垂直控制一 (7) - (9)

(7) **VERTICAL MODE** (垂直系统工作方式选择)

CH1: 显示CH1的输入信号波形。

CH2: 显示CH2的输入信号波形。

ALT: 每次扫描交替显示CH1及CH2的输入信号，适用于同时观察两路频率较高的信号。

CHOP: 以150KHZ速率将两通道信号细分化，在两通道间快速交替显示，适用于观察频率较低的信号。

ADD: 显示两通道输入信号瞬时值的代数和 (CH1+CH2)。CH2极性键弹出，信号瞬时值相加，CH2极性键按入，信号瞬时值相减 (CH1-CH2)。

(8) **CH2 INV**

按下此键时，CH2输入信号极性被反相。

(9) **X-Y**

按下此键时，则VERTICAL MODE的设定变为无效，而是将CH1输入作为Y轴信号，CH2输入作为X轴信号的X-Y轴示波器。

3、触发控制 (10) - (13)

(10) **TRIGGERING MODE** (触发工作方式选择)

**AUTO**: 若垂直通道无信号输入，荧光屏有扫描光迹显示。一旦有信号输入，荧光屏自动显示信号波形。调节触发电平 (LEVEL) 可使显示波形稳定。此方式适合观察50Hz以上的信号。

**NORM**: 若垂直通道无信号输入，荧光屏上无光迹显示。有信号输入时，必须调节触发电平旋

钮到合适的位置，荧光屏上才能显示信号波形。此方式适合观察频率较低的信号或占空比小的脉冲信号。

**FIX:** 自动选择合适的触发电平，此时 调节LEVEL旋钮没有作用。

(11) **TRIGGER SOURCE** (触发电源选择)

**VERT MODE:** 触发信号源由垂直模式加以选择，其方式如表1-2-1所示：

表1-2-1

VERTICAL MODE	TRIGGER SOURCE
CH1	CH1
CH2	CH2
ALT	由CH1及CH2交替作用
CHOP	CH1
ADD	CH1、CH2的合成信号

**CH1:** 屏幕光迹扫描受CH1通道的输入信号控制触发。

**CH2:** 屏幕光迹扫描受CH2通道的输入信号控制触发。

**LINE:** 屏幕光迹扫描受市电电压信号控制触发。

**EXT:** 屏幕光迹扫描受外触发端EXT TRIG (29) 的输入信号控制触发。

(12) **LEVEL** (触发电平)

调节触发电平旋钮可选择信号波形显示的起始点的位置。

(13) **SLOPE** (触发极性)

用以选择光迹起始于信号波形的上升过零段 (+) 或下降过零段 (-)

#### 4、垂直控制二 (14) - (21)

(14) **CH1 POSITION** (垂直位移)

(15) **CH2 POSITION** (垂直位移)

分别调节CH1或CH2的光迹在垂直方向上的位置。

(16) **CH1 VARIABLE** (垂直偏转微调旋钮)

(17) **CH2 VARIABLE** (垂直偏转微调旋钮)

可分别对CH1或CH2垂直偏转灵敏度做两档间的连续调整，旋至CAL位置则为校准位置。

(18) **CH1 VOLTS/DIV** (垂直偏转灵敏度选择)

(19) **CH2 VOLTS/DIV** (垂直偏转灵敏度选择)

用来分别选择CH1或CH2的垂直偏转灵敏度系数，范围从1mV/div到5V/div (按1-2-5的倍率递进) 共12个档级。做定量测试时，要将**VARIABLE**垂直偏转微调旋钮顺时针旋到CAL校准位置，再根据本旋钮的档位和屏幕上波形的垂直刻度计算两点间的电压峰-峰值。输入信号电压峰-峰值 (交直流分量之和) 大于40V时，应选用有10倍衰减功能的探头。

(20) **CH1 AC-GND-DC** (输入信号耦合方式)

(21) **CH2 AC-GND-DC** (输入信号耦合方式)

可分别对CH1或CH2的输入信号耦合方式做选择。

#### 5、水平控制 (22) - (25)

(22) **H POSITION** (水平位移)

调节光迹在水平方向上的位置。

(23) **H VARIABLE** (水平偏转微调旋钮)

可对扫描时间系数做两档间的连续调整，右旋至CAL位置则为校准位置。

(24) **SWEEP TIME/DIV** (扫描时间量程选择)

用来选择扫描速度。范围从0.5s/DIV 到0.2 μs/DIV按1-2-5的倍率共分20个档级。做定量测试时，要将**VARIABLE**水平偏转微调旋钮顺时针旋到CAL校准位置，再根据本旋钮的档位和屏幕上波形的水平刻度计算两点间的时间。

(25) X10 MAG (波形横向放大10倍)

## 6、端子

(26) CH1 INPUT (被测信号1输入端)

(27) CH2 INPUT (被测信号2输入端)

(28) GND (接地端)

(29) EXT TRIG (外部触发输入端)

## 2.4 示波器使用方法简介

### 1、示波器机内校准信号测试

以 GOS-6031 示波器为例,确认电源线已经插入 220V 交流电插座,按下电源开关, POWER 指示灯亮,否则检查插座及电源。

将下列旋钮、按钮置于下列位置:垂直位移,水平位移,辉度调节:中间位置;垂直控制 CH1 通道:打开,CH1 通道绿灯亮;CH1 通道输入耦合方式:DC;触发方式:ATO;扫描速度 (TIME/DIV):1ms/div。CH1 的垂直偏转灵敏度调到 0.5V/div 左右。通道 1 的探头(钩子或红色鳄鱼夹)可以暂时先接地(接黑色鳄鱼夹),此时屏幕上应该可以看到时基扫描线。需要调节垂直位移和水平位移旋钮,使其居于屏幕中央。然后反复调整辉度和聚焦旋钮,使扫描线亮度适中,线条细而清晰。

下一步,通道 1 的探头松开黑色夹子,钩住(或夹住) — CAL (5) 探头补偿校准信号端子,仔细观察屏幕,应该能看到信号,但可能还在向左或向右移动。此时继续调节扫描速度和 CH1 的垂直偏转灵敏度调到 100mV/div,微调关闭;扫描速度调到 500 μs/div,微调关闭;并将 SOURCE 选择触发信号源按钮设为 CH1,触发耦合方式:AC;适当调节触发电平,直到同步,最后根据扫描速度 (TIME/DIV)、CH1 的垂直偏转灵敏度 (VOLTS/DIV) 验证该信号的电压峰-峰值和频率是否符合说明书注明的规格。

### 2、电压测量

测量时,一般将垂直控制的垂直偏转 Variable (微调) 旋钮调至 CAL (校准) 位置。这样可以按 Volts/div 旋钮的档位和屏幕上波形的垂直刻度计算两点间的电压峰-峰值。

仅测交流电压时,输入耦合方式应选“AC”。调触发电平“LEVEL”使波形稳定。调垂直偏转灵敏度和扫描速度使波形大小合适,调 POSITION 垂直位移旋钮,将交流电压的某个峰值移到与某水平刻度线重合,测出波形峰-峰值垂直距离格数。

测量直流电压或含有直流分量的电压时,应将输入耦合方式先接“GND”,调 POSITION 垂直位移旋钮,将 0 电平时基扫描线移到与某水平刻度线重合,并记住。然后将输入耦合方式调到“DC”。调触发电平“LEVEL”使波形稳定。根据波形到 0 电平时基扫描线的垂直距离格数,及 VOLTS/DIV 旋钮的档位,结合测量探头的衰减倍数代入下式:

$$V_{p-p} = V / \text{div} \times H(\text{div}) \times \alpha$$

上式中: V/div 是所选 Volts/div 旋钮的档位,单位是 V 或 mV 每格;

H(div)是波形到 0 电平线的垂直距离格数;

$\alpha$  是测量探头的衰减倍数(1 或 10)。

### 3、时间测量

测量时,一般将水平控制的扫描速度的 Variable (微调) 旋钮调至 CAL (校准) 位置。这样可以按 TIME/DIV 扫描速度旋钮的档位和屏幕上波形的水平刻度计算两点间的时间值。

