



# 电路基本概念与定律

电路基础实验



FTP	10.69.35.194
登录名, 密码	dljc
实验报告提交截止时间	十六周周五晚12: 00
实验报告提交要求	统一转换成 <i>PDF</i> 格式, 以学号命名 并上传到 <i>FTP</i> 对应的目录
成绩组成	课前预习, 实验过程, 课后报告

缺勤一次, 扣除本课成绩, 并要补上本课实验

实验过程随堂考核, 按点给分



1. 严格遵守操作规范，注意安全。
2. 如实记录数据。不得抄袭作业。
3. 爱护仪器设备。
4. 两人一组。不得随意更换座位，不得随意更换仪器设备，不得将设备带出实验室。
5. 不在实验室内吃东西。不得把水放在实验台上。
6. 实验完毕，将台面收拾整齐。
7. 面包板和跳线盒自己带走。课程结束后将面包板和跳线盒交回。



# 电路基础实验的重要性

- 1、有利于对理论课程的深入理解
- 2、良好的基础和实验习惯对后续的实验课程影响十分深远



- 常用元器件与仪器介绍
- Multisim的基本使用
- 验证基尔霍夫定律



# 常见电阻



碳膜电阻



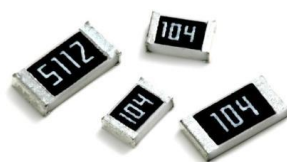
金属膜电阻



绕线电阻



水泥电阻



贴片电阻



压敏电阻



排阻（集成电阻）



电位器





## ■ 阻值的直标法/文字符号法

用数字、字母等在电阻表面直接标注。

例：**1R5**表示 **$1.5\Omega$** ，**2K7**表示 **$2.7k\Omega$** ，**104**表示 **$10 \times 10^4 \Omega$** 。

符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第1位小数阻值和第2位小数阻值。

文字符号	R	k	M	G	T
单位	欧姆 ( <b><math>1\Omega</math></b> )	千欧 ( <b><math>10^3\Omega</math></b> )	兆欧姆 ( <b><math>10^6\Omega</math></b> )	千兆欧姆 ( <b><math>10^9\Omega</math></b> )	兆兆欧姆 ( <b><math>10^{12}\Omega</math></b> )



- **第一部分：主称**，用字母表示，表示产品的名字。如R表示电阻，W表示电位器。
- **第二部分：材料**，用字母表示，表示电阻体用什么材料组成，T-碳膜、H-合成碳膜、S-有机实心、N-无机实心、J-金属膜、Y-氮化膜、C-沉积膜、I-玻璃釉膜、X-线绕。
- **第三部分：分类**，一般用数字表示，个别类型用字母表示，表示产品属于什么类型。1-普通、2-普通、3-超高频、4-高阻、5-高温、6-精密、7-精密、8-高压、9-特殊、G-高功率、T-可调。
- **第四部分：序号**，用数字表示，表示同类产品中不同品种，以区分产品的外型尺寸和性能指标等例如：R T 1 1 型普通碳膜电阻。

RJ7	1W	51K $\Omega$	$\pm 5\%$
-----	----	--------------	-----------

类型	功率	阻值	误差
----	----	----	----

RT	1W	1K8	II
----	----	-----	----

类型	功率	阻值	误差
----	----	----	----





## ■ 色环法

### 四环法

有效数字



允许误差  
有效数字后0的个数  
或倍率

### 五环法

有效数字



允许误差  
有效数字后0的个数  
或倍率

不出现在  
有效数位

数值的读取方法

颜色	每一段	第二段	第三段	乘数	误差	
黑色	0	0	0	1		
棕色	1	1	1	10	$\pm 1\%$	F
红色	2	2	2	100	$\pm 2\%$	G
橙色	3	3	3	1K		
黄色	4	4	4	10K		
绿色	5	5	5	100K	$\pm 0.5\%$	D
蓝色	6	6	6	1M	$\pm 0.25\%$	C
紫色	7	7	7	10M	$\pm 0.10\%$	B
灰色	8	8	8		$\pm 0.05\%$	A
白色	9	9	9			
金色				0.1	$\pm 5\%$	J
银色				0.01	$\pm 10\%$	K
无					$\pm 20\%$	M



## ■ 电阻的作用

把电能转换为其它形式的能量，如热能、光能等，可进行限流、分压、阻抗匹配等。

## ■ 选择标准

### 电阻标称值

根据电路中电流或电阻上电压的预期值进行选择。

### 额定功率

它是电阻在电路工作中所允许消耗的最大功率。额定功率必须大于它要处理的最大功率。

### 误差等级

决定电阻值的精度。

### 耐压值

电阻长期工作不发生损坏的电压



## ■ 回答问题

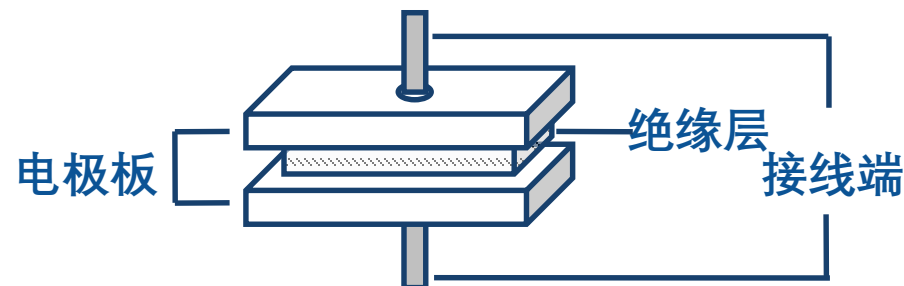
阻值不同的电阻并联时，额定功率取决于：

- A. 高阻值电阻
- B. 低阻值电阻
- C. 各个电阻额定功率之和



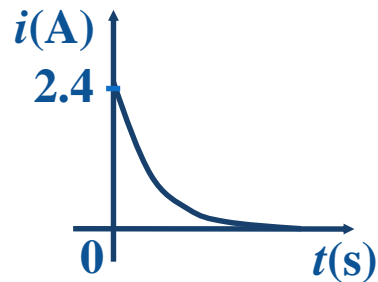
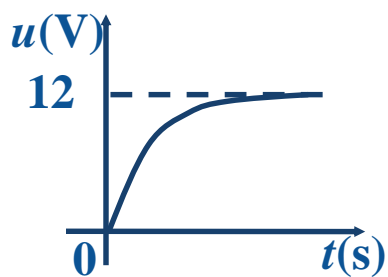
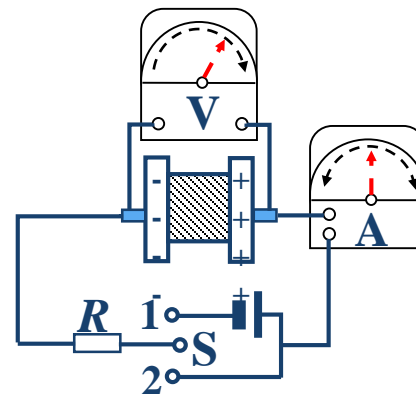
## ■ 电容的结构

