



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

A series of overlapping geometric shapes on the left side of the slide: a small orange square at the top, a large blue rectangle below it, a red rectangle overlapping the bottom-left of the blue one, and a teal outline of a rectangle to the right of the blue one. At the bottom left, there are five horizontal blue bars of varying lengths.

模拟电子技术基础实验

计算机专业实践中心



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

电子元器件

- 1、电阻，电位器
- 2、电容
- 3、二极管
- 4、三极管
- 5、运算放大器

电子元器件



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

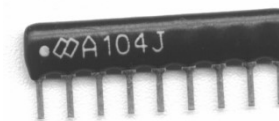
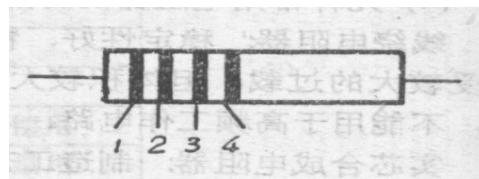
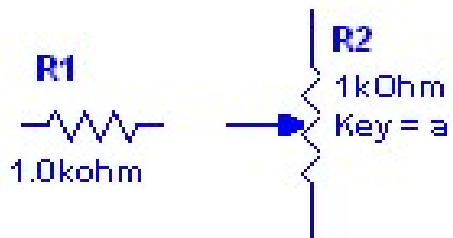
计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

电阻、电位器



符号



电子元器件

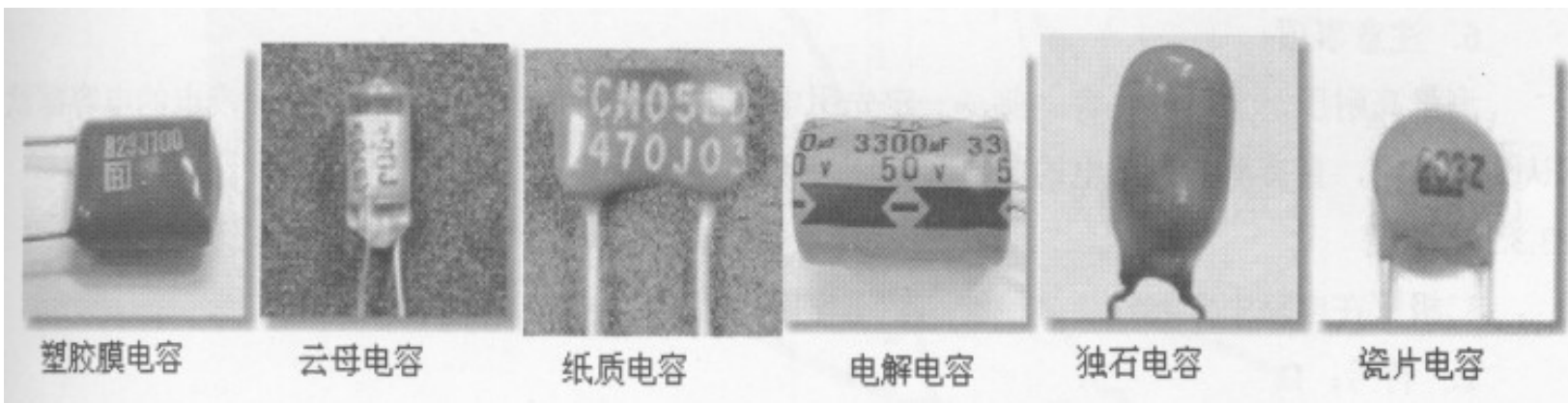


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

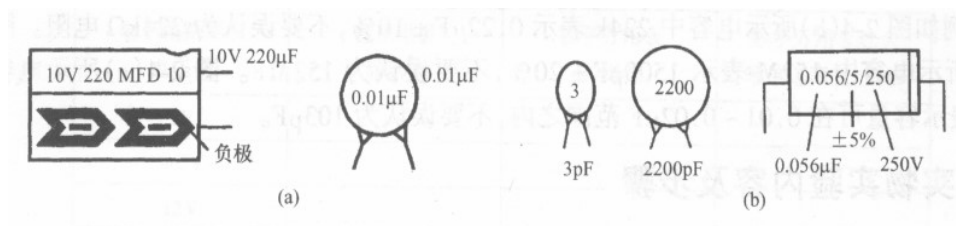
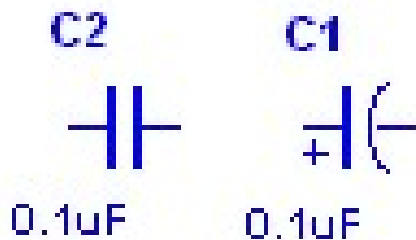
计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

电 容



符号



电子元器件



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

二极管



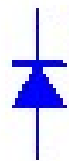
LED1

LED_red



D1

1N4465



D2

DIODE_VIRTUAL

电子元器件

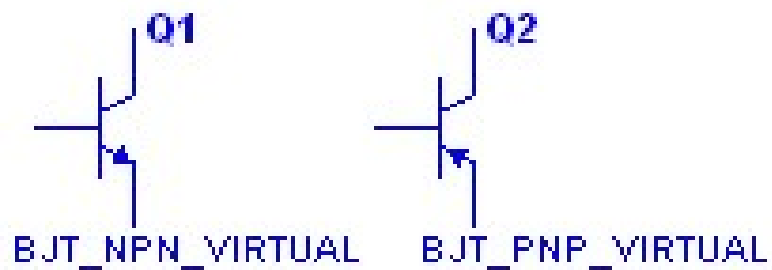
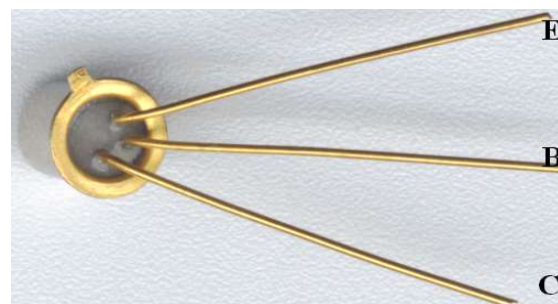
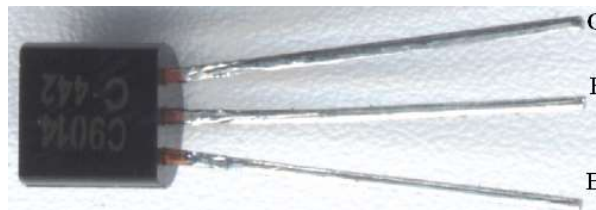
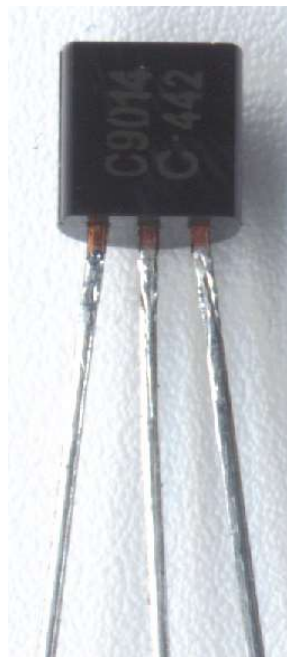


