

模电简答题大合集

武汉大学物理科学与技术学院学习部 辅学护航 2025.11.13



佐料添加中



模拟电路简答题

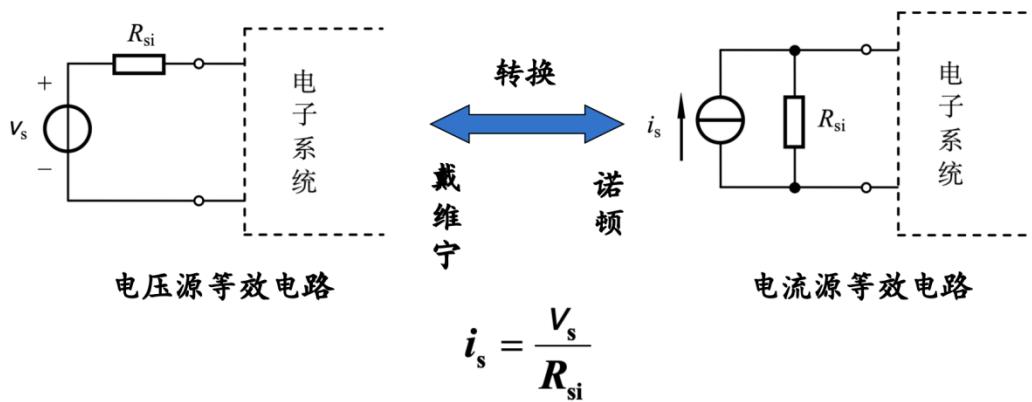
1、什么是信号？电路中的信号源可以等效成哪两种形式？

宇宙万物以及人类活动中，包含着各种各样的信息。信号就是这些信息的载体或表达形式。在处理各种非电信号时，通常先将非电信号转换为电信号再进行处理。

根据电路理论知识，电路中信号源可以等效为两种形式。一个是理想电压源 V_s 和源内阻 R_{si} 串联的等效形式，称为戴维南等效电路；另一个是理想电流源 i_s 和源内阻 R_{si} 并联的等效形式，称为诺顿等效电路。当信号源内阻为线性时不变电阻时，这两种信号源可以等效转换。（出处：课本P1-2）

1.1 信号

电信号的电路表示



(出处：第一章PPT 第三页)

2、二极管具有什么特性？

单向导电性：加正向电压导通，加反向电压截止；

PN结外加正向偏压时，PN结变薄，有利于多子扩散而不利于少子漂移，从而产生正向电流，称为PN结导通；

PN结外加反向偏压时，PN结变厚，有利于少子漂移，不利于多子扩散，从而产生反向电流，由于反向电流是少子漂移引起的，所以非常小，且对温度十分敏感，称为PN结截止。

3、二极管的图解分析法和四种模型分析法

表 3.1.1 二极管的四种模型

	I-V 特性	电路模型	特点
大信号模型 理想模型			最简单的模型。当电路中激励源电压远大于二极管的正向管压降时，可用此模型分析。

	I-V 特性	电路模型	特点
大信号模型 恒压降模型			V_D 的典型值为 0.7 V (硅管) 或 0.2 V (锗管) , 但只有在 i_D 近似等于或大于 1 mA 时，这才是正确的。该模型精度高于理想模型，且较简单，应用较广。
大信号模型 折线模型			模型较复杂。 V_{th} 的电压一般选定为二极管的门坎电压，硅管约为 0.5 V，锗管约为 0.1 V。 r_D 的值可由 $r_D = \frac{V_D - V_{th}}{1 \text{ mA}}$ 确定， V_D 是 1 mA 电流下的管压降。由于参数的分散性， V_{th} 和 r_D 的值不是固定不变的。
小信号模型			常温下 (300 K) , $r_d = \frac{26 \text{ mV}}{I_0}$, 与静态工作点 Q 有关。该模型主要用于二极管处于正向偏置，且 $v_D \gg V_T$ 的条件下。它反映了在交流小信号的作用下，工作点在 Q 点附近沿 I-V 特性曲线小范围内的变化，近似为沿 Q 点切线的变化。