电容由两个彼此绝缘、相互靠近的导体和中间一层不导电的**绝缘介质**构成。

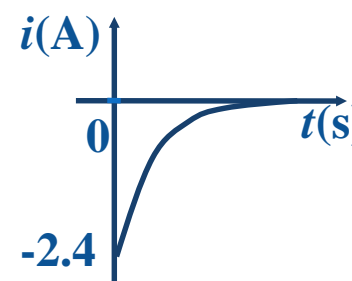
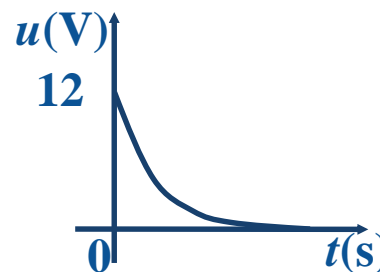


## ■ 电容的特性

电容充电后可储存电场能。电压不能突变。  
**隔直通交**，可完成隔直流、滤波、旁路、信号调谐等作用。



电容充电过程



电容放电过程



# 电容的种类



按结构分：固定，可调，微调

按介质材料分：有机，无机，气体，电解质



铝电解电容



钽电解电容



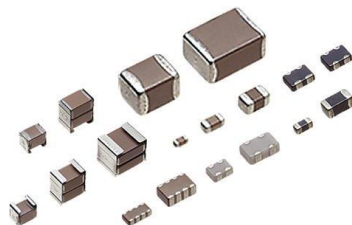
薄膜电容



陶瓷电容



云母电容



贴片电容



可变电容



## ■ 容量的直标法

文字符号	m	$\mu$	n	p
单位	mF ( $10^{-3}\text{F}$ )	$\mu\text{F}$ ( $10^{-6}\text{F}$ )	nF ( $10^{-9}\text{F}$ )	pF ( $10^{-12}\text{F}$ )

**4.7 $\mu$ /16V**

容量: **4.7 $\mu\text{F}$**

耐压: **16V**

## ■ 文字符号法

容量整数值 + 单位 + 容量小数值

4

n

7

表示4.7nF





## ■ 数码法

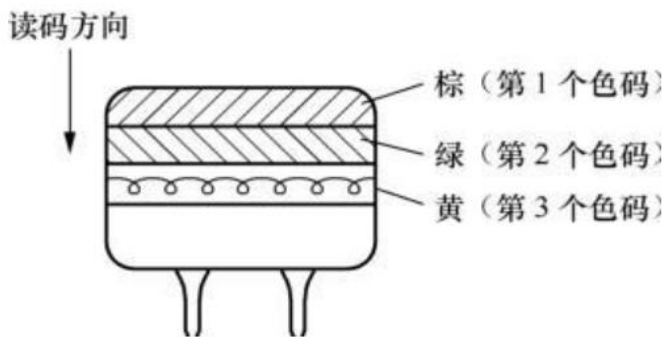
用三位数字来表示容量大小，单位是pF，前两位是有效数字，末一位是有效数字后零的个数。

例：103：  $10 \times 10^3 \text{pF}$

473：  $47 \times 10^3 \text{pF}$

## ■ 色标法

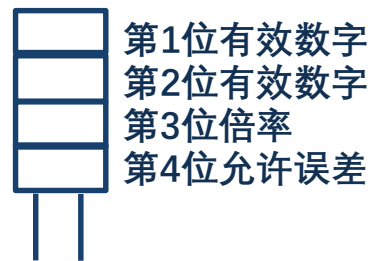
与电阻器的色环法类似，颜色涂于电容器的一端，或从顶端向引线排



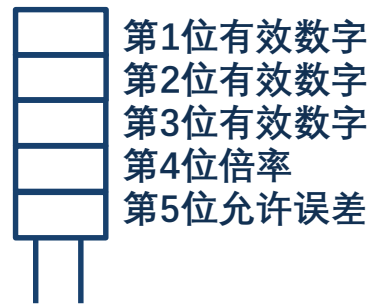
当要用色码表示两个重复的数字时，可用**宽一倍**的色码来表示



四环法



五环法





## ■ 选择标准

- 标称容量及允许误差：按需要选择
- 额定电压：器件的额定电压要高于电路工作电压。

选用电解电容时，铝电容可选为实际电压值的3倍，  
钽电容可选为实际电压值2倍。

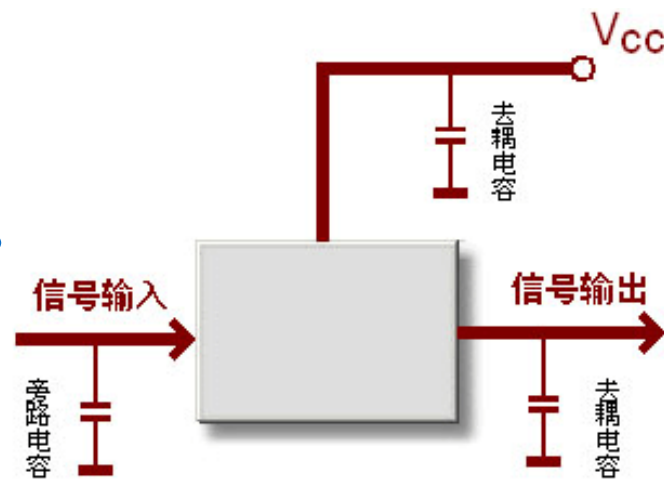
- 介质：介质影响电容性能

电源滤波、去耦等低频应用，可选用电解电容，容值一般较大，去除低频纹波干扰，保证稳定；高频电路着重注意频率特性，应选用云母或高频陶瓷电容，容值一般较小，如旁路电容，主要是滤除更高频率的噪声。

- 信号频率：考虑电路中信号频率的高低。

一个电容器可等效成RLC二端线性网络，不同类型电容等效参数差异大。

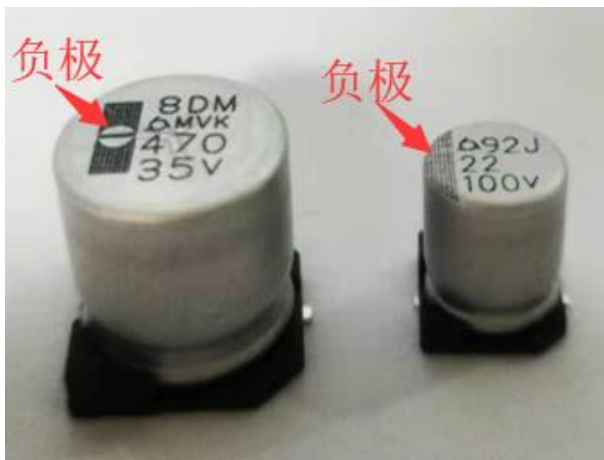
等效电感大的电容不适合高频信号；      等效电阻大的电容不适合Q值高的振荡回路。





