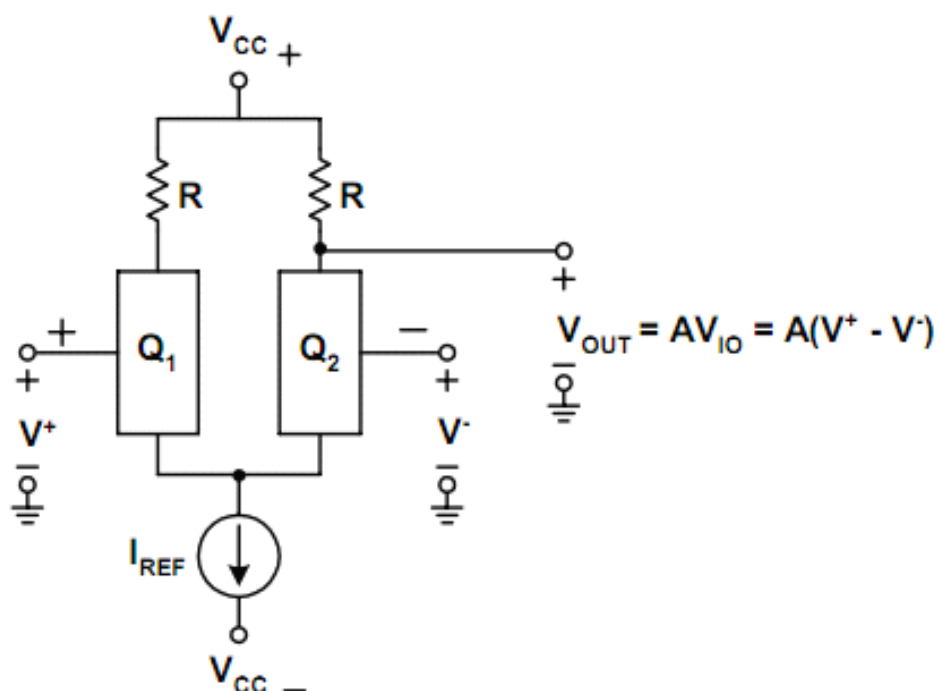


### 信号链基础知识之几个关键的基本概念

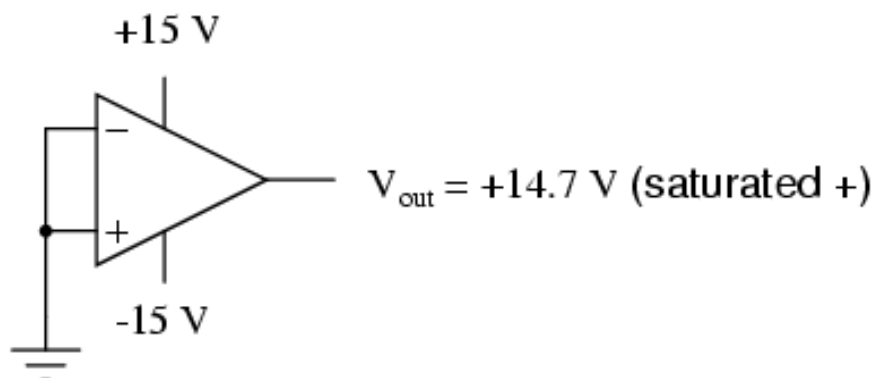
一直有人说“一年数字，十年模拟。”。大致意思我猜是说：数字技术相对而言比较简单易懂，而模拟技术是非常深奥难以掌握的。我觉得即便这句话并非“空穴来风”，模拟电子技术也不可能离开那些非常基础的东西而成为美丽、高不可攀的“空中楼阁”。所以说，模拟电子技术的“深不可测”并不应该成为我们畏惧它的原因，相反，我们应该尽量把基础知识打扎实，迎难而上，去体会“模拟技术是一种艺术”！