信号波形稳定以后,适当调节 VOLTS/DIV 旋钮和 TIME/DIV 旋钮,使屏幕上显示 1-2 个完整的周期,调 POSITION 水平位移旋钮,使某个峰值点移到与某垂直刻度线重合,测出波形相邻的两个峰值点间的水平距离格数。结合 TIME/DIV 旋钮的档位,可以算出信号的周期,取倒数即为频率。

### 4、两个相关信号的相位差测量

要测量 2 个信号的相位差,前提条件是这 2 个信号的频率相同。同频率的信号才能比较相位差,否则无意义。

测量时,将水平控制的扫描速度 Variable (微调) 旋钮调至 CAL (校准) 位置。

打开 CH1、CH2,输入耦合方式先接“GND”,调垂直位移旋钮,将两个通道的时基扫描线都调

到与某一水平刻度线重合。

分别从 CH1、CH2 输入信号，输入耦合方式选“AC”，触发源选择 CH1，显示模式选“CHOP”，调触发电平，使信号波形稳定显示。

调扫描速度 TIME/DIV 旋钮，使屏幕上显示 1-2 个完整的周期。调水平位移，测出信号波形一个完整周期的格数  $m$ ，以及两信号之间同相位点间的相位差格数  $n$ ，则相位差  $x$  由下式决定：

$$n/m = x/360 \text{ (度)}$$

#### 5、示波器使用注意点：

- 信号输入探头：探头（或红色夹子）接被测信号，黑色夹子接信号地（参考点），两个黑色夹子在示波器内部短接，并接电源插头的接地端。所以观察同一电路的 2 个信号时，只需一个黑夹子接地。同时注意与交流电源的共地问题。
- 有的探头有衰减开关，有  $\times 10$  和  $\times 1$  两档可选择， $\times 10$  即衰减 10 倍， $\times 1$  不衰减。
- 输入信号耦合方式有 AC 和 DC 两种，AC 只显示交流分量，但 DC 不只是显示直流分量，而是显示交直流分量叠加在一起的全信号。

- 触发方式或称触发模式：

**AUTO (ATO)**：被测信号未被输入或触发条件不满足时，锯齿波扫描信号仍能自动产生，屏幕可以显示时基扫描线，触发电平可调，实验中最常用。

**NORMAL (NML 或 NORM)**：在被测信号未被输入或触发条件不满足时，锯齿波扫描信号不能产生。屏幕无显示。在被测信号频率较低或是占空比较小的脉冲信号时可用，然后细调触发电平旋钮。

如选触发模式 FIX，则自动产生合适的触发电平，调触发电平旋钮无效。

- 触发源 SOURCE 选择：

触发源的选项，如不算视频同步信号，有 CH1、CH2、LINE、EXT、VERT 五种。通常，显示单个信号时，信号从哪个通道输入，就选哪个通道作为触发源；X-Y 方式时，可选 EXT。对于 VERT 方式，实际上触发源还要根据垂直显示方式自动做如下选择：

垂直显示模式	触发源
CH1（单踪）	CH1
CH2（单踪）	CH2
ALT（双踪）	CH1、CH2 交替切换，可稳定显示两路不同频率的信号；
CHOP（双踪）	CH1 可以观察两路同频信号的相位差，频率不同，不能稳定。
ADD	CH1

所以，显示两个周期性信号，不关心两者相位关系时，触发源可以选 VERT，垂直显示方式选 ALT，关心两者相位关系时，触发源选 CH1，垂直显示方式选 CHOP。

- 显示波形时，亮度不宜过亮，以延长示波管的寿命。若中途暂时不观测波形，应将亮度调低。

## 3. 直流稳压电源

### 3.1 直流稳定电源 GPS3303C 及参数特点

GPS-3303C 型直流稳定电源，是一种有三路输出的高精度直流稳定电源，如图1-3-1所示。其中二路为输出可调、稳压与稳流可转换的稳定电源，另一路为输出电压固定为5V 的稳压电源。二路可调电源既可以单独使用，也可进行串联、并联运用。在串联或并联时，只需对主路CH1电源的输出进行调节，从路CH2电源的输出严格跟踪CH1。4组3位数字显示器，可同时显示两组电压及电流；可以自动在恒压和恒流状态下转换；具有过载及反向极性保护功能；具有输出 Enable/Disable 控制；且具有温度控制散热风扇转速等等功能。其中两个通道可以输出电压0-30V，输出电流可以达到0-3A，在串联运行时输出电压可以达到0-60V，输出电流0-3A； 并联运行时输出电流可以达到0-6A，输出电压0-30V。同时第三通道CH3可以输出固定5V电压，最大电流为3A。

### 3.2 GPS-3303C 直流稳定电源面板介绍

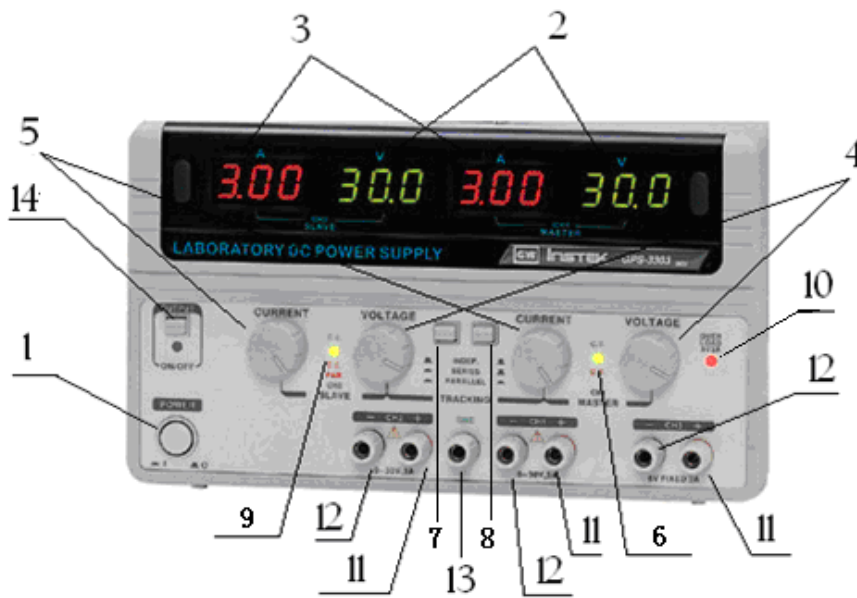


图 1-3-1 GPS-3303C 型直流稳压电源面板图

- 1 **POWER**—电源开关，按下时打开电源，弹出时关闭电源。
- 2 **Meter V** —数显电压表，分别显示CH1或CH2 的输出电压。注意：CH1在右，CH2在左。
- 3 **Meter A** —数显电流表，分别显示CH1或CH2 的输出电流。
- 4 **VOLTAGE** —电压调节旋钮， 分别调节 CH1 或 CH2 的输出电压。
- 5 **CURRENT** —电流调节旋钮， 分别调节 CH1 或 CH2 的输出电流。
- 6 **C.V./C.C.**—(CH1侧)恒压/恒流指示灯。C.V.=Constant Voltage; C.C.= Constant Current。当CH1 输出在恒压源状态时，C.V.灯（绿色）亮；当CH1输出在恒流源状态时，C.C.灯（红色）亮。
- 7,8 **TRACKING**—工作模式按键，有三种情况：两个键都未按下：CH1、CH2独立工作；左键按下，右键未按，串联追踪模式；左右键都按下：并联追踪模式。串联或并联时，CH1的电压调节、电流调节旋钮控制CH1的输出，CH2完全追踪CH1。
- 9 **C.V./C.C.**—(CH2侧)恒压/恒流指示灯。当CH2 输出在恒压源状态时，C.V.灯（绿色）亮；当CH2 输出在恒流源状态或并联追踪模式下的恒流源状态时，C.C.灯（红色）亮。
- 10 **OVERLOAD** — 过载指示灯。当 CH3 输出电流大于额定值时，红灯亮，需要减小输出电流，才能恢复。
- 11 “+” — 分别为CH1、CH2、CH3 正极输出端子；注意CH1在接地端子右侧。
- 12 “-” — 分别为CH1、CH2、CH3 负极输出端子；
- 13 **GND** — 接地端子；
- 14 **OUTPUT** 输出按键及指示灯。打开/关闭输出；有电压输出时，指示灯亮；**CH3** —固定+5V 电压输出，不可调节；