【二极管管压降为啥是0.7V？一个视频说清楚PN结原理。】
<https://www.bilibili.com/video/BV1P5e3zGErT/>

4、简述PN结内电场的形成机理

通过一定工艺，将N型半导体和P型半导体制作在同一块硅片上，由于双边载流子浓度差异形成载流子的扩散运动，使扩散到P区的自由电子与空穴复合，而扩散到N区的空穴与自由电子复合，因而使交界面附近多子的浓度下降，P区出

现负离子区，N区出现正离子区，它们是不能移动的，称为空间电荷区，从而形成内电场。

内电场：在出现了空间电荷区以后，就形成了一个电场，其方向是从带正电的N区指向带负电的P区。该电场反而会促进少子的漂移，即N区的空穴向P区漂移，P区的自由电子向N区漂移。漂移运动的作用正好与扩散运动相反。

5、PN结的反向击穿

PN结两端的反向电压增大到一定数值时，反向电流突然增加，这个现象就称为PN结的反向击穿，也称为电击穿。

雪崩击穿：反向电压增大到一定程度→电场足够强→漂移运动的少子获得足够的动能→撞击出更多的自由电子-空穴对→新的自由电子-空穴对继续撞击出更多的自由电子-空穴对→载流子的倍增效应；

齐纳击穿：反向电压增大到一定程度→电场足够强箭头破坏共价键的束缚，分离出电子，产生大量的自由电子-空穴对→形成较大的反向电流；

PN结的两种电容效应：扩散电容和势垒电容

6、为什么要建立二极管的简化模型

由二极管的I-V特性可知，二极管是一种非线性器件，分析设计二极管电路时就会涉及非线性电路的分析，相对来说比较复杂。实际上经常采用图解法和简化模型法来分析设计二极管电路。

简化模型是将二极管的非线性关系近似为几段线性关系，也称分段线性化，从而获得二极管的简化模型，这样，就可以将二极管电路转化为线性电路来分析。

(出处：课本P65-66)

7、简述本征半导体和杂质半导体内部载流子情况

本征半导体：本征半导体是一种完全纯净、结构完整的半导体晶体。在室温(300K)下，部分价电子会获得足够的随机热振动能量而挣脱共价键的束缚，成为自由电子，这种现象称为**本征激发**。半导体中能够自由移动的带电粒子称为载流子。自由电子便是一种带负电荷的载流子。当电子挣脱共价键的束缚成为自由电子后，共价键中就留下一个空位，称为空穴。空穴的出现是半导体区别于导体的一个重要特征。

(出处: 课本P52-53)

杂质半导体: 在本征半导体中掺入某些微量元素作为杂质, 可使半导体的导电性发生显著变化。掺入的杂质主要是三价或五价元素。

P型半导体: 掺入三价杂质元素的半导体。因三价杂质原子在与硅原子形成共价键时, 缺少一个价电子而在共价键中留下一个空穴。在P型半导体中空穴是多数载流子, 它主要由掺杂形成; 自由电子是少数载流子, 由热激发形成。空穴很容易俘获电子, 使杂质原子成为负离子。三价杂质因而也称为受主杂质。

N型半导体: 掺入五价杂质元素的半导体。因五价杂质原子中只有四个价电子能与周围四个半导体原子中的价电子形成共价键, 而多余的一个价电子因无共价键束缚而很容易形成自由电子。在N型半导体中自由电子是多数载流子, 它主要由杂质原子提供; 空穴是少数载流子, 由热激发形成。提供自由电子的五价杂质原子因带正电荷而成为正离子, 因此五价杂质原子也称为施主杂质。

(出处: 第三章PPT3.1节)

8、简述PN结在外加电压作用下, 载流子的运动特点

PN结外加正向电压时, PN结变窄, 有利于多子运动而不利于少子运动;

PN结外加反向电压时, PN结变宽, 有利于少子运动而不利于多子运动

9、二极管的主要参数有哪些?

