

第一部分 模拟电子技术

实训一 电阻电容的识别与测量

一、实训目的

1. 能够正确识别色环电阻的阻值。
2. 能够正确测量电容的各项参数。

二、实训设备与器件

1. 万用表
2. 不同阻值电阻与电容

三、实训原理

1. 电阻元件

在电路中，起阻碍作用的元件称为电阻器，简称电阻。元件的电阻常用字母“R”表示，基本单位是“欧姆”，记做“ Ω ”。常用的单位有千欧姆（ $k\Omega$ ）、兆欧姆（ $M\Omega$ ），其中 $1k\Omega=1000\Omega$ ， $1M\Omega=10^6\Omega$ 。

(1) 电阻器的分类

常用的电阻器有实心碳质电阻、薄膜电阻、线绕电阻等，其中又有固定电阻和可变电阻之分。

1) 实心碳质电阻。

实心碳质电阻是将碳墨粉、填料（滑石粉或云母粉）、黏合剂（如树脂）按照一定比例配料后，加入引线，经压制、烧固、涂漆而制成。其成本低、工艺简单，但精度和稳定度较差，噪声较大。这类电阻的额定功耗一般有 0.25W、0.5W、1W 和 2W 等规格。

2) 薄膜电阻。

①碳膜电阻（RT）。它是在圆筒形瓷棒（瓷管）表面，通过一定工艺，沉积一层碳膜，为了获得确定的阻值，沿瓷管外围刻螺槽，最后涂绿色保护漆制成。其阻值范围在 $0.75M\Omega\sim 10M\Omega$ ，额定功率有 0.1W、0.125W、0.25W、0.5W、1W、2.5W、10W 等，少数可做到 25W、50W。它的阻值和误差标记直接用数字标出。这类电阻性能稳定，除作一般应用外，也适合在高级精密电子设备中使用。

②金属膜电阻（RJ）。它是通过真空蒸发工艺，将金属沉积在陶瓷（或玻璃、塑料）管上制成的，改变薄膜厚度和成分，就能控制其电气性能。其外表面涂红色保护漆，阻值范围在 $1M\Omega\sim 600M\Omega$ ，阻值标记与碳膜电阻相同。这类电阻具有耐热、防潮、耐磨等优点，噪声小，受到电压、频率的影响小，其温度稳定性也优于碳膜电阻，只是价格略高。

③精密级金属膜电阻 (RJJ)。这类电阻的精度高, 误差仅为 $\pm 1\%$ 。其额定功率比同样大小的金属膜电阻器大一级。精密级金属膜电阻主要用于精密测量仪器, 如用做示波器垂直衰减器和校准信号的分压器等。

3) 线绕电阻

线绕电阻 (RX) 是用镍铬丝 (或锰铜丝、康铜丝) 缠绕在瓷管上, 外面涂以陶土 (绝缘漆或釉质) 保护层而制成, 其上用文字标明电阻值和额定功率。这类电阻器阻值稳定、误差小 (约 $\pm 5\%$ 以下)、耐高温、额定功率大 (最高可达 1000W), 但是阻值较小 ($0.1 \text{ k}\Omega \sim 56 \text{ k}\Omega$)。

(2) 电阻器的标称值、容许误差及其标注方法

电阻器的标称值是指在电阻身体上标注的电阻值。电阻的标称值范围很广, 从零点几欧姆到几十兆欧姆。电阻的标称值系列为表 1-1-1 所列数值乘以 10^n (n 为正整数、零或负整数)。

表 1-1-1 电阻的标称值系列

偏差	电阻的标称值 (Ω)
$\pm 5\%$	1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1
$\pm 10\%$	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
$\pm 20\%$	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8

电阻器的标称值和实测值之间允许的最大偏差范围叫做电阻器的容许误差。通常, 电阻器的容许误差分为 6 级, 如表 1-1-2 所示, 一般都标注在电阻的外表面上。

表 1-1-2 固定电阻的容许误差

级别	0.05	0.1	0.2	I	II	III
容许误差%	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20