### 3.3 直流稳定电源功能介绍

#### 1、恒压输出

可以输出 0-30V 恒定电压，按下电源按钮，使用 CH1 通道为例：旋动 CH1 通道电压旋钮将输出电压调到所需要的值，旋动 CH1 通道电流旋钮设定最大允许电流，此时串并联按钮处于弹出状态，将 CH1 通道的红色端子引出一根导线做正极，黑色端子引出一根导线做负极，接入实验电路，恒压输出时，绿色的 C.V.恒压指示灯亮，按下 OUTPUT 按钮，即实现恒压输出，如图 1-3-2 所示。



图 1-3-2 GPS-3303C 型直流稳压电源输出电压图

## 2、恒流输出

选择 CH1 或者 CH2 中的任何一个通道，用两根导线分别将所选择的那个通道的正负极引出，将电压旋钮旋至最大，即右旋到底，电流旋钮调至最小，然后顺时针慢慢增大电流到所需要的值，按下 OUTPUT 按钮，此时红色的 C.C.指示灯亮，增大负载电阻时，电源会自动增大输出电压，使电流输出恒定。

## 3、输出正负电压

可以输出最大±30V 恒定电压，一种方法是：选择 CH1、CH2 独立工作模式，将 CH1 和 CH2 电压旋钮都旋到所需要的电压值（比如 12V），然后将 CH1 的负端和 CH2 的正端连接在一起，并用一根导线连接出来作为线路的地线，将 CH1 的正端引出一根导线，作为电源的正极，将 CH2 的负端引出一根导线作为电源的负极，这样从 CH1 正极出来的为+12V，从 CH2 负极出来的为-12V,从而实现了输出正负电压的功能，按下 OUTPUT 按钮，即可输出。如图 1-3-3 所示



图 1-3-3 GPS-3303C 型直流稳压电源输出正负电压接线图

## 4、恒定 5V 电压输出

将 CH3（在右下角）的正负极各引出一根导线作为电源的正负极，按下 OUTPUT 按钮，此时输出为 5V 恒定电压。

## 5、双电源的几种接线方式

CH1、CH2 两组电源有三种工作模式：

- (1) INDEP(independent)两路独立，7,8 两键全未按下，对应的接线方式如图 1-3-4 (a)。
- (2) SERIES tracking 串联跟踪，7 键按下，8 键未按下，对应的接线方式如图 1-3-4 (b) 单电源和 (c) 正负双电源。电源内部的连线是机器自动连接的。
- (3) PARALLEL tracking 并联跟踪，7,8 两键全按下，对应的接线方式如图 1-3-4 (d)。电源内部的连线是机器自动连接的。

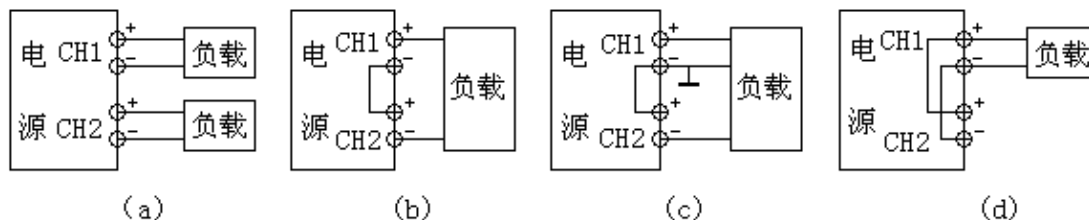


图 1-3-4 双电源的几种接线方式

## 6、恒电压/恒电流的特性(Constant Voltage/Constant Current)

本系列电源的工作特性为恒电压/恒电流自动交越的形式，即当输出电流达到预定值时，可自动将电压稳定转变为电流稳定的供电方式，反之亦然。而恒电压和恒电流交点称之为交越点(Crossover Point)，如图 1-3-5 所示交越点和负载相对关系特性图。

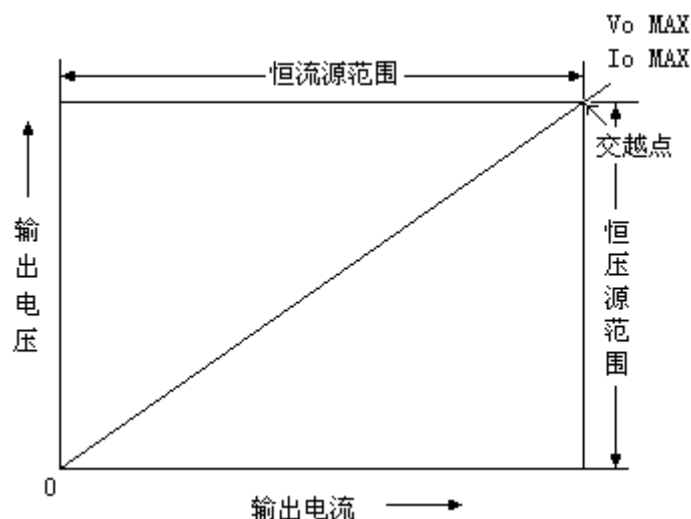
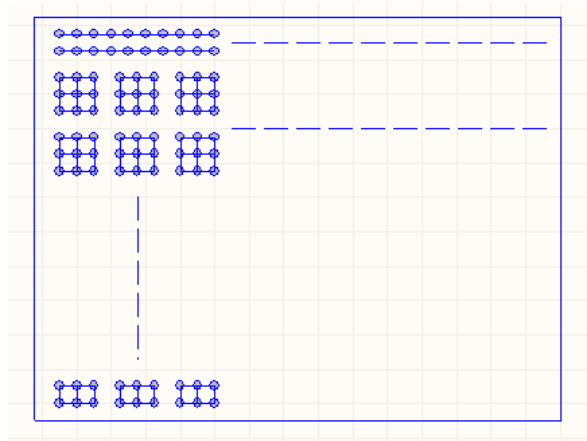


图1-3-5 交越点和负载相对关系特性图

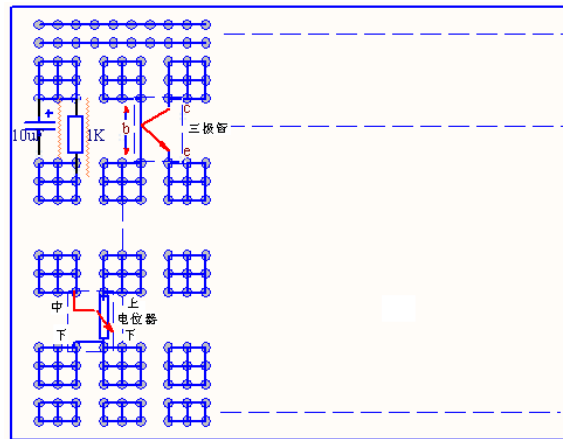
例如，有一负载使其工作电压在恒定电压状态下运作，以提供其所需的输出电压，此时，输出电压停留在一额定电压点，进而增加负载电流直到限流点(Current Limit)的界限。在此点，输出电流成为一恒定电流，且输出电压将有微量比例，甚至更多电压下降。从面板的LED 显示，可以看到当红色C.C.灯亮时，表示电源工作在恒电流状态。

## 4. 九孔板

九孔板用于电路与模拟电路的所有实验，使用的是专用的器件与模块，优点是接触可靠。九孔板面板结构如下图：



板的上面有两排用黑线连接的孔，表示这些孔是连在一起的，主要用于引接电源，其中间往下有许多用黑线连接的9孔、6孔，这些孔相当于一个节点，节点互相之间没有关系，孔用于连接导线和器件，使用专用的器件和专用的导线，便可以连接我们所需要的实验电路，器件的摆放如下图：





