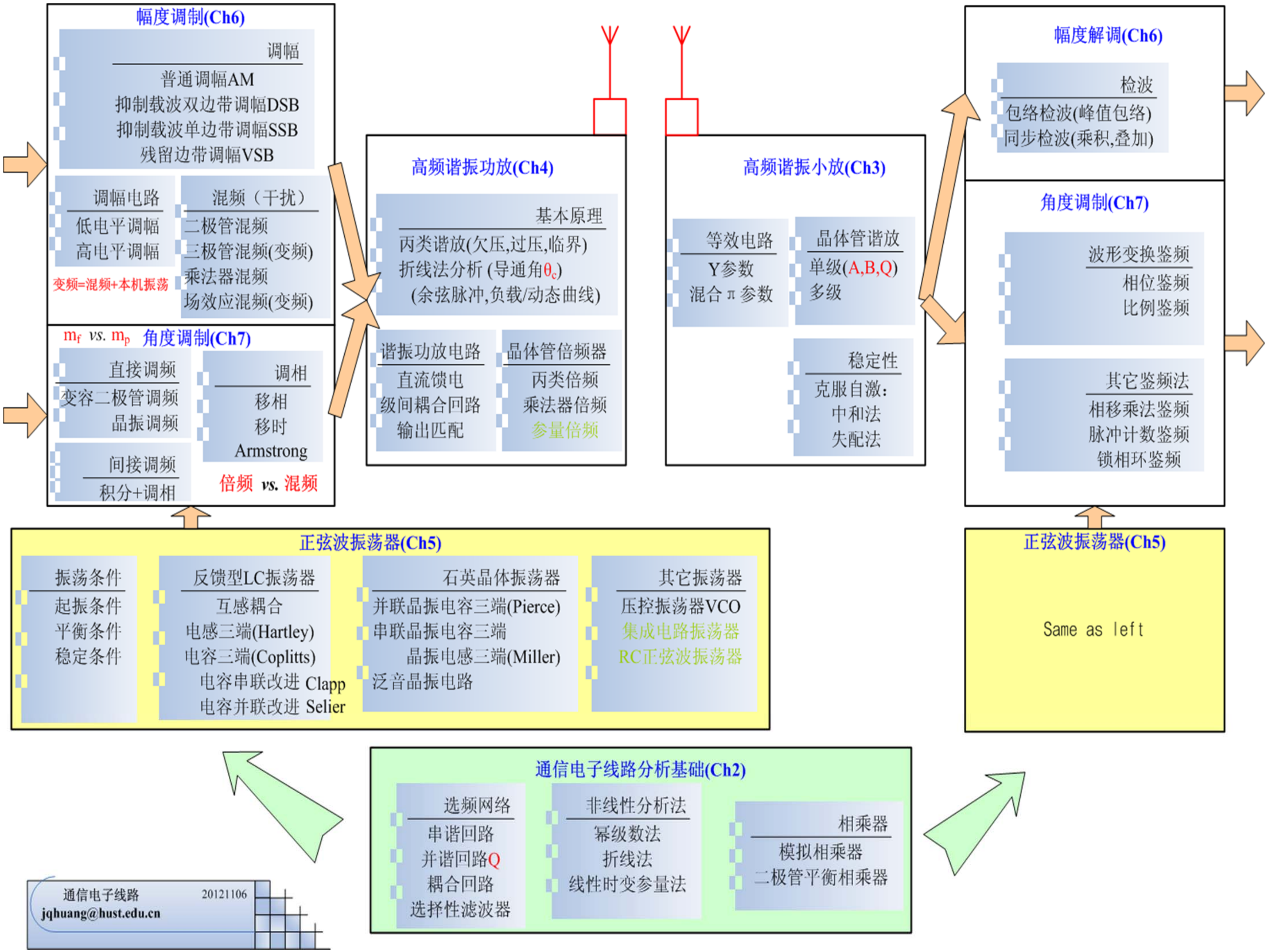
通信电子线路攻略

（2014版）

华中科技大学
电子信息与通信学院
黄佳庆
jqhuang@mail.hust.edu.cn

^_^



幅度调制(Ch6)
调幅
普通调幅AM
抑制载波双边带调幅DSB
抑制载波单边带调幅SSB
残留边带调幅VSB
调幅电路
低电平调幅
高电平调幅
变频=混频+本机振荡
混频（干扰）
二极管混频
三极管混频(变频)
乘法器混频
场效应混频(变频)
m_f vs. m_p
角度调制(Ch7)
直接调频
变容二极管调频
晶振调频
间接调频
积分+调相
调相
移相
移时
Armstrong
倍频 vs. 混频
高频谐振功放(Ch4)
基本原理
丙类谐放(欠压,过压,临界)
折线法分析 (导通角θ_c)
(余弦脉冲,负载/动态曲线)
谐振功放电路
直流馈电
级间耦合回路
输出匹配
晶体管倍频器
丙类倍频
乘法器倍频
参量倍频
高频谐振小放(Ch3)
等效电路
Y参数
混合π参数
晶体管谐放
单级(A,B,Q)
多级
稳定性
克服自激:
中和法
失配法
幅度解调(Ch6)
检波
包络检波(峰值包络)
同步检波(乘积,叠加)
角度调制(Ch7)
波形变换鉴频
相位鉴频
比例鉴频
其它鉴频法
相移乘法鉴频
脉冲计数鉴频
锁相环鉴频
正弦波振荡器(Ch5)
振荡条件
起振条件
平衡条件
稳定条件
反馈型LC振荡器
互感耦合
电感三端(Hartley)
电容三端(Coplitts)
电容串联改进 Clapp
电容并联改进 Selier
石英晶体振荡器
并联晶振电容三端(Pierce)
串联晶振电容三端
晶振电感三端(Miller)
泛音晶振电路
其它振荡器
压控振荡器VCO
集成电路振荡器
RC正弦波振荡器
正弦波振荡器(Ch5)
Same as left
通信电子线路分析基础(Ch2)
选频网络
串谐回路
并谐回路Q
耦合回路
选择性滤波器
非线性分析法
幂级数法
折线法
线性时变参量法
相乘器
模拟相乘器
二极管平衡相乘器
通信电子线路
20121106
jqhuang@hust.edu.cn

调频

$$\triangle\omega = K_f v_\Omega(t)$$

$$\theta(t) = \omega_0 t + K_f \int_0^t v_\Omega(t)dt$$