## ■ 电容的使用

1. 电解电容具有**正负极性**，不能接反。**正级接直流电高位。**  
2个脚，脚长的是正极，脚短的是负；  
有的电容器在外壳上标注了正负；贴片式钽电解电容器一般在正端标记白色或黑色；贴片式铝电解电容负端标记黑色。
2. 对于一个状态未知的电容，在使用前不可轻易用手碰触，以免受到电击。





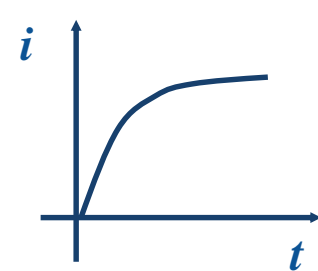
## ■ 电感的特性

把电能转化为磁能储存起来。

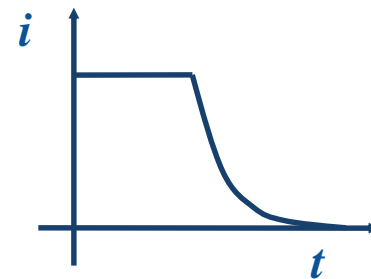
阻止电流变化，**阻交流，通直流；阻高频，通低频。**

## ■ 电感的结构

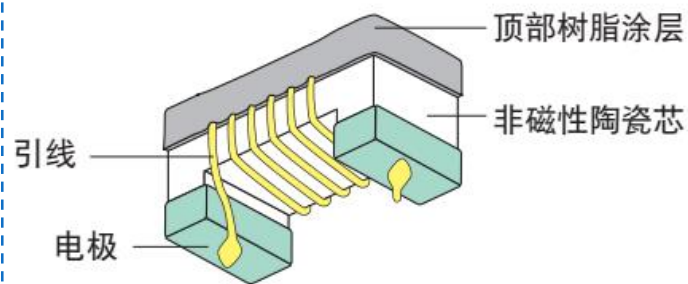
骨架 + 绕组 + 屏蔽罩 + 封装材料 + 磁芯或铁芯（无芯电感没有）



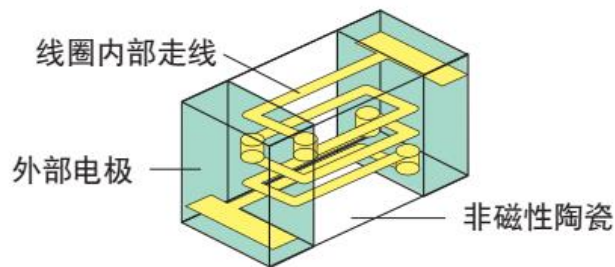
充磁过程  
电流逐渐增大



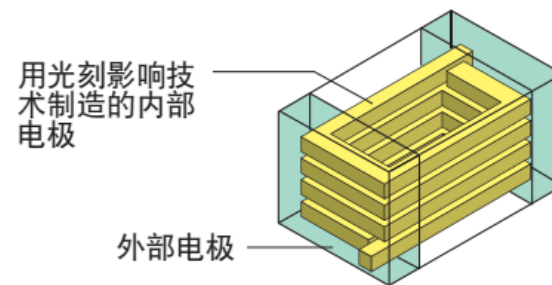
放磁过程  
电流逐渐减小



(a) 绕线型



(b) 层叠型



(c) 薄膜型

片式电感的几种结构



# 电感的种类



按结构分：绕线式，多层式，片状式；固定式，可调式

按贴装方式分：贴片式，插件式

按用途分：振荡，校正，阻流，滤波等



无芯电感



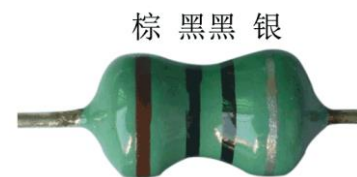
铁芯电感



磁芯电感



贴片电感



色环电感





## ■ 直标法

直接在电感表面标注。

例  $390\mu\text{H} \pm 1\%$

## ■ 数码标示法

把电感的标称值和允许偏差值，用数字和文字符号按一定的规律组合标志在电感体上。**R**表示单位为 $\mu\text{H}$ ，**N**表示单位为 $\text{nH}$ 。前三位都是数字，单位为 $\mu\text{H}$ 。

例 **4N7**，标称电感量为 $4.7\text{nH}$ ；

**N12**，表示 $0.12\text{nH}$

**R33**，标称电感量为 $0.33\mu\text{H}$

**102J**表示 $10 \times 10^2 \mu\text{H}$ ，**J**表示偏差 $\pm 5\%$

## ■ 色标法

与电阻色标法相似。

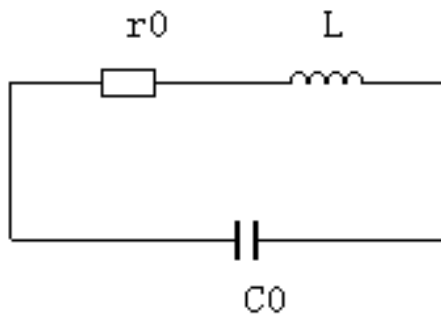




## ■ 选择标准

- **电感量及精度：** 按需要选择。
- **品质因数Q：** 表示线圈损耗的大小。Q值越高，功率损耗越小，效率越高，选择性越好。
- **额定电流：** 线圈长时间工作允许通过的最大电流。
- **分布电容：** 线圈绕组匝与匝间、层与层间、线圈与地之间存在着分布电容，它们可以等效为一个与线圈并联的电容 $C_0$ ，它会降低电感线圈的稳定性。

由于分布电容的存在，电感存在一个固有频率 $f_0$ 。使用电感线圈时，应使工作频率远低于线圈的固有频率。



$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_0}}$$



## ■ 双路直流稳压电源



- 工作模式：稳压，恒流
- 输出电压从0~30V之间连续可调
- 输出电流从0~3A之间连续可调



## ■ 使用方法

### 1. 电压源

- **独立操作模式**，将面板正中的拨动开关拨到“INDEP”档位，此时此档位正上方的LED灯点亮，双路独立供电。
- **串联跟踪模式**，将面板正中的拨动开关拨到“SERIES”档位，调整主路电压，从路跟随。输出电压为两路之和。
- **并联跟踪模式**，将面板正中的拨动开关拨到“PARALLEL”档位，最大输出电流可达两路电流额定值之和。



