

《电子技术实验 1》

实验指导书

福建工程学院电子电气实验中心

电子技术教研室

2004 年 3 月

目 录

实验一	仪器使用	1
实验二	单级共射放大电路	13
实验三	多级放大器的设计	18
实验四	集成运算放大器应用	19
实验五	波形发生与变换电路设计	20
实验六	有源滤波电路的综合设计	21
实验七	心电放大器的性能分析	22
实验八	精密整流电路的设计	26
实验九	直流电源设计	27

实验一 仪器使用

一、实验目的

1. 明确函数信号发生器、直流稳压稳流电源和交流电压表的用途。
2. 明确上述仪器面板上各旋钮的作用，学会正确的使用方法。
3. 学习用示波器观察交流信号波形和测量电压、周期的方法。

二、实验仪器

- 8112C 函数信号发生器 一台
- DF1731SC2A 可调式直流稳压稳流电源 一台
- DF2170B 交流电压表 一台
- 双踪示波器 一台

三、实验内容

1. 调节 8112C 函数信号发生器输出 1KHZ、100mV 的正弦波信号，将操作方法填入下表。

各旋钮符号	意义	操作方法
MAPLITUDE POWER	电源开关与幅度调节	
FINE	信号频率细调	
MAIN / PULL TO INVERT	信号频率粗调 / 拉出倒置	
RAMP / PULSE	斜波 / 脉冲	
PULL TO VAR DC OFF SET	拉出调节直流电平	
ATT.	衰减度选择	
	方波/三角波/正弦波的选择	
FUNC. / COUNT.	函数/计数频率选择	

RANGE Hz / GATE TIME	量程 / 闸门时间选择	
OUTPUT	基本信号输出	
GATE	闸门显示	

2. 将信号发生器输出的信号接入交流电压表测量，配合调节函数信号发生器的“MAPLITUDE POWER”旋钮，使其输出为 100mV。

3. 将上述信号接入双踪示波器测量其信号电压的峰峰值和周期值，并将操作方法填入下表。

旋钮名称	意义	操作方法
FOCUS	聚焦	
INTEN	辉度	
×5 MAG	垂直灵敏度扩展控制开关	
CH1 POSITION	CH1 位移旋钮	
MODE (CH1 CH2 DUAL ADD)	显示工作方式	
MORM INV	倒相开关	
CH2 POSITION	CH2 位移旋钮	
SLOPE	触发电平极性按钮	
TRIG LEVEL	触发电平控制	
HORIZONTAL POSITION	水平位移旋钮	
×10 MAG	时基扫速扩展	
VARIABLE	扫描微调	
CAL VAR	扫描微调控制	

MODE (AUTO NORM TV-V TV-H)	触发方式选择	
TIME / DIV	时基扫速选择旋钮	
POWER	电源开关	
TRIGGER SOURCE (VERT CH1 LINE EXT)	触发源选择开关	
VOLTS / DIV VARIABLE	垂直灵敏度微调旋钮	
AC / GND / DC	输入耦合开关	
CH2 (Y)	通道 2 输入端	
CH1 (X)	通道 1 输入端	
VOLTS/DIV	垂直灵敏度选择旋钮	

四、实验总结

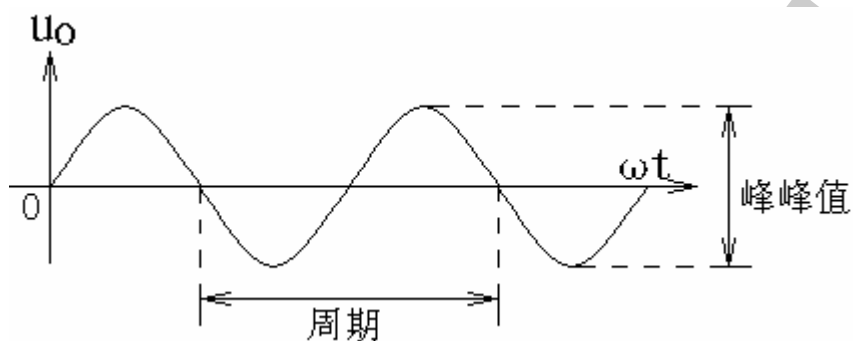
- 1、整理实验记录、分析实验结果及存在问题等。
- 2、实现下列要求，应如何调节有关旋钮。

