

TPE-A511L 系列模拟电路实验箱

# 实验指导书

清华大学科教仪器厂

# 前 言

实验是学习电子技术的一个重要环节。对巩固和加深课堂教学内容，提高学生实际工作技能，培养科学作风，为学习后续课程和从事实践技术工作奠定基础具有重要作用。为适应电子科学技术的迅猛发展和教学改革不断深入的需要，我们在教学实践的基础上，运用多年从事教学仪器产品研制生产的经验，研制生产了 TPE-A5IIL 模拟电路实验箱，并编写了这本相应的实验指导书。

本书以《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》（报国家教委审批稿）中确定的教学实验要求为基础，包括了《模拟电子技术基础》课程全部实验内容。不同层次不同需要的学校可根据本专业教学要求选择。

实验内容的安排遵循由浅到深，由易到难的规律。考虑不同层次需要，既有测试，验证的内容，也有设计、研究的内容。有些选做实验只提供设计要求及原理简图，由学生自己完成方案选择，实验步骤及纪录表格等，充分发挥学生的创造性和主动性。

一般学习模拟电子技术课程实验数目在 10 个以内，本书提供的 21 个实验可供不同专业不同层次不同需要的课程实验选择。

由于编者水平所限，时间仓促，错误及欠缺之处恳请批评指正。

# 实验要求

1. 实验前必须充分预习，完成指定的预习任务。预习要求如下：
  - 1) 认真阅读实验指导书，分析、掌握实验电路的工作原理，并进行必要的估算。
  - 2) 完成各实验“预习要求”中指定的内容。
  - 3) 熟悉实验任务。
  - 4) 复习实验中所用各仪器的使用方法及注意事项。
2. 使用仪器和实验箱前必须了解其性能、操作方法及注意事项，在使用时应严格遵守。
3. 实验时接线要认真，相互仔细检查，确定无误才能接通电源，初学或没有把握应经指导教师审查同意后再接通电源。
4. 模拟电路实验注意：
  - 1) 在进行小信号放大实验时，由于所用信号发生器及连接电缆的缘故，往往在进入放大器前就出现噪声或不稳定，有些信号源调不到毫伏以下，实验时可采用在放大器输入端加衰减的方法。一般可用实验箱中电阻组成衰减器，这样连接电缆上信号电平较高，不易受干扰。
  - 2) 做放大器实验时如发现波形削顶失真甚至变成方波，应检查工作点设置是否正确，或输入信号是否过大，由于实验箱所用三极管  $h_{fe}$  较大，特别是两级放大电路容易饱和失真。
5. 实验时应注意观察，若发现有破坏性异常现象(例如有元件冒烟、发烫或有异味)应立即关断电源，保持现场，报告指导教师。找出原因、排除故障，经指导教师同意再继续实验。
6. 实验过程中需要改接线时，应关断电源后才能拆、接线。
7. 实验过程中应仔细观察实验现象，认真记录实验结果(数据波形、现象)。所记录的实验结果经指导教师审阅签字后再拆除实验线路。
8. 实验结束后，必须关断电源、拔出电源插头，并将仪器、设备、工具、导线等按规定整理。
9. 实验后每个同学必须按要求独立完成实验报告。

# 目 录

实验一	单管交流放大电路 .....	1
实验二	两级交流放大电路 .....	6
实验三	负反馈放大电路 .....	9
实验四	射级跟随电路 .....	12
实验五	直流差动放大电路 .....	15
实验六	比例求和运算电路 .....	18
实验七	积分与微分电路 .....	22
实验八	波形发生电路 .....	25
实验九	有源滤波器 .....	28
实验十	电压比较器 .....	30
实验十一	集成电路 RC 正弦波振荡电路 .....	32
实验十二	集成功率放大电路 .....	34
实验十三	整流滤波与并联稳压电路 .....	36
实验十四	串联稳压电路 .....	38
实验十五	集成稳压电路 .....	41
实验十六	RC 正弦波振荡电路 .....	44
实验十七	LC 振荡电路及选频放大电路 .....	46
实验十八	电流 / 电压转换电路 .....	48
实验十九	电压 / 频率转换电路 .....	49
实验二十	互补对称功率放大电路 .....	50
实验二十一	波形变换电路 .....	52

# 实验一 单级交流放大电路

## 一、实验目的

1. 熟悉电子元件和模拟电路实验箱，
2. 掌握放大电路静态工作点的调试方法及其对放大电路性能的影响。
3. 学习测量放大电路Q点， $A_u$ 、 $r_i$ 、 $r_o$ 的方法，了解共射极电路特性。
4. 学习放大电路的动态性能。

## 二、实验仪器

1. 示波器
2. 信号发生器
3. 数字万用表

## 三、预习要求

1. 三极管及单管放大电路工作原理。
2. 放大电路静态和动态测量方法。

## 四、实验内容及步骤

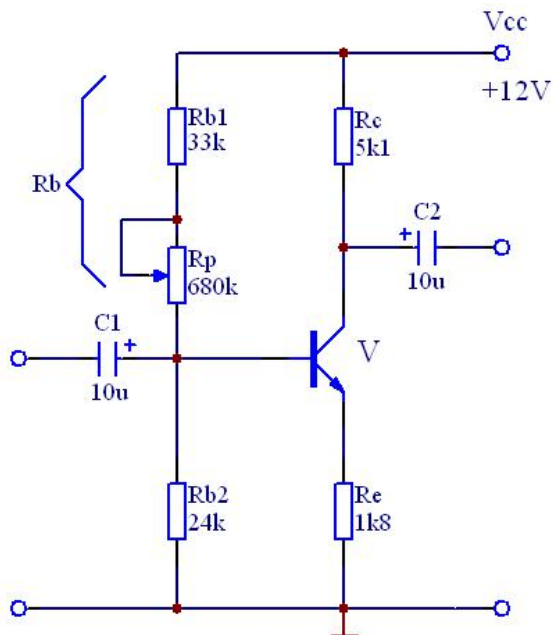


图 1.1 基本放大电路

### 1. 装接电路与简单测量

- (1) 用万用表判断实验箱上三极管 V 的极性和好坏, 电解电容 C 的极性和好坏。  
 (2) 按图 1.1 所示, 连接电路(注意: 接线前先测量+12V 电源, 关断电源后再连线), 将  $R_P$  的阻值调到最大位置。

### 2. 静态测量与调整

- (1) 接线完毕仔细检查, 确定无误后接通电源。改变  $R_P$ , 记录  $I_C$  分别为 0.5mA、1mA、1.5mA 时的  $I_B$ , 并计算三极管 V 的  $\beta$  值。

**注意:**  $I_B$  和  $I_C$  的测量和计算方法

- ①  $I_B$  和  $I_C$  一般可用间接测量法, 即通过测  $U_C$  和  $U_B$ ,  $R_c$  和  $R_b$ 、 $R_{b2}$  计算出  $I_B$  和  $I_C$ 。此法虽不直观, 但操作较简单, 建议初学者采用。  
 ② 直接测量法, 即将电流表直接串联在基极和集电极中测量。此法直观, 但操作不当容易损坏器件和仪表。不建议初学者采用。

- (2) 调整  $R_P$  使  $U_E=2.2V$ , 计算并填表 1.1。

表 1.1

实测			实测计算	
$U_{BE}(V)$	$U_{CE}(V)$	$R_b(K\Omega)$	$I_B(\mu A)$	$I_C(mA)$

### 3. 动态研究

- (1) 按图 1.2 所示电路接线, 调节  $R_P$  使  $U_C=6V$ 。如想做直流负反馈放大电路实验按图 1.5 所示电路接线。

注: 在进行小信号放大实验时, 由于所用信号发生器及连接电缆的缘故, 往往在进入放大器前就出现噪声或不稳定, 实验时可采用在放大器输入端加衰减的方法。一般可用实验箱中电阻组成衰减器, 这样连接电缆上信号电平较高, 不易受干扰。实验连接线应尽量短, 避免相互干扰。

- (2) 将信号发生器的输出信号调到  $f=1kHz$ , 幅值为 500mV, 接至放大电路的 A 点, 经过  $R_1$ 、 $R_2$  衰减,  $U_i$  点得到接近 5mV 的小信号。或者不接  $R_1$ 、 $R_2$ , 直接从  $U_i$  点输入幅值 5mV、1kHz 信号。观察  $U_i$  和  $U_o$  端波形, 并比较相位。  
 (3) 信号源频率不变, 逐渐加大信号源幅度, 观察  $U_o$  不失真时的最大值并填表 1.2。

表 1.2

$R_L=\infty$

实测		实测计算	估算
$U_i(mV)$	$U_o(V)$	$A_u$	$A_u$

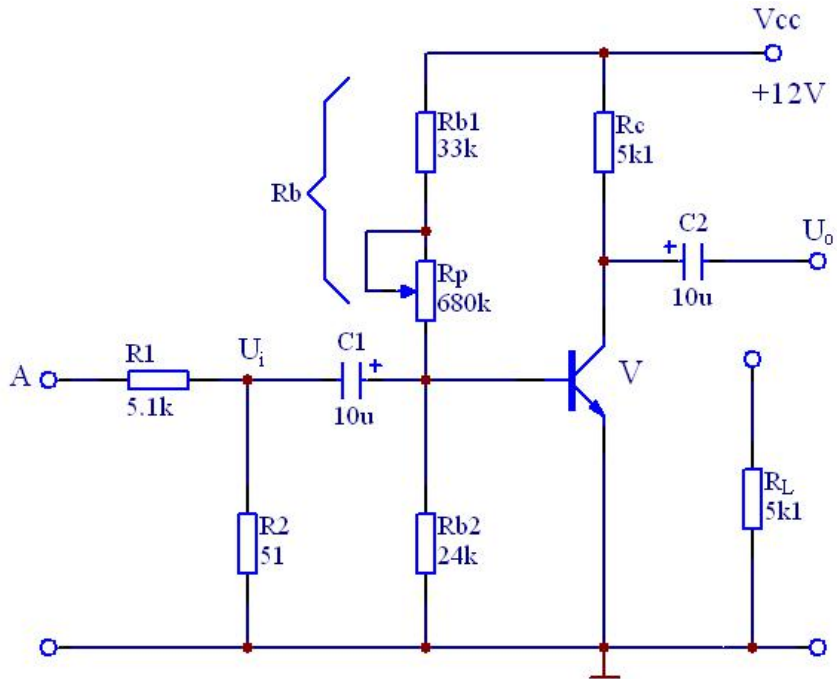


图 1.2 小信号放大电路

(4) 保持  $U_i=5\text{mV}$  不变，放大器接入负载  $R_L$ ，在改变  $R_c$  数值情况下测量，并将计算结果填表 1.3。

表 1.3

给定参数		实测		实测计算	估算
$R_c$	$R_L$	$U_i(\text{mV})$	$U_o(\text{V})$	$A_u$	$A_u$
2k	5k1				
2k	2k2				
5k1	5k1				
5k1	2k2				

(5)  $R_c=5\text{k1}$ ，不接负载电阻，选择合适  $U_i$ ，增大和减小  $R_p$ ，观察  $U_o$  波形变化，应可出现正常放大和两种失真现象。若失真观察不明显可增大  $U_i$  幅值，并重测，将测量结果填入表 1.4。

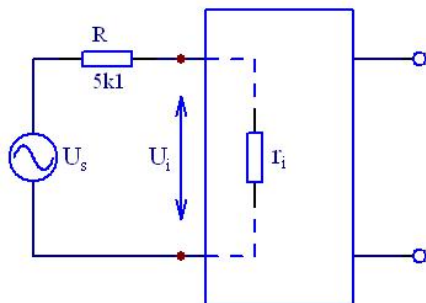
表 1.4

$R_p$	$U_B$	$U_C$	$U_E$	输出波形情况
较大				
合适				
较小				

4. 测放大电路输入、输出电阻。

(1) 输入电阻测量 (见图 1.3)

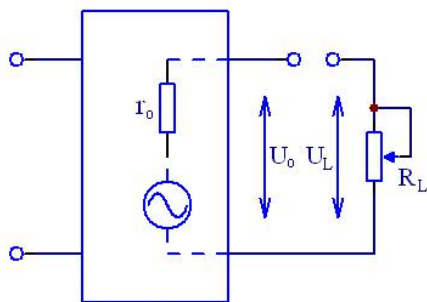
不接衰减电路的  $R_2$ ，即在输入端  $U_i$  串接一个  $5k\Omega$  电阻如图 1.3，测量  $U_s$  与  $U_i$ ，即可计算  $r_i$ 。



$$r_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R$$

图 1.3 输入电阻测量

(2) 输出电阻测量 (见图 1.4)



$$r_o = \left( \frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

图 1.4 输出电阻测量

在输出端接入可调电阻作为负载，选择合适的  $R_L$  值使放大电路输出不失真 (接示波器监视)，测量带负载时  $U_L$  和空载时的  $U_o$ ，即可计算出  $r_o$ 。  
将上述测量及计算结果填入表 1.5 中。

表 1.5

测算输入电阻 (设: $R=5k\Omega$ )				测算输出电阻			
实测		测算	估算	实测		测算	估算
$U_s(\text{mV})$	$U_i(\text{mV})$	$r_i$	$r_i$	$U_o$ $R_L=\infty$	$U_L$ $R_L=$	$r_o(\text{k}\Omega)$	$r_o(\text{k}\Omega)$

五、实验报告:

1. 注明你所完成的实验内容和思考题，简述相应的基本结论。

2. 选择你在实验中感受最深的一个实验内容，写出较详细的报告。要求你能够使一个懂得电子电路原理但没有看过本实验指导书的人可以看懂你的实验报告，并相信你实验中得出的基本结论。
3. 下图为直流负反馈放大电路，可用其完成实验内容 3、4，与无直流反馈实验结果比较区别（注意输入输出相位变化），并分析原因。