标称值、容许误差的标注方法有以下 3 种。

1) 直标法: 用阿拉伯数字和单位符号在电阻体表面直接标出阻值, 用百分数直接标出允许误差的方法。

2) 文字符号法: 用阿拉伯数字和文字符号有规律地组合, 表示标称值和容许误差的方法。其标注方法是: 阻值单位用文字符号, 即 R 表示欧姆, K 表示千欧, M 表示兆欧; 阻值的整数部分写在阻值单位符号的前面, 阻值的小数部分写在阻值单位符号的后面。允许误差一般用 I、II、III 表示。例如, 0.51Ω , 5.1Ω , 51Ω , $5.1\text{K}\Omega$, $51\text{K}\Omega$ 等阻值用文字符号法分别表示为 R5, 5R1, 51R, 5K1, 51K。

3) 色环法: 用不同的颜色环标注在电阻的身体上, 表示电阻器的标称值和容许误差的方法。常见的色环法有四环和五环两种, 四环一般用于普通电阻的标注, 五环一般用于精密电阻的标注。其颜色环的构成及意义如图 1-1-1 所示。

2. 电容元件

电容器的符号用 “C” 表示, 代表的是电容的容量, 单位有法拉 (F)、微法拉 (μF) 和皮法拉 (pF), 它们的关系为 $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$ 。

(1) 按电容器的结构分类

1) 固定电容器。

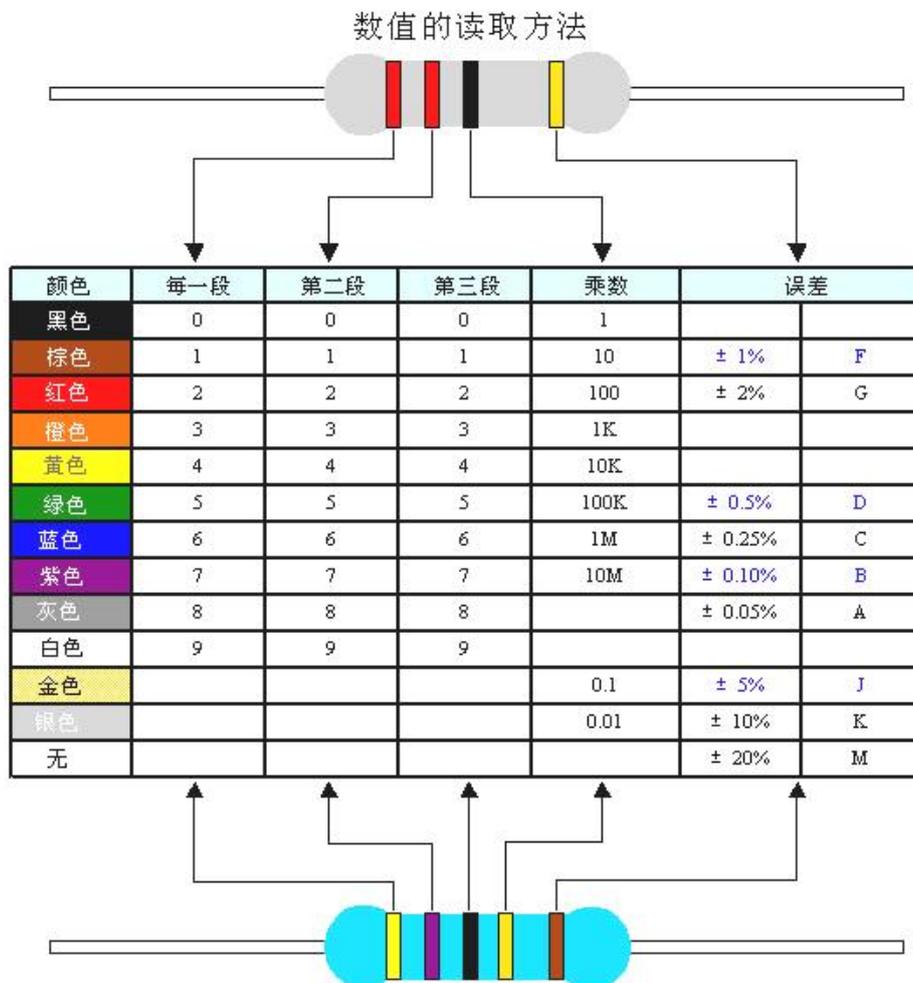


图 1-1-1 电阻颜色环构成及意义

2) 半可变电容器。电容量可在较小范围内变动, 如 $2\sim 7\text{ pF}$ 、 $1.5\sim 45\text{ pF}$, 适用于整机调整后电容量不需要经常改变の場合。

