



高频电路竞赛基础知识梳理

主讲：陈瑜 电子科技大学

2020-04-26

高频电路竞赛基础知识梳理

01

高频频谱

02

高频信号

03

通信系统

04

基础知识

高频电路竞赛基础知识梳理

01

高频频谱

02

高频信号

03

通信系统

04

基础知识

1、高频频谱

高频电路设计是基于无线电技术中信息的传输与处理的电路设计理论及方法。

- **无线电波**

在自由空间（包括空气和真空）传播的射频频段的电磁波。

- **射频（RF）**

是Radio Frequency的缩写，表示可以辐射到空间的电磁频率，广义讲是适用于无线电传播的频率范围。

- **频段（波段）**

无线电波分布在3Hz到3000GHz之间，在这个频谱内划分为若干个带，如下表。在不同的频段内的频率具有不同的传播特性。例如：

移动通信在UHF的频段。

• IEEE频谱

整个电磁频谱，包含从电波到宇宙射线的各种波、光、和射线的集合。IEEE频谱从30HZ至3000GHZ将频谱进行了分段。

例如，ELF极低频30HZ-300HZ，音频300HZ-3KHZ等等，其中不同频率段落分别命名为无线电波(3KHz—300GHZ)、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 γ 射线(伽马射线)和宇宙射线。

无线电波频谱分类表

段号	频段名称	频段范围	波段名称 和波长范围	主要用途
1	甚低频 (VLF)	3~30(KHz)	甚长波 100~10km	位置标记
2	低频 (LF)	30~300(KHz)	长波 10~1km	位置标记、标准电波
3	中频 (MF)	300~3000(KHz)	中波 1000~100m	中波无线电广播、船舶通信
4	高频 (HF)	3~30 (MHz)	短波 100~10m	短波无线电广播、船舶通信
5	甚高频 (VHF)	30~300 (MHz)	米波 10~1m	无线电广播、各种移动通信
6	特高频 (UHF)	300~3000 (MHz)	分米波 微波 100~10cm	中波无线电广播、手机、无线LAN
7	超高频 (SHF)	3~30 (GHz)	厘米波 微波10~1cm	卫星通信、雷达、多重天线、无线LAN
8	极高频 (EHF)	30~300 (GHz)	毫米波 微波10~1mm	卫星通信、地球探测、电波天文
9	至高频	300~3000 (GHz)	亚毫米波 微波1~0.1mm	

我国高频信号常用民用频段

1、收音机FM的频段？



88M~108M

2、专用对讲机的频段？



450M~470M。 136M~174M。 350M~390M。

3、民用或业余对讲机的频段？

409M ~410M 。 430M ~440M 。

4、WIFI的频段？



2.4GHz。 5.8GHz。

5、蓝牙通信和手机信息的频段？



2.4GHz。

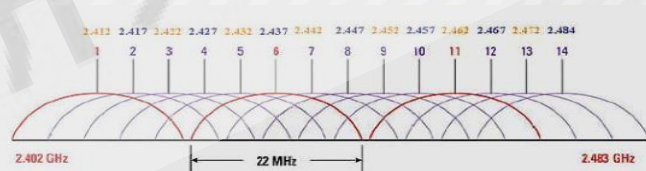
6、我国中国移动4G通信的频段？



1880M~1900M。 2320M~2370M。 2575M~2635M。

7、我国中国联通5G通信的频段？

3.5G频段资源， 3500M~3600M。



高频信号传输（无线电技术）是人类生产、生活中进行远距离**信息传输**的一种重要方式

高频电路竞赛基础知识梳理

01

高频频谱

02

高频信号

03

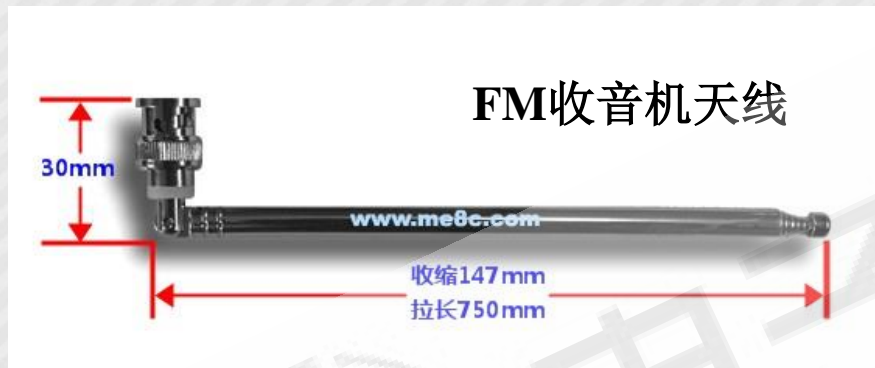
通信系统

04

基础知识

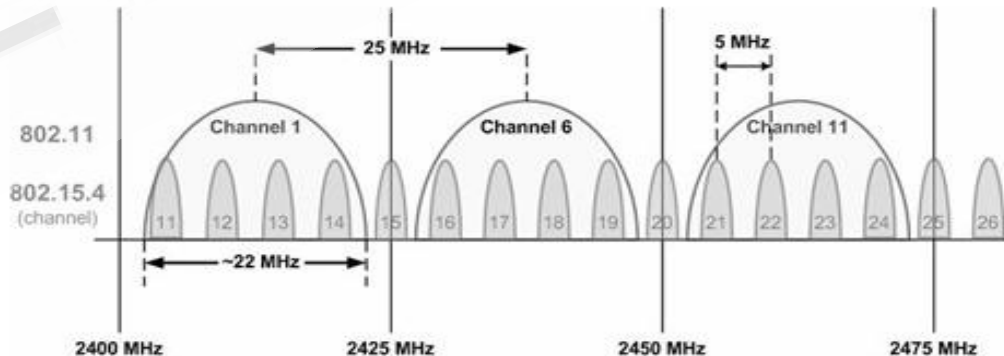
2、为什么要用高频信号

(1) 天线以及传输装置的体积与电磁波的波长相比拟，保证有效辐射。



拉杆天线最佳长度 \approx 工作波长/4

(2) 高频信号相对频带宽、传输信息量大，能容纳更多信道



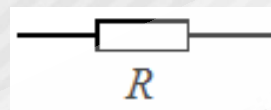
高频信号下的元器件

(1) 电阻的等效模型

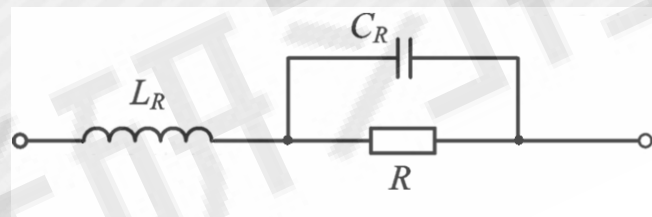


实际电阻器

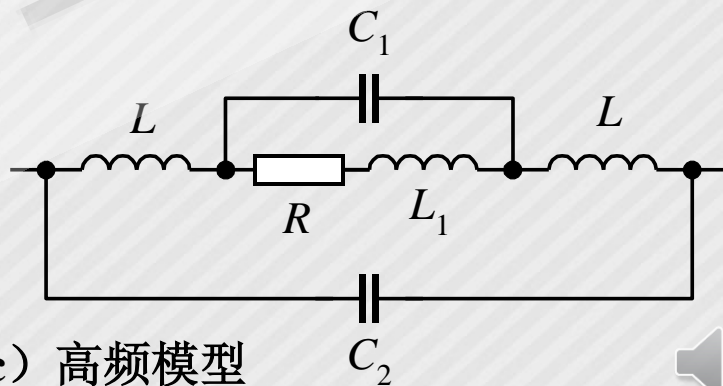
等效模型



a) 低频模型



b) 中频模型



c) 高频模型

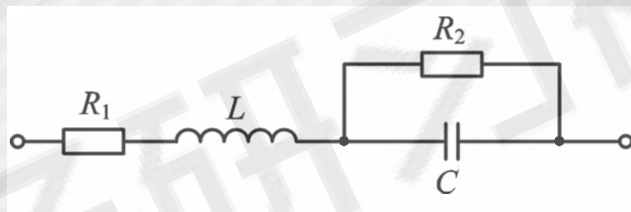


高频信号下的元器件

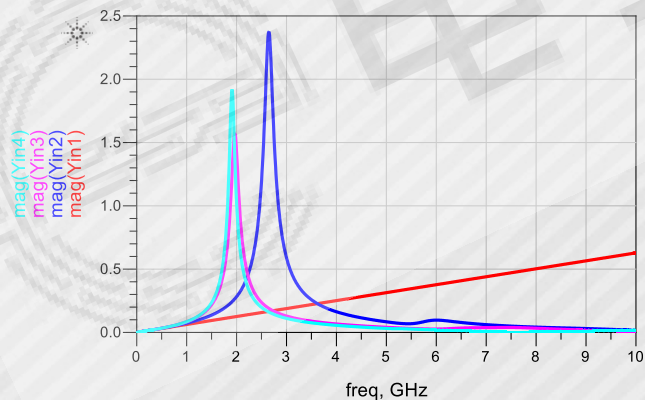
(2) 电容 (Capacitor)



高频电容等效模型



➤ 电容的导纳-频率特性

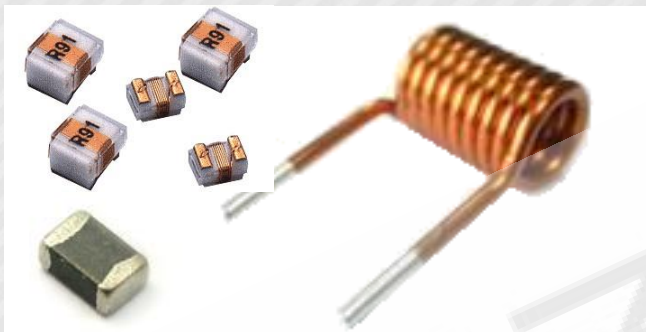


- 理想10pF 电容
- 0402封装10pF 电容
- 0603封装10pF 电容
- 0805封装10pF 电容

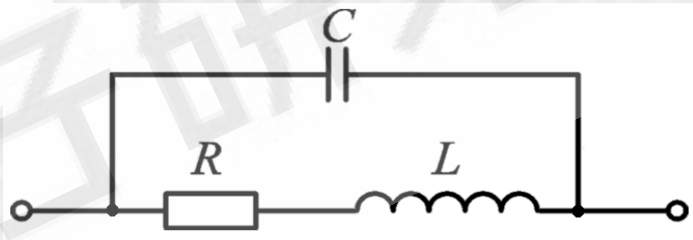


高频信号下的元器件

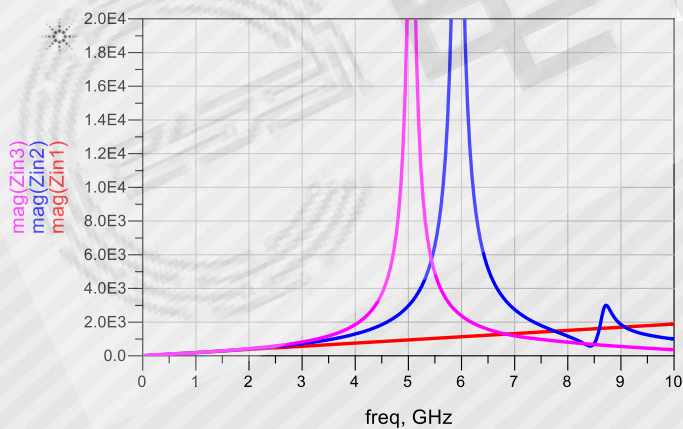
(3) 电感 (Inductor)