	操 作 方 法
改变波形位置	
改变波形幅度	
改变波形个数	

五、预习要求

1. 对照附录的示意图和说明，熟悉仪器各旋钮的作用。
2. 写出下列预习思考题答案：
 - (1) 当用示波器进行定量测量时，时基扫描微调旋钮和垂直微调旋钮应处在什么位置？

(2) 某一正弦波，其峰峰值在示波器屏幕上占垂直刻度为 5 格，一个周期占水平刻度为 2 格，垂直灵敏度选择旋钮置 $0.2\text{V}/\text{div}$ 档，时基扫速选择旋钮置 $0.1\text{ms}/\text{div}$ 档，探头衰减用 $\times 1$ ，问被测信号的有效值和频率为多少？如何用器其他仪器进行验证？



附录一：8112C 函数信号发生器

1. 用途

(1) 输出基本信号为正弦波、方波、三角波、脉冲波、锯齿波。输出幅值从 5mv~20v，频率范围从 0.1HZ~2MHZ。

(2) 作为频率计数器使用，测频范围从 10HZ~50MHZ，最大允许输入为 30Vrms。

2. 面板说明

面板操作使用说明

序号	各旋钮符号	意义	操作使用
1	MAPLITUDE POWER	电源开关与幅度调节	顺时针旋转电源接通，信号幅度增大
2	FINE	信号频率细调	顺时针旋转信号频率增大
3	MAIN / PULLTO INVERT	信号频率粗调/ 拉出倒置	顺时针旋转信号频率增大，旋钮外拉输出的矩形波倒置
4	RAMP / PULSE	斜波 / 脉冲	当旋钮指向 CAL 时，斜波/脉冲为等斜率或等宽波形，逆时针旋转改变三角波斜率或矩形波占空比
5	PULL TO VAR DC OFF SET	拉出调节直流电平	旋钮拉出以 0 为中心，顺时针正电平增大，逆时针负电平增大
6	SYNC OUT	同步信号输出	向外输出 TTL 电平矩形信号 禁止作有源输入端使用，防止短路
7	COUNT VCF IN	压控电压输入	输入 0~5V 直流或斜波信号
8	COUNT IN	计数输入	输入外测频率信号，输入电压宜小于规定
9	OUTPUT	基本信号输出	输出方波三角波正弦波信号禁止作有源输入端使用避免长期负载短路

10	ATT.	衰减度选择	弹出为 0 分贝按入为-30 分贝测频输入为 20 分贝
11		方波/三角波/正弦波的选择	按入其中一个旋钮选择一个信号输出
12	FUNC. / COUNT.	函数 / 计数频率选择	按入用于外测频，弹出用于内测频
13	RANGE Hz / GATE TIME	量程 / 闸门时间选择	用作选定信号频段及测频闸门时间
14	HZ	赫	显示数字小数点前单位为 HZ
15	KHZ	千赫	显示数字小数点前单位为 KHZ
16	GATE	闸门显示	闪烁表示闸门在周期性开启
17	88888	LED 数码显示	显示内外信号频率
18	OVFL	溢出显示	外测频显示超过 999999 时指示灯亮

3. 操作使用

- (1) 在方波/三角波/正弦波/三个键中按其中一个键选择所需的信号波形。
- (2) 在 (RANGE Hz/GATE TIME) 中选定所需信号频段。
- (3) 顺时针旋转 (POWER) 旋钮，接通电源，继续旋转选择所需的信号幅度。
- (4) 调节 (MAIN/PULL TO INVERT) 旋钮，对信号频率进行粗调，再调节 (FINE) 旋钮，对信号频率微调。
- (5) 从 (OUTPUT) 中输出所需的基本信号。

附录二：DF1731SC2A 可调式直流稳压稳流电源

1. 用途

- (1) 二路电源独立使用时，可输出 0~30V 可调直流电压。
- (2) 二路电源串联使用时，输出电压为两路之和。
- (3) 固定电源输出电压为 5V，输出电流为 3A。

2. 面板说明

序号	面 板 说 明
1	主路电压表头指示输出电压值
2	主路电流表头指示输出电流值
3	从路电压表头指示输出电压值
4	从路电流表头指示输出电流值
5	从路稳压输出电压调节旋钮
6	从路稳流输出电流调节旋钮
7	电源开关、按下开启、弹起关断
8	从路稳流状态指示灯
9	从路稳压状态指示灯
10	从路直流输出电压负接线柱、接负载负端
11	机壳接地端
12	从路直流输出电压正接线柱、接负载正端
13	二路电源独立、串联、并联控制开关
14	二路电源独立、串联、并联控制开关
15	主路直流输出电压负接线柱、接负载负端
16	机壳接地端