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

三极管



电子元器件



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

运算放大器



电子元器件



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

实验仪器使用

- 1、直流稳压源
- 2、信号源
- 3、示波器
- 4、万用表
- 5、模拟电路实验箱

实验仪器使用

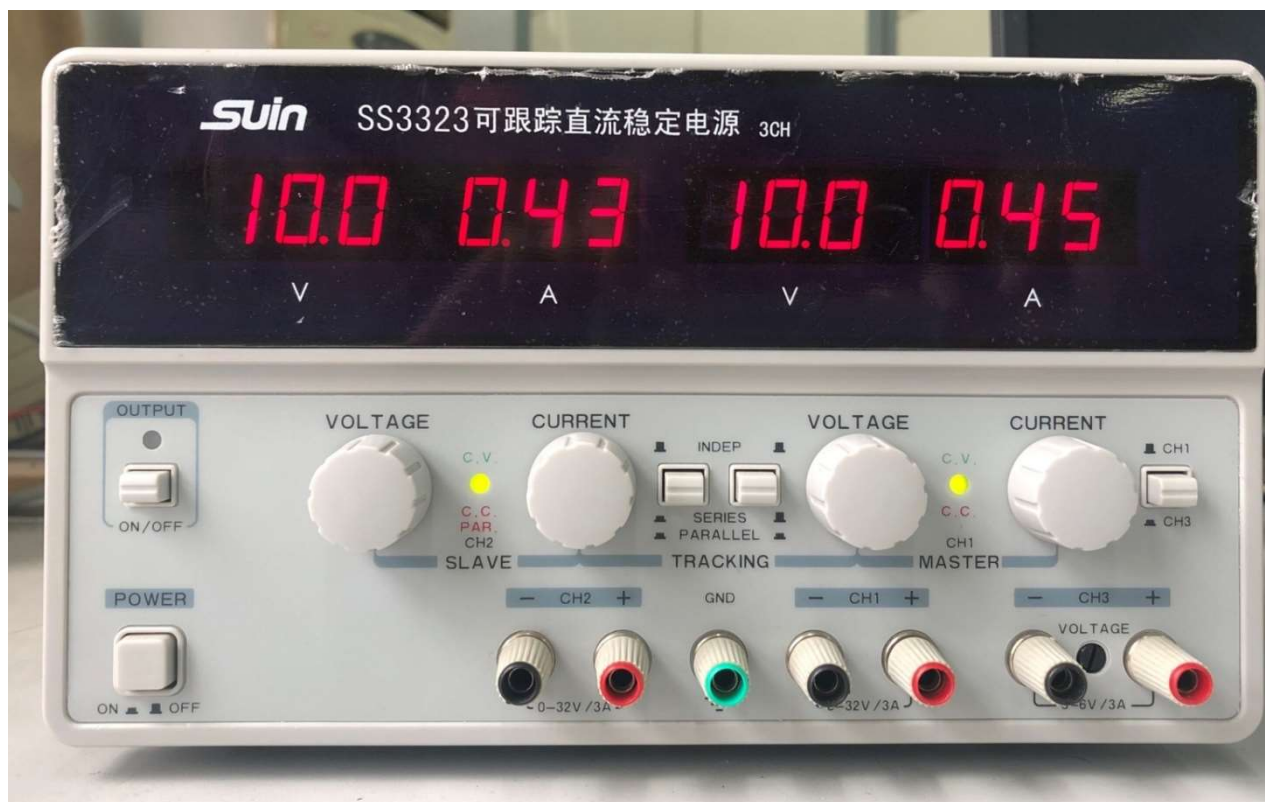


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

直流稳压源



实验仪器使用

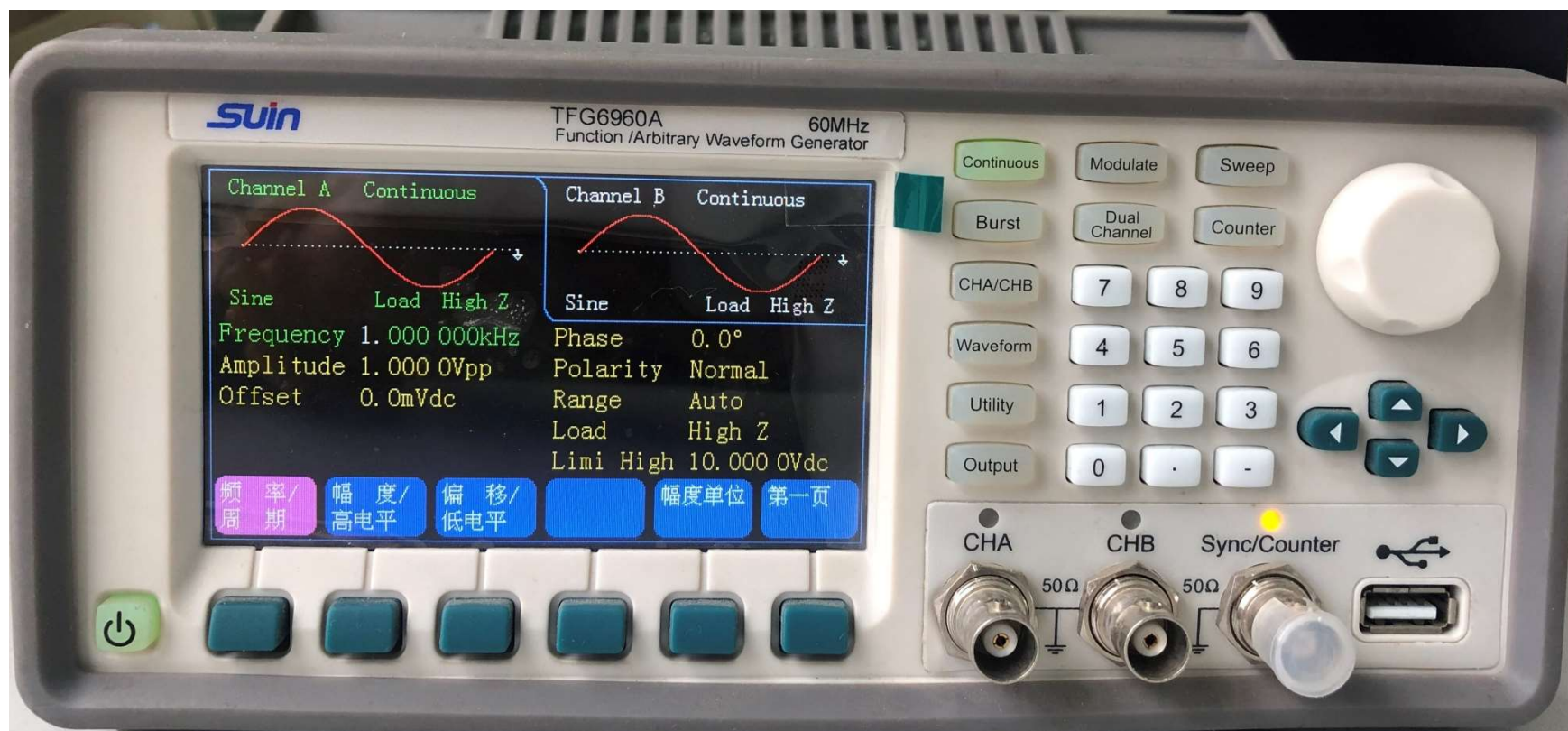


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

信号源



实验仪器使用

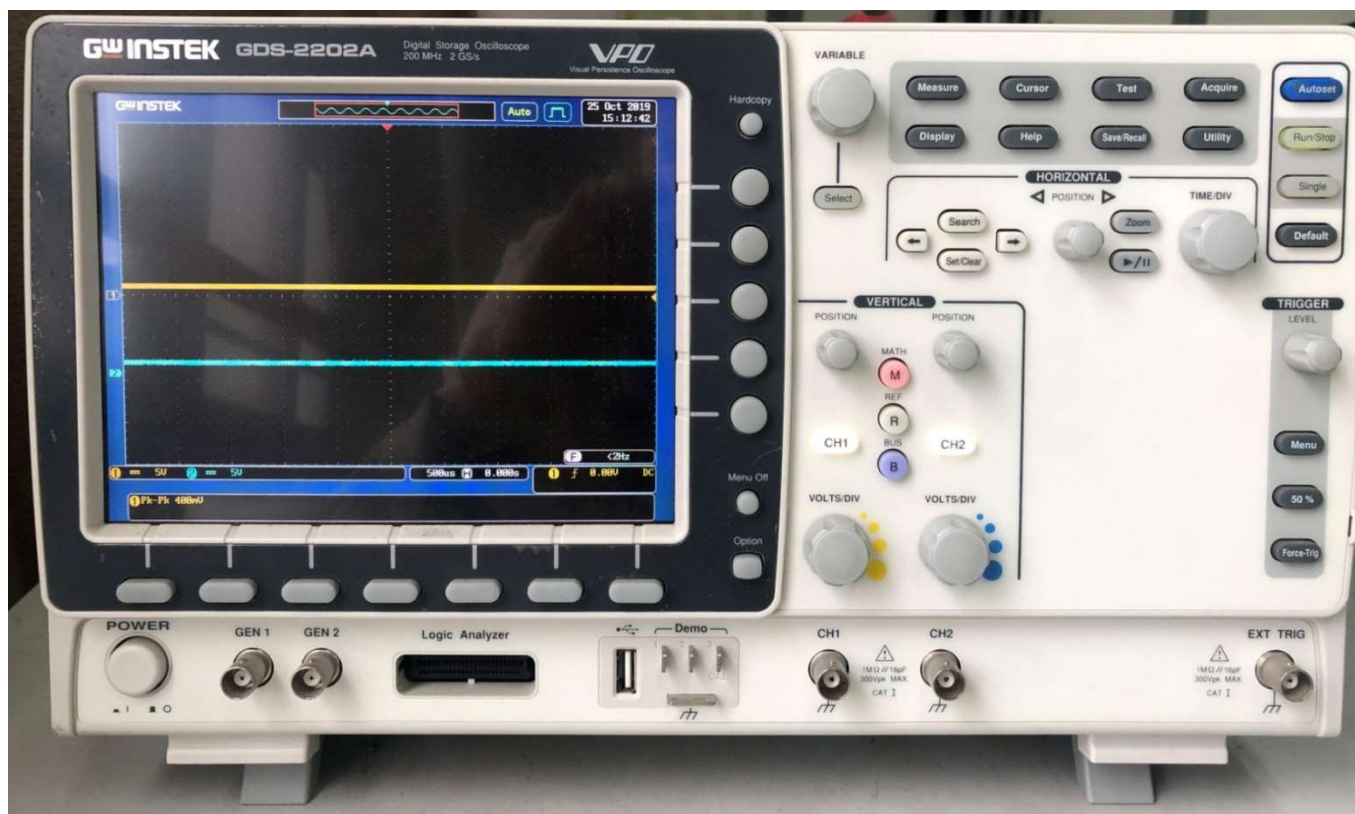


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

示波器



实验仪器使用



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

数字万用表

电阻档

交流电压档

直流电压档

电容档

三极管 β 参数档



实验仪器使用

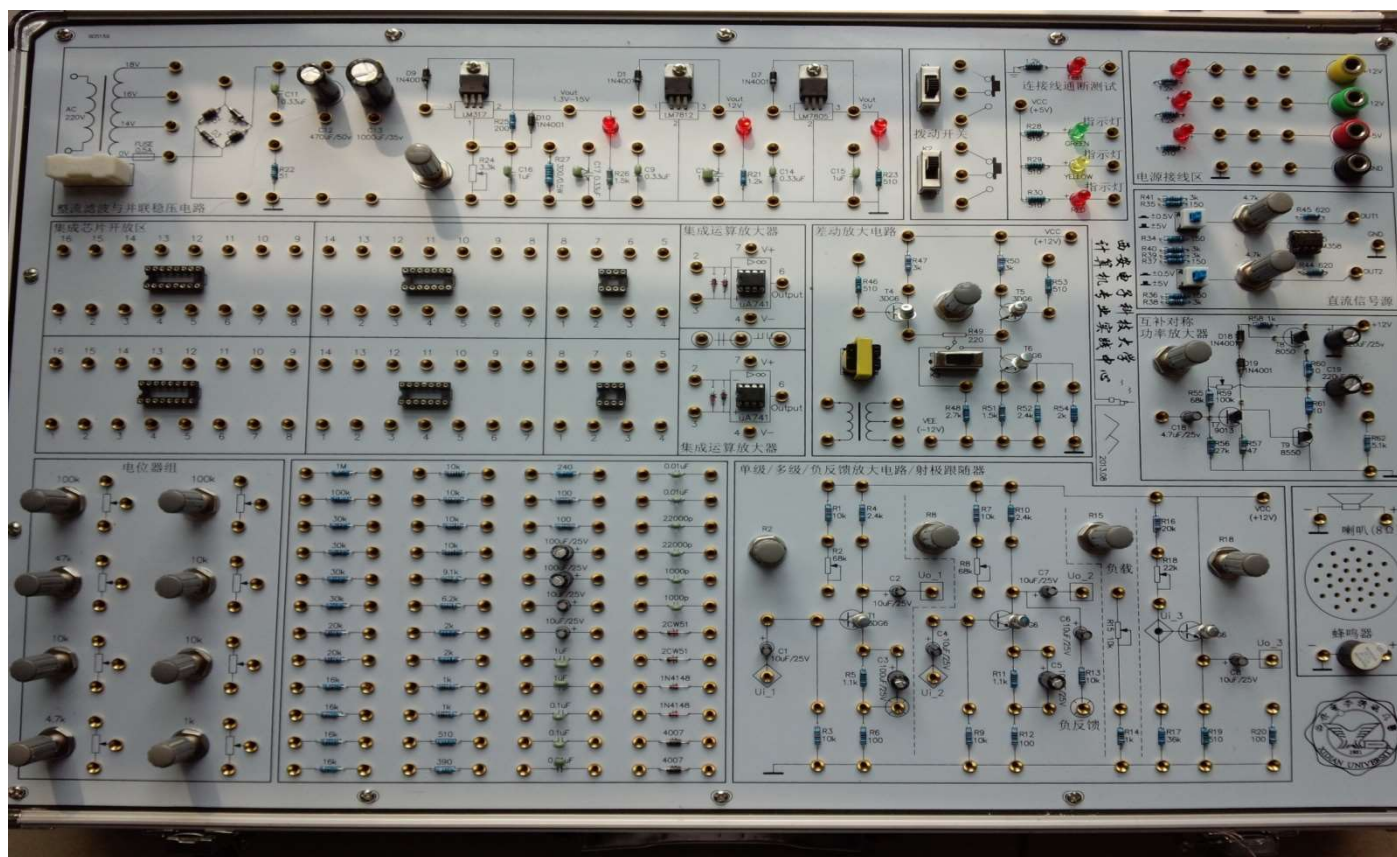


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

模拟电路实验箱



实验仪器使用

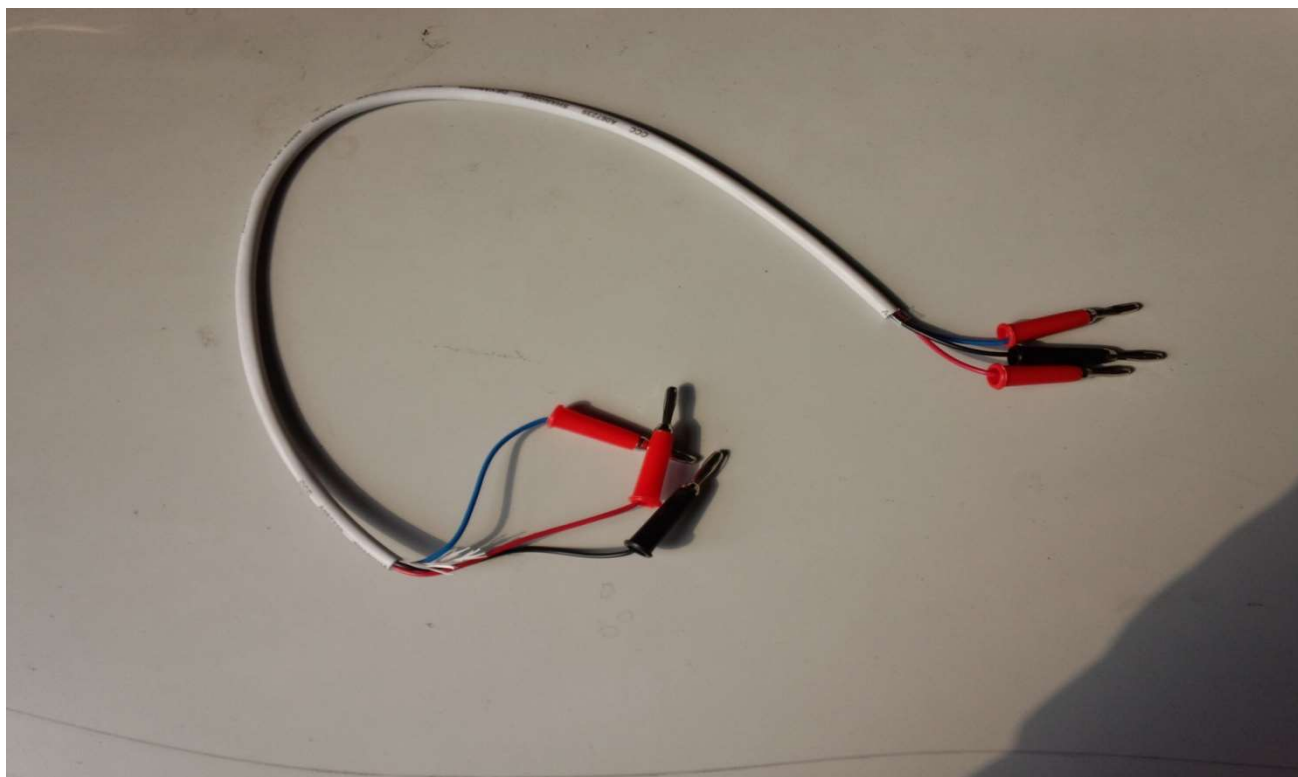


西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

