## 第一章 直流电路（教材第1章）

**1、 电源的作用和组成**

（1） 电路的组成（三部分）和各部分作用

（2） 电路的作用（两方面，电能和信号）

（3） 电路模型：**无源元件（电阻、电感、电容）、有源元件（理想电压源和电流源）**，元件的符号、伏安特性

**2、 电路的状态**

（1） 电路主要物理量：电流、电压、电动势、功率，**物理量的定义、单位、计算表达式、符号**。

（2） **电路中物理量的方向**

* 参考方向、实际方向、**关联参考方向（电流从元件电压正端流入，流经元件后电压降低）**及三者之间的关系
* 公式（欧姆定律、功率公式）和参考方向的关系
* 功率的吸收和发出功率计算
* 参考方向在电阻、电源上的表示方法

（3） **两点间电压的计算：**从起点a到终点b选择一条通路，对于通路上每个电压，先遇到+号则相加，先遇到-号则相减，最终累计电压值则为Uab。

（4） 电位的计算：参考点（零电位）选取、**电位计算步骤（以参考点为终点，所需计算的电位点为起点，计算两者间的电压值则为该点电位值）**、电位值的**相对性**和电压差的**绝对性**。

（5） 电路的状态：**负载状态、空载（开路）状态、短路状态的电路特征、电压电流值和功率的计算。**

**3、 电路的基本规律**

（1） **电阻、电容、电感元件及其单位、伏安特性、计算公式。**

（2） **独立电源**

* 电压源、电流源的结构
* 理想电源和实际电源的电路组成结构、电压电流计算公式、外部电压电流特性曲线、内阻的连接方式

（3） 受控源：四种受控电流、电压源，**受控源不是独立电源，电路中若只有受控源则不存在电压电流。**

（4） **电阻及电源的等效变换**

* 电阻的串并联及等效电阻的计算
* 理想电压源与电流源的等效变换

**注意，理想电压源控制两端电压恒定，理想电流源控制两端电流恒定**

* 理想电压源、理想电流源的串并联等效
* 实际电压源和实际电流源模型等效变换的电流电压计算公式、内阻的等效值计算

**注意，实际电压源和电流源等效变换时电压源和电流源的对外电压正负极、电流方向要一致，注意内部电压源电流源方向和极性的表示。**

（5） **基尔霍夫定理（概念及计算）**

* KCL定理：支路、节点的概念和计数，流入节点电流和=流出节点电流和（不带正负）/节点电流代数和（带正负）=0，电流方向和正负值的约定；
* KVL定理：回路、网孔的概念和计数，回路中同一方向的电压升=电压降（不带正负）/回路中电压代数和（带正负）=0，电压方向和正负值的约定，可以认为电流流经电阻电压下降。

**4、 电路的基本分析方法（计算）**

（1） 支路电流法

* 解题步骤：标所有元件上电流方向、电压正负极性及回路方向并设置m条支路电流未知量，至少列n个节点共（n-1）个KCL方程，至少列（m-（n-1））个回路KVL方程，联立求解方程求出所有支路电流，按照题目要求解答
* 实际计算：参考例题和作业（动手练习）

（2）叠加定理（**仅适用于线性电路，电压电流可以用叠加原理，功率不能**）

* 原理内容，**线性电路**的定义，独立源分析的步骤（不作用的电压源短路、电流源开路），各支路电流、电压的参考方向（反向叠加时要带负号）
* 齐次定理：叠加定理的推论

（3） 戴维南定理和诺顿定理

* 有源二端网络的戴维南等效：开路电压计算（负载端开路不接电阻时两端的电压，此时内部电源保留），等效内阻计算（开路后内部电压源短路、电流源开路从二端网络看进去的等效电阻），有源二端网络等效成戴维南电路后对负载上电流电压值的计算求解。
* 戴维南等效和诺顿等效的互换