#### (1) 输入失调电压 (Input offset voltage—— $V_{io}$ ):

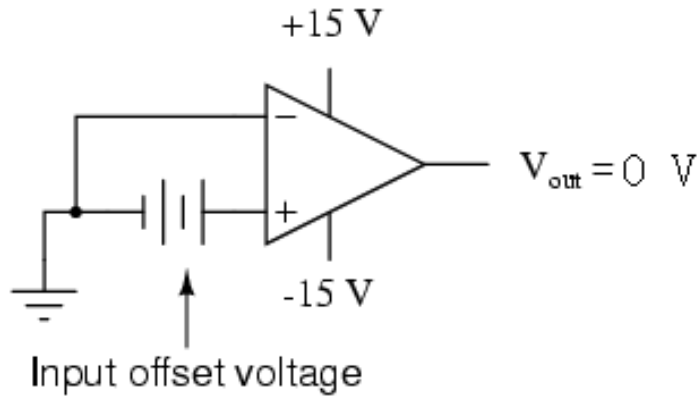
定义： $V_{io}$  是使输出电压为零时在运放输入端所加的一个补偿电压。



实际上，由于运放的输入级电路参数不可能绝对对称，所以当输入电压为零时，输出电压并不为零。内部两个差分晶体管的微小差异，通过  $A$  倍放大后，即可产生一个不容忽视的输出电压。下图是由输入偏移电压产生的一种极端情况（这个图已把问题说得简单、明了，我就不多说了），



由此可见，输入偏移电压有时可能使得运放输出级的工作状态进入非线性区。So，要想使运放工作在线性区的话，我们就不得不事先对运放进行调零的操作了！——进行人为地输入一个补偿电压。如下图所示：



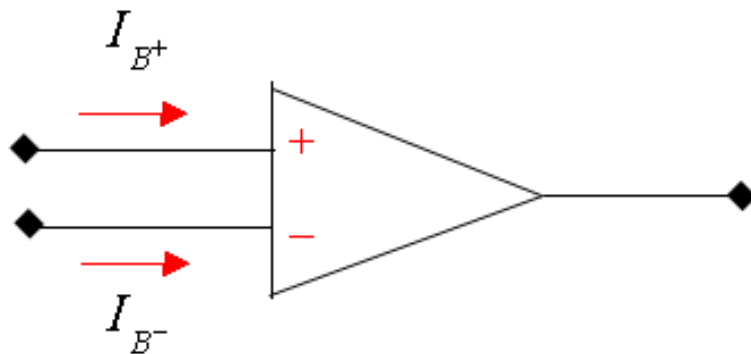
(2) 输入失调电流 (Input Offset Current—I<sub>io</sub>):

定义: 实际上, 运放的输入端总是会有电流注入的, 一般在 pA~uA 的量级, 这个注入电流一般称之为偏置电流, 其表达式如下:

$$I_{IB} = \frac{I_{B^+} + I_{B^-}}{2}$$

此外, 由于运放内部差分输入级的两个输入回路总是不可避免的存在着微小差异, 因此在两个输入级之间的偏置电流也就会存在差异, 此即输入失调电流  $I_{IO}$ , 表达式如下:

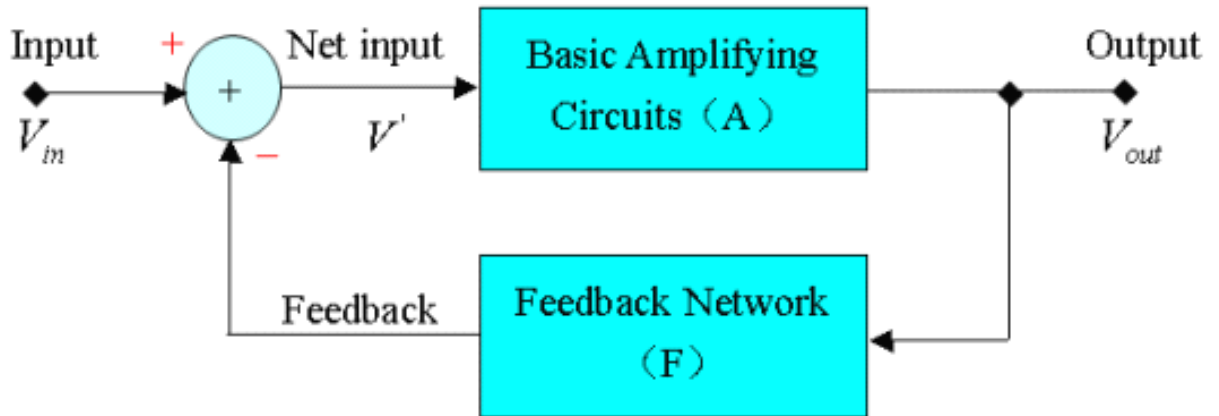
$$I_{IO} = I_{B^+} - I_{B^-}$$



碎碎念: 对于 FET 运算放大器来说, 由于其输入电阻是“出了名”的极大, 以致该类运放的输入失调电流一般是极小的, 不至于在运放的输入端产生额外严重的补偿电压。However, 反观双极性运算放大器, 其输入失调电流在多处情况下是令人无法忍受的, 一个有效的处理办法是: 尽量使得运放的同相与反相两端保持良好的对称状态, 以减小输入失调电流。

(3) 负反馈 (Negative Feedback):

由于运放一般具有极大的开环电压增益, 所以两个输入端即便是只有很小的电压差, 运放的输出级也有可能轻易到达饱和区域。由此, 运放几乎只能用于比较器应用了。但是, 当引入负反馈后, 运放就变成一种非常有用的器件了。引入负反馈能够给放大器的性能带来多方面的改善, 比如可以稳定放大倍数、改变输入电阻和输出电阻、展宽频带、减小非线性失真等, 考虑到博文的篇幅, 留待后文再针对这些情况作专门的分析和讨论。



由图可得，

$$V' = V_{in} - F \cdot V_{out}$$

and,

$$V_{out} = A \cdot V' = A \cdot (V_{in} - F \cdot V_{out})$$

Then,

整个放大电路的闭环电压放大倍数为：

$$A_F = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A}{1 + A \cdot F} \approx \frac{1}{F}$$