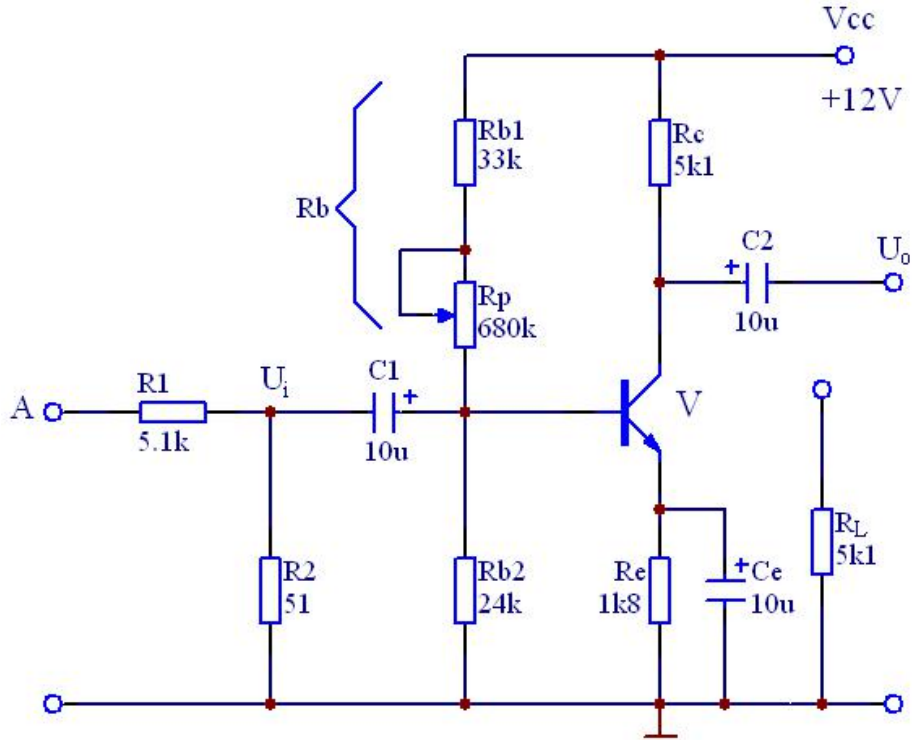


图 1.5 直流负反馈放大电路

## 实验二 两级交流放大电路

### 一、实验目的

1. 掌握如何合理设置静态工作点。
2. 学会放大电路频率特性测试方法。
3. 了解放大电路的失真及消除方法。

### 二、实验仪器

1. 双踪示波器。
2. 数字万用表。
3. 信号发生器。

### 三、预习要求

1. 复习教材多级放大电路内容及频率响应特性测量方法。
2. 分析图 2.1 两级交流放大电路。初步估计测试内容的变化范围。

### 四、实验内容

实验电路见图 2.1

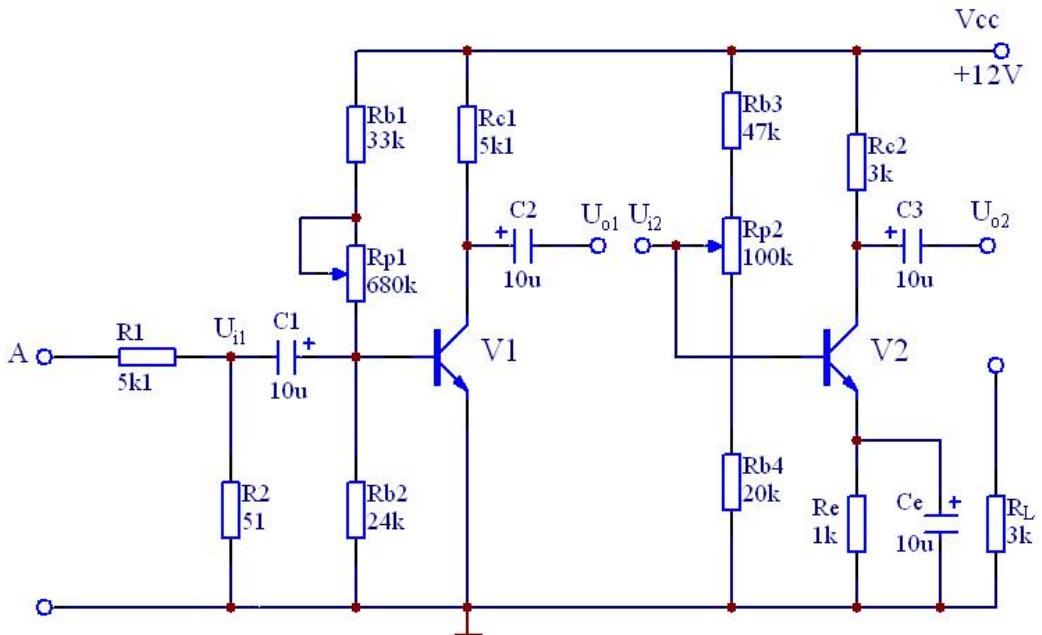


图 2.1 两级交流放大电路

1. 设置静态工作点

- (1) 按图接线，注意接线尽可能短，注意  $R_{P2}$  的连接方式。
- (2) 静态工作点设置：第一级为增加信噪比，工作点尽可能低， $U_{C1}$  应在 2V 以下。第二级工作点应保证在输出波形不失真的前提下幅值尽量大， $U_{C2}$  约 7V。
- (3) 在输入 A 端接入频率为 1kHz 幅度为 100mV 的交流信号(为避免连接电缆传输失真，使用实验箱上加衰减的办法，即信号源用一个较大的信号。例如 100mV，在实验板上经  $R_1$ 、 $R_2$ ，100:1 衰减电阻衰减，降为 1mV)，使  $U_{i1}$  为 1mV，观察  $U_{o1}$  输出信号波形，再连接  $U_{o1}$  和  $U_{i2}$ ，观察  $U_{o2}$  输出信号。此时信号很可能已经失真，可减少 A 端输入信号幅度到 50mV，并适当调节  $R_{P2}$  使输出信号不失真。

**注意：**如发现有寄生振荡，可采用以下措施消除：

- ① 重新布线，尽可能走短线。
- ② 在第一级放大电路增加直流负反馈电路。
- ③ 在三极管 V1、V2 的 b、e 之间加几 p 到几百 p 的电容。
- ④ 信号源与放大电路用屏蔽线连接。

2. 按表 2.1 要求测量并计算，注意测静态工作点时应断开输入信号。

表 2.1

	静态工作点						输入/输出电压 (mV)			电压放大倍数		
	第一级			第二级						第1级	第2级	整体
	$U_{C1}$	$U_{B1}$	$U_{E1}$	$U_{C2}$	$U_{B2}$	$U_{E2}$	$U_{i1}$	$U_{o1}$	$U_{o2}$	$A_{u1}$	$A_{u2}$	$A_u$
空载												
负载												

3. 接入负载电阻  $R_L=3k$ ，按表 2.1 测量并计算，比较实验内容 2、3 的结果。

4. 测两级放大电路的频率特性

- (1) 将放大器负载断开，先将输入信号频率调到 1kHz，幅度调到使输出幅度最大而不失真。
- (2) 保持输入信号幅度不变，改变频率，按表 2.2 测量并记录。继续提高频率，找到上截止频率  $f_H$ ，同样得到下截止频率  $f_L$ 。
- (3) 接上负载、重复上述实验，注意负载对上下截止频率的影响。

表 2.2

f (Hz)		50	100	250	500	1K	2.5k	5k	10k	20k
$U_O$	$R_L=\infty$									
	$R_L=3k$									

---

## 五、实验报告：

1. 整理实验数据，分析实验结果。
2. 画出实验电路的频率特性简图，标出  $f_H$  和  $f_L$ 。
3. 写出增加频率范围的方法。

## 实验三 负反馈放大电路

### 一、实验目的

1. 研究负反馈对放大电路性能的影响。
2. 掌握负反馈放大电路性能的测试方法。

### 二、实验仪器

1. 双踪示波器。
2. 音频信号发生器。
3. 数字万用表。

### 三、预习要求

1. 认真阅读实验内容要求，估计待测量内容的变化趋势。
2. 图 3.1 电路中晶体管  $\beta$  值为 40，计算该放大电路开环和闭环电压放大倍数。

### 四、实验内容

1. 负反馈放大电路开环和闭环放大倍数的测试  
(1) 开环电路

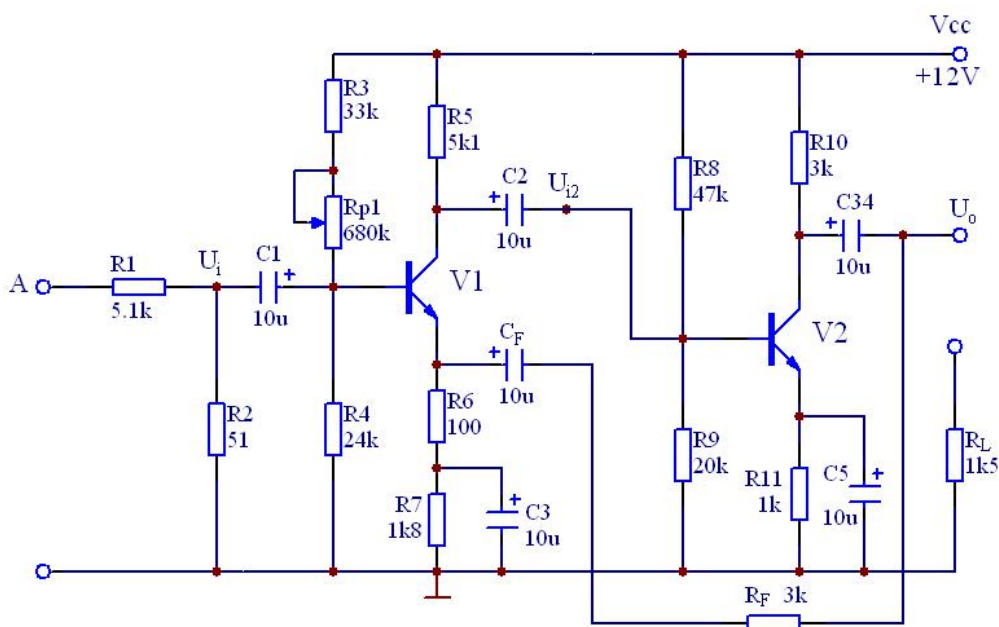


图 3.1 反馈放大电路

- ① 按图 3.1 接线,  $R_F$  先不接入, 使放大电路处于开环状态。调整  $R_{P1}$  使  $U_{C1}=6V$ , 记录此时三极管  $V1$ 、 $V2$  的工作点。
- ② 在输入端 A 接入幅值  $100mV$   $f=1kHz$  的正弦波, 经  $R_1$ 、 $R_2$  衰减后,  $U_i$  约为  $1mV$ 。调整接线和参数使输出不失真且无自激振荡(参考实验二方法)。
- ③ 表 3.1 要求进行测量并填表。
- ④ 根据实测值计算开环放大倍数和输出电阻  $r_o$ 。

(2). 闭环电路

- ① 接通  $R_F$ , 引入反馈回路使放大电路处于闭环, 此时三极管工作点应与(1)相同。
- ② 在输入端 A 接入幅值  $2V$ 、 $f=1kHz$  的正弦波, 经  $R_1$ 、 $R_2$  衰减后,  $U_i$  约为  $20mV$ 。按表 3.1 要求测量并填表, 计算  $A_{uf}$  和开环闭环时的输出电阻。
- ④ 据实测结果, 验证  $A_{uf} \approx \frac{1}{F}$ , 并研究负反馈对放大电路各方面的影响。

表 3.1

	$R_L(k\Omega)$	$U_i(mV)$	$U_{i2}(mV)$	$U_o(V)$	$A_u(A_{uf})$
开环	$\infty$	1			
	1k5	1			
闭环	$\infty$	20			
	1k5	20			

2. 负反馈对失真的改善作用

- (1) 断开反馈电阻  $R_F$ , 将实验电路开环, 逐步加大  $U_i$  的幅度, 使输出信号出现失真(注意不要过份失真)记录失真波形幅度。
- (2) 接入反馈电阻  $R_F$ , 将电路闭环, 观察输出情况, 并适当增加  $U_i$  幅度, 使输出幅度接近开环时失真波形幅度。
- (3) 若  $R_F=3k$  不变, 不接入  $R_1$ 、 $R_2$  和信号源, 将  $R_F$  接入  $V1$  的基极, 会出现什么情况? 实验验证之。
- (4) 画出上述各步实验的波形图。

3. 测放大电路频率特性

- (1) 将图 3.1 电路先开环, 选择  $U_i$  适当幅度(频率为  $1kHz$ )使输出信号在示波器上有较大不失真正弦波显示。
- (2) 保持输入信号幅度不变逐步增加频率, 直到波形减小为原来的  $70\%$ , 此时信号频率即为放大电路  $f_H$ 。
- (3) 条件同上, 但逐渐减小频率, 测得  $f_L$ 。
- (4) 将电路闭环, 重复 1~3 步骤, 并将结果填入表 3.2。

---

表 3.2

	$f_H(\text{Hz})$	$f_L(\text{Hz})$
开环		
闭环		

**五、实验报告：**

1. 将实验值与理论值比较，分析误差原因。
2. 根据实验内容总结负反馈对放大电路的影响。

## 实验四 射极跟随电路

### 一、实验目的

1. 掌握射极跟随电路的特性及测量方法。
2. 进一步学习放大电路各项参数测量方法。

### 二、实验仪器

1. 示波器
2. 信号发生器
3. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 参照教材有关章节内容，熟悉射极跟随电路原理及特点，
2. 根据图 4.1 元器件参数，估算静态工作点。画交直流负载线。

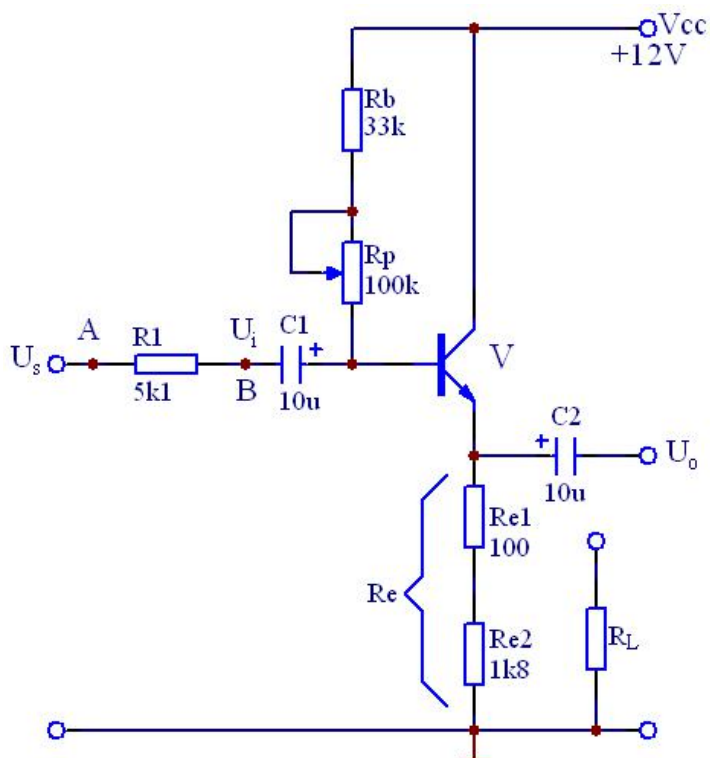


图 4.1 射极跟随电路

### 四、实验内容与步骤

1. 按图 4.1 电路接线。

2. 直流工作点的调整。

将电源+12V 接上，调整  $R_P$  使  $U_E=6V$ 。在 B 点加  $f=1kHz$  正弦波信号，输出端用示波器监视，反复调整  $R_P$  及信号源输出幅度，使输出幅度在示波器屏幕上得到一个最大不失真波形，然后断开输入信号，用万用表测量晶体管各级对地的电位，即为该放大器静态工作点，将所测数据填入表 4.1。

表 4.1

$U_E(V)$	$U_B(V)$	$U_C(V)$	$I_E = \frac{U_E}{R_e}$

3. 测量电压放大倍数  $A_u$  和输出电阻  $R_o$

在 B 点加入  $f=1kHz$  幅度 3V 正弦波信号，记录输出波形。接入负载  $R_L=1k$ ，记录此时波形并与无负载时比较，分析原因。调整输入信号幅度(此时偏置电位器  $R_P$  不能再旋动)使输出无失真，用示波器观察，在带载输出最大不失真情况下测  $U_i$ 、 $U_o$  和  $U_L$  值，将所测数据填入表 4.2 中。