高频电感等效模型



➤ 电感的阻抗-频率特性



理想30nH电容

0402封装30nH电容

0603封装30nH电容



高频信号的特点

高频

比使用频率高

高频是相对的概念

不可忽视寄生电抗

频率增高寄生电抗作用变强

不能忽略波长

传输线的特性阻抗

电波容易被发射

高频电路竞赛基础知识梳理

01

高频频谱

02

高频信号

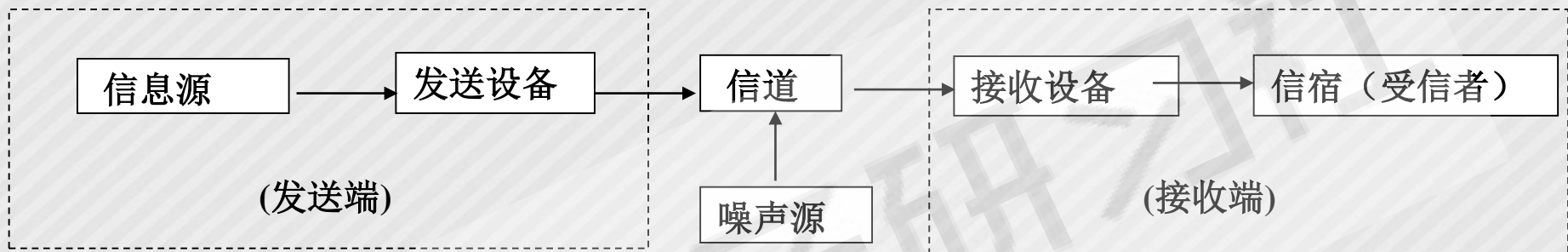
03

通信系统

04

基础知识

3、通信系统的组成



模拟通信系统

单工通信

有效频带

半双工通信

信噪比

全双工通信

专线通信

数字通信系统

串行传输

网通信

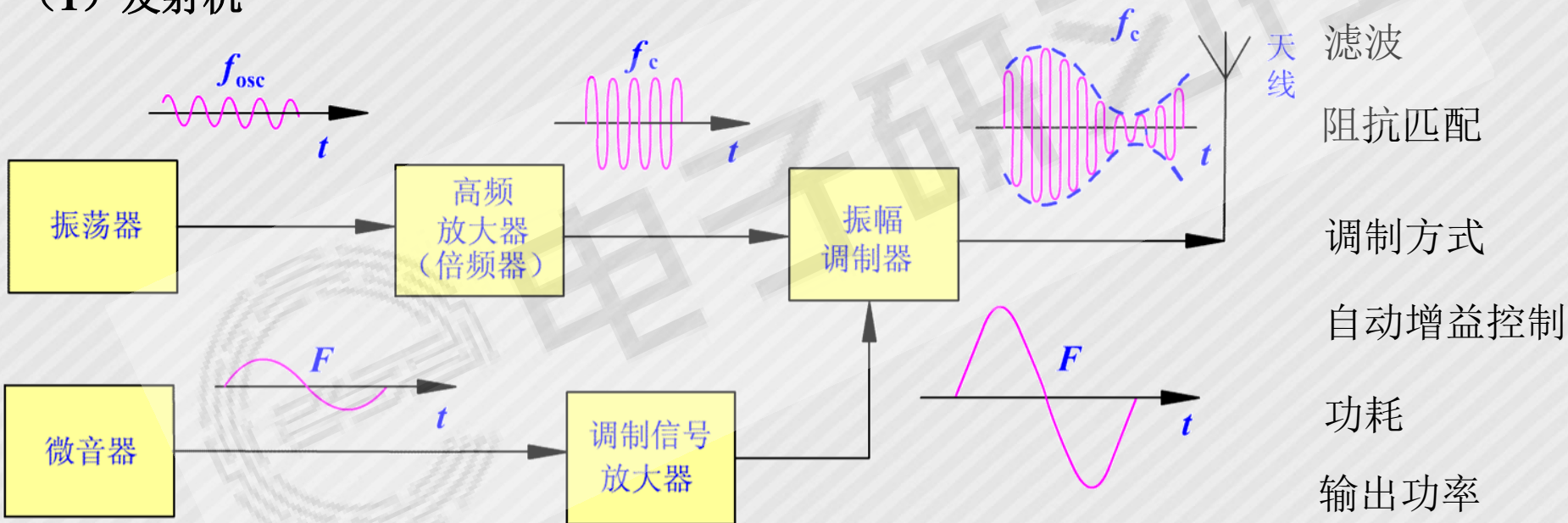
波特率

并行传输

信息传输速率
误码率和误信率

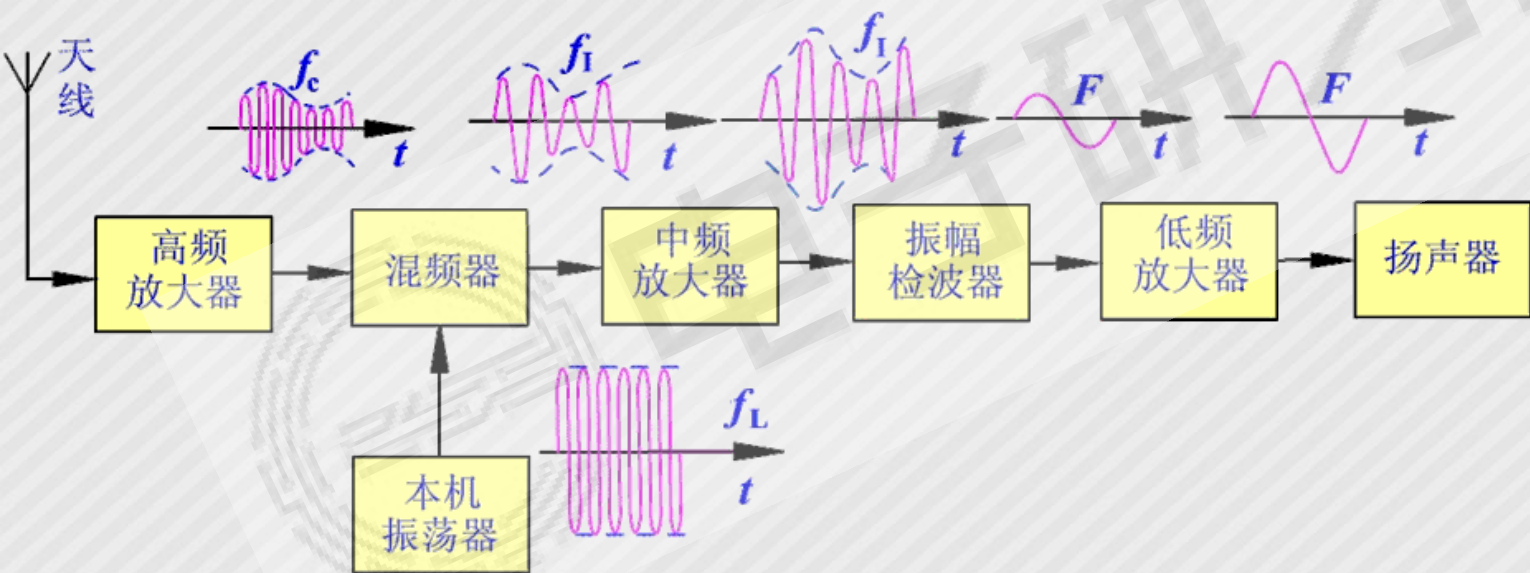
无线通信系统示例----调幅广播发射机

(1) 发射机



无线通信系统示例---调幅广播接收机

(2) 接收机



灵敏度

滤波

阻抗匹配

自动增益控制

功耗

自动频率控制

高频电路竞赛基础知识梳理

01

高频频谱

02

高频信号

03

通信系统

04

基础知识

4、“高频电路”赛题相关理论知识点

内容主要包括：

- 小信号放大电路设计与制作
- 功率放大器电路设计与制作
- 振荡器电路设计与制作
- 调制与解调电路设计与制作
- PLL电路设计与制作
- RF发射、接收电路设计与制作
- 阻抗匹配
- 元件及电路的非线性
- 自动增益控制
- 自动频率控制
- 混频器
- 相关名词的概念

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (1) 高频电路中的单位

1kHz=1000Hz \neq 1KHz (大写K是错误的表示)

S(西门子, 电导的单位), s (秒, 时间单位), M(兆, 10^6), m (豪, 10^{-3})

分贝 (decibel, dB), $10\log_{10}R$ (R为功率的比率), 把比值1当作0dB的相对值。

输入输出电阻相同时, 功率增益和电压增益 ($20\log_{10}$ 电压比) 具有相同的分贝值。

同一分贝值对应的
功率增益和电压增益
的大概值表

(+) dB	0dB	1dB	2dB	3dB	4dB	5dB	6dB	7dB	10dB	20dB
功率增益	1	1.3	1.6	2	2.5	3	4	5	10	100
电压增益	1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2	2.2	3	10
(-) dB	0dB	-1dB	-2dB	-3dB	-4dB	-5dB	-6dB	-7dB	-10dB	-20dB
功率增益	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.25	0.2	0.1	0.01
电压增益	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.56	0.5	0.45	0.3	0.1

分贝是单独表示“比”的单位, 添加词尾后表示单位。

输出功率的绝对值 (dBm), 将1mW当作0dBm, $1\mu\text{W} = ? = -30 \text{ dBm}$

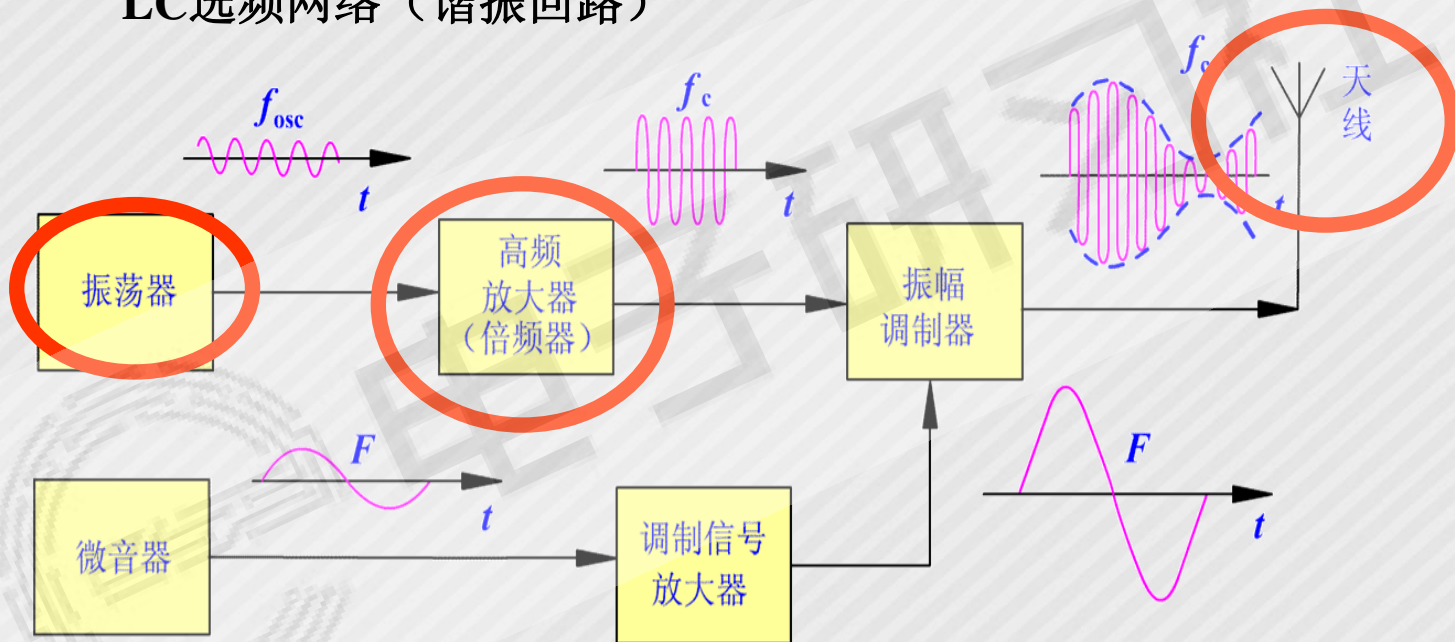
相对功率 (dBc), 以载波功率为0dBc的相对值, 是某点功率和载波功率之比的对数形式。