电源连接线



实验仪器使用



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
School of Computer Science and Technology

模拟电子技术基础实验

连接线



实验仪器使用



实验内容

- 实验一 二极管特性及其应用
- 实验二 三极管单级交流放大电路
- 实验三 三极管负反馈交流放大电路
- 实验四 运算放大器应用（一）
- 实验五 运算放大器应用（二）





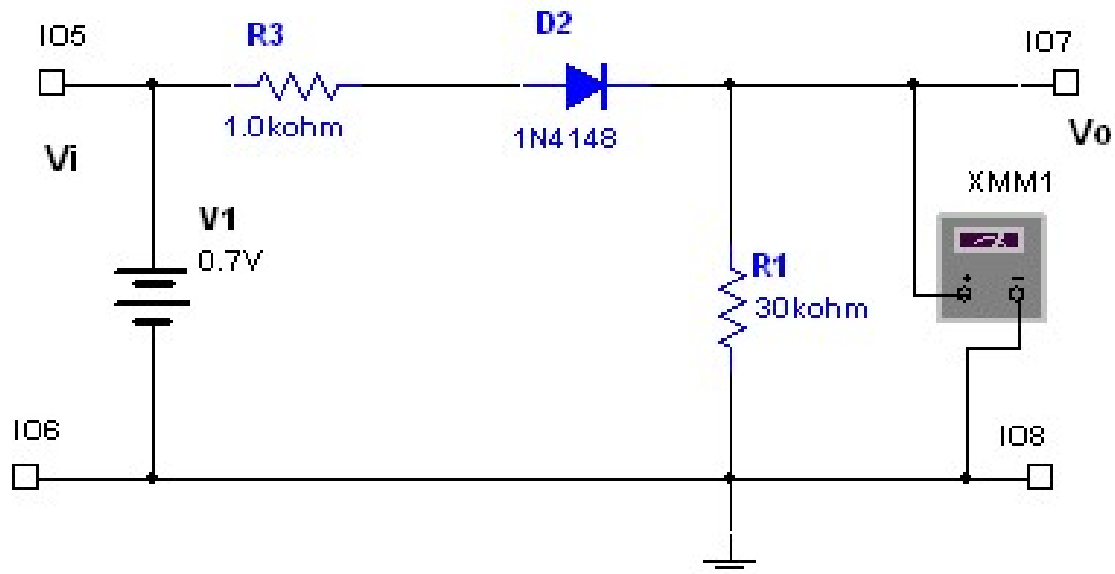
实验一 二极管特性及其应用

- 一、实验目的
- 了解半导体二极管在电子电路中的多种用途
- 掌握电子电路实验仪器的基本使用方法
- 熟悉和掌握示波器、信号发生器的正确使用方法。



1、二极管特性测试与分析

(1) 二极管单向导电性a

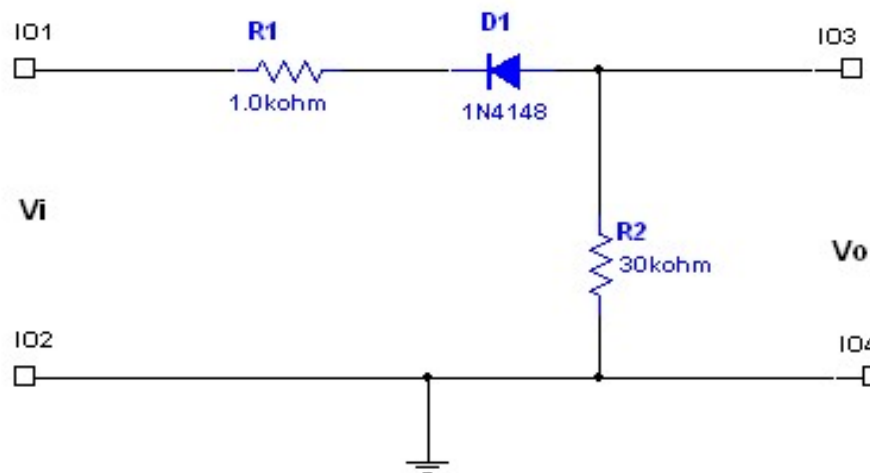


正向输入直流电压Vi	0.2V	0.5V	0.7V	1.0V	1.5V	2.0V	2.5V	3V
输出电压Vo								



1、二极管特性测试与分析

(1) 二极管单向导电性b

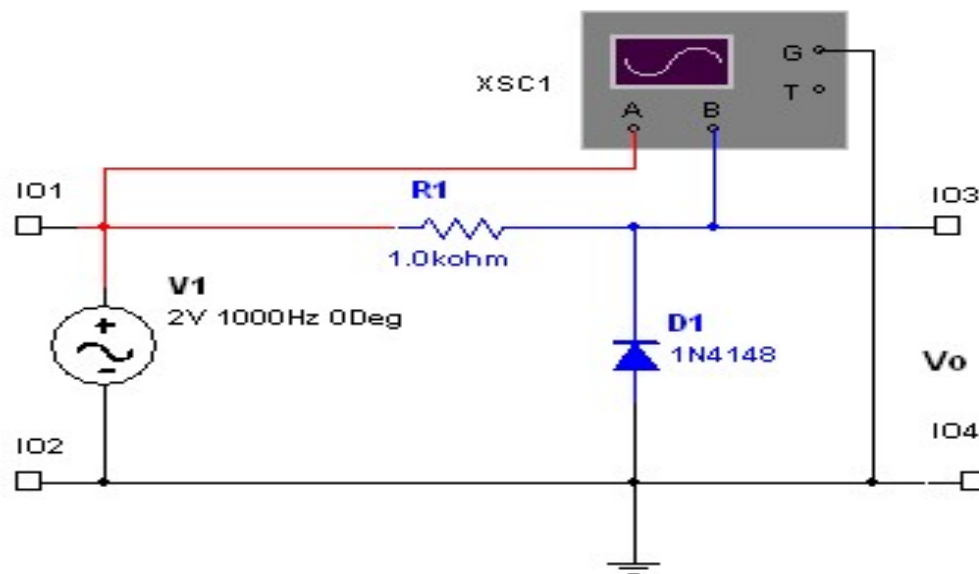


反向输入直流电压Vi	0.5V	1.0V	1.5V	2.0V	2.5V	3.0V	3.5V	4.0V
输出电压Vo								



2、限幅特性

实验电路 a

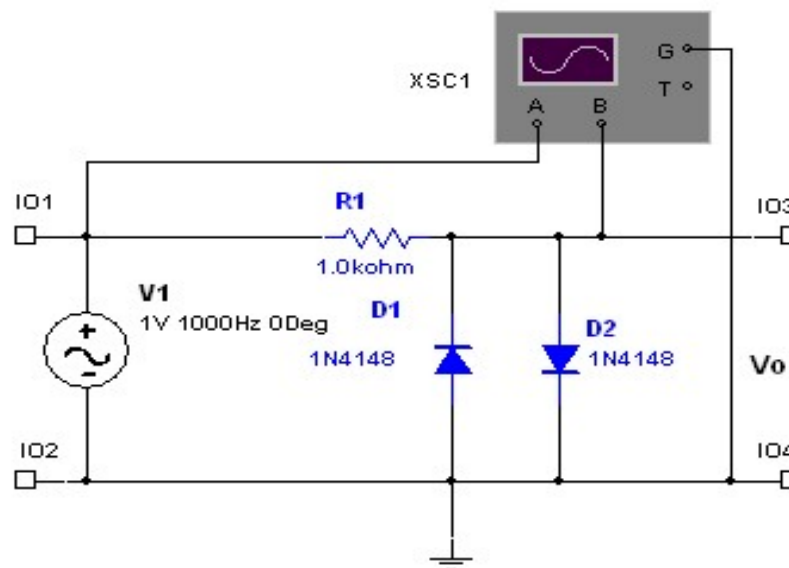


输入交流有效电压	0.2V	0.5V	0.7V	1.0V	1.5V	2.0V	2.5V	3.0 V
输出电压波形								



2、限幅特性

- 实验电路b



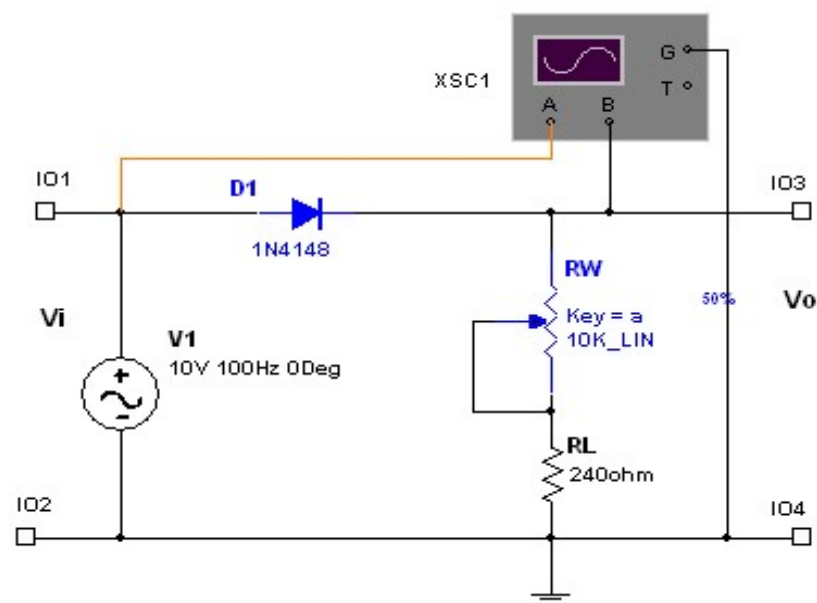
输入交流有效电压	0.2V	0.5V	0.7V	1.0V	1.5V	2.0V	2.5V	3.0V
输出电压波形								



