

ch1. 电路基本理论

考试内容:

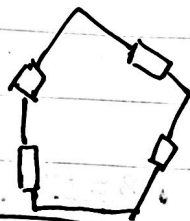
(1) KCL KVL 网孔电流 节点电压

KCL

KVL



$$\sum I_k = 0$$



$$\sum U_k = 0$$

省略了节点的KCL方程

以节点电位子KCL

网孔电流法

节点电压法

(2) 叠加原理: 求各独立源单独作用时产生的响应之和

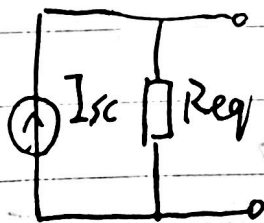
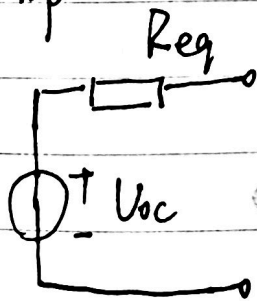
独立源置零方法: $\left\{ \begin{array}{l} \text{电压源: 短路} \\ \text{电流源: 开路} \end{array} \right.$

★ 受控源不置零. 叠加原理仅置零独立源

(3) 等效电源定理

戴维南

诺顿



求 V_{oc} , R_{eq} , I_{sc} 的方法 $\left\{ \begin{array}{l} \text{外加激励法} \rightarrow V_{oc}, R_{eq} \\ \text{开路短路法} \rightarrow V_{oc}, I_{sc} \end{array} \right.$

开路短路法 $\rightarrow V_{oc}, I_{sc}$

$$I_{sc} \cdot R_{eq} = V_{oc}$$

(4) 一阶RC电路的响应

要素法: $f(t) = f(\infty) + [f(0^+) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$
 其中 $\tau = R_{eq}C$

(5) 正弦稳态分析

• 相量表示

• 阻抗: 电感: $j\omega L$ 电容: $\frac{1}{j\omega C}$

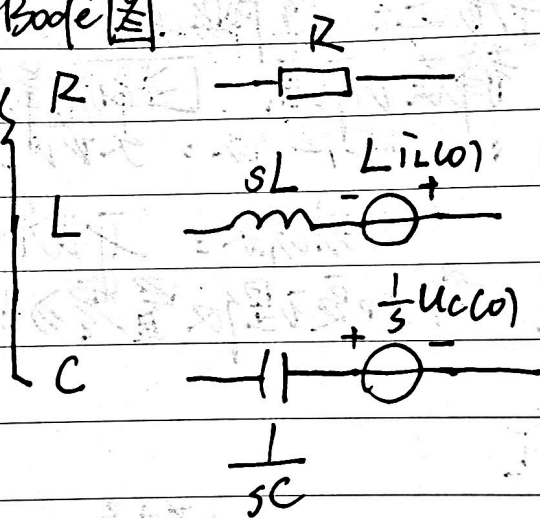
$u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

$\dot{U}_m = U_m e^{j\varphi} = U_m \cos\varphi + jU_m \sin\varphi = U_m \angle \varphi$

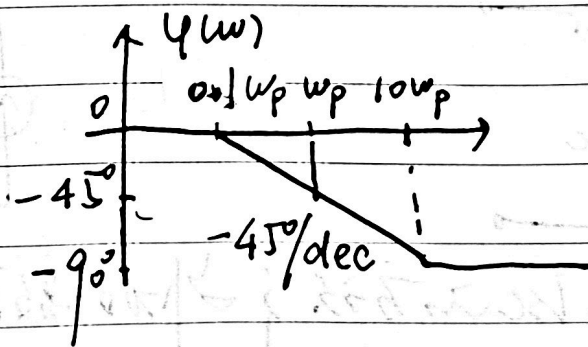
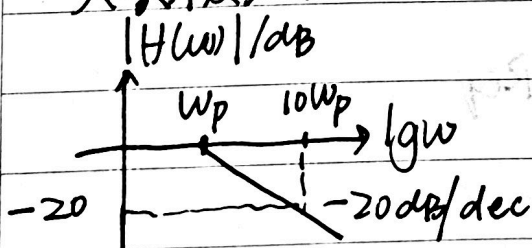
★ 注意题目中是有效值还是最大值