可见，当电路引入深度负反馈后（即 F 非常大），放大倍数几乎仅仅决定于反馈网络。

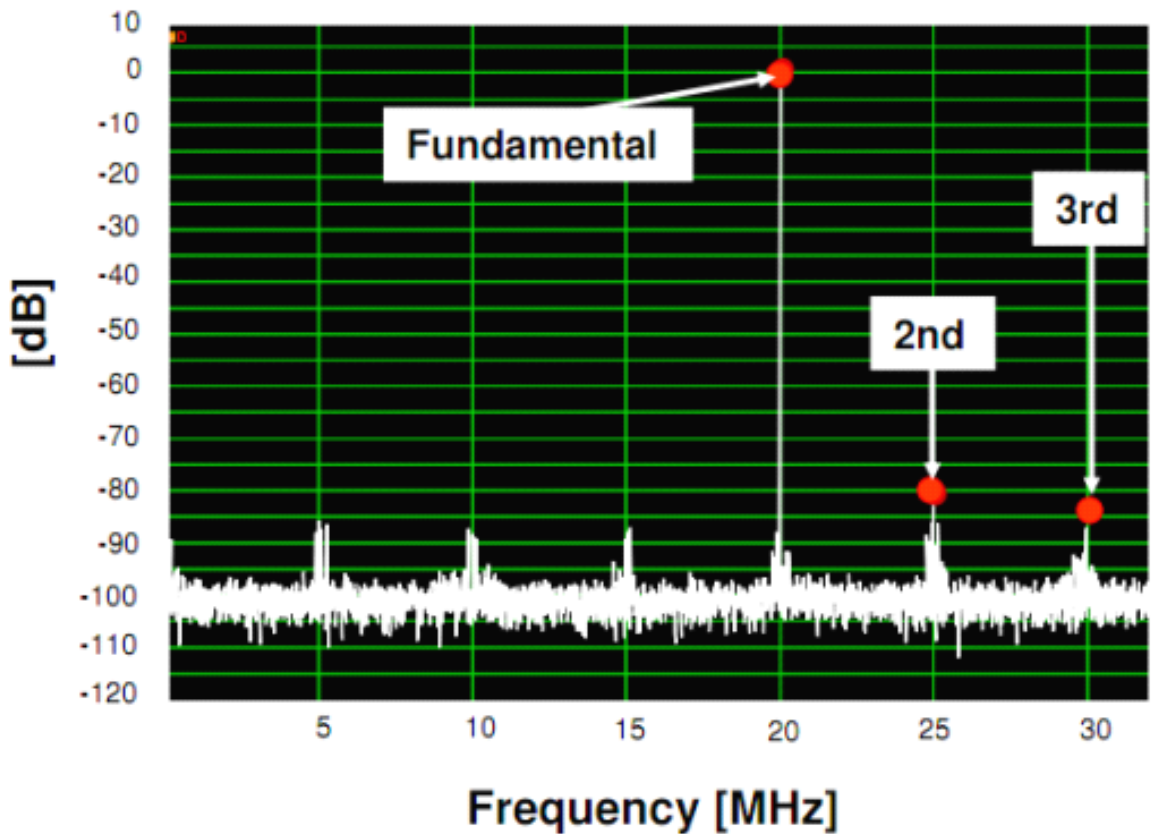
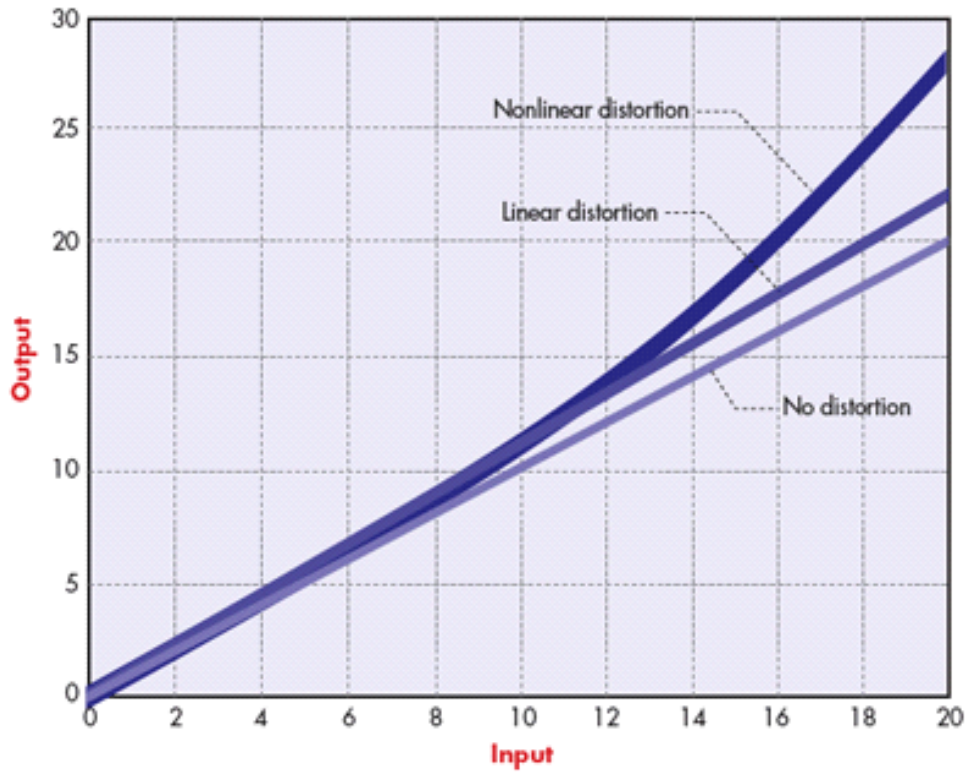
由此可以体会到：负反馈其实就是指放大器的输出信号通过反馈网络连接回到其反相输入端，使得放大倍数得到控制，以此来防止运放输出饱和，从而很好地工作在线性状态。