$$a_f(t) = V\cos\left[\omega_0 t + K_f \int_0^t v_\Omega(t)dt\right]$$

最大频偏 $\triangle\omega_{max} = K_f \left|v_\Omega(t)\right|_{max}$

最大相偏 $m_f = K_f \left|\int_0^t v_\Omega(t)dt\right|_{max}$

调相

$$\triangle\theta = K_p v_\Omega(t)$$

$$a_p(t) = V\cos\left[\omega_0 t + K_p v_\Omega(t)\right]$$

最大相偏 $m_p = K_p \left|v_\Omega(t)\right|_{max}$

最大频偏 $\Delta\omega_{max} = K_p \left|\frac{dv_\Omega(t)}{dt}\right|_{max}$

$$\boxed{v_\Omega(t) = V_\Omega \cos\Omega t}$$

$$m_f = \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}$$

$$a_f(t) = V_m\cos\left[\omega_0 t + \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}\sin\Omega t\right] = V_m\cos(\omega_0 t + m_f \sin\Omega t)$$

$$\triangle\omega_{max} = K_f V_\Omega$$

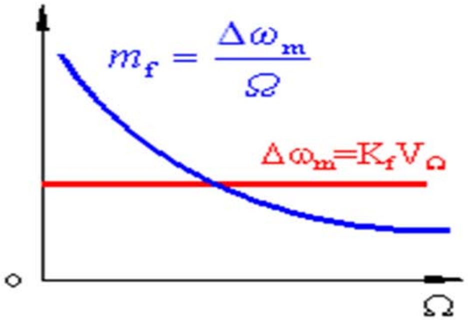
$$m_p = K_p V_\Omega$$

$$a_p(t) = V_m\cos(\omega_0 t + K_p V_\Omega \cos\Omega t) = V_m\cos(\omega_0 t + m_p\cos\Omega t)$$

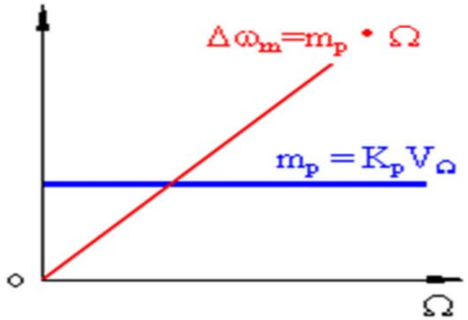
$$\Delta\omega_{max} = K_p V_\Omega \Omega$$

$$\triangle\omega = m\cdot\Omega$$

Ch7



(a)



(b)

