



核心专业课  
B3I493220

# 微电子器件实验

彭守仲

北京航空航天大学 微电子学院

第一馆203办公室 [shouzhong.peng@buaa.edu.cn](mailto:shouzhong.peng@buaa.edu.cn)

2020年10月19日

# 回顾



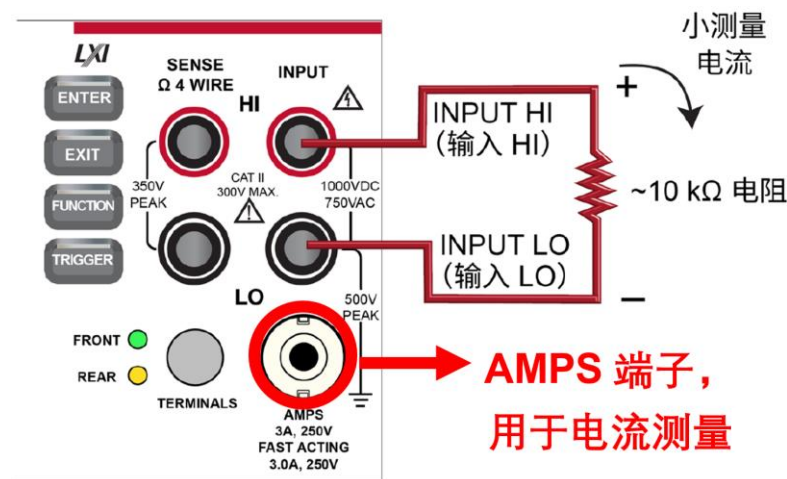
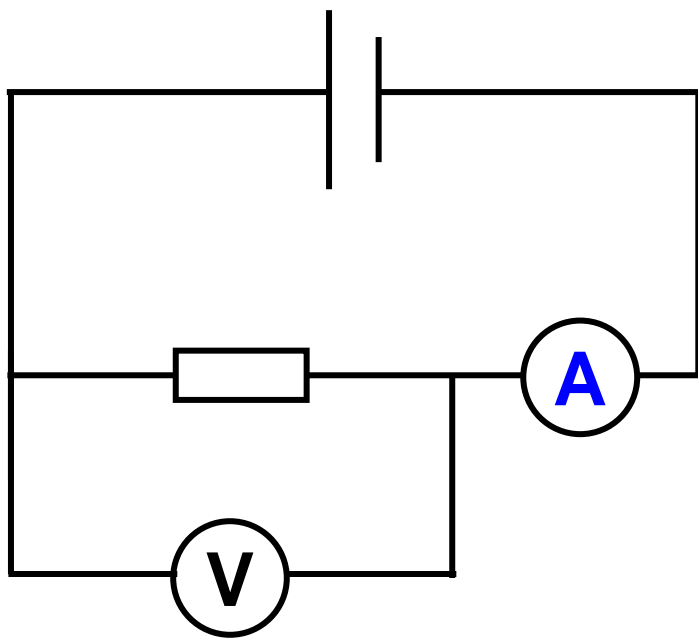
- 1. 根据设备使用方法说明文档，了解设备的面板和使用方法
- 2. 用手持万用表和台式万用表测量电阻、电容、导线和二极管
- 3. 用手持万用表和台式万用表测量电流（1V电压、1K $\Omega$ 电阻）
- 4. 用示波器和手持万用表测量三通道直流电源产生的直流电压（1V电压、1K $\Omega$ 电阻）
- 5. 用示波器和手持万用表测量任意波形发生器产生的交流电压（正弦波、方波、三角波等）

# 回顾



## 电压和电流测量

- 1、电压测量：并联
- 2、电流测量：串联
- 3、示波器只用于测电压



# 回顾

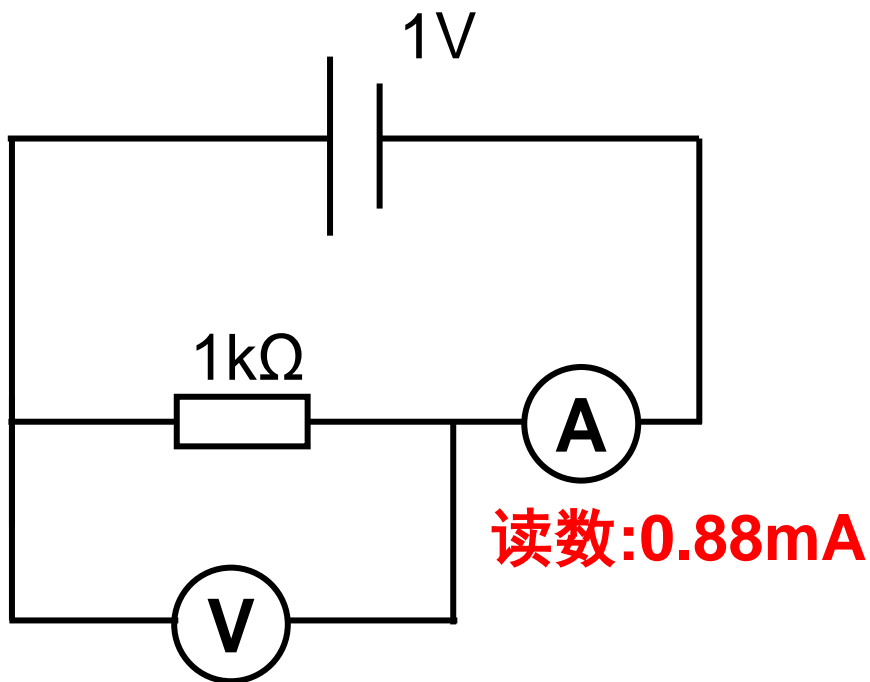


## ■ 台式万用表内阻及测量误差

内阻 = Burden charge/Range

1mA量程： 内阻 $<(0.17\text{V}/1\text{mA})= 170\Omega$

10mA量程： 内阻 $<(0.17\text{V}/10\text{mA})= 17\Omega$



Range	Resolution	Burden Voltage	24 Hours $T_{\text{CAL}} \pm 1^\circ\text{C}$
10 $\mu\text{A}$	10 pA	$<0.13\text{ V}$	$0.007 + 0.002$
100 $\mu\text{A}$	100 pA	$<0.14\text{ V}$	$0.010 + 0.020$
1 mA	1 nA	$<0.17\text{ V}$	$0.007 + 0.006$
10 mA	10 nA	$<0.17\text{ V}$	$0.006 + 0.003$
100 mA	100 nA	$<0.20\text{ V}^{11}$	$0.010 + 0.030$
1 A	1 $\mu\text{A}$	$<0.55\text{ V}^{11}$	$0.020 + 0.004$
3 A	1 $\mu\text{A}$	$<1.70\text{ V}^{11}$	$0.030 + 0.004$
10 A <sup>12</sup>	10 $\mu\text{A}$	$<0.50\text{ V}$	$0.140 + 0.025$