3、半波整流电路

• 实验电路

用信号源给电路输入频率分别为 100Hz、1000 Hz， $V_i=10\text{V}$ （有效值）正弦波信号，在 $R_L=240\ \Omega$ ， $R_W=10\text{K}\ \Omega$ ，调节 R_W ，测出 V_O 的值，用双踪示波器观察电路相应的输入/输出波形，并记录相应的波形图，分析并说明输出波形随 R_W 变化情况。





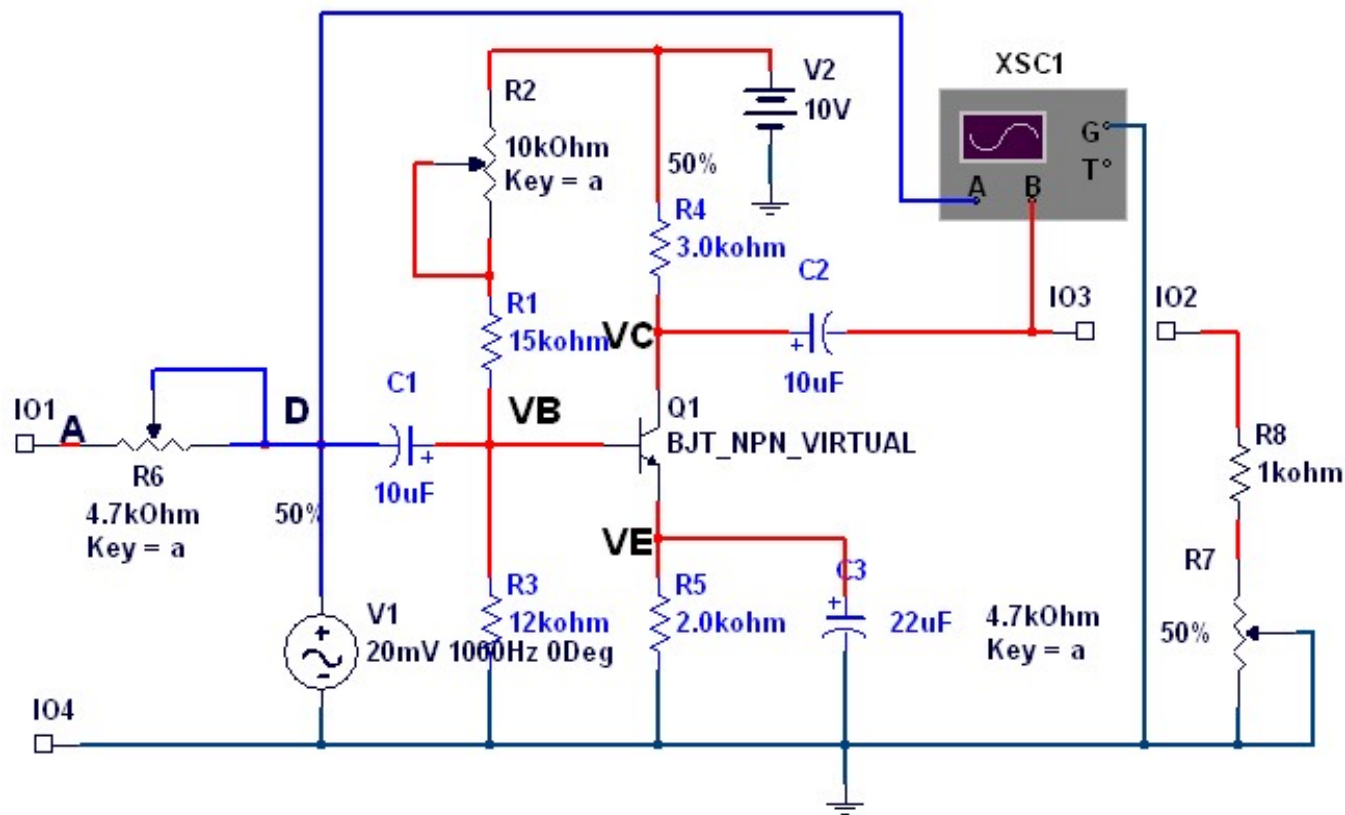
实验二 三极管单级交流放大电路

- 1. 通过实验搞清楚电路中各元件与静态工作点的关系。学习晶体管放大器静态工作点的调整与测量方法。
- 2. 分析、观察工作点对放大器动态范围的影响。
- 3. 搞清电路中各元件对放大器性能指标的影响。掌握放大器诸性能指标的测量方法。
- 4. 熟悉EDA工具软件Multisim 设计、编辑、仿真电路的基本方法。



实验内容

- (一) 基本放大器电路工作状态调整与参数测量



实验二 三极管单级交流放大电路



1. 电路参数对放大器工作点的影响

- (1) R_{b1} 对工作点的影响
- 测试电路设置条件：电源电压 E_C 为 10V，将电位器 W_2 旋至最大或最小，测量晶体管集电极、基极和发射极对地电压 V_C 、 V_B 、 V_E ，并计算 V_{BE} 、 V_{CE} 和 I_C 的值。

R_{b1}	V_C (v)	V_B (v)	V_E (v)	V_{CE} (v)	V_{BE} (v)	I_C (mA)
R_{b1min}						
R_{b1max}						



1. 电路参数对放大器工作点的影响

- (2) E_C 对工作点的影响
- 测试电路设置条件：将 R_{b1} 调至 $50K\ \Omega$ ，改变电源电压 E_C ，测量 V_C 、 V_B 、 V_E ，并计算 V_{BE} 、 V_{CE} 和 I_C 。

E_C (v)	V_C (v)	V_B (v)	V_E (v)	V_{CE} (v)	V_{BE} (v)	I_C (mA)
10						
12						
15						



2. 工作点对波形的影响

- 测试电路设置条件： $E_C=10V$ ， $R_L=\infty$ （开路）， $R_{b1}=R_{b1max}$ ， $V_i=20mV_{P-P}$ ， $f=1KHz$ ，观察并记录输出波形（按比例画出波形），逐渐减小 R_{b1} 直至 $R_{b1}=R_{b1min}$ ，观察输出波形有何变化，并记录输出波形，并写出结论。



3. 放大器最大不失真输出的调整

- 测试电路设置条件： $E_c=10V$ ， $R_L(W_3)=4.7K\Omega$ ，当输入电压 V_i 由小增大时，放大器输出波形将先出现饱和失真（或截止失真），这表明放大器静态工作点不在交流负载线中点。调节 W_2 使输出波形失真消失。然后再增大 V_i ，又出现失真，再调节 W_2 使失真消失。如此反复调节，直至输入电压稍有增加，输出波形同时出现饱和与截止失真。测量这时放大器的输出波形最大而不失真时的输入电压 $V_{i\max}$ 和输出电压 $V_{o\max}$ ；然后去掉交流输入信号，测量工作状态 V_C 、 V_B 、 V_E 。



4. 放大器电压放大倍数 A_V 测试

- 放大器电压放大倍数为输出电压 V_O 与输入电压 V_i 之比，即 $A_V = V_O / V_i$

在实验内容3所调定的工作状态下，输入信号 $V_i = 10\text{mV}_{\text{P-P}}$ ， $f = 1\text{KHz}$ ，改变负载电阻 R_L (W_3)，测量 V_{OL} ，并计算 A_V 值。



R_L (k Ω)	V_{OL} (V)	A_V
2		
3		
4.7		



5. 测量放大器输入电阻 r_i

在实验内容3所调定的工作状态下，输入信号加到A端， $f=1\text{KHz}$ ，调节信号源输出电压，使D点电压为 10mV_{rms} ，测量 V_A 和 W_1 值，计算出放大器输入电阻 r_i 。

V_A (mV)	V_D (mV)	W_1 (k Ω)	r_i (k Ω)
	10		



6. 测量放大器输出电阻 r_o

- 在实验内容 3 所调定的工作状态下，输入信号 $V_i = 10\text{mV}$ （有效值）， $f = 1\text{kHz}$ 。测量负载开路时的输出电压 V_o 和接上负载 $R_L = 4.7\text{k}\Omega$ 时的输出电压 V_{oL} ，计算放大器的输出电阻 r_o 。

$R_L (\text{k}\Omega)$	$V_o (\text{V})$	$V_{oL} (\text{V})$	$r_o (\text{k}\Omega)$
∞		/	
4.7	/		



(二) 设计单级共射极交流电压放大电路

- 电路器件：三极管为 NPN型， β 为100；
- $R_s=200\ \Omega$, $R_L=5K\ \Omega$, $R_c=2\ K\ \Omega$ ；
- 基极上下偏置电阻 R_{b1} R_{b2} 自定（ $10\ K\ \Omega \sim 400\ K\ \Omega$ ）
- 电源工作电压为10V
- 输入信号频率 $f=2kHz$ ， $V_{i_{min}}=5mV_{p-p}$ ， $V_{i_{max}}=100\ mV_{p-p}$ ；
- 放大器电路基本要求：保证输出信号不失真时，电压放大倍数不小于50。借用EDA工具软件Multism2001设计该电路，并用计算机进行仿真（确定电路中个元件的参数值）。