17	主路直流输出电压正接线柱、接负载正端
18	主路稳流状态指示灯
19	主路稳压状态指示灯
20	固定 5V 直流电源输出电压负接线柱、接负载负端
21	固定 5V 直流电源输出电压正接线柱、接负载正端
22	主路稳流输出电流调节旋钮
23	主路稳压输出电压调节旋钮

3. 操作使用

(1) 二路可调电源独立使用

- ① 将二路电源独立、串联、并联控制开关（即 13 和 14）弹起。
- ② 将主路和从路稳流调节旋钮（即 6 和 22）顺时针调节到最大。
- ③ 输出电压的正接线柱接负载正端，输出电压的负接线柱接负载负端。
- ④ 打开电源开关（即 7）。
- ⑤ 调节主路和从路电压调节旋钮（即 23 和 5）使主路和从路输出所需的直流电压值。

(2) 二路可调电源串联使用

- ① 首先检查主路和从路电源的负端是否有与接地端断开，若没有断开应将其断开，不然将造成从路电源的短路。
- ② 将二路电源独立、串联、并联控制开关的（13）按下（14）弹起。
- ③ 将主路和从路稳流调节旋钮顺时针调节到最大。
- ④ 负载的正端接主路输出正接线柱、负端接从路输出的负接线柱。
- ⑤ 打开电源开关。
- ⑥ 调节主路电源电压调节旋钮（23）从路的输出电压严格跟踪主路输出电压，使输出电压值为两路之和。

附录三：DF2170B 交流压表

1. 用途

(1) 用于测量 $100\ \mu\text{V}\sim 300\text{V}$ ， $10\text{HZ}\sim 800\text{KHZ}$ 交流信号电压有效值。

(2) 采用二组相同而又独立的线路及双指针表头，可在同一表面上同时指示两个不同交流信号的有效值，可代作两个高灵敏度晶体管毫伏表使用。

2. 面板说明

序号	面 板 说 明
1	表头
2	机械零位调整（黑针）
3	机械零位调整（红针）
4	量程开关
5	通道输入
6	电源开关
7	电源指示灯

3. 操作使用

(1) 接通电源，按下电源开关预热 10 分钟后使用。

(2) 将量程开关置于适当量程，再加入测量信号，若测量电压未知，应将量程开关置最大档，然后慢慢减小量程。

(3) 若要测量高电压，输入端墨柄鳄鱼夹必须接在“地”端。

(4) 使用结束，将电源关断，并将量程置于*10V 档。

附录四：双踪示波器

示波器面板说明（以 LG 型为例）

序号	旋钮名称	意义	作用
1	FOCUS	聚焦	用于调节聚焦至扫描线最细
2	INTEN	辉度	顺时针旋转，辉度增加
3	×5 MAG	垂直灵敏度 扩展控制开关	按入，垂直扩展 5 倍
4	CH1 POSITION	CH1 位移旋钮	调节屏幕 CH1 信号垂直方向的位移
5	MODE (CH1 CH2 DUAL ADD)	显示工作方式	选择偏转系统的工作方式 CH1: 显示 CH1 通道的信号 CH2: 显示 CH2 通道的信号 DUAL: 同时显示 CH1 和 CH2 通道的信号 ADD: 显示加到 CH1 和 CH2 信号的代数和
6	MORM INV	倒相开关	按入，CH2 信号极性被倒相
7	CH2 POSITION	CH2 位移旋钮	调节屏幕 CH2 信号垂直方向的位移
8	SLOPE	触发电平 极性按钮	按入为正极性触发，弹出为负极性
9	TRIG LEVEL	触发电平控制	调节触发电平
10	HORIZONTAL POSITION	水平位移旋钮	调节水平扫描线的移动
11	×10 MAG	时基扫速扩展	按入，扫描扩展 10 倍
12	VARIABLE	扫描微调	连续微调扫描时间，顺时针旋足处于校正位置
13	CAL VAR	扫描微调控制	按入扫描微调，弹出处于校准位置