(4) 总谐波失真系数 (Total Harmonics Distortion):

定义：电子电路输出波形中谐波分量的总有效值与基波分量的有效值之比即为总谐波失真系数，可用字母 D 来表示。设基波幅值为  $A_1$ ，谐波幅值为  $A_2$ 、 $A_3$ 、...，则

$$D = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}}{A_1}$$

说明：由于放大器件均具有非线性特性，它们的线性放大范围有一定的限度，当输入信号幅值超过一定阈值后，输出电压将会产生非线性失真。并且，谐波分量的幅值总是随着 n 的增大而迅速减小。

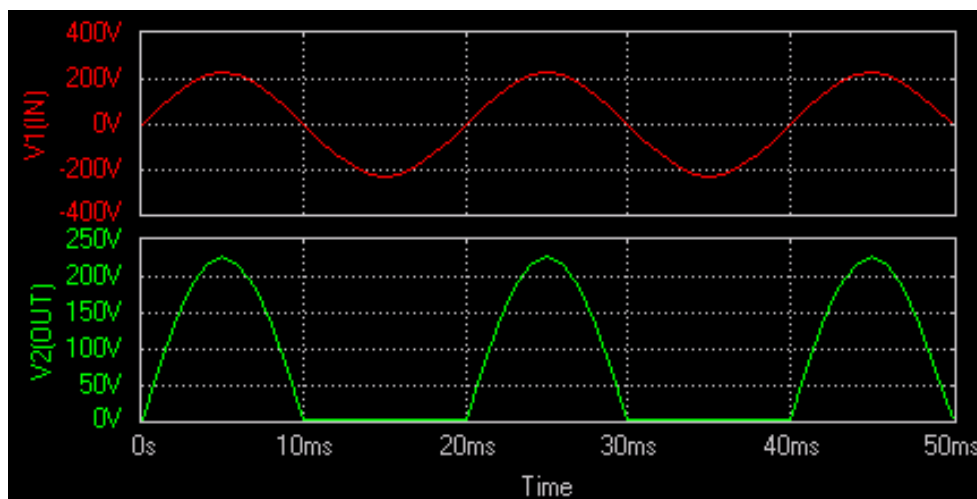
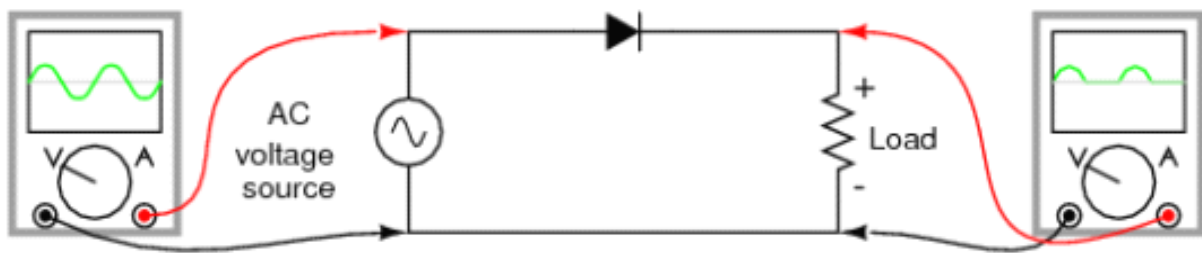


(5) 整流后输出电压的纹波系数 (Ripple Ratio):