表 4.2

$R_L$	$U_i(V)$	$U_o(V)$	$U_L(V)$	$A_u = \frac{U_o}{U_i}$	$R_o$
1k					
2k2					
100					

接入负载  $R_L=2k2$ 、 $100\Omega$ ，重复以上步骤，并讨论不同负载时对波形失真产生影响不同的原因。使用以上数据计算输出电阻  $R_o$

$$R_o = \left( \frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

4. 测量放大电路输入电阻  $R_i$  (采用换算法)

在 A 点加入  $f=1kHz$  的正弦波信号，用示波器观察输出波形，分别测 A、B 点对地电位  $U_s$ 、 $U_i$ 。

$$\text{则 } R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R = \frac{R}{\frac{U_s}{U_i} - 1}$$

将测量数据填入表 4.3。

表 4.3

$U_s(V)$	$U_i(V)$	$R_i = \frac{R}{U_s / U_i - 1}$

---

5. 测射极跟随电路的跟随特性并测量输出电压峰峰值  $U_{oP-P}$ 。

接入负载  $R_L=2k\Omega$ ，在 B 点加入  $f=1kHz$  的正弦波信号，逐点增大输入信号幅度  $U_i$ ，用示波器监视输出端，在波形不失真时，测对应的  $U_L$  值，计算出  $A_u$ ，并用示波器测量输出电压的峰峰值  $U_{oP-P}$ ，与电压表（读）测的对应输出电压有效值比较。将所测数据填入表 4. 4。

表 4. 4

$U_i$				
$U_L$				
$U_{oP-P}$				
$A_u$				

## 五、实验报告

1. 绘出实验原理电路图，标明实验的元件参数值，
2. 整理实验数据及说明实验中出现的各种现象，得出有关的结论；画出必要的波形及曲线。
3. 将实验结果与理论计算比较，分析产生误差的原因。

## 实验五 直流差动放大电路

### 一、实验目的

1. 熟悉差动放大电路工作原理。
2. 掌握差动放大电路的基本测试方法。

### 二、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 数字万用表
3. 信号源

### 三、预习要求

1. 计算图 5.1 的静态工作点(设  $r_{bc}=3k$ ,  $\beta=100$ )及电压放大倍数。
2. 在图 5.1 基础上画出单端输入和共模输入的电路。

### 四、实验内容及步骤

实验电路如图 5.1 所示

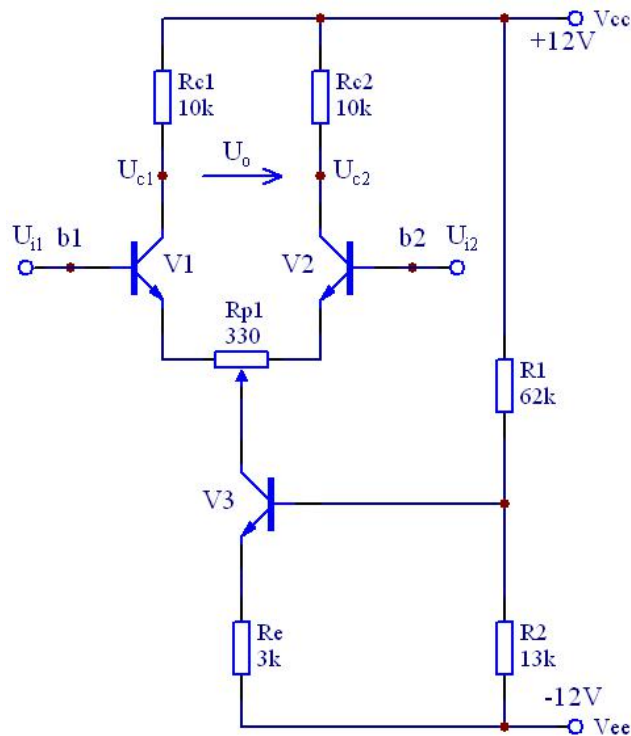


图 5.1 差动放大原理图

1. 测量静态工作点，

(1) 调零

按图连线，将输入端  $U_{i1}$  和  $U_{i2}$  接地，接通直流电源+12V、-12V，调节电位器  $R_{p1}$  使  $U_{C1}=U_{C2}$ 。

(2) 测量静态工作点

测量  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  各极对地电压填入表 5.1 中

表 5.1

对地电压	$U_{C1}$	$U_{C2}$	$U_{C3}$	$U_{B1}$	$U_{B2}$	$U_{B3}$	$U_{E1}$	$U_{E2}$	$U_{E3}$
测量值 (V)									

2. 测量差模电压放大倍数。

在输入端加入直流电压信号  $U_{id}=\pm 0.1V$  按表 5.2 要求测量并记录，由测量数据算出单端和双端输出的电压放大倍数。注意：由于实验箱直流电压源有输出电阻，所以要先将直流电压源 OUT1 和 OUT2 分别接入  $U_{i1}$  和  $U_{i2}$  端，然后调节直流电压源的调节电位器，使其输出为+0.1V 和-0.1V。

3. 测量共模电压放大倍数。

将输入端  $U_{i1}$  和  $U_{i2}$  短接，接入直流电压源，分别输入+0.1V 和-0.1V，分别测量并填入表 5.2。由测量数据算出单端和双端输出的电压放大倍数。进一步

算出共模抑制比  $CMRR=\left|\frac{A_d}{A_c}\right|$ 。

表 5.2

测量及 计算值 输入 信号 $V_i$	差模输入						共模输入						共模抑制比
	测量值 (V)			计算值			测量值 (V)			计算值			计算值
	$U_{C1}$	$U_{C2}$	$U_{o, \text{双}}$	$A_{d1}$	$A_{d2}$	$A_{d, \text{双}}$	$U_{C1}$	$U_{C2}$	$U_{o, \text{双}}$	$A_{c1}$	$A_{c2}$	$A_{c, \text{双}}$	CMRR
+0.1V													
-0.1V													

4. 在实验板上组成单端输入的差放电路进行下列实验。

(1) 在图 1 中将  $b_2$  接地，组成单端输入差动放大器，从  $b_1$  端输入直流信号  $U=\pm 0.1V$ ，测量单端及双端输出，填表 5.3 记录电压值。计算单端输入时的单端及双端输出的电压放大倍数。并与双端输入时的单端及双端差模电压放大倍数进行比较。

表 5.3

测量仪计算值 输入信号	电压值			单端放大		放大倍数
	$U_{C1}$	$U_{C2}$	$U_o$	$A_{V1}$	$A_{V2}$	$A_U$
直流 +0.1V						
直流 -0.1V						
正弦信号 (50mV、1kHz)						
三角波 (50mV、1kHz)						
方波 (50mV、1kHz)						

(2) 从  $b_1$  端加入正弦交流信号  $U_i=50\text{mV}$ ,  $f=1\text{kHz}$ , 分别测量、记录单端及双端输出波形, 注意输出波形和输入的相位关系, 填入表 5.3 计算单端及双端的差模放大倍数。再分别加入三角波和方波, 幅值频率同上, 重复以上步骤。

(注意: 输入交流信号时, 用示波器监视  $U_{c1}$ 、 $U_{c2}$  波形, 若有失真现象时, 可减小输入电压值, 使  $U_{c1}$ 、 $U_{c2}$  都不失真为止)

(3) 测量输入输出电阻, 根据实验 1 的步骤 4, 分别测量两端的输入和输出电阻, 步骤自拟。

## 五、实验报告

1. 根据实测数据计算图 5.1 电路的静态工作点, 与预习计算结果相比较。
2. 整理实验数据, 计算各种接法的  $A_d$ , 并与理论计算值相比较。
3. 计算实验步骤 3 中  $A_c$  和  $CMRR$  值。
4. 总结差放电路的性能和特点。

## 实验六 比例求和运算电路

### 一、实验目的

1. 掌握用集成运算放大电路组成比例、求和电路的特点及性能。
2. 学会上述电路的测试和分析方法。

### 二、实验仪器

1. 数字万用表
2. 示波器
3. 信号发生器

### 三、预习要求

1. 计算表 6.1 中的  $U_O$  和  $A_r$
2. 估算表 6.3 的理论值
3. 估算表 6.4、表 6.5 中的理论值
4. 计算表 6.6 中的  $U_O$  值
5. 计算表 6.7 中的  $U_O$  值

### 四、实验内容

1. 电压跟随电路

实验电路如图 6.1 所示。

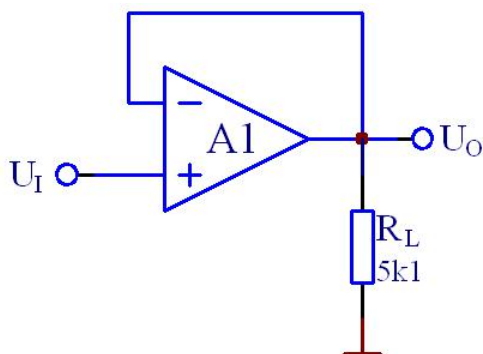


图 6.1 电压跟随电路

按表 6.1 连接电路，将 +12V、-12V 接入集成运放工作区，实验并测量记录。

表 6.1

$U_I(\text{V})$		-2	-0.5	0	+0.5	1
$U_O(\text{V})$	$R_L = \infty$					
	$R_L = 5\text{k}\Omega$					

## 2. 反相比例放大器

实验电路如图 6.2 所示。

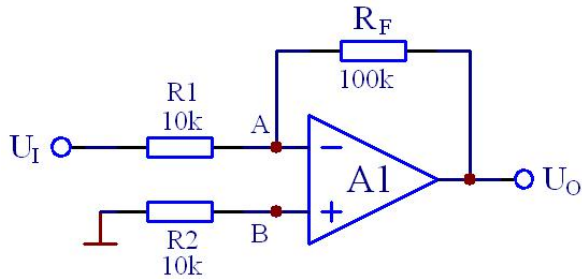


图 6.2 反相比例放大电路

(1) 按表 6.2 内容实验并测量记录。

表 6.2

直流输入电压 $U_I$ (mV)		30	100	300	1000	3000
输出电压 $U_O$	理论估算 (V)					
	实际值 (V)					
	误差 (mV)					

(2) 按表 6.3 要求实验并测量记录。

表 6.3

	测试条件	理论估算值	实测值
$\Delta U_0$	$R_L$ 开路, 直流输入信号 $U_I$ 由 0 变为 800mV		
$\Delta U_{AB}$			
$\Delta U_{R2}$			
$\Delta U_{R1}$			
$\Delta U_{0L}$	$R_L$ 由开路变为 5k $\Omega$ , $U_I=800$ mV		

(3) 测量图 6.2 电路的上限截止频率。

## 3. 同相比例放大电路

电路如图 6.3 所示

(1) 按表 6.4 和 6.5 实验测量并记录。

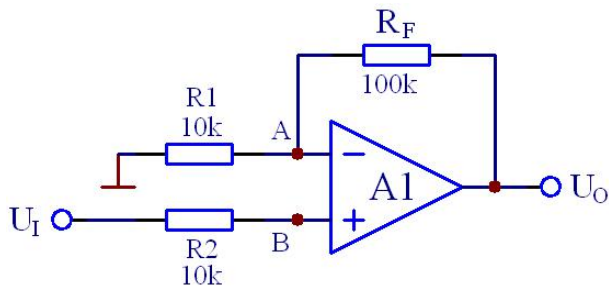


图 6.3 同相比例放大电路

表 6.4

直流输入电压 $U_I$ (mV)		30	100	300	1000	3000
输出电压 $U_O$	理论估算 (V)					
	实际值 (V)					
	误差 (mV)					

表 6.5

	测试条件	理论估算值	实测值
$\Delta U_0$	$R_L$ 开路, 直流输入信号 $U_I$ 由 0 变为 800mV		
$\Delta U_{AB}$			
$\Delta U_{R2}$			
$\Delta U_{R1}$			
$\Delta U_{OL}$	$R_L$ 由开路变为 5k $\Omega$ , $U_I=800$ mV		

(2) 测出电路的上限截止频率

4. 反相求和放大电路。

实验电路如图 6.4 所示。

按表 6.6 内容进行实验测量，并与预习计算比较。

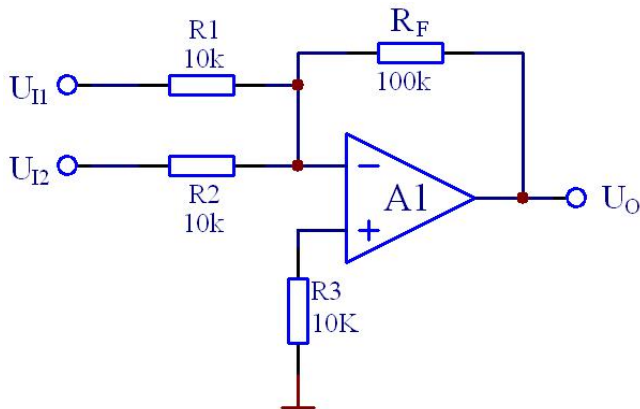


图 6.4 反相求和放大电路

表 6.6

$U_{I1}$ (V)	0.3	-0.3
$U_{I2}$ (V)	0.2	0.2
$U_O$ (V)		
估算 (V)		

5. 双端输入求和放大电路  
实验电路为图 6.5 所示。

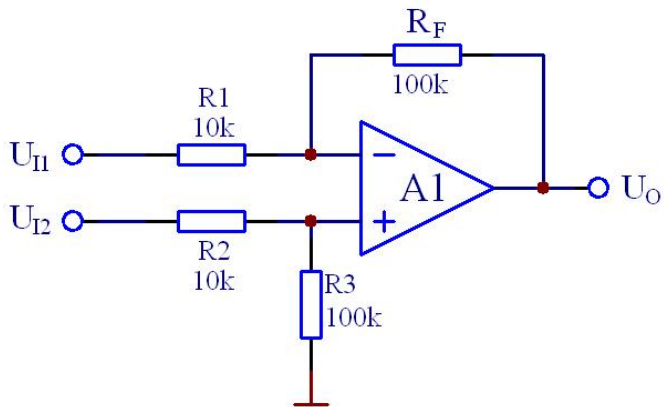


图 6.5 双端输入求和电路

表 6.7

$U_{11}(\text{V})$	1	2	0.2
$U_{12}(\text{V})$	0.5	1.8	-0.2
$U_o(\text{V})$			
估算(V)			

按表 6.7 要求实验并测量记录。

## 五、实验报告

1. 总结本实验中 5 种运算电路的特点及性能。
2. 分析理论计算与实验结果误差的原因。

## 实验七 积分与微分电路

### 一、实验目的

1. 学会用运算放大器组成积分微分电路。
2. 学会积分微分电路的特点及性能。

### 二、实验仪器

1. 数字万用表
2. 信号发生器
3. 双踪示波器

### 三、预习要求

1. 分析图 7.1 电路,若输入正弦波, $U_o$ 与 $U_i$ 相位差是多少? 当输入信号为100Hz有效值为2V时, $U_o=?$
2. 分析图 7.2 电路,若输入正弦波, $U_o$ 与 $U_i$ 相位差多少? 当输入信号为160Hz幅值为1V时,输出 $U_o=?$
3. 拟定实验步骤、做好记录表格。