①最大整流电流 I_F :它是二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流

②最高反向工作电压 U_R :它是二极管工作时允许加的最大反向电压, 超过此值, 二极管可能会烧坏

③反向电流 I_R :它是二极管未击穿时的反向电流, I_R 越小, 二极管单向导电性越好

④最高工作频率 F_M :它是二极管工作的上限截止频率

10、PN结的空间电荷区是由电子、空穴还是施主离子、受主离子构成的？为什么空间电荷区又称为耗尽区或势垒区？

PN结的空间电荷区是由施主离子、受主离子构成的。

在半导体两个不同的区域分别掺入三价和五价的杂质，便形成P型区和N型区。这样，在它们的交界处就出现了自由电子和空穴的浓度差异，N区的自由电子浓度很高，P区的空穴浓度很高。假设扩散过程中在交界处附近的大部自由电子和空穴都复合了，由此打破了两区域交界处原来的电中性。P区一边失去空穴，留下了带负电的杂质离子；N区一边失去电子，留下了带正电的杂质离子。这些不能移动的带电离子集中在交界面附近，形成了一个很薄的空间电荷区，这就是所谓的PN结。

称为耗尽区的原因：在这个区域内，多数载流子已大多复合掉了，或者说耗尽了。

称为势垒区的原因：在出现了空间电荷区以后，就形成了一个电场，其方向是从带正电的N区指向带负电的P区。由于这个电场不是外加电压形成的，故称为内电场。此时空穴从P区到N区必须越过一个能量高坡；同样，自由电子从N区到P区也要越过此能量高坡。故称为势垒区。

(出处：课本P56-57)

11、NPN三极管的三个区的载流子运动及放大原理

发射结加正向电压时，扩散运动形成发射极电流 i_e ，大量自由电子因扩散运动越过发射结而到达基区，扩散到基区的自由电子与空穴的复合运动形成基极电流 i_B ，当集电结加反向电压时，基区的自由电子作为少子通过漂移运动到达集电极，形成集电极电流 i_c 。

放大原理：输入信号 ΔU_i 首先通过发射结的电压变化改变输入电流 i_e ，再利用 i_e 的变化去控制 i_c ，即使输入信号 ΔU_i 很小，但 i_c 变化很大，负载 R_L 上取出的变化电压 ΔU_o 也很大，因此具有电放大作用。

12、稳压二极管工作在什么状态，有什么特点？

稳压二极管在正常工作时工作在反向击穿，稳压二极管的稳压值是 U_d ，输入电压高于 U_d ，稳定的输出为 U_d ，若输入低于 U_d ，则不工作（输出为0）。

13、放大电路根据输入输出信号的不同，共有哪四种模型？

	电路模型	增益	对输入电阻的要求	对输出电阻的要求	适用场合
电压放大		$A_v = \frac{v_o}{v_i} = A_m \frac{R_L}{R_L + R_o}$	R_i 越大越好	R_o 越小越好	电压信号源，电压驱动型负载
电流放大		$A_i = \frac{i_o}{i_1} = A_m \frac{R_o}{R_L + R_o}$	R_i 越小越好	R_o 越大越好	电流信号源，电流驱动型负载
互阻放大		$A_r = \frac{v_o}{i_1} = A_m \frac{R_L}{R_L + R_o}$	R_i 越小越好	R_o 越小越好	电流信号源，电压驱动型负载
互导放大		$A_g = \frac{i_o}{v_i} = A_m \frac{R_o}{R_L + R_o}$	R_i 越大越好	R_o 越大越好	电压信号源，电流驱动型负载

放大电路性能指标：输入电阻、输出电阻、增益、频率响应

线性失真：由于放大电路带宽所限，导致对信号不同频率分量幅值的放大倍数不同而产生的失真，称为幅度失真。当放大电路对信号不同频率分量产生的时延不同时，也会产生失真，称为相位失真。幅度失真和相位失真总称为频率失真，它们都是由线性电抗元件引起的，所以又称为线性失真。

非线性失真：由元器件非线性特性引起的失真。

(出处：课本P5-7)

(第一章PPT上1.4节)