14	MODE: AUTO NORM TV-V TV-H	触发方式选择	AUTO: 在无信号输入时显示扫描线。有触发信号时, 同正常的触发扫描, 波形可稳定显示。 NORM: 有触发信号时才产生扫描。 TV-V: 观察电视信号的全场信号波形。 TV-H: 观察电视信号的行信号波形。
15	TIME / DIV	时基扫速选择旋钮	用于选择扫描时间
16	POWER	电源开关	按入打开电源
17	PROBE	示波器校正	校正方波的输出
18	TRIGGER SOURCE (VERT、 CH1、LINE、 EXT)	触发源 选择开关	VERT: 触发信号来自 CH1 或 CH2 的信号 CH1: 触发信号来自 CH1 LIEN: 触发信号来自交流电源信号 EXT: 触发信号来自外触发输入端的外触发信号
19	EXT TRIG IN	外触发 输入通道	用于外触发信号的输入
20 27	VOLTS / DIV VARIABLE	垂直灵敏度 微调旋钮	连续微调垂直幅度顺时针旋足处于校准位置
21 25	AC/GND/DC	输入耦合开关	选择被测信号至输入端的耦合方式 AC: 耦合交流分量, 隔离直流分量, 使屏幕显示的信号波形位置不受直流电平影响 GND: 输入端接地 DC: 输入信号直接加到输入端, 其中包括直流成分

22	CH2 (Y)	通道 2 输入端	被测信号从 CH2 输入
23	CH2 VOLTS / DIV	垂直灵敏度 选择旋钮	通道 2 信号垂直幅度的选择
24	CH1 (X)	通道 1 输入端	被测信号从 CH1 输入
26	CH1 VOLTS / DIV	垂直灵敏度 选择旋钮	通道 1 信号垂直幅度的选择
28	GROUND	接地端	
29	TRACE ROTATION	基线旋钮	用螺丝刀调节使扫描线和水平刻度线平行

实验二 单级共射放大电路

一. 实验目的

1. 掌握单级共射放大电路静态工作点的测量和调整方法。
2. 了解电路参数变化对静态工作点的影响及最大不失真输出电压的测量。
3. 掌握单级共射放大电路动态指标 (A_u 、 R_i 、 R_o) 的测量方法。
4. 学习通频带的测量方法。

二. 实验预习要求

1. 熟悉单级共射放大电路静态工作点的设置。
2. 根据实验电路图所示的参数, 以获得最大不失真输出电压为原则, 估算静态工作点。设 $\beta=80$, $R_{b1}=15k$, $R_{b2}=15k$
3. 估算该电路的电压放大倍数 A_u , 输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o

三. 实验原理与参考电路

1. 参考电路

参考电路如图 1 所示。该电路采用自动稳定 Q 点的分压式射极偏置电路, 其温度稳定性好, 三极管选用 I_{CE0} 很小的 3DG6, 电位器 R_{w1} , R_{w2} 用来调整 Q 点。

2. Q 点的测量

在半导体三极管放大器的图解分析中已经介绍, 为了获得最大不失真输出电压, Q 点应选在输出特性曲线中交流负载线的中点。若 Q 点选得太高, 易引起饱和失真, 而 Q 点选得太低, 又易引起截止失真。实验中, 若测得 V_{CEQ} 太小, 说明三极管已经饱和; 若测得 V_{CEQ} 太大, 则说明三极管已经截止。对于线性放大电路, 这两种工作点都是不合适的, 必须对其进行调整。

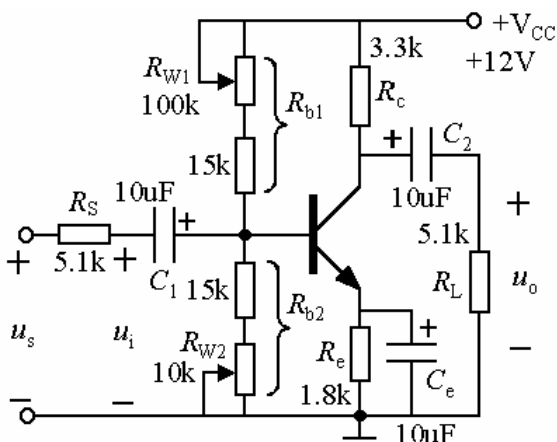


图 1 单级共射极放大电路

Q 点的位置与电路参数 V_{cc} 、 R_c 、 R_e 、 R_{b1} 、 R_{b2} 都有关。当电路确定后,

工作点的调整主要是通过调节电位器 R_{w1} , R_{w2} 来实现。 R_{w1} 调小(或 R_{w2} 调大), Q 点升高; R_{w1} 调大(或 R_{w2} 调小), Q 点降低。另外, 如果输入信号过大, 使三极管工作在非线性区, 即使工作点选在交流负载线的中点, 输出电压的波形仍可能出现双向失真。

