

第五章 频率响应

掌握：

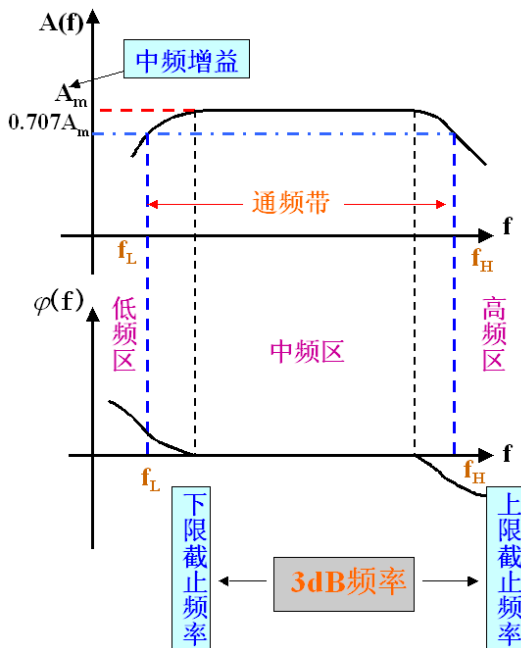
- 1) 频率指标
- 2) 频率响应的描述
- 3) 单级放大电路的频率响应分析
- 4) 多级放大电路的频率响应分析

一、频率指标

频率特性是表示增益与输入信号的频率之间的关系，即如果输入不同频率的信号，放大电路所具有的增益也会不同。**为什么会有这种现象，由于什么原因引起放大电路的增益是一个频率的函数？**

频率特性包括：幅频特性和相频特性。（**定义？**）

要牢记下面的放大电路的频率响应图（包括两个图：幅频响应图和相频响应图）。



三个频段：

- 低频区
- 中频区
- 高频区

三个频段有什么特点？（中频区增益与频率无关，低频区随频率减小，增益下降，高频区随频率增大，增益下降）。**为什么？分别是由什么原因引起这个下降？**

频率指标：上下限频率、中频增益、通频带。

根据放大电路的频率响应图的不同，可以有四种不同的放大电路：高通、低通、带通、带阻。**要实现不失真的放大信号，通频带和输入信号的频率之间应该有什么关系？**

二、传输函数和波特图

频率响应有两种表示方法：传输函数（用输出与输入的关系式来表示）和波特图（用图形表示，半对数坐标来表示）。**用波特图表示有什么优势？什么是波特图？**

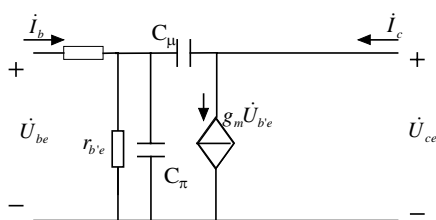
怎么从一个传输函数来画出渐进波特图？

从一个波特图上可以了解到放大电路的什么信息？

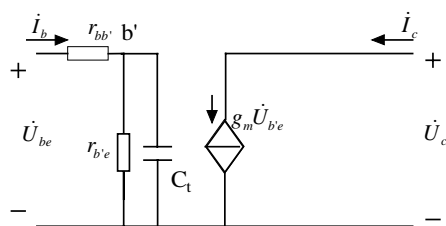
三、单级放大电路的频率响应

要得到一个放大电路的频率响应，无非就是来得到考虑电路中的所有电抗元件后的放大电路的增益函数。

1、晶体三极管的高频模型（即考虑三极管中两个 PN 结电容后的等效模型）



混合 π 模型



单向化模型

注意与 H 参数模型的差别

适用条件：当晶体管上所加的信号频率较高时，结电容会产生较大影响，而当频率较低时，该电容影响较小，所以该模型适用于所加信号频率较高时使用，因此称为高频模型。与之对应，H 参数模型称为低频模型。

