

模拟电子技术基础实验

自动化仪表专业 信息工程专业

王振红

北方工业大学
工学院基础实验中心
二〇〇〇年九月

目 录

实验教学的基本要求.....	(1)
实验规则.....	(1)
实验预习要求和实验报告要求.....	(2)
实验报告封面样式.....	(2)
第一章 基础实验	(3)
实验一 单管放大电路.....	(3)
实验二 负反馈放大器的研究.....	(4)
实验三 运算放大器线性应用的研究.....	(5)
实验四 运算放大器的非线性应用.....	(6)
实验五 文氏电桥振荡器及压控振荡器.....	(7)
实验六 集成稳压块的应用.....	(7)
第二章 综合实验	(8)
第三章 常用电子仪器使用说明	(24)
3.1 THM-1 型模拟电路实验箱	(24)
3.2 KENWOOD CS-4125 示波器	(25)
3.3 SS5702 示波器	(30)
3.4 模拟电子技术学习机.....	(31)
3.5 DA-16 晶体管毫伏表	(32)
3.6 XD1022 低频信号发生器	(32)
3.7 JWY-30B 型晶体管稳压电源	(33)

实验教学的基本要求

电子技术基础课具有很强的实践性,通过实验教学使学生掌握基本实验技能,并培养学生实验研究的能力、综合应用知识的能力和创新意识。具体要求如下:

1. 正确使用常用电子仪器,如示波器、信号发生器、数字万用表、稳压电源等。掌握基本的测试技术,如测量电压或电流的平均值、有效值、峰值,信号的周期、相位,脉冲波形参数,以及电子电路的主要技术指标。
2. 能够根据技术要求设计小系统,并独立完成组装和调试。
3. 具有一定的分析、寻找和排除电子电路中常见故障的能力。
4. 具有一定的处理实验数据和分析误差的能力。
5. 具有查阅电子器件手册的能力。
6. 能够独立写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、文理通顺的、字迹端正的实验报告。

实验规则

为了顺利完成实验任务,确保人身和设备安全,培养严谨、踏实、实事求是的科学作风和爱护国家财产的优秀品质,特制定以下实验规则。

1. 实验前必须充分预习,完成预习报告。
2. 使用仪器、设备前必须了解其性能、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,确信无误才能接通电源。初学或没有把握时应经指导教师审查同意后才能接通电源。
4. 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、排除故障并经指导教师同意才能再继续实验。如果发生事故(例如元件或设备损坏)应主动填写实验事故报告单,服从指导教师对事故的处理决定(包括经济赔偿),并自觉总结经验,吸取教训。
5. 实验过程中需要改接线时,应关断电源后才能拆、接线。
6. 实验过程中应仔细观察实验现象,认真记录实验结果(数据、波形及其现象)。所记录的实验结果必须经指导教师审阅签字后才能拆除实验线路。
7. 实验结束后,必须拉闸,并将仪器、设备、工具、导线等按规定整理好,才能离开实验室。
8. 在实验室不得做与实验无关的事。进行实验课以外的实验,须经指导教师同意。
9. 遵守课堂纪律,不乱拿其他组的仪器、设备、工具、导线等,不在仪器设备或桌子上乱写乱画。保持实验室内安静、整洁、爱护一切公物。
10. 实验后每个同学都必须按要求做一份实验报告。

实验预习要求和实验报告要求

一、实验预习要求

实验前应阅读实验指导书有关内容并作好预习报告,上实验课时应携带预习报告。预习报告包括如下内容:

1. 实验电路及其有关参数。
2. 与实验内容有关的分析和计算。
3. 实验电路的测试方法以及本次实验所用仪器的使用方法和注意事项。
4. 实验中所要填写的表格。

二、实验报告要求

实验报告应简单明了,并包括如下内容:

1. 实验原始记录:包括实验电路、实验数据、波形、故障及其解决方法。原始记录必须有指导教师签字,否则无效。
2. 实验结果分析:对原始记录进行必要的分析、整理。包括与估算结果的比较,误差原因和实验故障原因的分析等。

总结本次实验中的1~2点体会和收获。如实验中对所设计电路进行修改的原因分析、测试技巧或故障排除的方法总结、实验中所获得的经验或可引以为戒的教训等。

预习报告和实验报告一并交给指导教师批阅。

实验报告封面样式

实验名称

班 号

组 别

实验者姓名

学 号

实验日期: 年 月 日

完成实验报告日期: 年 月 日

指导教师意见:

第一章 基础实验

实验一 单管放大电路

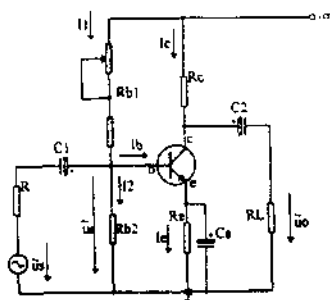
一、实验目的

1. 熟悉放大电路的基本工作原理, 掌握静态工作点 Q 、电压放大倍数 A_u 、输入电阻 r_i 、输出电阻 r_o 的测量方法。

2. 了解电路参数变化对 Q 点的影响及放大电路的频率特性。

3. 学习各种仪器的使用方法。

二、设计一个静态工作点稳定的单管放大电路



$$V_{cc} = 15V \quad I_c = 2mA \quad U_{ce} = 5V$$

1. 选取 R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_c 、 R_e 、 C_1 、 C_2 、 C_e

2. 电压放大倍数

$$\text{空载} \quad A_u = \frac{U_o}{U_i} = 100 \sim 150 \text{ 倍}$$

$$\text{有载} \quad A_u = \frac{U_o}{U_i} = 50 \sim 75 \text{ 倍}$$

三、实验内容

1. 用万用表测晶体管 β 值和 b 、 c 、 e 管脚。

2. 根据设计的电路参数接线。

3. 测静态工作点 V_{ce} 、 I_c 。

4. 测电压放大倍数 A_u 。

输入信号电压 $U_i = 20 \sim 50\text{mV}$ $f = 1\text{KHz}$ 正弦波。用示波器观察输出波形 u_o , 在不失真条件下, 测量:

$$\text{空载} \quad A_u = \frac{U_o}{U_i} \quad \text{有载} \quad A_u = \frac{U_o}{U_i}$$

5. 测量放大器的输入电阻 r_i 。

$$\text{分别测出 } U_o, U_i \text{ 值, 计算 } r_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_i - U_o}{R}} = \frac{U_i}{U_i - U_o} R$$

6. 测量放大器的输出电阻 r_o 。

分别测出不接负载电阻 R_L 时的输出电压 U_o , 和接 R_L 时的输出电压 U'_o , 计算 $r_o =$

$$\left(\frac{U_o}{U'_o} - 1\right) R_L$$

四、深入的内容

1. 信号源频率 1KHz, $U_i = 40\text{mv}$, 定性观察 R_{b1} 、 R_c 、 R_L 的变化 Q 点, A_u 和波形失真的影响, 条件分别如下:

(a) R_{b1} 变化时, $R_c = 3\text{K}$, $R_L = 3\text{K}$

(b) R_c 变化时, $R_{b1} = 20\text{K}$, $R_L = 3\text{K}$

(c) R_L 变化时, $R_{b1} = 20\text{K}$, $R_c = 3\text{K}$

2. 测量电路的幅频特性。

五、实验注意事项

1. 测量 R_{b1} 的阻值时, 应在不通电的条件下且把 R_{b1} 的两端与线路断开才能测量。

2. 测量放大器的各项动态参数时, 始终用示波器监视波形, 在输入、输出不失真的情况下, 测出的各项参数才有意义, 才正确。

3. 要注意所有的仪器与学习机共地。

4. 在测量频率特性时, 保持信号源 U_i 不变。每改变一次频率 f , 调节正弦信号幅度, 使 U_i 不变。

5. 在设计此放大器时应做到 $I_2 \gg I_b$, $V_b \gg V_{be}$ 。

6. 仪器使用方法请参照第三章常用电子仪器使用说明

六、实验报告要求

1. 实验目的。

2. 使用的仪器。

3. 实验电路的设计。

画出所设计的电路, 设计过程的参数计算。

4. 实验内容。

写出实验步骤及方法, 记录必要的数。

5. 进行数据分析, 画出相应的曲线。对实验结果进行讨论, 写出结论性的内容。

实验二 负反馈放大器的研究

一、实验目的

1. 掌握多级放大器的调试方法和主要参数的测量方法。

2. 通过实验加深理解负反馈对放大电路性能的影响。

二、实验设备

示波器、信号发生器、晶体管毫伏表、万用表、学习机。

三、实验内容

1. 设计一个两级放大电路,放大倍数几百倍。
2. 在此电路上加入负反馈,形成负反馈放大器,使放大倍数几十倍,使输入阻抗增加,输出阻抗减少。
3. 测量没有加入负反馈时,放大器的开环放大倍数,输入电阻,输出电阻。加入负反馈后,放大器的闭环放大倍数,输入电阻,输出电阻。
4. 选作内容:
测量开环放大电路的频率特性,上限截止频率,下限截止频率。测量闭环放大电路的频率特性,上限、下限截止频率。

四、实验注意事项

1. 当设计好两级放大电路后,先初调静态工作点,使Q点在设计的指标内。
2. 加入正弦信号,信号频率1KH,有效值10毫伏。用示波器观看输出,为使输出信号不失真,再次调静态工作点。当输出信号不失真时,这时静态工作点为合适的静态工作点。并记录 I_{c1} 、 U_{ce1} 、 I_{c2} 、 U_{ce2} 。
3. 在输出信号不失真的条件下测动态参数。

实验三 运算放大器线性应用的研究

一、实验目的

1. 掌握运算放大器的正确使用方法。
2. 对电压并联负反馈电路进行研究。
3. 了解反相、同相、加法和积分等运算电路。
4. 对低通滤波器进行研究。

二、实验设备

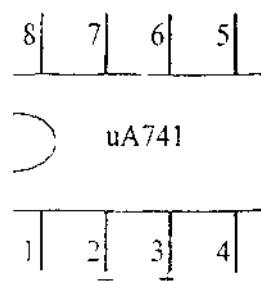
示波器、万用表、线性学习机、晶体管毫伏表、信号发生器。

三、设计和实验的内容

1. 设计一个放大倍数为10:1的电压并联负反馈放大器。测量电压放大倍数 A_{uf} , 输入电阻 R_{if} , 输出电阻 R_{of} 。
2. 设计一个11:1的同相比例放大器。测量电压放大倍数。观察并记录电压传输特性($V_o - V_i$ 关系曲线)。
3. 设计一个加法器。实现 $V_o = -10(V_{i1} + V_{i2})$
4. 设计一个积分器。
5. 设计一个低通滤波器。 $Q = 0.7$, 截止频率 $f_0 = 400\text{Hz} \pm 5\text{Hz}$, 在 $f \gg f_0$ 时衰减为 -40dB/十倍频程, 并测量幅频特性。

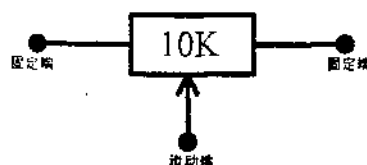
四、实验注意事项

1. 运算放大器 F007(uA741)调零方法。



- 第7管脚:接+15V
- 第4管脚:接-15V
- 第2管脚:反相输入端
- 第3管脚:同相输入端
- 第6管脚:输出端

调零电位器的接法:



调零电位器的固定端分别接(uA741)第1管脚和第5管脚,调零电位器的滑动端接(uA741)第4管脚。

运算放大器调零时,先接成一个比例放大器,输入端接地($u_i=0$),用直流电压表测输出,调节调零电位器使输出为零($u_o=0$)。调零完毕。然后做下面的实验。此时把输入接地的线去掉。

2. 做低通滤波器频率特性时,每改变频率时,要保证输入电压不变。用实验的方法找出截止频率 f_o ,测出低频放大倍数。

实验四 运算放大器的非线性应用

一、实验目的

1. 掌握运算放大器在波形的产生、整形方面的应用。
2. 掌握电压比较器、方波发生器、三角波发生器和锯齿波发生器的联接及测量方法。

二、实验设备

示波器、万用表、线性学习机

三、实验内容

1. 用集成运放 uA741 设计一个过零比较器。
2. 用集成运放 uA741 设计一个窗口比较器。
3. 用集成运放 uA741 设计一个方波发生器。
4. 用集成运放 uA741 设计一个三角波发生器,锯齿波发生器。

四、注意事项

1. 设计过零比较器时,输入端应加 10K 电阻限流。
2. 测试方法和手段自己设计。
3. 测试输入输出波形,电压传输特性。
4. 比较测试参数和设计的参数。

实验五 文氏电桥振荡器、压控振荡器及波形变换电路

一、实验目的

1. 学习用集成运算放大器电路接成文氏电桥正弦波振荡器。
2. 学习用集成运算放大器电路接成压控振荡器的方法。
3. 掌握测量波形幅度、频率的方法,并与理论值比较。

二、实验设备

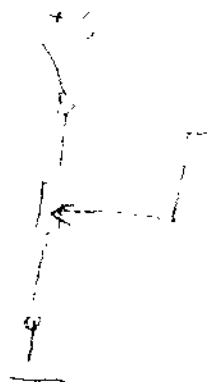
示波器、万用表、线性学习机

三、实验内容

1. 设计一个正弦波振荡器。可以改变频率。
2. 设计一个压控振荡器。改变输入电压达到改变频率的目的。
3. 设计一个精密整流电路。

四、注意事项

1. 正弦波振荡器,调节反馈电阻起振。
2. 适当调节压控振荡器的参数,改变占空比。
3. 测振荡器输出波形的幅度和频率与设计值比较。
4. 测量精密整流电路的输入电压输出电压的幅度和频率。



实验六 集成稳压块的应用

一、实验目的

1. 加深理解直流稳压电源的主要技术指标的含义。掌握其主要技术指标的测量方法。
2. 熟悉集成稳压块的基本使用方法和注意事项。

二、实验设备

示波器、万用表、稳压电路实验板、220V—24V 降压变压器、自耦调压器、可变电阻器 100Ω/2A

三、实验内容

1. 用稳压块 7815 设计一个 15V 的直流稳压电源。
2. 测量其输出电阻、稳压系数。

四、注意事项

1. 测量时注意万用表的挡和量程。测量前首先选好是电流挡,还是电压挡,量程要合适。尽可能用电压挡,用电压除以电阻的方法获得电流值。
2. 测量电阻时,不要在线路里直接测电阻,把电阻与电路断开,再测电阻。
3. 注意不要用手摸带电的部分。

第二章 综合实验

模拟电子技术综合实验是针对《模拟电子技术基础》课程要求,通过让学生独立完成一个或几个设计课题来达到对学生进行综合性训练的目的。在完成综合实验的过程中应达到如下两个要求:

1. 利用模拟电子技术基础课的基本理论知识设计实用电路,并进行组装和调试,提高综合应用的能力和实验研究的能力。

2. 进一步掌握常用电子仪器的使用方法和电子电路的测试技术。

对综合实验题学生可自由选择,但原则上所选的设计题总分数均需 ≥ 100 分。

设计题目

题一. 直流稳压电源类

采用集成三端稳压器构成直流稳压电源,具有使用方便、成本低及性能优良等许多优点,因而得到广泛应用。

1. $\pm 15\text{V}$ 直流稳压电源(60分)

(1) 要求

利用集成三端稳压器 W7800 系列, W7900 系列设计一台 $\pm 15\text{V}$ 直流稳压电源,主要技术指标如下:

- 能输出 $+15\text{V}$ 和 -15V 两路直流电压;
- 输出电流最大值 $I_{\text{max}}=100\text{mA}$;
- 输出电阻 $R_o < 0.1\Omega$;
- 输出纹波电压峰峰值 $\leq 100\text{mV}$;
- 输入为 220V , 50Hz 的交流电压,电网电压波动 $\pm 10\%$ 。

(2) 原理框图

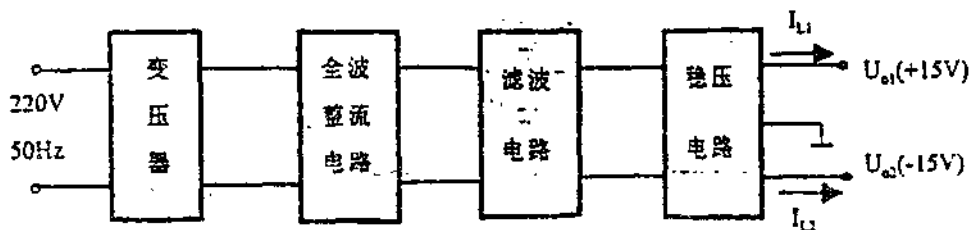


图2.1.1 $\pm 15\text{V}$ 直流稳压电源原理框图

其中变压器可采用图2.1.2所示的变压器，稳压电路可采用图2.1.3所示的三端稳压器组成的稳压电路。

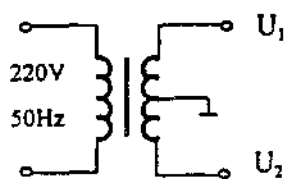


图2.1.2 变压器

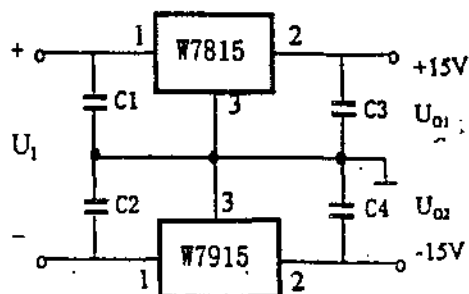


图2.1.3 三端稳压器组成的双端输出稳压电路

2. 10~15V连续可调的直流稳压电源(60分)

(1) 要求

利用三端稳压器 W117 设计并制作一台直流稳压电源。

- 输出电压在+5V至+15V范围内连续可调；
- 最大输出电流 $I_{Lmax}=200mA$ ；
- 输入电压为220V，50Hz的交流电，电网电压波动 $\pm 10\%$ ；
- 稳压系数 $S_r \leq 0.05$ 。

(2) 原理框图

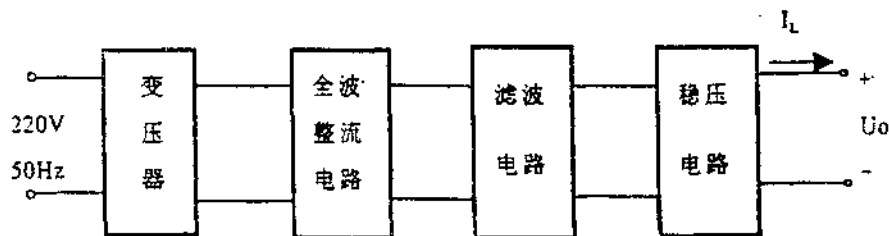


图2.1.4

其中稳压电路可采用图2.1.5所示的集成三端稳压器组成的稳压电路。

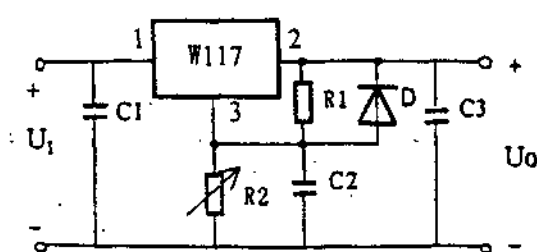


图2.1.5

题二. 报警电路

1. 温度报警器(60分)

(1) 要求

- 将被测温度($0^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$)转换成与之对应的直流电压值;
- 用发光二极管作为报警元件;
- 当温度在 10°C 至 30°C 范围内,报警器不发光,超过这个范围则报警器发光;
- 可采用铂电阻($R=100\Omega$, $I\leq 35\text{mA}$)、精密电阻及电位器组成的测量电桥作为温度传感器,如图2.1.7所示;
- 可用+15V直流稳压电源供电。

(2) 原理框图

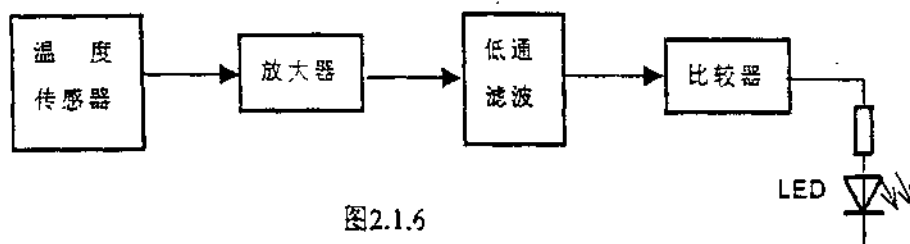


图2.1.6

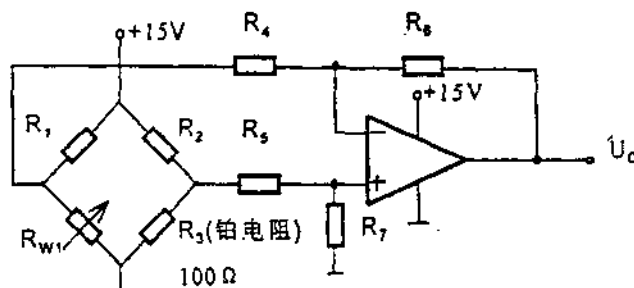


图2.1.7 测量电桥与差动放大电路

2. 救护车报警器(50分)

(1) 要求

- 产生一种方波(或三角波,或锯齿波),在周期 $T=1\text{s}$ 内其频率 f 在 $200\text{Hz}\sim 1\text{kHz}$ 之间变化,如图2.1.9中 u_2 波形所示;
- 用集成功放LM386组成功率放大电路,要求输出功率 $\geq 0.2\text{W}$;
- 用扬声器作为报警发声器件。

(2) 原理框图

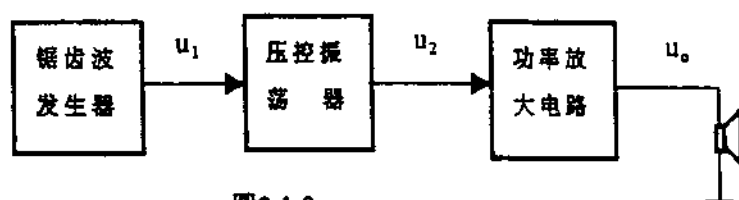


图2.1.8

(3) 波形图

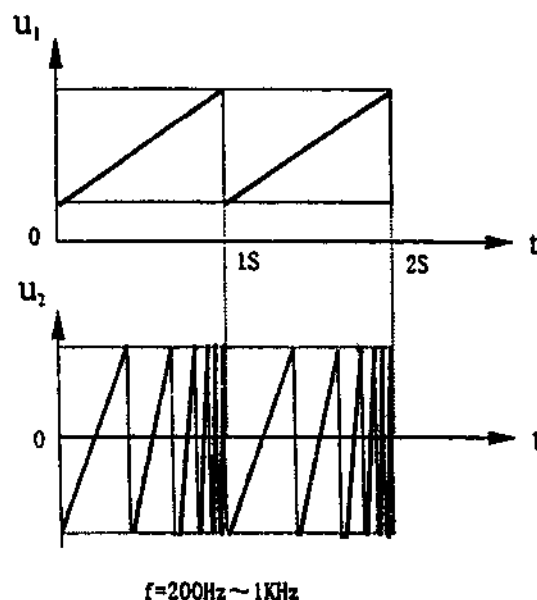


图2.1.9

3. 光电报警器(60分)

(1) 要求

- a. 用压电陶瓷蜂鸣片作为电声元件;
- b. 用槽形光电耦合器作为光源和光敏元件;
- c. 若将纸片插入槽形光电耦合器的槽内, 挡住射向光敏元件的光线, 则报警器立即发出间歇式声响, 即输出给压电陶瓷蜂鸣片的电压波形如图2.1.12中 u_3 波形所示。

(2) 框图

其中模拟“与”电路可采用图 2.1.11 所示电路。

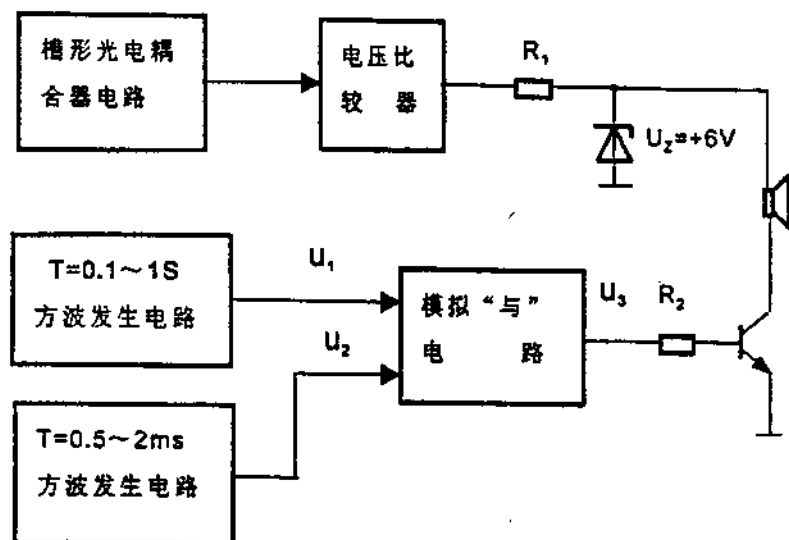


图2.1.10

(3) 波形图

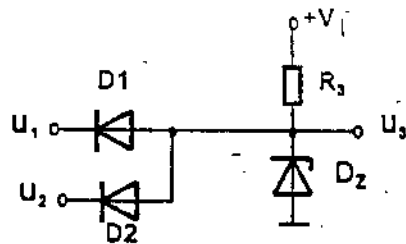


图2.1.11

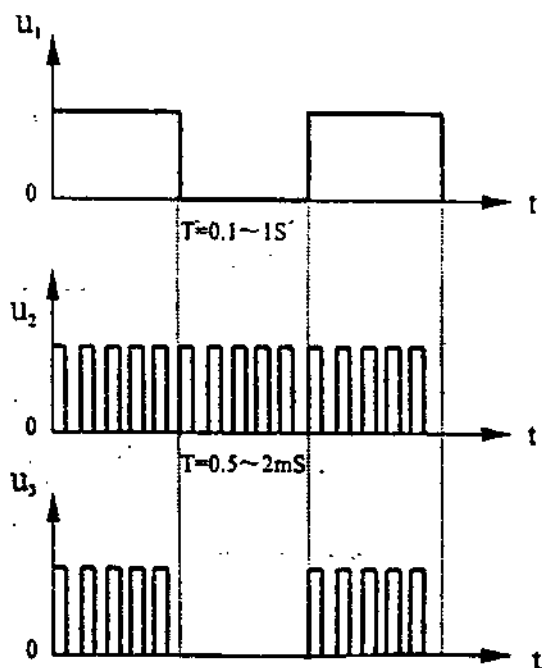


图2.1.12 间歇式方波产生示意图

题三. 音响式产品分档器(60分)

设计并制作一个音响式产品分档器，将三极管按 β 值的大小分为三档。

1. 要求
 - a. 用压电陶瓷蜂鸣片作为电声元件；
 - b. 若三极管的 $\beta < 30$ ，则蜂鸣片不发声；
 - c. 若 $30 \leq \beta \leq 60$ ，则蜂鸣片发出间歇式的“嘀—嘀”声，即驱动蜂鸣片发声的电压波形如图2.1.12中 u_3 波形所示；
 - d. 若三极管的 $\beta > 60$ ，则蜂鸣片发出连续声响，即此时驱动蜂鸣片发声的电压波形为 $T=1\text{ms}$ 的连续方波；
 - e. 要求三极管的基极电流为 $10\mu\text{A}$ ，在测试过程中手动调节即能满足测试条件。
2. 原理框图

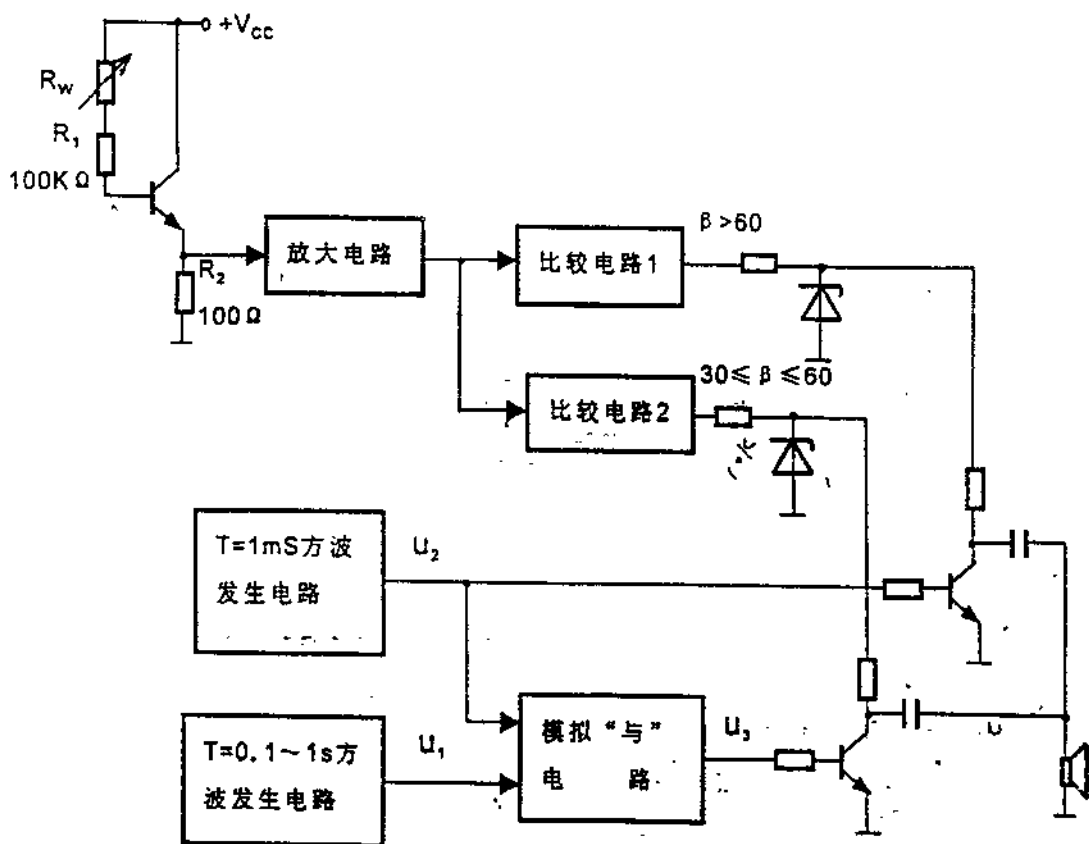


图2.1.13

其中 u_1 , u_2 , u_3 波形如图2.1.12所示

题四. 扩音机(100分)

设计一个扩音机，能对话筒信号进行不失真地放大。

1. 要求
 - a. 用扬声器作为话筒；

- b 输出功率 $P_o=5W$ ，负载阻抗 $R_L=8\Omega$
- c 音调控制要求：以1KHz处为0dB，要求在100Hz处有 $\pm 12dB$ 的调节范围；
- d 电源电压要求为+20V。

2 原理框图

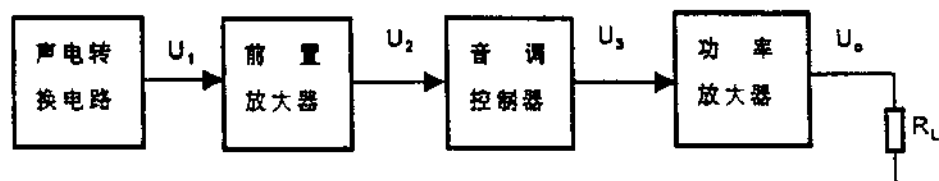


图2.1.4

a. 声电转换电路可 adopt 电桥，其输出电压为一差动信号，送给前置放大器。声电转换电路及前置放大器可参考图2.1.15。

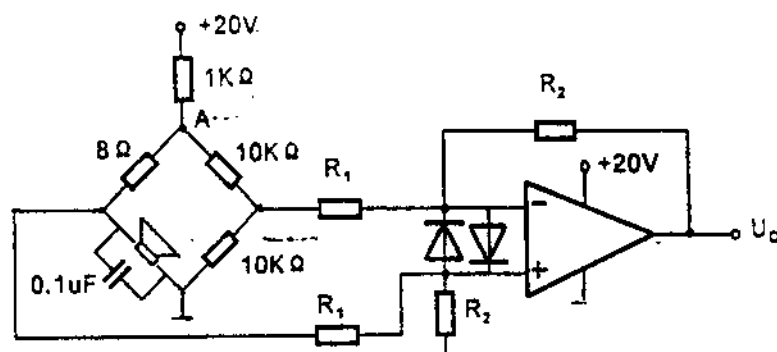


图2.1.15

电桥输出信号约为 5mV，前置放大器的放大倍数可定为 50 倍。

b. 音调控制器可采用如图2.1.16所示电路。其中 R_{w1} 用来调节低频放大倍数， R_{w2} 用来调节高频放大倍数。

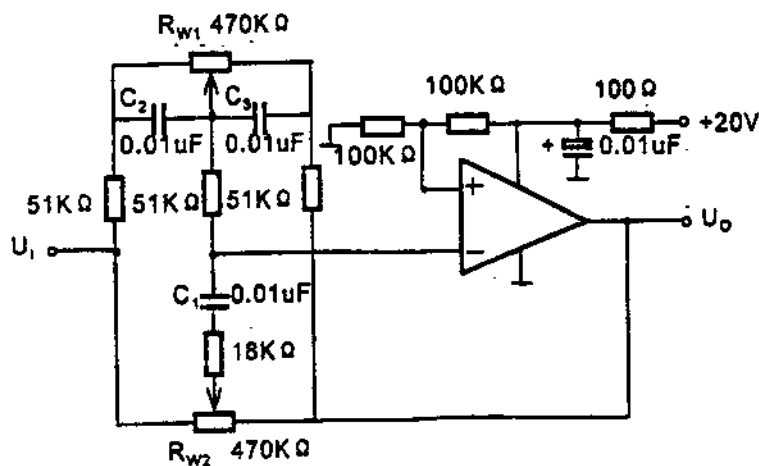


图2.1.16

c. 功率放大器采用集成功放实现, 本级电压放大倍数约为24倍。

题五. 双工对讲机(100分)

一般有线对讲机都是单工的, 用开关来进行收话和发话的转换。现要求设计制作一种双工对讲机, 实现双方通话互不影响。

1. 要求

- 用扬声器作为话筒和喇叭, 双方对讲互不影响;
- 可提供电源电压+15V和+5V, $P_o \leq 0.3W$;

2. 原理框图

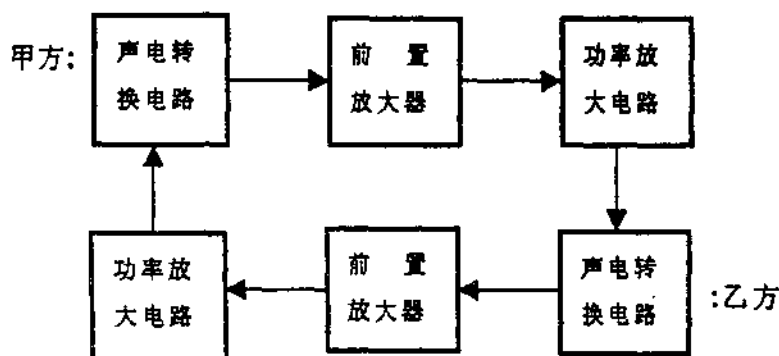


图2.1.17

声电转换电路和前置放大器可采用图 2.1.15 所示电路, 其中 $R_1=100K\Omega$, $R_2=1M\Omega$, 电源电压为+15V。

甲方前置放大器的输出电压 U_o 送给功率放大电路, 而功率放大电路的输出则送到乙方声电转换电路的 A 点以推动扬声器发声; 乙方电路反过来也一样。

题六. 集成运放简易测试仪(100分)

1. 要求

- 设计一种集成运放简易测试仪, 用于判断集成运放是否损坏;
- 被测集成运放芯片为四运放LM324;
- 设计被测集成运放所需 $\pm 15V$ 电源。

2. 方案设计

a. 设计思路

利用被测运放构成一个方波发生器, 产生周期 $T=0.5S$ 的方波信号驱动发光二极管, 若发光二极管闪烁发光则运放是好的, 否则运放被损坏;

b. 原理图