静态工作点是指输入信号为零时的基极电流 I_{BQ} 、集电极电流 I_{CQ} 和管压降 V_{CEQ} 值。直接测量 I_{CQ} 时, 需断开集电极回路, 比较麻烦, 所以常采用测量电压的方法, 再换算成电流。

3. 电压放大倍数的测量

电压放大倍数 A_u 是指输出电压与输入电压之比。实验中, 需用示波器监视放大电路输出电压波形, 在不失真时, 用电子毫伏表测量输入电压与输出电压的有效值, 然后计算出电压放大倍数。

4. 输入电阻 R_i 的测量

输入电阻 R_i 的大小表示放大电路从信号源或前级放大电路获取电流的多少。输入电阻越大, 索取的前级电流越小, 对前级的影响越小。

输入电阻的测量原理如图 2 所示。在信号源与放大电路之间串入一个已知电阻 R , 用电子毫伏表分别测出电阻 R 两端的电压 u_{i1} 和 u_i , 则输入电阻为

$$R_i = \frac{u_i}{u_{i1}} = \frac{u_i}{(u_{i1} - u_i)/R} = \frac{u_i}{u_{i1} - u_i} R$$

电阻 R 的值不宜取得过大, 过大易引入干扰, 但也不宜太小, 太小易引起较大的测量误差。最好 R 与 R_i 的取值为同一数量级。

5. 输出电阻的测量

输出电阻 R_o 的大小表示电路带负载能力的大小。输出电阻越小, 带负载能力越强。输出电阻的测量原理如图 2 所示。用电子毫伏表分别测出放大器的开路输出电压 u_{os} 和负载电阻上的电压 u_o , 则输出电阻可通过计算求得。

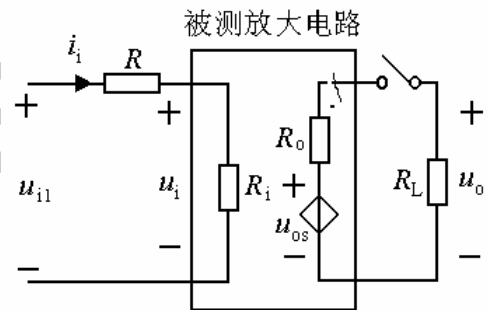


图 2 测试输入电阻和输出电阻原理图

由图 2 可知, $u_{oL} = \frac{u_o}{R_o + R_L} R_L$, 所以 $R_o = \frac{u_o - u_{oL}}{u_{oL}} R_L$ 。同样, 为了测量值尽可能精确, 最好取 R_L 与 R_o 的阻值为同一数量级。

6. 幅频特性的测量

放大器的幅频特性是指放大器的增益与输入信号频率之间的关系曲线。一般用逐点法进行测量。在保持输入信号幅值不变的情况下, 改变输入信号的频率, 逐点测量对应于不同频率时的电压增益, 用对数坐标纸画出幅频特性曲线。通常将放大倍数下降到中频区电压放大倍数的 0.707 倍时所对应的频率称为该放大电路的上、下限截止频率, 用 f_H 和 f_L 表示, 则该放大电路的通频带为 $BW=f_H-f_L \approx f_H$

四. 实验内容

1. 按图 1 在实验箱上接上+12V 电源。
2. 测试电路在线性放大状态时的静态工作点

从信号发生器输出频率为 $f=1\text{kHz}$ 的正弦电压, 接到放大电路的输入端, 将放大电路的输出电压接到双踪示波器, 逐渐加大正弦信号幅度, 调整电位器 R_{w1} , R_{w2} , 使示波器上显示的输出电压波形达到最大不失真, 然后关闭信号发生器, 使 $u_i=0$, 测试此时的静态工作点, 填入下表中。

V_E/V	I_{CQ}/mA ($\approx V_E/R_o$)	V_{CEQ}/V	V_{BE}/V

3. 测试电压放大倍数 A_u

- (1) 用交流毫伏表分别测量输入电压 u_i 和输出电压 u_o , 计算出电压放大倍数 A_u 。

- (2) 用示波器观察 u_i 和 u_o 的幅值和相位。

把 u_i 和 u_o 分别接到双踪示波器的 CH_1 和 CH_2 通道上, 在荧光屏上观察它们的幅值和相位, 并将观察到的波形关系记录在坐标纸上。

4. 输入电阻和输出电阻的测量

按图 2 连接电路。

(1) 取 $R=5.1k$ ，用电子毫伏表分别测出 u_{i1} 和 u_i ，计算输入电阻 R_i 。

(2) 取 $R_L=5.1k$ ，用电子毫伏表分别测出 R_L 开路电压 u_{o1} 和 $R_L=5.1k$ 时的输出电压 u_o ，计算输出电阻 R_o 。