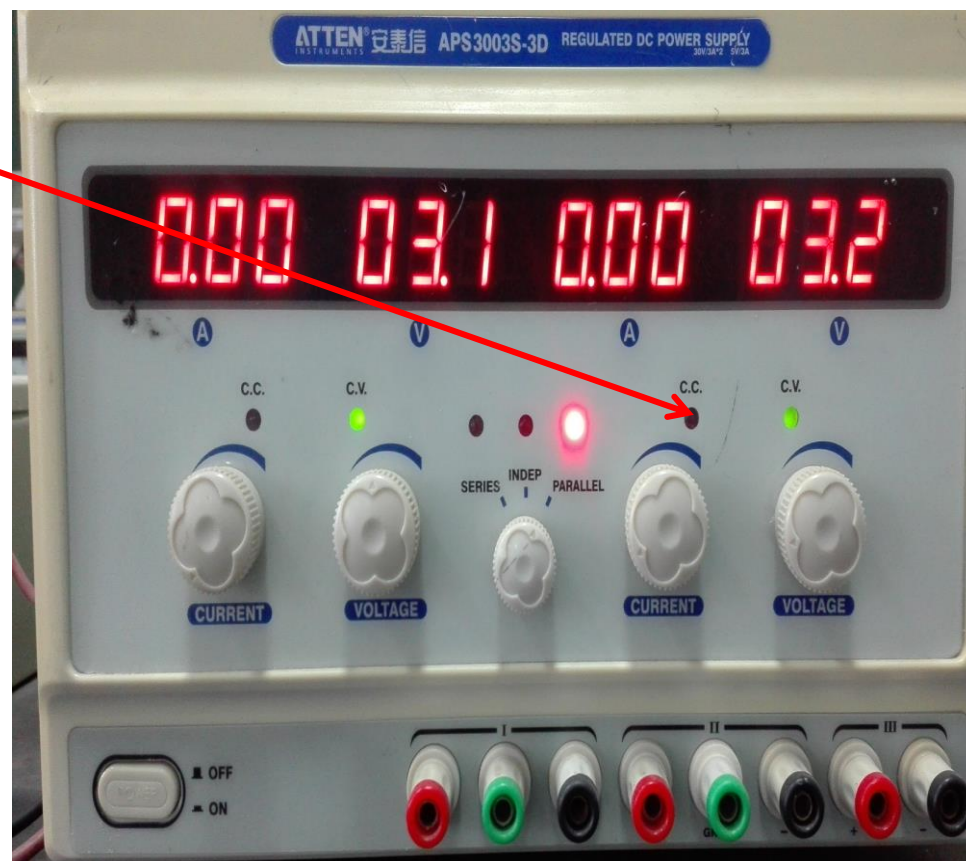




## ■ 使用方法

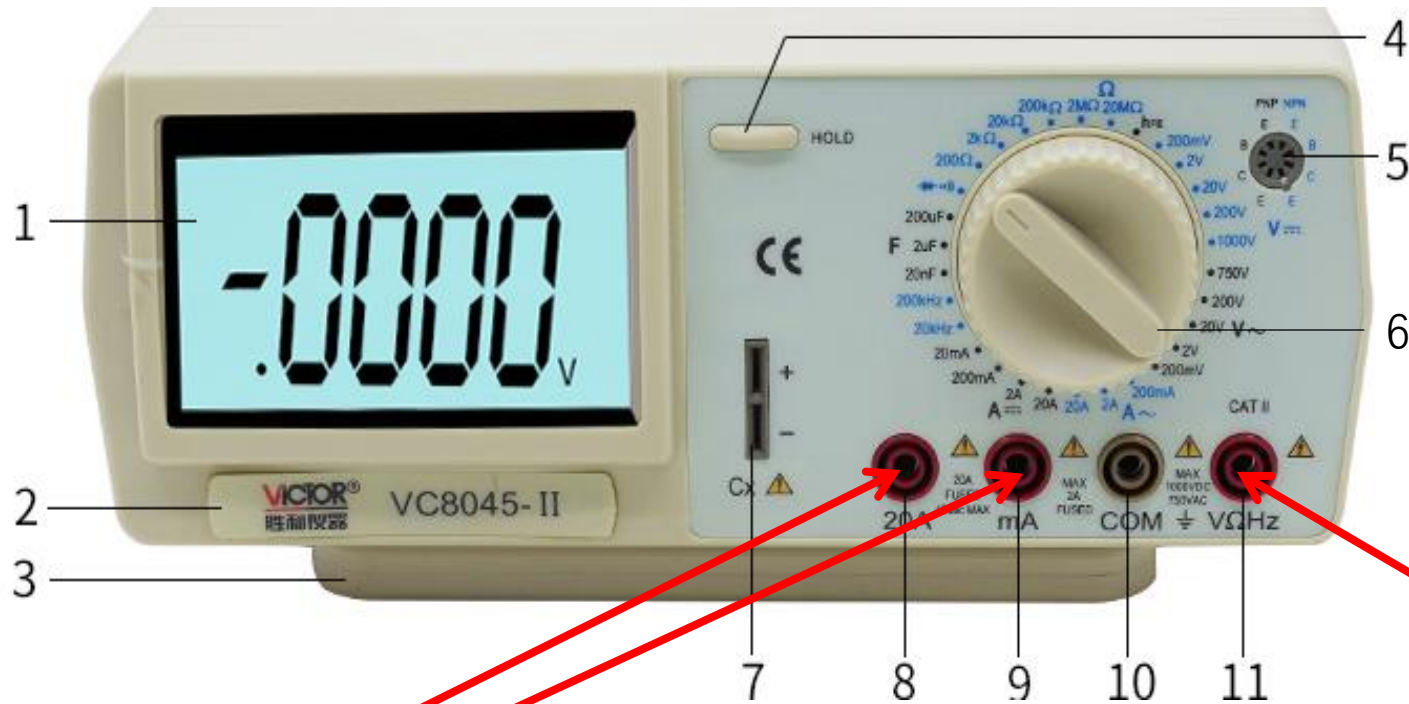
### 2. 限流设定

- 决定需要供电仪器的最大安全电流。
- 调整好所需电压，调节电流旋钮直到CC指示灯亮。
- 用一短路线暂时将输出“+”和“-”端子短路。
- 调节电流旋钮到需要的电流值。
- 电流值（过载保护）设定完毕，以后请勿改变电流旋钮。
- 取掉短路线，可进入工作状态。
- 电流达到限流电流后将进入CC（恒流）模式，到限流值后，输出电流保持稳定，此时电压降小于原设定的稳定电压





# 万用表



表笔



用于测量电流时  
红色表笔的插口

红色表笔的缺省插口,  
用于电流以外的测量

1. 显示器 2. 型号面牌 3. 支架 4. 保持开关 5. 晶体管测试座 6. 功能开关  
7. 电容测试端 8. 20A电流输入端 9. 2A以下电流输入端 10. COM公共端  
11. VΩHz输入端 12. 电源开关 13. 电源电压转换开关 14. 保险丝座 15. 电源插座