## 第二章 半导体二极管及直流稳压电源（教材第5章）

**1、 半导体物理基础知识**

（1） 导体、绝缘体、半导体和**本征半导体**（纯净的半导体）及其组成和特性

（2） **杂质半导体**：P型、N型对应掺杂原子类型，对应多子少子类型，注意杂质半导体仍保持电中性

（3） PN结：形成和物理意义

**2、 半导体二极管及其基本电路**

（1） 二极管的组成：PN结封装（模型符号）、阴极阳极及方向，

（2） 二极管特性曲线

* 伏安特性曲线，电流电压方程
* **正向特性（导通电压）指数变化，反向特性（反向饱和电流）**

（3） 二极管反向击穿特性：电击穿（可逆）—齐纳（重掺杂、小电压）、雪崩击穿（轻掺杂、大电压），热击穿（不可逆）

（4） 二极管主要参数：最大电流、最大反向电压和反向击穿电压、最高工作频率

（5） **二极管电路模型：理想（开关）模型、恒压降模型、折线模型（动态电阻的物理意义和算法）的画法和电流电压关系**

（4） **二极管基本应用电路**：整流电路（理想/恒压降模型）、限幅电路（恒压降模型）、开关电路（理想模型、数字电路应用），应用**输出波形和输入波形**的关系

**3、 半导体二极管状态的分析（导通/截止）**

（1）分析步骤：首先看清楚使用什么模型，断开二极管（立即标好断开处电压正负极性），求二极管两端开路电压（此时开路支路无电流），开路电压与导通电压比较大小判断是否导通；

（2）多个二极管电路分析：分别断开求二极管各自开路电压，开路电压高的二极管优先导通，再重新求此时其他二极管的开路电压判断是否导通。

**注意：分析时除非题目另外说明，否则默认二极管导通后为理想模型，导通后无电压降相当于导线。**

**4、 直流电源的组成和功能（概念）**

（1）基本组成部分：电源变压器，整流电路（使交流变直流），滤波电路（减小脉动），稳压电路

（2）各部分电路作用：整流、滤波和稳压

**5、 二极管整流电路（二极管为理想模型，关注二极管的导通状态）**

（1） 单相半波整流电路：半波整流、全波整流电路工作原理，输出电压/电流平均值、有效值的计算，输入输出波形对比

（2） 单相桥式整流电路：电路结构特点、工作原理（正负半周二极管的导通状态），输出电压/电流平均值、有效值的计算，输入输出波形对比

**6、 滤波电路**

（1） **电容滤波**：电路及波形分析、二极管导通角、电容充放电原理

（2） 电感滤波

**7、 特殊二极管**

（1） **稳压二极管**：电路符号、伏安特性（反向击穿稳压）、主要参数（稳压电流最大最小值和稳定电压）

（2） 稳压管的稳压电路：**稳压电路的稳压原理、限流电阻极值的计算**

## 第三章 晶体三极管及其放大电路（教材第6章）

**1、 双极型晶体管工作原理**

（1） 晶体管的结构

* **NPN/PNP型晶体管的符号和电流方向**
* 发射极、集电极、基极及其特点
* 晶体管信号放大作用的条件：内部条件、**外部条件（发射结正偏、集电结反偏）**

（2） 晶体管的工作原理（以NPN为例）

* 非平衡载流子传输过程三步曲：发射区向基区注入多子（电子），基区电子复合和继续向集电结扩散，集电结电子收集（漂移）

注意：电子移动和实际电流方向相反，空穴移动和实际电流方向相同。

* **电流分配关系**：e\b\c处电流的关系及表达式
* **电流放大系数**：β的定义和公式

**2、 晶体管特性曲线**

（1） **共射极输入特性曲线**

* 描述Ib随Ube变化的曲线（Uce恒定）
* 曲线左右移动的影响因素（Uce影响）

（2） **共射极输出特性曲线**

* 描述Ic随Uce变化的曲线（Ib恒定）
* 曲线对应晶体管工作的放大区、饱和区、截止区的区域，临界饱和点
* **三种区域（放大区、饱和区、截止区）对应晶体管中PN结（集电结、发射结）的状态（正偏/反偏）**，在不同区域的Ic特点和影响控制因素（放大区由Ib控制，饱和区与Uce有关，截止区晶体管未导通）