九孔板主要应用于电路及模拟电子电路的实验，使用的是专用的器件与模块，优点是接触可靠，面板结构如图 1-4-3 所示。

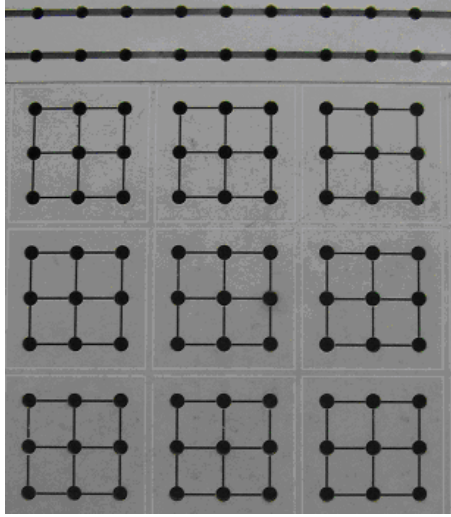


图 1-4-3 九孔板面板图

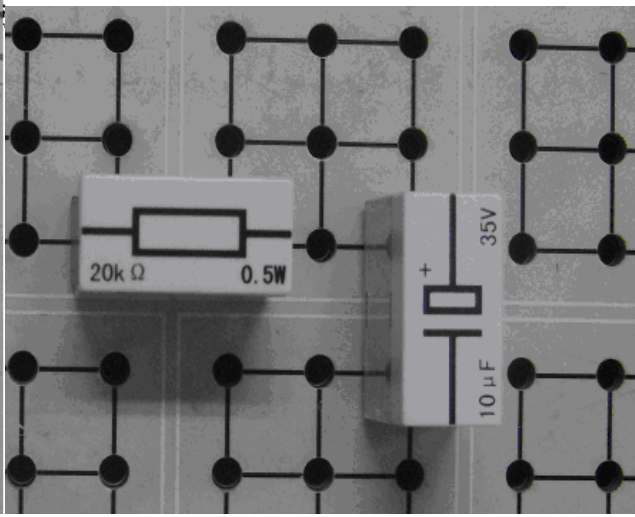


图 1-4-4 九孔板元器件的摆放图

九孔板的上面有两排用黑线连接的孔，表示这些孔的内部是连接在一起的，但两排之间并未连接。常将此两排孔用于连接电源或者接地。中间部分有许多用黑线作田字形连接的 9 孔，这 9 个孔相当于一个结点，（另有一部分 6 孔也是同样道理）结点间没有连接关系，用于连接器件和导线，使用专用的器件和导线，便可以连接我们所需要的实验电路，器件的摆放如图 1-4-4 所示。

# 实验二、叠加原理

## 一、实验目的

- 1、用实验的方法验证线性电路适用叠加原理。
- 2、用实验结果验证基尔霍夫定律。
- 3、通过实验加深对电路参考方向的理解和掌握。

## 二、实验原理

叠加原理是分析和计算线性电路常用的网络定理,它反映了线性电路中电流或电压的比例性和叠加性这一基本特性。

叠加原理指出:在有多多个独立电源共同作用的线性电路中,通过任意一条支路(或元件)的电流或其两端的电压等于各独立电源分别单独作用时在该支路(或元件)中所产生的电流或电压的代数和。

应用叠加原理时应注意:

- 1、计算或测量某一个(或某一组)独立电源单独作用时任一支路的电流或电压,应将其余不作用的电源去除,但应保留其内阻。即:理想电压源(恒压源)短路,理想电流源(恒流源)开路。
- 2、电路的参考方向是任意设定的。若某电路元件的电压、电流的实际方向与参考方向相同,取正值,反之取负值。习惯上,我们将无源元件的电压和电流的参考方向取为一致,称为关联参考方向;对于独立电源,则将其电压和电流的参考方向取为相反。

## 三、实验内容和步骤

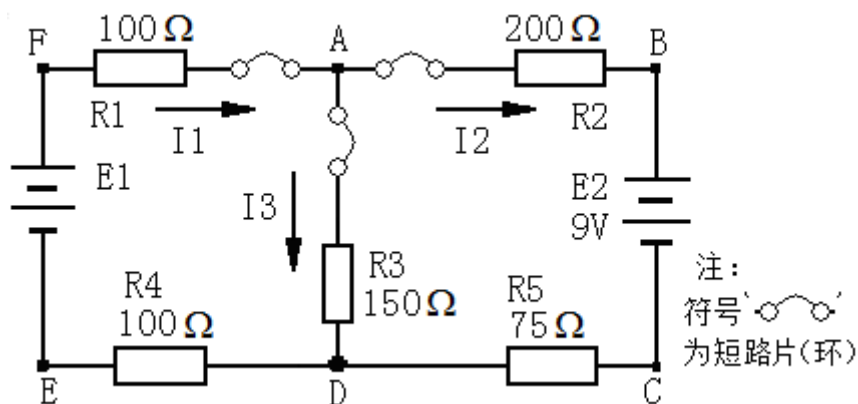


图 2-1 叠加原理实验参考电路图

- 1、按图 2-1 接线,图中细弧线处为电流测量点,用短路片(或短导线)连接。测该支路电流时,接入电流表,拔出短路片;测量完毕移去电流表,短路片恢复原位。
- 2、令电源  $E_1=6V$  单独作用:用数字万用表测量并精调(下同),将  $E_1$  调到  $6V$ ,  $E_2$  不作用。测量各支路电流和指定结点间的电压,并记录在表 2-1 中。
- 3、令电源  $E_1=12V$  单独作用,  $E_2$  不作用,测量各支路电流和电压,并记录在表 2-1 中。
- 4、令电源  $E_2=9V$  单独作用,  $E_1$  不作用,测量各支路电流和电压,并记录在表 2-1 中。
- 5、令电源  $E_1=12V$ 、 $E_2=9V$  同时作用,测量各支路电流和电压,并记录在表 2-1 中。

表 2-1 不同情况下各支路电流和电压测量记录表

测量项目	E <sub>1</sub> (V)	E <sub>2</sub> (V)	I <sub>1</sub> (mA)	I <sub>2</sub> (mA)	I <sub>3</sub> (mA)	U <sub>AB</sub> (V)	U <sub>CD</sub> (V)	U <sub>AD</sub> (V)	U <sub>DE</sub> (V)	U <sub>AF</sub> (V)
E <sub>1</sub> =6V 单独作用										
E <sub>1</sub> =12V 单独作用										
E <sub>2</sub> =9V 单独作用										
E <sub>1</sub> 、E <sub>2</sub> 不变同时作用										

注意：E<sub>1</sub> 单独作用，E<sub>2</sub> 不作用，是指先去除电源 E<sub>2</sub> 的连线，将实验参考电路中原来接 E<sub>2</sub> 的两个端点 B，C 短接。当下一步实验需要 E<sub>2</sub> 电源时，注意先要将短路片(或短路导线)去除，再接入电源。防止电源被短路！！

电流表和电压表表棒接法与读数的正负：

(1) 指针式电流表：电流表的+、一端分别对应图中电流参考方向箭头的始端和末端，称为电流表与参考方向同向。若此时电流表的指针正向偏转，读数记为正值；指针反向偏转，则把电流表的+、一端对换，读数记为负值；

由于指针式电流表指针反偏扭矩过大时，容易打坏指针，故最好在接入电流表前先估算电流大小和方向，或从电流测量点两端分别引出导线试碰触电流表的+、一端子，以判断电流方向。

(2) 数字式电流表：测电流使用小型数字式万用表的电流档。电流表的红色/黑色表棒分别接图中电流参考方向箭头的始端和末端，则电流表与参考方向同向。此时电流读数的正/负与实际值一致。

(3) 测电压使用大型数字万用表的电压档。电压一般用双下标表示。红表棒接双下标第一个字母代表的结点，黑表棒接双下标第二个字母代表的结点，则电压表与参考方向同向，读数的正/负与实际值一致。