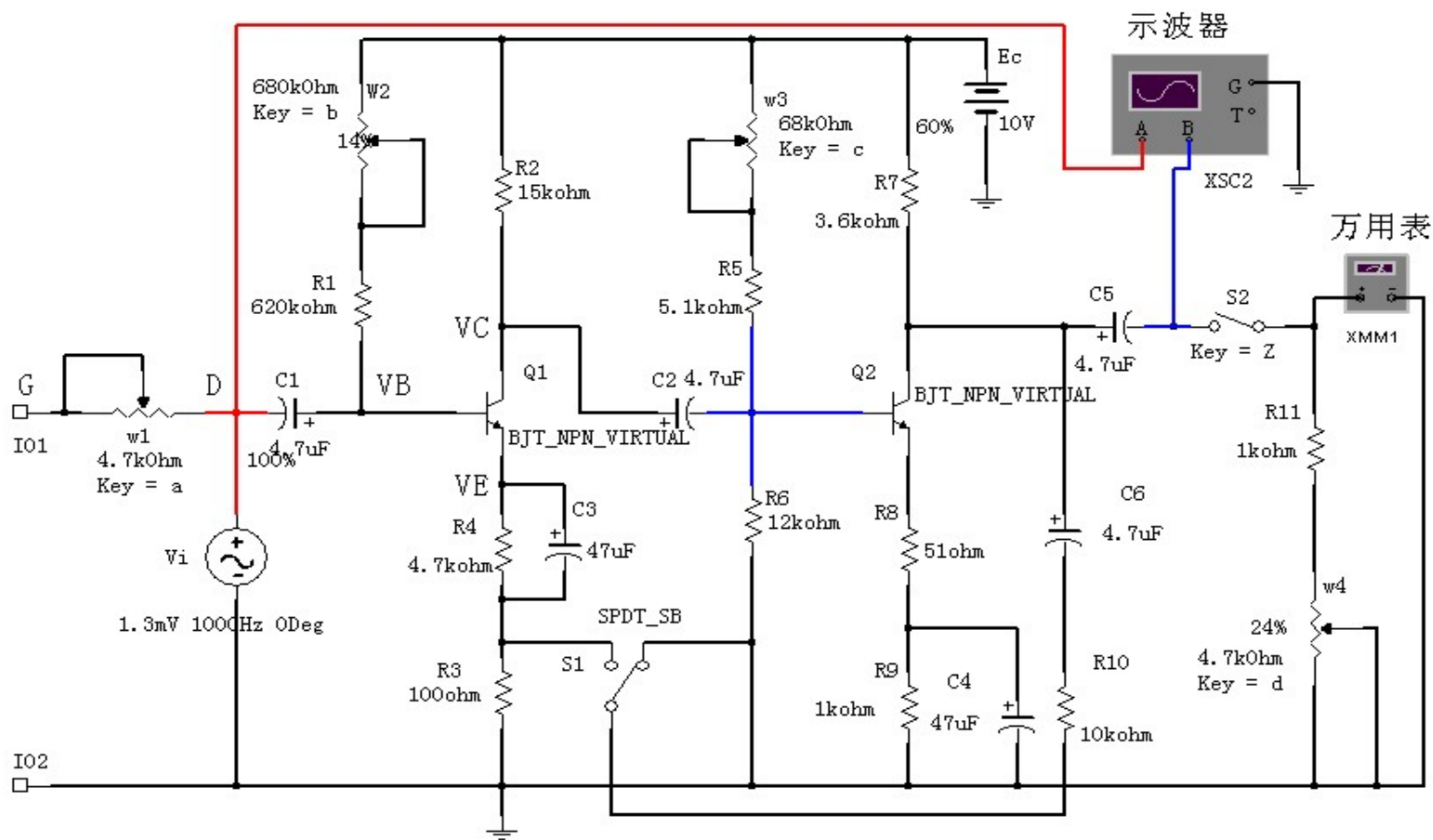


实验三 三极管负反馈交流放大电路

- 一、实验目的
 1. 加深对负反馈对放大器性能的理解。
 2. 学习电压串联负反馈放大器的调试和测量方法。
 3. 学会EDA工具软件Multisim设计、仿真、调试基本负反馈放大器的方法。



(一) 负反馈放大器电路调整与参数测量



实验三 三极管负反馈交流放大电路



1. 调整放大器静态工作点

- 输入信号频率 $f=1\text{KHz}$ ，断开反馈（将 S_1 开关拨向接地），接通 S_2 ，使负载电阻 $R_L=W_{4\max}=4.7\text{K}\Omega$ 。用示波器观察输出波形。逐渐增大输入信号，适当调节 W_2 和 W_3 ，把放大器的静态工作点调到负载线的中点（即当输入信号稍有增加时，输出电压波形的正负幅值同时出现失真）。去掉输入信号，并将放大器输入端短路，测量并记录放大器的静态工作状态。

各极对地电压	Q1	Q2
$V_C(\text{V})$		
$V_B(\text{V})$		
$V_E(\text{V})$		



2. 电压串联负反馈对放大倍数的影响

- 输入信号 $V_i = 5\text{mV}_{\text{rms}}$, $f = 1\text{kHz}$, 负载电阻 $R_L = W_{4\text{max}} = 4.7\text{k}\Omega$, 测量、记录、有无反馈时的输出电压 V_o , 并计算 A_V 和 A_{VF} 。

	V_o (V)	V_{R3} (mV)	$F = V_F/V_o$	A_V	A_{VF}	
					计算值	实测值
无反馈		/	/		/	/
有反馈				/		

$$V_F = I_F R_3 = [(V_o - V_{R3}) / R_{10}] R_3$$

$$A_F = A_V / (1 + F A_V)$$



3. 负载变化对放大器放大倍数的影响

- 输入信号 $V_i = 5\text{mV}_{\text{rms}}$, $f = 1\text{KHz}$ 。改变负载电阻 R_L , 测量并记录有、无反馈时的 V_o 值。

	$R_L = 4.7 \text{ K}\Omega$			$R_L = 3 \text{ K}\Omega$			dA_v/A_{v1}	dA_{vF}/A_{vF1}	
	$V_o(\text{V})$	A_{v1}	A_{vF}	$V_o(\text{V})$	A_{v2}	A_{vF}		计算值	实测值
无反馈			$\frac{1}{/}$			$\frac{2}{/}$		/	/
有反馈		/			/				



4. 电压串联负反馈对输入电阻的影响

- 输入信号 V_S 从G端输入， $f=1\text{KHz}$ ，调节输入信号。使 $V_i=5\text{mV}_{\text{rms}}$ ，测量有、无反馈时的 V_S 值。并由测得的两电压值和 W_1 值计算出有、无反馈时的输入电阻。

	$V_S (\text{mV})$	$W_1 (\text{K} \Omega)$	$r_i (\text{K} \Omega)$	$r_{iF} (\text{K} \Omega)$	
				计算值	实测值
无反馈				/	/
有反馈			/		



5. 电压串联负反馈对输出电阻的影响

- 输入信号 $V_i = 5\text{mV}_{\text{rms}}$ ， $f = 1\text{KHz}$ ，在有、无反馈的情况下，分别测量空载和有载时的输出电压 V_0 ，根据测得的 V_0 值求出输出电阻值。

	$R_L = \infty$ $V_0(\text{V})$	$R_L = 4.7\text{K}\Omega$ $V_0(\text{V})$	$R_0(\text{K}\Omega)$	$r_{iF}(\text{K}\Omega)$	
				计算值	实测值
无反馈				/	/
有反馈			/		



(二) 设计电压串联负反馈放大电路

- 电路器件：三极管Q1、Q2为 NPN型， β 为100；
- $R_s=200\ \Omega$, $R_L=5K\ \Omega$, $R_c=2\ K\ \Omega$ ；
- Q1、Q2基极上下偏置电阻 R_{b1} R_{b2} 自定（ $10\ K\ \Omega \sim 100\ K\ \Omega$ ）
- 电源工作电压为10V
- 输入信号频率 $f=2kHz$ ， $V_{i_{min}}=1mV$ ， $V_{i_{max}}=100\ mV$ ；
- 放大器电路基本要求：保证输出信号不失真时，电压放大倍数不小于50。借用EDA工具软件Multism2001设计该电路，并用计算机进行仿真（确定电路中个元件的参数值）。





实验四 运算放大器应用（一）

- 一、实验目的

学会用EDA工具软件Multism2001设计该电路，并用计算机进行仿真（确定电路中个元件的参数值）。

熟悉和了解运算放大器的参数和性能

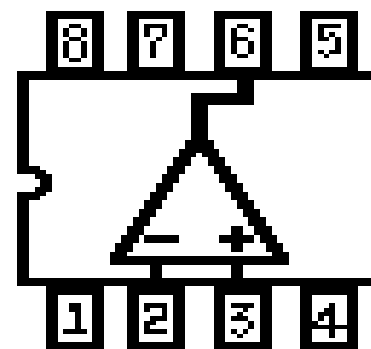
熟悉和掌握运算放大器在比例运算、加法运算、积分及微分方面的应用。



实验器件 $\mu A741$ 介绍

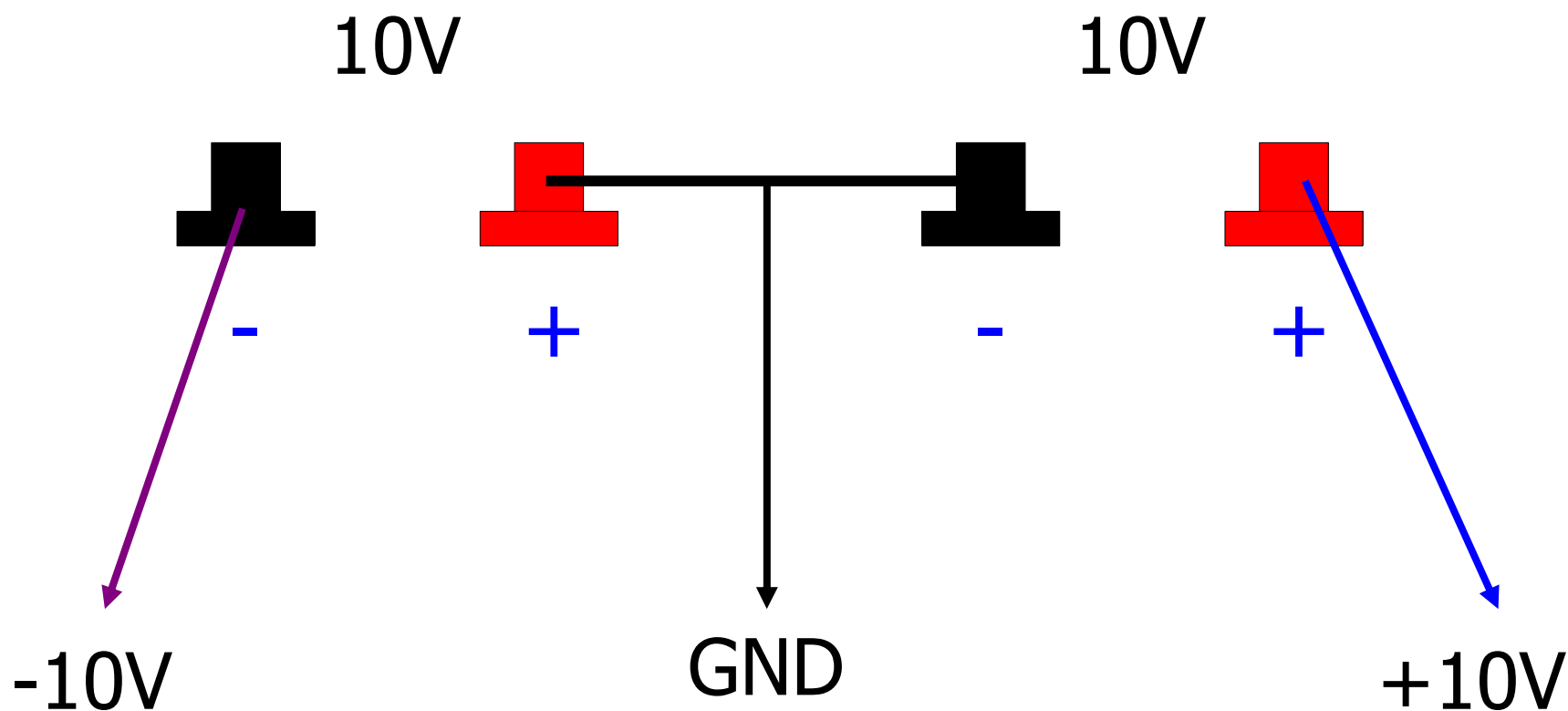
- $\mu A741$ 是单片高性能内补偿运算放大器，该器件的主要特点是：共模电压范围较宽；具有短路保护功能、失调电压调零功能；不需要外部频率补偿；功耗低。实验所用运放采用8引脚DIP封装,下图为其顶视封装。各管脚功能如下：