### 四、实验内容

#### 1. 积分电路:

实验电路如图 7.1 所示,先不接入 $R_{P1}$ ,连接+12V和-12V到集成电路区。

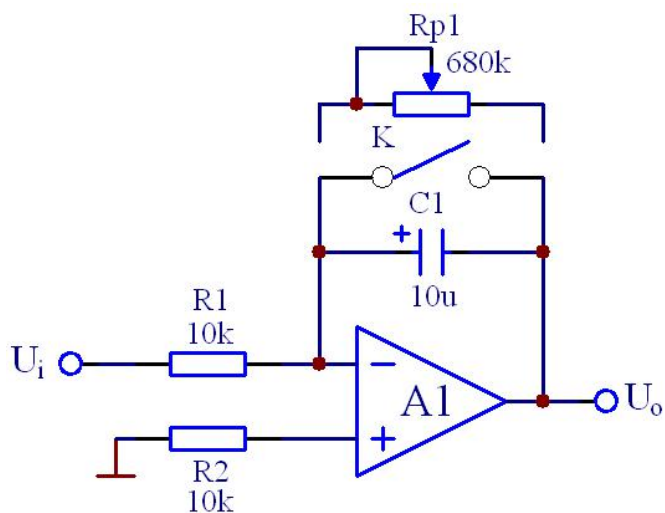


图 7.1 积分电路

(1)取 $U_i=+1V$ ,断开开关K(开关K用一连线代替,拔出连线一端作为断开)用

示波器和万用表电压档观察  $U_o$  变化。

(2) 测量饱和输出电压及有效积分时间。

(3) 使图 7.1 中积分电容  $C_1$  改为  $0.1\mu$ ，在积分电容两端并接  $R_{P1}$ ，将  $R_{P1}$  调到电阻最大。断开 K， $U_i$  分别输入频率为 **100Hz** 幅值为  $1V$  ( $V_{P-P}=2V$ ) 的**正弦波和方波**信号，观察和比较  $U_i$  与  $U_o$  的**幅值大小及相位关系**，并记录波形。将  $R_{P1}$  调整为  $100k$ ，重复以上步骤，观察记录波形并与  $R_{P1}$  最大时比较。注意两种情况下输出波形的直流偏移量。

(4)  $R_{P1}=100k$ ，改变信号频率 ( $20Hz\sim 400Hz$ )，观察  $U_i$  与  $U_o$  的相位、幅值及波形的变化。

## 2. 微分电路

实验电路如图 7.2 所示。

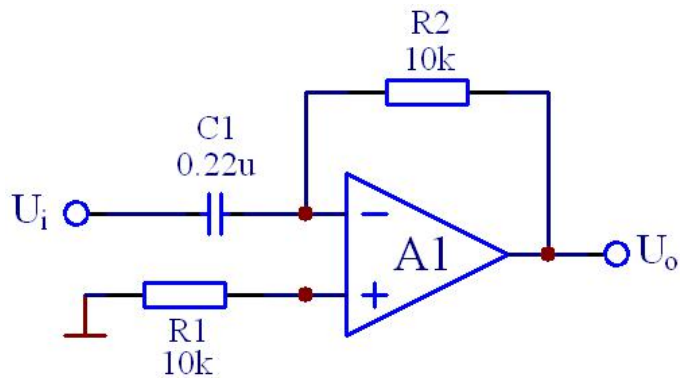


图 7.2 微分电路

(1) 输入**正弦波**信号， **$f=160Hz$**  幅值为  $1V$ ，用示波器观察  $U_i$  与  $U_o$  波形并测量输出电压。

(2) 改变正弦波频率 ( **$20Hz\sim 400Hz$** )，观察  $U_i$  与  $U_o$  的相位、幅值变化情况并记录。

(3) 在微分电容  $C_1$  左端接入  **$1k$  电位器**，调节其为  $400\Omega$ ，然后输入**方波**信号， **$f=200Hz$** ，幅值  $200mV$  ( $V_{P-P}=400mV$ )，用示波器观察  $U_o$  波形，按上述步骤(2)重复实验。

(4) 输入**方波**信号， **$f=200Hz$** ，幅值  $200mV$  ( $V_{P-P}=400mV$ )，调节微分电容左端接入的电位器 ( **$1k$** )，观察  $U_i$  与  $U_o$  幅值及波形的变化情况并记录。

(5) 调节电位器为  $100\Omega$ ，输入**三角波**  **$f=200Hz$** ，幅值  $200mV$  ( $V_{P-P}=400mV$ )，用示波器观察  $U_o$  波形，改变三角波频率 ( **$100Hz\sim 400Hz$** )，观察变化。

## 3. 积分——微分电路

实验电路如图 7.3 所示

(1) 在  $U_i$  输入  **$f=200Hz$** ，幅值  $6V$  的方波信号，用示波器观察  $U_{o1}$  和  $U_{o2}$  的波形并记录。

(2)将  $f$  改为 (100Hz~400Hz), 重复上述实验。

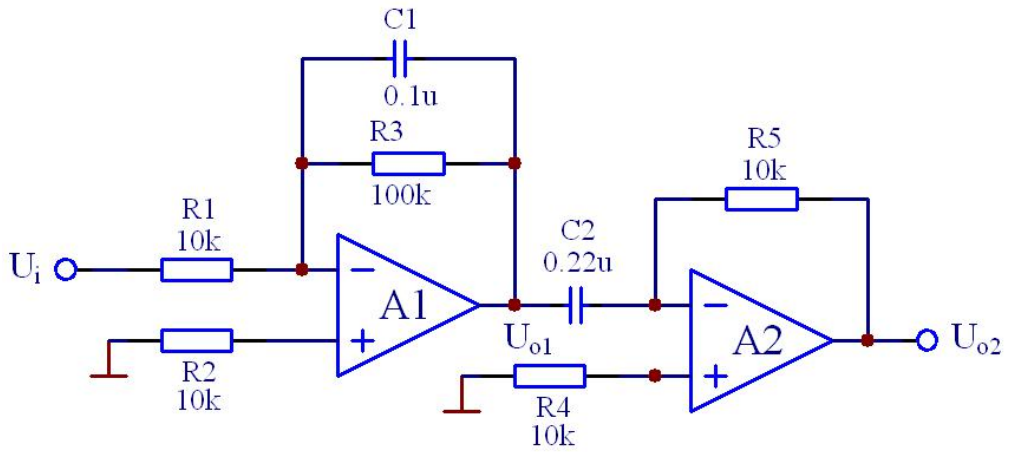


图 7.3 积分—微分电路

## 五、实验报告

1. 整理实验中的数据及波形, 总结积分, 微分电路特点。
2. 分析实验结果与理论计算的误差原因。

## 实验八 波形发生电路

### 一、实验目的

1. 掌握波形发生电路的特点和分析方法
2. 熟悉波形发生电路设计方法。

### 二、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 分析图 8.1 电路的工作原理，定性画出  $U_o$  和  $U_c$  波形。
2. 若图 8.1 电路  $R=10k$ ，计算  $U_o$  的频率。
3. 图 8.2 电路如何使输出波形占空比变大？利用实验箱上所标元器件画出原理图。
4. 图 8.3 电路中，如何改变输出频率？设计 2 种方案并画图表示。
5. 图 8.4 电路中如何连续改变振荡频率？画出电路图。（利用实验箱上的元器件）

### 四、实验内容

#### 1. 方波发生电路

实验电路如图 8.1 所示， $R_{P2}$  调到最大，双向稳压管实际值约为 5.6-5.8V。

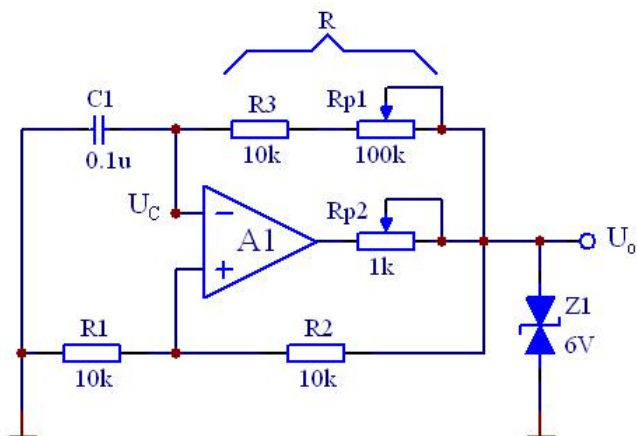


图 8.1 方波发生电路

- (1) 按电路图接线，观察  $U_c$ 、 $U_o$  波形及频率，与预习比较。用示波器观测时，通道需处于直流（DC）状态，如  $U_o$  波形有所失真，可适当减小  $R_{P2}$ 。

- (2) 分别测出  $R=10k$ 、 $110k$  时的频率，输出幅值，与预习比较。
- (3) 要想获得其他频率应如何选择电路参数？试利用实验箱上给出的元器件进行条件实验并观测之。
2. 占空比可调的矩形波发生电路

实验电路如图 8.2 所示。 $R_{P3}$  调到最大，如  $U_o$  有所失真，可适当减小  $R_{P3}$ 。

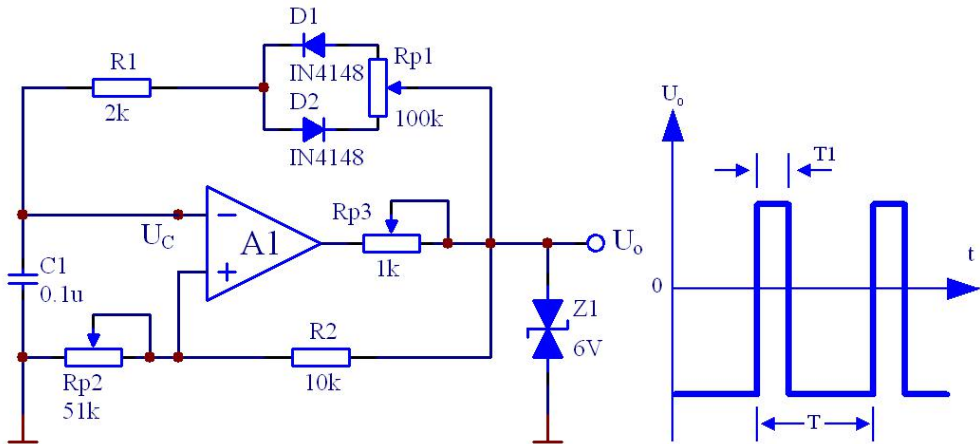


图 8.2 占空比可调的矩形波发生电路

- (1) 按图接线， $R_{P2}=10k$ ，观察并测量电路的  $U_C$ 、 $U_o$  振荡频率、幅值及占空比，改变  $R_{P1}$  观察对占空比和频率的影响。
- (2) 调节  $R_{P2}$ ，观察它对输出波形的影响。
- (3) 用  $10k$  电阻取代  $R_{P2}$ ，将  $R_{P1}$  改为  $51k$  电位器，重复测量电路输出。

### 3. 三角波发生电路

实验电路如图 8.3 所示。 $R_{P2}$  调到最大，如  $U_o$  有所失真，可适当减小  $R_{P2}$ 。

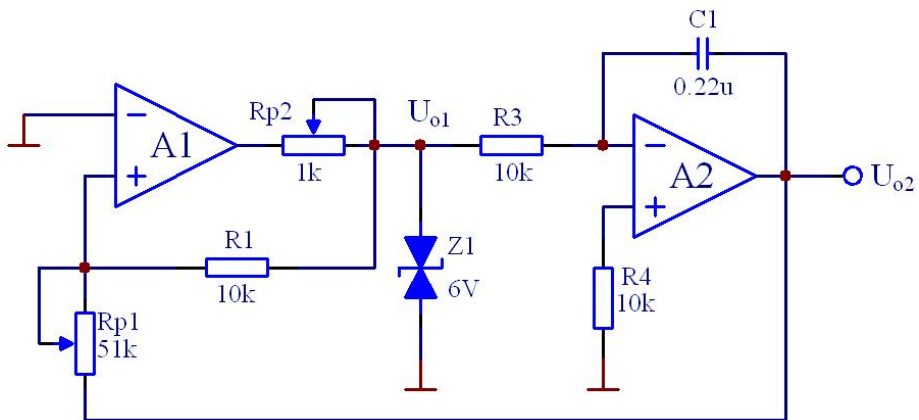


图 8.3 三角波发生电路

- (1) 按图接线， $R_{P1}=10k$ ，分别观测  $U_{o1}$  及  $U_{o2}$  的波形并记录。

(2) 调整  $R_{P1}$ ，观察波形变化。如何改变  $U_{o2}$  的频率而不改变幅值？按预习方案分别实验并记录。

#### 4. 锯齿波发生电路

实验电路如图 8.4 所示。 $R_{P2}$  调到最大，如  $U_o$  有所失真，可适当减小  $R_{P2}$ 。

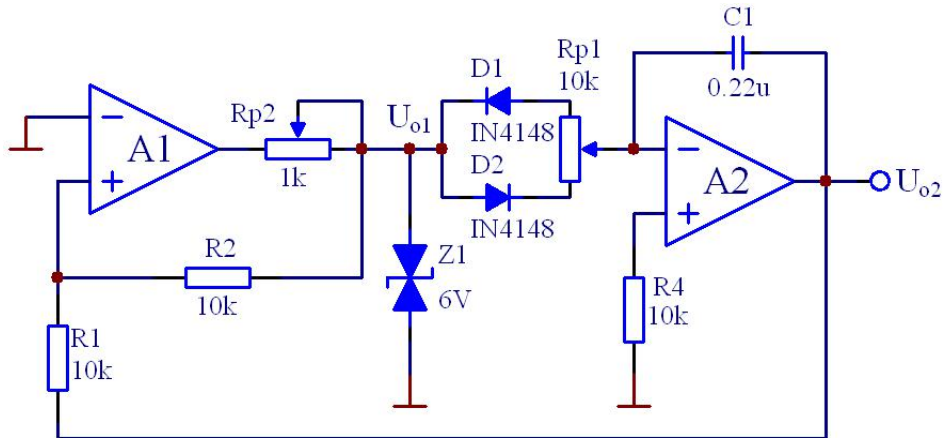


图 8.4 锯齿波发生电路

- (1) 按图接线，观测  $U_{o1}$  及  $U_{o2}$  输出波形和频率，改变  $R_{P1}$  观察它对输出的影响。
- (2) 按预习时的方案改变锯齿波频率并测量变化范围。

## 五、实验报告

1. 画出各实验的波形图。
2. 画出各实验预习要求的设计方案，电路图，写出实验步骤及结果。
3. 总结波形发生电路的特点，并回答。
  - (1) 波形产生电路需调零吗？
  - (2) 波形产生电路有没有输入端。