14、简述理想运放的性能指标。

将集成运放的各项性能指标理想化就得到了理想的运放模型，常称为**理想运算放大器或理想运放**。它具有如下特性：

- 1) **输出电压的正负饱和值等于运放的电压电源**。亦即输出电压只能在正、负电源电压范围内变化。
- 2) **开环电压增益趋近于无穷大**，即 A_{vo} 约等于 ∞ 。
- 3) **输入电阻趋近于无穷大**，所以运放两端输入端没有电流。
- 4) **输出电阻约等于0.**
- 5) **共模电压增益为零，共模抑制比为无穷大。**
- 6) **开环带宽BW约等于 ∞ 。**
- 7) **输出端电流无限制。**

(出处：课本P23)

(PPT第二章2.2)

15、在放大电路中为什么要设置静态工作点？

因为对放大电路的最基本要求：1、不失真2、能够放大。如果输出波形严重失真，放大就毫无意义了。只有在信号的整个周期内晶体管始终工作在放大状态，输出信号才不会失真。因此设置合适的静态工作点，以保证放大电路不失真。

16、简述放大电路静态工作点设置的原则

对于MOS管，放大电路静态工作点必须设置在**恒流区**，如果静态工作点设置不合适，就无法正常放大信号。Q点设置过低，工作点沿负载线进入截止区，使信号波形失真，这种失真称为**截止失真**。Q点设置过高，则可能出现**饱和失真**。

(出处：课本P103-107)

对于BJT，放大电路静态工作点必须设置在**放大区**。Q点设置过高，工作点容易进入饱和区而使输出波形出现**饱和失真**。Q点过低，容易使工作点进入截止区而产生**截止失真**。

(出处：课本P164)

17、静态工作点Q过低和过高分别会对放大电路产生何种影响？

Q点过低会产生截止失真;Q点过高会产生饱和失真。

18、何为稳定Q点?有哪些方法?

通常是指在环境温度变化时,静态集电极电流 I_{CQ} 和管压降 U_{CEQ} 基本不变。通常引入直流负反馈或温度补偿的方法使 I_{BQ} 在温度变化时产生与 I_{CQ} 相反的变化。

19、有哪些因素会对静态工作点Q产生影响?

温度、电源的波动、元器件的老化

20、三极管工作在放大区的条件?

当一个硅三极管工作在放大区，发射极正偏，集电极反偏；

21、三极管构成的放大电路有哪几种接法?

共射 共基 共集；

【Mos管的工作原理】 <https://www.bilibili.com/video/BV1344y167qm>

22、三极管和场效应管的区别?

三极管是电流型（等效模型是受控电流源），场效应管是电压型（等效模型是受控电压源）

三极管是双极性管（多数载流子和少数载流子都参与导电），场效应管是单极性管（只有一种载流子参与导电），三极管容易受温度影响（少数载流子漂移运动）

三极管输入阻抗小，场效应管输入阻抗

23、小信号等效模型是交流通路还是直流通路？如何画交流通路？

小信号等效模型属于交流通路。当工作电压和工作电流在某一确定值附近波动时（如电路在一定的直流激励源作用下再叠加一个小的交流信号），当仅考虑电压（或电流）小幅波动时所建立的模型称为小信号模型。建立小信号模型，就是在特定条件下将非线性器件做线性化近似处理，从而简化电路的分析和设计。