#### 6、叠加原理和基尔霍夫定律的验证

验证比例性：比较表 2-1 第一行和第二行各数据，除 E<sub>2</sub> 列外，其它各列参数是否满足比例性。

验证叠加性：E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub> 同时作用：表 2-2 中的“实验叠加结果”是指表 2-1 中 E<sub>1</sub> =12V、E<sub>2</sub>=9V 时分别单独作用的叠加（即第二行第三行各参数数值之代数和），“理论计算值”是按图 2-1 各参数进行理论计算的结果。

表 2-2 各支路电流和电压的实验叠加结果及其理论计算表

计算项目	I <sub>1</sub> (mA)	I <sub>2</sub> (mA)	I <sub>3</sub> (mA)	U <sub>AB</sub> (V)	U <sub>CD</sub> (V)	U <sub>AD</sub> (V)	U <sub>DE</sub> (V)	U <sub>AF</sub> (V)
实验叠加结果								
理论计算值								

验证基尔霍夫定律：实验测量结果是否符合基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律？怎样验证？写出你的验证公式及验证过程。如果有误差，分析可能的原因。

#### 7、\* 在图 2-1 的基础上在 R<sub>3</sub> 支路中增加二极管 D<sub>1</sub> (1N4007)，如图 2-2，重做上面的第 2 到第 6 项，并将测量结果填入表 2-3。

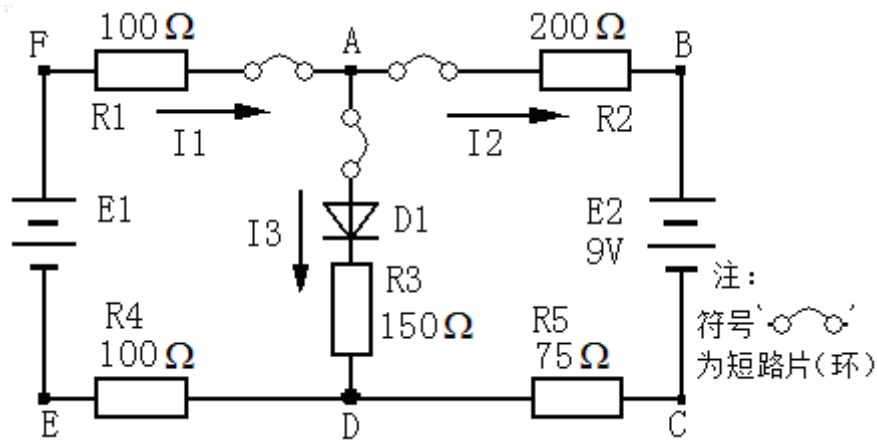


图 2-2 带有二极管的叠加原理实验参考电路图

表 2-3

测量项目	E <sub>1</sub> (V)	E <sub>2</sub> (V)	I <sub>1</sub> (mA)	I <sub>2</sub> (mA)	I <sub>3</sub> (mA)	U <sub>AB</sub> (V)	U <sub>CD</sub> (V)	U <sub>AD</sub> (V)	U <sub>DE</sub> (V)	U <sub>AF</sub> (V)
E <sub>1</sub> =6V 单独作用										
E <sub>1</sub> =12V 单独作用										
E <sub>2</sub> =9V 单独作用										
E <sub>1</sub> 、E <sub>2</sub> 不变同时作用										

#### 四、实验设备与器材

可调直流稳压电源 数字万用表 直流电流表 电工电子基本模块系统（九孔板）

#### 五、预习内容

- 1、复习叠加原理和基尔霍夫电压定律和电流定律的基本概念和表达形式。
- 2、了解操作步骤，大致估算被测电压、电流的数值范围。
- 3、可进行仿真实验。例如：在 Multisim 工作区放置 5 个电阻，1 个直流电源，E<sub>2</sub> 暂时不放，修改电阻参数(点击电阻图标 => 点击右键，弹出菜单=>选 Properties，修改电阻值)，3 个短路片处放置 3 个电流表（在 Indicator 元件库内），连线完毕，按下仿真开关，记录结果。（思考：怎样测电压？）

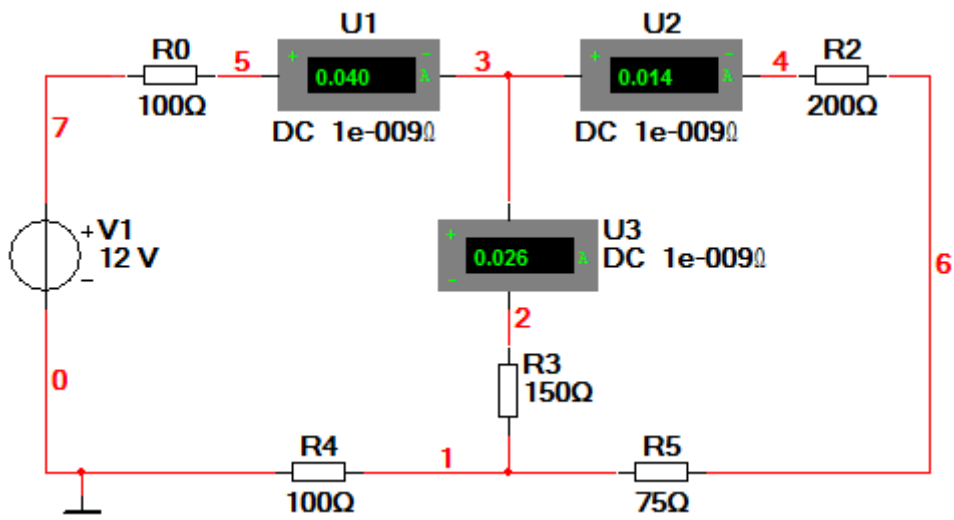


图 2-3 12V 电源单独作用时的仿真电路

## 六、实验思考题

- 1、图 2-1 电路中各元件的功率能否叠加？为什么？
- 2、对实验数据可能存在的误差进行分析。最有可能的原因分别是什么？

## 七、实验报告要求

- 1、根据实验数据，验证电路图 2-1 是否满足比例性、叠加性与基尔霍夫电压定律和电流定律。
- 2、\*根据实验数据，验证电路图 2-2 是否满足比例性、叠加性与基尔霍夫电压定律和电流定律。

# 实验三、等效电源定理

## 一、实验目的

- 1、用实验方法验证等效电源定理（戴维宁定理/\*诺顿定理）。
- 2、用实验方法确定等效电源定理中的等效电动势  $E_0$  和等效电阻  $R_0$ 。
- 3、学习可调直流稳压电源和数字式万用表直流电压档的使用。

## 二、实验原理

### 1、戴维宁定理

任何一个**线性**有源二端网络都可以用一个电动势为  $E_0$  的理想电压源和内阻  $R_0$  相串联的电源来等效代替。该等效电源的电动势  $E_0$  等于有源二端网络的开路电压  $U_{oc}$ ，即负载断开后 A, B 两端口之间的电压。等效电源的内阻  $R_0$  等于将该有源二端网络中所有独立电源均除去后所得到的无源二端网络 A, B 两端口之间的等效电阻。

### 2、\*诺顿定理

任何一个**线性**有源二端网络都可以用一个电流为  $I_s$  的理想电流源和内阻  $R_0$  相并联的电源来等效代替。该等效电源的电流  $I_s$  等于有源二端网络的短路电流  $I_{sc}$ ，即 A, B 两端口短接后其中的电流。等效电源的内阻  $R_0$  等于有源二端网络中所有独立电源均除去（理想电压源短路，理想电流源开路）后所得到的的无源二端网络 A, B 两端口之间的等效电阻。

**注意：**上述两个定理所说的等效是指对外电路而言的。参见图 3-1，即子图 (a)、(b)虚线框外的部分的伏安特性是相同的。

### 3、有源二端网络的等效参数 $E_0$ 和 $R_0$ 的测量方法

#### (1) 开路电压、短路电流法

在有源二端网络输出端开路时，用高内阻电压表直接测出其输出端的开路电压  $U_{oc}$ ，则  $E_0=U_{oc}$ ；将有源二端网络输出端短路，用低内阻电流表测其短路电流  $I_{sc}$ ，则等效内阻  $R_0=U_{oc}/I_{sc}$ 。