## 实验九 有源滤波电路

### 一、实验目的

1. 熟悉有源滤波电路构成及其特性。
2. 学会测量有源滤波电路幅频特性。

### 二、仪器及设备

1. 示波器
2. 信号发生器

### 三、预习要求

1. 预习教材有关滤波电路内容。
2. 分析图 9.1、图 9.2、图 9.3 所示电路。写出它们的增益特性表达式。
3. 计算图 9.1、图 9.2 电路的截止频率，图 9.3 电路的中心频率和截止频率。
4. 画出三个电路的幅频特性曲线。

### 四、实验内容

#### 1. 低通滤波电路

实验电路如图 9.1 所示。其中：反馈电阻  $R_F$  选用 10k 电位器，5.7k 为设定值。

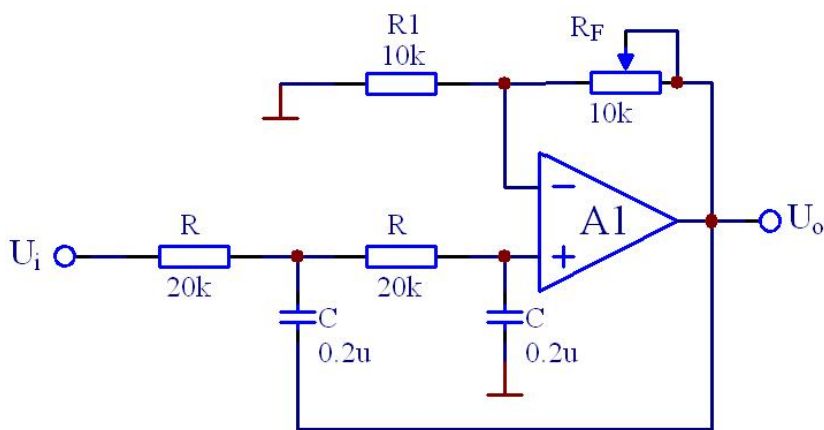


图 9.1 低通滤波电路

按表 9.1 内容测量并记录。

表 9.1

$U_i$ (V)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$f$ (Hz)	10	20	30	40	60	100	150	200	300	400
$U_o$ (V)										

## 2. 高通滤波电路

实验电路如图 9.2 所示， $R_F=5.7k$ 。

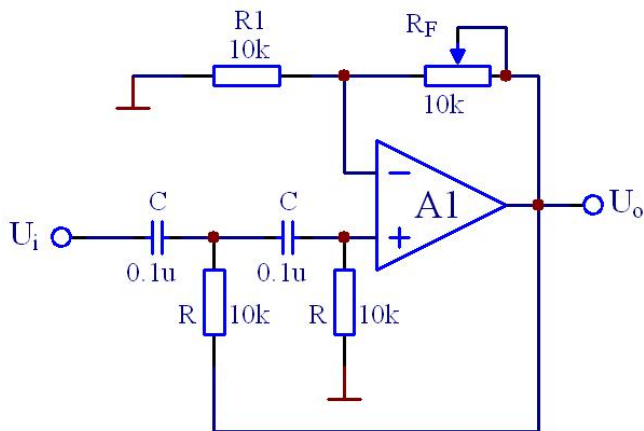


图 9.2 高通滤波电路

按表 9.2 内容测量并记录

表 9.2

$U_i(V)$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$f(Hz)$	10	20	30	50	100	130	160	200	300	400
$U_o(V)$										

## 3. 带阻滤波电路

实验电路如图 9.3 所示

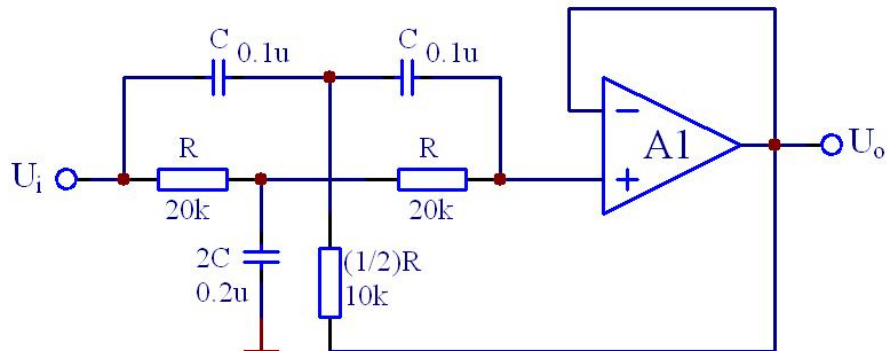


图 9.3 带阻滤波电路

- (1) 实测电路中心频率。
- (2) 以实测中心频率为中心，测出电路幅频特性。

## 五、实验报告

1. 整理实验数据，画出各电路曲线，并与计算值对比分析误差。
2. 试设计一中心频率为 300Hz，带宽 200Hz 的带通滤波电路，并连接测试。

## 实验十 电压比较电路

### 一、实验目的

1. 掌握比较电路的电路构成及特点。
2. 学会测试比较电路的方法。

### 二、仪器设备

1. 双踪示波器
2. 信号发生器
3. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 分析图 10.1 电路，回答以下问题
  - (1) 比较电路是否要调零？原因何在？
  - (2) 比较电路两个输入端电阻是否要求对称？为什么？
  - (3) 运放两个输入端电位差如何估计？
2. 分析图 10.2 电路，计算：
  - (1) 使  $U_O$  由  $+U_{OM}$  变为  $-U_{OM}$  的  $U_I$  临界值。
  - (2) 使  $U_O$  由  $-U_{OM}$  变为  $+U_{OM}$  的  $U_I$  临界值。
  - (3) 若由  $U_I$  输入有效值为 1V 正弦波，试画出  $U_I-U_O$  的波形图。
3. 分析图 10.3 电路，重复 2 的各步。
4. 按实习内容准备记录表格及记录波形的座标纸。

### 四、实验内容

#### 1. 过零比较电路

实验电路如图 10.1 所示，调节  $R_{P1}$  到最大，双向稳压管实际值约为 5.6-5.8V。

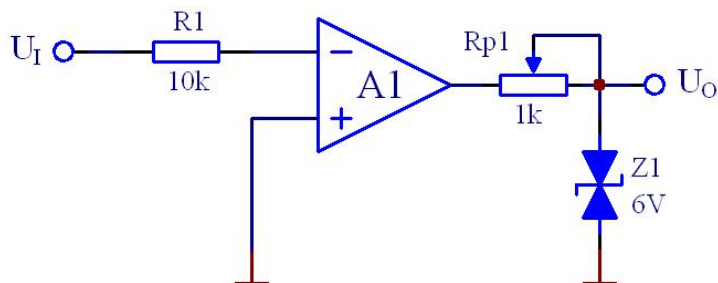


图 10.1 过零比较电路

- (1). 按图接线， $U_I$  悬空时测  $U_O$  电压， $U_I$  接入直流电压源，测量  $U_O$  正反跳转时  $U_I$  输入电压和  $U_O$  电压。

- (2).  $U_I$  输入 500Hz 有效值为 1V 的正弦波, 观察  $U_I-U_O$  波形并记录。  
 (3). 改变  $U_I$  幅值, 观察  $U_O$  变化。

## 2. 反相滞回比较电路

实验电路如图 10.2 所示, 调节  $R_{P1}$  到最大。

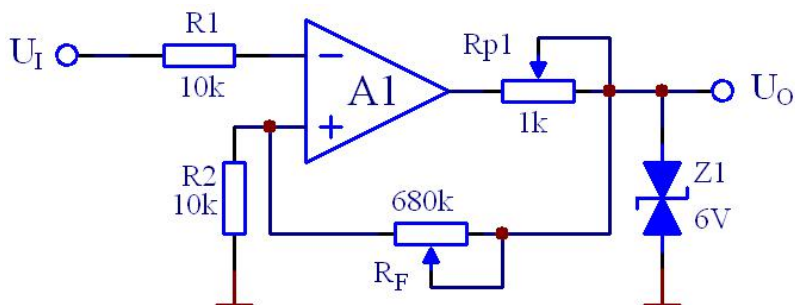


图 10.2 反相滞回比较电路

- (1) 按图接线, 将  $R_F$  调为 100k,  $U_I$  接直流电压源, 测出  $U_O$  由  $+U_{OM}$  跳转到  $-U_{OM}$  时  $U_I$  的临界值。  
 (2) 同上,  $U_O$  由  $-U_{OM}$  跳转到  $+U_{OM}$  时  $U_I$  的临界值。  
 (3)  $U_I$  接 500Hz 有效值 1V 的正弦信号, 观察并记录  $U_I-U_O$  波形。  
 (4) 将电路中  $R_F$  调为 200k, 重复上述实验。
- ## 3. 同相滞回比较电路。

实验电路为图 10.3 所示, 调节  $R_{P1}$  到最大。

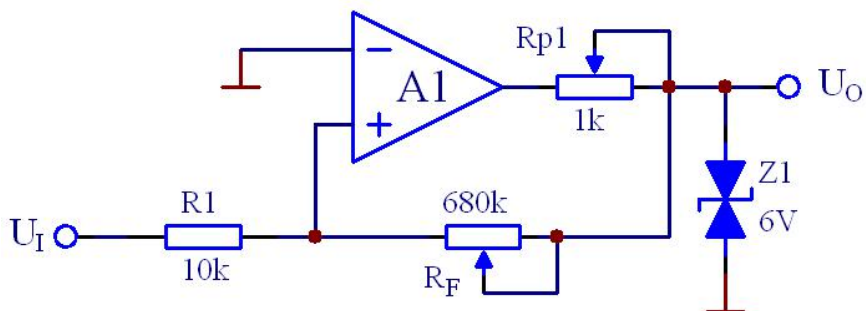


图 10.3 同相滞回比较电路

- (1) 参照 (二) 自拟实验步骤及方法。  
 (2) 将结果与 (二) 相比较。

## 五、实验报告

1. 整理实验数据及波形图, 并与预习计算值比较。
2. 总结几种比较电路特点。

---

## 实验十一 集成电路 RC 正弦波振荡电路

### 一、实验目的

1. 掌握桥式 RC 正弦波振荡电路的构成及工作原理。
2. 熟悉正弦波振荡电路的调整、测试方法。
3. 观察 RC 参数对振荡频率的影响，学习振荡频率的测定方法。

### 二、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 低频信号发生器
3. 频率计

### 三、预习要求

1. 复习 RC 桥式振荡电路的工作原理。
2. 完成下列填空题：
  - (1) 图 11.1 中，正反馈支路由\_\_\_\_\_组成，这个网络具有\_\_\_\_\_特性，要改变振荡频率，只要改变\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_的数值即可。
  - (2) 图 11.1 中， $R_{P1}$  和  $R_3$  组成\_\_\_\_\_反馈，其中\_\_\_\_\_是用来调节放大器的放大倍数，使  $A_u \geq 3$ 。

### 四、实验内容

1. 按图 11.1 接线。
2. 用示波器观察  $U_o$  输出波形并与 A 点、B 点波形比较。

思考：

  - (1) 若元件完好，接线正确，电源电压正常，而  $U_o=0$ ，原因何在？应怎么办？
  - (2) 有输出但出现明显失真，应如何解决？
  - (3) 调节  $R_{P1}$  难以得到饱和失真和停振之间的理想点时，将  $Z_1$  接入电路，观察此时效果。
3. 用频率计测上述电路输出频率。
4. 改变振荡频率。

在实验箱上设法使文氏桥电容  $C_1=C_2=0.1 \mu$ 。

注意：改变参数前，必须先关断实验箱电源开关再改变参数，检查无误后再接通电源。测  $f_o$  之前，应适当调节  $R_{P1}$  使  $U_o$  无明显失真后，再测频率。
5. 测定运算放大器放大电路的闭环电压放大倍数  $A_{uf}$ 

先测出图 11.1 电路的输出电压  $U_o$  值后，关断实验箱电源，保持  $R_{P1}$  及信号发生器频率不变，断开图 11.1 中 A 点接线，把低频信号发生器的输出电压

$U_i$  接入 A 点。如图 11.2 所示，调节  $U_i$  使  $U_o$  等于原值，测出此时的  $U_i$  值，

则： $A_{uf}=U_o/U_i=$ \_\_\_\_\_倍

6. 自拟详细步骤，测定 RC 串并联网路的幅频特性曲线。

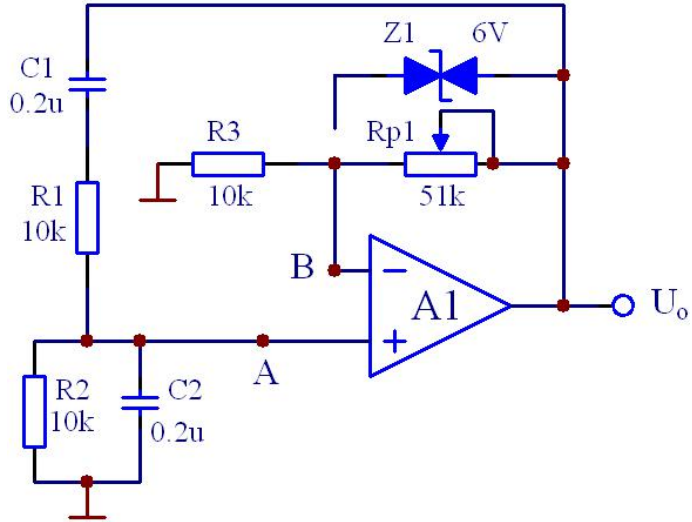


图 11.1 文氏电桥振荡电路

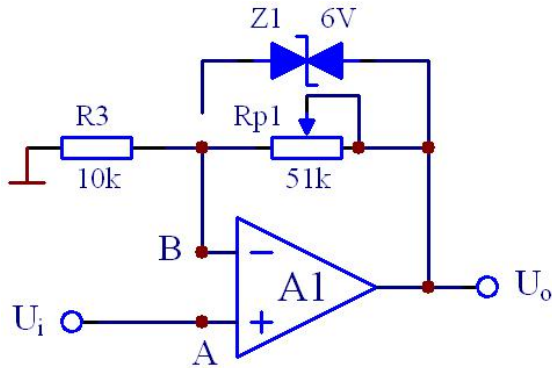


图 11.2 同相放大电路

## 五、实验报告

1. 电路中哪些参数与振荡频率有关?将振荡频率的实测值与理论估算值比较，分析产生误差的原因。
2. 总结改变负反馈深度对振荡电路起振的幅值条件及输出波形的影响。
3. 完成预习要求中第 2、3 项内容。
4. 作出 RC 串并联网路的幅频特性曲线。

## 实验十二 集成功率放大电路

### 一、实验目的

1. 熟悉集成功率放大电路的特点。
2. 掌握集成功率放大电路的主要性能指标及测量方法。

### 二、实验仪器及材料

1. 示波器
2. 信号发生器
3. 万用表

### 三、预习要求

1. 复习集成功率放大电路工作原理，对照图 12.2 分析电路工作原理。
2. 在图 12.1 电路中，若  $V_{CC}=12V$ ， $R_L=8\Omega$ ，估算该电路的  $P_{om}$ 、 $P_V$  值。
3. 阅读实验内容，准备记录表格。