没有负载就不能获得功率 (将 $1\mu\text{V}$ 为0dB μ)。

用终端电压表示 (dB μ_{PD}), 开放电压表示 (dB μ_{EMF})。

4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (2) 串并联谐振回路

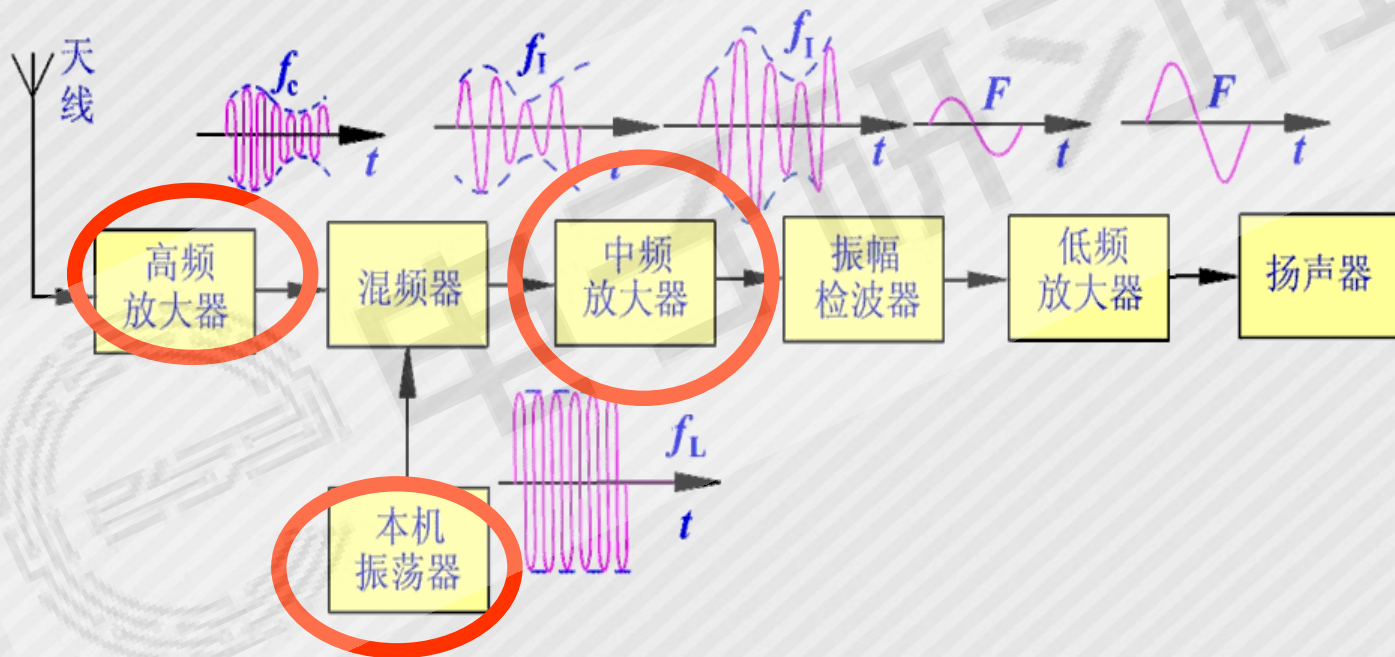
LC选频网络（谐振回路）



调幅广播发射机的组成

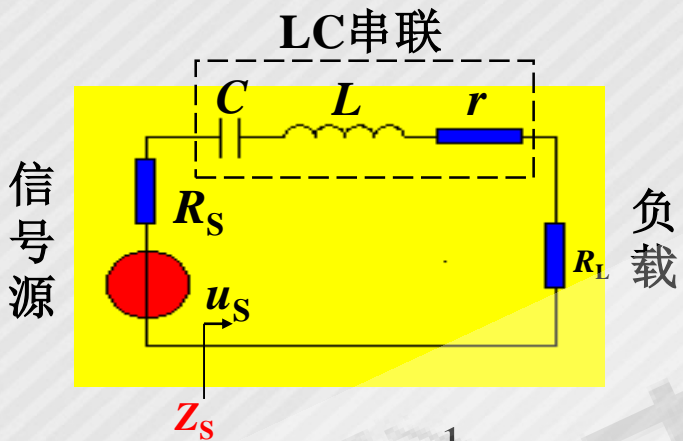
4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (2) 串并联谐振回路

LC选频网络（谐振回路）



调幅广播接收机的组成

A、LC串联谐振回路（电压谐振）

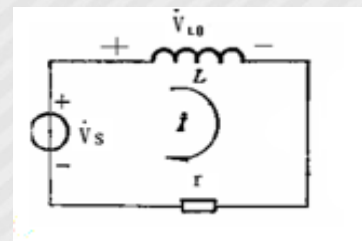
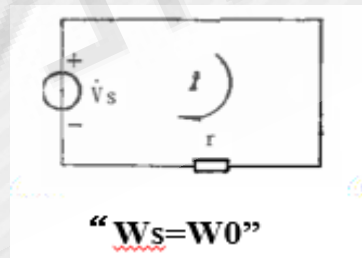
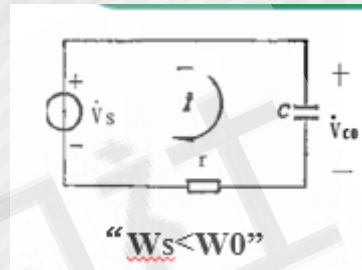
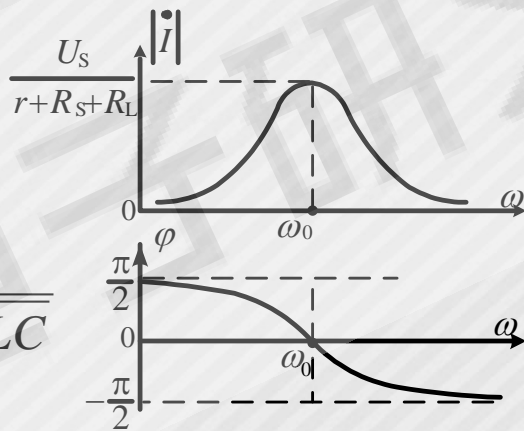


◆ 谐振频率 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

◆ 空载品质因数 $Q_0 = \frac{\omega_0 L}{r} = \frac{1}{\omega_0 C r}$

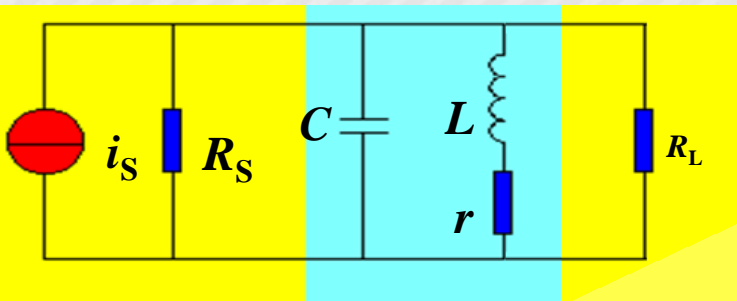
◆ 有载品质因数 $Q_L = \frac{\omega_0 L}{r + R_s + R_L}$

◆ 特性



以 “W₀” 为主, 低容高感!

B、LC并联谐振回路（电流谐振）



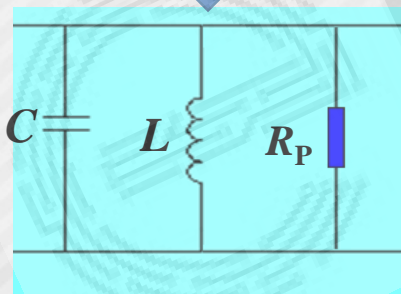
信号源

LC并联

负载

$$\omega L \gg r$$

近似等效



$$R_p = \frac{L}{Cr}$$

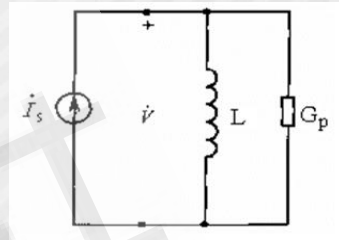
◆ 谐振频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

◆ 空载品质因数

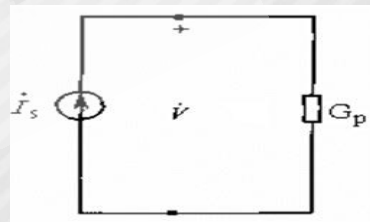
$$Q_0 = \omega_0 CR_p = \frac{R_p}{\omega_0 L}$$

◆ 有载品质因数

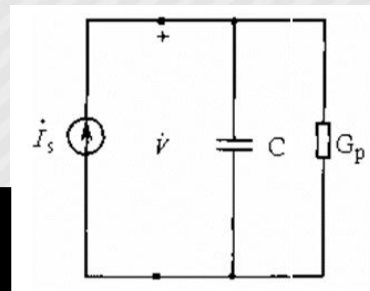
$$Q_L = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_L} \right) \omega_0 L}$$



“ $W_s < W_0$ ”



“ $W_s = W_0$ ”



“ $W_s > W_0$ ”

以“ W_0 ”为主, 低感高容!

