

模拟电子技术基础复习大纲

高等教育出版社 康华光



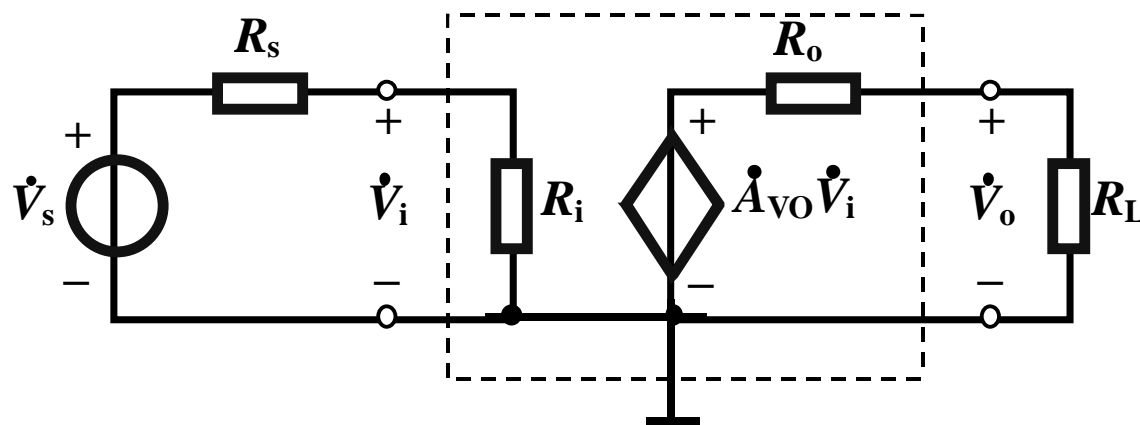
书中有关符号的约定

- 大写字母、大写下标表示直流量。如， V_{CE} 、 I_C 等。
- 小写字母、大写下标表示总量（含交、直流）。如， v_{CE} 、 i_B 等。
- 小写字母、小写下标表示纯交流量。如， v_{ce} 、 i_b 等。
- 上方有圆点的大写字母、小写下标表示相量。如， \dot{V}_{ce} 、 \dot{I}_b 等。

第一章 绪论

电压放大模型

1. 输入电阻 $R_i = \frac{\dot{V}_i}{\dot{I}_i}$

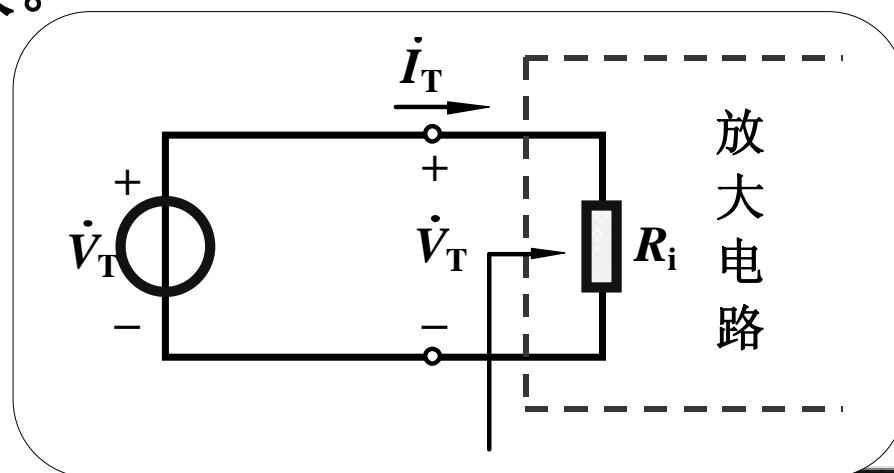


反应了放大电路从信号源吸取信号幅值的大小。

输入电压信号， R_i 越大， \dot{V}_i 越大。

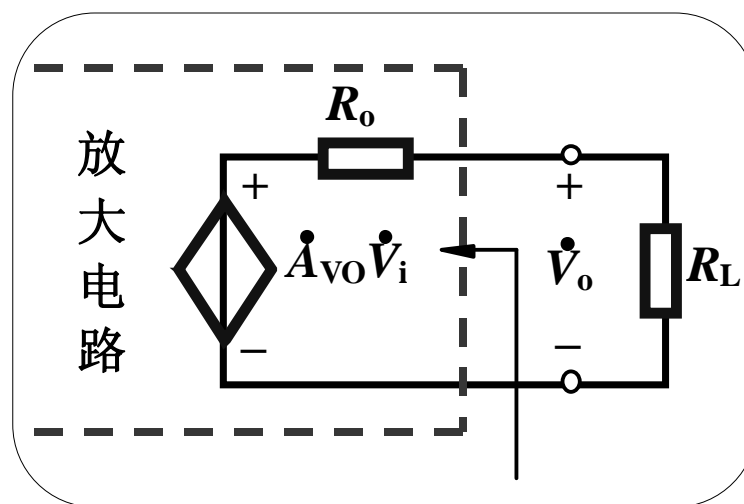
输入电流信号， R_i 越小， \dot{I}_i 越大。

外加测试信号 \dot{V}_T $R_i = \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T}$