# 问题



观察这两幅图回答：这个型号的万用表可以测量哪些电路参数及元器件？



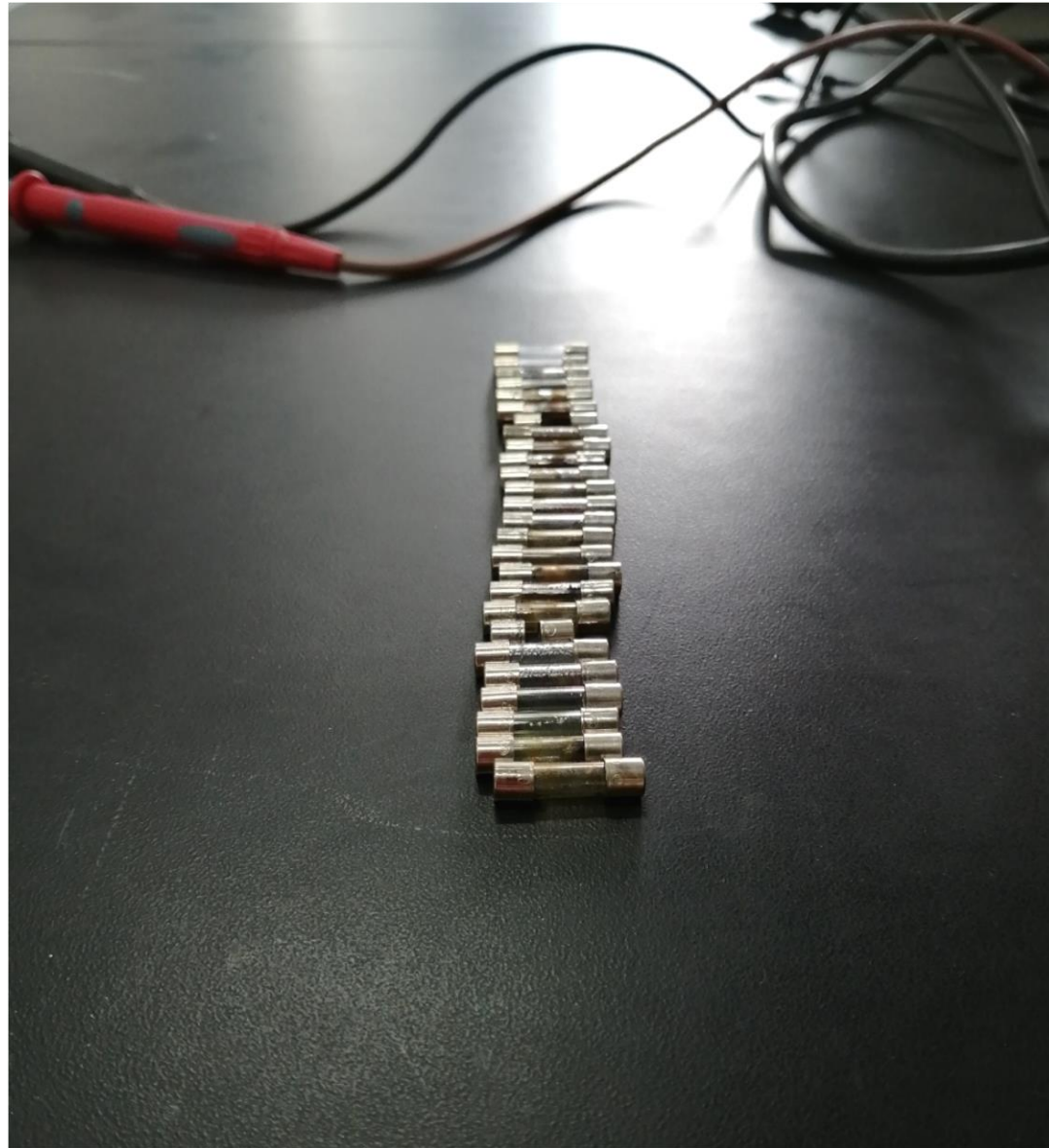


## ■ 使用方法

- 使用前先**检查**红黑表笔是否插对孔位。
- **测完任何值，将红表笔插回电压孔！** ( $V \Omega H_z$ )
- 量程选择：不知道的情况下，应从**最大**量程开始尝试。
- 屏幕显示“1”，说明已超量程；或HOLD键被按下
- 测量的极性会显示在屏幕上。
- **不能**带电测电阻值，不仅测不准，还易损坏设备。
- 电阻值超过 $M\Omega$ 时，阻值会过一段时间才稳定。
- 测电容前，先对电容充分放电。小容量电容可短接放电，大容量电容接负载放电。
- 用大电容档测试，显示不稳定值时，电容已漏电或被击穿。
- 测电流时，要将表笔**串接**在电路中。
- 电压表的阻值很大，电流表内阻近似为零

## ■ 操作规范

- 测量时，**严禁用手触摸表笔金属部分！**



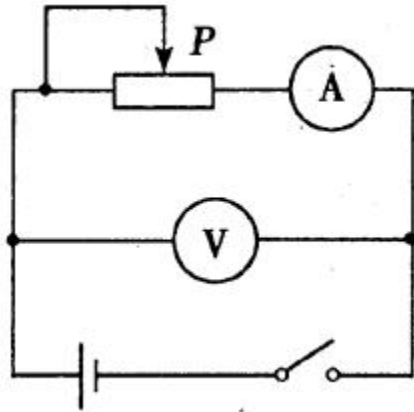


使用万用表测电阻，哪一种方法是对的？

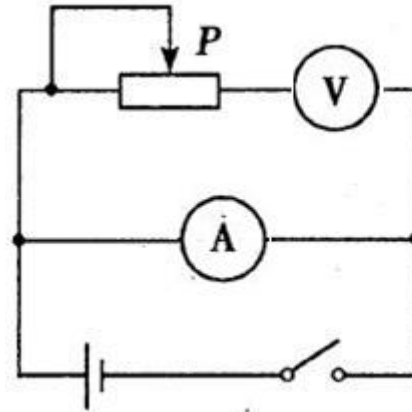
- A. 红表笔接电阻正极，黑表笔接电阻负极
- B. 红表笔接电阻负极，黑表笔接电阻正极
- C. 把电阻与电源接好并通电，然后用两表笔直接接电阻两端测量
- D. 直接用表笔接在电阻两端引线上进行测量