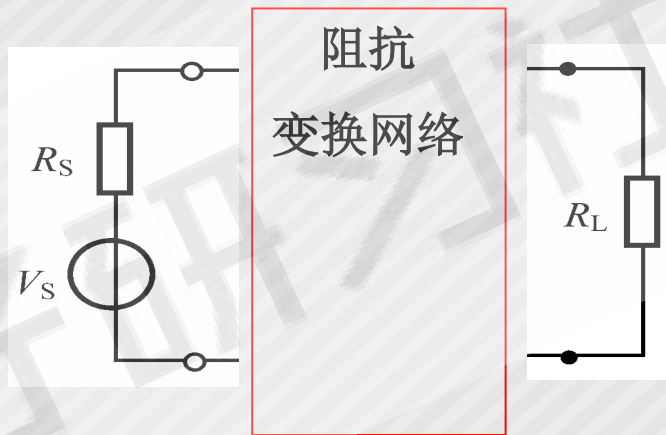
4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (3) 阻抗变换

阻抗变换的必要性

- 实现最大功率传输——共轭匹配
- 改善噪声系数——噪声匹配
- 保证滤波器性能

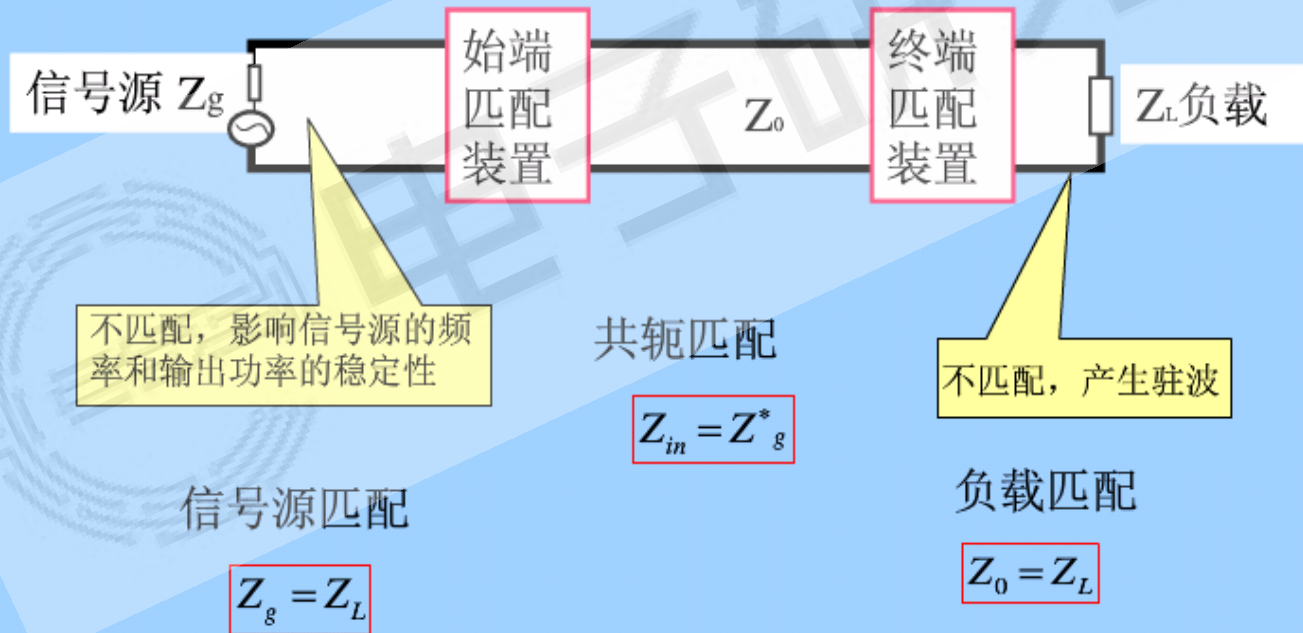
对变换网络的要求：

- 损耗小 —— 用纯电抗元件
- 带宽
 - 宽带 —— 变压器、传输线变压器
 - 窄带 —— LC网络



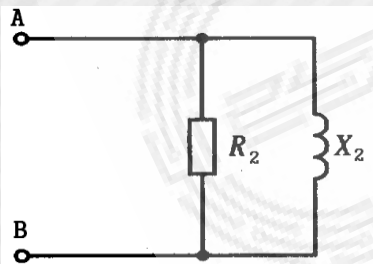
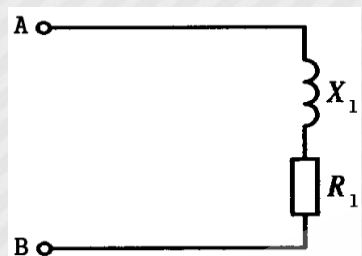
4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (3) 阻抗变换

阻抗匹配的概念



4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (3) 阻抗变换

阻抗变比折合

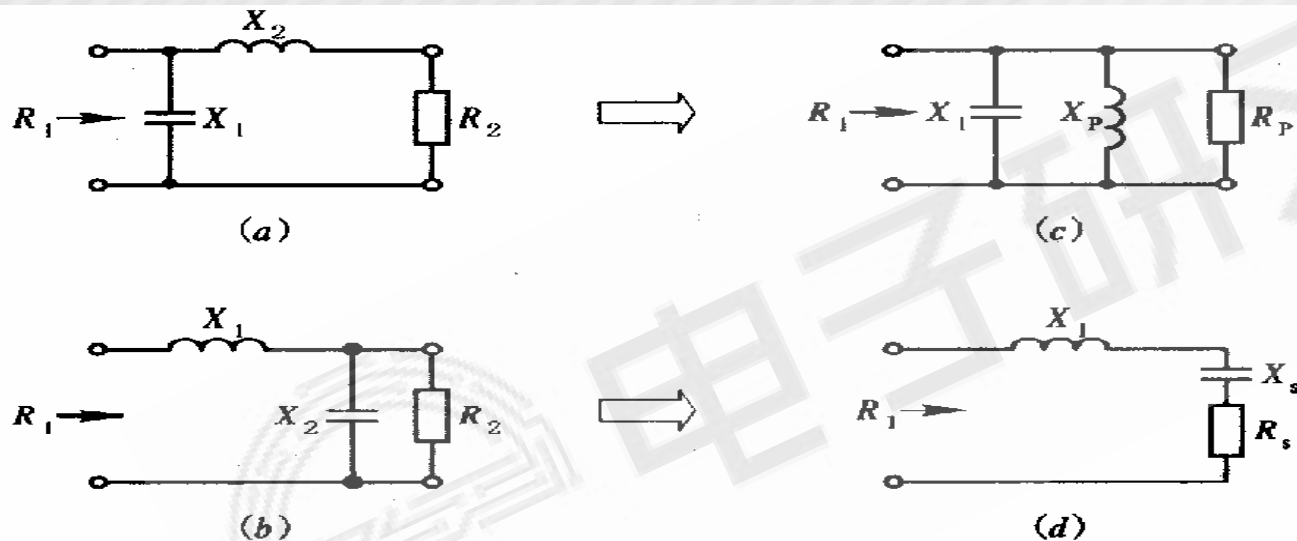


$$R_2 = Q_L^2 R_1 \quad X_2 \approx X_1$$

这个结果表明：串联电路转换成等效并联电路后，电抗 X_2 的性质与 X_1 相同，在 Q_L 较高的情况下，其电抗 X 基本不变，而并联电路的电阻 R_2 比串联电路的电阻 R_1 大 Q_L^2 倍。

串联形式电路中的电阻愈大，则损耗愈大；并联形式电路中的电阻愈小，则分流愈大，损耗也愈大，反之亦然，所以二种电路是完全等效的。

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (3) 阻抗变换



倒L型网络

有 $X_1 + X_p = 0$, $R_1 = R_p$

$$R_1 = (1 + Q_e^2) R_2$$

所以

$$Q_e = \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}$$

可以求得选频匹配网络电抗值

$$|X_2| = Q_e R_2 = \sqrt{R_2 (R_1 - R_2)}$$

$$|X_1| = |X_p| = \frac{R_1}{Q_e} = R_1 \sqrt{\frac{R_2}{R_1 - R_2}}$$

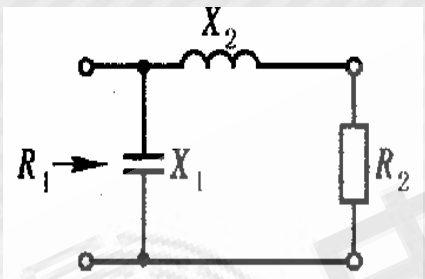
R_2 是负载电阻， R_1 是二端网络在工作频率处的等效输入电阻。

倒L型网络是由两个异性电抗元件 X_1 、 X_2 组成，是LC选频匹配网络的一种。

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (3) 阻抗变换

例 1 已知某电阻性负载为 10Ω ，请设计一个匹配网络，使该负载在 20MHz 时转换为 50Ω ，该怎样设计匹配网络？

解：由题意可知，匹配网络应使负载值增大，故采用上图（a）的倒 L 型网络。



$$|X_2| = Q_e R_2 = \sqrt{R_2(R_1 - R_2)}$$

$$|X_1| = |X_p| = \frac{R_1}{Q_e} = R_1 \sqrt{\frac{R_2}{R_1 - R_2}}$$

$$|X_2| = \sqrt{10 \times (50 - 10)} = 20 \Omega$$

$$|X_1| = 50 \times \sqrt{\frac{10}{50 - 10}} = 25 \Omega$$

所以

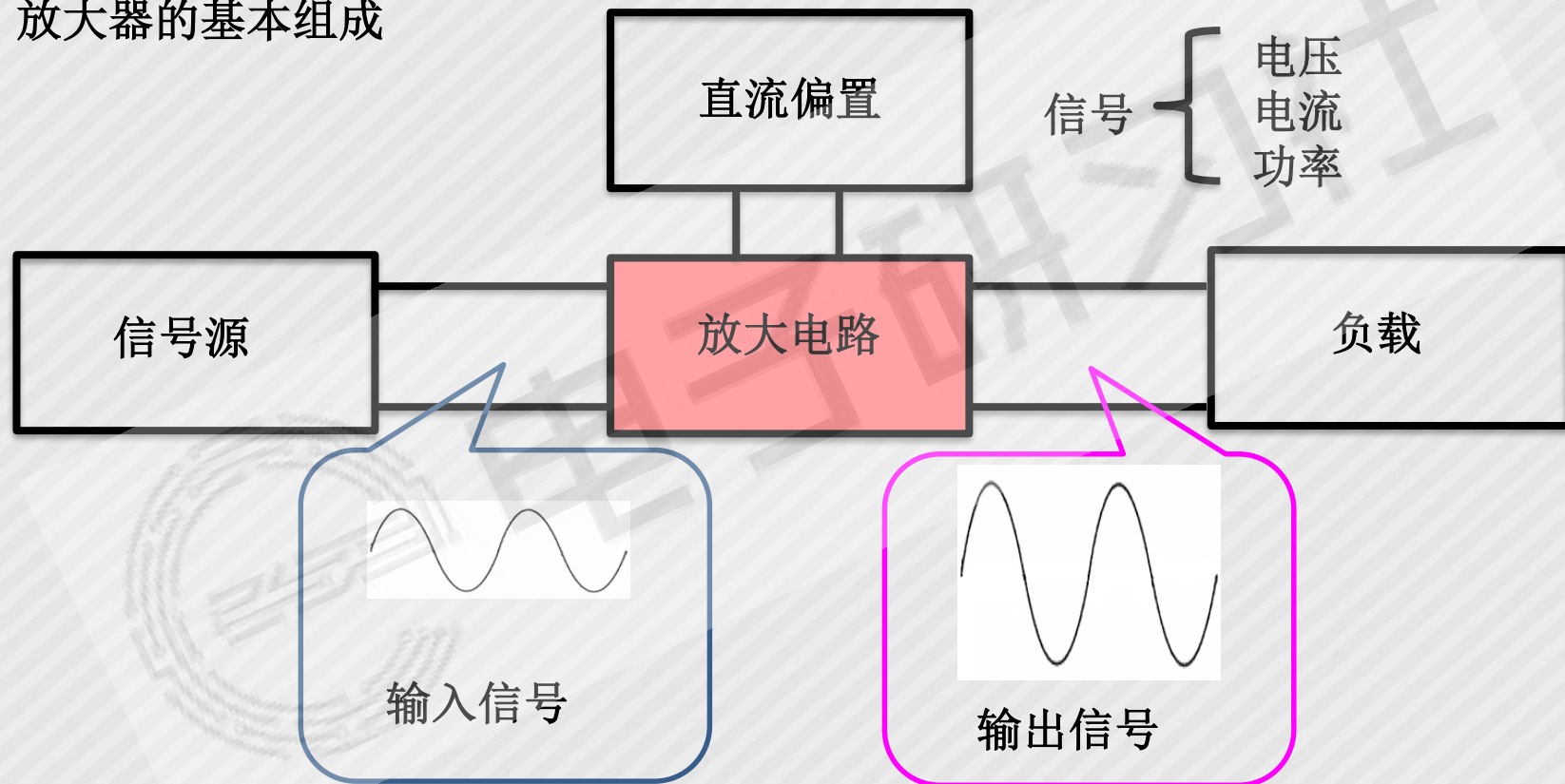
$$L_2 = \frac{|X_2|}{\omega} = \frac{20}{2\pi \times 20 \times 10^6} \approx 0.16 \mu\text{H}$$