5. 测量单级共射放大电路的通频带

(1) 输入信号为 $f=1kHz$ 的正弦信号， $R_L=5.1k$ 时，用示波器测出放大器的输出电压峰峰值 V_{OPP} 。

(2) 保持输入信号的幅度不变，提高输入信号的频率，随着频率的增大，输出电压幅值会减小，当其下降到输出电压峰峰值 V_{OPP} 的 0.707 倍时，信号发生器所指示的频率即为放大器的上限频率 f_H 。

(3) 同理，保持输入信号的幅度不变，降低输入信号的频率，输出电压同样会减小，当其下降到输出电压峰峰值 V_{OPP} 的 0.707 倍时，信号发生器所指示的频率即为放大器的下限频率 f_L 。

(4) 通频带为 $BW=f_H-f_L \approx f_H$

6. 了解由于静态工作点设置不当，给放大电路带来的非线性失真现象。

调节 R_{w1} (或 R_{w2})，分别使其减小或增大，观察输出波形的失真情况，分别测出静态工作点，测量方法同实验内容 2，将结果填入下表中。

工作状态	输出波形	静态工作点		
		I_{CQ}/mA	V_{CEQ}/V	V_{BE}/V

五. 实验报告要求

1. 认真记录和整理实验测试数据，按要求填入表格并画出相应的波形图。
2. 对测试结果进行理论分析，找出产生误差原因。

六. 实验仪器与元器件

函数信号发生器 1 台

双踪示波器 1 台

电子毫伏表 1 架

万用表 1 架

三极管 1 只

电阻 1.8k、3.3k、15k、5.1k 若干只

电位器 10k、100k 若干只

电容器 10Uf 若干只

实验三 多级放大器的设计

一、实验目的：

1. 掌握多级放大电路的设计方法。
2. 通过实验，熟悉电路各项技术指标与放大器的关系。
3. 进一步熟悉多级放大器的特点和功能。

二、电路性能要求：

按如下技术指标的要求设计一个两级放大电路：

1. 输入电阻不小于 $1000\text{k}\Omega$
2. 输出电阻不大于 200Ω
3. 电压放大倍数为 100 倍
4. 放大器的带宽为 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ （即 $f_L=20\text{Hz}$ ， $f_H=20\text{kHz}$ ）

三、实验内容和要求：

1. 根据设计题目要求设计电路与参数，完成预习报告。（可采用集成运算放大器进行设计，型号为 LM324）
2. 按照设计方案组装电路。
3. 按照自拟的测试方法，在已知输入信号范围内进行测试，并将测试值与理论值进行比较。
4. 写出设计总结报告。

实验四 集成运算放大器应用

一、实验目的：

1. 掌握集成运放构成运算电路的设计方法。
2. 通过实验，了解影响运算精度的因素。
3. 进一步熟悉电路的特点和功能。

二、实验题目：

1. 设计一个运算电路实现下列运算关系： $U_0=2U_{i1}+2U_{i2}-4U_{i3}$

$$U_{i1}=0.1V\sim 1V$$

$$U_{i2}=0.1V\sim 1V$$

$$U_{i3}=0.1V\sim 1V$$

2. 设计一个积分运算电路，用以将方波变换成三角波。

已知方波的幅值为 2V，周期为 1ms。

三、实验内容和要求：

1. 根据设计题目要求设计电路与参数（集成运算放大器的型号为 LM324），完成预习报告。
2. 按照设计方案连接电路。
3. 按照自拟的测试方法，在已知输入信号范围内进行测试，并将测试值与理论值进行比较。
4. 分析误差及误差产生的原因。
5. 写出设计总结报告。

实验五 波形发生与变换电路设计

一. 实验目的

1. 熟悉用集成运算放大器设计波形发生电路的方法。
2. 掌握用集成运算放大器设计波形变换电路的方法。
3. 理解集成运算放大器构成波形发生与变换电路的工作原理。
4. 掌握波形发生与变换电路的调试方法。

二. 设计要求

(一) 设计课题: 设计一个由集成运算放大器组成的波形发生与变换电路。

(二) 设计要求

1. 能产生正弦波信号、矩形波信号。
2. 信号频率为 1.5kHz 。
3. 正弦波峰-峰值为 12V, 矩形波峰-峰值为 6V。

三. 实验报告要求

1. 写出设计全过程, 画出电路原理图和确定电路参数。
2. 分析波形发生与变换电路的工作原理。
3. 拟定实验方案和步骤。
4. 记录相关数据和曲线; 作出整流传输特性曲线, 分析其线性关系如何?