1、5:调零端 2:反相输入端
3:同相输入端 4:-VEE
6:输出 7:+VCC 8:空脚



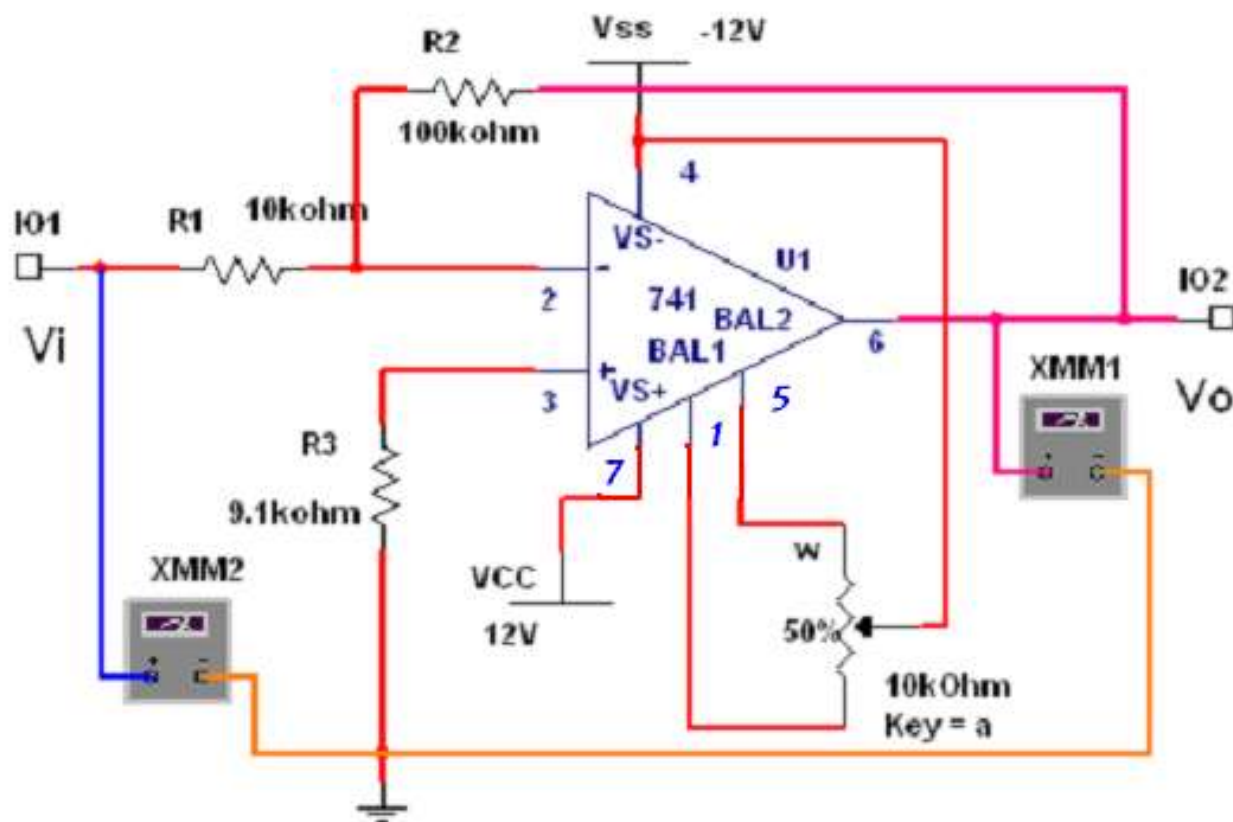


正负电源连接方法





1. 反相比例放大器



实验四 运算放大器应用（一）



1. 反相比例放大器

- 1) 将输入端接地 ($V_i = 0$)，调节调零电位器W，使输出端电位为零。（XMM是万用表）
- 2) 输入端输入正负不同直流电压，测量大器的实际放大输出端 V_o 的对应值，并求出放倍数。

V_i	0.10V	0.50V	1.0V	-0.10V	-0.5V	-1.0V	1.5V
V_o							
A_v							



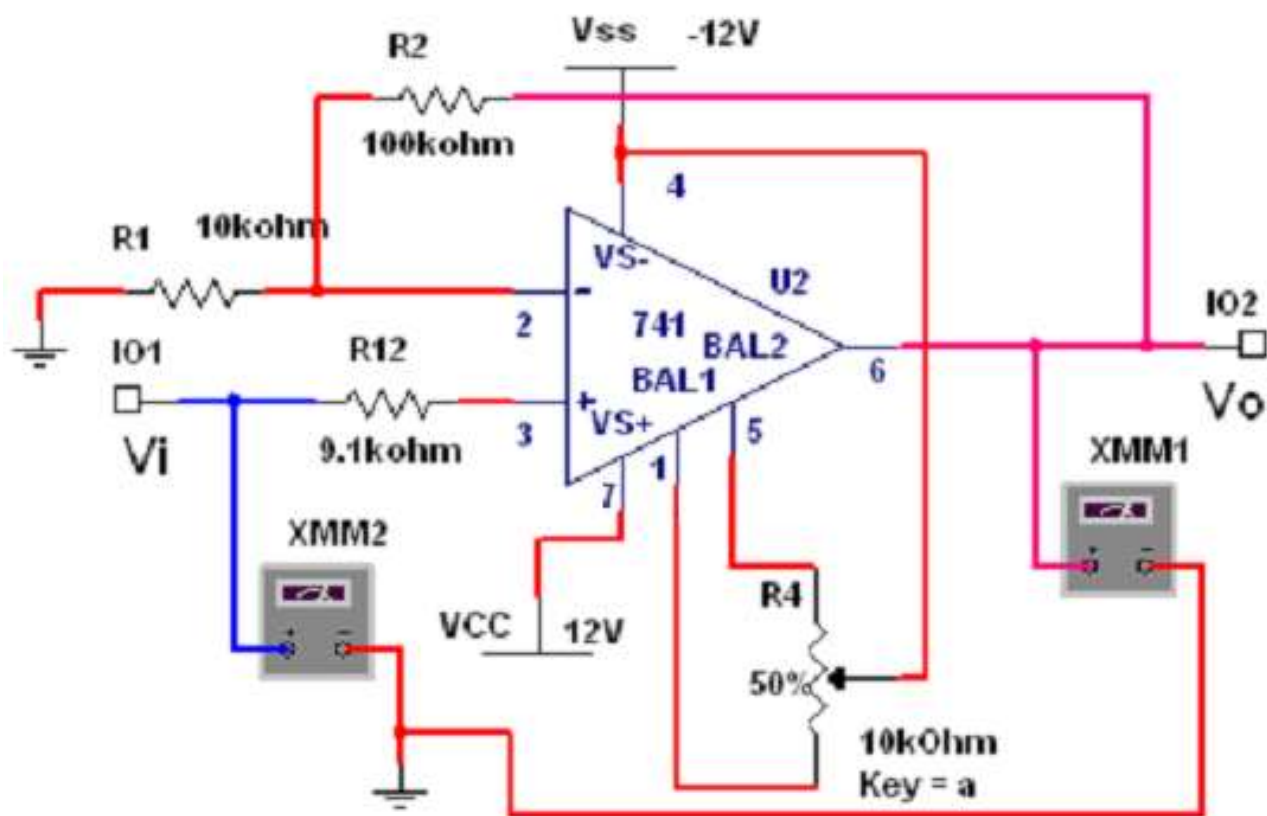
1. 反相比例放大器

- 3) 输入端输入不同电压交流信号 $V_{i_{rms}}$, $f=1\text{kHz}$, 测量输出端 V_o 的对应值。求出放大器的实际放大倍数。（注意： V_o 的测量值必须要在放大器的线性范围之内。）

$V_{i_{rms}}$	5mV	50mV	100mV	500mV	1.0V	1.5V
V_o						
A_v						
V_o 波形						



2. 同相比例放大器





2. 同相比例放大器

- 1) 放大器输出调零。
- 2) 输入端输入正负不同直流电压（见下表），测量输出端 V_o 的对应值，并求出放大器的实际放大倍数。

V_i	0.10V	0.50V	1.0V	-0.1V	-0.5V	-1.0V	1.5V
V_o							
A_v							



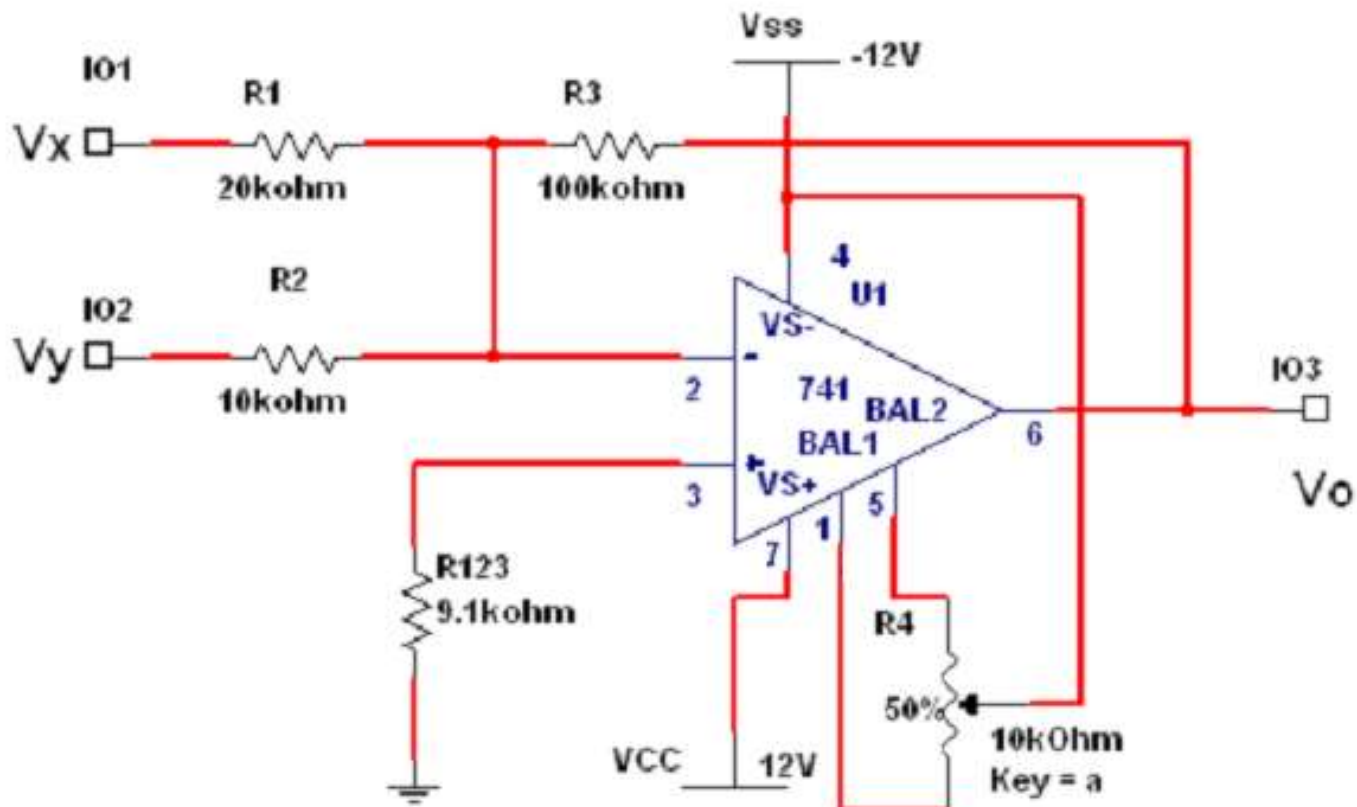
2. 同相比例放大器

- 3) 输入端输入不同电压交流信号 $V_{i_{rms}}$, $f=1\text{kHz}$, 测量输出端 V_o 的对应值。求出放大器的实际放大倍数。（注意： V_o 的测量值必须要在放大器的线性范围之内。）