$$C_1 = \frac{1}{\omega |X_1|} = \frac{1}{2\pi \times 20 \times 10^6 \times 25} \approx 318 \text{PF}$$

也可以利用史密斯圆图来作为阻抗匹配的工具！

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

放大器的基本组成



放大器的实质：能量的转换与控制

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

小信号放大器的指标

1、什么是高频小信号放大器？

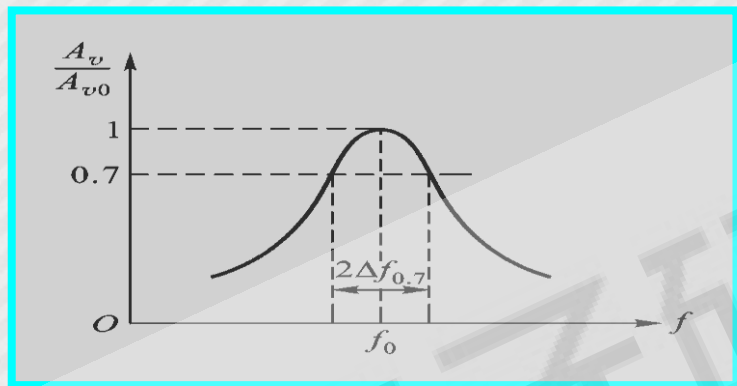
- 高频？
- 小信号？
- 调谐？
- 放大器？

2、高频小信号放大器的性能指标？

- 通频带？
- 增益？
- 选择性？
- 噪声系数？
- 稳定性？

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

1) 通频带:



$$2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q_L}$$

窄带放大器

电压增益、选频电路

宽带放大器

频率特性、电路形式

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

2) 增益:

电压增益: $A_v = \frac{V_o}{V_i}$

功率增益: $A_p = \frac{P_o}{P_i}$

分贝表示: $A_v = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$ $A_p = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$

增益可控: **自动增益控制电路 AGC**

(改变工作点、负反馈量、谐振回路Q值等参数实现)

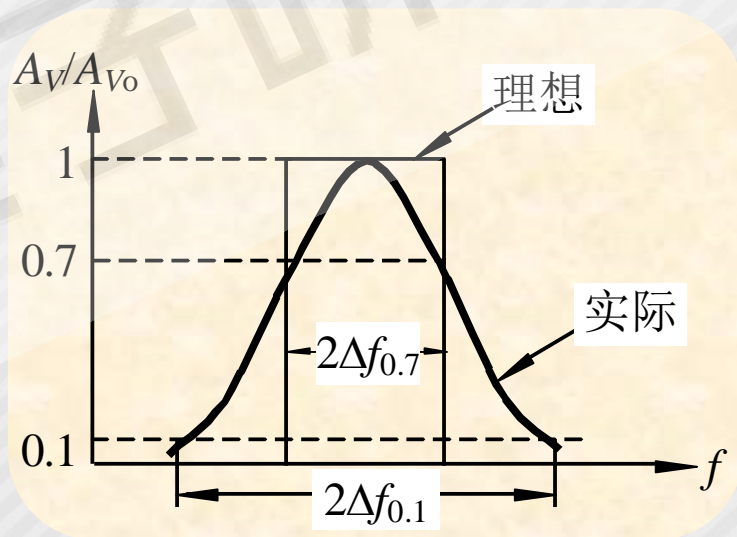
4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

3) 选择性：从各种不同频率信号的总和（有用的和有害的）中选出有用信号，抑制干扰信号的能力称为放大器的选择性。从各种不同频率信号的总和（有用的和有害的）中选出有用信号，抑制干扰信号的能力称为放大器的选择性。

① 矩形系数：表示与理想滤波特性的接近程度。

$$K_{r0.1} = \frac{2\Delta f_{0.1}}{2\Delta f_{0.7}}$$

$$K_{r0.01} = \frac{2\Delta f_{0.01}}{2\Delta f_{0.7}}$$



4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

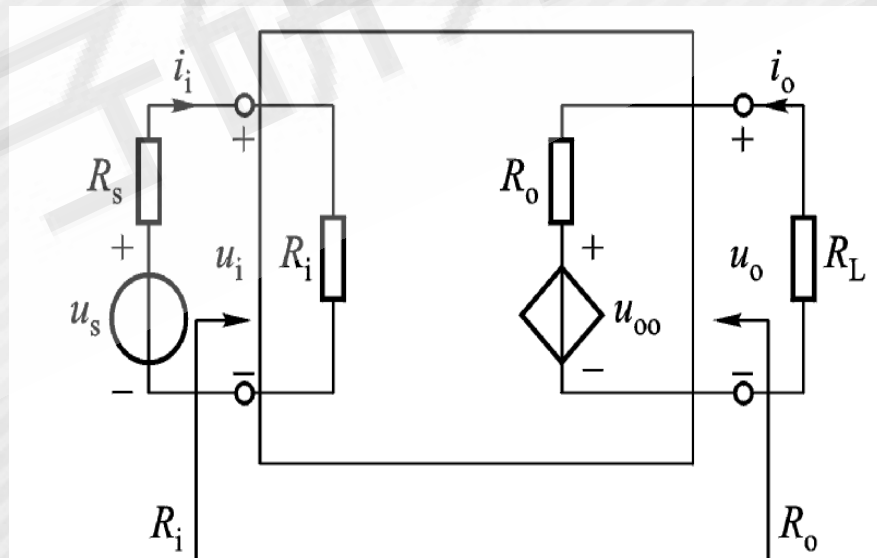
4) 输出电阻 R_o （输出阻抗 Z_o ）：

从负载电阻 R_L 左边向放大器方向看的等效电阻。

$$R_o = \left. \frac{U_o}{I_o} \right|_{U_s=0}$$

输出电阻大小反映了
放大器带负载能力的强弱。

根据 R_o 的定义，
显然 R_o 中不包含 R_L 。



4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

5) 信噪比和噪声系数：

信噪比：衡量一个信号质量优劣的指标。它是在指定频带内，同一端口信号功率 P_s 和噪声功率 P_n 的比值，即

$$S / N(\text{dB}) = 10 \lg \frac{P_s}{P_n} \quad \text{信噪比越大，信号质量越好。}$$

噪声系数：线性四端网络输入端的信噪比与输出端的信噪比之比值。

$$N_F(\text{dB}) = 10 \lg \left[\frac{(P_S / P_N)_i}{(P_S / P_N)_o} \right] (\text{dB})$$

N_F 越接近1越好，在多级放大器中，第一级的噪声对整个链路的噪声起决定作用，因此要求它的噪声应尽量小。

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

6) 线性范围：主要由**1dB**压缩点和三阶互调截点**IP3**来衡量。

线性范围：与器件有关（场效应管线性优于双极性晶体管），与电路结构有关（加负反馈、差分放大可改善）、与输入端的阻抗匹配情况有关（噪声匹配、共轭匹配）。

7) 稳定性：

指放大器的工作状态（直流偏置）、晶体管参数、电路元件参数等发生可能的变化时，放大器的主要特性的稳定。

不稳定状态的极端情况是放大器自激（主要由晶体管内反馈引起），使放大器完全不能工作。

结论：在稳定工作条件下，满足频带要求，失真小，且具有尽可能大的增益。

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (4) 小信号放大器设计

2011 年全国大学生电子设计竞赛试题--LC 谐振放大器 (D 题)

1、基本要求

- (1) 衰减器指标：衰减量 $40\pm 2\text{dB}$ ，特性阻抗 50Ω ，频带与放大器相适应。
- (2) 放大器指标：
 - a) 谐振频率： $f_0 = 15\text{MHz}$ ；允许偏差 $\pm 100\text{kHz}$ ；
 - b) 增益：不小于 60dB ；
 - c) -3dB 带宽： $2\Delta f_{0.7} = 300\text{kHz}$ ；带内波动不大于 2dB ；
 - d) 输入电阻： $R_{in} = 50\Omega$ ；
 - e) 失真：负载电阻为 200Ω ，输出电压 1V 时，波形无明显失真
- (3) 放大器使用 3.6V 稳压电源供电（电源自备）。
- 最大不允许超过 360mW ，尽可能减小功耗。

2. 发挥部分

- (1) 在 -3dB 带宽不变条件下，提高放大器增益到大于等于 80dB 。
- (2) 在最大增益情况下，尽可能减小矩形系数 $K_r > 0.1$ 。
- (3) 设计一个自动增益控制 (AGC) 电路。AGC 控制范围大于 40dB 。
- AGC 控制范围为 $20\log(V_{omin}/V_{imin}) - 20\log(V_{omax}/V_{imax})$ (dB)。
- (4) 其他。