四. 思考题

1. 构成正弦波振荡器的方法有哪些? 各自的优缺点?
2. 如何调节正弦波振荡器的频率?

实验六 有源滤波电路的综合设计

一、实验目的：

1. 熟悉有源滤波器的性能测试方法。
2. 用集成运放、电阻、电容设计二阶带通滤波器，通过实验测试它的幅频特性、中心频率和带宽。

二、实验题目：

1. 设计一个二阶有源低通滤波器（LPF）：要求 $f_p=50\text{Hz}$ 。
2. 设计一个二阶有源带通滤波器（BPF）：要求电路中心频率 $f_0=1000\text{Hz}$, Q 值等于 5, 带通宽度 $BW=200\text{Hz}$ 。

三、实验内容和要求：

1. 根据设计题目要求设计电路并确定各参数（集成运算放大器的型号为 LM324），完成预习报告。
2. 按照设计方案连接电路。
3. 自拟实验步骤和记录表格，测试其幅频特性、中心频率和带宽，并将测试值与理论值进行比较。
4. 分析误差及误差产生的原因。
5. 写出设计总结报告。

实验七 心电放大器的性能分析

——PSPICE 在模拟电路分析设计中的应用

心电放大器的背景知识

对于心电放大器而言，使用者为医疗单位，有较好的工作环境；心电传感器测得的心电信号幅度一般在 $50\mu\text{V}\sim 5\text{mV}$ 之间，属于微弱信号，要求放大器具有低噪声、低漂移和较高的电压放大倍数；信号的频率范围一般为 $0.05\text{Hz}\sim 200\text{Hz}$ ，频带范围不是很宽；人体是心电信号的信号源，人体电阻、检测电极与皮肤的接触电阻等为信号源内阻，其值较大，一般为几十 $\text{k}\Omega$ ，因此要求放大器必须有很高的输入阻抗；同时人体相当于一个导体，易接受空间电磁场的各种干扰信号，这些干扰信号对放大器来说相当于共模信号，因此，心电放大器应具有较高的共模抑制比。心电放大器如图 1 所示。（图中运算放大器为 LM324）

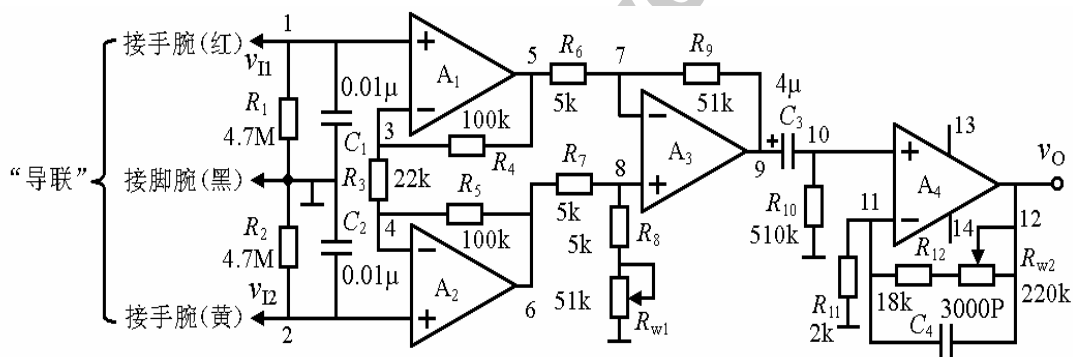


图 1 心电图信号放大器

一、实验目的

1. 了解 PSPICE 应用软件
2. 掌握 PSPICE 软件在电路分析设计中的应用
3. 熟悉心电放大器的特点和功能；进一步熟悉运算放大器的应用。

二、用 PSPICE 软件对心电放大器进行性能分析

1. 对心电放大器进行差模幅频特性分析，并记录仿真结果（幅频曲线、 f_L 、 f_H 、电路差模增益、共模增益、差模输入阻抗）；分别改变 R_{W1} 、 R_{W2} 和 C_3 、 C_4 ，对上述结果有何影响？

*2. 对心电放大器进行瞬态特性分析，在图 1 中输入 0.1mV，频率 1Hz 的正弦信号，增益调节电阻 R_{W2} 分别为最大（220 k Ω ）和 100k Ω 。