$V_{i_{rms}}$	5mV	50mV	100mV	500mV	1.0V	1.5V
V_o						
A_v						



3. 反相加法器





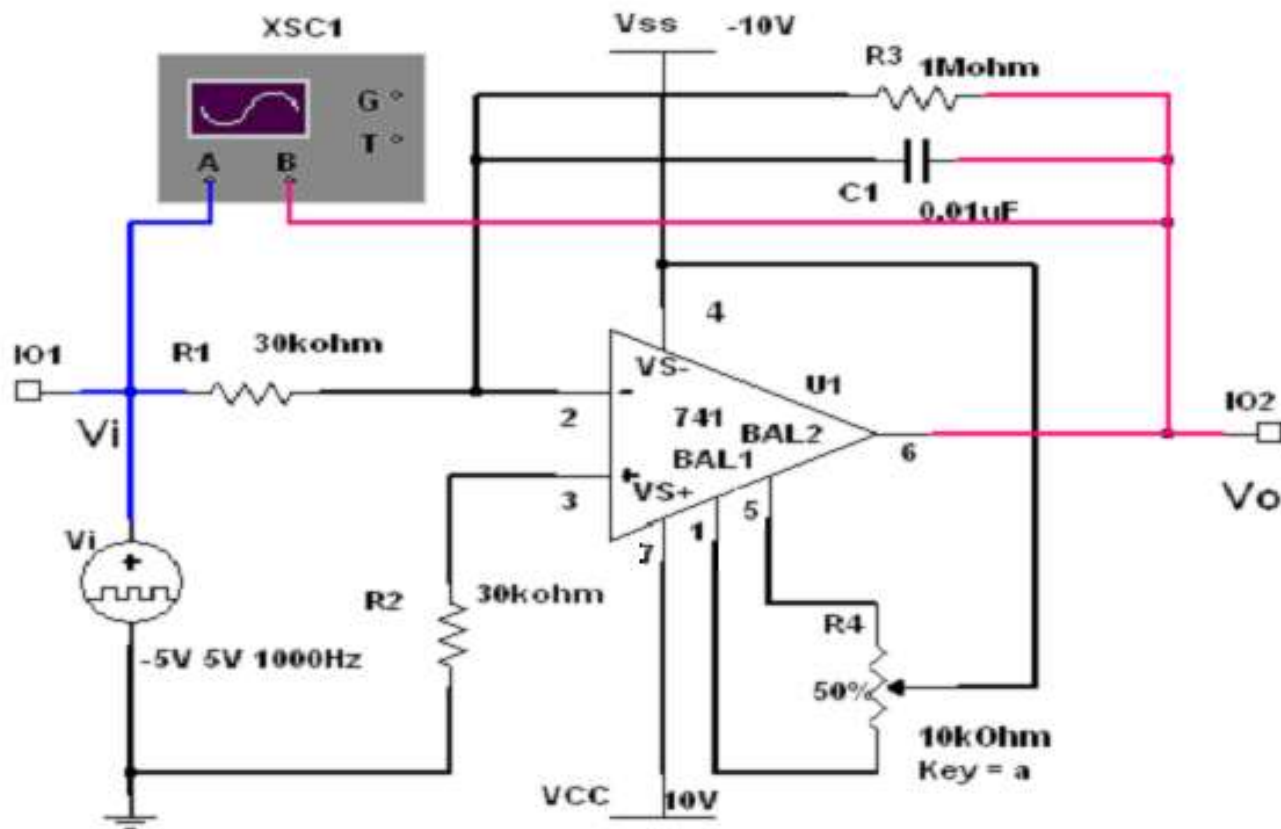
3. 反相加法器

- 1) 放大器输出调零。
- 2) 在输入端 (V_X , V_Y) 输入正负不同直流电压, 测量输出端 V_O 的对应值。

VX	0.5V	1.0V	1.0V	-0.5V	-1.0V
VY	0.1V	0.5V	1.0V	-0.1V	-0.5V
VO					



4. 积分器





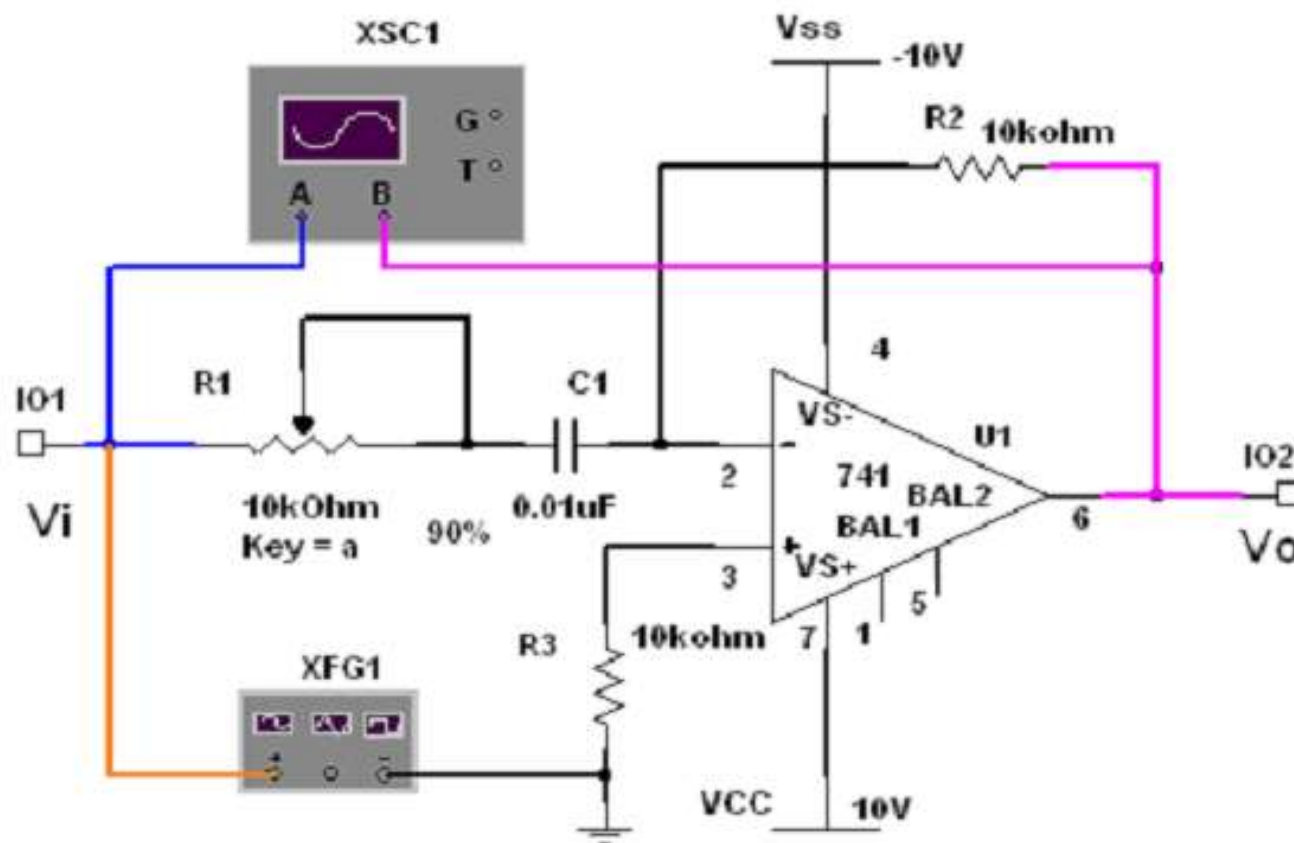
4. 积分器

- 1) 放大器输出调零。
- 2) 去掉积分电容短路线，输入端 V_i 加入连续的方波信号 (V_{ip-p}) = 6V, $f=1\text{kHz}$, 用示波器观察、测量并记录输入 V_i 和输出 V_o 的波形参数 (周期、脉冲宽度、幅度及电平等)。
- 3) 根据测得的输入信号波形参数和电路参数，计算出积分器输出波形的参数，并与实测值相比较。

	周期 (ms)	脉冲/三角波宽度 (ms)	幅度 (V_{p-p})	电平 (dBm)
方波 V_i				
V_o				
V_o 波形				



5. 微分器

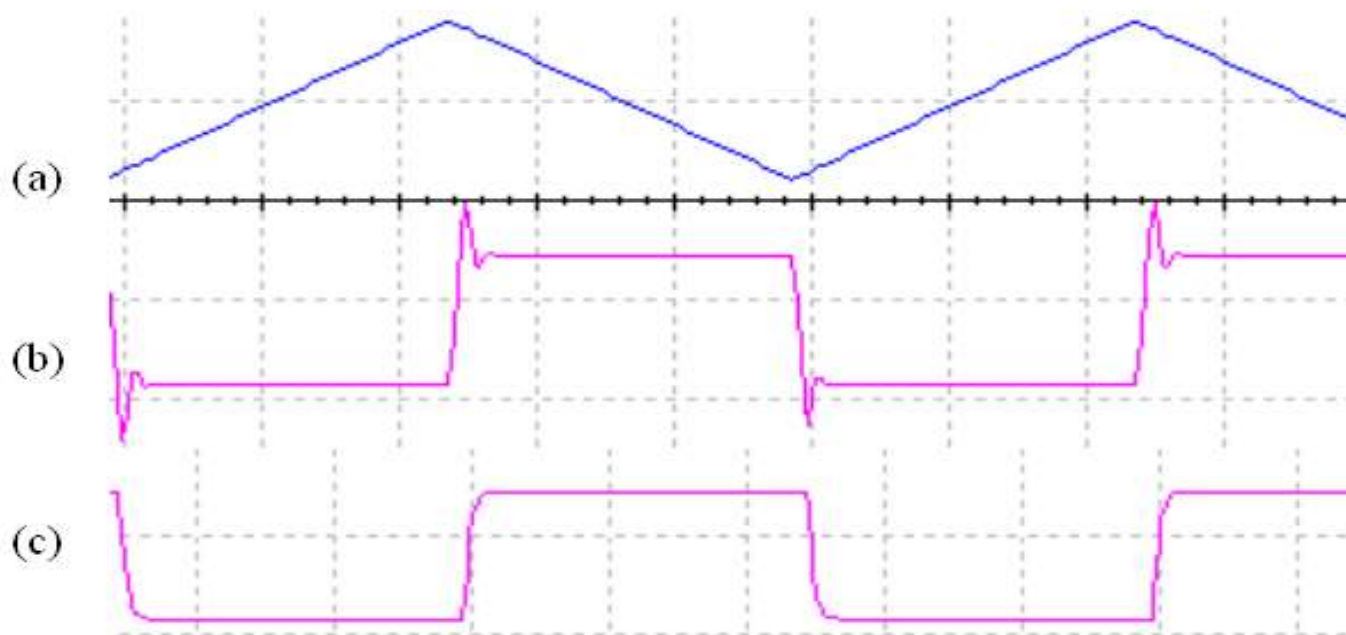




5. 微分器

1) 消除自激振荡和阻尼振荡

调节 R_1 直到出现（图c）所示的波形，微分器即可正常工作。





5. 微分器

- 2) 输入端加入连续的方波信号, $V_{ip-p} = 6V$, $f = 1kHz$, 用示波器观察并记录输入、输出波形。

	周期 (ms)	脉冲宽度 (ms)	幅度 (V)	电平 (dBm)
方波 V_i				
V_o				
V_o 波形				



(二) 设计一个同相交流电压放大器

- 电压放大倍数为100
- 运算放大器LM324
- 输入信号 V_{p-p} 值为 $V_{i_{min}}=5\text{mV}$, $V_{i_{max}}=10\text{ mV}$
- 输入信号频率带宽范围为: $0\sim 4\text{KHz}$;
- 放大器电路基本要求: 保证输出信号不失真时, 电压放大倍数不小于50。借用EDA工具软件Multism2001设计该电路, 并用计算机进行仿真(确定电路中个元件的参数值)。