一、任务

设计并制作一个 LC 谐振放大器。

二、要求

设计并制作一个低压、低功耗 LC 谐振放大器；为便于测试，在放大器的输入端插入一个 40dB 固定衰减器；电路框图见图 1。

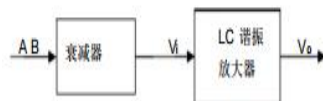
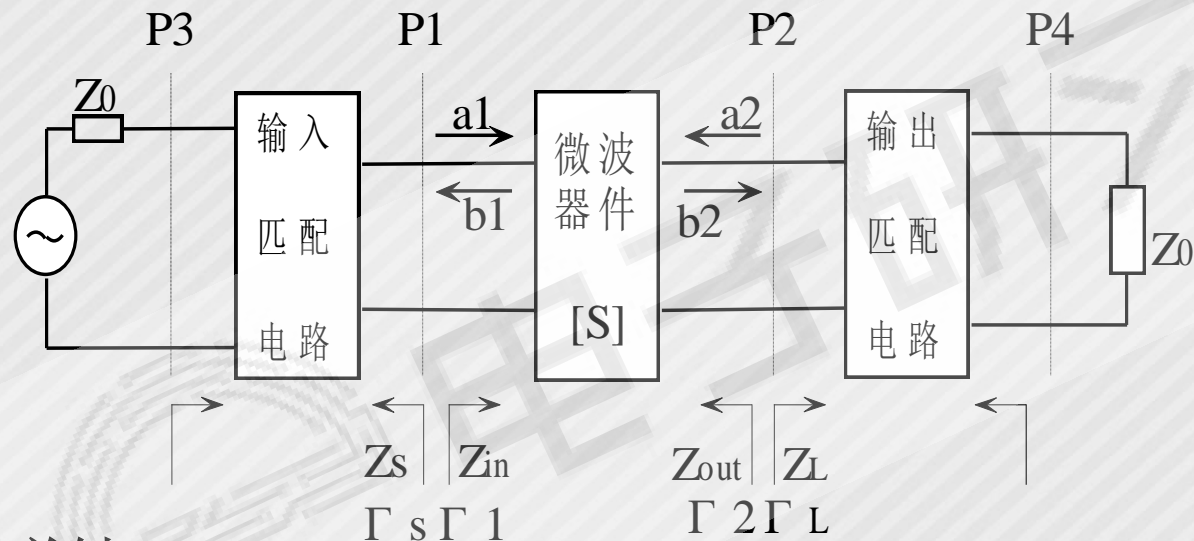


图 1 电路框图

4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (5) LNA低噪声放大器设计

低噪放（LNA, low noise amplifier）



设计关键:

- 1、选择低噪声器件
- 2、设计匹配网络，噪声系数与源电阻有关，存在最佳源电阻使NF最小。
- 3、抑制噪声及干扰的措施。

4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (6) 功率放大器的设计

指标：输出功率、效率、线性、杂散与噪声

窄带功放
宽带功放

谐振功放 (X)
非谐振功放(R)

阻抗匹
配网络

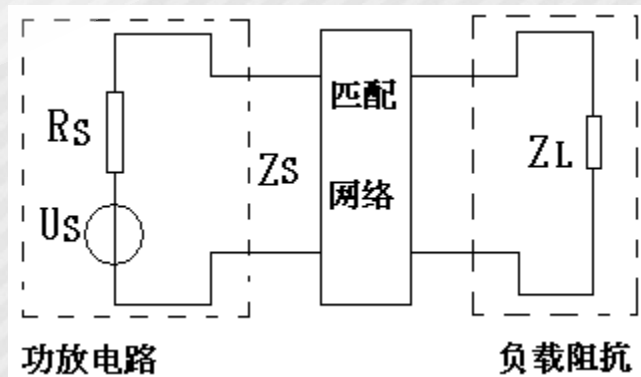
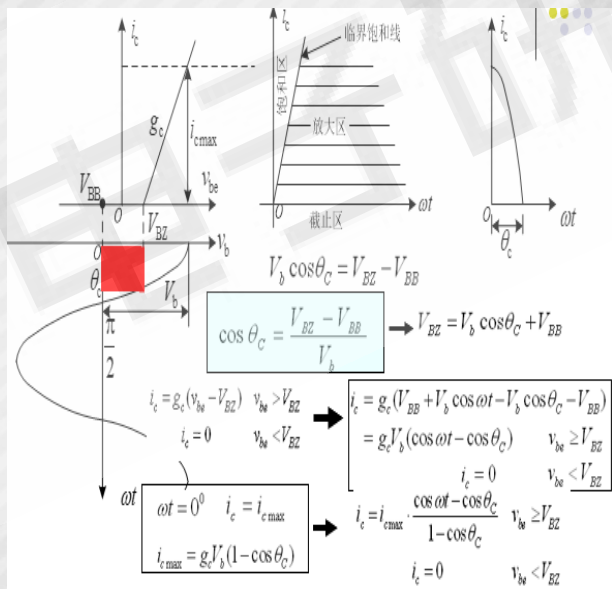
最佳
交流
负载

线性
非线性

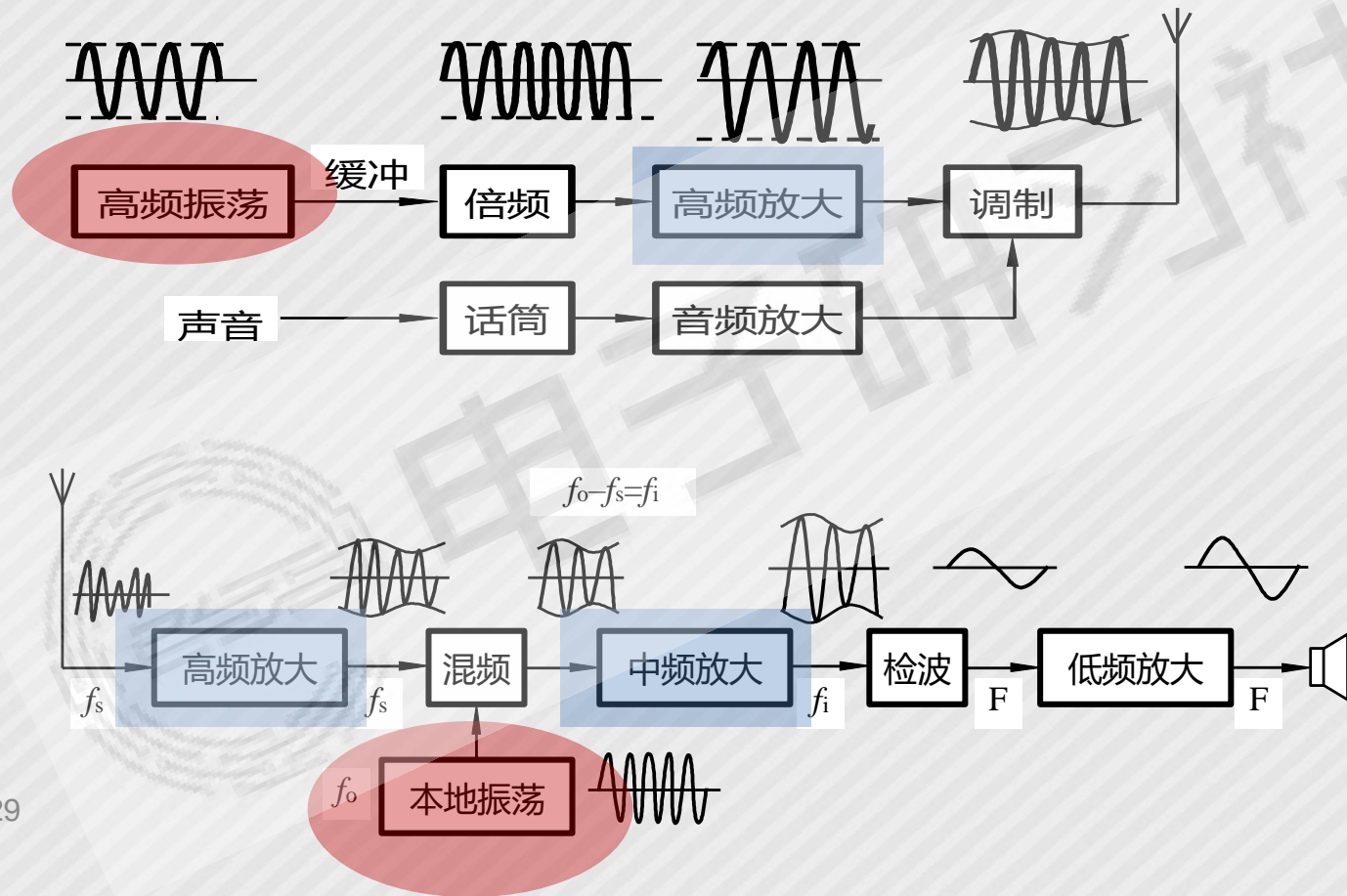
近似
分析法

甲乙丙丁类

图解法



4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (7) 振荡器电路设计



4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (7) 振荡器电路设计

1. 振荡电路分类

振荡器（oscillator）是一种能量转换装置——将直流电能转换为具有一定频率的交流电能。其构成的电路叫振荡电路。

按电路名称分类

RC方波振荡电路

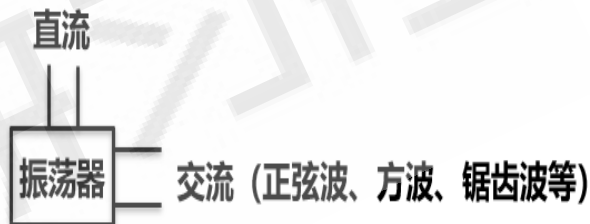
RC正弦波振荡电路

高频LC振荡电路

晶体振荡器电路

PLL频率合成器

直接数字频率合成器



压控振荡电路

高频振荡器以产生正弦波为主

常用LC反馈振荡器和晶体振荡器

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (7) 振荡器电路设计

放大器

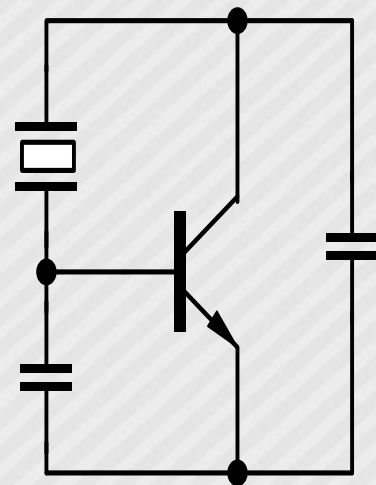
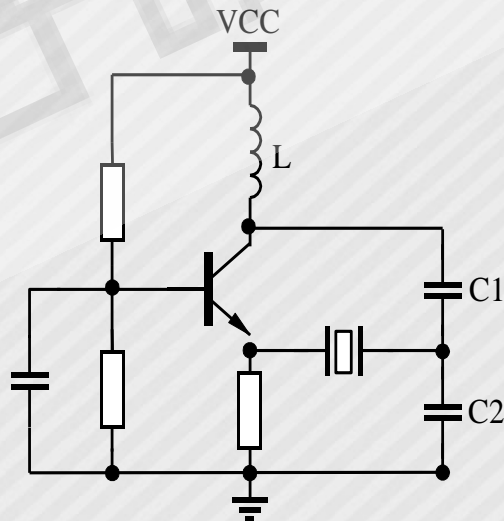
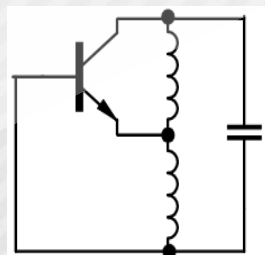
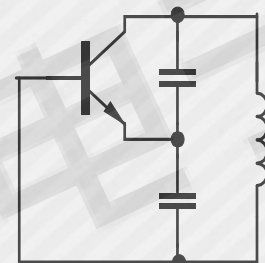
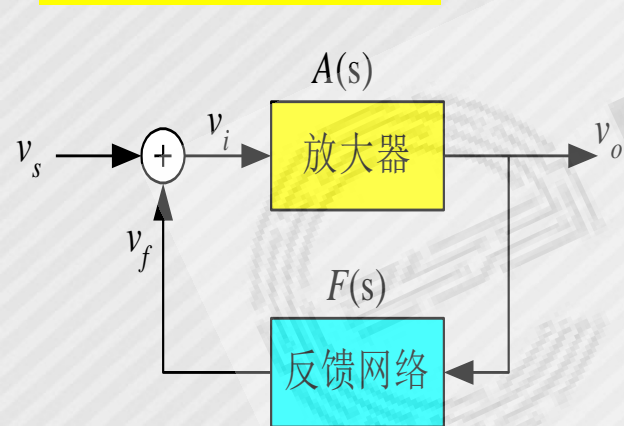
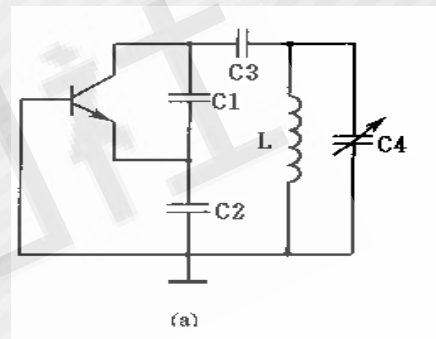
- a. 晶体三极管
- b. 场效应管
- c. 差分放大器
- d. 运算放大器