*3. 对心电放大器进行参数灵敏度分析和容差分析

上述心电放大器的幅频特性分析和瞬态特性分析是在电路元件取标称值下进行的，但是元器件的实际参数与标称值总是存在一定的误差，参数灵敏度分析及容差分析能为我们选择元器件参数精度提供依据。

（1）通过对差模增益的灵敏度分析，确定对电路差模增益影响较大的电阻。

（2）试分析电路电阻参数变化对差模增益和共模抑制比的影响。（设电阻精度等级为 1%）

三. 实验预习要求

1. 学习并了解 PSPICE5.1 软件的操作使用方法。
2. 对心电图进行理论分析和性能指标计算。
3. 编写用 PSPICE 软件对心电放大器进行性能分析的文本文件。

四. 实验报告要求

分析心电放大器性能，给出仿真结果、仿真曲线（用计算机打印）和仿真有关数据。

五. PSPICE 主要的仿真文本

1. 交流小信号分析，即幅频特性分析语句

VIN M N AC 0.1MV

其中 M N 为电路节点号，下同。

```
.AC DEC 10 0.01HZ 10KHZ
```

```
.PROBE
```

```
.END
```

2. 瞬态分析语句

```
VIN M N SIN(0 0.1MV 1)
```

```
.TRAN 10U 2
```

```
.PROBE
```

```
.END
```

3. 电路元件灵敏度分析语句

```
.OP
```

```
.SENS V(12)                   其中“12”为电路接点号
```

```
VIN M N 0.1MV
```

```
.END
```

4. 差模增益容差分析语句

```
VIN M N AC 0.1MV
```

```
.AC DEC 10 0.01HZ 10KHZ
```

```
.WCASE AC VM(12) YMAX                   其中“12”为电路接点号
```

```
.PROBE
```

.END

RX M N RMOD Y

.MODEL RMOD RES (R=1 DEV=1%)

其中 X 为电阻序号，Y 为电阻的阻值

“DEV=1%”表示电阻的容差等级，即电阻的精度等级。

实验八 精密整流电路的设计

一. 实验目的

1. 熟悉精密整流电路的工作原理。
2. 掌握精密整流电路的设计和调试方法。
3. 掌握比较器的应用。

二. 设计要求

(一) 设计课题：设计一个由集成运算放大器组成的全波精密整流电路，使 $v_O = |v_I|$ ；当 v_O 超过 2V 时，将 v_O 转换为矩形波。

(二) 设计要求

1. 确定原理电路图，计算电路中各元件参数。
2. 选择运算放大器型号和所用实验仪器。
3. 在实验箱中加入频率为 1kHz 有效值为 0.5V~3V 的正弦波信号，用示波器观察输入和输出信号。
4. 测试不同输入电压时的输出电压，并记录自制表格中。

三. 实验报告要求

1. 写出设计全过程，画出电路原理图和确定电路参数。
2. 分析全波精密整流电路的工作原理。
3. 拟定实验方案和步骤。
4. 记录相关数据和曲线；作出整流传输特性曲线，分析其线性关系如何？

四. 思考题

1. 如何构成一个输入电阻 $R_i > 1M\Omega$ 的全波精密整流电路？
2. 分析 v_O 与 v_I 线性关系之间产生误差的原因？

实验九 直流电源设计

一. 实验目的

1. 熟悉直流电源的构成及工作原理。
2. 掌握单相整流滤波电路的设计和调试方法。
3. 掌握三端稳压器原理及应用。

二. 设计要求

(一) 设计课题：设计一个将交流信号（220V，50Hz）转变为 12V 直流信号的直流电源。

(二) 设计要求

1. 设计原理电路图，计算电路中各元件参数值。
2. 测试不同电路中各个主要环节的电压，并记录自制表格中。
3. 测试不同负载电阻时和输出电压值，并记录自制表格中。

(三) 给定条件

变压器副方输出电压为 16V（交流有效值）。二极管可选型号：1N4007，1N4148。电容可选值：470uF，100 uF，47 uF，0.33 uF，0.01 uF，0.22 uF，0.022 uF。电阻可选值：4W20 Ω ，2W240 Ω ，2W120 Ω ，1/8W（1k, 2k, 5.1k, 10k, 20k, 51k, 100k, 200k, 1M 等）。

三. 实验报告要求

1. 写出设计全过程，画出电路原理图和确定电路参数。
2. 分析直流电源的工作原理。
3. 拟定实验方案和步骤。
4. 记录相关数据和曲线；