### 四、实验内容

1. 按图 12.1 在实验板上连接电路电源  $V_{CC}=12V$ 。不加信号时测静态工作电流。

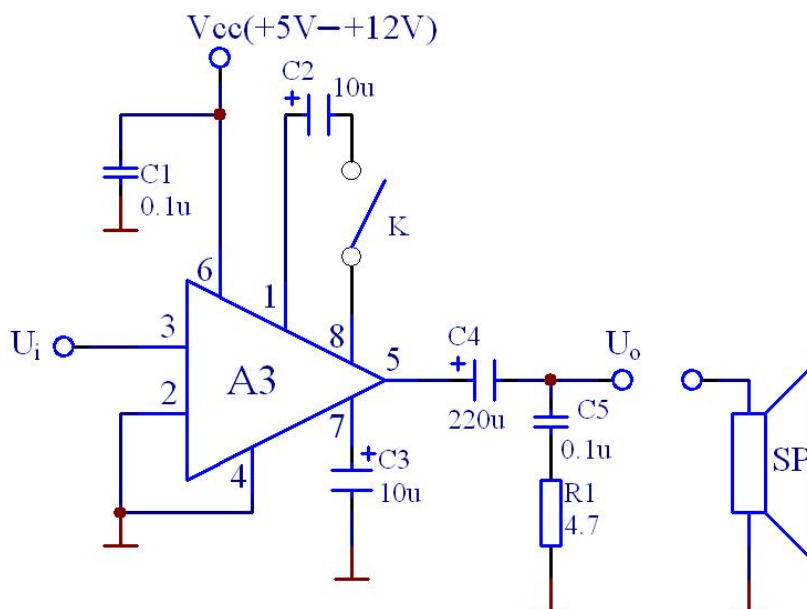


图 12.1

2. 在输入端接 1kHz 信号，用示波器观察输出波形，逐渐增加输入电压幅度，直至出现失真为止，记录此时输入电压、输出电压幅值，并记录波形。

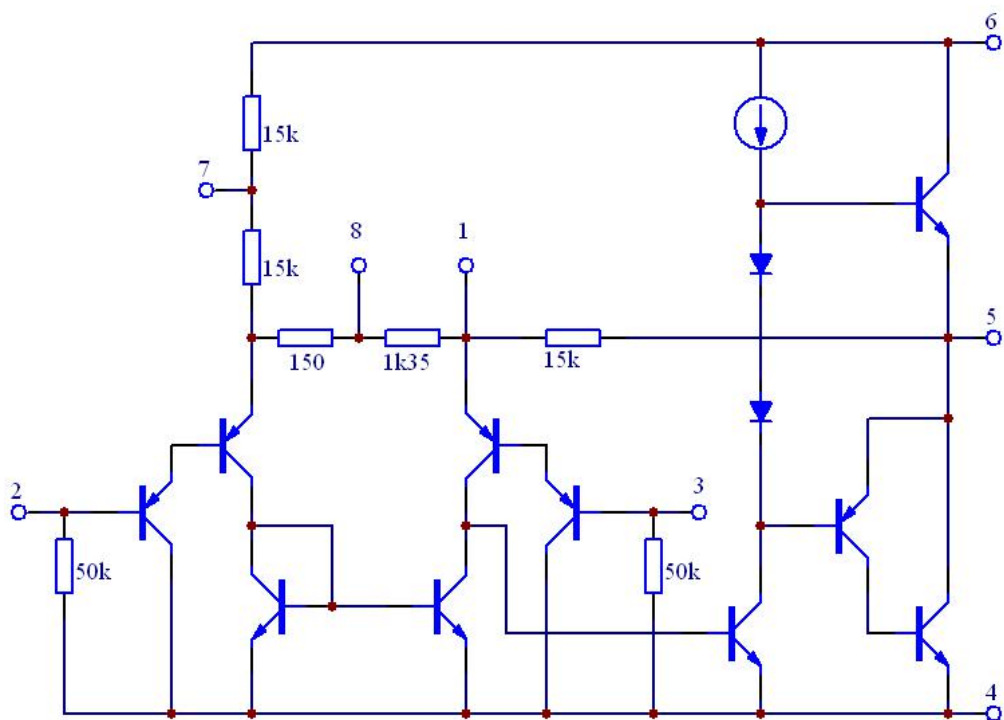


图 12.2 LM386 内部电路

3 闭合开关 K，连接上  $10\ \mu$  电容，重复上述实验。

4. 改变电源电压(选 5V、9V 两档)重复上述实验。

## 五、实验报告

1. 根据实验测量值、计算各种情况下  $P_{om}$ 、 $P_V$  及  $\eta$ 。
2. 作出电源电压与输出电压、输出功率的关系曲线。

## 实验十三 整流滤波与并联稳压电路

### 一、实验目的

1. 熟悉单相半波、全波、桥式整流电路。
2. 观察了解电容滤波作用。
3. 了解并联稳压电路。

### 二、实验仪器及材料

1. 示波器
2. 数字万用表

### 三、实验内容

1. 半波整流、桥式整流电路实验电路分别如图 13.1, 图 13.2 所示。

分别接二种电路, 用示波器观察  $U_2$  及  $U_L$  的波形。并测量  $U_2$ 、 $U_D$ 、 $U_L$ 。

当接电路图 13.2 时, 注意不能用示波器的两个输入端同时观测  $U_2$  及  $U_L$ , 因为两者不共地, 会造成烧坏保险丝。

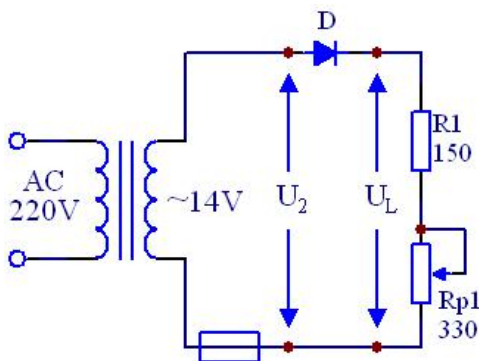


图 13.1

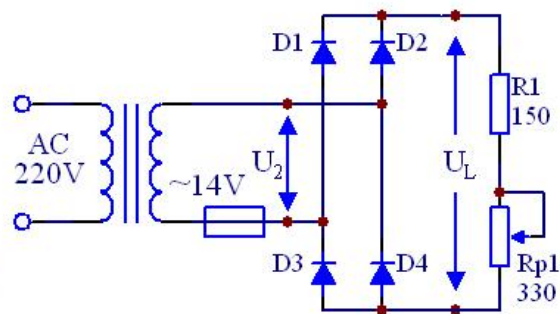


图 13.2

2. 电容滤波电路

实验电路如图 13.3

- (1) 分别用不同电容接入电路,  $R_L$  先不接, 用示波器观察波形, 用电压表测  $U_L$  并记录。
- (2) 接上  $R_L$ , 调整  $R_{P1}$  使  $R_L=1k\Omega$ , 重复上述实验并记录。
- (3) 将  $R_L$  改为  $150\Omega$ , 重复上述实验。

3. 并联稳压电路

实验电路如图 13.4 所示, 用直流电源+1.25—+15V 接入电路。

- (1) 调整电源输入电压  $U=10V$ , 测量负载变化时电路的稳压性能。

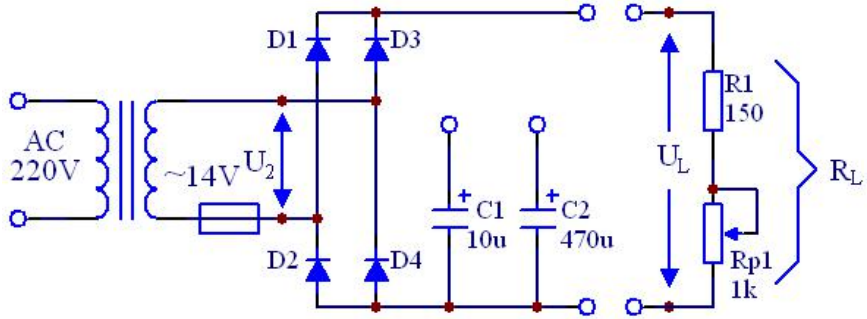


图 13.3 电容滤波电路

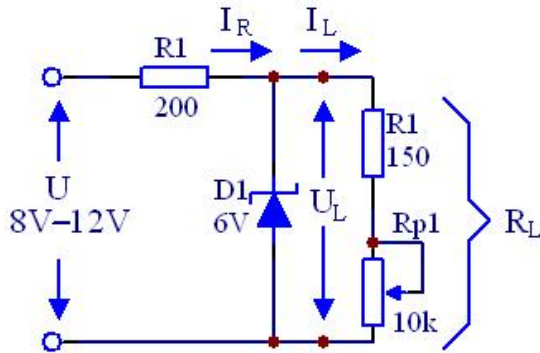


图 13.4 并联稳压电路

改变负载电阻  $R_L$  使负载电流  $I_L=1\text{mA}$ 、 $5\text{mA}$ 、 $10\text{mA}$  分别测量  $U_L$ 、 $U_R$ 、 $I_R$ ，计算电源输出电阻。

(2) 负载不变，电源电压变化时电路的稳压性能。

$R_L=1\text{k}$ ，用可调的直流电压变化模拟 220V 电源电压变化，电路接入前将可调电源调到 10V，然后调到 8V、9V、11V、12V，按表 13.1 内容测量填表，并计算稳压系数。

表 13.1

$U_I$	$U_L$	$I_R(\text{mA})$	$I_L(\text{mA})$	$S_r$
10V				
8V				
9V				
11V				
12V				

#### 四、实验报告

1. 整理实验数据并按实验内容计算。
2. 图 13.4 所示电路能输出电流最大为多少？为获得更大电流应如何选用电路元器件及参数？

## 实验十四 串联稳压电路

### 一、实验目的

1. 研究稳压电源的主要特性，掌握串联稳压电路的工作原理。
2. 学会稳压电源的调试及测量方法。

### 二、实验仪器

1. 直流电压表
2. 直流毫安表
3. 示波器
4. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 估算图 14.1 电路中各三极管的各点直流电压(设：各管的  $\beta=100$ ，电位器  $R_p$  滑动端处于中间位置)。
2. 分析图 14.1 电路，电阻  $R_2$  和发光二极管 LED 的作用是什么？
3. 画好数据表格。

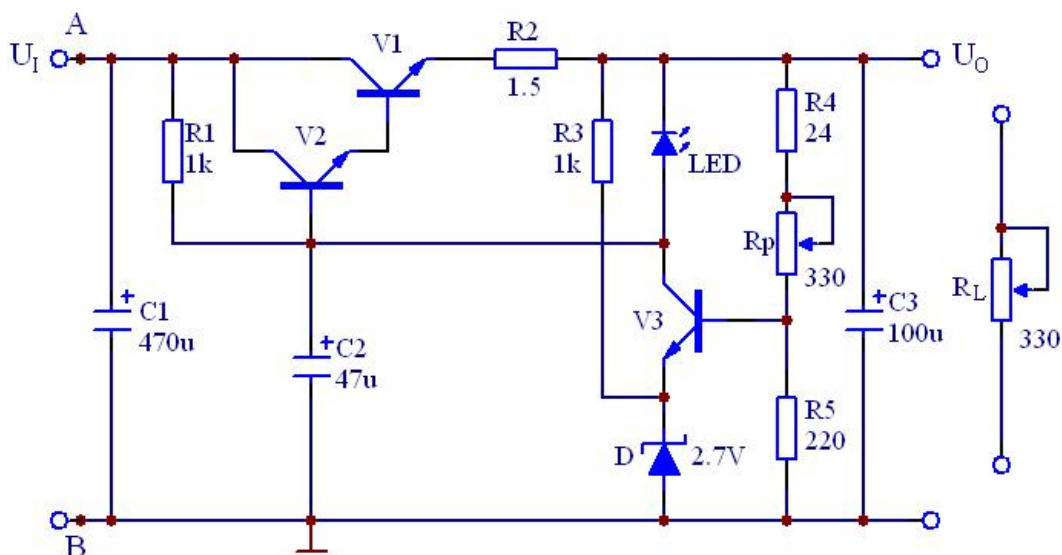


图 14.1

### 四、实验内容

1. 静态调试
  - (1) 看清楚实验电路板的接线，查清引线端子。
  - (2) 按图 14.1 接线，暂时不接入负载  $R_L$ ，即稳压电源空载。

(3) 将 +1.25V ~ +15V 直流电源调到 9V, 接到  $U_1$  端。再调电位器  $R_P$ , 使  $U_O=6V$ 。  
测量三极管 V3 的 Q 点

(4) 调试输出电压的调节范围。

调节  $R_P$ , 观察输出电压  $U_O$  的变化情况。记录  $U_O$  的最大和最小值。

## 2. 动态测量

(1) 测量电源稳压特性。  $U_1=9V$ ,  $U_O=6V$ , 使稳压电路处于空载状态。调整直流电源的调节电位器, 模拟电网电压波动  $\pm 10\%$ , 即改变  $U_1$  为 8V、10V。测量相应的  $U_O$ 。以 9V 时为基准, 根据

$$S_r = \frac{\Delta U_O / U_O}{\Delta U_1 / U_1} \text{ 计算稳压系数。}$$

(2) 测量稳压电源内阻。稳压电源的负载电流  $I_L$  由空载变化到额定值  $I_L=100mA$

时, 测量输出电压  $U_O$  的变化量, 即可求出电源内阻  $r_o = \left| \frac{\Delta U_O}{\Delta I_L} \right|$ 。测量过

程中使  $U_1=9V$  保持不变。

(3) 测试输出的纹波电压。将图 14.1 的电压输入端  $U_1$  接到图 14.2 的整流滤波电路输出端(即接通 A--a, B--b), 在负载电流  $I_L=100mA$  条件下, 用示波器观察稳压电源输入输出中的交流分量  $u_o$ , 描绘其波形。用交流毫伏表, 测量交流分量的大小。

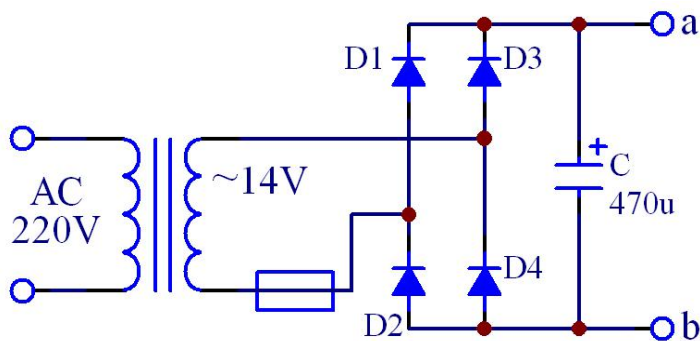


图 14.2

思考题: A: 如果把图 14.1 电路中电位器的滑动端往上(或是往下)调, 各三极管的 Q 点将如何变化? 可以试一下。

B: 调节  $R_L$  时, V3 的发射极电位如何变化? 电阻  $R_3$ 、 $R_L$  两端电压如何变化? 可以试一下。

C: 如果把  $C_3$  去掉(开路), 输出电压将如何?