3) 可变电容器。常有“单连”“双连”之分, 它们由若干片形状相同的金属片并接成一组定片和一组动片。动片可以通过转轴转动, 以改变动片插入定片的面积, 从而改变电容量。一般以空气作为介质, 也有用有机薄膜作为介质的。

4) 微调电容器。其中空气微调器是以空气为介质, 性能好, 温度系数小, 但体积大, 容量不大; 瓷微调器可调范围不大, 损耗大, 易碎, 体积小。

(2) 按电容器的介质材料分类

1) 电解电容器 (CD): 以电解液作为介质的电容器。这种电容器容量大、耐压高、体积大, 常用于交流旁路和滤波。

2) 钽电容器 (CA): 容量大 ($0.1\sim 470\mu\text{F}$)、体积小, 漏电也较小, 但耐压不高 (小于 100V)。

3) 瓷片电容器 (CCX): 体积小、损耗小、温度系数小, 但耐压较低 (一般为 $60\sim 70\text{V}$)。

4) 云母电容器 (CY): 一种以云母片作为介质的电容器。其特点是高频性能稳定、损耗

小、漏电小、耐压高（100V~7kV），但容量小（10pF~0.1μF）。

5) 涤纶电容器（CLX）：体积小、耐压低（60V左右），但电感比较大，不宜在高频时使用

6) 矩形混合介质电容器（CH）：耐压高于2kV，体积较小，容量也比较大。

常见电容器和符号如图1-1-2所示。

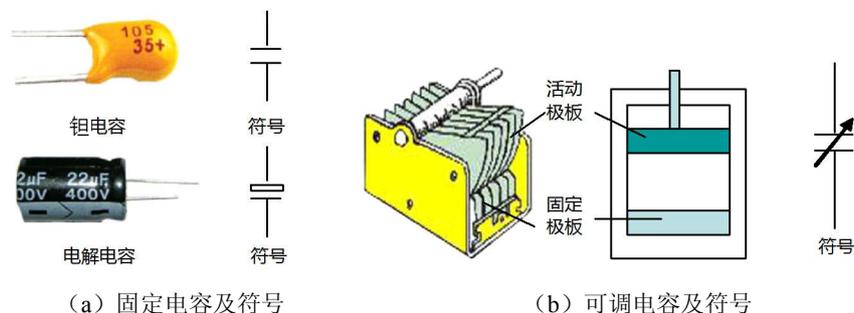


图 1-1-2 常见电容器和符号

(3) 主要参数

1) 电容器的标称容量、容许误差及标注方法，如表1-1-3所示。

表 1-1-3 固定电容器的容许误差

级别	01	02	I	II	III	IV	V	VI
容许误差%	±1	±2	±5	±10	±20	+20 -10	+20 -50	+30 -50

电容器的标称容量和容许误差标注在电容器上，其标注方法如下所述。

①直标法：将标称容量及容许误差直接标注在电容器上。用直标法标注的容量，有时不标注单位，其识别方法是：凡容量大于1的无极电容，其容量单位为pF；容量小于1的电容，其容量单位为μF；凡有极性的电容，其容量单位为μF。例如，4700表示容量为4700pF，0.01表示容量为0.01μF，电解电容上的10表示容量为10μF。

②文字符号法：将容量的整数部分标注在容量单位标志符号前面，容量的小数部分标注在单位标志符号的后面，容量单位标志符号所占的位置就是小数点的位置。例如，3n3表示容量为3.3nF。若在数字前面标注R，则容量为零点几微法。例如，R47表示容量为0.47μF。

③数码表示法：用三位数字表示电容容量的大小。其中前两位数字是电容器的标称容量的有效数字，第三位数字表示有效值数字后面零的个数，单位为pF。例如102表示容量为 10×10^2 pF。若第三位数字为9时，有效数字应乘上 10^{-1} 。例如，229表示容量为 22×10^{-1} pF（直标法与数码表示法的区别是：直标法第三位一般是0，而数码表示法第三位则不是0）。