#### (2) 伏安法

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性上的两个点。方法：选取两个阻值不同的电阻作为负载  $R_L$ ，分别测出负载电流  $I_1, I_2$  和负载两端的电压  $U_1, U_2$ ，则等效内阻

$$R_0 = (U_2 - U_1) / (I_2 - I_1) = \Delta U / \Delta I = U_{oc} / I_{sc}$$

若电压的单位取伏，电流的单位取安，取合适的比例尺，并取电流为横坐标，外特性曲线的斜率  $\tan \Phi$  在数值上等于  $R_0$  的阻值（欧）。

以上方法需要既测电压又测电流。若手头有一个已知阻值的电阻  $R$ ，那么用下面的方法只要测电压就可算出  $R_0$ 。

#### (3) 开路电压、已知电阻法：

先测出有源二端网络的开路电压  $U_{oc}$ ，然后将已知电阻  $R$  作为负载，测出电阻两端的电压  $U$ ，则：

$$R_0 = \left( \frac{U_{oc}}{U} - 1 \right) R$$

### 三、实验内容和步骤

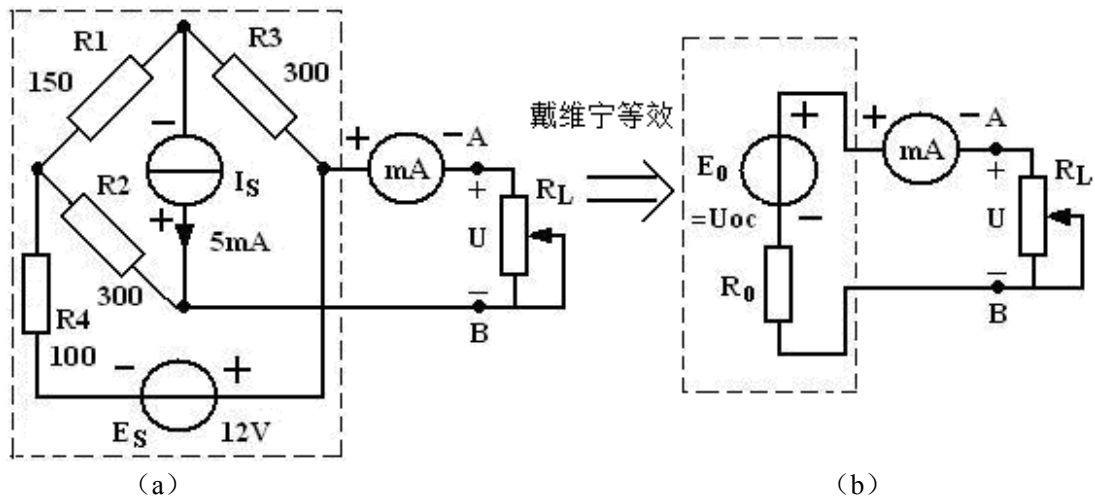


图 3-1 等效电源定理实验参考电路图 (电阻单位:  $\Omega$ )

1、恒流源  $I_S$  的预先制备: 利用电子元器件构成的电路在较小电流范围内实现恒流源的特性。

按图 3-2 连接, 接上工作电源+15V, 输出端暂接电流表, 调节电流调节旋钮, 使电流达到设定值, 保持调节旋钮不变, 去除电流表, 将输出 C、D 按极性正确接入图 3-3 的电路, 电流源的工作电源+15V 不能去掉, 也不能与电路中的任何结点相连。

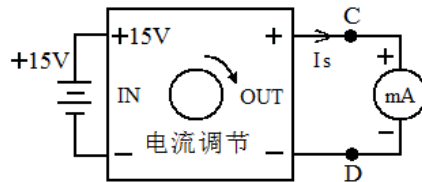


图 3-2 电流源调节示意图

2、电路在九孔板上的排列如图 3-3 所示, 接入  $E_S=12(V)$ ,  $I_S=5(mA)$ , 这里将使用若干不同阻值的固定电阻代替图 3-1 中的可变电阻器  $R_L$  作负载电阻。

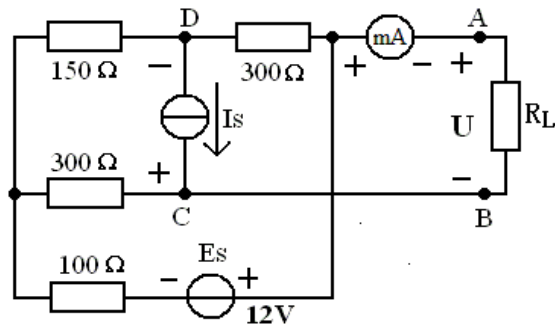


图 3-3 等效电源定理实验排列接线图

#### 3、测开路电压、短路电流

将负载  $R_L$  开路, 用数字万用表直流电压档测量 A、B 两点间的电压  $U_{AB}$ , (即为开路电压  $U_{AB}=U_{OC}$ ); 然后在输出端短路的状态下, 串入电流表测量短路电流  $I_{SC}$ , 并将数据填入表 3-1, 算出等效内阻  $R_0$ 。

表 3-1 开路电压、短路电流测量记录表

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

\*  $R_0$  的测量还可采用半功率法，将可变电阻器中点与任一端点接入负载回路，取代  $R_L$ ，调节可变电阻器使负载电压两端  $U_{RL}=U_{oc}/2$ ，此时电阻器的实际阻值=  $R_0$ 。（电阻器的实际阻值用万用表电阻档测量）

4、测量有源二端网络的外特性

根据图 3-3 的电路，改变负载电阻  $R_L$  的阻值（为测量方便，用若干不同阻值的固定电阻代替可调负载电阻），测量该有源二端网络的外特性  $U_{AB}$  和负载电流  $I$ ，并将数据填入表 3-2。

表 3-2 有源二端网络的外特性测量记录表

$R_L(K\Omega)$	$\infty$	10	5	3	2	1	0.2	0.1	0
$U_{AB} (V)$									
$I (mA)$									

5、验证戴维宁定理

按图 3-1 (b) 接线，图中  $U_{oc}$  的值由稳压电源调节提供， $R_0$  由 2.2K $\Omega$  可变电阻器调节确定。改变负载电阻  $R_L$  的阻值，测量  $U_{AB}$  和负载电流  $I$ ，并将数据填入表 3-3。

表 3-3 戴维宁定理的外特性测量记录表

$R_L(K\Omega)$	$\infty$	10	5	3	2	1	0.2	0.1	0
$U_{AB} (V)$									
$I (mA)$									

6、\*验证诺顿定理

根据诺顿定理自行设计电路图，将稳压电源设为恒流源方式并重新设定电流值， $R_0$  由 2.2K $\Omega$  可变电阻器调节确定。逐次改变负载电阻  $R_L$  的阻值，测量  $U_{AB}$  和负载电流  $I$ ，并将数据填入表 3-4。

表 3-4

$R_L(K\Omega)$	$\infty$	10	5	3	2	1	0.2	0.1	0
$U_{AB} (V)$									
$I (mA)$									

四、实验设备与器材

可调直流稳压电源、数字式万用表、电流表、电工电子基本模块系统（九孔板）；

五、预习内容

- 1、复习电源的外特性和等效电源定理。
- 2、对实验电路预先计算出  $E_0$  和  $R_0$  的理论值。

$E_0 = \underline{\hspace{2cm}} V$                        $R_0 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$



## 六、实验思考题

用若干不同阻值的固定电阻代替可调负载电阻进行实验，有什么好处？

## 七、实验报告要求

- 1、根据步骤 4 绘出  $U_{AB}-I$  外特性曲线，验证戴维宁定理。
- 2、根据步骤 3 测得的  $U_{OC}$  和  $R_0$  与预习时电路计算结果比较，你能得出什么结论？
- 3、归纳、总结实验结果。