2. 输出电阻

R_o 决定放大电路带负载能力。



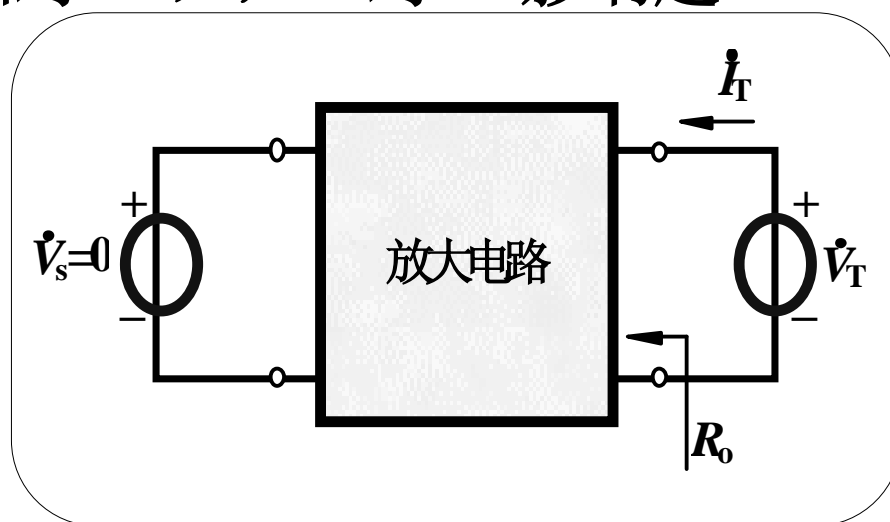
输出电压信号时, R_o 越小 (相对 R_L) , R_L 对 \dot{V}_o 影响越小,

输出电流信号时, R_o 越大 (相对 R_L) , R_L 对 \dot{I}_o 影响越小,

输出电阻的计算:

$$R_o = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_o} R_L - R_L$$

$$R_o = \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T} \Big|_{\dot{V}_s=0}$$



3、频率响应

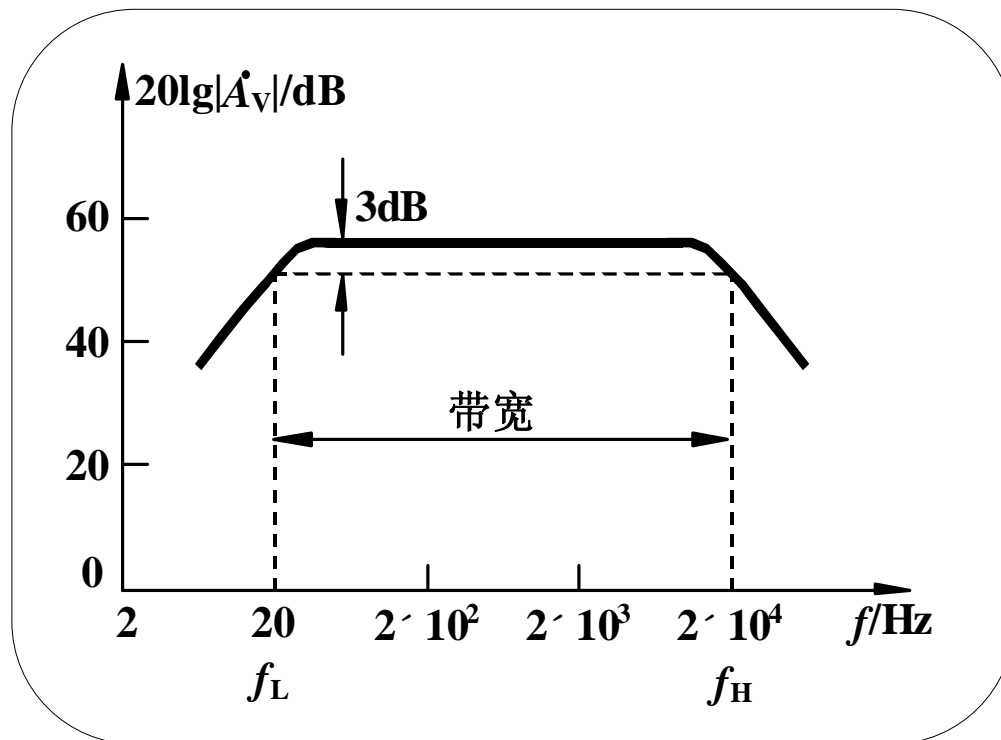
上、下限频率；带宽

频率失真（线性失真）

非正弦信号 { 幅度失真
相位失真

非线性失真

正弦信号 { 饱和失真
截止失真



P196题4.7.4



第三章 二极管及其基本电路

1、理解半导体中有两种载流子

{ 电子
空穴——当电子挣脱共价键的束缚成为自由电子后，
共价键就留下一个空位，这个空位就称为空穴

2、理解本征半导体和本征激发

本征半导体——化学成分纯净的半导体

本征激发的特点——

- 两种载流子参与导电，自由电子数 (n) = 空穴数 (p)
- 外电场作用下产生电流，电流大小与载流子数目有关
- 导电能力随温度增加显著增加



3、理解杂质半导体（通过掺杂，提高导电能力）

{ N型半导体：电子是多数载流子，空穴是少数载流子，
但半导体呈中性
P型半导体：空穴是多数载流子，电子是少数载流子，
但半导体呈中性

少数载流子是由电子—空穴对（本征激发）产生而来，
多子浓度主要取决于杂质浓度，少子浓度与温度有关。



4、熟练掌握PN结

形成——由于浓度差，而出现扩散运动，在中间形成空间电荷区（耗尽层），又由于空间电荷区的内电场作用，存在漂移运动，达到动态平衡。

单向导电性 ——

不外加电压，扩散运动=漂移运动， $i_D=0$

加正向电压（耗尽层变窄），扩散运动>漂移运动形成 i_D

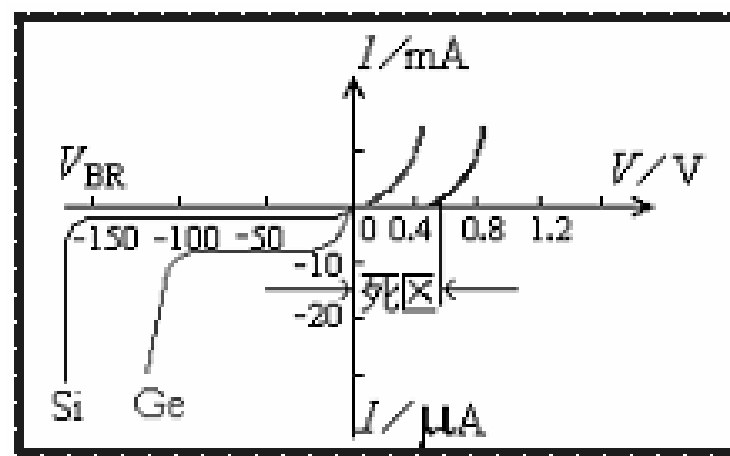
加反向电压（耗尽层变宽），扩散运动为0，只有很小的漂移运动形成反向电流

特性方程： $i_D = I_S (e^{V_0/V_T} - 1)$

特性曲线：

正向导通：死区、导通区

反向截止：截止区、击穿区



5、理解二极管

单向导电性、特性方程及特性曲线与PN结相同
主要参数：最大整流电流 I_F 、反向击穿电压 V_{BR} 、反向电流 I_R 、
极间电容、最高工作频率
分析模型：理想模型、恒压降模型、折线模型、小信号模型

二极管电路的分析计算：

导通管的压降看做常值（硅0.7V，锗0.2V）或0V（理想二极管）；截止管所在支路看做断开，电路中所有二极管状态判明后，进一步计算所要求的各物理量。



6、特殊二极管——稳压管（工作在反向击穿区）

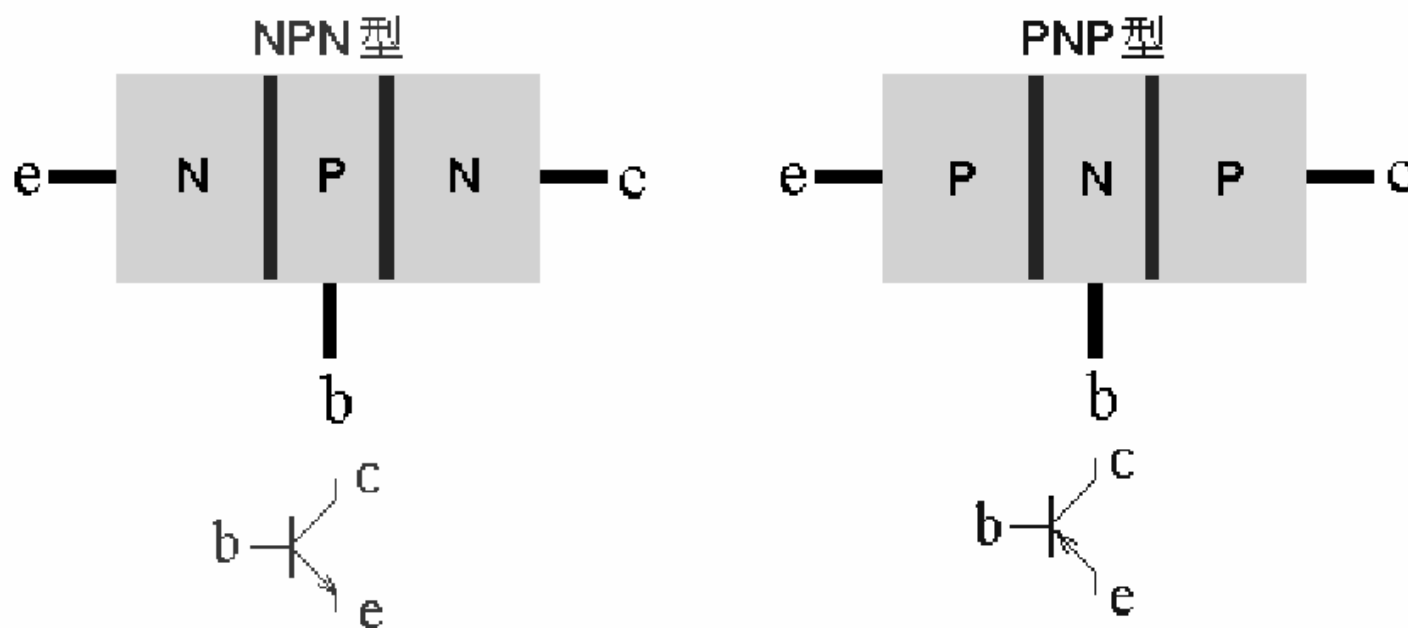
{ 反向偏置 且 $V_I > V_Z$
稳压原理：无论输入变化或负载变化，引起的电流变化都加于稳压管上，使输出电压稳定
参数： V_Z 、 I_Z 、 P_{ZM} 、 r_Z

习题3.4.5； 3.4.7； 3.4.9； 3.5.1

第四章 双极型三极管及放大电路基础

1、理解半导体三极管

①类型：结构、材料



硅管 ($V_{BE}=0.7V$)、锗管 ($V_{BE}=0.2V$)



②电流控制器件

$$\begin{cases} i_C = \beta i_B \\ i_E = (1 + \beta) i_B \\ i_B + i_C = i_E \end{cases}$$

③三个工作区

特性曲线 { 输入:

输出:

饱和区: 发射结、集电结均正偏,

$$V_{BE} = 0.7V, V_{CES} = 0.3V$$

放大区: 发一正, 集一反,

$$V_{BE} = 0.7 \text{ 遵循 } i_C = \beta i_B$$

截止区: 发射结、集电结均反偏

$$V_{BE} < 0.5V \text{ 时已进入截止区}$$



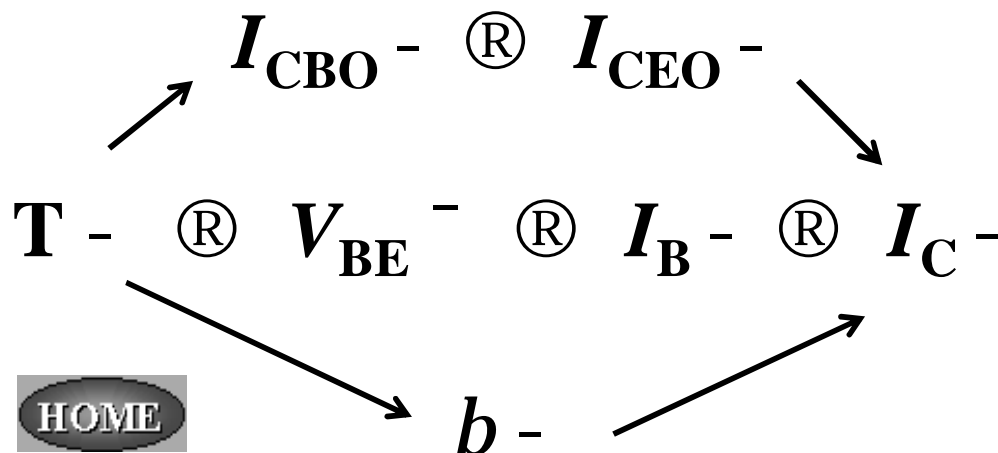
④放大条件

{ 发射极正偏,集电极反偏
{ 发射区杂质浓度大, 集电区杂质浓度低, 基区窄, 杂质浓度低。

c、e不能互换；根据各电极对地电位和各电极电流判断管子类型

⑤参数

集电极最大允许电流 I_{CM} 、集电极最大允许功耗 P_{CM} 、反向击穿电压 $V_{(BR)CEO}$ 、



2、三极管放大电路

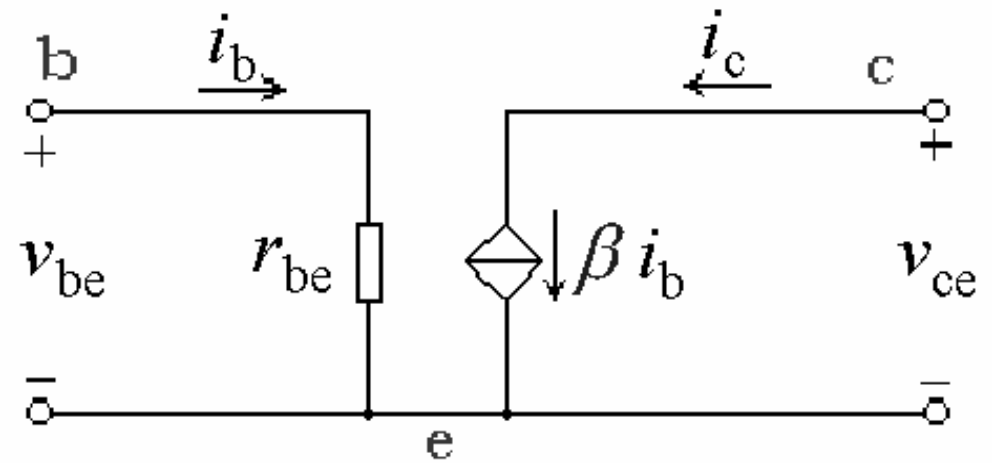
- ① { 直流通路: Q点—图解法、近似估算法
放大条件、交流参数
交流通路: A_v 、 R_i 、 R_o 、最大输出电压幅度
—图解法、模型法

了解图解法 { 求Q点 直流负载线
交流负载线
分析非线性失真 { 饱和失真 静态点过高 (NPN, 底)
截止失真 静态点过低 (NPN, 顶)
信号过大 增益过大引起的失真
确定最大输出电压幅度 V_{om} (交流负载线)



②小信号模型（对交流信号）

r_{be} 是动态电阻，但与静态电流 I_E 有关。



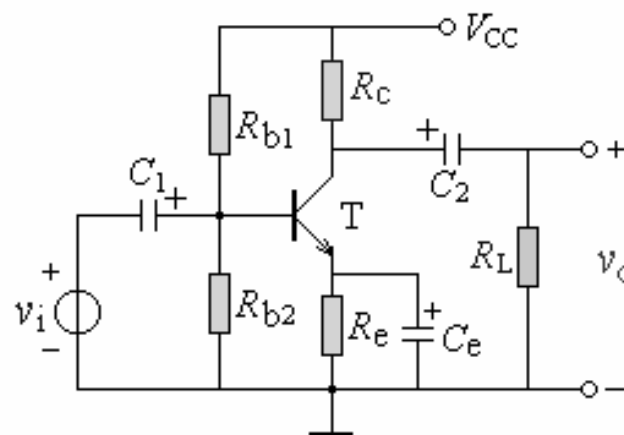
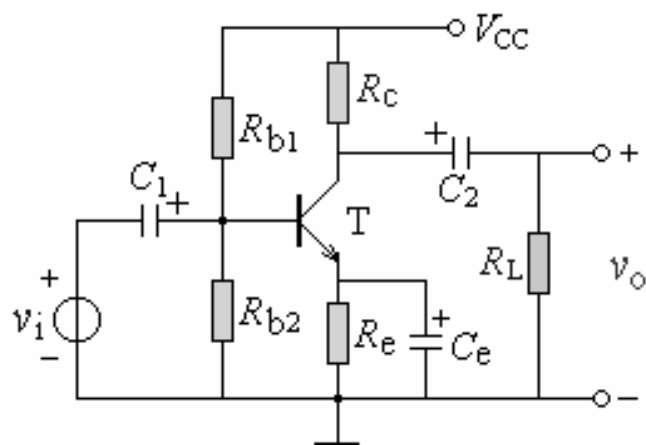
其中 $r_{be} \gg 200\Omega + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_{EQ}(\text{mA})}$



③三种组态及特点 (P148表4.5.1)

- 共射极 —— 射极为输入输出的公共端
- 共基极 —— 基极为输入输出的公共端
- 共集电极 —— 集电极为输入输出的公共端

重点掌握单管共射放大电路(包括分压式和射极偏置)电路的组成和工作原理,



注意有 R_E 时的计算

习题4.1.1; 4.1.2; 4.3.5; 4.3.11; 4.4.3; 4.5.3

HOME

BACK NEXT

第五章 场效应管放大电路

双极型三极管是电流控制器件，场效应管是电压控制器件。

1、能够根据转移特性判别场效应管的类型（P237 表5.5.1）

结型场效应管 $\begin{cases} \text{N型: } V_{GS} < 0 & V_{DS} > 0 \text{ 夹断电压 } V_P < 0 \\ \text{P型: } V_{GS} > 0 & V_{GS} < 0 \text{ 夹断电压 } V_P > 0 \end{cases}$

增强型MOS管 $\begin{cases} \text{N型: } V_{GS} > 0 & V_{DS} > 0 \text{ 开启电压 } V_T > 0 \\ \text{P型: } V_{GS} < 0 & V_{GS} < 0 \text{ 开启电压 } V_T < 0 \end{cases}$

耗尽型MOS管 $\begin{cases} \text{N型} & V_P < 0 & V_{DS} > 0 \\ \text{P型} & V_P > 0 & V_{DS} < 0 \end{cases}$
 V_{GS} 可正、可负、可0



2、特点：场效应电路输入电阻很高

3、场效应电路的分析

与三极管的分析相似,三极管表征放大能力用 β ,
而场效应表征其放大能力用跨导 g_m

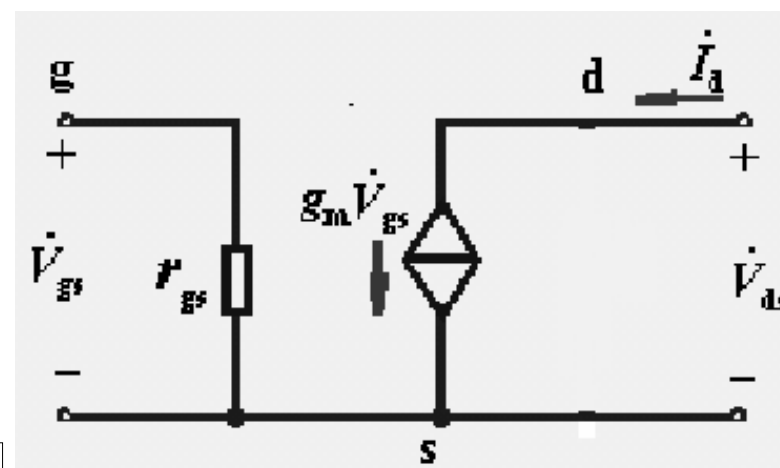
①直流偏置电路

自偏压电路（耗尽型）、

分压式自偏压电路（耗尽型、增强型）

②小信号模型

③多级放大电路的计算



习题5.3.5; 5.5.4



第六、二章 集成运放大器

1、电流源电路

特点：直流电阻小，交流电阻大

- (1) 电流源电路在模拟集成放大器中用以稳定静态工作点。
- (2) 用电流源做有源负载，获得增益高、大动态范围。

2、熟练掌握差分式放大电路

①差模信号与共模信号的概念

差模信号是指在两个输入端加上幅度相等，极性相反的信号；

共模信号是指在两个输入端加上幅度相等，极性相同的信号。

差分放大电路放大差模信号抑制共模信号。

零漂： 输入短路时，输出仍有缓慢变化的电压产生。
主要由温度变化引起，在多级放大电路中，影响最严重的是输入级。

②差分式放大电路的工作原理（对称性）；

抑制零漂的原理；

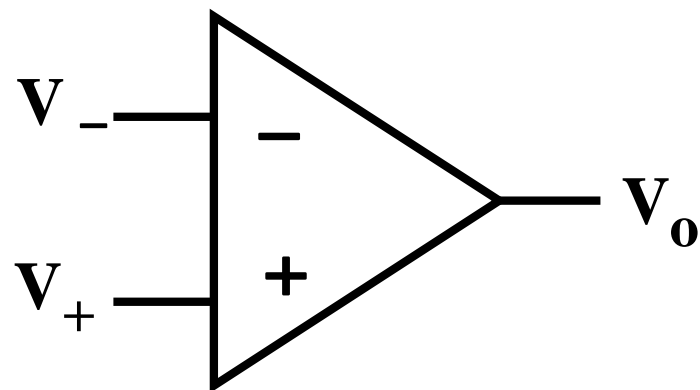
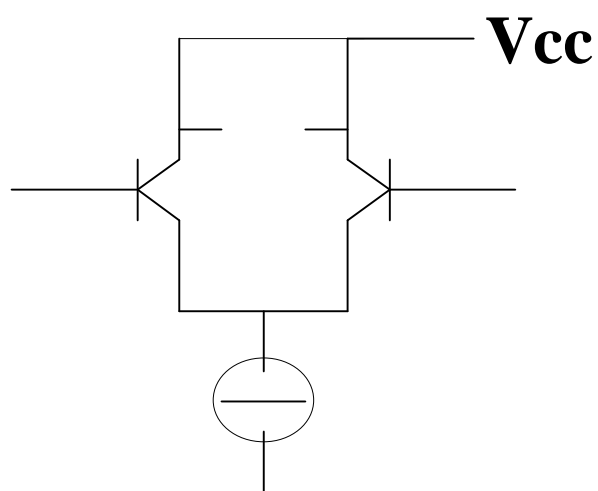
对四种组态（双入一双出，双入一单出，单入一双出，单入一单出）的主要技术指标的计算（含直流工作点，差模放大信数，共模放大信数、共模抑制比、输入、输出电阻的计算）。（P270表6.2.1）

对差分放大器，人为只加差模信号（放大），所谓共模输入实际上是外界的干扰信号，应抑制。

$$K_{\text{CMR}} = \left| \frac{A_{\text{vd}}}{A_{\text{vc}}} \right| \quad K_{\text{CMR}} \text{ 越大, 抑制零漂能力越强}$$



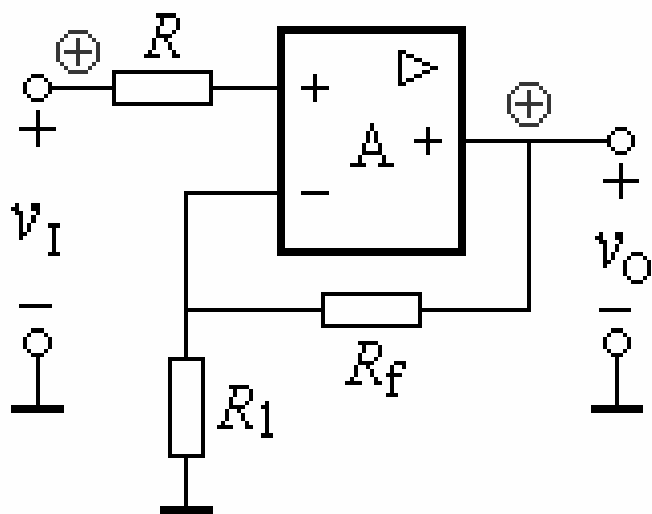
3、了解差动放大电路的相位关系



4、熟练掌握“虚断”、“虚短”（“虚地”）的概念 他们是同时存在的



5、能够熟练运用虚断虚短的概念分析，反相、同相、比例运算电路、加法运算电路，减法运算电路及积分，微分电路。



电压串联负反馈

同相比例运算电路

$$A_{VF} = 1 + (R_f / R_1)$$



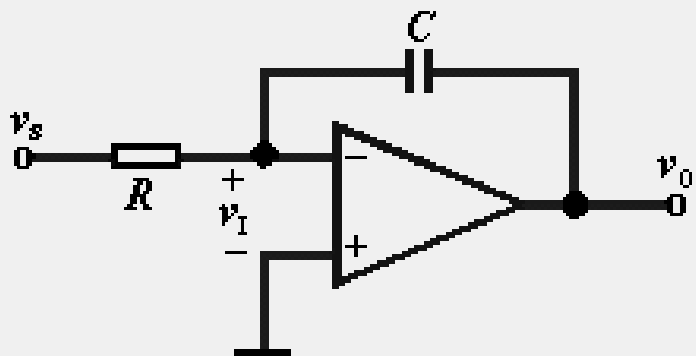


图 8.1.5 积分电路

$$v_o = -\frac{1}{RC} \int v_s dt$$

习题2.3.2; 2.4.7; 2.4.14



第七章（负）反馈放大电路

要求正确理解什么是反馈：把输出回路的电量（电压或电流）反馈送到输入回路的过程

反馈组态的判断

负反馈的判断——用瞬时极性法

三、电流反馈——将放大电路的输出端短路，如果这时反馈信号为0，则是电压反馈，反之，如果反馈信号依然存在，则为电流反馈。

并联反馈——

电压反馈：反馈信号与输入信号加在放大电路输入回路的两个电极，此时反馈信号与输入信号是电压相加减的关系；

电流反馈：反馈信号与输入信号加在放大电路输入回路的同一个电极，此时反馈信号与输入信号是电流相加减的关系；



3、反馈的一般表示法

$$\dot{A}_f = \frac{\dot{A}}{1 + \dot{A}\dot{F}}$$

$$\left| 1 + \dot{A}\dot{F} \right| < 1 \text{ 时} \quad \text{正反馈}$$

$$\left| 1 + \dot{A}\dot{F} \right| > 1 \text{ 时} \quad \text{负反馈}$$

$$\left| 1 + \dot{A}\dot{F} \right| = 0 \text{ 时} \quad \text{自激}$$

4、了解负反馈对电路性能的影响



{ 提高增益的稳定性 减小非线性失真，抑制干扰噪声，扩展通频带（反馈环内）
增大或减小输入、输出电阻（反馈环内）

对输入电阻 串联负反馈：使输入电阻增加
 并联负反馈：使输入电阻减小

对输出电阻 电压负反馈：使输出电阻减小
 电流负反馈：使输出电阻增加

其增加、减小的值均与反馈深度 $(1+AF)$ 有关

能根据改善放大电路性能的要求，在电路中引入适当的反馈，
（若电路中已存在某种反馈，怎样根据新的要求进行修改，达到要求后还应验证是否为负反馈）。



5、熟练掌握在深度负反馈条件下闭环增益的计算

$$A_f \approx \frac{1}{F}$$

6、理解负反馈电路自激条件

$$\dot{A} \dot{F} = -1$$

$$\left| \dot{A} \dot{F} \right| = 1 \quad \arctg \dot{A} \dot{F} = \pm(2n+1)\pi$$

1+AF或AF越大越容易自激。

习题7.1.1; 7.1.2; 7.2.1; 7.4.5; 7.5.2



第八章 功率放大电路

1、了解放大器的三种工作状态

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{甲类: 在整个周期 } I_C \geq 0 \text{ 导通角 } 360^\circ \eta_{\text{高}} = 50\% \\ \text{乙类: 在半个周期 } I_C \geq 0 \text{ 导通角 } 180^\circ \eta_{\text{高}} = 78.5\% \\ \text{甲乙类: 在大半个周期 } I_C \geq 0 \text{ 导通角 } 180^\circ < \theta < 360^\circ \end{array} \right.$$

分析功率放大电路常采用图解法

信号幅度大 \rightarrow 特性曲线 \rightarrow 图解法分析

2、掌握乙类双电源对称放大电路



乙类较甲类的优点
甲乙类较乙类的优点

组成:乙类推挽形式

计算:

$$\begin{aligned} \text{输出功率} \quad P_0 &= \frac{1}{2} \frac{V_{om}^2}{R_L} & P_{0m} &= \frac{1}{2} \frac{V_{CC}^2}{R_L} \\ \text{管耗} \quad P_T &= P_V - P_O \\ \text{直流供电功率} \quad P_V &= \frac{2V_{CC}V_{Om}}{\pi R_L} \\ \text{效率} \quad h &= \frac{p}{4} \times \frac{V_{om}}{V_{CC}} \end{aligned}$$

功放管的选择

$P_{T1m} = 0.2P_{Om}$ 管耗最大时

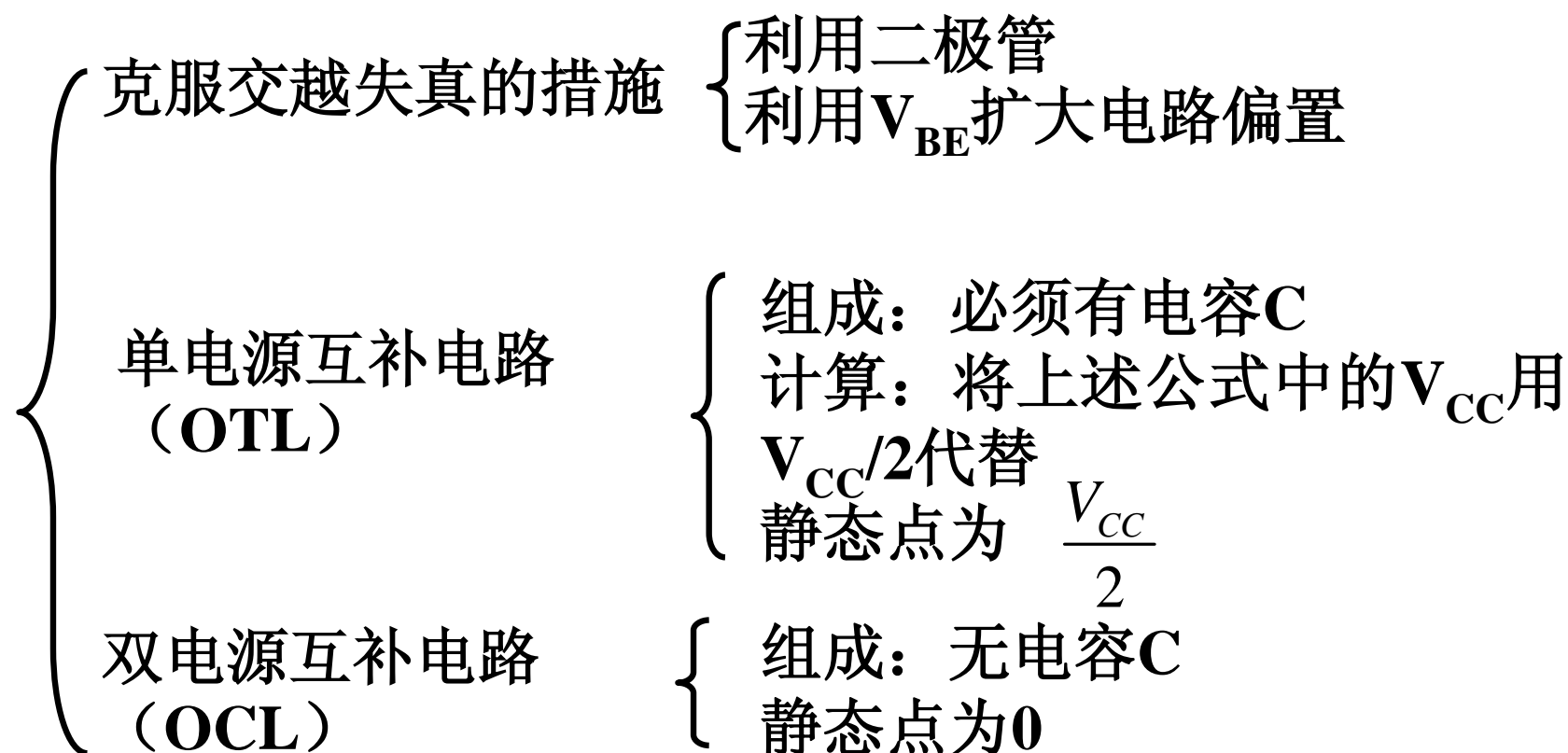
$V_{om} = 0.6V_{CC}$

$V_{(BR)CEO} > 2V_{CC}$

$I_{cM} > V_{CC}/R_L$



3、掌握甲乙类对称功率放大电路 (为克服交越失真)



习题8.3.3; 8.3.4; 8.4.1; 8.4.5



第九章 信号产生电路

1、了解有源滤波电路的功能，种类：

高通、低通、带通、带阻滤波电路

2、熟练掌握正弦波振荡电路的振荡条件和RC桥式正弦波振荡电路的电路组成，振荡频率、了解稳幅措施。

振荡条件 $A\dot{F}=1$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{振幅平衡条件} \quad \left| \dot{A} \dot{F} \right| = 1 \\ \text{相位平衡条件} \quad \angle \dot{A} + \angle \dot{F} = 2n\pi \end{array} \right.$$

RC桥式振荡电路的组成，P437图9.6.1（RC串并联网络的作用）

振荡频率 $\omega_0 = 1/RC$ ， $F=1/3$

稳幅措施： R_f 为负温， R_1 为正温



- 3、正确理解变压器反馈式，电容三点式，电感三点式LC正弦波振荡电路的结构和工作原理
- 4、了解石英晶体正弦振荡电路的工作原理及特点
- 5、能够利用相位平衡条件判断电路是否振荡。

习题9.6.1; 9.6.2; 9.7.1; 9.7.2;



第十章 直流稳压电源

- 1、了解直流电源电路的组成
- 2、理解单相桥式整流电路的组成，工作原理，主要参数

(输出电压平均值 $V_L = 0.9V_2$ ，每个整流管的电流平均值 $1/2I_L$ ，及所承受的最大反向电压值 $\sqrt{2}V_2$)

整流管开路、短路的故障情况

- 3、掌握单相桥式电容滤波电路的工作原理和输出电压的估算

$$V_L = (1.1—1.2) V_2$$

$$\text{空载时 } V_C = \sqrt{2}V_2$$

- 4、掌握稳压电路的工作原理



{ 稳压管稳压 在第三章作了介绍，注意限流电阻的选择
串联反馈型稳压电路、组成输出电压的调节及稳压原理

5、了解整流，滤波（电容滤波）的输出电压波形

习题10.1.3; 10.2.4; 10.2.6