选频网络

- a. LC并联谐振回路
- b. RC选频网络
- c. 晶体滤波器等

反馈网络

- a. 电容分压
- b. 电感分压
- c. 变压器耦合
- d. 电阻分压



4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (7) 振荡器电路设计

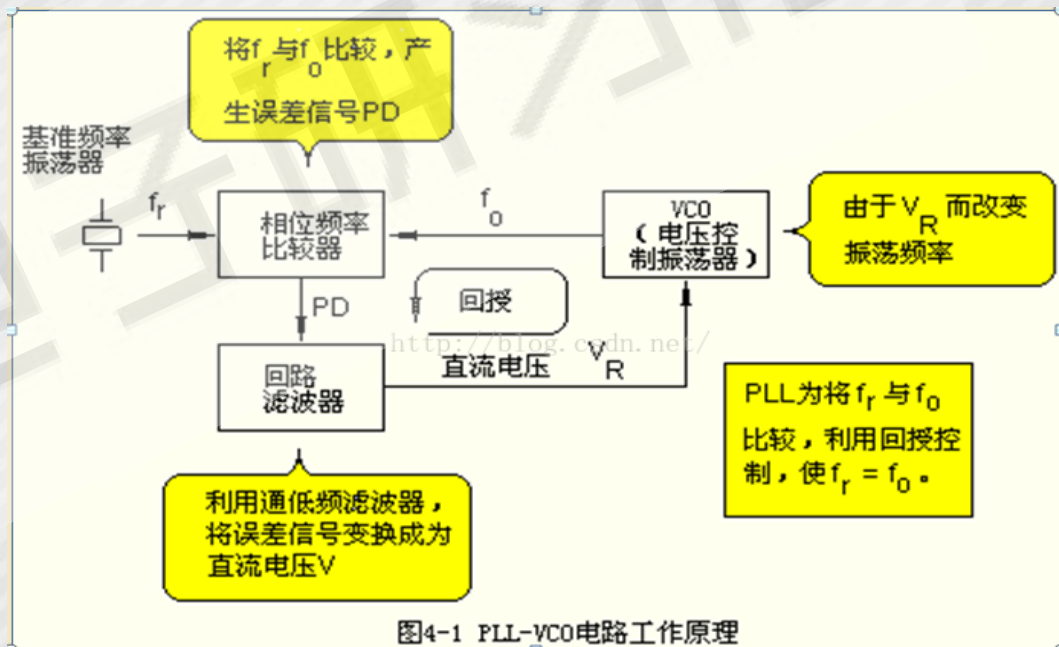
压控振荡器（PLL）：由外加电压改变振荡频率的振荡电路。

线性扫频用VCO（V-F转换器，频率变化范围较宽。低频领域，有通用集成电路的产品）
高频用VCO（频率变化范围较宽窄。可进行调频，PLL的一部分）。

锁相环路应用

- 锁相接收机
- 微波锁相振荡源
- 锁相调频器
- 锁相鉴频器
- 定时提取（滤波）
- 锁相频率合成器
-

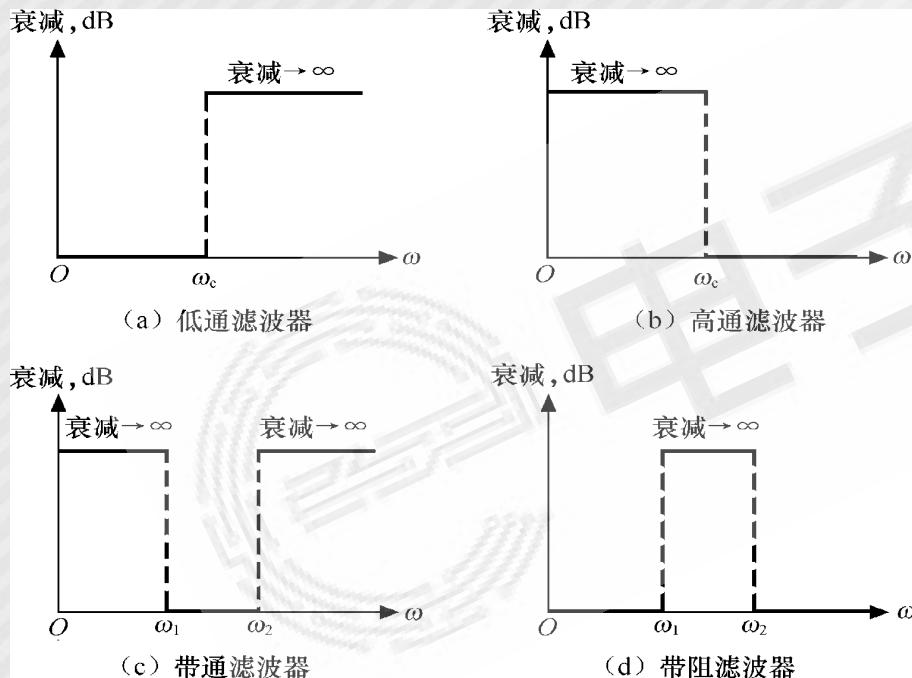
锁相频率合成器设计（PLL）



锁相频率合成器属于反馈控制电路，是自动相位控制。PLL具有稳频作用。

4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (8) 滤波器电路设计

按照允许通过的信号频率范围分类



低通滤波器: LPF

高通滤波器: HPF

带通滤波器: BPF

带阻滤波器: BEF

全通滤波器: APF

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (8) 滤波器电路设计

滤波器的主要技术指标

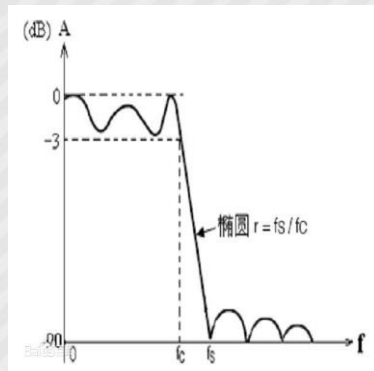
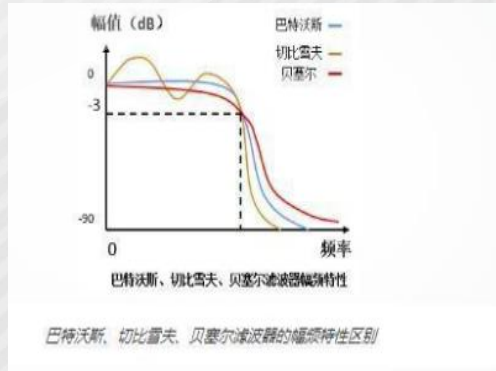
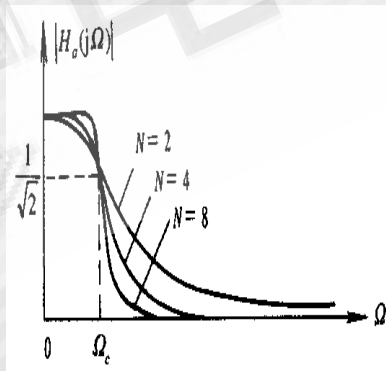
1. 截止频率 (Cutoff Frequency)
2. 中心频率 (Center Frequency)
3. 通带带宽 (BW xdB)
4. 通带增益 (Passband gain)
5. 插入损耗 (Insertion Loss)
6. 纹波 (Ripple)
7. 带内驻波比 (VSWR)
8. 阻带抑制度
9. 阻尼系数与品质因数
10. 群时延函数
11. 带内相位线性度

函数型滤波器的命名与特点

巴特沃斯滤波器的特点是通频带内的频率响应曲线最大限度平坦，没有起伏，而在阻频带则逐渐下降为零。

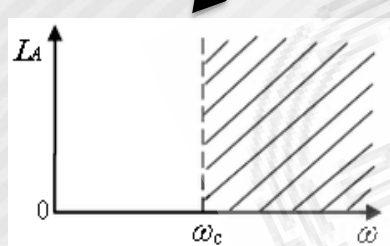
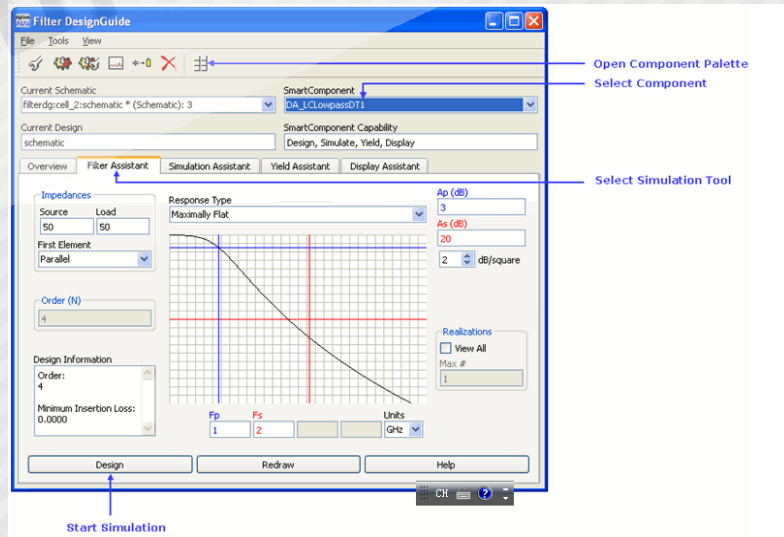
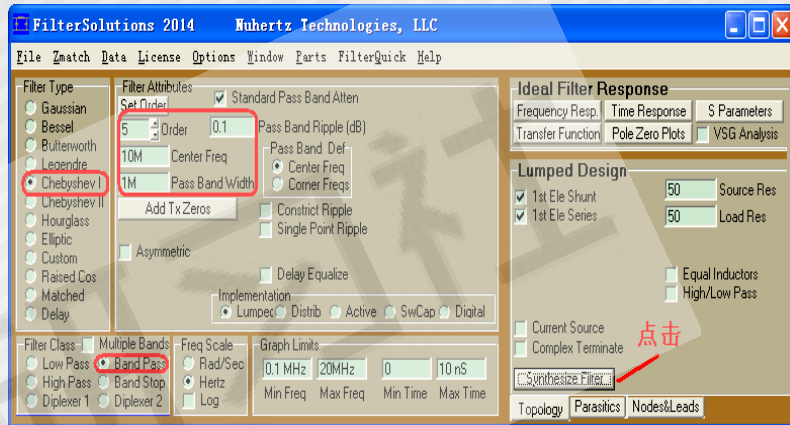
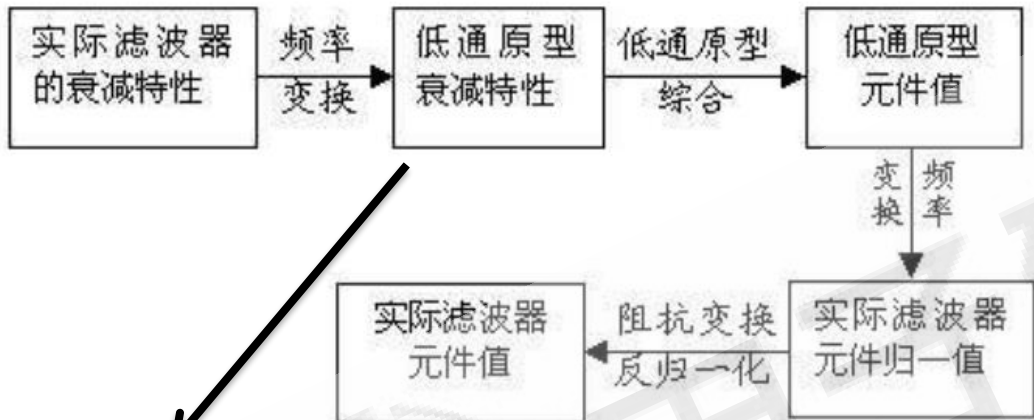
切比雪夫型低通滤波器，是在通带或阻带上频率响应幅度等波纹波动的滤波器。