# 实验四、单相半波整流电路

## 一、实验目的

1. 了解并熟悉整流、滤波、稳压的概念；
2. 进一步熟悉函数信号发生器、晶体管毫伏表和示波器的使用。

## 二、实验原理

整流电路的目的是将电压、电流的方向和大小都随时间改变的正弦交流电变成直流电。由于二极管具有单向导电的特性，我们可以用它构成整流电路，其中最简单的是半波整流。

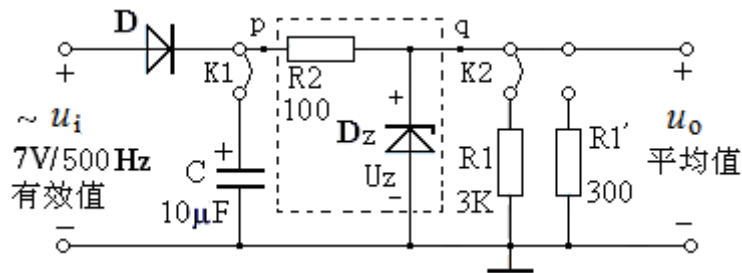


图 4-1 半波整流、滤波、稳压电路

## 三、实验内容及步骤

1. 按图 4-1 连接电路，K1、K2 是短路块。调节函数信号发生器的输出电压，使  $u_i$  等于 7V(有效值)/500Hz 正弦交流信号（用哪一种仪表测量交流电压？）。注意选用“电压输出”BNC（一种用于同轴电缆的连接器）插口输出，虚线框内的元件暂时不接入，并先将 p, q 两点短接，电容 C 暂时不接入。

2. 输出端接负载电阻  $R1=3K\Omega$ ，测量输出端的直流电压平均值，用示波器观测  $u_i$ 、 $u_o$  的波形，并在图 4-2 坐标纸上用两种不同颜色的笔绘出输入、输出电压的波形，标出纵、横坐标的比例和单位，及波形峰值点的电压数值。

$U_o$ （输出直流电压平均值）= \_\_\_\_\_（V）。

3. 将电容  $C=10\mu f$  接入， $R1$  仍为  $3K\Omega$ ，测量输出端的直流电压平均值，用示波器观测并在图 4-3 直角坐标纸上绘出  $u_i$ 、 $u_o$  的波形，标出峰值点的电压数值。

$U_o$ （输出直流电压平均值）= \_\_\_\_\_（V）。

4. 电容仍为  $C=10\mu f$ ，输出端改接  $R1'=300\Omega$ ，测量输出端的直流电压平均值，用示波器观测并在图 4-4 直角坐标纸上绘出  $u_i$ 、 $u_o$  的波形，标出峰值点的电压数值。

$U_o$ （输出直流电压平均值）= \_\_\_\_\_（V）。

\*5. 断开 p,q 两点的短接导线，暂时断开滤波电容 C，接入电阻 R2 和稳压管  $D_z$ ，负载电阻改回接  $R1=3K$ 。用示波器观测输入、输出电压波形并绘制在坐标纸上，标出峰值点的电压数值；

\*6. 在上述第 5 步的基础上，重新接入滤波电容 C，重新用示波器观测输入、输出电压波形并绘出输出电压波形，标出输出电压数值。

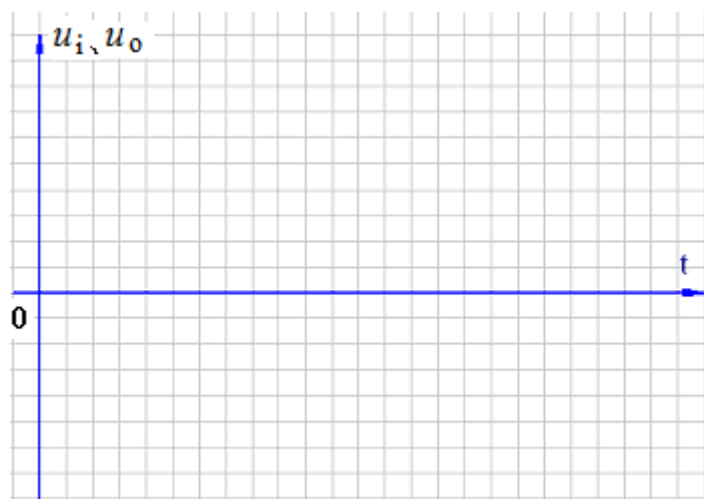


图 4-2



图 4-3

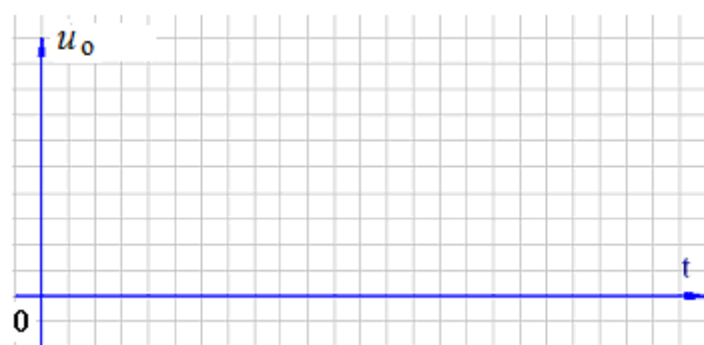


图 4-4

#### 四、实验设备与器材

双踪示波器 函数信号发生器 交流毫伏表 数字万用表  
电工电子基本模块系统（九孔板）

## 五、预习内容

- 1、复习半波（全波）整流滤波电路和稳压管稳压电路原理。
- 2、复习示波器、函数信号发生器及交流毫伏表、数字万用表的使用方法。
- 3、试对本实验进行虚拟仿真实验。

## 六、实验思考题

1. 如果二极管短路，输出电压  $U_o$ （直流电压平均值）=？
2. 如果输出端仅接电容  $C$ ，负载电阻开路， $U_o$ （直流电压平均值）=？
3. 观测输出电压的波形，示波器的输入耦合方式应置于什么位置（AC/DC）？
4. 测量输入电压和输出电压各用什么仪表？
5. 在未接入滤波电容时，可能会观测到输出电压的幅值比输入电压幅值略小，请分析其原因。
6. 接入滤波电容后，可能会观测到输入电压波形发生畸变，正半周不再是标准正弦波，输出电压波形也相应改变。请结合你学过的电工学知识分析这一现象。

## 七、实验报告要求

- 1、整理整流滤波电路的测试数据，与理论值比较，分析误差原因。
- 2、分析负载电阻的变化对输出电压有何影响。
- 4、记录并说明实验中所用仪器及功能。
- 5、回答思考题（1-4 题必答，5、6 题选答）。

# 实验五、共发射极单管交流放大电路

## 一、实验目的

- 1、观察共发射极单管交流小信号放大电路的参数变化对电路的静态工作点(Q)、交流电压放大倍数( $A_u$ )和输出电压波形的影响。
- 2、学习交流放大电路静态参数和动态指标的测试方法。
- 3、了解放大电路失真的类型和产生失真的原因。