④色标法：标注原则与电阻相同，颜色意义也与电阻基本相同，其容量单位为pF。当电容器的引线同向时，色环电容的识别顺序是从上到下。

2) 耐压

当电容器两端电压升高至某一数值时，绝缘的介质材料就会被破坏，造成通常所说的击穿。电容器的外壳上通常注有耐压指标，如“-400V”“-800VTV”，其中“-”代表直流工作电压，“~”代表交流工作电压，“TV”代表试验电压，即电容器能长时间可靠工作于400V直流电压下，在一个短时间内（5s~1min），能忍受800V的直流电压。半导体线路中常用6V、

9V、12V、24V 的低压，可选用耐压 6V、10V、15V、30V 系列的电容器。

3) 绝缘电阻

绝缘电阻是指电容器两端所加的直流电压与漏电流之比值，它取决于介质材料、厚度和面积。绝缘电阻越大越好。

4) 温度系数

电容器的电容量会随着温度变化而变化，温度每变化 1 度，引起电容量变化值与原电容量之比，称为温度系数。

四、实训内容与步骤

1) 用色环法识别电阻，并填入表 1-1-4 中。

表 1-1-4 色环法电阻识别表

电阻	第一环	第二环	第三环	第四环	第五环	阻值及误差
1 颜色						
1 数值						
2 颜色						
2 数值						
3 颜色						
3 数值						

2) 读出电容的容量、耐压值和误差值等相关信息，并用万用表测试电容的好坏，将结果填入表 1-1-5 中。

表 1-1-5 电容参数表

电容	电容值	耐压值	误差值	品级	好坏	备注
1						
2						

步骤 1: 将万用表的红黑表笔插入“+”插孔中；将转动开关调到“ Ω ”挡。

步骤 2: 将红黑表笔短接调零。

步骤 3: 将万用表打到 100 Ω 挡（检测大容量电容器时）或 10k Ω 挡（检测小容量电容器时）。

步骤 4: 将表笔接在电容器的两个管脚上（红表笔接正极，黑表笔接负极），应当看到万用表指示数值迅速变大（电容器充电，电压升高）。当达到最大值“1”时（充电结束），将两只表笔反接，此时，万用表指示数值应从负值迅速变为无穷大“1”（电容器放电，反向充电）。

步骤 5: 若万用表指示始终为无穷大“1”，说明电容器断路；若万用表指示始终为“0”，说明电容器击穿短路。

五、实训总结

1. 记录、整理实验结果，按格式填写实训报告，如表 1-1-6 所示。
2. 分析实验数据。

六、预习要求

1. 阅读有关电阻电容部分的内容。

表 1-1-6 () 实训报告单

目 的:
要 求:
耗材设备:
内容过程:
实训总结:

实训二 常用电子仪器的使用

一、实训目的

1. 学习电子电路实验中常用的电子仪器：示波器、信号发生器、交流毫伏表等的主要技术指标、性能及正确使用方法。
2. 初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

二、实训设备与器件

1. 信号源
2. 双踪示波器
3. 交流毫伏表

三、实训原理

在模拟电子电路实验中经常使用的电子仪器有示波器、信号发生器、交流毫伏表等。它们和万用表一起，可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。实验中要对各种电子仪器进行综合使用。以连线简洁，调节顺手，观察与读数方便等原则进行合理布局，各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 1-2-1 所示。接线时应注意，为防止外界干扰，各仪器的公共接地端应连接在一起，称共地。信号源和交流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线，示波器接线使用屏蔽线，直流电源的接线用普通导线。

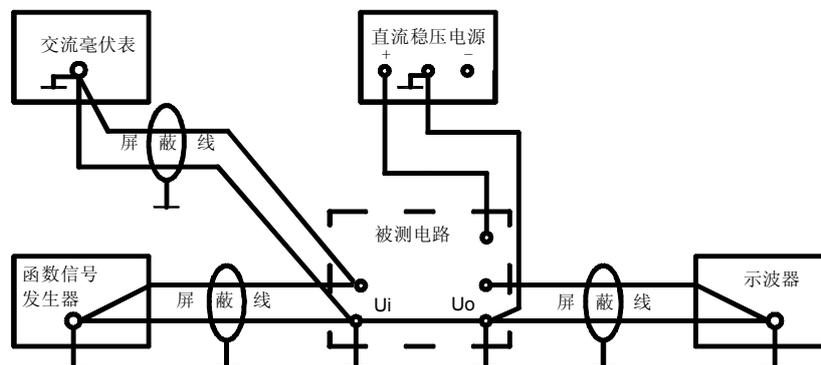


图 1-2-1 仪器仪表连接图

示波器（YB4325/4345 系列）的特点：

1. 频率范围广，其中 YB4345：DC~40MHz-3dB；YB4325：DC~20MHz-3dB。
2. 灵敏度高，最高偏转系数为 1mV/div。
3. 6in 大屏幕，便于清楚观看信号波形。
4. 数字编码开关，操作灵活，定位准确。