定义: 经过整流后输出电压的基波峰值  $U_{OM}$  与输出电压平均值  $U_{O(AV)}$  之比, 即为整流后输出电压的纹波系数。如下表达式所示:

$$S = \frac{U_{OM}}{U_{O(AV)}}$$

举个最简单的例子, 如对于单相半波整流电流而言,



假设输入信号为市电电压信号（即 220V、50Hz），通过简单分析可知：  
输出电压的基波峰值为

$$U_{OM} = \frac{U_o}{\sqrt{2}}$$

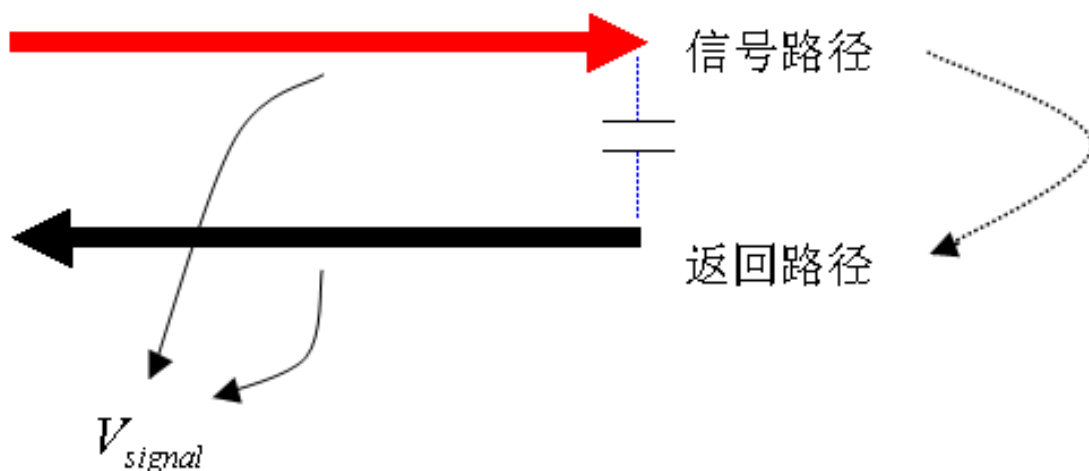
而输出电压的平均值为

$$U_{O(AV)} = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{\pi} \sqrt{2} \cdot U_o \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t) = \frac{\sqrt{2} \cdot U_o}{\pi}$$

Then,

$$S = \frac{U_{OM}}{U_{O(AV)}} = \frac{\frac{U_o}{\sqrt{2}}}{\frac{\sqrt{2} \cdot U_o}{\pi}} = \frac{\pi}{2} \approx 1.57$$

(6) 接地 (Ground):



对于一个特定的电子电路系统来说，如果没有一个完整的回路，那么也就无所谓电流这个“名字”了！换句话说，只要我们称某个参数为电流时，就必定意味着存在一个完整的回

现在不在我手上，只记得大意)，“把‘接地’这一术语忘掉，每一路信号都会有返回路径。抓住‘返回路径’，像对待信号路径一样去寻找并仔细处理返回路径，这样有助于培养解决问题的直观能力。” 我是受益匪浅！

从信号完整性的角度来说，我们口头常说的“地”本质上其实就是指信号的“返回路径”，Unfortunately，很多人仍然认为电子电路系统中的“地”就是指我们脚下的大地！如果这样的话，那么“嫦娥”卫星上电路系统的接地问题怎么解决？嘿嘿，，碎碎念：一般模拟电路系统或者数字电路系统中，主要有两类电源：正电源和负电源。电路中信号一般以其中的一个电源为参考电位，我们称之为 GND。

(a) 对于 CMOS 和 TTL 逻辑电路而言，信号以负电源为 GND；

(b) 对于 ECL 逻辑电路而言，信号以正电源为 GND；

信号链知识中当然还有其他很多重要的基本概念，这里我只是挑选了其中几个比较关键的基本概念作了一下 Brief Introduction，本文中的每一个概念也可以衍生出更多的内容，在这里就不展开分析、讨论了。我今后的博文将会继续对信号链基础知识中的一些原理性的东西做更加详细的分析和讨论，对这方面有兴趣的博友，请关注后文（借此我将逐步提高我的博文质量）。

后注：欢迎博友在博客中留下宝贵的评论，我将尽心、认真地回复。

By : ZHOUNACHU

<http://blog.ednchina.com/ZHOUNACHU/1895378/message.aspx>