（3） 晶体管的主要参数：**电流放大系数**（β）、反向饱和电流、极限参数（反向击穿电压、最大集电极电流、最大功耗）

**3、 晶体管放大电路放大原理（实现Ui到Uo的反相放大，Ib到Ic的同相放大）**

（1） **放大电路的组成**：输入信号是直流分量和交流分量的叠加作用

（2） **静态工作点**

* 静态工作点（Q点）的定义：包含Icq、Ibq、Uceq、Ubeq
* 静态工作点的作用：保持信号不失真

（3） 放大原理：从Ui（Ube）到Ib、Ic、Uce的波形关系

（4） 基本放大电路的组成原则：合适的Q点和输入输出通路

（5） **直流通路和交流通路**

* 直流通路：C开路，交流输入信号Ui为0
* 交流通路：C短路，直流电源Vcc、Vbb等对地短路

**4、 放大电路的静态分析和设计**

（1） 静态工作点的图解分析法：直流负载线与输出特性曲线的分析，**Q点在曲线上移动的影响因素**

（2） **晶体管工作状态的判断方法**：放大、截止、饱和状态的区分，首先判断Ube是否大于Ube(on)晶体管是否截止，再假设放大状态代入放大模型，计算Ube、Ic、Uce值，判断Uce是否大于Ube；若大于则是放大区，若小于则是饱和区，需重新求Uce（**≈Uce(sat)**）和Ic值（**此时计算Ic值认为Uce=Ube（on）**）。

（3） **放大状态下的直流偏置电路**

* 固定偏流电路：电路结构只有一个Rb，Q点的计算
* 分压式直流负反馈偏置电路：电路结构有Rb1和Rb2，电阻分压稳定Q点的原理，电路Q点的计算

**5、 放大电路的动态分析和设计（动态分析前必须进行静态Q点计算）**

（1） 交流图解分析：直流负载线、交流负载线

（2） **非线性失真**

* 截止失真：产生原因（**先在输入回路失真，Ib波形发生失真**），Q点所在区域**偏低靠近截止区**，消除办法
* 饱和失真：产生原因（**出现在输出回路失真，Ib未失真，Ic先失真**），Q点所在区域**靠近饱和区**，消除办法

（3） **交流微变等效电路模型**：组成和画法

（4） **等效电路法分析共射放大电路（计算）**

* 分析步骤：画出直流通路计算静态工作点，画出交流通路（标出Ui和Uo），用等效模型代替交流通路中的晶体管得到交流等效电路，基于交流等效电路计算放大器的各项交流指标
* 分析计算：电压放大倍数、输入电阻、输出电阻（开路输出电压/开路输出电流）、源电压放大倍数的定义和公式
* 分发射极有无电阻Re情况的分别分析求解电路参数

**注意：分析时明确交流等效电路中的Ib、Ii、Ic、Io是分别流经哪些电阻上的电流，利用KCL、KVL等基本电路分析方法求解。Ro公式不包含RL，Ri公式不包含Rs，一般Av放大倍数是负值。**

## 第四章 集成运算放大电路（教材第4章）

**1、 理想集成运算放大电路**

（1） **集成运算放大电路**：特点、组成部分、电路符号（**同相U+、反相U-输入及与Uo的相位关系**）

（2） 集成运放的共模与差模信号：共模、差模信号特点，共模抑制比的定义和物理意义

（3） **理想运放的主要技术指标**：开环差模增益（∞），差模输入电阻（∞），输出电阻（0），共模抑制比（∞）

（4） **集成运放的电压传输特性**

* 电压传输特性曲线：线性区与非线性区
* 线性区：电路引入深度负反馈，输出电压与差模信号关系公式，**虚短虚断**及其原因
* 非线性区：电路一般开环，输出电压性质（**只有高低电平两种情况**），**有虚断无虚短及其原因**

**2、 基本运算电路（计算）**

（1） 运算电路理想运放工作特点：**线性区，虚短虚断**

（2） 比例运算电路：反相输入、同相输入电路结构及公式推导

（3） 加减运算电路：反相求和、同相求和、加减运算电路结构及公式推导，特殊运算电路（差分电路）的结构特点，注意对称性

（4） 积分、微分运算电路：积分微分运算电路结构及公式推导，在波形转换的应用

**3、 电压比较器**

（1） **工作原理**

* 电压比较器理想运放工作特点：**非线性区，有虚断无虚短**
* 三要素：传输特性，阈值电压，跃变方向

（2） 基本电压比较器类型

* **电压比较器基本分析方法**：列出U+、U-表达式并令两者相等求出Ui即为Ut（阈值电压），依据输出限幅电路确定输出高低电平，依据同相/反相输入确定输出跃变方向
* 单限比较器：过零比较器，输入、输出限幅电路（结合二极管电路分析）
* 滞回比较器、窗口比较器的电路分析，集成电压比较器的了解