D: 这个稳压电源哪个三极管消耗的功率大? 按实验内容 2 中的(3)接线。

---

### 3. 输出保护

(1) 恢复  $U_I=9V$ 、 $U_O=6V$ 。在电源输出端接上负载  $R_L$  (先调到最大) 同时串接电流表, 并用电压表监视输出电压, 逐渐减小  $R_L$  值, 直到 LED 发光二极管逐渐变亮, 记录此时的电压、电流值。

(2) 逐渐减小  $R_L$  值, 观察并记录输出电压、电流值。注意: 此实验内容连接时间应尽量短 (不超过 5 秒), 以防元器件过热烧坏三极管或者保护电阻。

思考题: 如何改变电源保护值。

### 4. 选做项目

测试稳压电源的外特性。(实验步骤自拟)

## 五、实验报告

1. 对静态调试及动态测试进行总结。

2. 计算稳压电源内阻  $r_O = -\frac{\Delta U_O}{\Delta I_L}$  及稳压系数  $S_r$ 。

3. 对部分思考题进行讨论。

## 实验十五 集成稳压电路

### 一、实验目的

1. 了解集成稳压电路的特性和使用方法。
2. 掌握直流稳压电源主要参数测试方法。

### 二、实验仪器

1. 示波器
2. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 复习教材直流稳压电源部分关于电源主要参数及测试方法。
2. 查阅手册，了解本实验使用稳压器的技术参数。
3. 计算图 15.5 电路中  $R_{P1}$  改变时电路输出电压范围。
4. 拟定实验步骤及记录表格。

### 四、实验内容

#### 1. 稳压器的测试

实验电路如图 15.1 所示

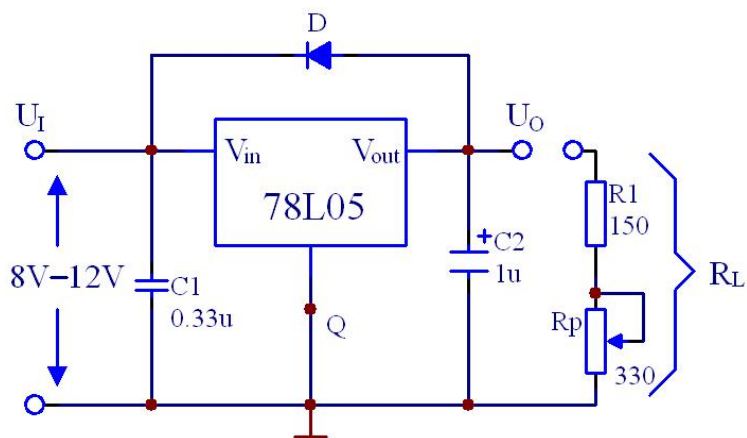


图 15.1 三端稳压器参数测试

测试内容：

- (1) 稳定输出电压。
- (2) 电压调整率。
- (3) 输出电阻  $r_o$ 。
- (4) 纹波电压(有效值或峰值)。

## 2. 稳压电路性能测试

仍用图 15.1 的电路，测试直流稳压电源性能

- (1) 保持稳定输出电压的最小输入电压。
- (2) 输出电流最大值及过流保护性能。

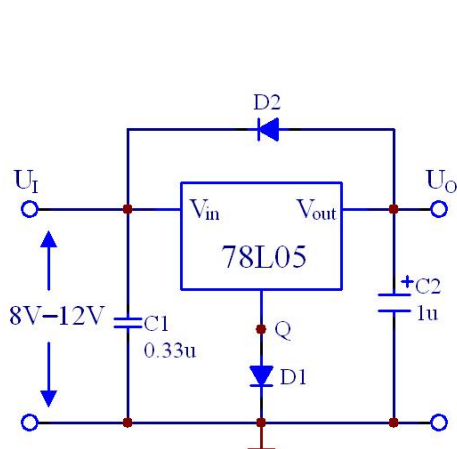


图 15.2

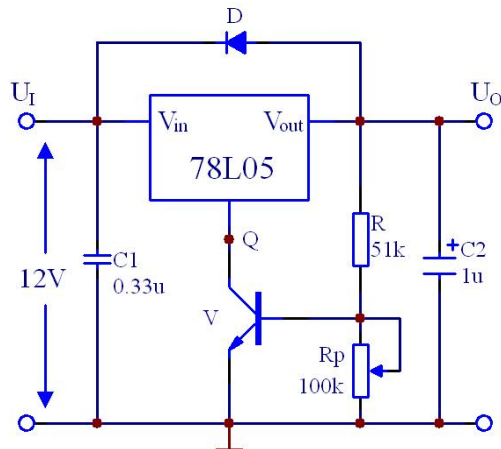


图 15.3

## \* 3. 三端稳压电路灵活应用(选做)

### (1) 改变输出电压

实验电路如图 15.2、15.3 所示。

按图接线，测量上述电路输出电压及变化范围。

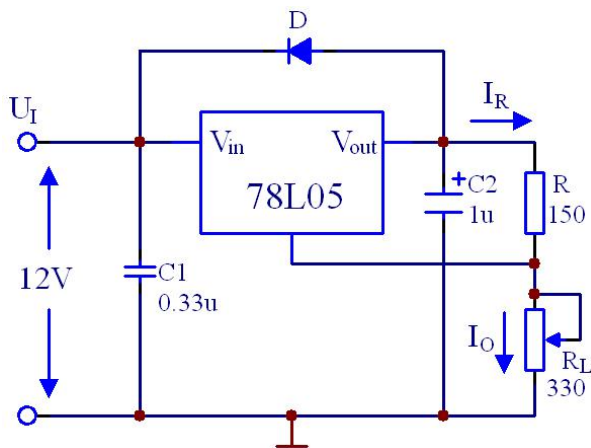


图 15.4

### (2) 组成恒流源

实验电路如图 15.4 所示

按图接线，并测试电路恒流作用。

(3) 可调稳压电路

① 实验电路如图 15.5 所示，LM317L 最大输入电压 40V，输出 1.25V~37V 可调最大输出电流 100mA。（本实验只加 15V 输入电压）

② 按图接线，并测试：

I. 电压输出范围。

II. 按实验内容 1 测试各项指标。测试时将输出电压调到最高输出电压。

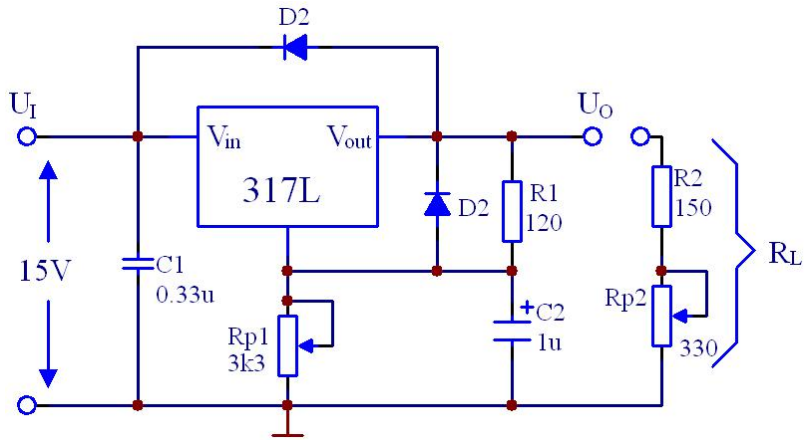


图 15.5

## 五、实验报告

1. 整理实验报告，计算内容 1 的各项参数。
2. 画出实验内容 2 的输出保护特性曲线。
3. 总结本实验所用两种三端稳压器的应用方法。

## 实验十六 RC 正弦波振荡电路

### 一、实验目的

1. 了解 RC 串并联振荡电路的组成与原理，及振荡条件。
2. 学会测量、调试振荡电路。

### 二、实验仪器

1. 示波器
2. 信号发生器

### 三、预习要求

1. 复习 RC 串并联振荡电路的工作原理。
2. 试计算图 16.1 电路的振荡频率。

### 四、实验内容

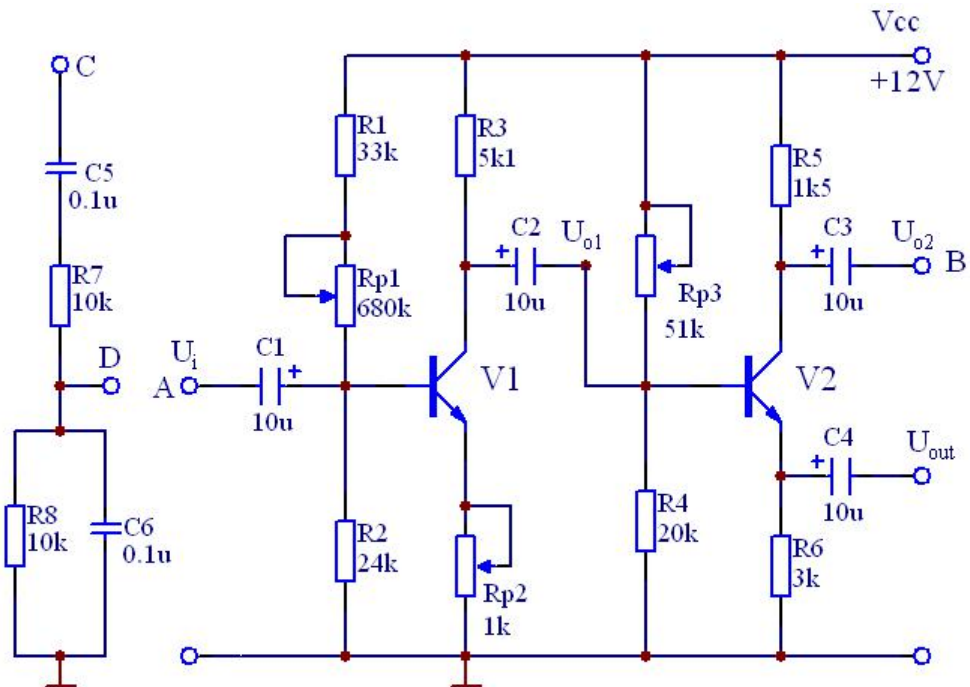


图 16.1 RC 正弦波振荡电路

1. 按图 16.1 接线。RC 串并网络先不接入(A-D、B-C 先不连接)，调节  $R_{P2}$  约为  $300\Omega$ ，调节  $R_{P1}$  使 V1 集电极  $U_{C1}$  约为 6V，调节  $R_{P3}$  使 V2 发射极  $U_{E2}$  约为

---

5V。

2. 从 A 点输入频率 200Hz，幅度 100mV 正弦波，观察  $U_{o1}$  点、 $U_{o2}$  点、 $U_{out}$  点波形，计算各级放大倍数。改变输入频率（100Hz-500Hz），重复观察结果。
3. 连接 A-D、B-C，用示波器观察  $U_{out}$  点波形，调整  $R_{P2}$  在  $U_{out}$  点得到幅度较大且不失真波形。记录波形并测量  $U_{out}$  频率，同时观察  $U_{o2}$  点、A 点波形。
4. 由大到小调节  $R_{P2}$  观察输出波形，并测量电路刚开始振荡时  $R_{P2}$  的阻值（测量时断电并断开连线）。

## 五、实验报告

1. 整理实验测量数据和波形。
2. 回答问题：
  - (1) 图 16.1 所示电路是什么形式反馈。
  - (2)  $R_3$   $R_5$   $R_6$  在电路中各起什么作用。
  - (3) 试分析前后两级放大电路的工作原理。
  - (4) 试分析实际振荡频率和 RC 串并联谐振频率偏差的原因。

## 实验十七 LC 选频放大与 LC 正弦振荡电路

### 一、实验内容

1. 研究 LC 正弦波振荡电路特性。
2. LC 选频放大电路幅频特性。

### 二、实验仪器

1. 正弦波信号发生器
2. 示波器
3. 频率计

### 三、预习要求

1. LC 电路三点式振荡电路振荡条件及频率计算方法，计算图 17 所示电路中当电容  $C$  分别为  $0.047\ \mu$  和  $0.01\ \mu$  时的振荡频率。
2. LC 选频放大电路幅频特性。

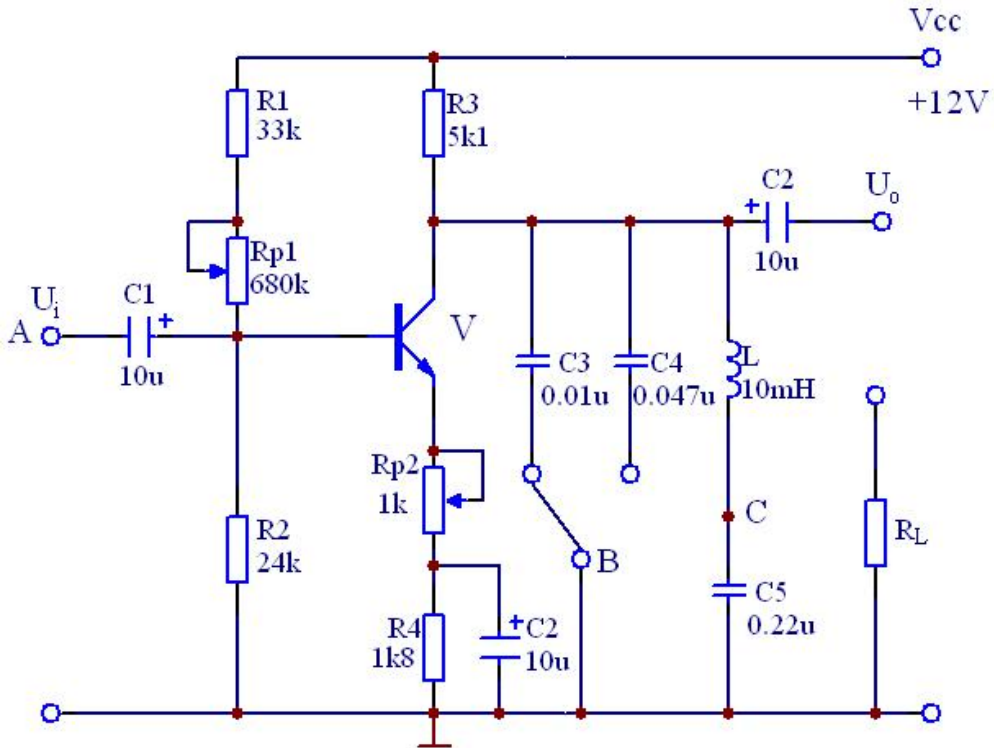


图 17 LC 三点式振荡电路

---

## 四、实验内容及步骤

### 1. 测选频放大电路的幅频特性曲线

- (1) 按图 17 接线, B 点先连接  $C_3$ , 即选择谐振电容  $C=0.01\ \mu$ 。
- (2) 调整  $R_{P2}=0$ , 再调  $R_{P1}$  使晶体管 V 的集电极电压  $U_C$  为 6V。
- (3) 用信号源输出  $f\approx 16\text{kHz}$ , 幅值 50mV 的正弦波接入  $U_i$ , 用示波器监视  $U_o$  输出波形, 调  $R_{P2}$  使失真最小输出幅度最大, 测量此时幅度, 计算  $A_u$ 。
- (4) 微调信号源频率 (幅度不变) 使  $U_o$  输出最大, 并记录此时的谐振频率  $f_0$  及输出信号幅值。
- (5) 改变信号源频率, 使  $f$  分别为  $(f_0-2)$ ,  $(f_0-1)$ ,  $(f_0-0.5)$ ,  $(f_0+0.5)$ ,  $(f_0+1)$ ,  $(f_0+2)$ , (单位: kHz), 分别测出相对应频率的输出幅度。
- (6) 将 B 点改为连接  $C_4$ , 即谐振电容  $C=0.047\ \mu$ , 用信号源输出  $f\approx 8\text{kHz}$ , 重复上述实验步骤 (3) (4) (5)。