（出处：课本P67、第四章PPT 第六十七页）

画交流通路：

1) 将耦合电容、旁路电容视为短路

这些电容的C较大，对于交流信号的容抗很小，可以视为短路

2) 直流电压源视为短路，直接接地

3) 直流电流源视为开路

24、放大器的工作点过高会引起什么样的失真？工作点过低呢？

饱和失真（底部失真）、截止失真（顶部失真）

（以共射放大电路为例）

25、何为放大电路的零点漂移（温漂）现象？

输入电压(ΔU_i)为零时而输出电压的变化(ΔU_o)不为零的现象称为零点漂移现象。

26、抑制零点漂移的方法有哪些？

(1)在电路中引入直流负反馈；

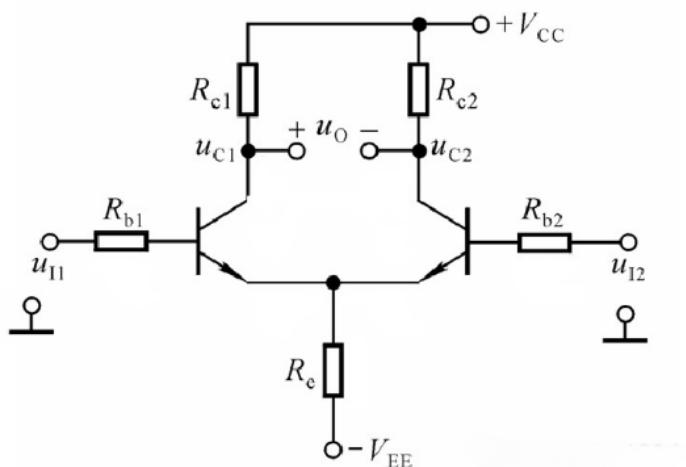
(2)采用温度补偿的方法，利用热敏元件来抵消放大管的变化；

(3)采用“差分放大电路”

27、差分放大电路的结构、作用?

结构:由典型的静态工作点稳定电路演化而来, 最终实用的差分放大电路是由两个完全相同的晶体管构成的对称的静态工作点稳定电路所构成的。

作用:当两个输入端输入变化相同的信号时, 集电极电流变化方向相同, 输出电压为零, 所以有抑制共模信号的作用;当两个输入端输入变化相反的信号时, 集电极电流变化相反, 有电压输出, 故有放大差模信号的作用;由于当出现温漂现象时, 电流的变化总是处于相同方向变化, 故有抑制温漂的作用。



28、差分放大电路有哪几种接法?

- ①双端输入、单端输出 ②单端输入、双端输出 ③单端输入、单端输出 ④ 双端输入、双端输出

29、何为电路的通频带?

放大电路的上限截止频率与下限截止频率之差即为通频带。

30、什么是共模信号，什么是差模信号？

大小相同、极性相同为共模信号

大小相同、极性相反为差模信号

设有两个信号 v_1 、 v_2 ，则共模信号 $(v_1+v_2) / 2$ ，差模信号 $(v_1-v_2) / 2$

31、什么是多级放大电路的耦合？有哪些耦合方式？各有什么优缺点？

极与极之间的连接就是耦合

直接耦合：

缺点：静态工作点互相影响，分析、设计和调试困难，存在零点漂移现象；

优点：低频特性好；易于集成

阻容耦合：

优点：静态工作点互相独立，耦合电容容量大，前级输出信号几乎可以无衰减的传递到后级电路。

缺点：低频特性差，不易于集成、信号有一部分甚至全部衰减在耦合电容上。

32、为什么要抑制共模信号？

共模信号是作用在差分放大器两个输入端的相同信号，通常是由于线路传导和空间磁场干扰产生的，如果共模信号被放大很多，则会影响到真正需要放大的差模信号。

33、差分放大电路有哪几种接法？

①双端输入、单端输出②单端输入、双端输出

③单端输入、单端输出④双端输入、双端输出

34、何为“虚短”、“虚断”？

答：当理想运放工作在线性区时，输出电压与输入差模电压呈线性关系，即 $U_o = A_{od} (U_p - U_n)$ 由于 $A_{od} = \infty$ ， U_o 为有限值，故 $U_p \approx U_n$ ，称两个输入端“虚短”，而由于净输入电压为零，输入电阻无穷大，所以两个输入端的输入电流也均为零，称为“虚断”