以下测量电路哪一个是对的？



A

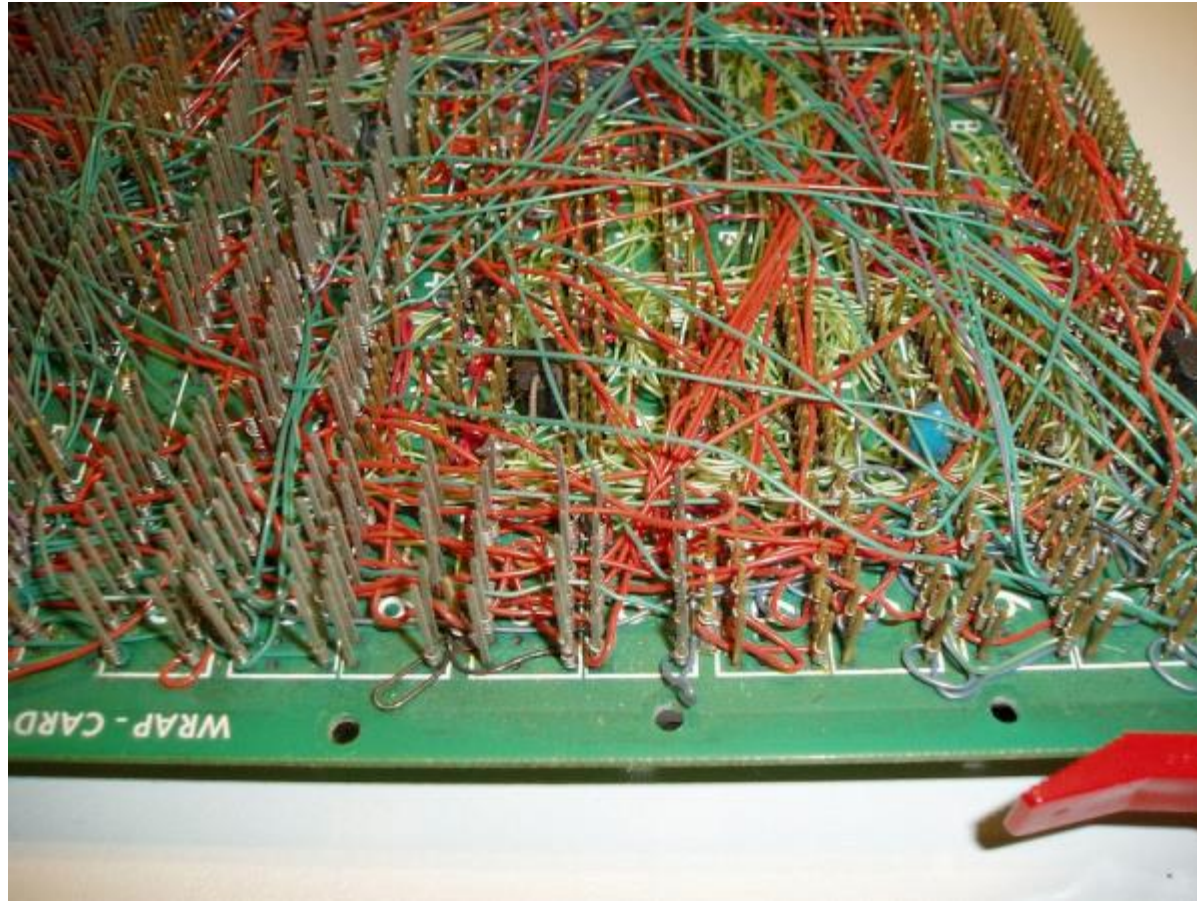


B





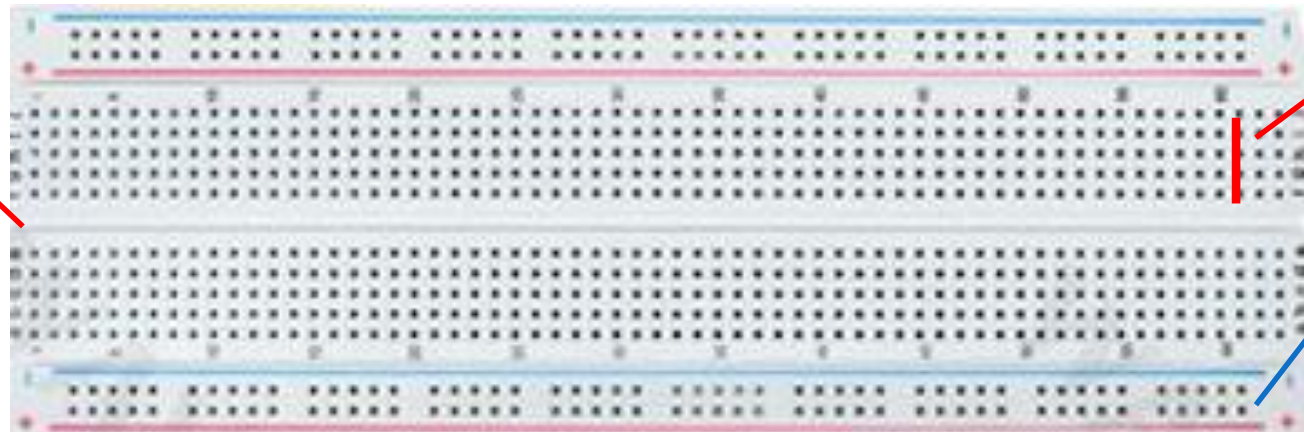
## 1960年代的电路:





凹槽，分隔作用

宽条，纵向导通



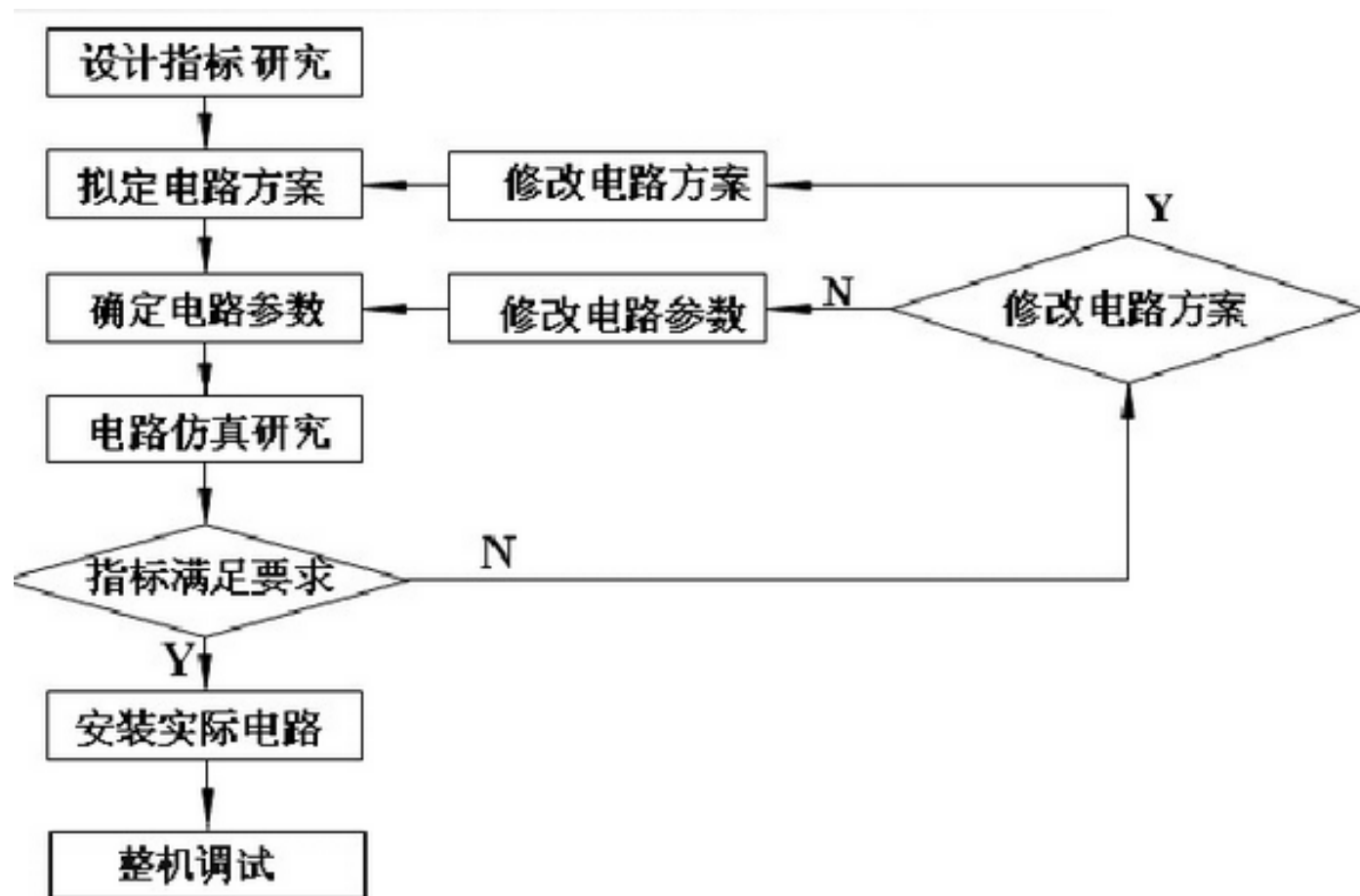
窄条，横向导通，  
纵向不导通

- 可用万用表通断档检测





- 一般宽条部分搭接电路主体，窄条部分接电源。划出专门电源区，保证区域清晰。
- 连接点越少越好。
- 尽量避免导线或元器件跨骑在别的导线或元器件上。
- 接线要牢固。
- 布局紧凑，但要留出测试孔位。
- 布局尽量与原理图保持一致。





- 安装前需要将所有的电子元器件都测试一遍。
- 有极性的元器件，安装时其标志方向应保持一致，以便检查和更换。集成电路方向要保持一致，以便布线。
- 根据不同作用，选择**不同颜色**导线。如直流电路正极用棕色线，负极蓝色线，接地中线淡蓝色等。
- 布线要按信号流向有序连接，横平竖直，不能跨接在集成电路上。导线粗细要适中，避免与插孔接触不良。
- 安装完毕后，先检查电路有无短路，连线有无接解不良，极性是否正确，有无漏接、漏焊，可用万用表查线。检查好后再通电。**不得带电安装。**



一般采用分块调试的方法：

- 通电观察。通电后，先观察电路有无冒烟、异常气味、过热等异常现象。如有异常，立即关闭电源。
- 分块调试。按功能划分电路模块，分别对各模块按信号流向的顺序进行调试。
  - 静态测试：没有外加信号，测量电路各点电位，检测是否有元器件故障或其它故障。
  - 动态测试：外加信号，借助仪器，如示波器等观察分析动态指标。
- 整机联调。各模块调试好后，将它们连接成整机进行调试。测量其动态特性，与设计指标进行对比，然后修正，使其符合设计要求。