(6) 复频域分析和Bode图

• 拉普拉斯变换:

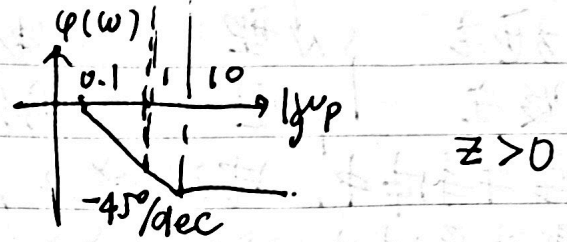
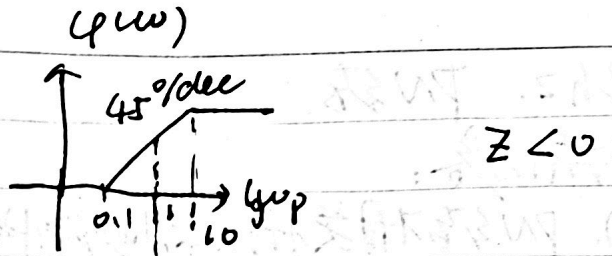
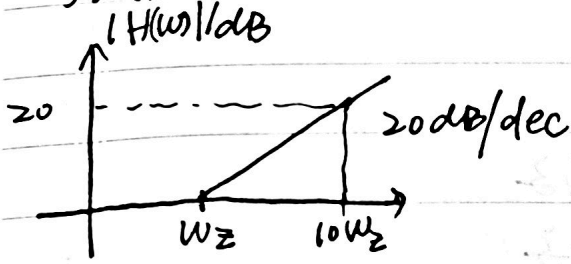


• 复数极点

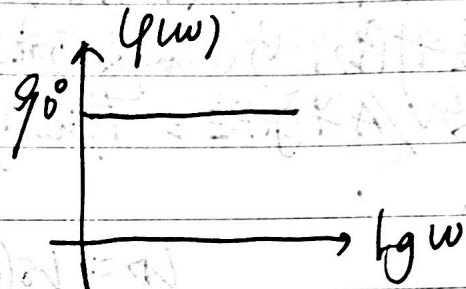
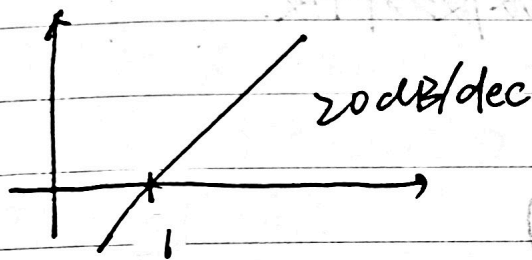


★ ω_p 为 3dB 截止频率

• 实零点 ($z \neq 0$)



• $z = 0$.



题型: ① 电路大题 样卷二

作业 1.11, 1.17, 1.18(b), 1.31, 1.32, 1.33, 1.34, 1.35

② BJT/MOS 静态工作点 样卷三(1)

③ 运放 样卷六七八

④ Bode图, 3dB截止频率分析 例1题

作业 1.14

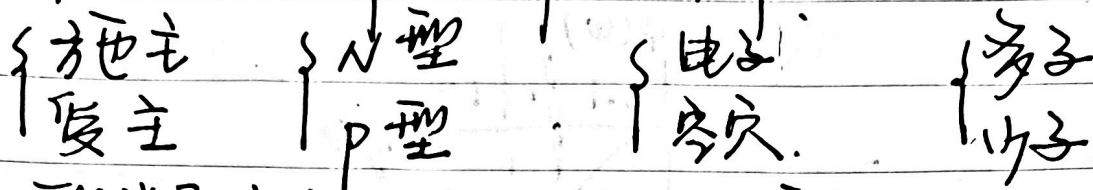
⑤ 正弦稳态和一阶RC

作业 1.37, 1.40, 1.42, 1.43, 1.44

Ch2. PN结

考试内容:

1) PN结相关概念和基本性质.

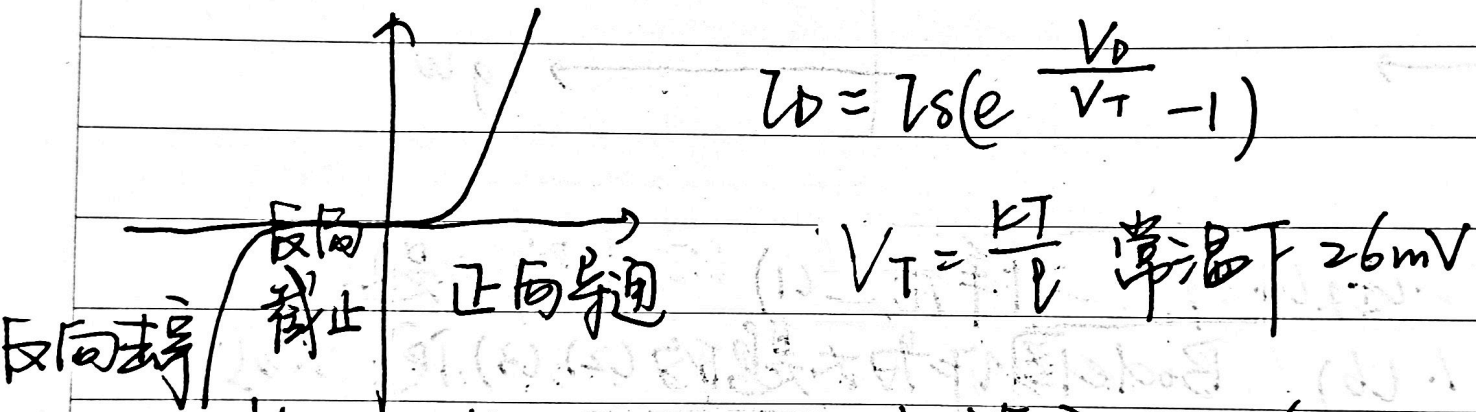


N型半导体中, 电子为多子, 空穴为少子

P型半导体中, 空穴为多子, 电子为少子

随温度升高, 少子浓度迅速增加, 多子浓度基本不变.

2) PN结的V/A特性: 肖克利方程



3) 整流、滤波、稳压 (二极管应用电路)

题型: ① 填空 (样卷-1)

② 大题. 二极管应用电路

作业 11.2 11.3 11.6

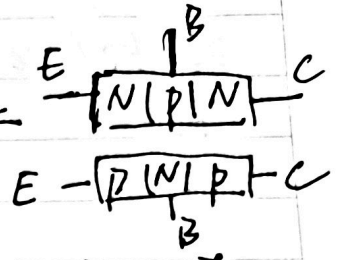
Ch3. BJT/MOS 放大电路

考试为序

(1) BJT

(1) 静态工作点

工作状态: 放大/饱和/截止
[两个PN结偏置]



偏置 { 恒流式
分压式

戴维南等效后, 设处于放大状态 ($V_{BE} = 0.7V$)
 $I_C = \beta I_B, I_E = I_C + I_B$. 列KVL求出 V_{CE}, I_{EQ} .

满足发射结正偏 $\Rightarrow V_{BE} < 0.7V$ (或 $V_{CE} > 0.7V$) 确实处于放大状态.
 集电结反偏

(2) 交流分析

小信号模型: r_b 基区体电阻, $r_e = \frac{V_T}{I_{EQ}}$, $h_{ie} = r_b + \beta r_e$ 接在B、E之间

($I_C = \beta I_B$) 受控源 βI_B 接在B、C之间由C \rightarrow E
 V_{CC} 为交流地.

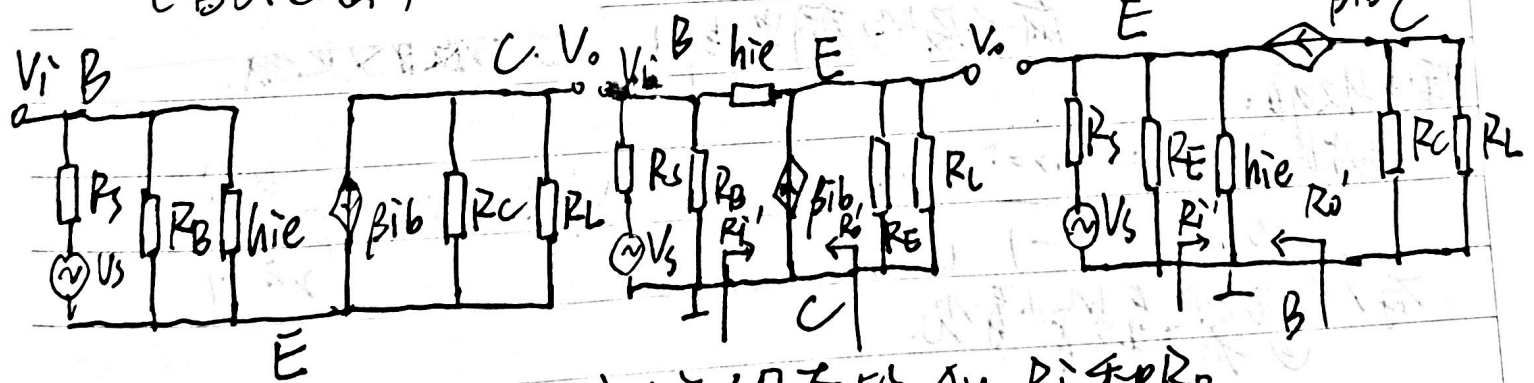
旁路/耦合电容直流开路, 交流短路

根据以上规则画出以下三种组态的小信号模型:

CE
(B入C出)

CC
(B入E出)

CB
(E入C出)



根据端口特性法, 求出各组态的 A_v, R_i 和 R_o

射极跟随器

$$A_v = -\frac{\beta(R_C \parallel R_L)}{h_{ie}}$$

$$A_v = \frac{(1+\beta)(R_E \parallel R_L)}{h_{ie} + (1+\beta)(R_E \parallel R_L)} \approx 1 \quad A_v = \frac{(R_C \parallel R_L)}{h_{ie}}$$

$$R_i = R_B \parallel h_{ie}$$

$$R_i = R_B \parallel R_i'$$

$$R_i = R_E \parallel R_i'$$

$$R_o = R_C$$

$$R_i' = (1+\beta)(R_E \parallel R_L) + h_{ie} \text{ (很大)}$$

$$R_i' = \frac{h_{ie}}{\beta+1} \text{ (很小)}$$

$$R_o = R_E \parallel R_o'$$

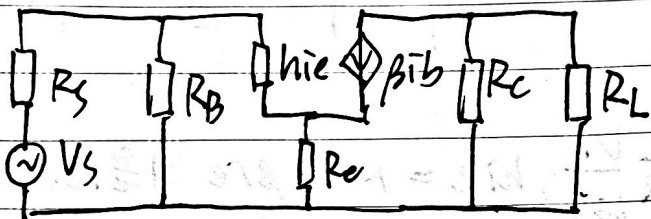
$$R_o = R_C$$

$$R_o' = \frac{h_{ie} + R_B \parallel R_B \text{ (很小)}}{(1+\beta)}$$

$$A_v < 1$$

不具备电流放大能力

补充: E级串小电阻 R_e



$$A_v = -\frac{\beta(R_C \parallel R_L)}{h_{ie} + \beta R_e} \approx \frac{R_C \parallel R_L}{R_e + R_e} \Rightarrow \text{消除 } \beta \text{ 对 } A_v \text{ 的影响}$$

$R_i = R_B \parallel (h_{ie} + (1+\beta)R_e)$ 增大了输入电阻.

(2) 频率特性和多级放大.

① 多级放大:

$$A_v = A_{v1} \dots A_{vn} \quad R_i = R_{i1} \quad R_o = R_{on}$$

后一级的输入电阻作为上级的负载.

带宽收缩:

高频: $\omega_{h1} = \omega_{h2} = \dots = \omega_{hn}$

低频: $\omega_{l1} = \frac{\omega_{l1}}{\sqrt{2^{1/n} - 1}}$

$$\omega_{h1} = \sqrt{2^{1/n} - 1} \omega_{hi}$$

有1个主极点的情况.

② 频率特性: 低频 (耦合/耦合 C) $\omega_u = \frac{1}{(R_s + h_{ie}) C_1}$

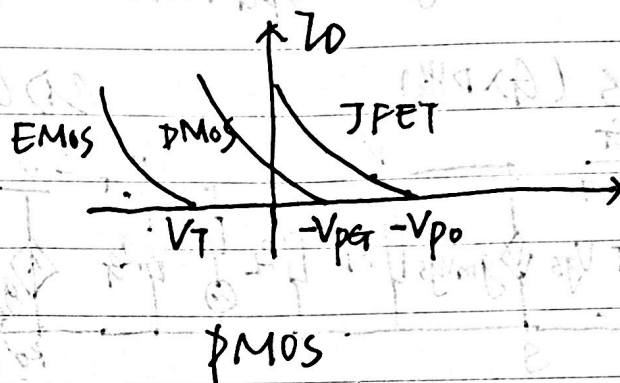
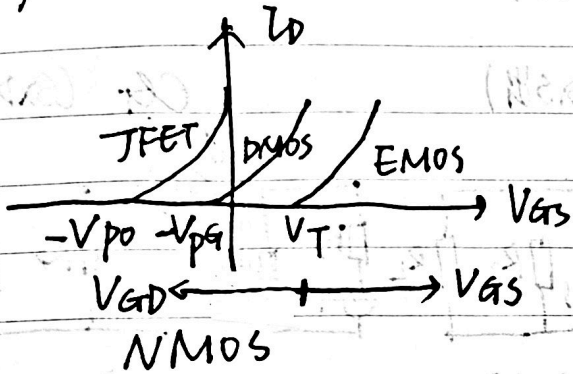
(二). 场效应管.

(1) 静态分析:

JFET: $I_D = K_C (V_{GS} + V_{P0})^2 = I_{DSS} (1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}})^2$

增强型 MOS: $I_D = K_n (V_{GS} - V_T)^2 = I_{D0} (\frac{V_{GS}}{V_T} - 1)^2$

耗尽型 MOS: $I_D = K_n (V_{GS} + V_{P0})^2 = I_{D0} (1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}})^2$



关于 V_{P0} , V_T , V_{PG} 的正负以及 FET 工作状态的判断:

对于不同的书, V_{P0} , V_{PG} , V_T 有不同的符号和正负, 因此在列方程时不要死记硬背公式, 只需看上面的图来判断列出的二次函数对称轴位置即可.

例如. 已知 JFET $V_{P0} = 1V$. 列方程 $I_D = K_C (V_{GS} + 1)^2$ 对称轴在 x 轴负半轴. 已知 EMOS $V_T = 2$. 列方程 $I_D = K_n (V_{GS} - 2)^2$ 对称轴在 x 轴正半轴.

工作状态判断: V_{GS} 向有电流的方向 (饱和条件) V_{GD} 向没有电流的方向 (预夹断)

举例: 对 N 型 $V_{GS} > V_T$ 则工作在饱和状态
EMOS $V_{GD} < V_T$

解题步骤: 设饱和. 列 $I_{DQ} = K_C (V_{GS} \pm V_P)^2$ 解出 I_{DQ} 和 V_{GS} .
列 $I_D = I_{DQ}$ 含 V_{GS} 和 I_{DQ} 的 KVL
求 V_{GD} (V_{DS}) \rightarrow 确定处在饱和状态

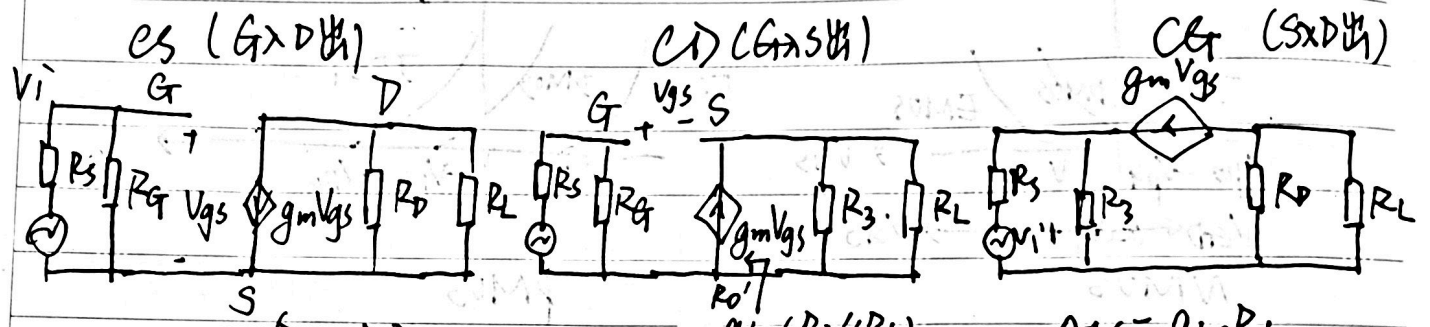
(2) 交流分析:

小信号模型: G极连接. V_{GS} 开路 $\diamond gmV_{GS} \rightarrow D \rightarrow S$

JFET: $g_m = \frac{2}{V_{PO}} \sqrt{I_{DQ} I_{DQmax}}$

EMOS: $g_m = \frac{2}{V_T} \sqrt{I_{DQ} I_{DQmax}} = \sqrt{2\mu C k_n}$

DMOS: $g_m = \frac{2}{V_{PG}} \sqrt{I_{DQ} I_{DQmax}} = 2\sqrt{2\mu C k_n}$



$A_v = -g_m(R_D || R_L)$

$R_i = R_G$

$R_o = R_D$

$A_v = \frac{g_m(R_D || R_L)}{1 + g_m(R_D || R_L)}$

$R_i = R_G$

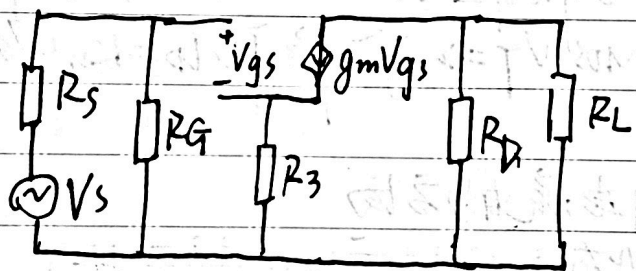
$R_o = \frac{1}{g_m} || R_D \approx \frac{1}{g_m}$

$A_v = g_m R_L$

$R_i = R_D || \frac{1}{g_m}$

$R_o = R_D$

S级串小电阻



$A_v = -\frac{g_m(R_D || R_L)}{1 + g_m R_3}$

$R_i = R_G, R_o = R_D$

CS → CE

CD → CC

CG → CB

题型: (1) 填空. (2) 工作点. 组态(性质)

(2) 大题. BJT. MOS 放大电路

作业 Ch3

样卷一 (2) (4)

样卷三. (19)

Ch4. 差分放大

考试内容:

(1) 基本概念: 差分放大 + 直接耦合 $\xrightarrow{\text{抑制}}$ 温漂 / 零漂

差分增益 $A = \frac{V_o}{V_{i1} - V_{i2}} = \frac{A_c V_c + A_d V_d}{2V_d} = \frac{1}{2} \frac{A_c V_c}{V_d} + \frac{1}{2} A_d \approx \frac{1}{2} A_d$

共模增益 $A_c = \frac{V_{oc}}{V_c}$ 单端输出 $A_c = A_{c\text{半}}$

双端输出 $A_c = 0$

↓
{ 双 → $A_{d\text{半}}$
 单 → $\frac{1}{2} A_{d\text{半}}$

差模增益 $A_d = \frac{V_{od}}{V_d}$ 单端输出 $A_d = A_{d\text{半}}$

双端输出 $A_d = 2A_{d\text{半}}$

共模抑制比 $CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$ (双端 $CMRR = \infty$)

(2) 半电路分析法: 共模开路, 差模交流接地.

题型: (1) 填空. 样卷 - 3.7

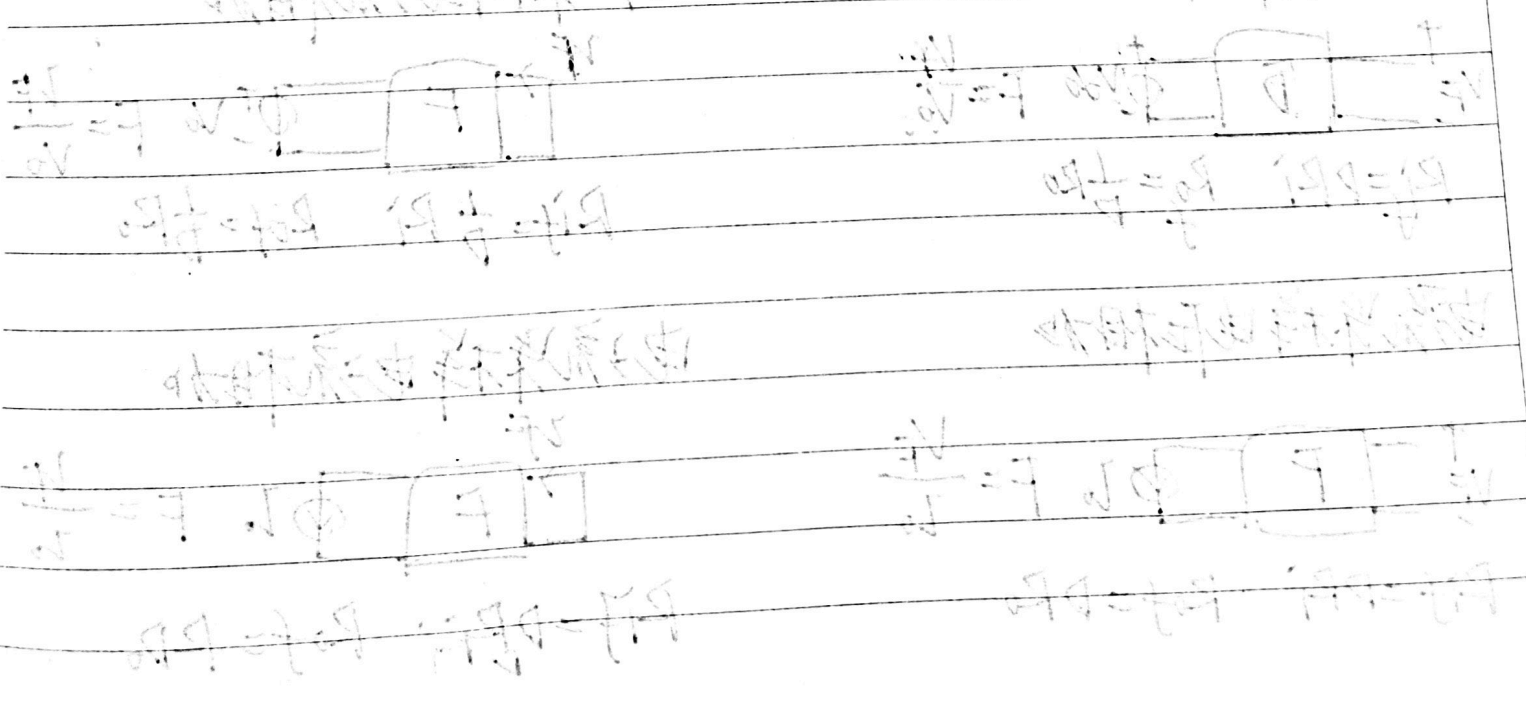
(2) 大题. 作业 4.5

注意题目中间的是什么.

题目中为双端输出. (1) 中间的是 A 和 A_c

$A = A_{d\text{半}}, A_c = 0, CMRR = \infty$

特别注意, 半电路的E级串电阻.

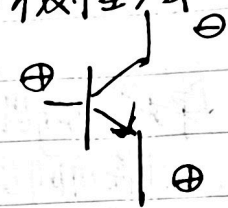


ch5. 负反馈.

考试内容:

(1) 负反馈的判断: 瞬时极性法

C. B. E 三极相位关系:



可以结合 CE. CC. CB 输出的正负号记忆.

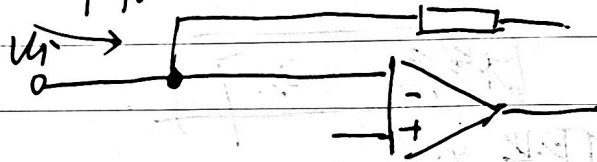
纯电阻网络不改变极性.

(2). 四种反馈类型

① 判断.

输入端与反馈网络串联 → 电压相加

并联 → 电流相加.



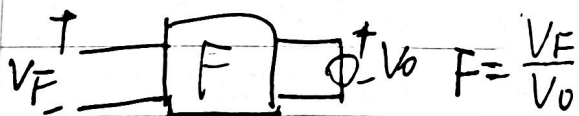
输出端与反馈网络串联 → 电流采样

并联 → 电压采样

② 对电路性能的影响和反馈网络电路图.

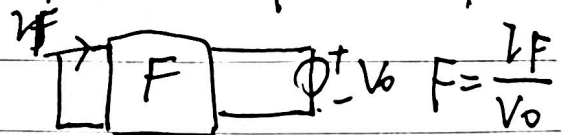
电压采样电压相加

电压采样电流相加



$$F = \frac{V_F}{V_o}$$

$$R_{if} = D R_i \quad R_{of} = \frac{1}{D} R_o$$

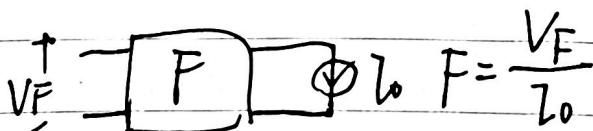


$$F = \frac{I_F}{V_o}$$

$$R_{if} = \frac{1}{D} R_i \quad R_{of} = \frac{1}{D} R_o$$

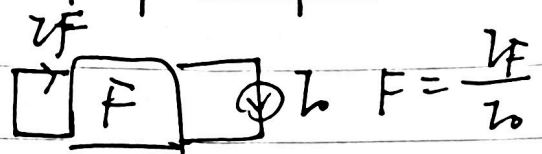
电流采样电压相加

电流采样电流相加



$$F = \frac{V_F}{I_o}$$

$$R_{if} = D R_i \quad R_{of} = D R_o$$



$$F = \frac{I_F}{I_o}$$

$$R_{if} = \frac{1}{D} R_i \quad R_{of} = R_o$$

跟 V 相关. 希望 R_i 大. R_o 小. 跟 I 相关. 希望 R_i 小. R_o 大
负反馈可以改善电路性能. 但 $A_f = \frac{A_0}{1+A_0F}$ 牺牲了增益.

题型: (1) 填空. 样卷一. 五

(2) 负反馈大题. 样卷五
作业 5.10.

Ch6. 模拟运算电路 + Ch7. 信号处理电路 + Ch8 信号发生电路.

考试内容:

(1) 运算放大器的应用电路.

功放: 处在负反馈条件下. 有

$$\text{虚短: } V_+ = V_-$$

$$\text{虚断: } I_+ = I_- = 0$$

之后列 KCL, KVL 解出 U_o 和 U_i 关系即可.

题型: 大题: 样卷六. 七. 八.