## 第五章 放大电路中的反馈（教材第9章）

**1、 反馈的概念及判断**

（1） 反馈的基本概念

* **反馈的基本框图结构和信号**：放大电路、反馈网络，输入量、输出量、净输入量、**反馈量**（**反馈量仅仅决定于输出量**）之间的信号传递关系
* **正反馈和负反馈**：输出量变化减小/增大，净输入量减小/增大
* **直流反馈和交流反馈**：直流通路/交流通路中存在
* 局部反馈和级间反馈：多级放大电路中局部/全局存在的反馈
* **电压反馈和电流反馈**：输出量为电压/电流，Xo的物理量是电压/电流
* **串联反馈和并联反馈**：输入端是电压/电流量叠加，Xi、Xf、Xi’的物理量是电压/电流，串联反馈影响输入电压，并联反馈影响输入电流

（2） **负反馈放大电路的四种基本组态**：输出输出端的物理量类型，叠加方式，结合框图分析理解

（3） **反馈的判断（结合例题分析反馈类型）**

* 有无反馈：是否输出会真正影响到输入端信号，注意接地情况

1. **对于集成运放，影响净输入电压指影响Ui=U+ - U-电压差，影响净输入电流指影响Ui所接输入端的电流i+或i-，具体看Ui接在哪一端**
2. **对于三极管，影响净输入电压指影响Ube=Vb-Ve电压差，一般影响Ve，影响净输入电流指影响ib**

* 直流交流反馈：画出直流交流通路分析，注意交流电容短接情况
* 正负反馈：**瞬时极性法**（给定输入Xi瞬时极性+/-，依次分析电压电流关系得到Xo、Xf极性和输入端叠加关系判断正负），**极性标注规则**（三极管bc极性相反、be极性相同，集成运放Uo与U+极性相同，与U-极性相反）
* 电压电流反馈：**令输入电压为0**（输出端接地），若仍存在反馈则是电流反馈，若不存在反馈则是电压反馈。
* 并联串联反馈：输入端以电压串联形式叠加还是以电流并联形式叠加。一般串联反馈的反馈量Xf和输入量Xi接在同一输入端（电路上会在输入端**增加新的节点**），并联反馈的反馈量Xf和输入量Xi接在不同输入端（**不会在电路输入端增加新的节点**）。

**2、 负反馈放大电路的方框图及分析**

（1） **负反馈放大电路的方框图**：输入量、输出量、净输入量、反馈量之间的关系，反馈系数F、基本放大电路的放大倍数（开环增益）A、反馈电路放大倍数（闭环增益）Af的定义公式

（2） **放大倍数的一般表达式**：开环增益A与闭环增益Af的一般表达式，四种负反馈组态表达式对比

**3、 深度负反馈（概念和计算）**

（1） 深度负反馈的实质：深度负反馈的条件，深度负反馈的近似Af和F的表达式，输入量与反馈量的近似相等（忽略净输入量）

（2） 四种组态的深度负反馈分析：反馈网络分析和放大倍数表达式的近似推导

**4、 负反馈对放大电路性能的影响**

（1） 稳定放大倍数：Af的稳定性是A稳定性的（1+AF）倍

（2） **改变输入输出电阻**

* 对输入电阻Ri的影响：看输入端输入量和净输入量的大小关系；串联负反馈输入电压大于净输入电压，放大输入电阻（1+AF）倍；并联负反馈输入电流大于净输入电流，减小输入电阻（1+AF）倍。
* 对输出电阻Ro的影响：看输出端稳定物理量类型，等效为理想源的特性。电压负反馈稳定输出电压，类似恒压源特性（内阻小），减小输出电阻（1+AF）倍；电流负反馈稳定输出电流，类似恒流源特性（内阻大），放大输出电阻（1+AF）倍。

（3） 展宽频带：通频带BW扩大（1+AF）倍

（4） 减小非线性失真

**5、 引入负反馈的一般原则**

（1） 看电路需要：稳定Q点则引入直流负反馈，改善动态特性则引入交流负反馈

（2） 看输入端：要求Ri大或从信号源索取电流小则引入串联负反馈，要求Ri小或从信号源索取电流大则引入交流负反馈

（3） 看输出端：要求稳定输出电压或Ro小则引入电压负反馈，要求稳定输出电流或Ro大则引入电流负反馈