2、三极管的频率特性

需要了解三极管的频率特性，即三极管参数 β ， α 与频率之间的关系。

β 参数的频率特性？

α 参数的频率特性？

三极管的几个频率参数及其关系： $\omega_{\beta} \ll \omega_T < \omega_{\alpha}$ （三个参数的定义？）如何来获得这三个参数？

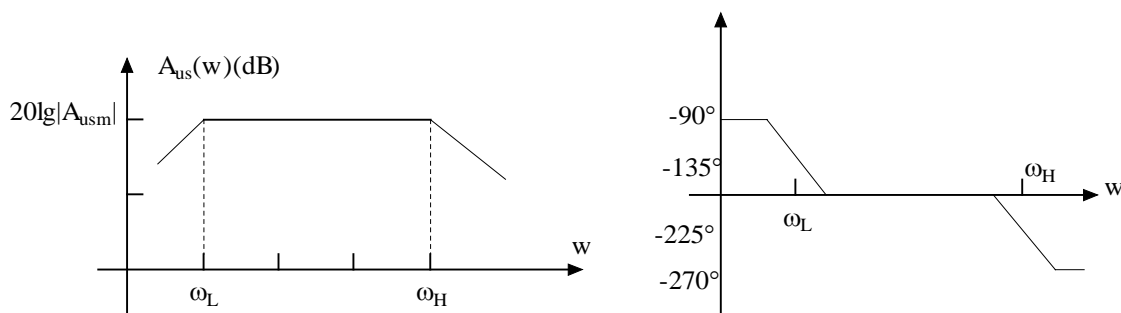
通常： f_T 参数手册中会给出， C_{μ} 参数手册也会给出。因此 C_{π} 可以通过该式计算得到：

$$\omega_T = \beta_0 \omega_{\beta} = \frac{g_m}{C_{\pi} + C_{\mu}}$$

3、单级放大电路的频率响应

要得到整个放大电路的频率响应，通常可以把放大电路按低频段、中频段和高频段分别来进行分析，得到每个频段的频率特性，然后再把这三个结果合并得到整个放大电路的频率响应。（为什么可以分开来分析？）

- 1) 低频段（主要受到哪些电抗元件的影响？具有什么特点？）
- 2) 中频段（哪些电容会产生影响？具有什么特点？）
- 3) 高频段（原因？特点？）



f_L 和 f_H 怎么计算得到？

增益带宽积： $GBW = |A_{usm} f_{bw}|$ ，对于一个放大电路来说，增益带宽积有什么特点？

单管放大电路频率响应的分析过程：

- 计算中频增益（按照基本放大电路分析方法进行分析？为什么？）
 - 计算上限截止频率（利用放大电路高频时的等效电路进行分析，如何得到高频等效电路？）
- 得到所有影响高频段的电容 C_i 以及该电容所在回路的等效电阻 R_i ，求得

$$f_{H1} = 1/(2\pi R_i C_i), \text{ 则上限截止频率为 } \frac{1}{f_H} \approx 1.1 \sqrt{\frac{1}{f_{H1}^2} + \frac{1}{f_{H2}^2} + \dots + \frac{1}{f_{Hn}^2}}$$

- 计算下限截止频率（利用放大电路低频时的等效电路进行分析，怎么得到低频等效电路？）然后得到各个电容 C_i 以及该电容所在回路的等效电阻 R_i ，求得 $f_{Li}=1/(2\pi R_i C_i)$ ，则下限截止频率为：

$$f_L \approx 1.1 \sqrt{f_{L1}^2 + f_{L2}^2 + \cdots + f_{Ln}^2}$$

- 计算带宽：fbw= $f_H - f_L$

通过上面计算得到的几个参数，我们基本上可以掌握一个放大电路所具有的频率特性。

四、多级放大电路频率响应的分析

分析过程仍然同上面单管分析过程，计算这几个参数。不同的是需要利用单极的频率响应参数来计算多级的频率响应参数，**如何计算？**