椭圆滤波器 (Elliptic filter) 又称考尔滤波器，是在通带和阻带等波纹的一种滤波器。

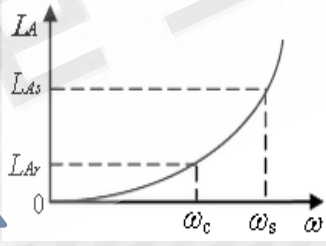


归一化低通原型

滤波器综合的过程



用函数逼近



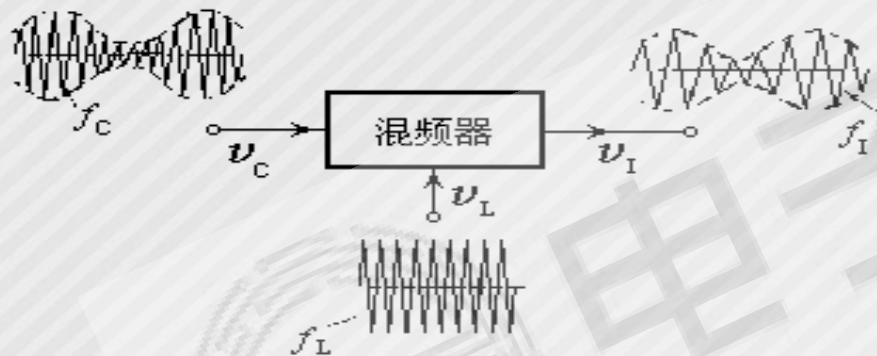
理想化频响

归一化思想：低通、高通、带通-----归一化为低通
低通-----归一化为低通原型。特性阻抗为1，截止频率为1。

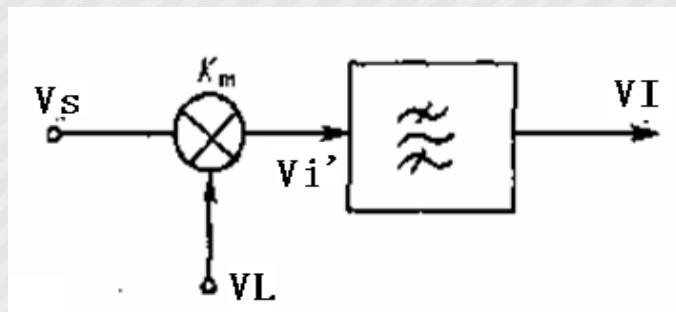
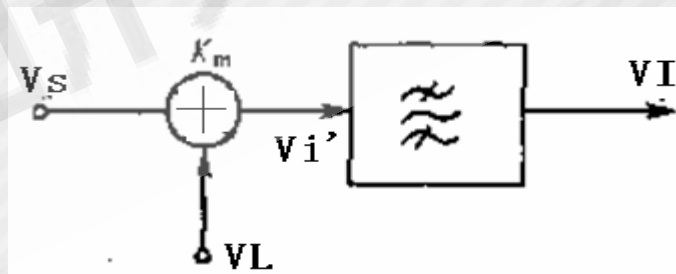
4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (9) 混频器

混频的概念

变频或混频就是把两个不同的信号加到非线性器件上进行频率组合后取出和频或差频的过程。它的基本功能均是将输入频带信号的频谱搬移到新的频率范围内，即频谱的线性搬移。



$$f_I = |f_L \pm f_c|$$

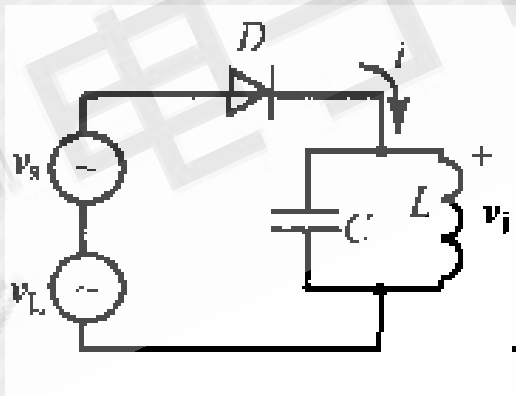
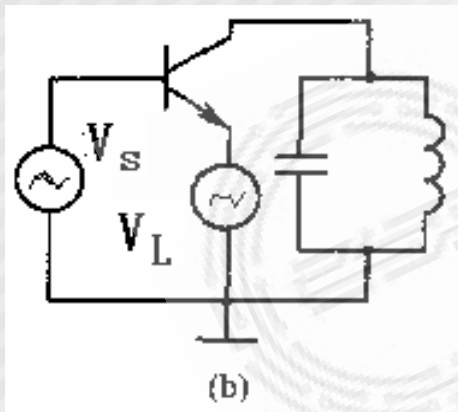


- ❖ 如果本振信号由外部其它电路提供，
- ❖ 则称变频电路为它激式混频器，或简称为混频器；
- ❖ 如果所用本振信号是变频电路自身产生，
- ❖ 则称为自激式混频器，或简称为变频器。

4、“高频电路”赛题相关理论知识点----- (9) 混频器

混频的应用

- ❖ 频率合成系统中实现升降频。
- ❖ 通信系统中降低对滤波器的要求。
- ❖ 卫星信号传送中的二次变频应用。
- ❖ 鉴相、相位调制器等



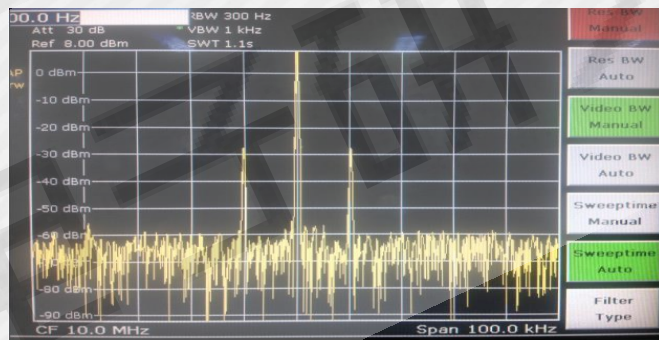
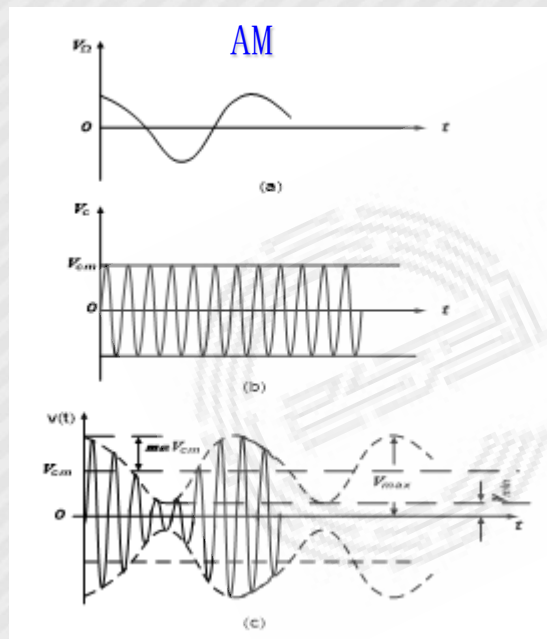
二极管混频器的指标

1. 变频增益(损耗)
2. 噪声系数
3. 动态范围
4. 双音三阶交调与线性度
5. 工作频率
6. 隔离度
7. 镜像频率抑制度
8. 本振功率
9. 端口性能

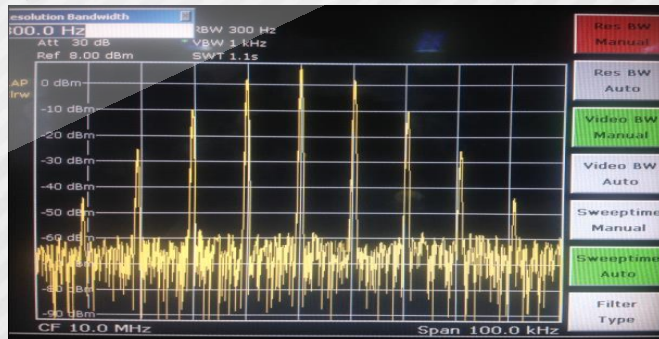
4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (10) 调制与解调

模拟信号的调制与解调，即振幅调制(AM)、频率调制(FM)及相位调制(PM)。其中振幅调制属于频谱的线性变换，而频率调制及相位调制则属于频谱的非线性变换。

- 线性变换的特点：信号频谱不失真的搬移。
- 非线性变换的特点：对信号频谱进行特定的非线性变换，产生新的频谱结构。



AM

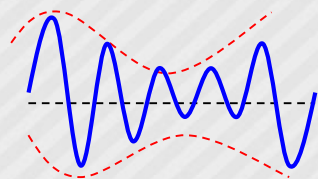


FM

4、“高频电路”赛题相关理论知识----- (10) 调制与解调

从已调波中检出包络信息，只适用于AM信号。

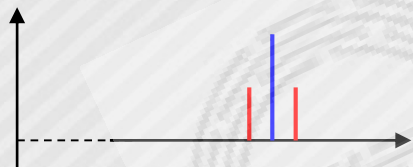
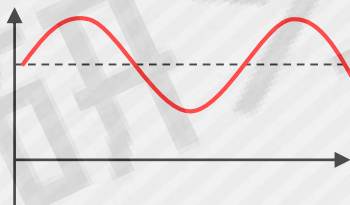
输入 AM 信号



非线性
电路

低通
滤波器

检出包络信息



调频波解调又称为鉴频或频率检波，调相波的解调称为鉴相或相位检波。



高频电路竞赛基础知识梳理

THE END

THANKS

陈瑜 电子科技大学
2020-04-26