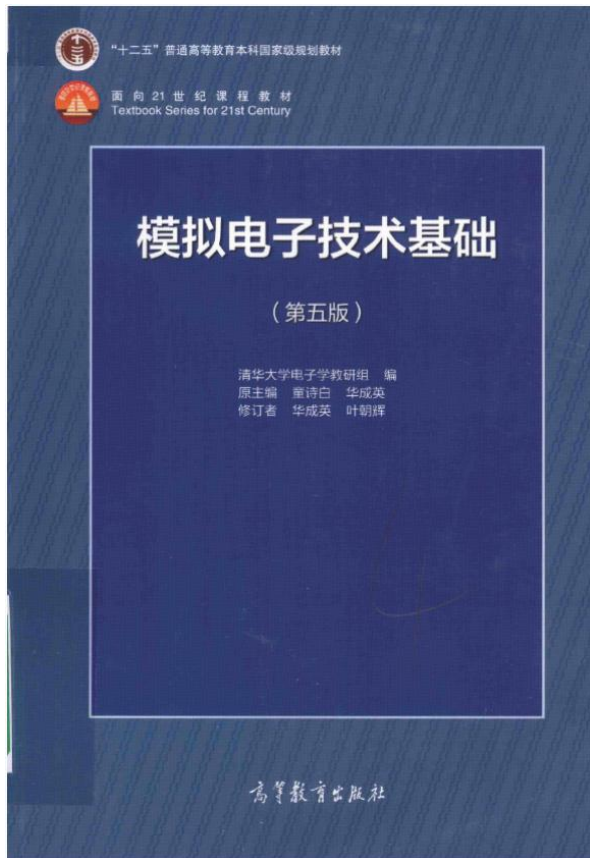


# 模拟电子技术I

演讲人：胡 瑞



## 第一章

了解：半导体的基本知识。

理解：半导体二极管、BJT 的结构和工作原理。

掌握：

- 1、半导体二极管、稳压管、BJT 的主要特点和主要参数；
- 2、半导体二极管导通区、反向截止区和反向稳压区的判断方法及其特点；
- 3、BJT 的三个工作区的判断方法及其特点。

## 第二章

了解：放大电路工作点的稳定及其典型电路，复合管的组成原则及其放大电路，派生电路

掌握：

- 1、放大电路的主要性能指标、相关基本概念与基础知识；
- 2、BJT 构成的放大电路的基本组成原则、放大的判断、基本工作原理、直流通路、交流通路、等效电路，基本分析方法，包括共射、共集、共基三种基本放大电路的组成、工作原理、静态和动态分析估算、各自主要特点，动态分析估算包括电压放大倍数、输入输出阻抗、非线性失真的判断及克服措施；
- 3、放大电路工作点的稳定及其典型电路；
- 4、BJT 主要异同。

## 第三章

掌握：

- 1、集成运算放大器的基本组成、各部分主要功能及电路形式，相关的基本概念与基础知识；
- 2、多级放大电路的耦合方式（重点是阻容耦合、直接耦合）及其特点，两级以内放大电路的 Q 点、电压放大倍数、输入阻抗、输出阻抗的分析估算、失真定性判断；
- 3、共模信号、差模信号、共模输入电压、差模输入电压、共模放大倍数、差模放大倍数、共模抑制比等基本概念，差分放大电路的四种组态的组成、工作原理、Q 点与动态参数的分析估算、特点，包括动态参数的分析估算共模放大倍数、差模放大倍数、差模输入阻抗、差模输出阻抗、共模抑制比；
- 4、输出级电路的组成、工作原理及主要特点，交越失真的判断及其克服方法；
- 5、恒流源电路的构成及其识别、参考电流的估算。

## 第四章

—

## 第五章

了解：深度负反馈条件下理想情况下的输入电阻、输出电阻；自激振荡概念、产生原因、条件。

掌握：反馈的概念、反馈类型（重点是集成电路中有无引入反馈、正反馈和负反馈、直流反馈和交流反馈、交流负反馈的四种组态）的判断方法、深度负反馈条件下反馈系数、闭环放大倍数的估算方法、放大电路中引入负反馈对放大电路性能是如何影响的、如何根据需要在电路中引入合适的反馈。

## 第六章

了解：乘法、除法等运算电路。

掌握：掌握基本比例、加减、积分运算电路的结构、工作原理、运算关系和特点。利用“虚短”和“虚断”的概念分析各种运算电路输出电压和输入电压运算关系的方法，能根据需要选择/设计合适的运算电路。

## 第七章

了解：正弦波振荡的条件、正弦波振荡电路的组成及电路产生正弦波振荡可能性的判断方法；单限、滞回、窗口比较器用途，电压比较器电压传输特性的分析方法。

掌握：RC 桥式正弦波振荡电路的电路结构、工作原理、振荡频率、起振和平衡条件，单限、滞回、窗口比较器的各自特点，利用三要素法分析单限比较器的方法；能利用集成运放设计满足要求的放大电路。

## 第八章

了解：功率放大电路的组成原则，各种功放的电路特点和优缺点，功率放大电路的应用。

掌握：功率放大电路的主要性能指标，包括最大输出功率、效率、晶体管的三个极限参数，OCL 电路和 OTL 电路的异同、工作原理、输出功率和效率的估算及晶体管的选择。

## 第九章

了解：单相桥式整流电路的分析和估算，电容滤波电路的分析和估算，稳压管稳压电路的分析和限流电阻的估算，串联型稳压电路的原理。

掌握：直流稳压电源的组成及各部分的作用，单相桥式整流电路的分析和输出平均电压与平均电流的估算，电容滤波电路的分析和输出平均电压与平均电流的估算，串联型线性稳压电路的基本原理。

2024年考试范围：  
结合考试范围针对性学习

考试侧重点：

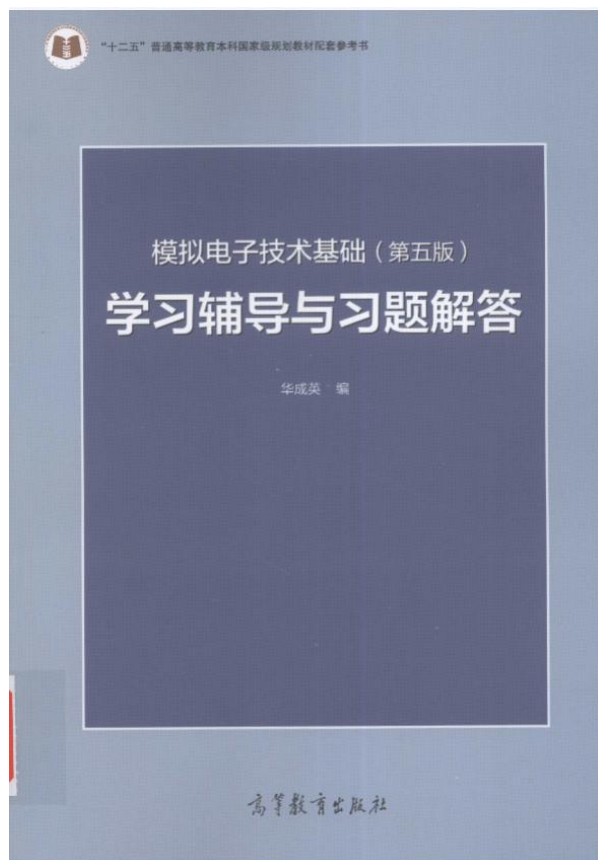
1. 书上的**基本知识点**（填空、选择）
2. 画**电路图**和电压变化曲线（最后一题）
3. 大题基本**书上原题**（第三章自测三，几年都出现了，大题原题）





## 电子和集成电路考研 LVS

葱哥(微)电子考研团队，辅导专业课六年，辅导班总人数超过3000人，有关相关专业考研/秋招等问题，欢迎私信留言...



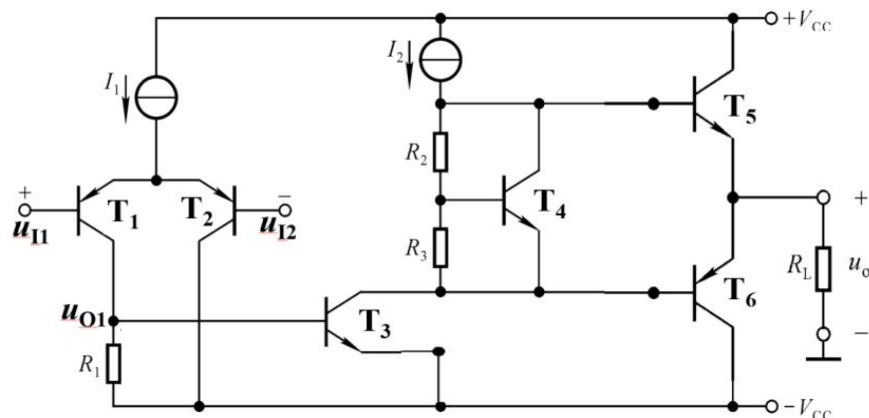
### 作业：

1. 留意一下每个班的作业
2. 做作业前可以先看一下B站的讲解
3. 《学习指导》辅助（存在些许答案错误）

# 小测

## 24期末考了11作为大题的小问

### 第一次小测 + 答案



电路分为 1 级。各级之间是 2 耦合，该耦合方式的优点为 3。第1级是 4 电路，该级电路的输入电阻  $R_{id} =$  5，该级电路的输出电阻  $R_o =$  6， $u_{id} =$  7， $u_{ic} =$  8， $I_{E1} =$  9， $I_{E2} =$  10， $u_{o1}$  包括 11， $I_1$  的作用是 12。最后1级是 13 电路，组态为 14，该组态的特点为 15，放大电路输入电阻最大的组态为 16， $R_2$ 、 $R_3$ 、 $T_4$  构成 17 电路，作用为 18， $u_{omax} =$  19。起主要放大作用的BJT是 20，组态为 21，该级电路的输入电阻 = 22，该级电路的输出电阻 = 23，该级电路主要考虑的失真包括 24。 $T_1$  至  $T_6$  属于PNP管的有 25，发射区多子为 26，发射结的导通电压约为 27，处在放大状态时  $U_E$  28  $U_B$ 。 $T_1$  至  $T_6$  属于NPN管的有 29，发射区多子为 30，发射结的导通电压约为 31，处在放大状态时  $U_E$  32  $U_B$ ，发射结温度上升时，输入特性曲线 33 移。 $I_2$  的作用是 34。

- 1、3
- 2、直接
- 3、低频特性好，易于集成

- 4、双端输入单端输出的差分放大
- 5、 $2r_{be1}$  (无脚标1也可以)
- 6、 $R_1$

- 7、 $u_{i1} - u_{i2}$
- 8、 $(u_{i1} + u_{i2}) / 2$
- 9、 $I_1 / 2$
- 10、 $I_1 / 2$
- 11、差模输出、直流输出
- 12、直流偏置、稳定静态工作点、提高共模抑制比、抑制温漂

- 13、含  $U_{BE}$  倍增电极的互补输出级 (可以是消除交越失真的互补输出级)
- 14、共集
- 15、输入电阻大、输出电阻小、电压跟随、能放大电流、能放大功率
- 16、共集
- 17、 $U_{BE}$  倍增电极
- 18、消除交越失真
- 19、 $V_{CC} - U_{ces5}$  (无脚标5也可以)

- 20、 $T_3$
- 21、共射
- 22、 $r_{be3}$  (无脚标3也可以)
- 23、 $\infty$

- 24、饱和失真、截止失真
- 25、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_6$
- 26、空穴
- 27、硅-0.7 V 或锗-0.2 V
- 28、>
- 29、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$
- 30、自由电子
- 31、硅 0.7 V 或锗 0.2 V
- 32、<
- 33、左
- 34、 $T_3$  的有源负载提高电压放大倍数、输出级的直流偏置稳定静态工作点 (也可以说抑制温漂)

## 小测风格:

### 1. 多填空

2. 考的知识点很广，很基础，非常需要仔细吃书

3. 一些填空的答案说法需要背一下，比如3、12、15、34，这几个题教材上看一下相关的点总结一下，也可以多看下学习指导中的例题，里面有整理，但是最好再自己总结整理一个。

几级电路、耦合方式及优缺点、输入输出电阻、交流/直流电压、电路判断及特点、各元件的作用、失真分析、多子少子、导通电压、温度影响



表 2.1.2 晶体管基本放大电路的比较

| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
|--------|---|---|---|
| 原理电路   |   |   |   |
| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
| Q 点    | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$ | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$ $I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_e$ | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{(1 + \beta) R_e}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c + U_{BEQ}$ |
| 电压放大倍数 | $-\frac{\beta R_c}{R_b + r_{be}}$   | $\frac{(1 + \beta) R_e}{R_b + r_{be} + (1 + \beta) R_e}$  | $\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta) R_e}$  |
| 电流放大倍数 | $\beta$   | $1 + \beta$   | $\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \approx 1$  |
| 输入电阻   | $R_b + r_{be}$  | $R_b + r_{be} + (1 + \beta) R_e$  | $R_e + \frac{r_{be}}{1 + \beta}$  |
| 输出电阻   | $R_c$   | $R_e // \frac{r_{be} + R_b}{1 + \beta}$   | $R_c$   |
| 频带     | 窄   | 中   | 宽   |
| 用途     | 一般放大  | 输入级、输出级   | 宽频带放大器  |

基本放大电路：  
全是考点

判断基本电路

Q点计算

电压放大倍数、电流放大倍数、  
输入电阻、输出电阻都会考计算

频带也会考填选  
用途需要背，小测期末都会考

表 2.1.3 阻容耦合晶体管基本放大电路的比较

| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
|--------|---|---|---|
| 原理电路   |   |   |   |
| Q 点    | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$ | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$ $I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_e$ | $I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1 + \beta}$ $U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e)$ |
| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
| 交流等效电路 |   |   |   |
| 电压放大倍数 | $-\frac{\beta (R_c // R_L)}{r_{be}}$  | $\frac{\beta (R_e // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta) (R_e // R_L)}$  | $\frac{\beta (R_c // R_L)}{r_{be}}$   |
| 输入电阻   | $R_b // r_{be} \approx r_{be}$  | $R_b // [r_{be} + (1 + \beta) (R_e // R_L)]$  | $R_e // \frac{r_{be}}{1 + \beta}$   |
| 输出电阻   | $R_c$   | $R_e // \frac{r_{be} + R_b // R_s}{1 + \beta}$  | $R_c$   |

会画，会算

Q点计算

电路判断

交流等效电路区别于交流通路，各自是**怎么画的**

电压放大倍数、输入电阻、输出电阻要会算

输入\输出电阻**谁大谁小**  
放大倍数**谁大谁小**

表 3.1.2 差分放大电路四种接法的比较

| 接法        | 双端输入双端输出  | 双端输入单端输出  | 单端输入双端输出  | 单端输入单端输出  |
|-----------|---|---|---|---|
| 电路        |   |   |   |   |
| Q 点       | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c + U_{BEQ}$ | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ1} = V'_{CC} - I_{CQ}R'_L + U_{BEQ}$ $V'_{CC} = \frac{R_L V_{CC}}{R_c + R_L}$ $R'_L = R_c // R_L$ | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c + U_{BEQ}$ | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ1} = V'_{CC} - I_{CQ}R'_L + U_{BEQ}$ $V'_{CC} = \frac{R_L V_{CC}}{R_c + R_L}$ $R'_L = R_c // R_L$ |
| $u_{id}$  | $u_i$   | $u_i$   | $u_i$   | $u_i$   |
| $u_{ic}$  | 0   | 0   | $u_i/2$   | $u_i/2$   |
| $R_i$     | $2(R_b + r_{be})$   | $2(R_b + r_{be})$   | $2(R_b + r_{be})$   | $2(R_b + r_{be})$   |
| $R_o$     | $2R_c$  | $R_c$   | $2R_c$  | $R_c$   |
| $A_c$     | 0   | $\frac{\beta(R_c // R_L)}{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}$  | 0   | $\frac{\beta(R_c // R_L)}{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}$  |
| $K_{CMR}$ | $\infty$  | $\frac{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}{2(R_b + r_{be})}$  | $\infty$  | $\frac{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}{2(R_b + r_{be})}$  |

差分放大电路的Q点怎么算的？

单端双端怎么判断的？

图怎么画的，怎么接线的，怎么算的？

基本整个表都要会推

哪些有2倍关系

放大倍数哪些是0，哪些需要算

哪些是无穷，哪些需要算



## 小测

如图所示电路中, 已知  $|U_{BE}| = 0.7V$ ,  $R_b = 2.5k\Omega$ ,  $r_{be} = 200\Omega$ , 所有晶体管电流放大倍数均为  $\beta = 100$ , 问 (要求过程清楚, 符号正确使用):

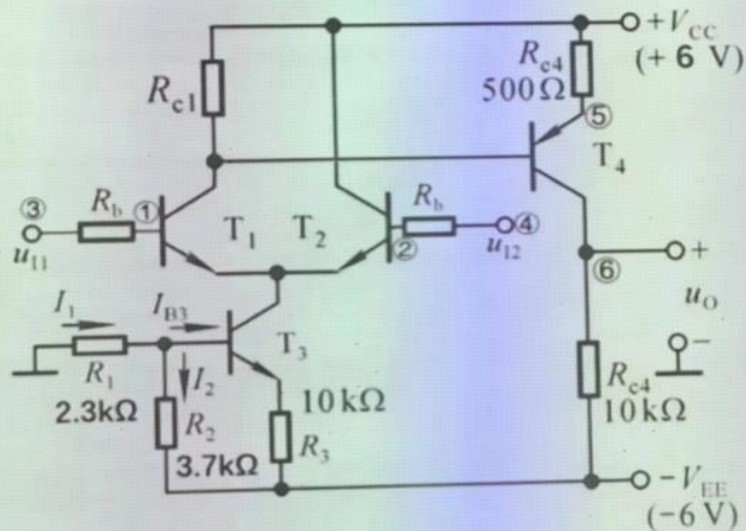
1、该放大电路由几级放大电路以什么耦合方式连接而成? 各级放大电路的工作组态及其主要作用?

2、 $T_3$  及其外围电路作用?

3、当  $u_{i1} = u_{i2} = 0V$  时, 若  $u_o < 0V$ , 如何调节  $R_{c1}$  使  $u_o = 0V$ , 试估算此时电路的  $I_{CQ1} = ?$   $I_{CQ2} = ?$   $I_{CQ4} = ?$   $U_{CQ1} = ?$   $U_{CQ2} = ?$   $U_{EQ1} = ?$   $U_{EQ2} = ?$   $R_{c1} = ?$

4、试分别写出  $A_{uc} = ?$   $A_{ud} = ?$   $K_{CMR} = ?$   $R_i = ?$   $R_o = ?$  (可以是表达式)

5、若  $u_{i1} = 2mV$ ,  $u_{i2} = 8mV$ , 问  $u_{ic} = ?$   $u_{id} = ?$   $u_o = ?$



经典大题的形式:

1. 几级电路, 各级组态和**作用** (这个作用需要整理一下, 看学习指导)

2. xx电路是什么, 有什么**作用**

3. 调节电路 (一般就一个小问)

4. 电路Q点计算 (必考)

5. 差分放大电路的放大倍数特点 (之前PPT有)

6. 输出电压 (**差模输出** + **直流输出**)



## 第一章

了解：半导体的基本知识。

理解：半导体二极管、BJT 的结构和工作原理。

掌握：

- 1、半导体二极管、稳压管、BJT 的主要特点和主要参数；
- 2、半导体二极管导通区、反向截止区和反向稳压区的判断方法及其特点；
- 3、BJT 的三个工作区的判断方法及其特点。 p31 例1.3.1

两种载流子：自由电子、空穴。N型半导体、P型半导体，多子、少子 p9-10（期末考了选择）

温度升高，半导体少子相对浓度增加

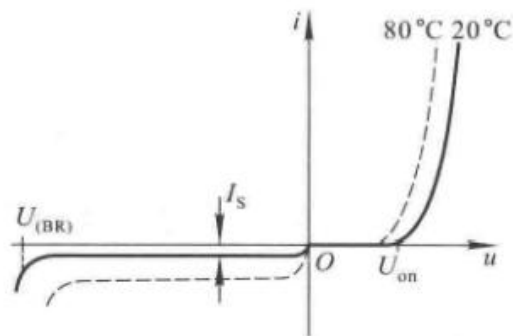


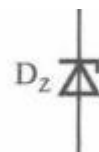
图 1.2.3 二极管的伏安特性

### 二、温度对二极管伏安特性的影响

在环境温度升高时，二极管的正向特性曲线将左移，反向特性曲线将下移（如图 1.2.3 虚线

稳压管工作：反向击穿区（期末考了选择）

稳压管正向导通：稳压or不稳压（不稳压）



晶体管工作在放大状态的外部条件：发射结正向偏置，集电结反向偏置

输入特性曲线，输出特性曲线 p27-28

3. 极间反向电流

$I_{CBO}$  是发射极开路时集电结的反向饱和电流。 $I_{CEO}$  是基极开路时，集电极与发射极间的穿透电流， $I_{CEO} = (1 + \bar{\beta}) I_{CBO}$ 。同一型号的管子反向电流愈小，性能愈稳定。

选用管子时， $I_{CBO}$  与  $I_{CEO}$  应尽量小。硅管比锗管的极间反向电流小 2 ~ 3 个数量级，因此温度稳定性也比锗管好。

记一下，极间反向电流小，温度稳定性高 p30-31 温度对输入输出特性的影响

表 1.2.1 晶体管三个工作区域的极间电压

| 管子类型   | 截止区               | 放大区   | 饱和区   |
|--------|-------------------|---|---|
| NPN 型管 | $u_{BE} < U_{on}$ | $u_{BE} > U_{on}$ 且 $u_{CE} \geq u_{BE}$                              | $u_{BE} > U_{on}$ 且 $u_{CE} < u_{BE}$                           |
| PNP 型管 | $u_{BE} > U_{on}$ | $u_{BE} < U_{on}$ 且 $u_{CE} \leq u_{BE}$<br>(即 $u_C \geq u_B > u_E$ ) | $u_{BE} < U_{on}$ 且 $u_{CE} > u_{BE}$<br>(即 $u_C < u_B < u_E$ ) |

p31 例1.3.1



记一下, 极间反向电流小, 温度稳定性高 p30-31 温度对输入输出特性的影响

## 二、温度对输入特性的影响

与二极管伏安特性相类似, 当温度升高时, 正向特性将左移, 如图 1.3.8 所示, 反之将右移。 $|u_{BE}|$  具有负温度系数, 当温度变化  $1^{\circ}\text{C}$  时, 若  $i_B$  不变, 则  $|u_{BE}|$  大约变化  $2 \sim 2.5 \text{ mV}$ , 即温度每升高  $1^{\circ}\text{C}$ , 大约下降  $2 \sim 2.5 \text{ mV}$ 。换言之, 若  $u_{BE}$  不变, 则当温度升高时  $i_B$  将增大, 反之  $i_B$  减小。

## 三、温度对输出特性的影响

图 1.3.9 所示为某晶体管在温度变化时输出特性变化的示意图, 实线所示为  $20^{\circ}\text{C}$  时的特性曲线, 虚线所示为  $60^{\circ}\text{C}$  时的特性曲线, 且  $I_{B1}$ 、 $I_{B2}$ 、 $I_{B3}$  分别等于  $I'_{B1}$ 、 $I'_{B2}$ 、 $I'_{B3}$ 。当温度从  $20^{\circ}\text{C}$  升高至  $60^{\circ}\text{C}$  时, 不但集电极电流增大, 且其变化量  $\Delta i'_C > \Delta i_C$ , 说明温度升高时  $\beta$  增大。

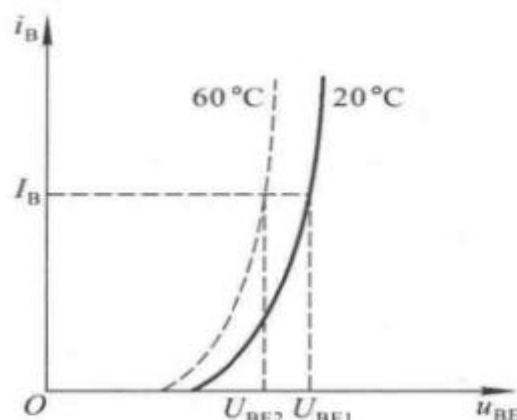


图 1.3.8 温度对晶体管输入特性的影响

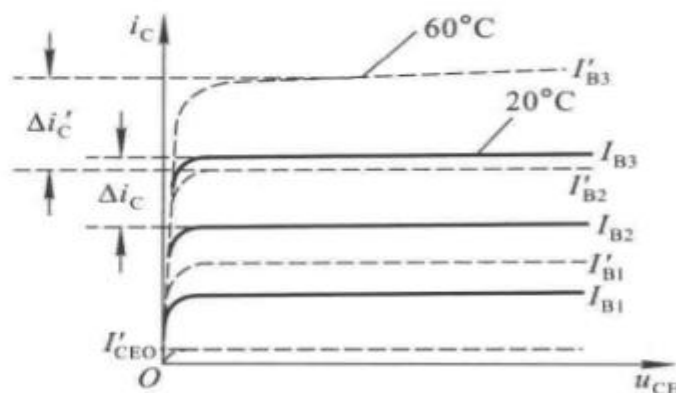


图 1.3.9 温度对晶体管输出特性的影响

可见, 温度升高时, 由于  $I_{CEO}$ 、 $\beta$  增大, 且输入特性左移, 所以导致集电极电流增大。

【例 1.3.7】 测得放大电路中三只晶体管三个电极的直流电位如图 1.3.8 所示。试分别判断它们管型、管脚和所用材料(即是硅管还是锗管)。

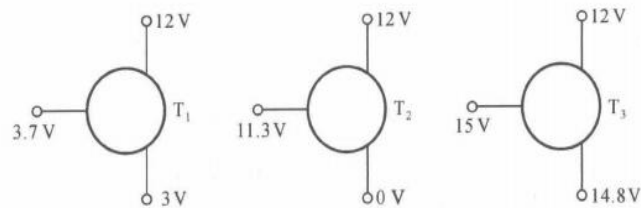


图 1.3.8 例 1.3.7 图

提示:本题考查是否掌握通过实验的方法判断管型和管脚的方法。  
根据晶体管的放大原理,NPN 型管和 PNP 型管工作在放大状态时两个 PN 结的电压如图 1.3.9 所示。根据表 1.2.1 可知,对于小功率晶体管,可以认为,在集电结零偏压时工作在临界放大状态。因此,在放大区,NPN 型和 PNP 型晶体管三个极的电位关系分别为

$$U_C \geq U_B > U_E \quad (1.3.1)$$

$$U_C \leq U_B < U_E \quad (1.3.2)$$

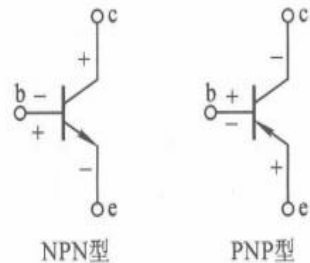


图 1.3.9 晶体管工作在放大区时的结电压

如果某极的电位明显高于或明显低于另外两个极的电位,则该极为集电极,居中者为基极,另一极为发射极;集电极电位最高,说明为 NPN 型管,最低则为 PNP 型管。硅材料管导通时的  $|U_{BE}|$  约为 0.5~0.8 V,锗材料管导通时的  $|U_{BE}|$  约为 0.1~0.3 V,据此可知管子所用材料。

解:根据图 1.3.9 和式(1.3.1)、(1.3.2),因为  $T_1$  和  $T_2$  管均有两个极的电位相差 0.7 V,故均为硅管。而由于  $T_1$  管的另一极电位最高,为集电极,故为 NPN 型管,且电位最低的为发射极; $T_2$  管的另一极电位最低,为集电极,故为 PNP 型管,且电位最高的为发射极。 $T_3$  管有两个极的电位相差 0.2 V,故为锗管;电位最低的为集电极,电位最高的为发射极,是 PNP 型管。若晶体管三个极分别为上、中、下管脚,则答案如表 1.3.1 所示。

表 1.3.1 例 1.3.7 答案

| 管号    | 上 | 中 | 下 | 管型  | 材料 |
|-------|---|---|---|-----|----|
| $T_1$ | c | b | e | NPN | Si |
| $T_2$ | e | b | c | PNP | Si |
| $T_3$ | c | e | b | PNP | Ge |



## C1 作业

(不交) 自测题, 习题4, 6

(要交) 习题: 1 【 (1) - (3) 】

2、3、5, 7-12

(3) 工作在放大区的某晶体管, 如果当  $I_B$  从  $12\ \mu\text{A}$  增大到  $22\ \mu\text{A}$  时,  $I_C$  从  $1\ \text{mA}$  变为  $2\ \text{mA}$ , 那么它的  $\beta$  约为\_\_\_\_\_。

A. 83

B. 91

C. 100

## 第二章

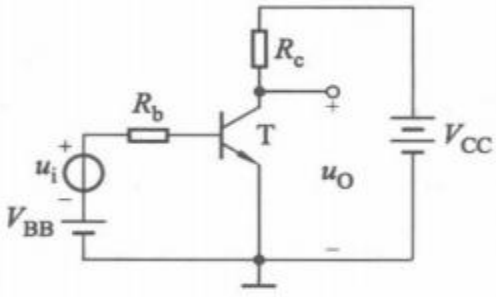
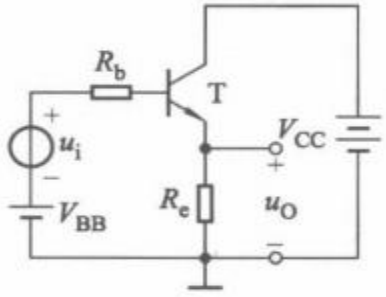
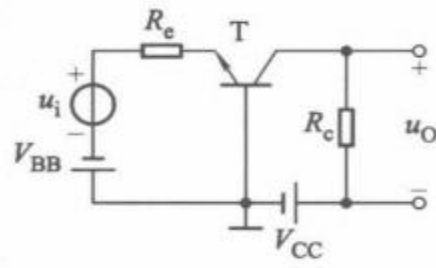
**了解：**放大电路工作点的稳定及其典型电路，复合管的组成原则及其放大电路，派生电路

**掌握：**

- 1、放大电路的主要性能指标、相关基本概念与基础知识；
- 2、BJT 构成的放大电路的基本组成原则、放大的判断、基本工作原理、直流通路、交流通路、等效电路，基本分析方法，包括共射、共集、共基三种基本放大电路的组成、工作原理、静态和动态分析估算、各自主要特点，动态分析估算包括电压放大倍数、输入输出阻抗、非线性失真的判断及克服措施；
- 3、放大电路工作点的稳定及其典型电路；
- 4、BJT 主要异同。



表 2.1.2 晶体管基本放大电路的比较

| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
|--------|---|---|---|
| 原理电路   |                |                                       |                                    |
| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
| Q 点    | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$ | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$ $I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_e$ | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{(1 + \beta) R_e}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c + U_{BEQ}$ |
| 电压放大倍数 | $-\frac{\beta R_c}{R_b + r_{be}}$   | $\frac{(1 + \beta) R_e}{R_b + r_{be} + (1 + \beta) R_e}$  | $\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta) R_e}$  |
| 电流放大倍数 | $\beta$   | $1 + \beta$   | $\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \approx 1$  |
| 输入电阻   | $R_b + r_{be}$  | $R_b + r_{be} + (1 + \beta) R_e$  | $R_e + \frac{r_{be}}{1 + \beta}$  |
| 输出电阻   | $R_c$   | $R_e // \frac{r_{be} + R_b}{1 + \beta}$   | $R_c$   |
| 频带     | 窄   | 中   | 宽   |
| 用途     | 一般放大  | 输入级、输出级   | 宽频带放大器  |

重点

表 2.1.3 阻容耦合晶体管基本放大电路的比较

| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
|--------|---|---|---|
| 原理电路   |   |   |   |
| Q 点    | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b}$ $I_{CQ} = \beta I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$ | $I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$ $I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_e$ | $I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1 + \beta}$ $U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_c + R_e)$ |
| 基本接法   | 共射电路  | 共集电路  | 共基电路  |
| 交流等效电路 |   |   |   |
| 电压放大倍数 | $-\frac{\beta (R_c // R_L)}{r_{be}}$  | $\frac{\beta (R_e // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta) (R_e // R_L)}$  | $\frac{\beta (R_c // R_L)}{r_{be}}$   |
| 输入电阻   | $R_b // r_{be} \approx r_{be}$  | $R_b // [r_{be} + (1 + \beta) (R_e // R_L)]$  | $R_e // \frac{r_{be}}{1 + \beta}$   |
| 输出电阻   | $R_c$   | $R_e // \frac{r_{be} + R_b // R_s}{1 + \beta}$  | $R_c$   |

区别于交流通路



# 第2章 作业

(要交) 习题: 1-4、6-13、18 (除b、e)

自测题: 三、四 (写出解题步骤)

习题2.13, 期末把这个的(2)当成填空题考了

2.13 电路如图 P2.13 所示, 晶体管的  $\beta = 60$ ,  $r_{bb'} = 100 \Omega$ 。

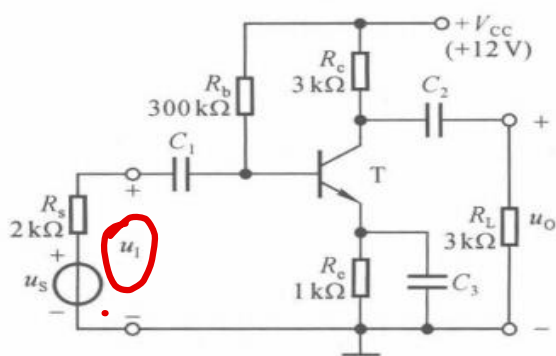


图 P2.13

(1) 求解  $Q$  点、 $\dot{A}_u$ 、 $R_i$  和  $R_o$ ;

(2) 设  $U_s = 10 \text{ mV}$  (有效值), 问  $U_i = ?$   $U_o = ?$  若  $C_3$  开路, 则  $\dot{U}_i = ?$   $\dot{U}_o = ?$

(2) 设  $U_s = 10 \text{ mV}$  (有效值), 则

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot U_s \approx 3.2 \text{ mV}$$

$$U_o = |A_u| U_i \approx 307 \text{ mV}$$

若  $C_3$  开路, 则

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta) R_e] \approx 51.3 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_u \approx -\frac{R_c // R_L}{R_e} = -1.5$$

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot U_s \approx 9.6 \text{ mV}$$

$$U_o = |A_u| U_i \approx 14.4 \text{ mV}$$

交流通路

## 第三章

### 掌握：

- 1、集成运算放大器的基本组成、各部分主要功能及电路形式，相关的基本概念与基础知识；
- 2、多级放大电路的耦合方式（重点是阻容耦合、直接耦合）及其特点，两级以内放大电路的 Q 点、电压放大倍数、输入阻抗、输出阻抗的分析估算、失真的定性判断；
- 3、共模信号、差模信号、共模输入电压、差模输入电压、共模放大倍数、差模放大倍数、共模抑制比等基本概念，差分放大电路的四种组态的组成、工作原理、Q 点与动态参数的分析估算、特点，包括动态参数的分析估算共模放大倍数、差模放大倍数、差模输入阻抗、差模输出阻抗、共模抑制比；
- 4、输出级电路的组成、工作原理及主要特点，交越失真的判断及其克服方法；
- 5、恒流源电路的构成及其识别、参考电流的估算。



图 3.1.2 集成运放的组成

表 3.1.1 通用型集成运放的组成

| 组成部分   | 输入级(前置级)                        | 中间级(主放大级) | 输出级(功率级)                    | 偏置电路   |
|--------|---------------------------------|-----------|-----------------------------|--------|
| 采用的电路  | 差分放大电路                          | 共射放大电路    | 准互补输出级                      | 多路电流源  |
| 性能基本要求 | $R_i$ 大、 $A_d$ 数值大、 $K_{CMR}$ 大 | 放大能力强     | $R_o$ 小、 $U_{om}$ 的幅值接近电源电压 | 温度稳定性好 |

集成运放四个部分组成：输入级、中间级、输出级、偏置电路

每一级采用什么电路？（常考填空）



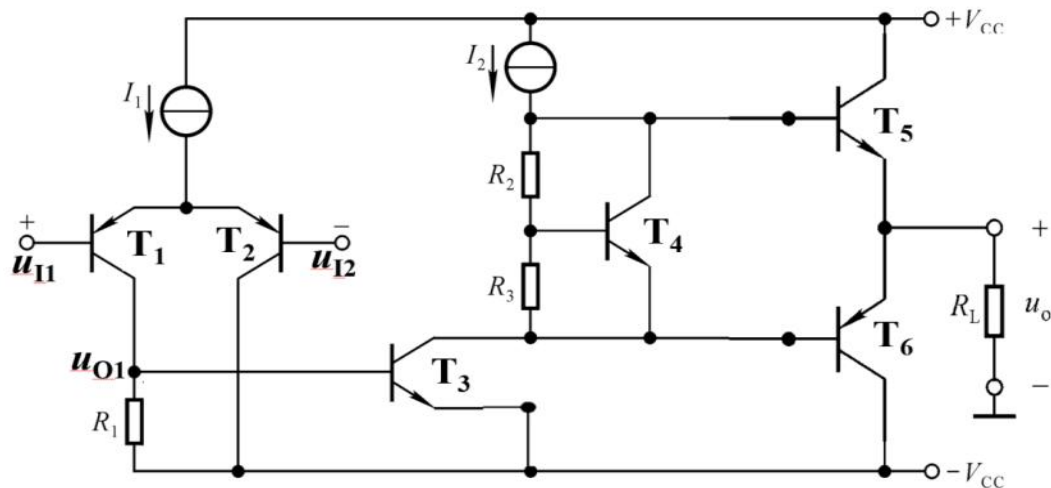
表 3.1.2 差分放大电路四种接法的比较

| 接法        | 双端输入双端输出  | 双端输入单端输出  | 单端输入双端输出  | 单端输入单端输出  |
|-----------|---|---|---|---|
| 电路        |   |   |   |   |
| Q 点       | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c + U_{BEQ}$ | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ1} = V'_{CC} - I_{CQ}R'_L + U_{BEQ}$ $V'_{CC} = \frac{R_L V_{CC}}{R_c + R_L}$ $R'_L = R_c // R_L$ | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c + U_{BEQ}$ | $I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e}$ $I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1+\beta}$ $U_{CEQ1} = V'_{CC} - I_{CQ}R'_L + U_{BEQ}$ $V'_{CC} = \frac{R_L V_{CC}}{R_c + R_L}$ $R'_L = R_c // R_L$ |
| $u_{id}$  | $u_i$   | $u_i$   | $u_i$   | $u_i$   |
| $u_{ic}$  | 0   | 0   | $u_i/2$   | $u_i/2$   |
| $R_i$     | $2(R_b + r_{be})$   | $2(R_b + r_{be})$   | $2(R_b + r_{be})$   | $2(R_b + r_{be})$   |
| $R_o$     | $2R_c$  | $R_c$   | $2R_c$  | $R_c$   |
| $A_c$     | 0   | $\frac{\beta(R_c // R_L)}{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}$  | 0   | $\frac{\beta(R_c // R_L)}{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}$  |
| $K_{CMR}$ | $\infty$  | $\frac{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}{2(R_b + r_{be})}$  | $\infty$  | $\frac{R_b + r_{be} + 2(1+\beta)R_e}{2(R_b + r_{be})}$  |

差分放大电路的Q点怎么算的？

单端双端怎么判断的？

# 第一次小测 + 答案



电路分为 1 级。各级之间是 2 耦合，该耦合方式的优点为 3。第1级是 4 电路，该级电路的输入电阻  $R_{id} =$  5，该级电路的输出电阻  $R_o =$  6， $u_{Id} =$  7， $u_{Ic} =$  8， $I_{E1} =$  9， $I_{E2} =$  10， $u_{O1}$  包括 11  ~~$I_1$~~  的作用是 12。最后1级是 13 电路，组态为 14，该组态的特点为 15，放大电路输入电阻最大的组态为 16， $R_2$ 、 $R_3$ 、 $T_4$  构成 17 电路，作用为 18， $u_{Omax} =$  19。起主要放大作用的BJT是 20，组态为 21，该级电路的输入电阻 = 22，该级电路的输出电阻 = 23，该级电路主要考虑的失真包括 24。 $T_1$  至  $T_6$  属于PNP管的有 25，发射区多子为 26，发射结的导通电压约为 27，处在放大状态时  $U_E$  28  $U_B$ 。 $T_1$  至  $T_6$  属于NPN管的有 29，发射区多子为 30，发射结的导通电压约为 31，处在放大状态时  $U_E$  32  $U_B$ ，发射结温度上升时，输入特性曲线 33 移。 $I_2$  的作用是 34。



1、3

2、直接

3、低频特性好，易于集成

4、双端输入单端输出的差分放大

5、 $2r_{be1}$  (无脚标1也可以)

6、 $R_1$

7、 $u_{I1} - u_{I2}$

8、 $(u_{I1} + u_{I2}) / 2$

9、 $I_1 / 2$

10、 $I_1 / 2$

11、差模输出、直流输出

12、直流偏置、稳定静态工作点、提高共模抑制比、抑制温漂

13、含  $U_{BE}$  倍增电极的互补输出级 (可以是消除交越失真的互补输出级)

14、共集

15、输入电阻大、输出电阻小、电压跟随、能放大电流、能放大功率

16、共集

17、 $U_{BE}$  倍增电极

18、消除交越失真

19、 $V_{CC} - U_{ces5}$  (无脚标5也可以)

20、 $T_3$

21、共射

22、 $r_{be3}$  (无脚标3也可以)

23、 $\infty$

24、饱和失真、截止失真

25、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_6$

26、空穴

27、硅-0.7 V 或锗-0.2 V

28、>

29、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$

30、自由电子

31、硅 0.7 V 或锗 0.2 V

32、<

33、左

34、 $T_3$  的有源负载提高电压放大倍数、输出级的直流偏置稳定静态工作点 (也可以说抑制温漂)

期末考了11作为大题的小问  
这次小测要重点看一下



# 第3章 作业

(不交) 习题: 10-12、16-20

(要交) 习题: 1、2 (a-c)、3  
5、6、8  
9

自测题: 二、三、四

绿色不用管

期末考了自测三作为大题

作业题都尽量看一下, 这一章的都可能会出大题

(2) 若静态时  $u_o > 0$ , 则应减小  $R_{e2}$ 。

图 T3.3

当  $u_i = 0$  时  $u_o = 0$ ,  $T_4$  管的集电极电流  $I_{CQ4} = V_{EE}/R_{e4} = 0.6 \text{ mA}$ 。  $R_{e2}$  的电流及其阻值分别为

$$I_{R_{e2}} = I_{C2} - I_{B4} = I_{C2} - \frac{I_{CQ4}}{\beta} = 0.147 \text{ mA}$$

$$R_{e2} = \frac{I_{E4} R_{e4} + |U_{BEQ4}|}{I_{R_{e2}}} \approx 6.8 \text{ k}\Omega$$

电压放大倍数求解过程如下:

$$r_{be2} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ2}} \approx 35 \text{ k}\Omega$$

$$r_{be4} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ4}} \approx 8.87 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_{u1} = \frac{\beta [R_{e2} // (r_{be4} + (1 + \beta) R_{e4})]}{2r_{be2}} \approx \frac{\beta R_{e2}}{2r_{be2}} \approx 19.4$$

$$\dot{A}_{u2} = -\frac{\beta R_{e4}}{r_{be4} + (1 + \beta) R_{e4}} \approx -18.4$$

$$\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \cdot \dot{A}_{u2} \approx -357$$

三、电路如图 T3.3 所示, 所有晶体管均为硅管,  $\beta$  均为 200,  $r_{bb'} = 200 \Omega$ , 静态时  $|U_{BEQ}| \approx 0.7 \text{ V}$ 。试求:

(1) 静态时  $T_1$  管和  $T_2$  管的发射极电流。

(2) 若静态时  $u_o > 0$ , 则应如何调节  $R_{e2}$  的值才能使  $u_o = 0 \text{ V}$ ? 若静态  $u_o = 0 \text{ V}$ , 则  $R_{e2} = ?$  电压放大倍数为多少?

解: (1)  $T_3$  管的集电极电流

$$I_{C3} = (U_Z - U_{BEQ3}) / R_{e3} = 0.3 \text{ mA}$$

静态时  $T_1$  管和  $T_2$  管的发射极电流

$$I_{E1} = I_{E2} = 0.15 \text{ mA}$$

(2) 若静态时  $u_o > 0$ , 则应减小  $R_{e2}$ 。

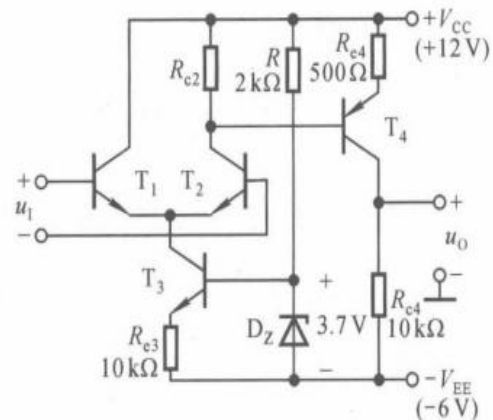


图 T3.3



## 第五章

**了解：**深度负反馈条件中理想情况下的输入电阻、输出电阻；自激振荡概念、产生原因、条件。

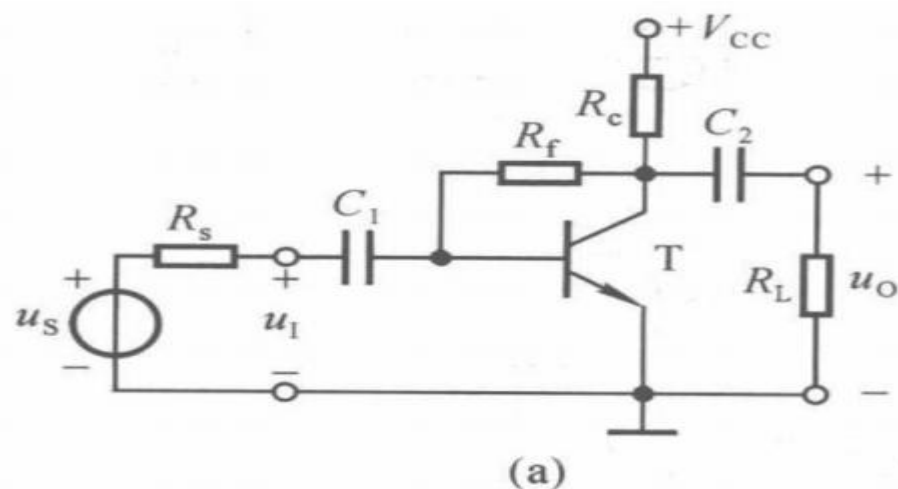
**掌握：**反馈的概念、反馈类型（重点是集成电路中有无引入反馈、正反馈和负反馈、直流反馈和交流反馈、交流负反馈的四种组态）的判断方法、深度负反馈条件下反馈系数、闭环放大倍数的估算方法、放大电路中引入负反馈对放大电路性能是如何影响的、如何根据需要在电路中引入合适的反馈。

表 5.1.4 交流负反馈对输入电阻和输出电阻的影响

| 反馈阻态 | 电压串联负反馈        | 电压并联负反馈 | 电流串联负反馈        | 电流并联负反馈        |
|------|----------------|---------|----------------|----------------|
| 输入电阻 | 增大( $\infty$ ) | 减小(0)   | 增大( $\infty$ ) | 减小(0)          |
| 输出电阻 | 减小(0)          | 减小(0)   | 增大( $\infty$ ) | 增大( $\infty$ ) |

超重点，必考（期末考了不止一道）

超重点：如何判断反馈类型？反馈如何接线？反馈系数等参数怎么算？闭环放大倍数？  
B站上搜一搜相关视频



交流、直流

# 第5章 作业

(不交) 习题: 1-3, 8、9

(要交) 习题: 4 (除了h)、5 (除了b、c)  
6 (d-g)、7 (除了b、c)  
10、11

自测题: 一、二、三

绿色部分不管

这一章蓝色部分感觉全部做完为好, 反馈一般在考试前几问, 而且一般会考很多道反馈的判断 (期末好像每道大题都在考), 考试如果反馈判断错了, 可能后面的小问直接不给分了, 非常非常非常重要。

去网上搜一搜视频讲解, 知识点讲解和习题讲解都是, 自己看书可能看不明白!



## 第六章

**了解：**乘法、除法等运算电路。

**掌握：**掌握基本比例、加减、积分运算电路的结构、工作原理、运算关系和特点。利用“虚短”和“虚断”的概念分析各种运算电路输出电压和输入电压运算关系的方法，能根据需要选择/设计合适的运算电路。

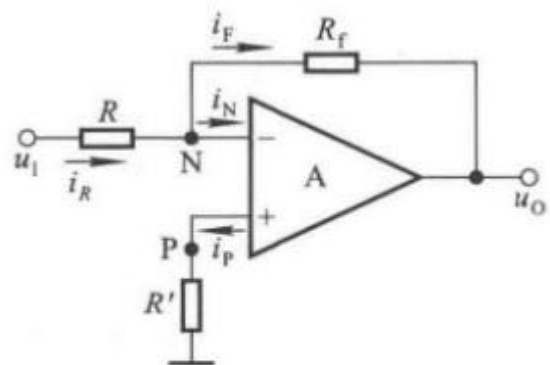


图 6.1.1 反比例运算电路

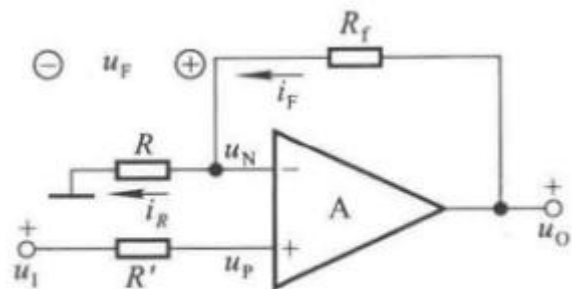


图 6.1.3 同比例运算电路

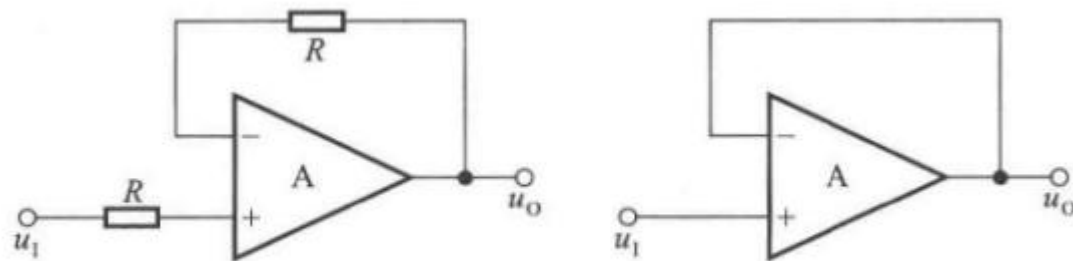


图 6.1.4 电压跟随器

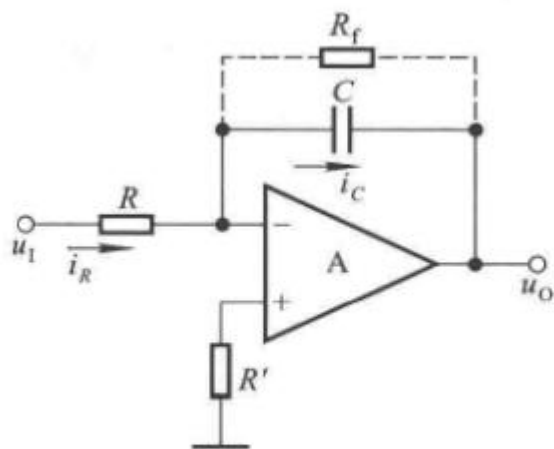


图 6.1.16 积分运算电路

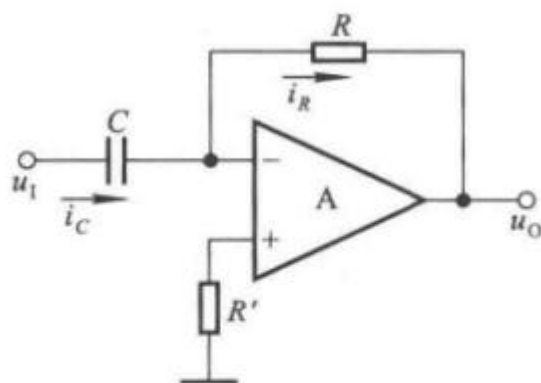


图 6.1.18 基本微分运算电路

五类基础电路要会画电路，会运用，期末最后一题就是画这些电路图

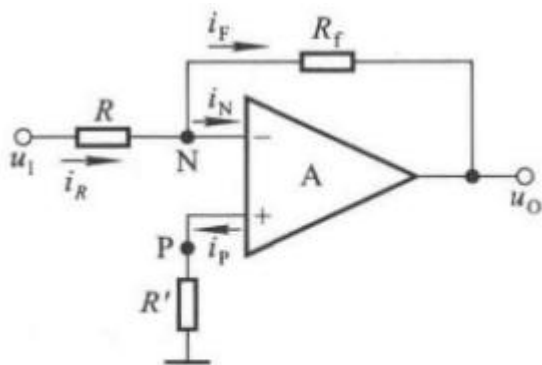


图 6.1.1 反比例运算电路

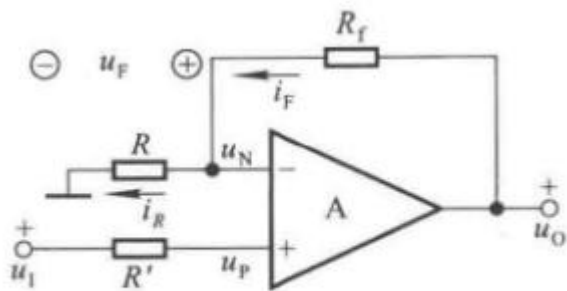


图 6.1.3 同相比例运算电路

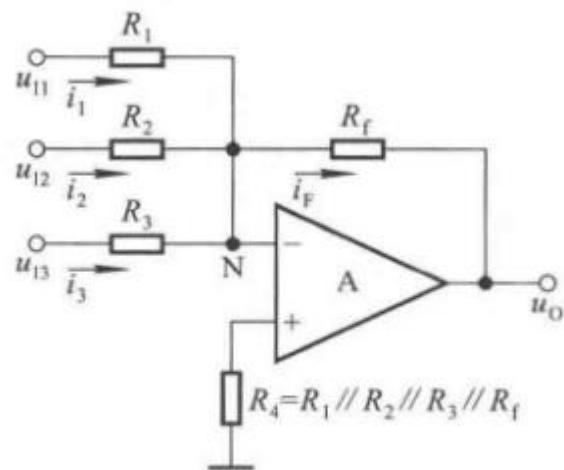


图 6.1.7 反相求和运算电路

反向比例输入电阻 $R$ ，虚地，共模输入为 $0$   
同向比例输入电阻无穷大，输出电阻为 $0$   
平衡电阻：保证输入级的对称性（怎么取值？）

（哪个电路输入电阻无穷大，期末考了选择）  
（哪个电路虚地，期末考了选择）  
（印象中考了一道平衡电阻，记不清位置了）

再类比一下看看这个电路  
想一想输入电阻？虚地？平衡电阻？  
书上p282写明了，从不同的输入端看进去输入电阻不同。  
虚地吗？虚地  
平衡电阻怎么计算的？图中已给出



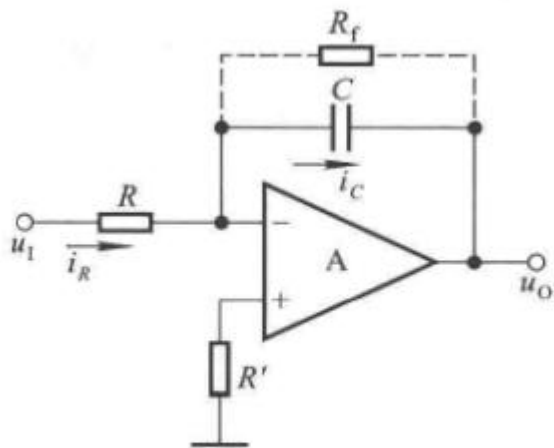


图 6.1.16 积分运算电路

$$u_o = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_1 dt + u_o(t_1)$$

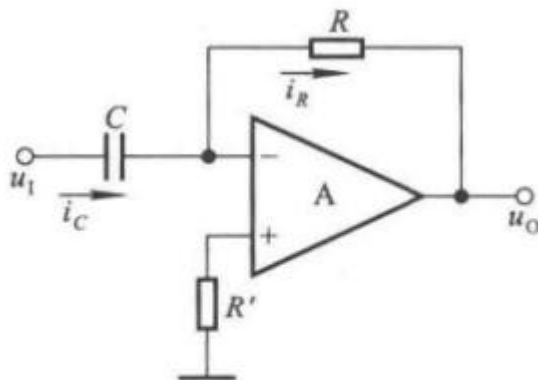


图 6.1.18 基本微分运算电路

$$u_o = -i_R R = -RC \frac{du_1}{dt}$$

期末最后一题考了画电路+画波形+公式推导

# 第6章 作业

(不交)习题：1、2、13

自测题：一

(要交)习题：1(除(6))、6、7

10

11、12

16(1)

自测题：三(a)

绿色不用管

蓝色部分：习题1、6、7、11最重要

### 6.1 填空:

- (1) \_\_\_\_\_ 运算电路可实现  $A_u > 1$  的放大器。
- (2) \_\_\_\_\_ 运算电路可实现  $A_u < 0$  的放大器。
- (3) \_\_\_\_\_ 运算电路可将三角波电压转换成方波电压。
- (4) \_\_\_\_\_ 运算电路可实现函数  $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3$ ,  $a$ 、 $b$  和  $c$  均大于零。
- (5) \_\_\_\_\_ 运算电路可实现函数  $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3$ ,  $a$ 、 $b$  和  $c$  均小于零。
- (6) \_\_\_\_\_ 运算电路可实现函数  $Y = aX^2$ 。

解:(1) 同相比例;(2) 反相比例;(3) 微分;(4) 同相求和;(5) 反相求和;(6) 乘方。



6.6 试求图 P6.6 所示各电路输出电压与输入电压的运算关系式。

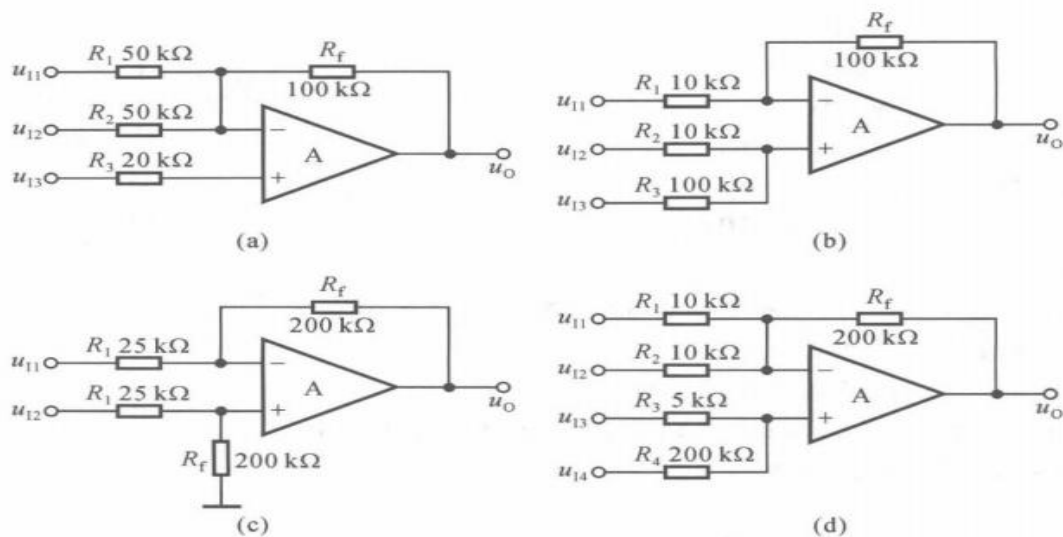


图 P6.6

解: 检查图示各电路, 每个集成运放同相输入端和反相输入端所接的总电阻均相等。各电路的运算关系式分析如下:

$$(a) \quad u_o = -\frac{R_f}{R_1} \cdot u_{i1} - \frac{R_f}{R_2} \cdot u_{i2} + \frac{R_f}{R_3} \cdot u_{i3} = -2u_{i1} - 2u_{i2} + 5u_{i3}$$

$$(b) \quad u_o = -\frac{R_f}{R_1} \cdot u_{i1} + \frac{R_f}{R_2} \cdot u_{i2} + \frac{R_f}{R_3} \cdot u_{i3} = -10u_{i1} + 10u_{i2} + u_{i3}$$

$$(c) \quad u_o = \frac{R_f}{R_1} (u_{i2} - u_{i1}) = 8(u_{i2} - u_{i1})$$

$$(d) \quad u_o = -\frac{R_f}{R_1} \cdot u_{i1} - \frac{R_f}{R_2} \cdot u_{i2} + \frac{R_f}{R_3} \cdot u_{i3} + \frac{R_f}{R_4} \cdot u_{i4} \\ = -20u_{i1} - 20u_{i2} + 40u_{i3} + u_{i4}$$

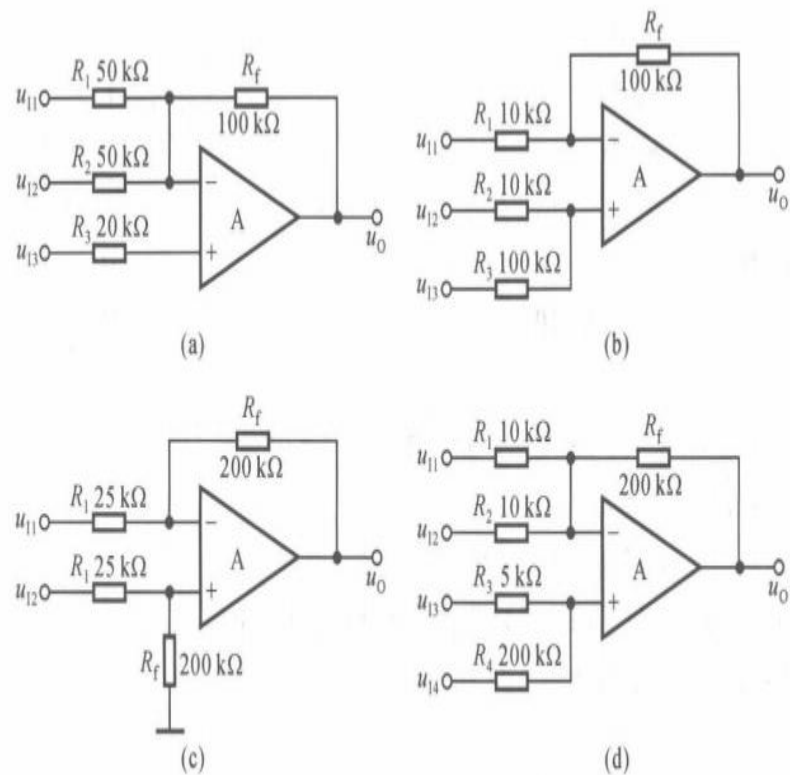


图 P6.6

6.7 在图 P6.6 所示各电路中,集成运放的共模信号分别为多少? 要求写出表达式。

解: 因为集成运放同相输入端和反相输入端之间净输入电压为零, 所以它们的电位就是集成运放的共模输入电压。图示各电路中集成运放的共模信号分别为

$$(a) u_{IC} = u_{I3}$$

$$(b) u_{IC} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot u_{I2} + \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot u_{I3} = \frac{10}{11} u_{I2} + \frac{1}{11} u_{I3}$$

$$(c) u_{IC} = \frac{R_f}{R_1 + R_f} \cdot u_{I2} = \frac{8}{9} u_{I2}$$

$$(d) u_{IC} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot u_{I3} + \frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot u_{I4} = \frac{40}{41} u_{I3} + \frac{1}{41} u_{I4}$$

6.11 在图 P6.11(a) 所示电路中, 已知输入电压  $u_1$  的波形如图(b) 所示, 当  $t=0$  时  $u_0=0$ 。

试画出输出电压  $u_0$  的波形。

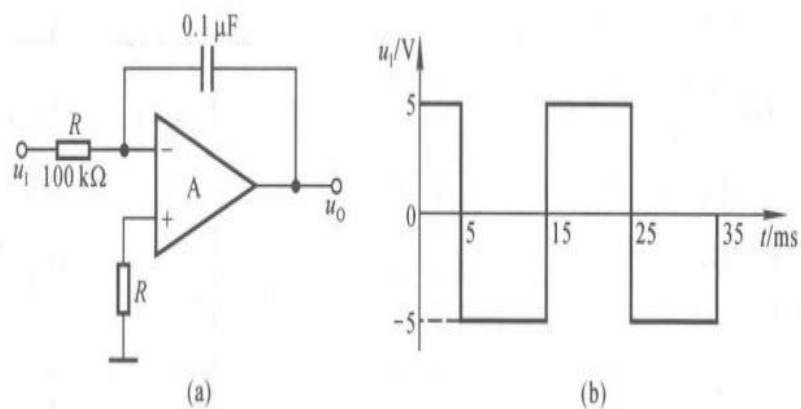


图 P6.11

解: 输出电压的表达式为

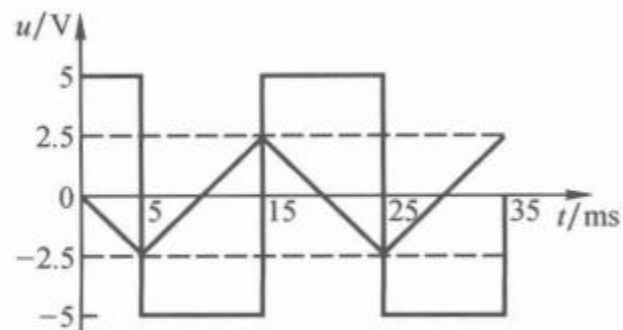
$$u_0 = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_1 dt + u_0(t_1)$$

当  $u_1$  为常量时

$$\begin{aligned} u_0 &= -\frac{1}{RC} u_1 (t_2 - t_1) + u_0(t_1) \\ &= -\frac{1}{10^5 \times 10^{-7}} u_1 (t_2 - t_1) + u_0(t_1) \\ &= -100 u_1 (t_2 - t_1) + u_0(t_1) \end{aligned}$$

若  $t=0$  时  $u_0=0$ , 则  $t=5$  ms 时,  $u_0 = -100 \times 5 \times 5 \times 10^{-3} \text{ V} = -2.5 \text{ V}$ 。

当  $t=15$  ms 时,  $u_0 = [-100 \times (-5) \times 10 \times 10^{-3} + (-2.5)] \text{ V} = 2.5 \text{ V}$ 。以此类推, 得  $t=25$  ms 时  $u_0 = -2.5 \text{ V}$ 。  $t=35$  ms 时  $u_0 = 2.5 \text{ V}$ 。因此, 输出波形如图解 P6.11 所示。



图解 P6.11



## 第七章

**了解：** 正弦波振荡的条件、正弦波振荡电路的组成及电路产生正弦波振荡可能性的判断方法；单限、滞回、窗口比较器用途，电压比较器电压传输特性的分析方法。

**掌握：** RC 桥式正弦波振荡电路的电路结构、**工作原理**、振荡频率、**起振和平衡条件**，单限、滞回、窗口比较器的各自特点，利用三要素法分析单限比较器的方法；**能利用集成运放设计满足要求的放大电路**。

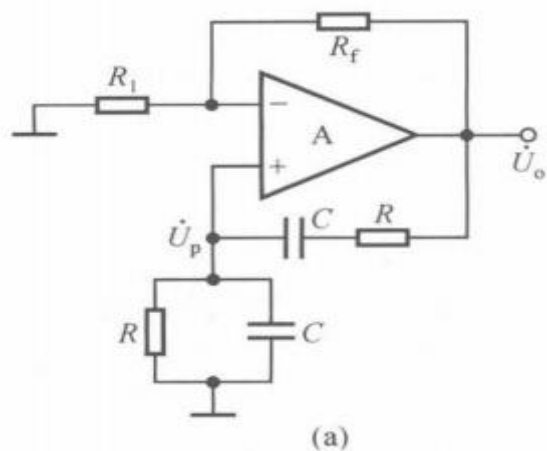


图 7.1.2 RC 桥式正弦波振荡电路

电路图的样子一定要背下来，期末最后一题考了画电路图以及叫画出对应的波形，这里的波形是正弦波，然后要记住频率是怎么算的，也是很重要的公式（这两个感觉都是必考的），注意画波形的时候，横轴时间t要用频率换算成周期，幅值为Uom

RC 桥式正弦波振荡电路的振荡频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (7.1.2)$$

为满足起振和振荡条件,负反馈网络中电阻取值应满足

$$R_f \geq 2R_1 \quad (7.1.3)$$

正弦波振荡网络由放大电路、选频网络、正反馈网络、稳幅环节组成（四个部分要背名字，期末考了填空）

### 一、正弦波振荡电路的组成及各部分的作用

正弦波振荡电路由放大电路、选频网络、正反馈网络和稳幅环节四部分组成。通常可用图 7.1.1 所示方框图表示,其输出量、净输入量和反馈量均为电压信号。当电路进入稳态时,  $\dot{U}_o = \dot{A}\dot{F}\dot{U}_o$ , 所以正弦波振荡的平衡条件为  $\dot{A}\dot{F} = 1$ , 即幅值平衡条件和相位平衡条件分别为

$$\begin{cases} |\dot{A}\dot{F}| = 1 \\ \varphi_A + \varphi_F = 2n\pi \end{cases} \quad (n \text{ 为整数}) \quad (7.1.1)$$

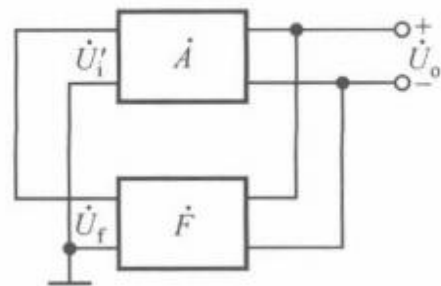


图 7.1.1 正弦波振荡

起振条件期末考了填空题

表 7.1.1 三种比较器电路及其电压传输特性

| 电路名称    | 电路 | 电压传输特性 | $U_T$                                 |
|---------|----|--------|---------------------------------------|
| 过零比较器   |    |        | 0V                                    |
| 一般单限比较器 |    |        | $-\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{REF}$      |
| 滞回比较器   |    |        | $\pm \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_z$ |
| 窗口比较器   |    |        | $U_{RL}, U_{RH}$                      |

四个比较器看到要能认出名字

过零比较器和单限比较器要根据波形画电路，也要根据电路画波形（期末最后一题）



# 第7章 作业

(不交)

习题：1、2、8、16

自测题：二、三、五

(要交)

习题：6、7

13、14、

自测题：四

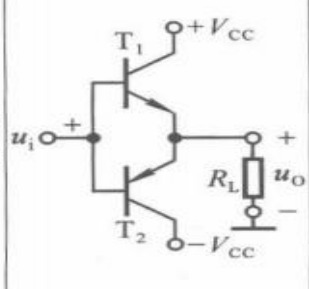
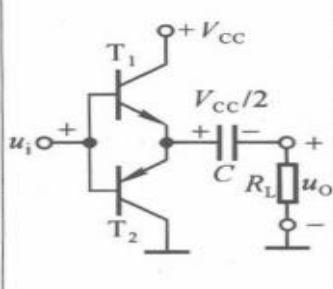
绿色不用管

蓝色部分都很重要

## 第八章

**了解：** 功率放大电路的组成原则，各种功放的电路特点和优缺点，功率放大电路的应用。

**掌握：** 功率放大电路的主要性能指标，包括最大输出功率、效率、晶体管的三个极限参数，OCL 电路和 OTL 电路的**异同**、**工作原理**、输出功率和效率的估算及**晶体管的选择**。

| 电路名称     | OCL 电路  | OTL 电路   |
|----------|---|--|
| 电路组成     |  |   |
| $U_{om}$ | $\frac{V_{CC} -  U_{CES} }{\sqrt{2}}$   | $\frac{V_{CC}/2 -  U_{CES} }{\sqrt{2}}$  |
| $P_{om}$ | $\frac{(V_{CC} -  U_{CES} )^2}{2R_L}$   | $\frac{[(V_{CC}/2) -  U_{CES} ]^2}{2R_L}$  |
| $\eta$   | $\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{CC} -  U_{CES} }{V_{CC}}$                    | $\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\frac{V_{CC}}{2} -  U_{CES} }{\frac{V_{CC}}{2}}$ |
| 特点       | 双电源供电,效率较高, $P_{om}$ 决定于 $V_{CC}$ ,低频特性好  | 单电源供电,效率较高, $P_{om}$ 决定于 $V_{CC}/2$ ,低频特性差   |

期末填选考了一道几个电源供电、考了一个Uom，这部分都是直接背的  
 然后要区分一下这两个电路的区别

| 电路名称    | OCL 电路 | OTL 电路    |
|---------|--------|-----------|
| 输入端耦合方式 | 直接耦合   | 直接耦合或阻容耦合 |
| 输入方式    | 对地输入   | 对地输入      |
| 输出端耦合方式 | 直接耦合   | 阻容耦合      |
| 输出方式    | 对地输出   | 对地输出      |
| 功放管个数   | 2      | 2         |

3个极限参数，前年考了

为了尽可能充分利用功放管,常使之工作在尽限应用状态;即功放管流过的最大电流接近其  $I_{CM}$ ,承受的最大管压降接近其  $U_{(BR)CEO}$ ,损耗的最大集电极功率接近其  $P_{CM}$ 。 $I_{CM}$ 、 $U_{(BR)CEO}$  和  $P_{CM}$  分别为晶体管的最大集电极电流、c-e 间能够承受的最大电压和集电极最大耗散功率。在功放电路中应按上述三个极限参数来选择功放管,而且还需按手册给出的测试条件安装散热器,以保证功放管安全工作。在集成功放中,还采用过流、过压和过热保护电路来保护功放管。



# 第8章 作业

(选做) 习题: 1-3、5、6

(要交) 习题: 4、7、9-11  
12、13

## 自测题

选做基本不用看

8.11 期末考了一道和这个很像的大题

8.9、8.10比较复杂, 比较有难度, 选择性看一看, 时间充裕可以直接把这两道背了

8.11 在图 P8.11 所示电路中, 已知  $V_{CC}=15\text{ V}$ ,  $T_1$  和  $T_2$  管的饱和管压降  $|U_{CES}|=1\text{ V}$ , 集成运放的最大输出电压幅值为  $\pm 13\text{ V}$ , 二极管的导通电压为  $0.7\text{ V}$ 。

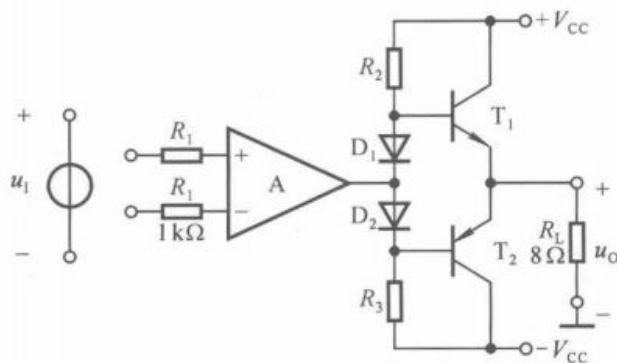


图 P8.11

(1) 若输入电压幅值足够大, 则电路的最大输出功率为多少?

(2) 为了提高输入电阻, 稳定输出电压, 且减小非线性失真, 应引入哪种组态的交流负反馈?

画出图来。

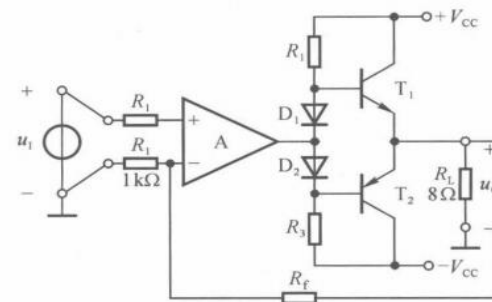
(3) 若  $U_i=0.1\text{ V}$  时,  $U_o=5\text{ V}$ , 则反馈网络中电阻的取值约为多少?

解: (1) 输出电压幅值和最大输出功率分别为

$$u_{Omax} \approx 13\text{ V}$$

$$P_{om} = \frac{(u_{Omax}/\sqrt{2})^2}{R_L} \approx 10.6\text{ W}$$

(2) 应引入电压串联负反馈, 电路如图解 P8.11 所示。



图解 P8.11

(3) 在深度负反馈条件下, 电压放大倍数为

$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = 50$$

为  $R_1=1\text{ k}\Omega$ , 所以  $R_f \approx 49\text{ k}\Omega$ 。

## 第九章

**了解：**单相桥式整流电路的分析和估算，电容滤波电路的分析和估算，稳压管稳压电路的分析和限流电阻的估算，串联型稳压电路的原理。

**掌握：**直流稳压电源的组成及各部分的作用，单相桥式整流电路的分析和输出平均电压与平均电流的估算，电容滤波电路的分析和输出平均电压与平均电流的估算，串联型线性稳压电路的基本原理。

### 9.1.1 直流电源的组成及各部分的作用

直流稳压电源将交流电转换成直流电，由电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路组成，如图 9.1.1 所示，每个方框输出的波形也如图所示。

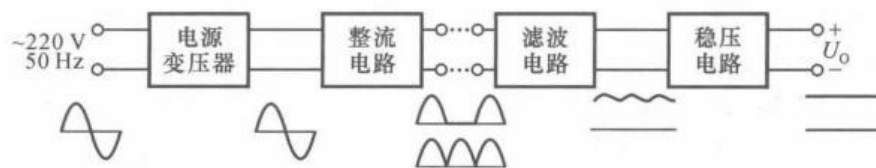
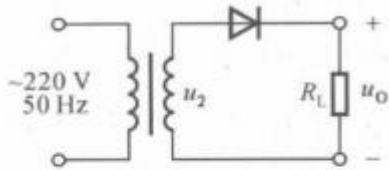
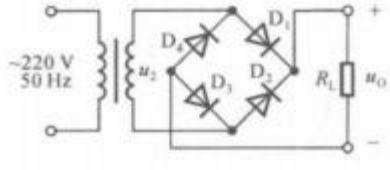
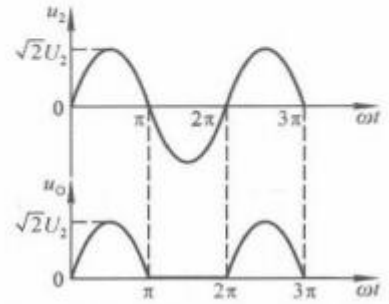
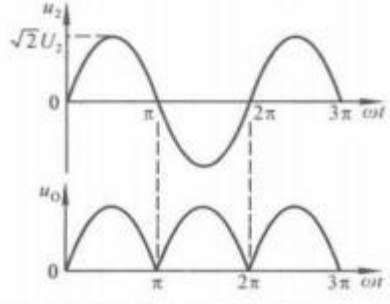


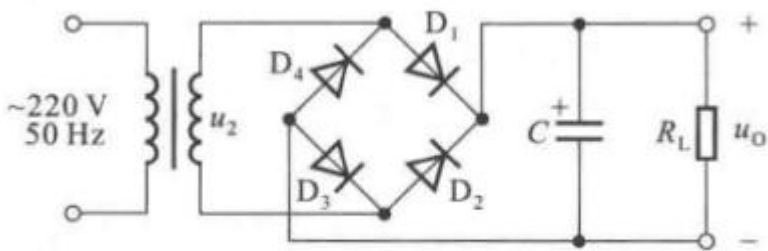
图 9.1.1 直流稳压电源的方框图

电源变压器将  $50\text{ Hz}$ 、 $220\text{ V}$  的电网电压变换成合适幅值的交流电，多数情况下实现降压。  
整流电路将交流电压变为脉动的直流电压，有半波整流和全波整流之分。滤波电路减小电压的脉动使直流电压平滑。

**整流电路作用：**交流电压变脉动的直流电压（期末考了填空）

相应的，可以记一下滤波电路作用：减小电压的脉动使直流电压平滑

| 电路名称         | 半波整流  | 桥式整流   |
|--------------|---|--|
| 电路组成         |  |  |
| 输入电压和输出电压的波形 |  |  |
| $U_{O(AV)}$  | $\approx 0.45U_2$   | $\approx 0.9U_2$   |



(a)

当负载开路, 即  $R_L = \infty$  时,  $U_{O(AV)} = \sqrt{2}U_2$ 。当  $R_L C = (3 \sim 5)T/2$  时,

$$U_{O(AV)} \approx 1.2U_2$$



# 第9章 作业

## (不交) 自测题:

一 (1-5)

二

四

自测题二要背一下，印象中期末考了，有时间最好一二四都看一下

二、在图 9.3.1(a) ①中，已知变压器二次电压有效值  $U_2$  为 10 V,  $R_L C \geq \frac{3T}{2}$  ( $T$  为电网电压的

周期)。测得输出电压平均值  $U_{O(AV)}$  可能的数值为

A. 14 V      B. 12 V      C. 9 V      D. 4.5 V

选择合适答案填入空内。

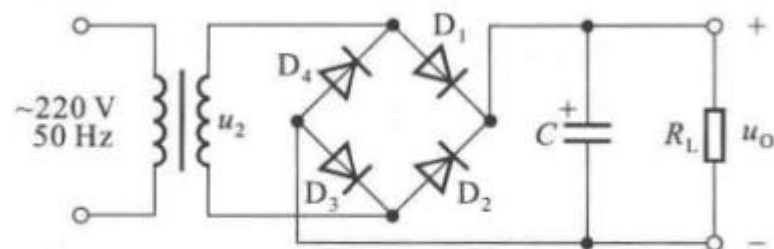
(1) 正常情况  $U_{O(AV)} \approx$  \_\_\_\_\_;

(2) 电容虚焊时  $U_{O(AV)} \approx$  \_\_\_\_\_;

(3) 负载电阻开路时  $U_{O(AV)} \approx$  \_\_\_\_\_;

(4) 一只整流管和滤波电容同时开路,  $U_{O(AV)} \approx$  \_\_\_\_\_。

解: (1) B    (2) C    (3) A    (4) D



(a)