## 二、实验原理

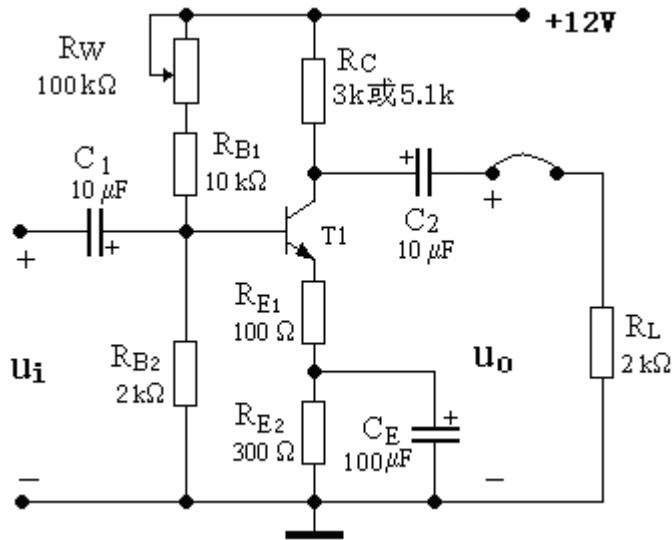


图 5-1 共发射极单管交流放大电路

图 5-1 为分压式偏置的单管交流放大电路，与固定偏置的基本放大电路相比，由于引入了直流负反馈和交流负反馈，静态工作点(Q)和交流电压放大倍数( $A_u$ )的稳定性都有了明显改善，还提高了电路的输入电阻  $r_i$ 。这里仅将分压式偏置放大电路稳定静态工作点的原理简述如下：由于实验所要求静态工作点的集电极电流  $I_C$  仅为 1mA，故静态时晶体管 T1 的发射极电位  $V_E$  只有 0.4V 左右，静态基极电位  $V_B$  约为 1.1V 左右。 $R_{B2}$  中的静态电流约为 550  $\mu$ A，而流入晶体管的基极静态电流为  $I_C/\beta$ ，大概只有 10-20  $\mu$ A 左右，所以基极电位  $V_B$  主要由  $R_W$  的一部分加上  $R_{B1}$  与  $R_{B2}$  分压决定，基本上不受温度影响。若由于温度、电源电压波动、元件参数变化引起  $I_C$  增加，则  $I_E$  也相应增加，则发射极电位  $V_E$  也会随之上升，导致净输入电压  $U_{BE} = V_B - V_E$  减小，从而使  $I_B$  自动减小， $I_C$  也跟着减小恢复到差不多原来的水平，这样就可基本保持静态工作点(Q)的稳定。如果各种原因引起  $I_C$  减小，则变化过程使  $I_B$  自动增加， $I_C$  仍会恢复到接近原来的水平。

调节  $R_W$  可改变 T1 的基极静态电流，以合理设置静态工作点。T1 的集电极电阻  $R_C$  的大小影响 T1 的静态集-射电压  $U_{ce}$  和交流电压放大倍数  $A_u$ 。当静态工作点不合适时，将容易引起交流输出信号失真。本实验通过观察  $R_W$ 、 $R_C$  变化对放大器性能的影响，了解交流放大电路的工作特点。

## 三、实验内容及步骤

- 1、按原理图 5-1 连接电路（输入电压  $u_i$  和负载电阻  $R_L$  暂不接入）， $R_C$  接 3K $\Omega$ 。

- 2、调整静态工作点，调节  $R_w$  使  $U_{RC} = 3V$ ，然后保持  $R_w$  不动。
- 3、令输入电压  $u_i$  为有效值等于  $10mV$ ，频率  $1KHz$  的正弦交流信号，用示波器观察输出信号  $u_o$  是否失真。（如有失真微调  $R_w$  消除失真）
- 4、观察电路参数变化对交流放大电路的影响：

按表 5-1 所列各种条件改变参数，用示波器观测放大电路的输出电压  $u_o$  波形和幅值，用数字万用表直流档测量静态参数  $U_{RB1}$ 、 $U_{RB2}$ 、 $U_{CE}$ 、 $U_{RC}$ ，用交流毫伏表测量输出电压有效值  $U_o$ 。并将观察波形及测试值记录在表 5-1 中。

表 5-1 给定条件下的测试数据及输出波形

给定条件			测试数据					输出波形图	计算数据		
调节 $R_w$	$R_C$ ( $\Omega$ )	$R_L$ ( $\Omega$ )	$U_{RB1}$ (V)	$U_{RB2}$ (V)	$U_{CE}$ (V)	$U_{RC}$ (V)	$U_o$ (V)	$u_o$	$I_B$ ( $\mu A$ )	$I_C$ (mA)	$A_u$
$U_{RC}=3V$	3K	开路									
$U_{RC}=3V$	3K	2K									
$U_{RC}=5.1V$	5.1K	开路									

注：(1)  $U_{RB1}$  为电阻  $R_{B1}$  两端电压， $U_{RC}$  为电阻  $R_C$  两端电压。

(2)  $U_o$  为交流输出电压的有效值。

- 5、观察发射极电容  $C_E$  对电压放大倍数的影响：在表 5-1 第三种情况的条件下 ( $U_{RC} = 5.1V$ ， $R_C = 5.1K$ ， $R_L$  开路) 去除发射极电容  $C_E$ ，测量输出电压  $U_o$ 。

并作记录： $U_o = \underline{\hspace{2cm}}$  (V)。

- \*6、在  $R_C$  为  $3K\Omega$ ， $R_L$  开路的状态下，增加输入信号有效值至  $50mV$ ，分别调节  $R_w$  增大、减小，至出现失真，在图 5-2 中记录失真波形，并分析是饱和失真还是截止失真。

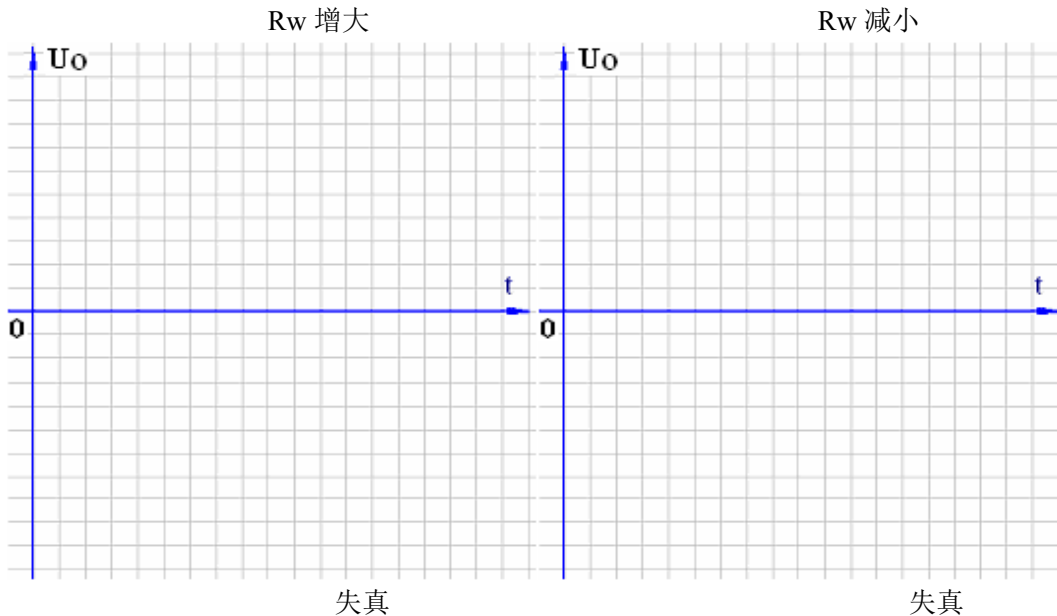


图 5-2 非线性失真的图像

#### 四、实验设备与器材

双踪示波器 函数信号发生器 交流毫伏表 数字万用表  
直流稳压电源 电工电子基本模块系统（九孔板）

#### 五、预习内容

- 1、复习示波器、信号发生器和交流毫伏表的使用方法。
- 2、复习分压式偏置单管放大电路的工作原理，思考电路参数的改变对电路静态工作点、电压放大倍数各有什么影响？如静态工作点不合适，对输出信号有何影响？
- 3、熟悉实验内容中的各项测试要求和方法。

#### 六、实验思考题

- 1、电路中  $R_{B1}$  的作用是什么？能否省去？
- 2、 $R_{E2}$  的值对交流放大倍数有无影响？为什么？
- 3、测试静态参数和测试输入输出电压各用什么仪表？为什么？

#### 七、实验报告要求

- 1、整理测试数据和波形图，说明失真波形的类型（截止或饱和）及原因。
- 2、总结  $R_w$ 、 $R_c$ 、 $R_L$  变化对静态工作点、电压放大倍数和输出波形的影响。
- 3、根据电路参数估算电压放大倍数并与实测值比较。
- 4、记录实验中使用的仪器名称及型号。
- 5、回答实验思考题。