### 2. LC 振荡电路的研究

不接入信号源, 先将 B 点先连接  $C_3$ 。

不接通 A、C 两点的情况下, 令  $R_{P2}=0$ , 调  $R_{P1}$  使三极管集电极电压  $U_C$  为 6V。

#### (1) 振荡频率

① 接通 A、C 两点, 用示波器观察  $U_o$  波形, 调  $R_{P2}$  使波形不失真, 测量此时振荡频率, 并与前面实验的选频放大器谐振频率比较。

② 将 B 点改为连接  $C_4$ , 重复上述步骤。

#### (2) 振荡幅度条件

① 在上述形成稳定振荡的基础上, 测量  $U_i$ 、 $U_o$ 、 $U_C$  (C 点输出波形), 计算  $A_u$  和 F 值, 验证  $A_u \cdot F$  是否等于 1。

② 调节  $R_{P2}$ , 加大负反馈, 观察振荡电路是否会停振。

③ 在恢复振荡的情况下, 分别接入负载电阻  $R_L$  为 20k、1k5, 观察输出波形的变化, 出现停振现象可调节  $R_{P2}$ 。

### 3. 影响输出波形的因素

(1) 在输出波形不失真的情况下, 调整  $R_{P2}$ , 即加大减小负反馈, 观察振荡波形的变化。

(2) 调  $R_{P2}$  使波形在不失真的情况下, 调  $R_{P1}$  观察振荡波形变化。

## 五、实习报告

1. 由实验内容 1 作出选频的  $|A_u| \sim f$  曲线。
2. 记录实验内容 2 的各步实验现象, 并解释原因。
3. 总结负反馈对振荡幅度和波形的影响。
4. 分析静态工作点对振荡条件和波形的影响。
5. 为减少负载的影响, 可在输出后连接射极跟随器, 试画出电路并实验效果。

## 实验十八 电流 / 电压转换电路

### 一、实验电路

在工业控制中需要将  $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$  的电流信号转换成  $\pm 10\text{V}$  的电压信号，以便送到计算机进行处理。这种转换电路以  $4\text{mA}$  为满量程的  $0\%$  对应  $-10\text{V}$ ； $12\text{mA}$  为  $50\%$  对应  $0\text{V}$ ； $20\text{mA}$  为  $100\%$  对应  $+10\text{V}$ 。

参考电路见图 18

### 二、实验仪器

数字万用表 2 块（或毫安表一块，电压表一块）

### 三、预习内容

1. 按实验箱面版图，设计一个能产生  $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$  电流的电流源（提示：利用集成稳压模块 78L05 电路单元串接适当电阻）。画出电路实际接法。
2. 分析图 18 电路的工作原理，根据实验箱面板图中元器件参数选择图中元器件参数。
3. 设计调试方法和步骤。

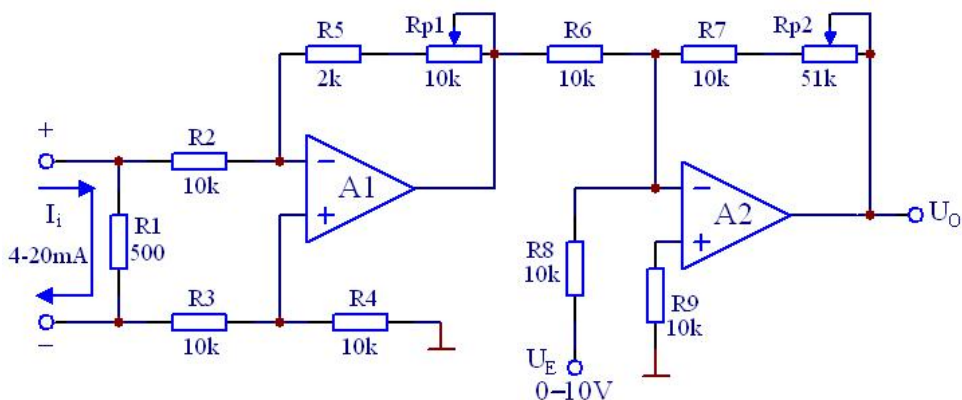


图 18

### 四、实验内容

1. 按预习内容 1 接线，并调试好毫安信号源。
2. 参照图 18，按预习 2 设计图接线，并调试。

### 五、选做与思考

1. 本实验电路可改为电压 / 电流转换电路吗？试分析并画出电路图。
2. 按本实验思路设计一个电压 / 电流转换电路，将  $\pm 10\text{V}$  电压转换成  $4\text{mA} \sim 20\text{mA}$  电流信号。

## 实验十九 电压 / 频率转换电路

### 一、实验电路

实验电路如图 19.1 所示。该图实际上就是锯齿波发生电路，只不过这里是通过改变输入电压  $U_I$  的大小来改变波形频率，从而将电压参量转换成频率参量。

### 二、实验仪器

1. 示波器
2. 数字万用表

### 三、预习内容

1. 指出图 19.1 中电容 C 的充电和放电回路。
2. 定性分析用可调电压  $U_I$  改变  $U_o$  频率的工作原理。
3. 电阻  $R_4$  和  $R_5$  的阻值如何确定？当输入电压值为 3V，要求输出信号幅值为 10V<sub>P-P</sub>，输出频率为 1000Hz，计算  $R_4$ 、 $R_5$  的值。

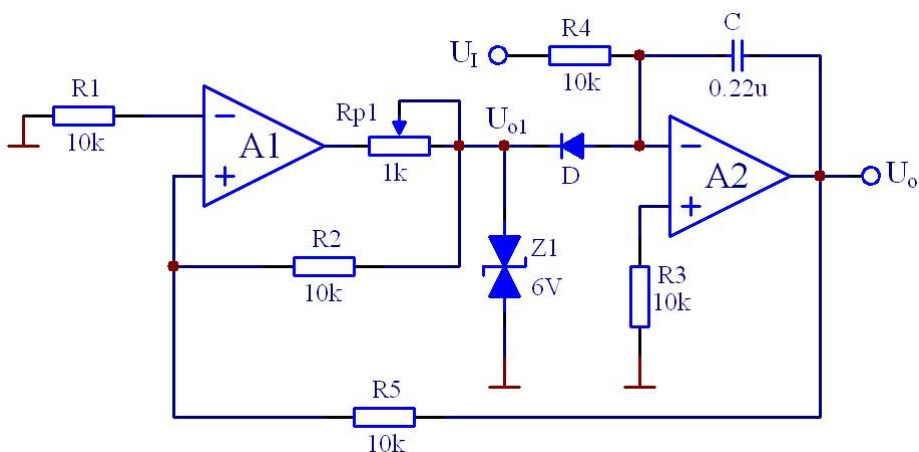


图 19.1 电压频率转换电路

### 四、实验内容

按图 19.1 接线，调节  $R_{P1}=400\Omega$ ， $U_I$  输入直流电压，用示波器监视  $U_o$  和  $U_{o1}$  波形。按表 19.1 内容，测量电压——频率转换关系。

表 19.1

$U_I$ (V)	0	1	2	3	4	5
理论 f (Hz)						
f (Hz)						

### 五、实验报告

做出频率——电压关系曲线。

## 实验二十 互补对称功率放大电路

### 一、实验电路

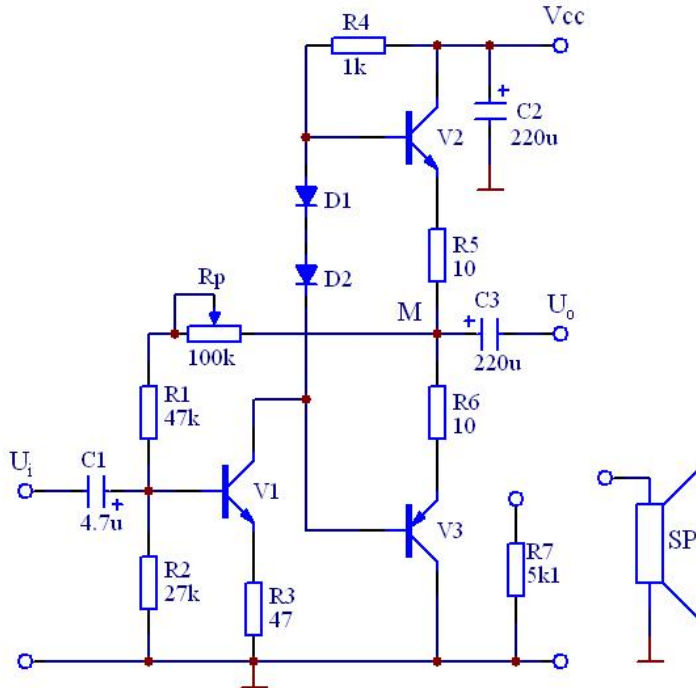


图 20.1 互补对称功率放大器

### 二、预习要求

1. 分析图 20.1 电路中各三极管工作状态及交越失真情况。
2. 电路中若不加输入信号，V2、V3 的功耗是多少。
3. 电阻 R5、R6 的作用是什么？
4. 根据实验内容自拟实验步骤及记录表格。

### 三、实验仪器及材料

1. 信号发生器
2. 示波器

### 四、实验内容

1. 输入  $V_{CC}=12V$ ，调整  $R_P$  改变直流工作点，使 M 点电压为  $0.5V_{CC}$ 。
2. 测量最大不失真输出功率与效率。
3. 改变电源电压  $V_{CC}=9V$ 、 $6V$ ，测量并比较输出功率和效率。
4. 测量放大电路在带  $5k1$ 、 $8\Omega$  负载(扬声器)时的功耗和效率。

---

## 五、实验报告

1. 分析实验结果，计算实验内容要求的参数。
2. 总结功率放大电路特点及测量方法。

## 实验二十一 波形变换电路

### 一、实验目的

1. 熟悉波形变换电路的工作原理及特性。
2. 掌握上述电路的参数选择和调试方法。

### 二、实验仪器及材料

1. 双踪示波器
2. 函数发生器
3. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 分析图 21.1 电路的工作原理，这种变换电路对工作频率要求如何？
2. 定性画出图 21.2 电路的  $U_{o1}$  和  $U_o$  的波形图。
3. 设计实验内容 3 要求的正弦波变方波电路。
4. 自拟全部实验步骤与纪录表格。

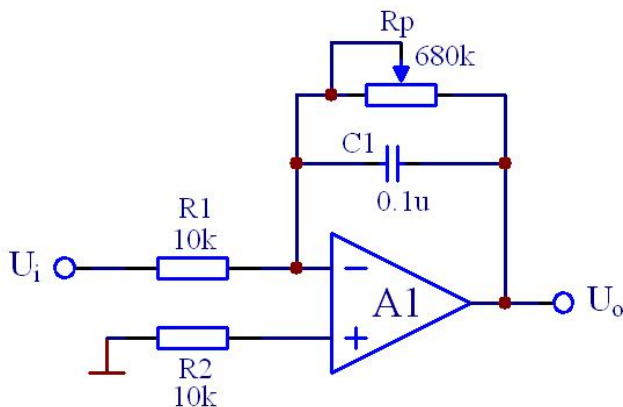


图 21.1 积分波形变换电路

### 四、实验内容

1. 方波变三角波

实验电路如图 21.1 所示， $R_p$  调到最大。

- (1) 按图接线， $U_i$  输入  $f=500\text{Hz}$ 、幅值为  $\pm 4\text{V}$  的方波信号，用示波器观察并纪录  $U_o$  的波形。
- (2) 改变方波频率，观察波形变化。如波形失真应如何调整电路参数？试在实验箱元件参数允许范围内调整，并验证分析。
- (3) 改变输入方波的幅度，观察输出三角波的变化。

## 2. 精密整流电路

实验电路如图 21.2 所示，调整  $R_p=10k$ 。

- (1) 按图接线，输入  $f=500\text{Hz}$ ，有效值为  $1\text{V}$  的正弦波信号，用示波器观察  $U_{o1}$  和  $U_o$ 。
- (2) 改变输入频率及幅值（至少三个值）观察波形  $U_{o1}$  和  $U_o$ 。
- (3) 将正弦波换成三角波，重复上述实验。
- (4) 调节  $R_p$ ，观察它对输出  $U_{o1}$  和  $U_o$  的影响。

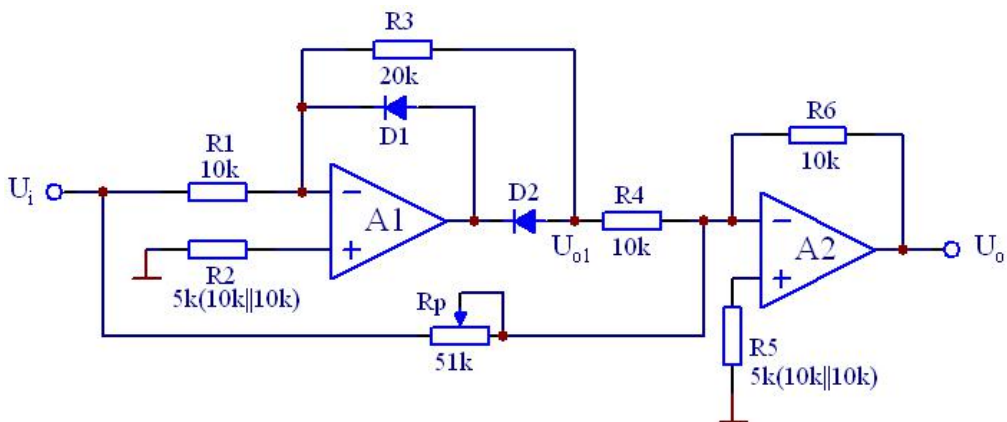


图 21.2 精密整流电路

## 3. 正弦波变方波电路(电路自行设计)

- (1) 要求方波幅值为  $\pm 6\text{V}$ ，频率与正弦波相同。
  - (2) 按设计电路接线，输入  $f=500\text{Hz}$ 、有效值为  $0.5\text{V}$  的正弦波信号，用示波器观察，并与设计要求对照。
  - (3) 改变输入信号的频率和幅值，重复上述实验。
- 注意：观察输入与输出信号相位是否一致。

## 五、实验报告

1. 整理全部预习要求的计算及实验步骤、电路图、表格等。
2. 总结波形变换电路的特点。