模拟电路填空题

N型半导体是由本征半导体中掺入5价元素形成，其多数载流子是自由电子，少数载流子是空穴。

PN结也称空间电荷区，他们产生的电场为内电场，该电场有利于少子运动，不利于多子运动。

MOS管只有多子参与导电；半导体自由电子和空穴均参与导电。

当一个硅三极管工作在放大区，发射极正偏，集电极反偏；工作在饱和区，则发射极正偏，集电极正偏；工作在截止区，则发射极反偏，集电极反偏。

在放大状态时，NPN三极管由发射区发射的电子向基区的运动为扩散运动，到达基区后大部分向集电极作漂移运动。

在PN结两端加不同的电压可使空间电荷区的宽度变化，正向电压使其变窄，有利于多子运动，而反向电压使其变宽，有利于少子运动。

NPN发射结正偏有利于扩散运动，而集电极正偏有利于扩散运动，这时三极管工作在饱和状态。

电子电路中，放大作用是能量的控制和转换作用，由电源提供能量补充。

在放大电路中起能量控制的器件有三极管、场效应管和晶闸管。

三极管是电流控制元件，场效应管是电压控制元件。

当温度升高时，晶体三极管集电极电流Ic增加，发射结压降减小。

要使三极管放大电路不失真，必须设置合理的静态工作点。

在三极管放大电路中，静态工作点过高会产生饱和失真。

若放大电路静态工作点选的过低，信号容易产生截止失真。

基本共射放大电路，当温度升高时，Q点将向上移。

若三极管发射结正偏，集电结也正偏则三极管处于饱和状态。

放大器的输入电阻越大，表明放大器获取输入电压的能力越强。

在放大电路中，若负载电阻R越大，则其电压放大倍数越大。

多级放大器共有直接耦合，阻容耦合，变压器耦合三种耦合方式，其中适用于集成电路的是直接耦合方式，但缺点是容易产生零漂。

集成运算放大器由输入级，中间级，输出级，偏置电路组成

理想运算放大器工作在线性区，输入端两个重要的特点是虚短和虚断，当其用作电压比较器时，必须工作在非线性区（线性，非线性）区。

运算放大器集成运放线性应用的两个重要概念为虚短和虚断。

差分放大电路是利用电路对称使共模信号抵消的特点来降低零点漂移，它能放大差模信号，抑制共模信号。

多级放大电路的通频带比构成它的单级放大电路的通频带窄。

模拟电路名词解释

1. **自由电子**: 带负电的载流子 **空穴**: 带正电荷的载流子
2. **本征半导体**: 是指纯净的具有晶体结构的半导体。
3. **本征激发**: 半导体在热激发下产生自由电子和空穴对的现象。
4. **N型半导体**: 是通过掺杂具有5个价电子的施主杂质形成的，如锑、砷和磷。
P型半导体: 是通过掺杂具有3个价电子的受主杂质形成的，如硼、镓和铟。
5. **PN结**: 是指由P型半导体和N型半导体相结合形成的不能移动的正、负离子组成的空间电荷区；
6. **耗尽层**: PN结中的载流子因扩散而耗尽，只留下不能移动的正负离子的区域，又称空间电荷区。
7. **势垒电容**: 外加反向电压，耗尽层宽窄变化所等效的电容。
8. **扩散电容**: 外加正向电压，扩散区，电荷积累和释放过程所等效的电容。
9. **PN结的工作原理**: 外加正向电压方向与PN结内电场方向相反，在外电场的作用下，内电场被削弱，扩散运动增强，形成正向电流，故PN结导通；加反向电压，增强内电场，没有正向电流，故PN结截止。
10. **PN结特点**: PN结存在内电场，对外仍电中性；PN结的宽度与掺杂浓度有关，浓度越高，PN结越薄。
11. **稳压二级管**: 在反向击穿时，在一定的电流范围内，端电压几乎不变，表现出稳压特性。
12. **通频带**: 用于衡量放大电路对不同频率信号的放大能力，通频带越宽，表明对不同频率的适应能力越强。上限截止频率，下限截止频率，中频放大倍数
13. **最大不失真输出电压**: 当输入电压增大就会使得输出波形产生非线性失真时的输出电压。

14. **线性失真**: 不产生新的频率 (幅度失真、频率失真) , 单一正弦波不会产生频率失真。

15. **非线性失真**: 产生新的频率, (截止失真、饱和失真、交越失真) 。

16. **虚短**: 集成运放两个输入端电位无穷接近

17. **虚断**: 集成运放两个输入端电流趋近于零

悟理社与Github仓库