5. 光标读出测量：光标数字读出可使信号观察与测量变得更为迅速、精确，屏幕上可提供 7 种功能。

6. 触发源：丰富的触发源功能。使用交替触发操作，可获得两个不相关电信号稳定的同步显示。

7. 触发耦合：全新的触发耦合电路设计，对各类不同频率、不同电压组合的电信号使用该操作，可获得稳定的同步显示。

8. 自动聚焦：测量过程中，可自动校正聚焦电平。

9. 触发锁定：触发电路呈全自动同步状态，无需人工调节触发电平。

10. 释抑调节：使各种复杂波形同步更加稳定。

四、实训内容与步骤

1. 交流毫伏表

用于测量正弦交流电电压。

工作频率范围：1Hz~2MHz。

工作电压范围：1mV~400V。

测量前应先把量程开关置较大量程挡位，然后调零，并逐渐减小量程挡位。

步骤：电压输入处，接双绞线。

2. 信号源

能输出正弦波、方波、锯齿波。

输出电压幅值：9V。

输出电压频率：0 Hz~1MHz。

步骤 1：在“波形选择”处必须选择一种波形方式。

步骤 2：在“频段选择”处选择相应的频率范围。

步骤 3：调节“频率粗调”和“频率细调”旋钮，调出精确的频率值。

步骤 4：幅值的调节则需要把交流毫伏表的红黑鱼夹与信号源的红黑鱼夹按红接红，黑接黑的方法夹在一起，然后调节幅值。

步骤 5：调很小的幅值时，可按“20dB”、“40dB”按钮，可将大的电压以衰减 20 分贝或衰减 40 分贝的形式将电压变得很小。

3. 示波器

步骤 1：按表 1-2-1 调节面板中各旋钮的初始位置。用机内校准信号（方波 $f=1\text{kHz}\pm 2\%$ ），电压幅度（ $1\text{V}\pm 30\%$ ）对示波器进行自检。

表 1-2-1 面板各旋钮的初始位置

项目	设置
电源 (POWER)	弹出
辉度 (INTENSITY)	顺时针 1/3 处
聚焦 (FOCUS)	适中
垂直方式 (MODE)	CH1
断续 (CHOP)	弹出
CH2 反相 (INV)	弹出

续表

项目	设置
衰减开关 (VOLTS/DIV)	0.5V
垂直微调 (VARIABLE)	校准位置
AC-DC-接地 (GND)	弹出
触发源 (SOURCE)	CH1
触发耦合 (COUPLING)	AC
触发极性 (SLOPE)	+
交替触发 (TRIG ALT)	弹出
电平锁定 (LOCK)	按下
释抑 (HOLDOFF)	最小 (逆时针方向)
触发方式	自动
TIME/DIV	0.5ms
扫描非校准 (SWP UNCAL)	弹出
水平位移 (POSITION)	适中
×10 扩展 (×10MAG)	弹出
X-Y	弹出
垂直位移 (POSITION)	适中

(1) 调出波形

步骤 2: 将示波器校准信号输出端通过专用电缆与 Y_A (或 Y_B) 输入插口接通, 则在荧光屏上可显示出 一个或数个周期的方波。

(2) 校准“校准信号”幅度

步骤 3: 将 Y 轴灵敏度微调旋钮置于“校准”位置, Y 轴灵敏度开关置于适当位置, 读取校准信号幅度, 记入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 校准信号幅度测量

	标准值	实测值
幅度	1V (P-P)	
频率	1kHz	
上升沿时间	$\leq 2\mu\text{s}$	
下降沿时间	$\leq 2\mu\text{s}$	