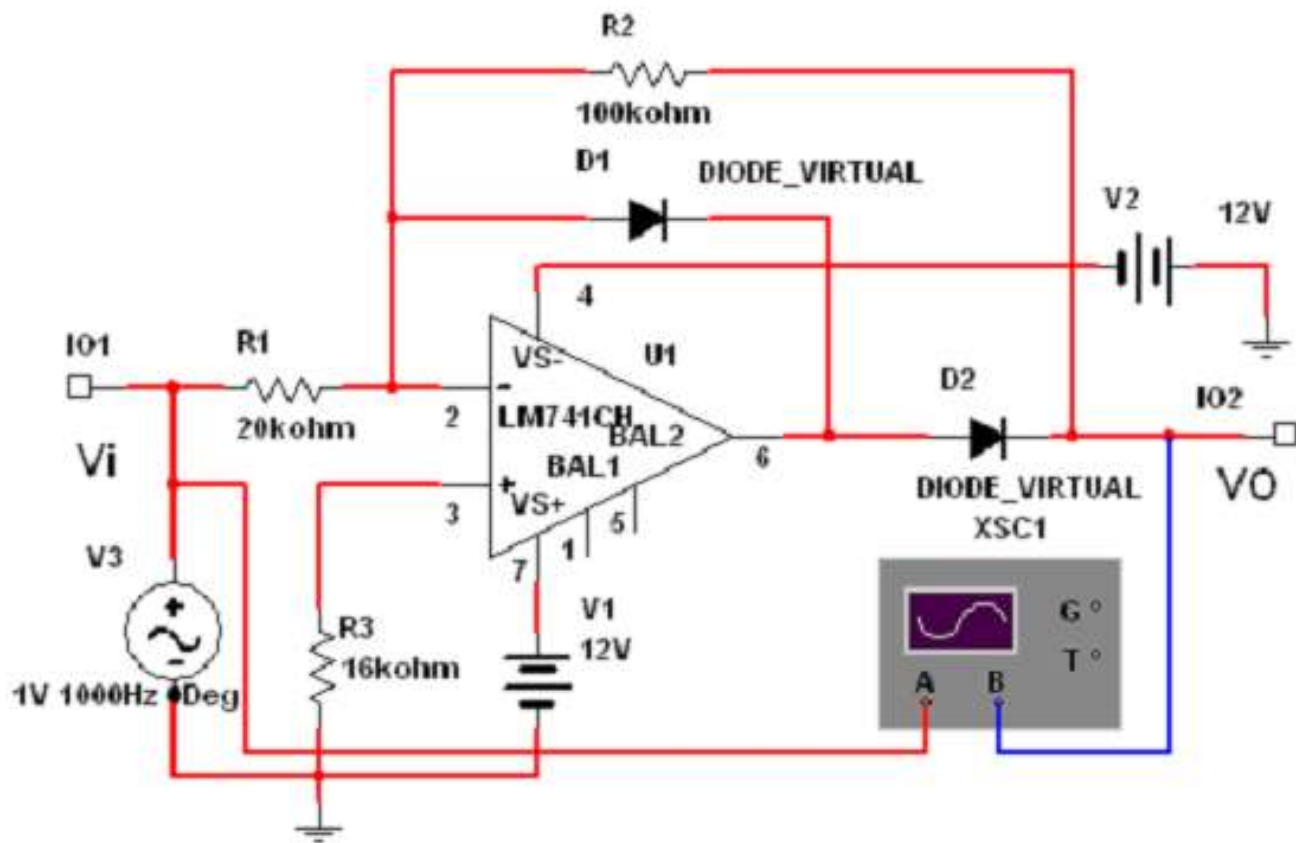


实验五 运算放大器应用（二）

- 一、实验目的
- 通过运算放大器在精密检波器、正交振荡器和电压一脉冲宽度调制器中的应用，进一步熟悉运算放大器的特性。
- 学会用EDA工具软件Multism2001设计该电路，并用计算机进行仿真（确定电路中个元件的参数值）。



1. 精密检波器性能测试





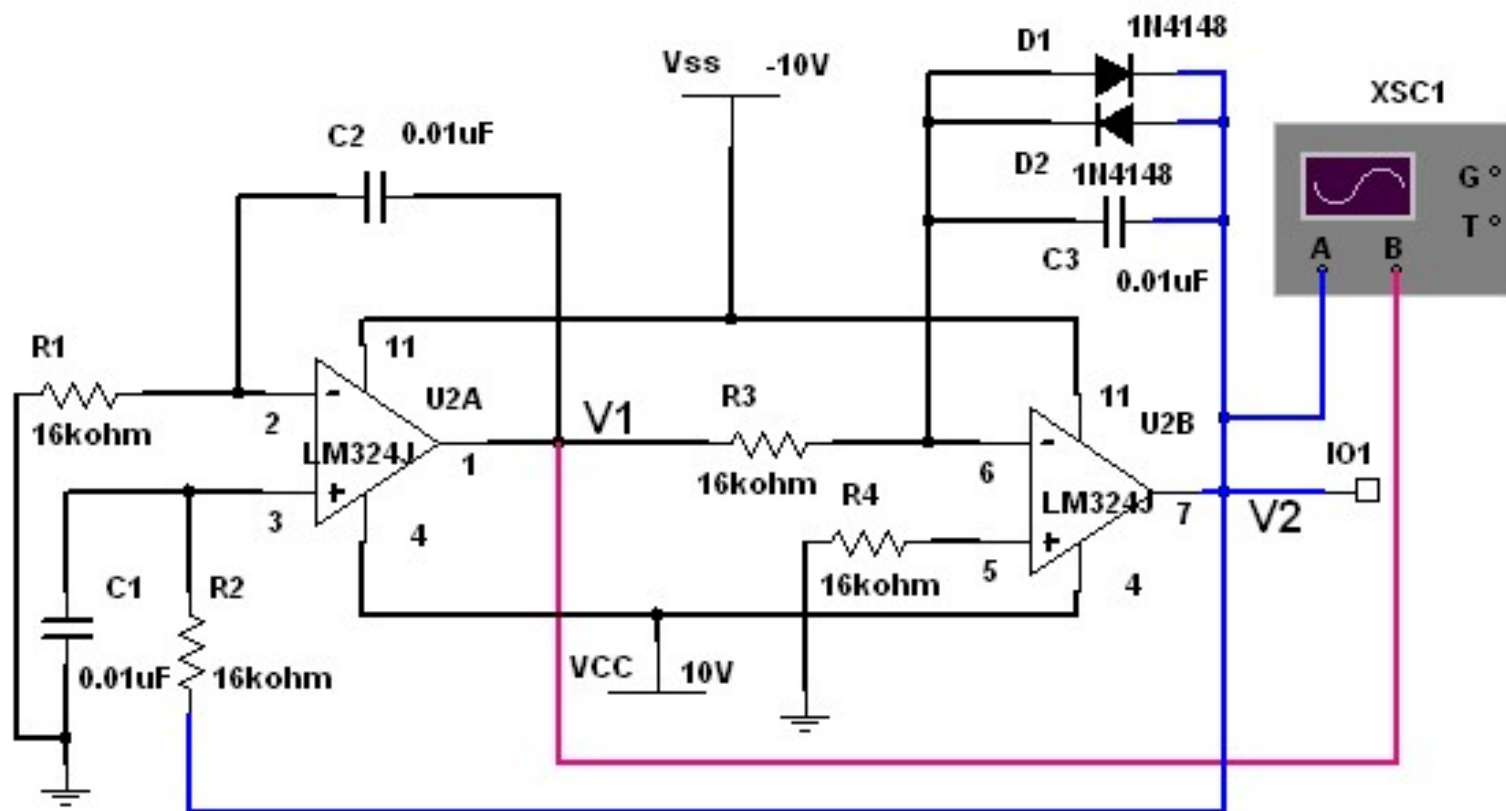
1. 精密检波器性能测试

- (1) 将运算放大器输出调零
- (2) 在输入端加入频率为1KHz，幅度从0到1伏（峰峰值）的正弦波信号。用双线示波器观察并记录输入、输出波形。测量其传输特性曲线。

V_{ip-p} (mV)	1	10	20	50	100	500	800	1000
V_{op-p} (V)								
V_o 波形								
R_1 (kohm)		/	/		/	/	/	



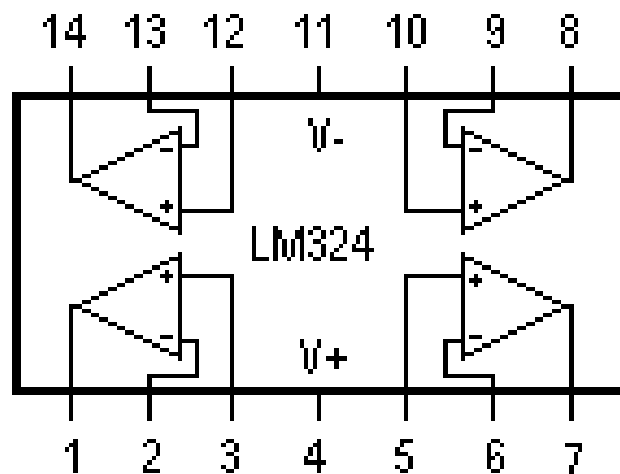
2. 正交振荡器





四运放集成电路LM324介绍

- LM324，它采用14脚双列直插（DIP）封装，LM324电压范围宽，静态功耗小， V_{+} 可用单电源，价格低廉，广泛应用在各种电路中。“ V_{+} ”、“ V_{-} ”分别表示正、负电源端。





(2) 安装电路与测量

- 安装下图所示的正交振荡器电路。要求产生的正弦波信号幅度（峰峰值）范围 $5 \sim 20V_{p-p}$ ，频率为 $800 \sim 1000\text{Hz}$ ；用示波器观察并记录产生的 V_1 、 V_2 点的波形。测量其相位差、信号幅度和振荡频率。

	V_1	V_2
幅度(V)		
频率 (Hz)		
相位差		



实验五 运算放大器应用 (二)



3. 脉冲宽度调制器

- (1) 断开积分器 U_2 和方波发生器 U_{1A} 的连接线，将积分器输入端对地短路，短路积分电容 C_2 ，调节积分器的调零电位器 W_3 使积分器输出为零。
- (2) 调节电位器 W_1 ，使方波发生器 U_{1A} 产生频率为1kHz， $\pm 6V$ 的方波信号。
- (3) 接通方波发生器 U_{1A} 和积分器 U_2 ，调节电位器 W_2 ，使积分器输出幅值为 $-5V \sim +5V$ 的三角波。
- (4) 在调制信号输入端 V_m 加入直流调制电压，用示波器观察并记录 V_1 、 V_2 和 V_3 的波形。



3. 脉冲宽度调制器

- (5) 改变 V_m 改变值测量 V_3 输出端对应的正脉冲宽度 τ 填入下表:

V_m	-5V	-3V	-1V	0V	1V	3V	5V
τ							



(二) 设计一个三角波发生器

- 运算放大器为：LM324
- 电源电压 $\pm 10V$
- 三角波周期要求 $T=2ms$ ， 幅度值 $\pm 6V$
- 借用EDA工具软件Multism2001设计该电路，并用计算机进行仿真（确定电路中个元件的参数值）。