# 回顾

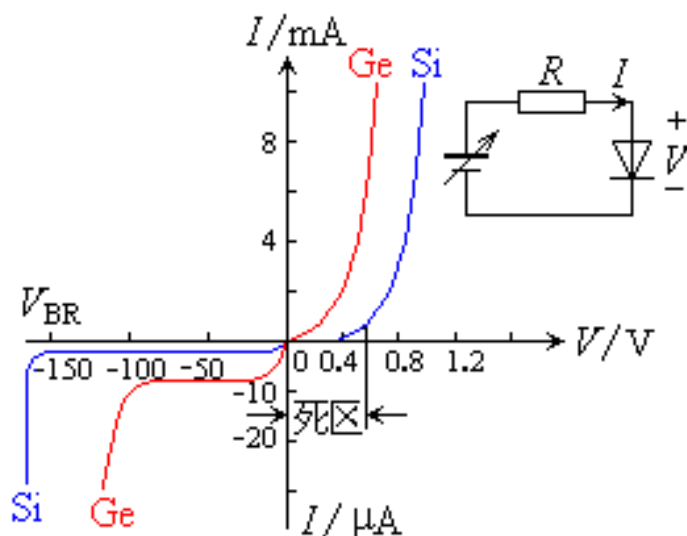


## ■ 二极管导通性测量

台式万用表：Diode模式，正接得到正向导通电压，反接得到Overflow V

手持万用表：二极管模式，正接得到正向导通电压，反接得到OL.

注意：手持万用表需要先旋转到电阻、二极管、蜂鸣测量模式，再按黄色按钮调整到二极管测量模式



# 直流特性测量与分析



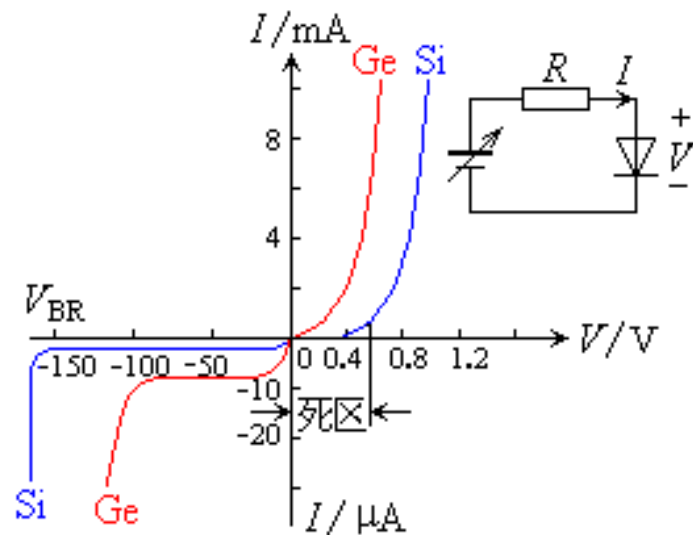
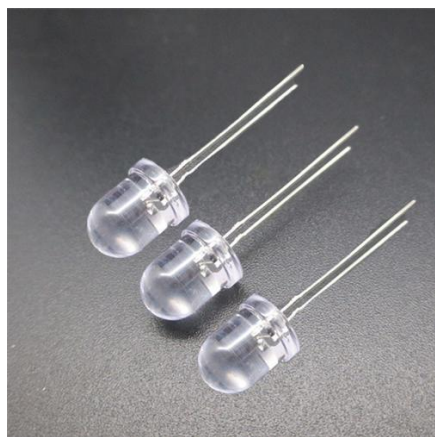
## ■ 直流特性实验内容

- 1、二极管的直流特性测量与分析
- 2、双极型晶体管的直流特性测量与分析
- 3、场效应晶体管的直流特性测量与分析

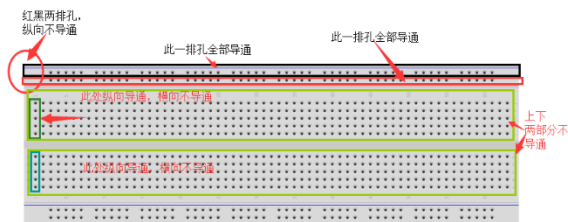
## ■ 实验要求和目的：

- 1、了解通用仪表的基本原理和使用方法
- 2、了解被测器件各项参数的定义和测量方法
- 3、掌握被测器件直流特性和相关机理

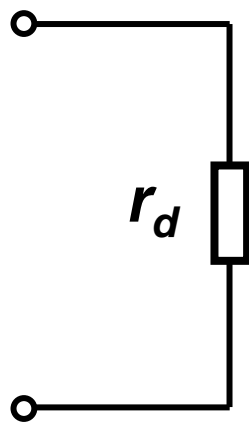
# 一、二极管的直流特性测量与分析



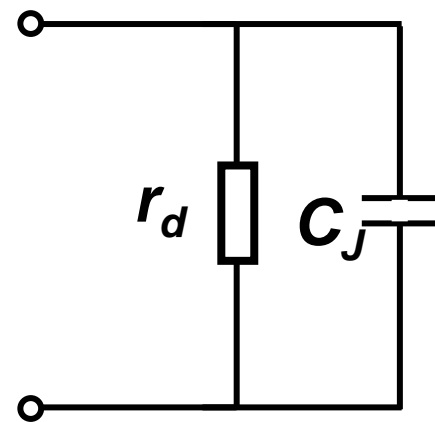
PN节伏安特性曲线图



测试器件

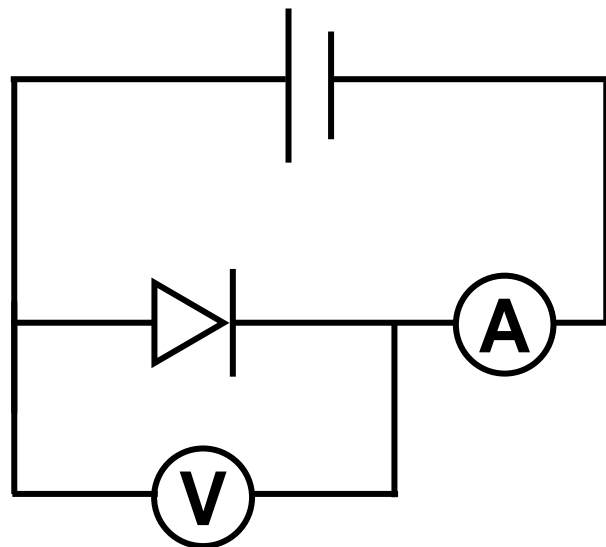


低频等效电路

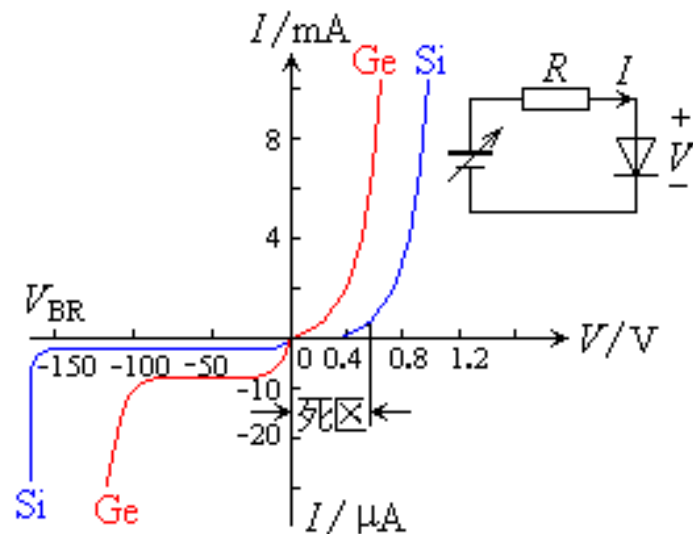


高频等效电路

# 一、二极管的直流特性测量与分析



测试电路图



PN节伏安特性曲线图



电压源  
产生电压



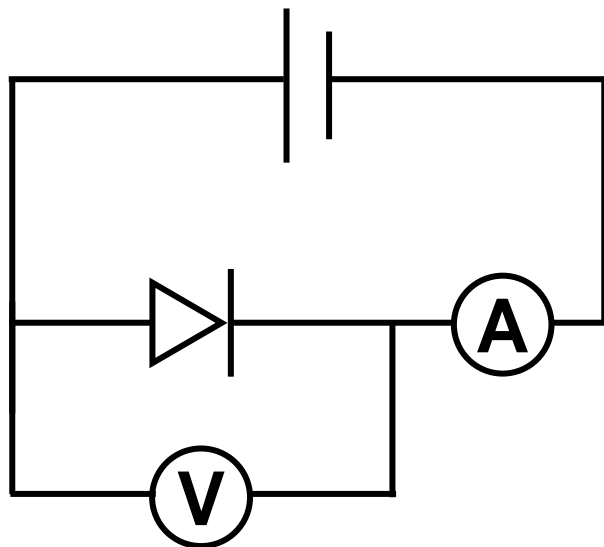
手持式万用表  
测量电压



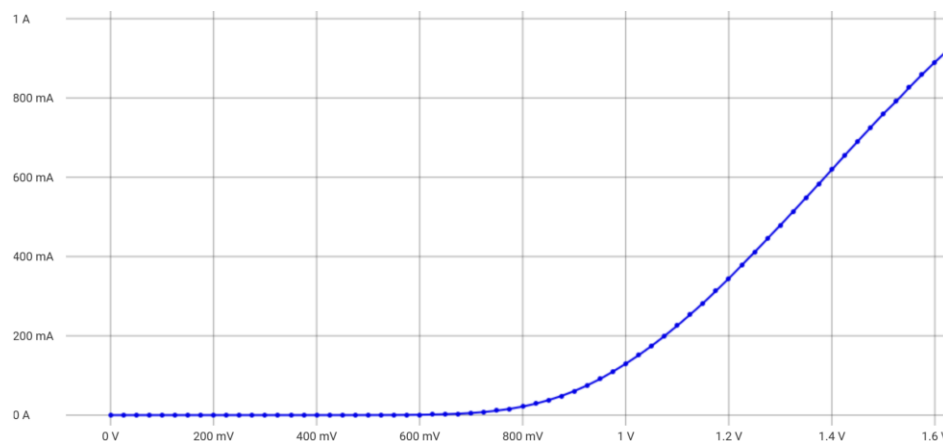
台式万用表  
测量电流



# 一、二极管的直流特性测量与分析



测试电路图

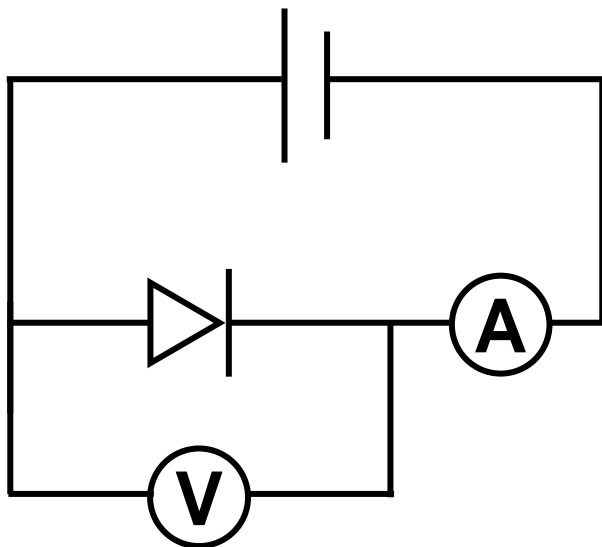


典型测试结果

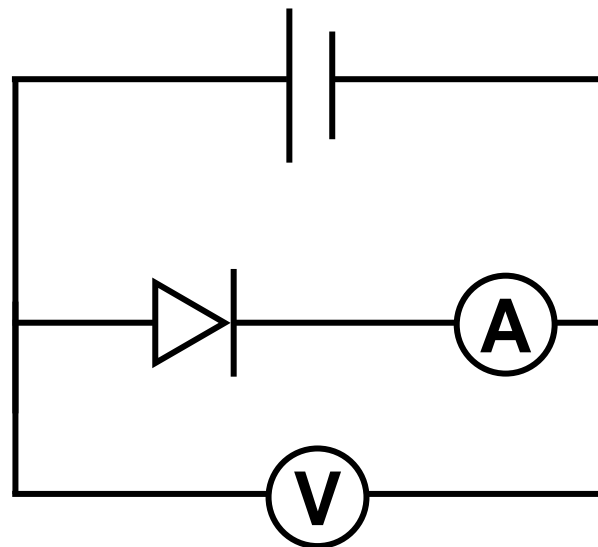
## ■ 注意事项

1. 请测量发光二极管（小心烫手）
2. 反向击穿电压大于30V

# 一、二极管的直流特性测量与分析



测试电路图1  
电流表外接法



测试电路图2  
电流表内接法

## ■ 课后思考

在二极管直流特性测量中，应该采用电流表外接法还是电流表内接法？为什么？

# 直流特性测量与分析



## ■ 直流特性实验内容

- 1、二极管的直流特性测量与分析
- 2、双极型晶体管的直流特性测量与分析
- 3、场效应晶体管的直流特性测量与分析

## ■ 实验要求和目的：

- 1、了解通用仪表的基本原理和使用方法
- 2、了解被测器件各项参数的定义和测量方法
- 3、掌握被测器件直流特性和相关机理

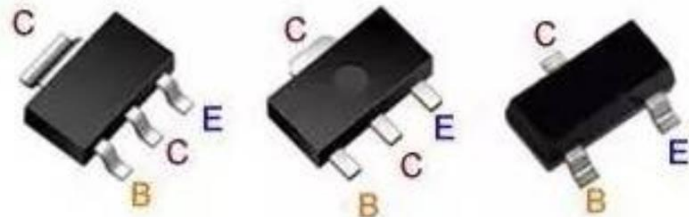
## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

### ■ 输入特性曲线

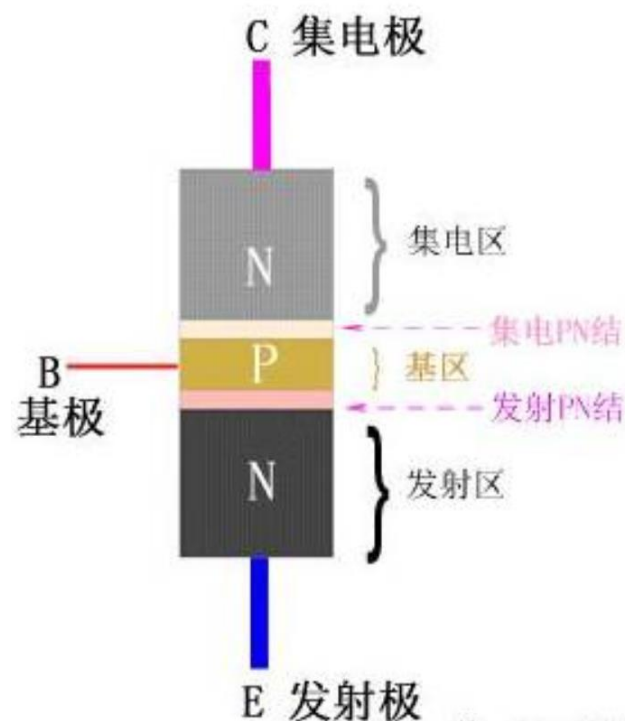
TO封装 (Transistor Outline)



SOT封装 (Small Outline Transistor)



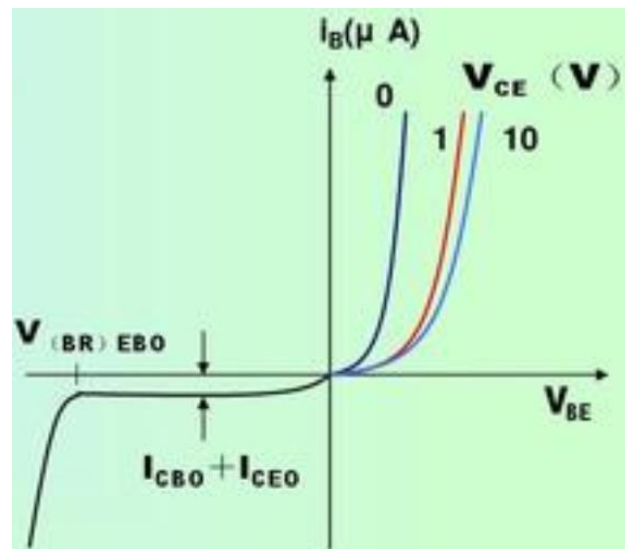
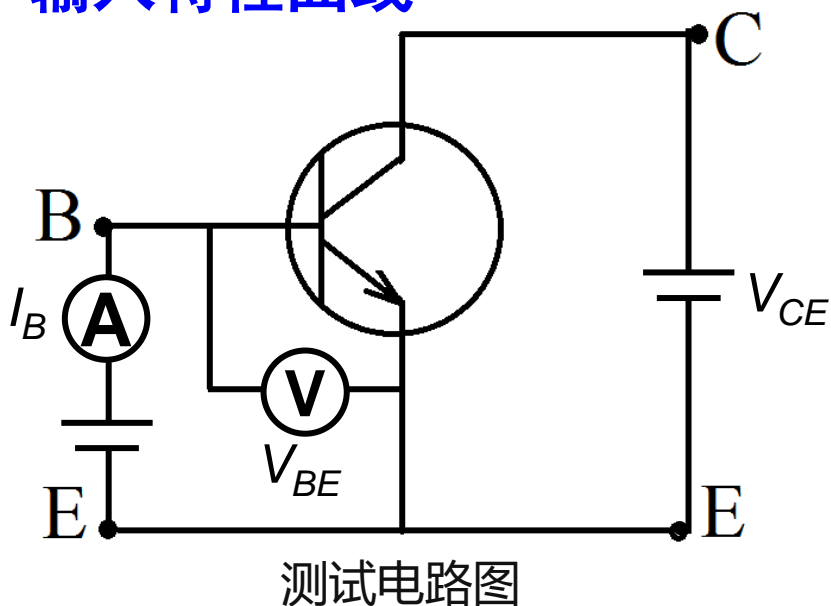
测试器件



三极管由两个  
背对背的PN结组成

## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

### 输入特性曲线



电压源  
产生电压



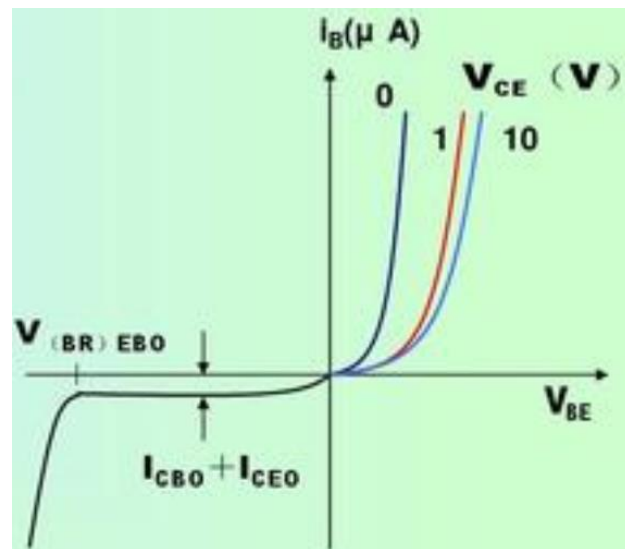
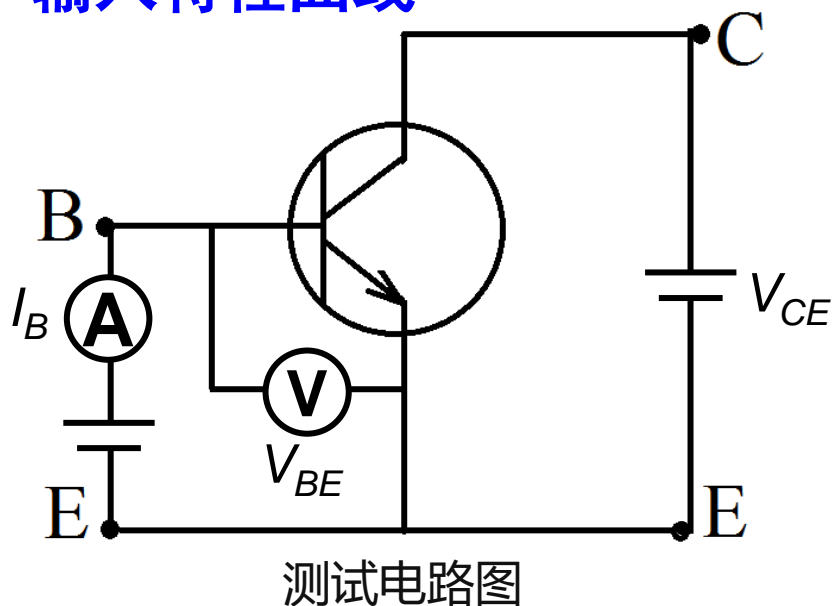
手持式万用表  
测量电压



台式万用表  
测量电流

## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

### ■ 输入特性曲线



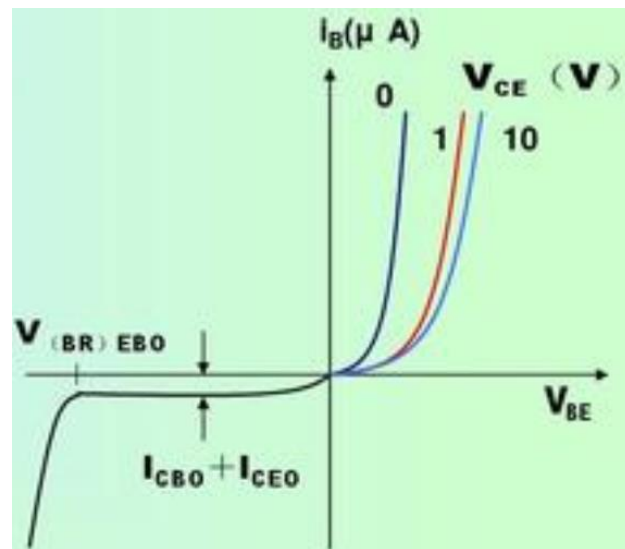
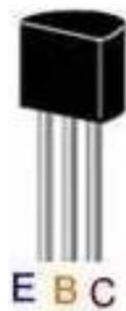
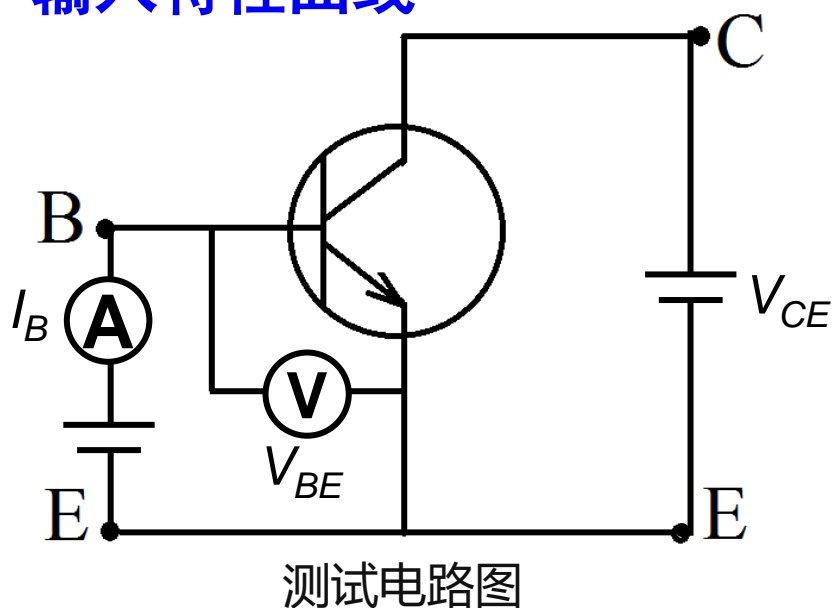
输入特性曲线图  
( $V_{CE}=0V$ (短路)或 $V_{CE}=0.5V$ )

### ■ 注意事项:

1.  $V_{CE}=0V$ 时CE端不需要连接电压源，只需用导线连接
2.  $V_{CE}$ 太大会烧毁器件（小心烫手），建议 $V_{CE}=0.5V$
3. 反向击穿电压约为-12.5V

## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

### ■ 输入特性曲线



输入特性曲线图  
( $V_{CE}=0V$ (短路)或 $V_{CE}=1V$ )

### ■ 课后思考

1.  $V_{CE}$  电压是如何影响 BE 端的伏安特性曲线的？
2. 内在机理是什么？

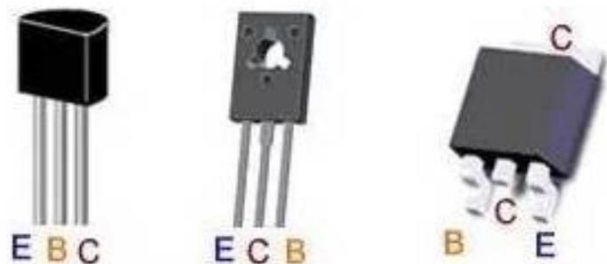


## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

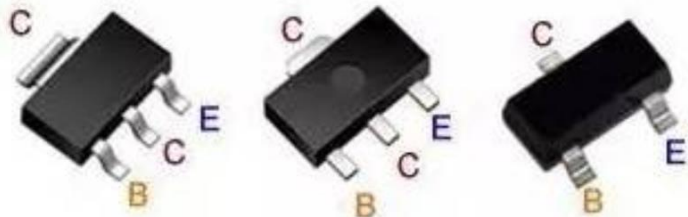


### ■ 输出特性曲线

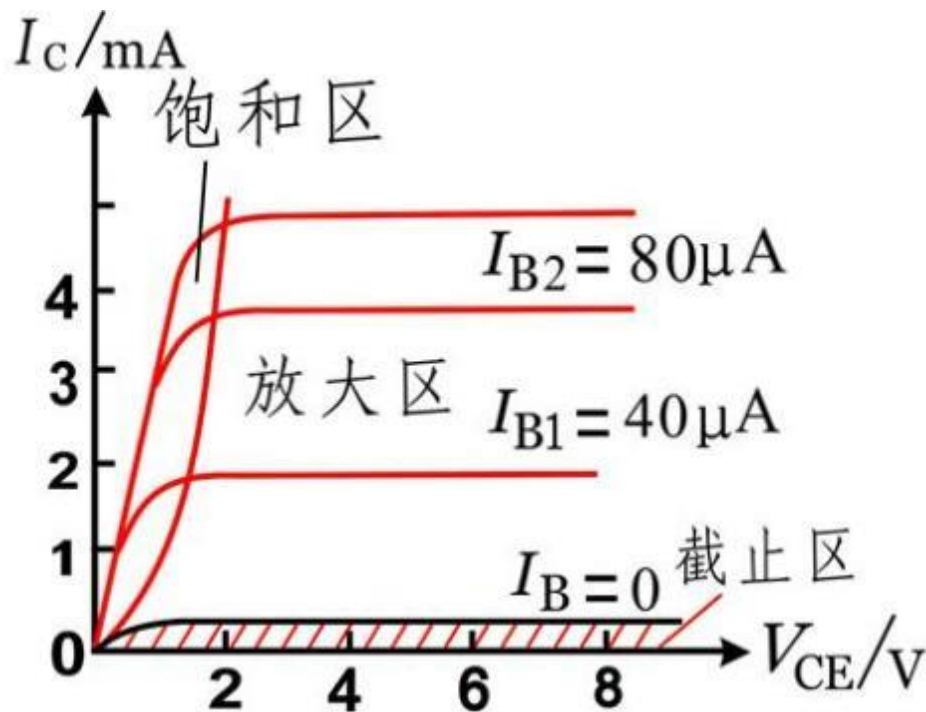
TO封装 (Transistor Outline)



SOT封装 (Small Outline Transistor)



测试器件



输出特性曲线

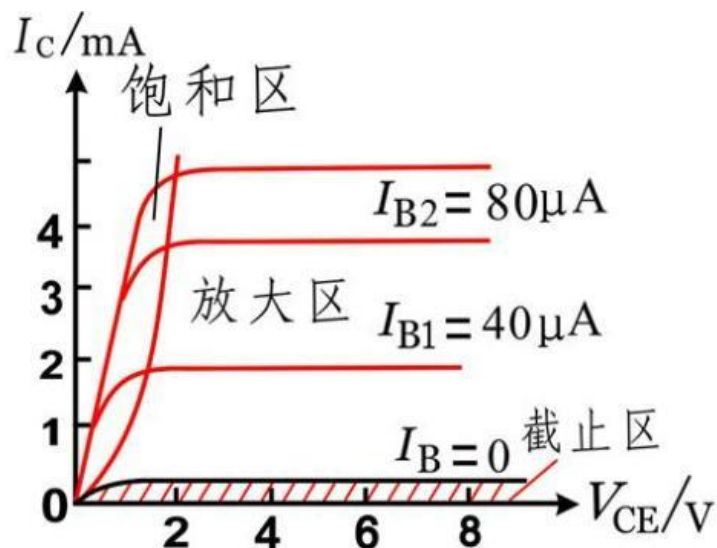


## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

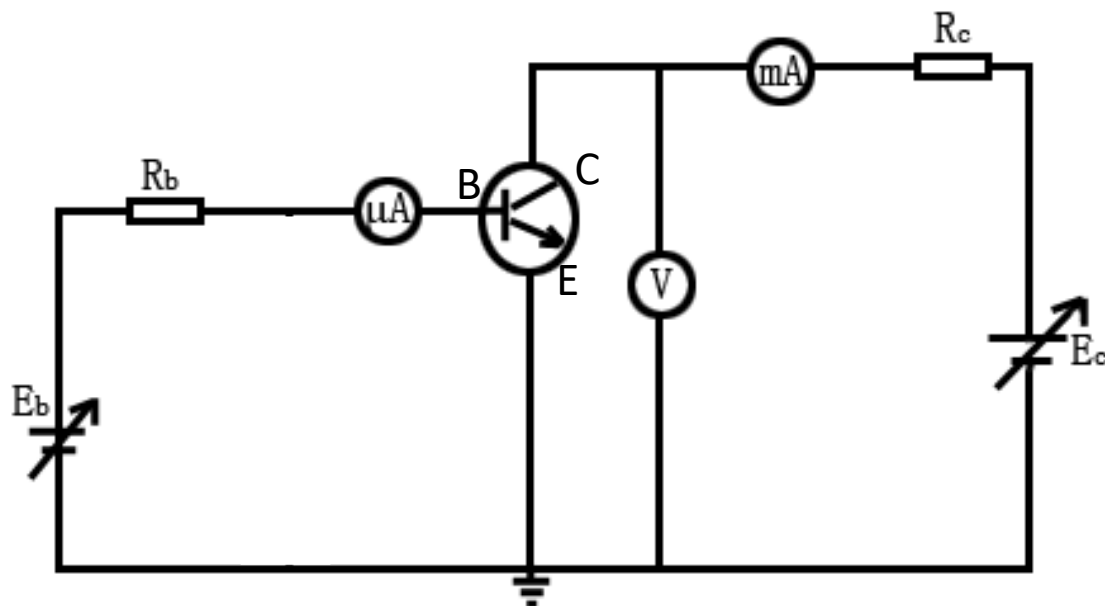


### ■ 输出特性曲线

□ 基本测试原理电路如下图所示，测试时用逐点测试的方法把一条条的曲线描绘出来。



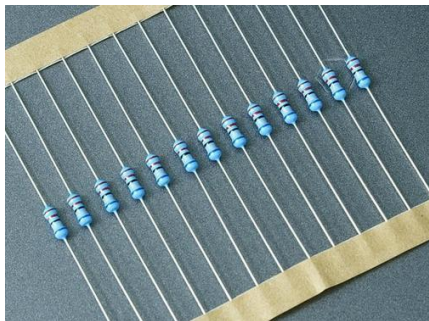
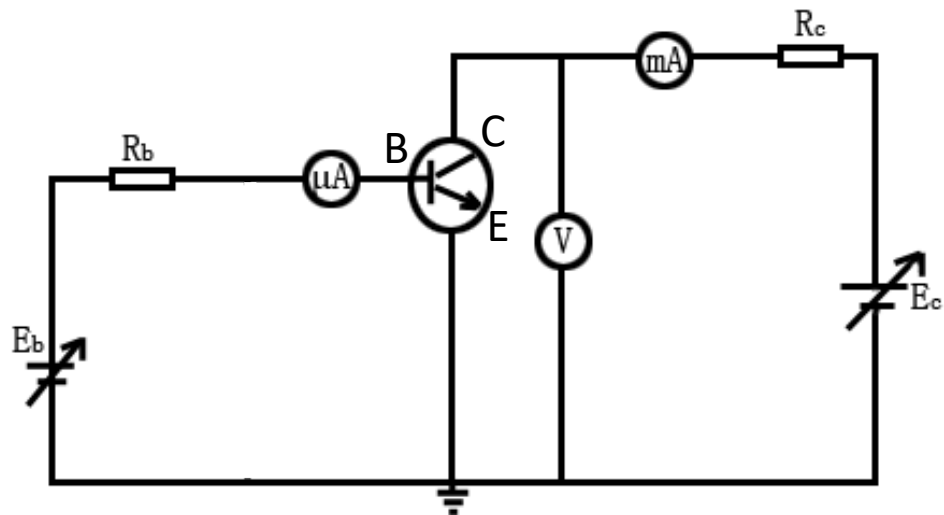
输出特性曲线