注意: 不同型号的示波器标准值可能有所不同, 以上只是给初学者一个格式。请视不同的示波器填入不同的标称值。

(3) 校准“校准信号”频率

步骤 4: 将扫速微调旋钮置“校准”位置, 扫速开关置于适当位置, 读取校准信号周期, 并用数字频率计进行校核, 记入表 1-2-2 中。

(4) 测量校准信号的上升时间和下降时间

步骤 5: 调节“Y 轴灵敏度”开关位置及微调旋钮，并移动波形，使方波波形在垂直方向上正好占据中心轴，且上、下对称，便于阅读。通过扫速开关逐级提高扫描速度，使波形在 X 轴方向扩展（必要时可以利用“扫速扩展”开关将波形再扩展 10 倍），并同时调节触发电平旋钮，从荧光屏上清楚地读出上升时间和下降时间，记入表 1-2-2 中。

(5) 测量信号源输出电压波形及频率

步骤 6: 令信号源输出的频率分别为 100Hz、1kHz、10kHz、100kHz（数字频率计测量值），有效值均为 1V（交流毫伏表测量）。改变示波器扫速开关及 Y 轴灵敏度开关位置，测量信号源输出电压频率及峰峰值，记入表 1-2-3 中。

表 1-2-3 信号源输出电压频率及峰峰值

信号电压 频率计读数	实测值		信号电压 毫伏表读数 (V)	实测值	
	周期 (ms)	频率 (Hz)		峰峰值 (V)	有效值 (V)
100Hz					
1kHz					
10kHz					
100kHz					

(6) 用示波器测量两波形间相位关系

步骤 7: 观察双踪显示波形“交替”与“断续”两种显示方式的特点。

Y_A 、 Y_B 均不加输入信号，扫速开关置于扫速较低挡位（如 0.5s/div 挡）和扫速较高挡位（如 5 μ s/div 挡），把“显示方式”开关分别置于“交替”和“断续”位置，观察两条扫描线的显示特点。

(7) 用双踪显示测量两波形间相位关系

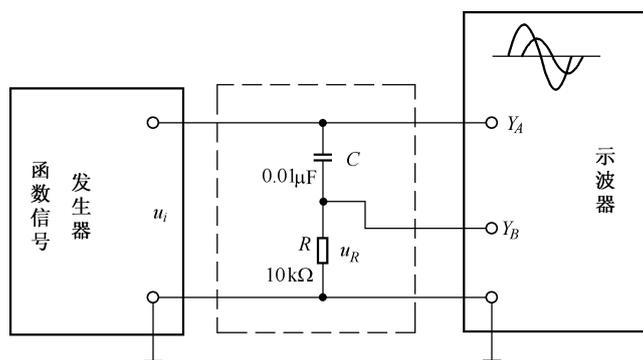


图 1-2-2 两波形间相位关系

步骤 8: 按图 1-2-2 连接实验电路，将信号源的输出电压调至频率为 1kHz，幅值为 2V，经 RC 移相网络获得频率相同但相位不同的两路信号 u_i 和 u_R ，分别加到示波器的 Y_A 和 Y_B 输入端。

步骤 9: 按图 1-2-3 接线完成实验内容，并将数据记录于表 1-2-4 中，为读数方便，可适当调节扫速开关及微调旋钮，使波形一周期占整数格。

表 1-2-4 波形相位

信号	一周周期格数	波形图
1000Hz 1V	XT=	
500Hz 2V	XT=	

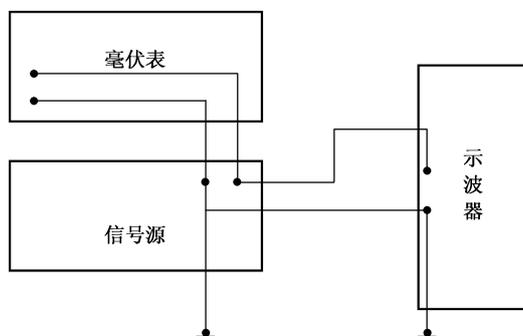


图 1-2-3 仪器连接

五、实验总结

1. 记录、整理实验结果，按格式填写实训报告，如表 1-2-5 所示。
2. 分析实验数据。

六、预习要求

1. 阅读有关示波器部分的内容。
2. 阅读电子学实验装置的功能及使用方法说明。

表 1-2-5 () 实训报告单

目 的:
要 求:
耗材设备:
内容过程:
实训总结: