

全国重点名校系列

新版

# 全国硕士研究生招生考试 考研专业课精品资料

【电子书】2024年北京大学

816电子线路考研精品资料

策划：辅导资料编写组

真题汇编 直击考点  
考研笔记 突破难点  
核心题库 强化训练  
模拟试题 查漏补缺

高分子长学姐推荐



## 【初试】2024 年北京大学 816 电子线路考研精品资料

**说明：本套考研资料由本机构多位高分研究生潜心整理编写，2024 年考研初试首选资料。**

### 一、北京大学 816 电子线路考研真题汇编

1. 北京大学 816 电子线路 1999-2008、(回忆版) 2012-2014 年考研真题；其中 1999 有答案。

说明：分析历年考研真题可以把握出题脉络，了解考题难度、风格，侧重点等，为考研复习指明方向。

### 二、2024 年北京大学 816 电子线路考研资料

2. 《模拟电子技术基础》考研相关资料

#### (1) 《模拟电子技术基础》[笔记+课件+提纲]

①2024 年北京大学 816 电子线路之《模拟电子技术基础》考研复习笔记。

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段必备资料。

②2024 年北京大学 816 电子线路之《模拟电子技术基础》本科生课件。

说明：参考书配套授课 PPT 课件，条理清晰，内容详尽，非本校课件，版权归制作教师，本项免费赠送。

③2024 年北京大学 816 电子线路之《模拟电子技术基础》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

#### (2) 《模拟电子技术基础》考研题库[仿真+强化+冲刺]

①2024 年北京大学 816 电子线路考研专业课五套仿真模拟题。

说明：严格按照本科目最新专业课真题题型和难度出题，共五套全仿真模拟试题含答案解析。

②2024 年北京大学 816 电子线路考研强化五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课强化检测使用。共五套强化模拟题，均含有详细答案解析，考研强化复习必备。

③2024 年北京大学 816 电子线路考研冲刺五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课冲刺检测使用。共五套冲刺预测试题，均有详细答案解析，最后冲刺必备资料。

3. 《电路分析原理》考研相关资料

#### (1) 《电路分析原理》考研核心题库(含答案)

①2024 年北京大学 817 环境科学概论之《电路分析原理》考研核心题库精编。

说明：本题库涵盖了该考研科目常考题型及重点题型，根据历年考研大纲要求，结合考研真题进行的分类汇编并给出了详细答案，针对性强，是考研复习首选资料。

#### (2) 《电路分析原理》考研题库[仿真+强化+冲刺]

①2024 年北京大学 817 环境科学概论之电路分析原理考研专业课五套仿真模拟题。

说明：严格按照本科目最新专业课真题题型和难度出题，共五套全仿真模拟试题含答案解析。

②2024 年北京大学 817 环境科学概论之电路分析原理考研强化五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课强化检测使用。共五套强化模拟题，均含有详细答案解析，考研强化复习必备。

③2024 年北京大学 817 环境科学概论之电路分析原理考研冲刺五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课冲刺检测使用。共五套冲刺预测试题，均有详细答案解析，最后冲刺必备资料。

### 三、资料全国统一零售价

#### 4. 本套考研资料包含以上一、二部分（不含教材），全国统一零售价：[¥]

##### 特别说明：

①本套资料由本机构编写组按照考试大纲、真题、指定参考书等公开信息整理收集编写，仅供考研复习参考，与目标学校及研究生院官方无关，如有侵权、请联系我们将立即处理。

②资料中若有真题及课件为免费赠送，仅供参考，版权归属学校及制作老师，在此对版权所有者表示感谢，如有异议及不妥，请联系我们，我们将无条件立即处理！

#### 四、2024 年研究生入学考试指定/推荐参考书目（资料不包括教材）

##### 5. 北京大学 816 电子线路考研初试参考书

《电路分析原理》胡薇薇，清华大学出版社，2018 年

《模拟电子技术基础》第四版，童诗白、华职，高等教育出版社，2006 年

《数字设计:原理与实践》，J.F. Wakerly,英文原版/中译本；高等教育/机械工业出版社

#### 五、本套考研资料适用学院和专业

电子学院：电路与系统/通信与信息系统/信号与信息处理

##### 版权声明

编写组依法对本书享有专有著作权，同时我们尊重知识产权，对本电子书部分内容参考和引用的市面上已出版或发行图书及来自互联网等资料的文字、图片、表格数据等资料，均要求注明作者和来源。但由于各种原因，如资料引用时未能联系上作者或者无法确认内容来源等，因而有部分未注明作者或来源，在此对原作者或权利人表示感谢。若使用过程中对本书有任何疑问请直接联系我们，我们会在第一时间与您沟通处理。

因编撰此电子书属于首次，加之作者水平和时间所限，书中错漏之处在所难免，恳切希望广大考生读者批评指正。

## 目录

封面.....	1
目录.....	4
<b>2024 年北京大学 816 电子线路备考信息.....</b>	<b>7</b>
北京大学 816 电子线路考研初试参考书目 .....	7
北京大学 816 电子线路考研招生适用院系 .....	7
<b>北京大学 816 电子线路历年真题汇编 .....</b>	<b>8</b>
北京大学 816 电子线路 1999 年考研真题（暂无答案） .....	8
北京大学 816 电子线路 1999 年考研真题参考答案.....	11
北京大学 816 电子线路 2000 年考研真题（暂无答案） .....	12
北京大学 816 电子线路 2001 年考研真题（暂无答案） .....	16
北京大学 816 电子线路 2002 年考研真题（暂无答案） .....	19
北京大学 816 电子线路 2003 年考研真题（暂无答案） .....	22
北京大学 816 电子线路 2004 年考研真题（暂无答案） .....	26
北京大学 816 电子线路 2005 年考研真题（暂无答案） .....	30
北京大学 816 电子线路 2006 年考研真题（暂无答案） .....	34
北京大学 816 电子线路 2007 年考研真题（暂无答案） .....	39
北京大学 816 电子线路 2008 年考研真题（暂无答案） .....	44
北京大学 816 电子线路回忆版 2012 年考研真题（暂无答案） .....	50
北京大学 816 电子线路回忆版 2013 年考研真题（暂无答案） .....	52
北京大学 816 电子线路回忆版 2014 年考研真题（暂无答案） .....	55
<b>2024 年北京大学 816 电子线路考研核心笔记 .....</b>	<b>60</b>
<b>《模拟电子技术基础》考研核心笔记 .....</b>	<b>60</b>
第 1 章 半导体基础知识 .....	60
考研提纲及考试要求 .....	60
考研核心笔记.....	60
第 2 章 基本放大电路 .....	68
考研提纲及考试要求 .....	68
考研核心笔记.....	68
第 3 章 集成运算放大电路 .....	92
考研提纲及考试要求 .....	92
考研核心笔记.....	92
第 4 章 放大电路的频率响 .....	112
考研提纲及考试要求 .....	112
考研核心笔记.....	112
第 5 章 放大电路的反馈 .....	124

考研提纲及考试要求 .....	124
考研核心笔记 .....	124
第 6 章 信号的运算和处理 .....	132
考研提纲及考试要求 .....	132
考研核心笔记 .....	132
第 7 章 波形的发生和信号的转换 .....	145
考研提纲及考试要求 .....	145
考研核心笔记 .....	145
第 8 章 功率放大电路 .....	149
考研提纲及考试要求 .....	149
考研核心笔记 .....	149
第 9 章 直流电源 .....	160
考研提纲及考试要求 .....	160
考研核心笔记 .....	160
第 10 章 模拟电子电路读图 .....	170
考研提纲及考试要求 .....	170
考研核心笔记 .....	170
<b>2024 年北京大学 816 电子线路考研辅导课件 .....</b>	<b>176</b>
《模拟电子技术基础》考研辅导课件 .....	177
<b>2024 年北京大学 816 电子线路考研复习提纲 .....</b>	<b>274</b>
《模拟电子技术基础》考研复习提纲 .....	275
<b>2024 年北京大学 816 电子线路考研核心题库 .....</b>	<b>282</b>
《电路分析原理》考研核心题库之计算题精编 .....	282
<b>2024 年北京大学 816 电子线路考研题库[仿真+强化+冲刺] .....</b>	<b>339</b>
北京大学 816 电子线路之模拟电子技术基础考研仿真五套模拟题 .....	339
2024 年模拟电子技术基础五套仿真模拟题及详细答案解析（一） .....	339
2024 年模拟电子技术基础五套仿真模拟题及详细答案解析（二） .....	353
2024 年模拟电子技术基础五套仿真模拟题及详细答案解析（三） .....	366
2024 年模拟电子技术基础五套仿真模拟题及详细答案解析（四） .....	380
2024 年模拟电子技术基础五套仿真模拟题及详细答案解析（五） .....	393
北京大学 816 电子线路之模拟电子技术基础考研强化五套模拟题 .....	410
2024 年模拟电子技术基础五套强化模拟题及详细答案解析（一） .....	410
2024 年模拟电子技术基础五套强化模拟题及详细答案解析（二） .....	422
2024 年模拟电子技术基础五套强化模拟题及详细答案解析（三） .....	437
2024 年模拟电子技术基础五套强化模拟题及详细答案解析（四） .....	450
2024 年模拟电子技术基础五套强化模拟题及详细答案解析（五） .....	464
北京大学 816 电子线路之模拟电子技术基础考研冲刺五套模拟题 .....	475

2024 年模拟电子技术基础五套冲刺模拟题及详细答案解析（一） .....	475
2024 年模拟电子技术基础五套冲刺模拟题及详细答案解析（二） .....	487
2024 年模拟电子技术基础五套冲刺模拟题及详细答案解析（三） .....	501
2024 年模拟电子技术基础五套冲刺模拟题及详细答案解析（四） .....	515
2024 年模拟电子技术基础五套冲刺模拟题及详细答案解析（五） .....	533
北京大学 816 电子线路之电路分析原理考研仿真五套模拟题.....	547
2024 年电路分析原理五套仿真模拟题及详细答案解析（一） .....	547
2024 年电路分析原理五套仿真模拟题及详细答案解析（二） .....	559
2024 年电路分析原理五套仿真模拟题及详细答案解析（三） .....	569
2024 年电路分析原理五套仿真模拟题及详细答案解析（四） .....	578
2024 年电路分析原理五套仿真模拟题及详细答案解析（五） .....	589
北京大学 816 电子线路之电路分析原理考研强化五套模拟题.....	600
2024 年电路分析原理五套强化模拟题及详细答案解析（一） .....	600
2024 年电路分析原理五套强化模拟题及详细答案解析（二） .....	610
2024 年电路分析原理五套强化模拟题及详细答案解析（三） .....	618
2024 年电路分析原理五套强化模拟题及详细答案解析（四） .....	627
2024 年电路分析原理五套强化模拟题及详细答案解析（五） .....	637
北京大学 816 电子线路之电路分析原理考研冲刺五套模拟题.....	647
2024 年电路分析原理五套冲刺模拟题及详细答案解析（一） .....	647
2024 年电路分析原理五套冲刺模拟题及详细答案解析（二） .....	658
2024 年电路分析原理五套冲刺模拟题及详细答案解析（三） .....	669
2024 年电路分析原理五套冲刺模拟题及详细答案解析（四） .....	679
2024 年电路分析原理五套冲刺模拟题及详细答案解析（五） .....	689

## 2024 年北京大学 816 电子线路备考信息

### 北京大学 816 电子线路考研初试参考书目

《电路分析原理》胡薇薇，清华大学出版社，2018 年

《模拟电子技术基础》第四版，童诗白、华贻，高等教育出版社，2006 年

《数字设计：原理与实践》，J.F. Wakerly，英文原版/中译本；高等教育/机械工业出版社

### 北京大学 816 电子线路考研招生适用院系

电子学院：电路与系统/通信与信息系统/信号与信息处理

考研云分享  
kaoyany.top

北京大学 816 电子线路历年真题汇编

北京大学 816 电子线路 1999 年考研真题（暂无答案）

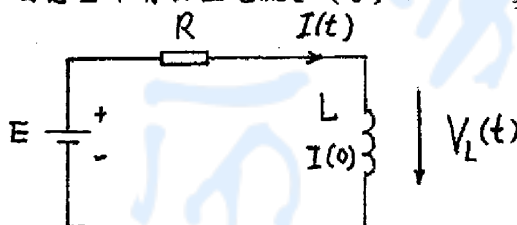
**启用前机密** 北京大学 1999 年研究生入学考试试题

考试科目：电子线路  
招生专业：无线电电子学、声学  
指导老师：  
试题：

考试时间：99.2.1 上午  
研究方向：

**模拟电路**

一、(10分)在附图中E为直流电动势，自感L中有初值电流I(0)，求自感上的电压 $V_L(t)$ 的表达式，并画出 $V_L(t)-t$ 的关系图。



二、(8分)求拉氏变换象函数  $F(s) = \frac{4}{s^2 + 5s + 4}$  对应的原函数  $f(t) = ?$

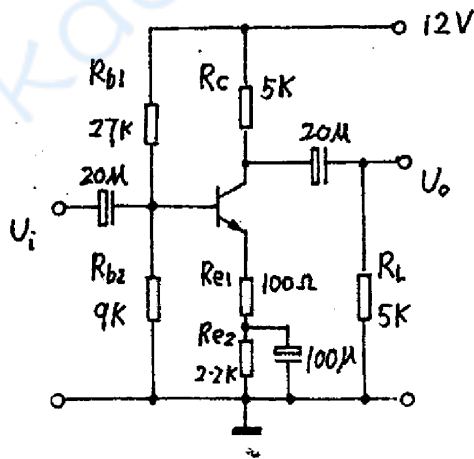
三、(12分)用理想集成放大器实现以下电路，请画出电路原理图，并给出必要的元件数值

- (1)  $V_o = V_i$ ; (2)  $V_o = 2V_1 - 3V_2$ ;  
(3) 对数运算电路; (4) 积分运算电路。

四、(10分)附图中 NPN 晶体管的  $h_{ie} = 1K\Omega$ ,  $h_{re} = 0$ ,  $1/h_{oe} = 500K\Omega$ ,  $\beta = 100$ ,  $V_{be} = 0.7V$  在 10% 的误差之内计算

- (1)  $I_{CQ} = ?$   
(2)  $V_{CEQ} = ?$

(3) 低频电压增益  $K_v = \frac{U_o}{U_i} = ?$





五、(10分)以220V交流市电为输入,设计一个输出电压 $V_0$ 为8-12V,输出电流最大为1A的直流稳压电源。

- (1) 画出包括反馈式串联调整管的电路原理图(不要求保护电路)
- (2) 说明如何保证 $V_0$ 从8V至12V可调?
- (3) 简要说明对调整管的要求。

六、(10分)设计一个文氏桥振荡器

- (1) 画出电路原理图,简要说明振荡原理(不要求定元件数值)
- (2) 简要说明振荡频率如何确定,如何实现频率连续可调(给出一种方案)
- (3) 如何实现振荡波形的稳幅(给出一种方案)

### 数字逻辑电路部分

一、证明下列各式(每小题2.5分)

$$A \oplus B \oplus C = A \odot B \odot C$$

$$\sum m(2, 3, 4, 5, 8, 9, 14, 15) = A \oplus B \oplus C$$

$$\sum_{i=0}^{2^n-1} \alpha_i m_i = \alpha_0 m_0 \oplus \alpha_1 m_1 \oplus \dots \oplus \alpha_{2^n-1} m_{2^n-1}$$

$$A \cdot B = A \odot B \odot (A + B)$$

二、用函数法化简下列函数为最简与-或式(每小题2.5分)

$$1. F = \sum_m(0, 1, 4, 5, 7)$$

$$2. F = \bar{C}\bar{B}\bar{A} + DC\bar{A} + \bar{D}\bar{B}\bar{A} + DA + CA$$

$$3. F = \prod_M(0, 1, 6, 7)$$

$$4. F = AB + A\bar{C} + \bar{B}C + B\bar{C} + \bar{B}D + B\bar{D} + ADE(F+G)$$

三、(10分)试用与非门组成一逻辑电路,输入为四位二进制数 $A = A_3A_2A_1A_0$ ,输出也是四位二进制数 $B = B_3B_2B_1B_0$ 和进位数 $C$ ,且满足下列条件:

- 1、当 $A < 1010$ 时, $B = A, C = 0$ ;
- 2、当 $A > 1010$ 时, $B = A + 0110, C = 1$

北京大学 1999 年研究生入学考试试题(续页)

四、(10分)按附表设计一个七进制计数器(用 D 触发器)

- (1) 写出该电路的逻辑函数,并画出它的逻辑图;
- (2) 说明它有几种多余态,若电路处于多余态会出现什么现象?

n	Q2	Q1	Q0
0	0	0	1
1	1	0	0
2	0	1	0
3	1	0	1
4	1	1	0
5	1	1	1
6	0	1	1

北京大学 816 电子线路 1999 年考研真题参考答案

北京大学 1999 年研究生入学考试试题参考答案  
电子线路

一. 解: 由电路可知:  $I(t) = \frac{E - V_L(t)}{R}$ , 而由电感的电流、电压关系有:

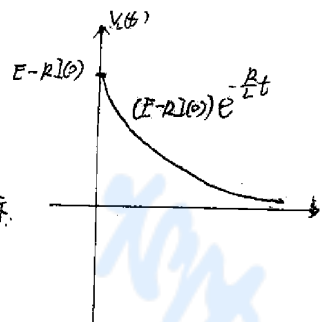
$$V_L(t) = L \frac{dI(t)}{dt} = L \cdot \frac{d}{dt} \cdot \frac{E - V_L(t)}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{L}{R} V_L'(t) + V_L(t) = 0$$

$$\Rightarrow V_L(t) = A e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$2 V_L(0) = E - R I(0)$$

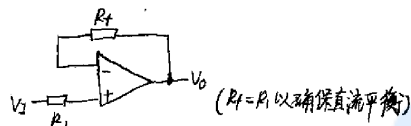
$$\Rightarrow A = E - R I(0), \Rightarrow V_L(t) = (E - R I(0)) \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \quad \text{如图所示}$$



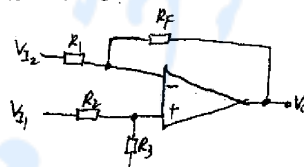
二. 解:  $F(s) = \frac{4}{s^2 + 5s + 4} = \frac{4}{s+1} - \frac{4}{s+4}$

则有:  $f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} = \frac{4}{3} e^{-t} u(t) - \frac{4}{3} e^{-4t} u(t)$

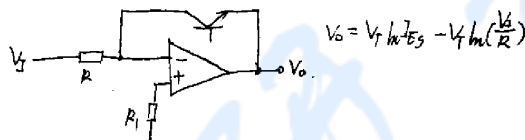
三. (1)  $V_0 = V_1$ :



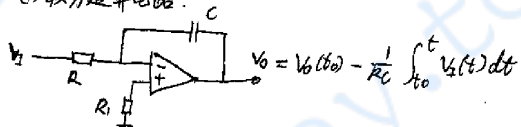
(2)  $V_0 = 2V_1 - 3V_2$ :



(3) 对数运算电路:



(4) 积分运算电路:



四.

## 2024 年北京大学 816 电子线路考研核心笔记

## 《模拟电子技术基础》考研核心笔记

## 第 1 章 半导体基础知识

## 考研提纲及考试要求

- 考点：半导体及其导电性能
- 考点：本征半导体的结构及其导电性能
- 考点：半导体的本征激发与复合现象
- 考点：半导体的导电机理
- 考点：杂质半导体
- 考点：PN 结的形成及其单向导电性
- 考点：PN 结伏安特性考点：

## 考研核心笔记

## 【核心笔记】常用半导体器件

## 1. 半导体及其导电性能

根据物体的导电能力的不同，电工材料可分为三类：导体、半导体和绝缘体。半导体可以定义为导电性能介于导体和绝缘体之间的电工材料，半导体的电阻率为  $10^{-3} \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。典型的半导体有硅 Si 和锗 Ge 以及砷化镓 GaAs 等。半导体的导电能力在不同的条件下有很大的差别：当受外界热和光的作用时，它的导电能力明显变化；往纯净的半导体中掺入某些特定的杂质元素时，会使它的导电能力具有可控性；这些特殊的性质决定了半导体可以制成各种器件。

## 2. 本征半导体的结构及其导电性能

本征半导体是纯净的、没有结构缺陷的半导体单晶。制造半导体器件的半导体材料的纯度要达到 99.9999999%，常称为“九个 9”，它在物理结构上为共价键、呈单晶体形态。在热力学温度零度和没有外界激发时，本征半导体不导电。

## 3. 半导体的本征激发与复合现象

当导体处于热力学温度 0K 时，导体中没有自由电子。当温度升高或受到光的照射时，价电子能量增高，有的价电子可以挣脱原子核的束缚而参与导电，成为自由电子。这一现象称为本征激发（也称热激发）。因热激发而出现的自由电子和空穴是同时成对出现的，称为电子空穴对。

游离的部分自由电子也可能回到空穴中去，称为复合。

在一定温度下本征激发和复合会达到动态平衡，此时，载流子浓度一定，且自由电子数和空穴数相等。

## 4. 半导体的导电机理

自由电子的定向运动形成了电子电流，空穴的定向运动也可形成空穴电流，因此，在半导体中有自由电子和空穴两种承载电流的粒子（即载流子），这是半导体的特殊性质。空穴导电的实质是：相邻原子中的价电子（共价键中的束缚电子）依次填补空穴而形成电流。由于电子带负电，而电子的运动与空穴的运动方向相反，因此认为空穴带正电。

## 5. 杂质半导体

掺入杂质的本征半导体称为杂质半导体。杂质半导体是半导体器件的基本材料。在本征半导体中掺入五价元素（如磷），就形成 N 型（电子型）半导体；掺入三价元素（如硼、镓、铟等）就形成 P 型（空穴型）半导体。杂质半导体的导电性能与其掺杂浓度和温度有关，掺杂浓度越大、温度越高，其导电能力越强。

在 N 型半导体中，电子是多数载流子，空穴是少数载流子。

多子（自由电子）的数量 = 正离子数 + 少子（空穴）的数量

在 P 型半导体中，空穴是多数载流子，电子是少数载流子。

多子（空穴）的数量 = 负离子数 + 少子（自由电子）的数量

## 6. PN 结的形成及其单向导电性

半导体中的载流子有两种有序运动：载流子在浓度差作用下的扩散运动和电场作用下的漂移运动。同一块半导体单晶上形成 P 型和 N 型半导体区域，在这两个区域的交界处，当多子扩散与少子漂移达到动态平衡时，空间电荷区（亦称为耗尽层或势垒区）的宽度基本上稳定下来，PN 结就形成了。

当 P 区的电位高于 N 区的电位时，称为加正向电压（或称为正向偏置），此时，PN 结导通，呈现低电阻，流过 mA 级电流，相当于开关闭合；

当 N 区的电位高于 P 区的电位时，称为加反向电压（或称为反向偏置），此时，PN 结截止，呈现高电阻，流过  $\mu$ A 级电流，相当于开关断开。

PN 结是半导体的基本结构单元，其基本特性是单向导电性：即当外加电压极性不同时，PN 结表现出截然不同的导电性能。

PN 结加正向电压时，呈现低电阻，具有较大的正向扩散电流；PN 结加反向电压时，呈现高电阻，具有很小的反向漂移电流。这正是 PN 结具有单向导电性的具体表现。

## 7. PN 结伏安特性

PN 结伏安特性方程：

$$i = I_s \left( e^{\frac{u}{U_T}} - 1 \right)$$

式中： $I_s$  为反向饱和电流； $U_T$  为温度电压当量，当  $T=300\text{K}$  时， $U_T \approx 26\text{mV}$

当  $u > 0$  且  $u \gg U_T$  时， $i \approx I_s e^{\frac{u}{U_T}}$ ，伏安特性呈非线性指数规律；

当  $u < 0$  且  $|u| \gg U_T$  时， $i \approx -I_s \approx 0$ ，电流基本与  $u$  无关；由此亦可说明 PN 结具有单向导电性能。

PN 结的反向击穿特性：当 PN 结的反向电压增大到一定值时，反向电流随电压数值的增加而急剧增大。PN 结的反向击穿有两类：齐纳击穿和雪崩击穿。无论发生哪种击穿，若对其电流不加以限制，都可能造成 PN 结的永久性损坏。

## 8. PN 结温度特性

当温度升高时，PN 结的反向电流增大，正向导通电压减小。这也是半导体器件热稳定性差的主要原因。

## 9. PN 结电容效应

PN 结具有一定的电容效应，它由两方面的因素决定：一是势垒电容  $C_B$ ，二是扩散电容  $C_D$ ，它们均为非线性电容。

势垒电容是耗尽层变化所等效的电容。势垒电容与 PN 结的面积、空间电荷区的宽度和外加电压等因素有关。

扩散电容是扩散区内电荷的积累和释放所等效的电容。扩散电容与 PN 结正向电流和温度等因素有关。

PN 结电容由势垒电容和扩散电容组成。PN 结正向偏置时，以扩散电容为主；反向偏置时以势垒电容为主。只有在信号频率较高时，才考虑结电容的作用。

### 【核心笔记】半导体二极管

#### 1. 半导体二极管的几种常见结构及其应用场合

在 PN 结上加上引线 and 封装，就成为一个二极管。二极管按结构分为点接触型、面接触型和平面型三大类。

点接触型二极管 PN 结面积小，结电容小，常用于检波和变频等高频电路。面接触型二极管 PN 结面积大，结电容大，用于工频大电流整流电路。平面型二极管 PN 结面积可大可小，PN 结面积大的，主要用于功率整流；结面积小的可作为数字脉冲电路中的开关管。

#### 2. 二极管的伏安特性以及与 PN 结伏安特性的区别

半导体二极管的伏安特性曲线，处于第一象限的是正向伏安特性曲线，处于第三象限的是反向伏安特性曲线。

(1) 正向特性：当  $V > 0$ ，即处于正向特性区域。正向区又分为两段：

①当  $0 < V < U_{on}$  时，正向电流为零， $U_{on}$  称为死区电压或开启电压。

②当  $V > U_{on}$  时，开始出现正向电流，并按指数规律增长。

(2) 反向特性：当  $V < 0$  时，即处于反向特性区域。反向区也分两个区域：

①当  $V_{BR} < V < 0$  时，反向电流很小，且基本不随反向电压的变化而变化，此时的反向电流也称反向饱和电流  $I_S$ 。

②当  $V \leq V_{BR}$  时，反向电流急剧增加， $V_{BR}$  称为反向击穿电压。

从击穿的机理上看，硅二极管若  $|V_{BR}| \geq 7V$  时，主要是雪崩击穿；若  $V_{BR} \leq 4V$  则主要是齐纳击穿，当在  $4V \sim 7V$  之间两种击穿都有，有可能获得零温度系数点。

(3) 二极管的伏安特性与 PN 结伏安特性的区别：二极管的基本特性就是 PN 结的特性。与理想 PN 结不同的是，正向特性上二极管存在一个开启电压  $U_{on}$ 。一般，硅二极管的  $U_{on} = 0.5V$  左右，锗二极管的  $U_{on} = 0.1V$  左右；二极管的反向饱和电流比 PN 结大。

#### 3. 温度对二极管伏安特性的影响

温度对二极管的性能有较大的影响，温度升高时，反向电流将呈指数规律增加，硅二极管温度每增加  $8^\circ C$ ，反向电流将约增加一倍；锗二极管温度每增加  $12^\circ C$ ，反向电流大约增加一倍。

另外，温度升高时，二极管的正向压降将减小，每增加  $1^\circ C$ ，正向压降  $U_D$  大约减小  $2mV$ ，即具有负的温度系数。

#### 4. 二极管的等效电路（或称为等效模型）

(1) 理想模型：即正向偏置时管压降为 0，导通电阻为 0；反向偏置时，电流为 0，电阻为  $\infty$ 。适用于信号电压远大于二极管压降时的近似分析。

(2) 简化电路模型：是根据二极管伏安特性曲线近似建立的模型，它用两段直线逼近伏安特性，即正向导通时压降为一个常量  $U_{on}$ ；截止时反向电流为 0。

(3) 小信号电路模型：即在微小变化范围内，将二极管近似看成线性器件而将它等效为一个动态电阻  $r_D$ 。这种模型仅限于用来计算叠加在直流工作点 Q 上的微小电压或电流变化时的响应。

#### 5. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流  $I_F$ : 二极管长期工作允许通过的最大正向电流。在规定的散热条件下, 二极管正向平均电流若超过此值, 则会因结温过高而烧坏。

(2) 最高反向工作电压  $U_{BR}$ : 二极管工作时允许外加的最大反向电压。若超过此值, 则二极管可能因反向击穿而损坏。一般取  $U_{BR}$  值的一半。

(3) 电流  $I_R$ : 二极管未击穿时的反向电流。对温度敏感。 $I_R$  越小, 则二极管的单向导电性越好。

(4) 最高工作频率  $f_M$ : 二极管正常工作的上限频率。若超过此值, 会因结电容的作用而影响其单向导电性。

### 6. 稳压二极管 (稳压管) 及其伏安特性

稳压管是一种特殊的面接触型半导体二极管, 通过反向击穿特性实现稳压作用。稳压管的伏安特性与普通二极管类似, 其正向特性为指数曲线; 当外加反压的数值增大到一定程度时则发生击穿, 击穿曲线很陡, 几乎平行于纵轴, 当电流在一定范围内时, 稳压管表现出很好的稳压特性。

### 7. 稳压管等效电路

稳压管等效电路由两条并联支路构成:

(1) 加正向电压以及加反向电压而未击穿时, 与普通硅管的特性相同;

(2) 加反向电压且击穿后, 相当于理想二极管、电压源  $U_Z$  和动态电阻  $r_z$  的串联。如 P16 图 1.18 所示。

### 8. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压  $U_Z$ : 规定电流下稳压管的反向击穿电压。

(2) 最大稳定工作电流  $I_{ZMAX}$  和最小稳定工作电流  $I_{ZMIN}$ : 稳压管的最大稳定工作电流取决于最大耗散功率, 即  $P_{Zmax}=U_Z I_{Zmax}$ 。而  $I_{Zmin}$  对应  $U_{Zmin}$ 。若  $I_Z < I_{Zmin}$ , 则不能稳压。

(3) 额定功耗  $P_{ZM}$ :  $P_{ZM} = U_Z I_{ZMAX}$ , 超过此值, 管子会因结温升太高而烧坏。

(4) 动态电阻  $r_z$ :  $r_z = \Delta V_Z / \Delta I_Z$ , 其概念与一般二极管的动态电阻相同, 只不过稳压二极管的动态电阻是从它的反向特性上求取的。 $R_z$  愈小, 反映稳压管的击穿特性愈陡, 稳压效果愈好。

(5) 温度系数  $\alpha$ : 温度的变化将使  $U_Z$  改变, 在稳压管中, 当  $|U_Z| > 7V$  时,  $U_Z$  具有正温度系数, 反向击穿是雪崩击穿; 当  $|U_Z| < 4V$  时,  $U_Z$  具有负温度系数, 反向击穿是齐纳击穿; 当  $4V < |U_Z| < 7V$  时, 稳压管可以获得接近零的温度系数。这样的稳压二极管可以作为标准稳压管使用。

### 9. 稳压管稳压电路

稳压二极管在工作时应反接, 并串入一只电阻。电阻有两个作用: 一是起限流作用, 以保护稳压管; 二是当输入电压或负载电流变化时, 通过该电阻上电压降的变化, 取出误差信号以调节稳压管的工作电流, 从而起到稳压作用。

### 10. 特殊二极管

与普通二极管一样, 特殊二极管也具有单向导电性。利用 PN 结击穿时的特性可制成稳压二极管, 利用发光材料可制成发光二极管, 利用 PN 结的光敏特性可制成光电二极管。

## 【核心笔记】双极型晶体管

### 1. 晶体管的主要类型和应用场合

双极型晶体管 BJT 是通过一定的工艺, 将两个 PN 结接合在一起而构成的器件, 是放大电路的核心元件, 它能控制能量的转换, 将输入的任何微小变化不失真地放大输出, 放大的对象是变化量。

2024 年北京大学 816 电子线路考研辅导课件

考研云分享  
kaoyany.top



## 《模拟电子技术基础》考研辅导课件

# 模拟电子技术基础

## 1. 教学参考书

童诗白主编，《模拟电子技术基础》 第二版，高教出版社  
 康华光主编，《电子技术基础》 模拟部分 第三版，高教出版社  
 陈大钦主编，《模拟电子技术基础问答：例题·试题》，华工出版社

## 目 录

- 1 常用半导体器件
- 2 基本放大电路
- 3 多级放大电路
- 4 集成运算放大电路
- 5 放大电路的频率响应
- 6 放大电路中的反馈
- 7 信号的运算和处理
- 8 波形的发生和信号的转换
- 9 功率放大电路
- 10 直流电源

## 第一章 常用半导体器件

- 1.1 半导体基础知识
- 1.2 半导体二极管
- 1.3 双极型晶体管
- 1.4 场效应管
- 1.5 单结晶体管和晶闸管
- 1.6 集成电路中的元件

### 本章重点和考点：

1. 二极管的单向导电性、稳压管的原理。
2. 三极管的电流放大原理，如何判断三极管的管型、管脚和管材。
3. 场效应管的分类、工作原理和特性曲线。

### 本章讨论的问题：

1. 为什么采用半导体材料制作电子器件？
2. 空穴是一种载流子吗？空穴导电时电子运动吗？
3. 什么是N型半导体？什么是P型半导体？  
当二种半导体制作在一起时会产生什么现象？
4. PN结上所加端电压与电流符合欧姆定律吗？它为什么具有单向性？在PN结中另反向电压时真的没有电流吗？
5. 晶体管是通过什么方式来控制集电极电流的？场效应管是通过什么方式来控制漏极电流的？为什么它们都可以用于放大？

## 1.1 半导体的基础知识

### 一、导体、半导体和绝缘体

**导体：**自然界中很容易导电的物质称为导体，金属一般都是导体。

**绝缘体：**有的物质几乎不导电，称为绝缘体，如橡皮、陶瓷、塑料和石英。

**半导体：**另有一类物质的导电特性处于导体和绝缘体之间，称为半导体，如锗、硅、砷化镓和一些硫化物、氧化物等。

PN Junction

半导体的导电机理不同于其它物质，所以它具有不同于其它物质的特点。例如：

当受外界热和光的作用时，它的导电能力明显变化。—— 光敏器件

往纯净的半导体中掺入某些杂质，会使它的导电能力和内部结构发生变化。—— 二极管

## 二、本征半导体的晶体结构

完全纯净的、不含其他杂质且具有晶体结构的半导体称为本征半导体

将硅或锗材料提纯便形成单晶体，它的原子结构为共价键结构。

当温度  $T = 0\text{ K}$  时，半导体不导电，如同绝缘体。

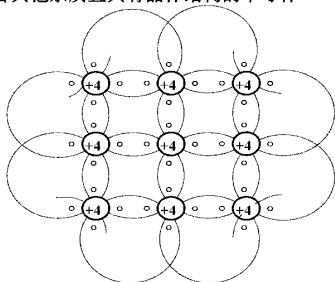


图 1.1.1 本征半导体结构示意图

## 三、本征半导体中的两种载流子

若  $T \uparrow$ ，将有少数价电子克服共价键的束缚成为自由电子，在原来的共价键中留下一个空位——空穴。

自由电子和空穴使本征半导体具有导电能力，但很微弱。

空穴可看成带正电的载流子。

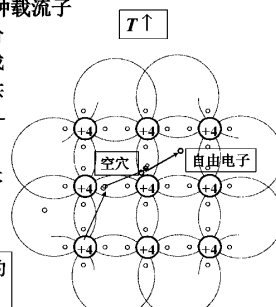


图 1.1.2 本征半导体中的自由电子和空穴

## 四、本征半导体中载流子的浓度

本征激发 } 动态平衡  
复合

在一定温度下本征半导体中载流子的浓度是一定的，并且自由电子与空穴的浓度相等。

本征半导体中载流子的浓度公式：

$$n_i = p_i = K_i T^{3/2} e^{-E_{GO}/(2KT)}$$

$T=300\text{ K}$  室温下，本征硅的电子和空穴浓度：  
 $n = p = 1.43 \times 10^{10}/\text{cm}^3$

本征锗的电子和空穴浓度：  
 $n = p = 2.38 \times 10^{13}/\text{cm}^3$

### 小结

1. 半导体中两种载流子 { 带负电的自由电子  
带正电的空穴

2. 本征半导体中，自由电子和空穴总是成对出现，称为电子-空穴对。

3. 本征半导体中自由电子和空穴的浓度用  $n_i$  和  $p_i$  表示，显然  $n_i = p_i$ 。

4. 由于物质的运动，自由电子和空穴不断的产生又不断的复合。在一定的温度下，产生与复合运动会达到平衡，载流子的浓度就一定了。

5. 载流子的浓度与温度密切相关，它随着温度的升高，基本按指数规律增加。

## 1.1.2 杂质半导体

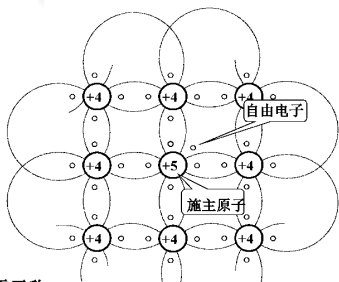
杂质半导体有两种 { N 型半导体  
P 型半导体

### 一、N 型半导体(Negative)

在硅或锗的晶体中掺入少量的 5 价杂质元素，如磷、锑、砷等，即构成 N 型半导体(或称电子型半导体)。

常用的 5 价杂质元素有磷、锑、砷等。

本征半导体掺入 5 价元素后，原来晶体中的某些硅原子将被杂质原子代替。杂质原子最外层有 5 个价电子，其中 4 个与硅构成共价键，多余一个电子只受自身原子核吸引，在室温下即可成为自由电子。

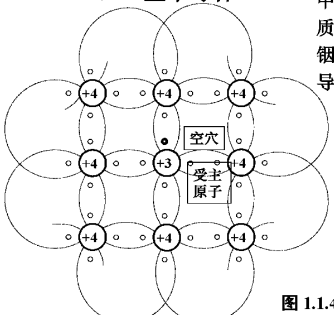


5 价杂质原子称为施主原子。

图 1.1.3 N 型半导体

自由电子浓度远大于空穴的浓度，即  $n \gg p$ 。  
电子称为多数载流子(简称多子)，  
空穴称为少数载流子(简称少子)。

### 二、P型半导体



在硅或锗的晶体中掺入少量的 3 价杂质元素，如硼、镓、铟等，即构成 P 型半导体。

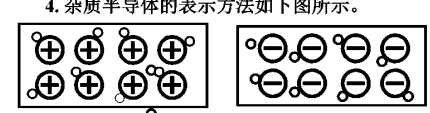
3 价杂质原子称为受主原子。

空穴浓度多于电子浓度，即  $p \gg n$ 。空穴为多数载流子，电子为少数载流子。

图 1.1.4 P 型半导体

说明：

1. 掺入杂质的浓度决定多数载流子浓度；温度决定少数载流子的浓度。
2. 杂质半导体载流子的数目要远远高于本征半导体，因而其导电能力大大改善。
3. 杂质半导体总体上保持电中性。
4. 杂质半导体的表示方法如下图所示。



(a) N 型半导体 (b) P 型半导体

图 杂质半导体的的简化表示法

### 1.1.3 PN 结

在一块半导体单晶上一侧掺杂成为 P 型半导体，另一侧掺杂成为 N 型半导体，两个区域的交界处就形成了一个特殊的薄层，称为 PN 结。

#### 一、PN 结的形成

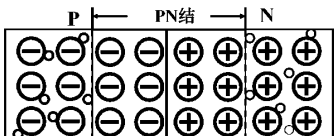
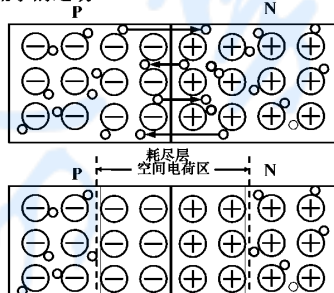


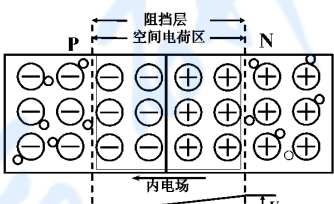
图 PN 结的形成

### PN 结中载流子的运动

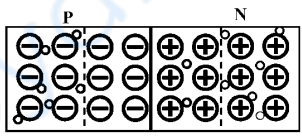
1. 扩散运动  
电子和空穴浓度差形成多数载流子的扩散运动。
2. 扩散运动形成空间电荷区  
—— PN 结，耗尽层。



3. 空间电荷区产生内电场  
空间电荷区正负离子之间电位差  $U_{ho}$  —— 电位壁垒；  
—— 内电场；内电场阻止多子的扩散 —— 阻挡层。
4. 漂移运动  
内电场有利于少子运动——漂移。  
少子的运动与多子运动方向相反



5. 扩散与漂移的动态平衡  
扩散运动使空间电荷区增大，扩散电流逐渐减小；  
随着内电场的增强，漂移运动逐渐增加；  
当扩散电流与漂移电流相等时，PN 结总的电流等于零，空间电荷区的宽度达到稳定。  
即扩散运动与漂移运动达到动态平衡。



### 二、PN 结的单向导电性

1. PN 结外加正向电压时处于导通状态  
又称正向偏置，简称正偏。

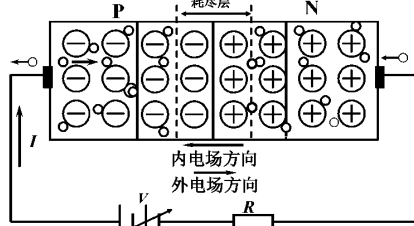


图 1.1.6

### 二、PN 结的单向导电性

1. PN 结外加正向电压时处于导通状态  
又称正向偏置，简称正偏。

空间电荷区变窄，有利于扩散运动，电路中有较大的正向电流。

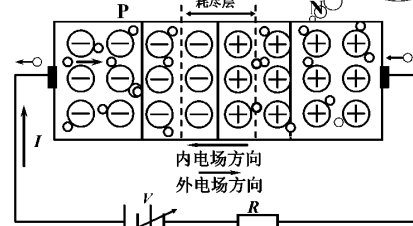


图 1.1.6

2024 年北京大学 816 电子线路考研复习提纲

考研云分享  
kaoyany.top

## 《模拟电子技术基础》考研复习提纲

## 电子技术基础复习提纲

复习内容：

半导体基础知识

1、本征半导体 电子和空穴 复合 载流子浓度 电场作用下的漂移运动

2、杂质半导体

N 型半导体 P 型半导体 浓度梯度和扩散

3、PN 结 PN 结的形成 内电场 扩散运动 漂移运动 PN 结正向偏置 PN 结反向偏置 PN 结的电流方程 PN 结的伏安特性 PN 结势垒电容和扩散电容

1.2 半导体二极管

1、半导体二极管的几种常见结构

2、二极管的伏安特性 开启电压

3、二极管的主要参数

4、二极管的等效电路

5、稳压二极管伏安特性与主要参数

6、其它类型二极管 发光二极管 光电二极管

1.3 双极型晶体管

1、晶体管的结构及类型

2、晶体管的电流放大作用 晶体管内部载流子的运动 晶体管的电流分配关系 晶体管的共射电流放大系数

3、晶体管的共射特性曲线 输入特性曲线 输出特性曲线 截止区 放大区 饱和区

4、晶体管的主要参数

5、温度对晶体管特性及参数的影响 温度对 ICBO 的影响 温度对输入特性的影响 温度对输出特性的影响

6、光电三极管

1.4 场效应管

1、结型场效应管工作原理 结型场效应管的特性曲线 可变电阻区 恒流区 夹断区

2、绝缘栅型场效应管 N 沟道增强型 MOS 管工作原理与特性曲线 P 沟道增强型 MOS 管 VMOS 管

3、场效应管的主要参数

4、场效应管与晶体管的比较

1.5 单结晶体管和晶闸管

1、单结晶体管

2、晶闸管

1.6 集成电路中的元件

1、集成电路制造工艺简介

2、集成双极型管

3、集成单极型管

4、集成电路中元件的特点

## 第二章 基本放大电路

重点与难点：放大电路的主要性能指标；共射放大电路放大器的等效电路分析方法（采用低频  $h$  参数等效电路）；共集和共基放大电路作分析讨论；图解法分析放大电路；偏置电路的基本概念和计算。

复习要求：掌握放大电路的主要性能指标；理解共射放大电路放大器的等效电路分析方法（采用低频  $h$  参数等效电路）；理解共集和共基放大电路的原理；掌握图解分析方法；掌握偏置电路的基本概念和计算。

复习内容：

2.1 放大的概念和放大电路的主要性能指标

1、放大的概念

2、放大电路的性能指标 放大倍数 输入电阻 输出电阻 通频带 非线性失真系数 最大不失真输出电压 最大输出功率与效率 基本共射放大电路的工作原理

1、基本共射放大电路的组成及各元件的作用

- 2、设置静态工作点的必要性
- 3、基本共射放大电路的工作原理及波形分析
- 4、放大电路的组成原则
- 2.3 放大电路的分析方法
  - 1、直流通路与交流通路
  - 2、图解法
  - 3、等效电路法
- 2.4 放大电路静态工作点的稳定
  - 1、静态工作点稳定的必要性
  - 2、典型的静态工作点稳定电路
  - 3、稳定静态工作点的措施
- 2.5 晶体管单管放大电路的三种基本接法
  - 1、基本共射放大电路 基本共集放大电路 基本共基放大电路
  - 2、三种接法的比较
- 2.6 晶体管基本放大电路的派生电路
  - 1、复合管放大电路
  - 2、共射一共基放大电路
  - 3、共集一共基放大电路
- 2.7 场效应管放大电路
  - 1、场效应管放大电路的三种接法
  - 2、场效应管放大电路静态工作点的设置方法及其分析估算
  - 3、场效应管放大电路的动态分析
  - 4、场效应管放大电路的特点

### 第三章 多级放大电路

重点与难点：多级放大电路的耦合方式及其动态分析，特别是直接耦合放大电路；差分基本放大电路及其改进电路。

复习要求：掌握多级放大电路的耦合方式及其动态分析；理解差分基本放大电路及其改进电路。

复习内容：

- 3.1 多级放大电路的耦合方式
  - 1、直接耦合
  - 2、阻容耦合
  - 3、变压器耦合
  - 4、光电耦合
- 3.2 多级放大电路的动态分析
- 3.3 直接耦合放大电路
  - 1、直接耦合放大电路的零点漂移现象
  - 2、基本差分放大电路 长尾式差分放大电路 带恒流源的差分放大电路
  - 3、直接耦合互补输出级
  - 4、直接耦合多级放大电路

### 第四章 集成运算放大电路

重点与难点：集成运算放大器的内部工作原理及集成运算放大器的理想化分析方法；镜像恒流源、比例电流源、微电流源、多路电流源等电流源电路。

复习要求：掌握集成运算放大器的内部工作原理及集成运算放大器的理想化分析方法；理解镜像恒流源、比例电流源、微电流源、多路电流源等电流源电路。

复习内容：

- 4.1 集成运算放大电路概述
  - 1、集成运放的电路结构特点
  - 2、集成运放电路的组成及其各部分的作用
  - 3、集成运放的电压传输特性
- 4.2 集成运放中的电流源电路

- 1、基本电流源电路 镜像电流源 比例电流源 微电流源
- 2、改进型电流源电路
- 3、多路电流源电路
- 4、以电流源为有源负载的放大电路
- 4.3 集成运放电路简介
  - 1、双极型集成运放 输入级 中间级 输出级
  - 2、单极型集成运放
- 4.4 集成运放的性能指标及低频等效电路
  - 1、集成运放的主要性能指标
  - 2、集成运放的低频等效电路
- 4.5 集成运放的种类及选择
  - 1、集成运放的发展概况
  - 2、集成运放的种类
  - 3、运放的选择
- 4.6 集成运放的使用
  - 1、使用时必做的工作
  - 2、保护措施
  - 3、输出电压与输出电流的扩展

### 第五章 放大电路的频率响应

重点与难点：分析高频和低频响应的方法；密勒效应概念；

复习要求：理解单级共射放大电路，分析高频和低频响应的方法；了解其他电路的频率响应；了解放大器频带展宽的基本方法。

复习内容：

- 5.1 频率响应概述
  - 1、研究放大电路频率响应的必要性
  - 2、频率响应的基本概念 幅频特性 相频特性
  - 3、波特图
- 5.2 晶体管的高频等效模型
  - 1、晶体管的混合 $\Pi$ 模型
  - 2、晶体管电流放大倍数的频率响应
- 5.3 场效应管的高频等效模型 密勒定理
- 5.4 单管放大电路的频率响应
  - 1、单管共射放大电路的频率响应 中频电压放大倍数 低频电压放大倍数 高频电压放大倍数
  - 2、单管共源放大电路的频率响应
  - 3、放大电路频率响应的改善和增益带宽积
- 5.5 多级放大电路的频率响应
  - 1、多级放大电路频率特性的定性分析
  - 2、截止频率的估算
- 5.6 集成运放的频率响应和频率补偿
  - 1、集成运放的频率响应
  - 2、集成运放的频率补偿
- 5.7 频率响应与阶跃响应
  - 1、阶跃响应的指标
  - 2、频率响应与阶跃响应的关系

### 第六章 放大电路中的反馈

重点与难点：反馈的基本概念；负反馈组态与效果；反馈放大器在深度负反馈下的基本分析方法；利用负反馈改善放大器的稳定性、通频率、改变输入电阻、输出电阻等动态性能。

复习要求：掌握反馈的基本概念，负反馈组态与效果，反馈放大器在深度负反馈下的基本分析方法。理解负反馈改善放大器的稳定性、通频率、改变输入电阻、输出电阻等动态性能。

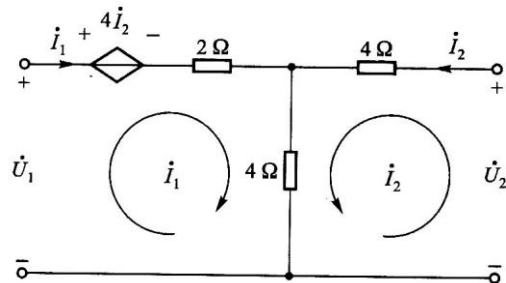
复习内容：

- 6.1 反馈的基本概念及判断方法

2024 年北京大学 816 电子线路考研核心题库

《电路分析原理》考研核心题库之计算题精编

1. 求下图所示二端口网络的 Y 参数矩阵、Z 参数矩阵。



图

【答案】对于题图所示电路，应用回路电流法，则有

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= (2+4) \dot{I}_1 + 4 \dot{I}_2 + 4 \dot{I}_2 = 6 \dot{I}_1 + 8 \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= 4 \dot{I}_1 + (4+4) \dot{I}_2 = 4 \dot{I}_1 + 8 \dot{I}_2 \end{aligned}$$

故其 Z 参数矩阵为

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 6 & 8 \\ 4 & 8 \end{bmatrix} \Omega$$

而其 Y 参数方程为

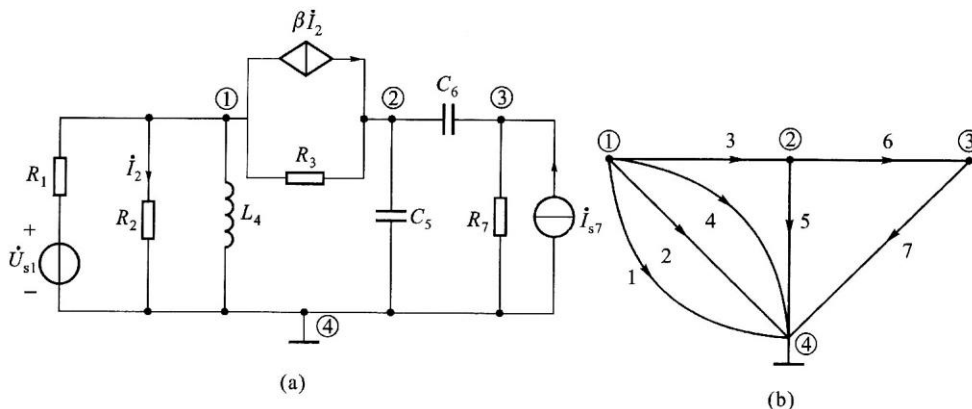
$$\dot{I}_1 = \frac{\begin{vmatrix} \dot{U}_1 & 8 \\ \dot{U}_2 & 8 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 6 & 8 \\ 4 & 8 \end{vmatrix}} = 0.5 \dot{U}_1 - 0.5 \dot{U}_2$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & \dot{U}_1 \\ 4 & \dot{U}_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 6 & 8 \\ 4 & 8 \end{vmatrix}} = -0.25 \dot{U}_1 + 0.375 \dot{U}_2$$

其 Y 参数矩阵为

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 0.5 & -0.5 \\ -0.25 & 0.375 \end{bmatrix} \text{S}$$

2. 电路如图(a)所示，编写其结点电压方程的矩阵形式。





图

【答案】首先根据所给电路作出相应的有向图，如图(b)所示。以结点④为参考结点，其关联矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

对于支路导纳矩阵  $Y$  来说，由于在支路 3 中有一个受支路 2 电流控制的 CCCS，所以  $Y$  阵不再是对角阵，在  $Y$  阵的第 3 行第 2 列的元素为  $Y_{32} = \frac{\beta}{R_2}$ ，于是

$$Y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \frac{1}{R_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\beta}{R_2} & \frac{1}{R_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{j\omega L_4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & j\omega C_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & j\omega C_6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{R_7} \end{bmatrix}$$

电压源列向量为

$$\dot{U}_s = [-\dot{U}_{s1} \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

电流源列向量为

$$\dot{I}_s = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dot{I}_{s7}]^T$$

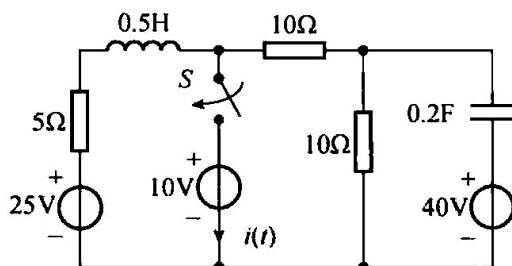
结点电压方程的矩阵形式为

$$AYA^T \dot{U}_n = A \dot{I}_s - AY \dot{U}_s$$

将上述有关矩阵代入此式得

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{\beta}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{j\omega L_4} & -\frac{1}{R_3} & 0 \\ -\left(\frac{\beta}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) & \frac{1}{R_3} + j\omega C_5 + j\omega C_6 & -j\omega C_6 \\ 0 & -j\omega C_6 & j\omega C_6 + \frac{1}{R_7} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_{n1} \\ \dot{U}_{n2} \\ \dot{U}_{n3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\dot{U}_{s1}}{R_1} \\ 0 \\ \dot{I}_{s7} \end{bmatrix}$$

3. 如下图所示电路，在开关 S 闭合前电路已稳定，当  $t=0$  时闭合开关 S，求开关 S 闭合后的电流  $i(t)$



图

【答案】开关 S 闭合前电路已达稳态，可求得

$$i_L(0_-) = \frac{25}{10+10+5} = 1\text{A}$$

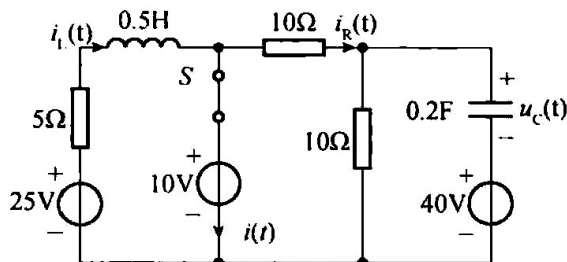
$$u_C(0_-) = 1 \times 10 - 40 = -30\text{V}$$

开关 S 闭合后有

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = 1\text{A}$$

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = -30\text{V}$$

开关 S 闭合后，如下图所示，电路分别为电路的全响应



图

$$i_L(\infty) = \frac{25-10}{5} = 3\text{A}$$

$$\tau_L = \frac{L}{R} = \frac{0.5}{5} = 0.1\text{s}$$

所以

$$i_L(t) = 3 + (1-3)e^{-\frac{t}{\tau_L}} = 3 - 2e^{-10t}\text{A}$$

$$u_C(\infty) = \frac{10}{10+10} \times 10 - 40 = -35\text{V}$$

$$\tau_C = RC = \frac{10 \times 10}{10+10} \times 0.2 = 1\text{s}$$

所以

$$u_C(t) = -35 + [-30 - (-35)]e^{-\frac{t}{\tau_C}} = -35 + 5e^{-t}\text{V}$$

$$i(t) = i_L(t) - i_R(t)$$

而

$$i_R(t) = \frac{10-40-u_C(t)}{10} = \frac{5-5e^{-t}}{10} = 0.5 - 0.5e^{-t}\text{A}$$

所以

$$i(t) = 3 - 2e^{-10t} - 0.5 + 0.5e^{-t} = 2.5 - 2e^{-10t} + 0.5e^{-t}\text{A}$$

4. 已知下列象函数  $F(s)$ , 求原函数  $f(t)$ 。

(1)  $F(s) = \frac{s+1}{(s+2)(s+3)}$ 。

(2)  $F(s) = \frac{s+2}{s(s+1)^2}$ 。

(3)  $F(s) = \frac{2+3e^{-s}}{s+1}$ 。

【答案】一般可利用一些常用函数的拉氏变换表，并利用变换性质得到原函数。

(1) 将  $F(s)$  作部分分式展开得

$$F(s) = \frac{-1}{s+2} + \frac{2}{s+3}$$

作拉氏反变换得

$$f(t) = (-e^{-2t} + 2e^{-3t})\epsilon(t)$$

(2) 同样将  $F(s)$  作部分分式展开得

$$F(s) = \frac{2}{s} + \frac{-1}{(s+1)^2} + \frac{-2}{s+1}$$

作拉氏反变换得

$$f(t) = (2 - te^{-t} - 2e^{-t})\epsilon(t)$$

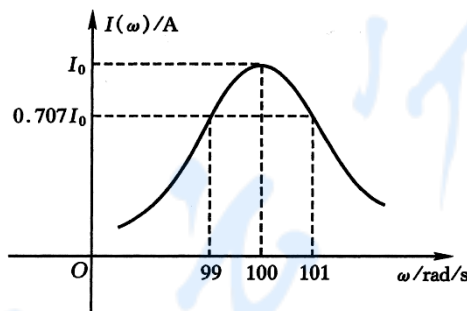
(3)  $F(s)$  的表达式可表示为两项, 即

$$F(s) = \frac{2}{s+1} + \frac{3e^{-s}}{s+1}$$

求上式中第二项的原函数要用到拉氏变换的时域平移性质。 $F(s)$  的原函数为

$$f(t) = 2e^{-t}\epsilon(t) + 3e^{-(t-1)}\epsilon(t-1)$$

5. 如下图所示为 R、L、C 串联电路中电流  $I(\omega)$  随频率变化的特性曲线。已知该电路中电阻  $R=10\ \Omega$ , 试求电路中电感 L 和电容 C 的值。



图

【答案】从上图中可知 RLC 串联电路的谐振角频率

$$\omega_0 = 100\ \text{rad/s}$$

通频带

$$\omega_2 - \omega_1 = 101 - 99 = 2\ \text{rad/s}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{100}{2} = 50$$

因为

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

所以

$$50 = \frac{100L}{10}$$

求得

$$L = 5\ \text{H}$$

$$Q = \frac{1}{\omega_0 CR}$$

求得

$$C = 0.2 \times 10^{-4}\ \text{F}$$

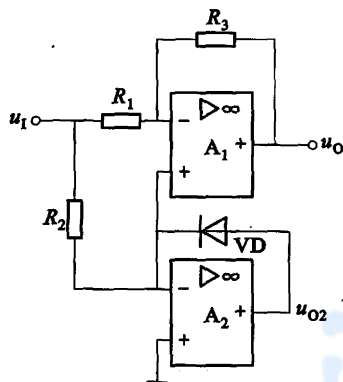
2024 年北京大学 816 电子线路考研题库[仿真+强化+冲刺]

北京大学 816 电子线路之模拟电子技术基础考研仿真五套模拟题

2024 年模拟电子技术基础五套仿真模拟题及详细答案解析（一）

一、简答题

1. 图所示电路中， $R_1 = R_3$ ，试分析电路的工作原理，指明该电路的作用。



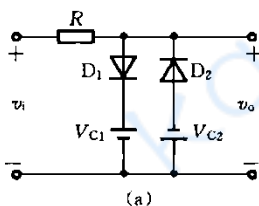
图

**【答案】** 由于  $R_3$  的存在，运放  $A_1$  始终工作在闭环状态，而  $A_2$  当 VD 导通时为闭环状态；当 VD 截止时为开环状态。当  $u_1 > 0$  时，二极管 VD 截止，运放  $A_1$  的同相输入端和运放  $A_2$  的反相输入端均为虚断，故运放  $A_2$  的反相输入端电压  $u_{2-} = u_{1+} = u_1$ ，此时运放  $A_2$  工作在开环状态。根据虚短可知， $u_{1-} = u_1$ ，这时图中的  $R_1$  电阻中均无电流流过，故输出  $u_o = u_1$ 。

当  $u_1 < 0$  时，二极管 VD 导通， $A_2$  满足虚短条件，故  $u_{2+} = u_{2-} = u_{1+} = 0 \text{ V}$ ，运放  $A_1$  构成反相比例运算放大电路，此时  $u_o = -u_1$ 。

该电路为绝对值电路， $u_o = |u_1|$ 。

2. 二极管的双向限幅电路如图(a)所示。设  $v_i$  为幅值大于直流电源  $V_{C1}$  ( $= -V_{C2}$ ) 值的正弦波，二极管为理想器件。试画出  $v_o$  的波形。



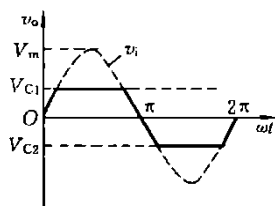
图

**【答案】** 该电路的输出波形，取决于二极管  $D_1$ 、 $D_2$  的工作状态，因此，本题的关键是确定二极管  $D_1$ 、 $D_2$  分别由截止状态转变为导通状态时所需的输入电压值。

当  $v_i$  为正半周时，若  $v_i < V_{C1}$ ，二极管  $D_1$ 、 $D_2$  均截止，输出电压  $v_o = v_i$ ；若  $v_i > V_{C1}$ ， $D_1$  因正偏而导通， $v_o = V_{C1}$ 。 $D_2$  仍反偏截止。

当  $v_i$  为负半周时，若  $|v_i| < |V_{C2}|$ ，二极管  $D_1$ 、 $D_2$  均截止，输出电压  $v_o = v_i$ ；若  $|v_i| > |V_{C2}|$ ， $D_2$  正偏导通， $D_1$  截止， $v_o = V_{C2}$ 。

综上所述，可画出  $v_o$  的波形如图(b)所示。



(b)

图

3. 三极管的特性曲线和参数都是描述三极管性能的方式。温度对三极管的特性和参数是否有影响？如果有影响，是怎样的影响？

**【答案】**三极管是由PN结构成的。由于半导体具有热敏性，因此，三极管的特性和参数要随温度的变化而变化。

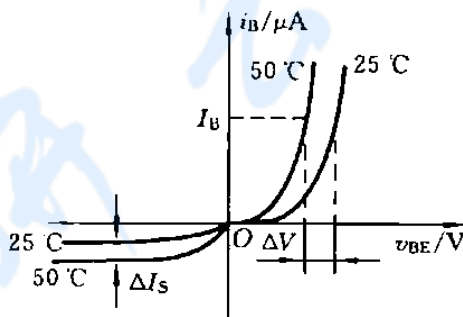
(1) 温度对输入特性的影响。

温度升高时，发射结的正向压降 $v_{BE}$ 减小，其电压随温度的变化率约为 $-2.5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。因此，温度升高时，三极管的输入特性曲线左移。

(2) 温度对反向饱和电流的影响。

三极管的反向饱和电流 $I_{CBO}$ 、 $I_{CEO}$ 都是由少数载流子形成的，其大小随温度的升高按指数规律增大。实验表明，对于锗管，温度每升高 $10^\circ\text{C}$ ，反向饱和电流约增加一倍；而对于硅管，温度每升高 $8^\circ\text{C}$ ，反向饱和电流约增加一倍。对于小功率管而言，硅管的反向饱和电流是纳安级( $10^{-9} \text{ A}$ )，而锗管的是微安级( $10^{-6} \text{ A}$ )，所以要求温度稳定性高的场合常采用硅管。

下图所示曲线反映了温度对输入特性及反向饱和电流的影响。图中， $\Delta I_S$ 是反向饱和电流变化量。



图

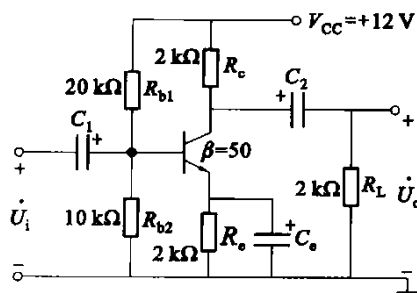
(3) 温度对三极管电流放大系数 $\beta$ 的影响。

不同类型的三极管，电流放大系数 $\beta$ 随温度增加的情况不同，一般以 $25^\circ\text{C}$ 时测得的 $\beta$ 为基准，温度每升高 $1^\circ\text{C}$ ， $\beta$ 增加 $0.5\% \sim 1\%$ 。

(4) 温度对三极管输出特性的影响。

由于温度升高时， $I_{CBO}$ 、 $I_{CEO}$ 和 $\beta$ 都相应增加，所以温度升高时，三极管输出特性曲线都要水平上移，曲线间距有所增大。

4. 电路如图所示，已知元件参数，三极管  $\beta=50$ ， $U_{BE}=0.7V$ ， $r'_{bb}=300\Omega$ 。求静态工作点



图

【答案】依据直流通路图，计算电路静态参数。忽略  $I_B$  的分流作用，求得

$$U_B = \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC} = 4\text{ V}$$

列 b-e 间的 KVL 方程为

$$U_B - U_{BE} = I_{EQ} \cdot R_e$$

$$I_{EQ} = \frac{U_B - U_{BE}}{R_e} = 1.65\text{ mA} \approx I_{CQ}$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 33\mu\text{ A}$$

列 c-e 间的 KVL 方程为

$$U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ}(R_c + R_e) = 5.4\text{ V}$$

5. 一负反馈放大电路如图 (a) 所示。已知：

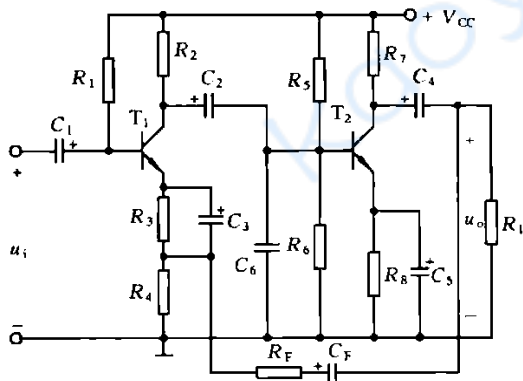
$R_1 = 470\text{ k}\Omega$ ， $R_2 =$

$5.1\text{ k}\Omega$ ， $R_3 = 1\text{ k}\Omega$ ， $R_4 = 100\ \Omega$ ， $R_5 = 75\text{ k}\Omega$ ， $R_6 = 20\text{ k}\Omega$ ， $R_7 = 3\text{ k}\Omega$ ， $R_8 = 1\text{ k}\Omega$ ， $R_F =$

$10\text{ k}\Omega$ ， $R_L = 6\text{ k}\Omega$ ， $C_1 = C_2 = C_4 = C_F = 33\ \mu\text{F}$ ， $C_3 = C_5 = 220\ \mu\text{F}$ ， $C_6 = 6\ 800\text{ pF}$ ， $\beta_1 = \beta_2 = 50$ ，

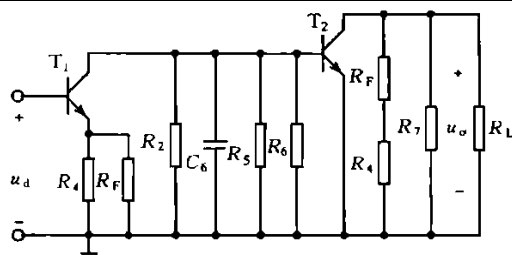
$r_{be1} = r_{be2} = 1\text{ k}\Omega$ ， $V_{CC}$  的大小可以保证  $T_1$  和  $T_2$  工作于放大区。

(1) 判断级间反馈类型；(2) 用方框图法求该电路的  $R_{if}$ ， $R_{of}$ ， $A_{uf}$  及  $f_{HF}$ 。



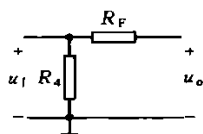
(a)

图



(b)

图



(c)

图

**【答案】**(1) 图中只有  $R_F$ 、 $C_F$  串联支路跨接于该放大电路的输出回路和输入回路之间，引入级间反馈。由于  $C_F$  有“隔直”作用，又由于  $R_F$ 、 $C_F$  串联支路两端与“地”之间均无旁路电容，所以使反馈到输入回路的信号只有交流分量，引入的是交流反馈；在输入回路，输入信号输入到  $T_1$  的基极，而  $R_F$ 、 $C_F$  引入的反馈信号，作用到  $T_1$  的发射极，所以引入的是串联反馈， $R_4$  两端电压为反馈电压  $u_f$ 。由于  $i_{e1}$  在  $R_4$  上产生的电压降很小，可以忽略，故  $u_f \approx u_o \frac{R_4}{R_F + R_4}$ ；当  $U_o = 0$  时， $U_f = 0$ ，反馈作用消失，所以引入的是电压反馈；由于  $T_1$ 、 $T_2$  组成的放大电路均为共射极组态，输入到  $T_1$  基极的信号瞬时极性与  $T_2$  集电极输出信号的瞬时极性相同，这样也使它与反馈信号  $u_f$  的瞬时极性相同，对于串联反馈，当输入信号与反馈信号的瞬时极性相同时，引入的是负反馈。综上分析， $R_F$ 、 $C_F$  引入级间交流电压串联负反馈。

(2) 使用方框图法分析负反馈放大电路时，首先要将该负反馈放大电路分解成两个部分——基本放大电路 A 和反馈网络 F。画基本放大电路的原则是去除级间反馈，但考虑反馈网络对基本放大电路的负载作用。在画基本放大电路输入回路时，凡电压反馈，应令  $U_o = 0$ ；凡电流反馈，应令作用到反馈网络输入端的放大电路的总输出电流  $I_o = 0$ 。在画基本放大电路的输出回路时，凡串联反馈，应将反馈网络的输出端与基本放大电路的输入端断开；凡并联反馈应将反馈网络的输出端短路。根据上述方法，可画得图 (a) 所示负反馈放大电路中的基本放大电路的交流通路，如图 (b)。对于中频区， $C_6$  仍可视为开路，故

$$A_{um} = \frac{U_o}{U_d} = A_{u1} A_{u2} = \left[ -\frac{\beta_1 (R_2 // R_5 // R_6 // r_{be2})}{r_{be1} + (1 + \beta_1) (R_4 // R_F)} \right] \left[ -\frac{\beta_2 [(R_F + R_4) // R_7 // R_L]}{r_{be2}} \right]$$

$$= \frac{50 \times (5.1 // 75 // 20 // 1)}{1 + 51 \times (0.1 // 10)} \times \frac{50 \times [(10 + 0.1) // 3 // 6]}{1} = 547.8$$

$$R_i = r_{be1} + (1 + \beta_1) (R_4 // R_F) = 1 + 51 \times (0.1 // 10) = 6 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = (R_F + R_4) // R_7 = (10 + 0.1) // 3 = 2.3 \text{ k}\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi (R_2 // R_5 // R_6 // r_{be2}) C_6} = \frac{1}{2\pi (5.1 // 75 // 20 // 1) \times 10^3 \times 6.8 \times 10^{-12}} = 29.5 \text{ kHz}$$

再画出反馈网络的交流通路，如图 (c) 所示。由图可见

$$F_u = \frac{U_f}{U_o} = \frac{R_4}{R_4 + R_F} = \frac{0.1}{0.1 + 10} = \frac{1}{101}$$

故

$$A_{umf} = \frac{A_{um}}{1 + A_{um} F_u} = \frac{547.8}{1 + 547.8 \times \frac{1}{101}} = 85.3$$

以上为本书摘选部分页面仅供预览，如需购买全文请联系卖家。

全国统一零售价： **¥ 368.00元**

卖家联系方式： 客服电话： 17165966596（同微信）

微信扫码加卖家好友：

### 考研云分享-精品资料库

真题汇编 | 考研笔记 | 模拟题库



长按二维码加Q仔6号微信  
有疑问直接私聊我

### 考研云分享-官方网站

免费真题 | 免费笔记 | 全科资源



长按二维码跳转至官网  
还有更多内容和服务访问查看