测试电路图

## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

### 输出特性曲线



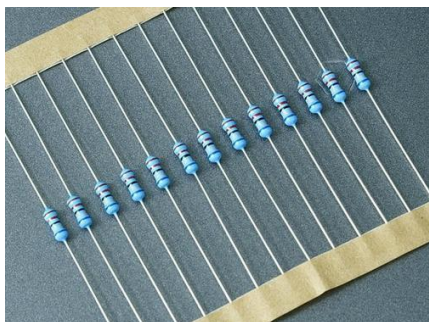
测试器件



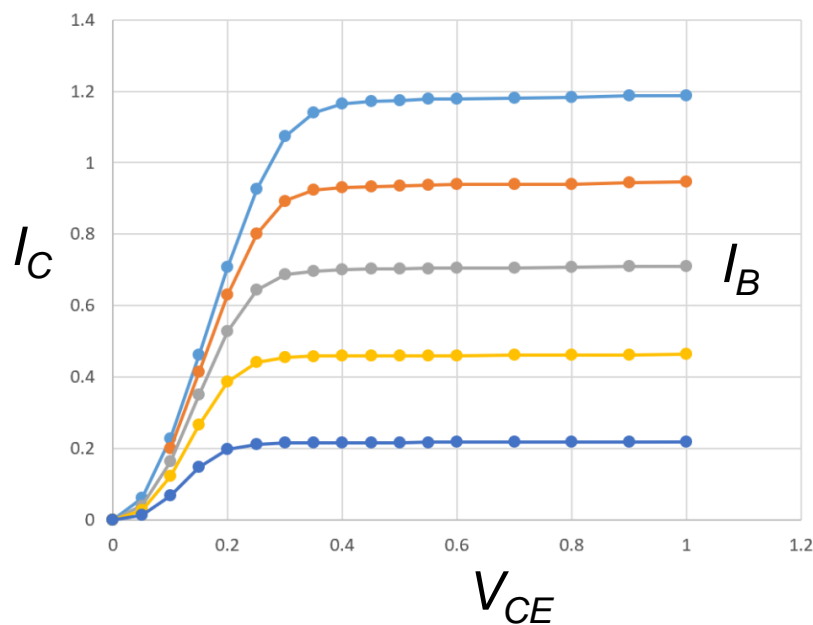
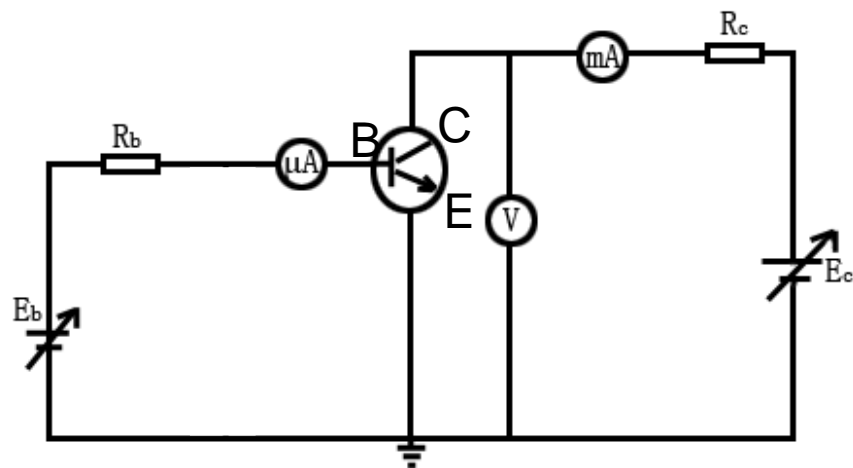
测试仪表

## 二、双极型晶体管的直流特性测量与分析

### 输出特性曲线



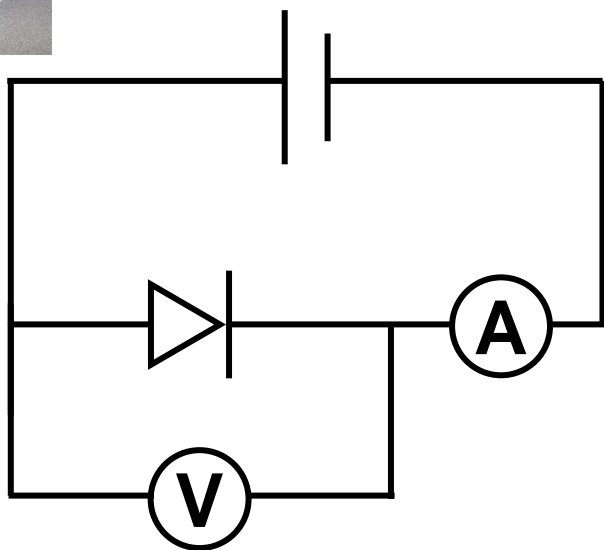
测试器件



# 实验内容



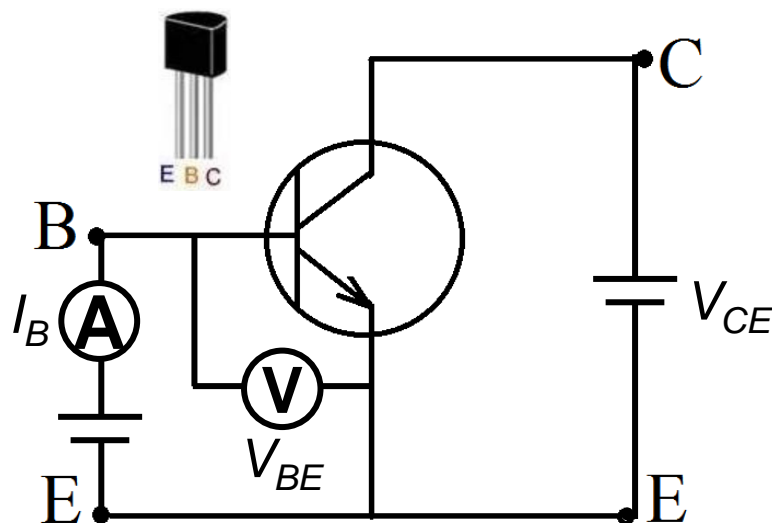
## 实验一、二极管直流特性



### ■ 注意事项

1. 请测量发光二极管（小心烫手）
2. 反向击穿电压大于30V

## 实验二、双极型晶体管输入特性



( $V_{CE}=0V$ (短路)或 $V_{CE}=0.5V$ )

### 注意事项：

1.  $V_{CE}=0V$ 时CE端不需要连接电压源，只需用导线连接
2.  $V_{CE}$ 太大会烧毁器件（小心烫手），建议 $V_{CE}=0.5V$
3. 反向击穿电压约为-12.5V

# 课后思考



## ■ 课后思考

1. 在二极管直流特性测量中，应该采用电流表外接法还是电流表内接法？为什么？

## ■ 课后思考

1.  $V_{CE}$  电压是如何影响BE端的伏安特性曲线的？
2. 内在机理是什么？

谢谢！