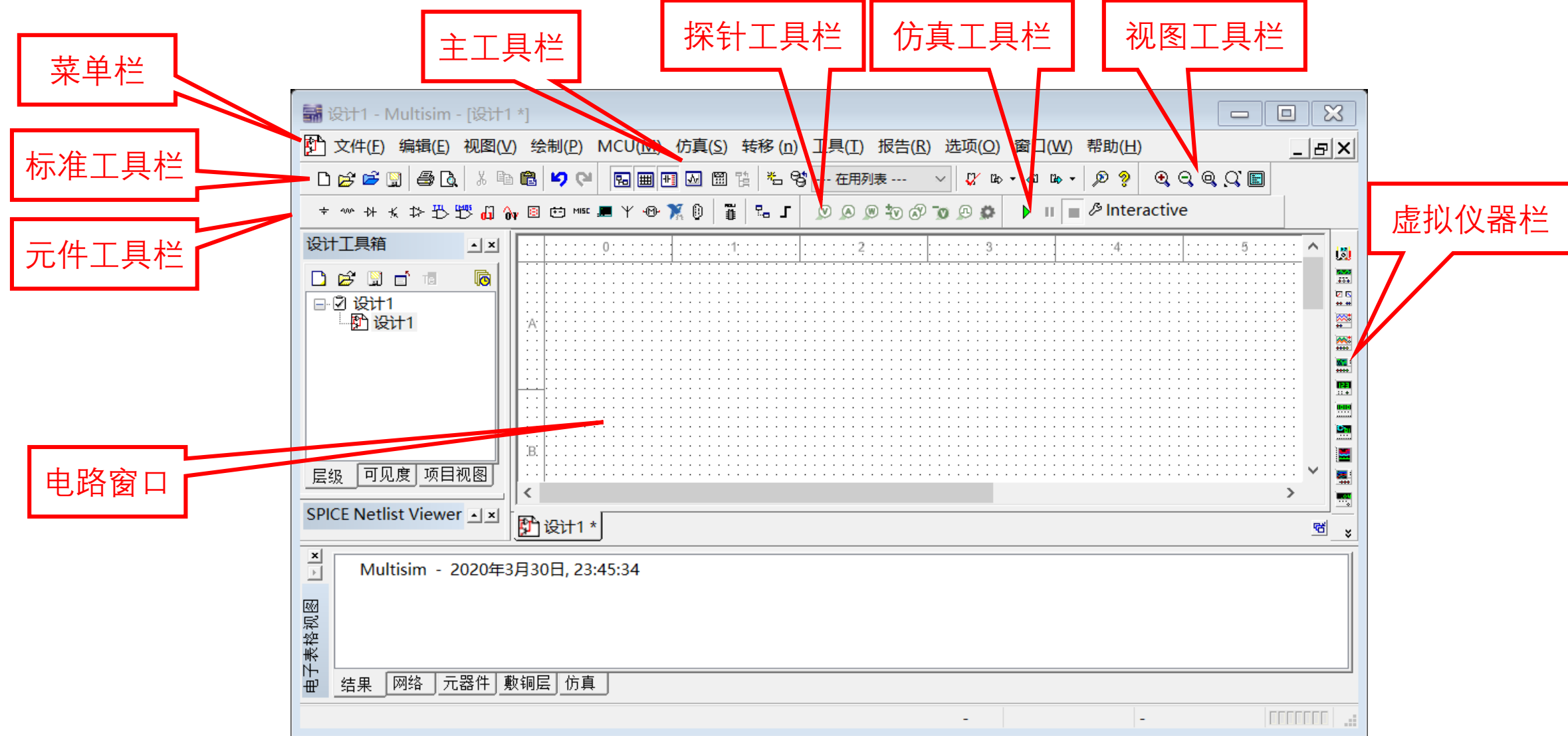


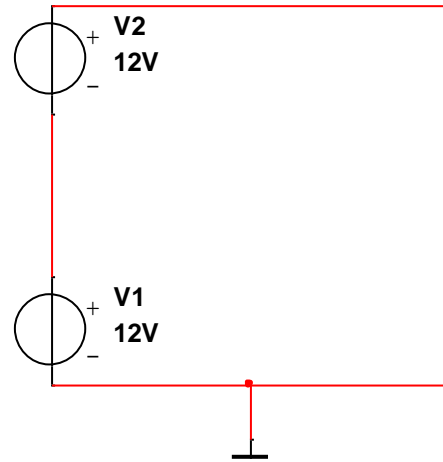
# Multisim14的使用





# Multisim工作界面



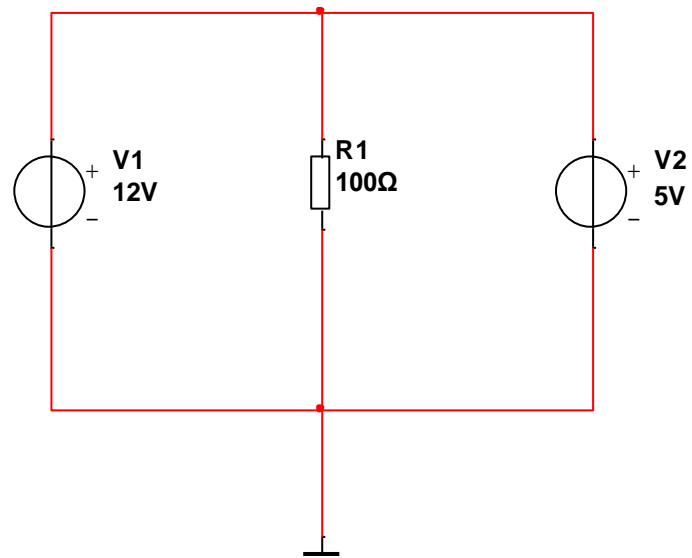


此仿真电路是否正确？

- A. 正确。
- B. 错误。



# 问题



此仿真电路是否正确？

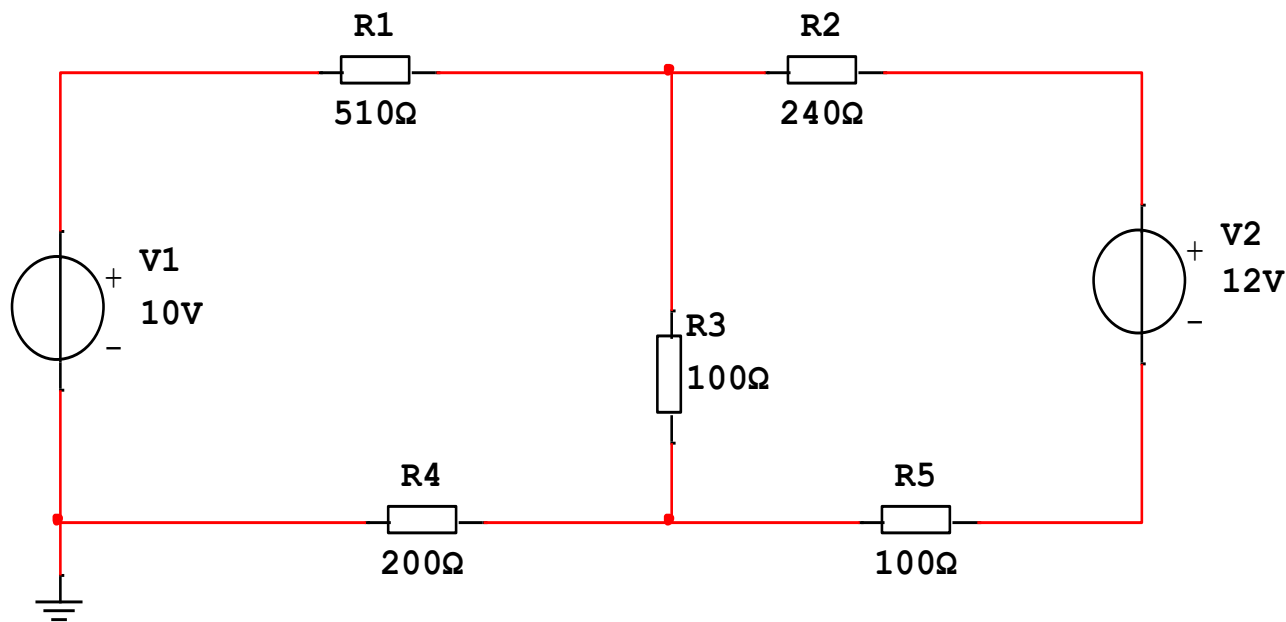
- A. 正确。
- B. 错误。



	基尔霍夫电流定律	基尔霍夫电压定律
简称	KCL	KVL
定律内容	对于任何节点，在任意时刻流出（或流入）该节点的电流代数和恒等于零。	对于任何回路，在任意时刻回路中各支路电压降（或升）的代数和恒等于零。
公式表述	$\sum_{k=1}^n i_k(t) = 0,$ $\sum i_{\text{出}}(t) = \sum i_{\text{入}}(t)$	$\sum_{k=1}^n u_k(t) = 0,$ $\sum i_{\text{升}}(t) = \sum i_{\text{降}}(t)$
定律说明	可用于一个节点，也可用于一个闭合面。	$u_k$ 可以认为是元件的电压也可以是支路电压
物理实质	电流连续性和电荷守恒的体现	电压单值性的体现：电压与路径无关



# 任务

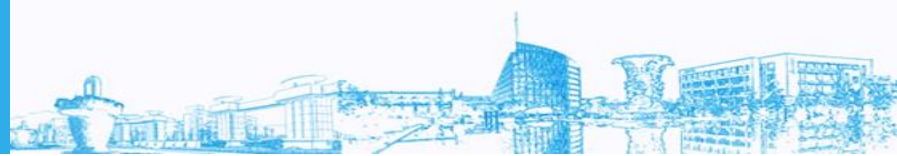


请搭建此电路，验证基尔霍夫定律。

注意：标明参考方向。

- (1) 利用色环法读取各电阻值，并测量各电阻阻值，计算真实值与标定值之间的误差。记录在实验报告中。（1分）
- (2) 正确搭接电源进行供电。正确搭接电路。（3分）
- (3) 正确使用测量仪器。（3分）
- (4) 记录测量结果。（2分）





## 实验报告（2分）

结构完整，图表、公式格式规范，文字表达清楚，表格设计合理，数据处理合理正确，有对实验结果的分析。

- 实验任务
- 实验原理
- 实验电路方案
- 分析与计算
- 测试与分析：测试用仪器，测试步骤，数据记录，图表，计算结果，给出结论、分析与讨论，等



- 一. 根据资料学习LM317芯片的使用方法。利用LM317实现恒流源输出25mA电流，并利用软件仿真，给出仿真电路图和结果。说明LM317各引脚的作用。
- 二. 为验证线性电路的线性特性实验初步设计一个记录数据的表格。