Suggestions to jqhuang@hust.edu.cn

Ch7

调频

$$\Delta\omega = K_f v_\Omega(t)$$

$$\theta(t) = \omega_0 t + K_f \int_0^t v_\Omega(t)dt$$

$$a_f(t) = V\cos\left[\omega_0 t + K_f \int_0^t v_\Omega(t)dt\right]$$

最大频偏 $\Delta\omega_{max} = K_f \left|v_\Omega(t)\right|_{max}$

最大相偏 $m_f = K_f \left|\int_0^t v_\Omega(t)dt\right|_{max}$

调相

$$\Delta\theta = K_p v_\Omega(t)$$

$$a_p(t) = V\cos\left[\omega_0 t + K_p v_\Omega(t)\right]$$

最大相偏 $m_p = K_p \left|v_\Omega(t)\right|_{max}$

最大频偏 $\Delta\omega_{max} = K_p \left|\dfrac{dv_\Omega(t)}{dt}\right|_{max}$

$$\boxed{v_\Omega(t) = V_\Omega \cos\Omega t}$$

$$m_f = \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}$$

$$a_f(t) = V_m \cos\left[\omega_0 t + \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}\sin\Omega t\right] = V_m\cos(\omega_0 t + m_f \sin\Omega t)$$

$$\Delta\omega_{max} = K_f V_\Omega$$

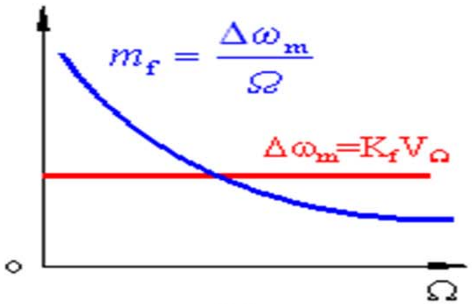
$$m_p = K_p V_\Omega$$

$$a_p(t) = V_m\cos(\omega_0 t + K_p V_\Omega \cos\Omega t) = V_m\cos(\omega_0 t + m_p\cos\Omega t)$$

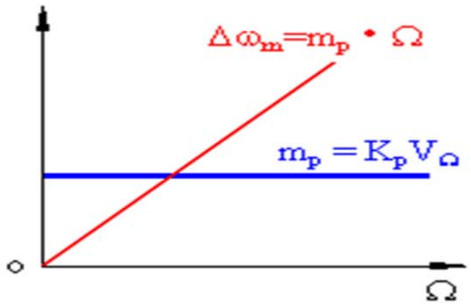
$$\Delta\omega_{max} = K_p V_\Omega \Omega$$

$$\Delta\omega = m\cdot\Omega$$

$$\Delta f = m\cdot F$$



(a)



(b)

调频

$\Delta\omega = K_f v_\Omega(t)$

$\theta(t) = \omega_0 t + K_f \int_0^t v_\Omega(t)dt$

$a_f(t) = V\cos\left[\omega_0 t + K_f \int_0^t v_\Omega(t)dt\right]$

最大频偏 $\Delta\omega_{max} = K_f \left|v_\Omega(t)\right|_{max}$

最大相偏 $m_f = K_f \left|\int_0^t v_\Omega(t)dt\right|_{max}$

调相

$\Delta\theta = K_p v_\Omega(t)$

$a_p(t) = V\cos\left[\omega_0 t + K_p v_\Omega(t)\right]$

最大相偏 $m_p = K_p \left|v_\Omega(t)\right|_{max}$

最大频偏 $\Delta\omega_{max} = K_p \left|\frac{dv_\Omega(t)}{dt}\right|_{max}$

$\boxed{v_\Omega(t) = V_\Omega \cos\Omega t}$

$m_f = \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}$

$$a_f(t) = V_m \cos\left[\omega_0 t + \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}\sin\Omega t\right] = V_m\cos(\omega_0 t + m_f \sin\Omega t)$$

$\Delta\omega_{max} = K_f V_\Omega$

$m_p = K_p V_\Omega$

$$a_p(t) = V_m\cos(\omega_0 t + K_p V_\Omega \cos\Omega t) = V_m\cos(\omega_0 t + m_p\cos\Omega t)$$

$\Delta\omega_{max} = K_p V_\Omega \Omega$

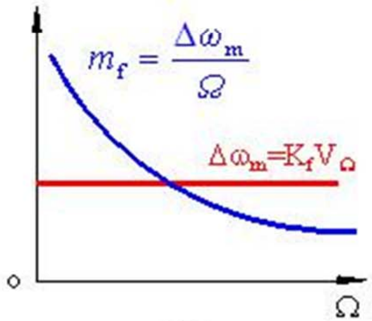
$\Delta\omega = m\cdot\Omega$

$\Delta f = m\cdot F$

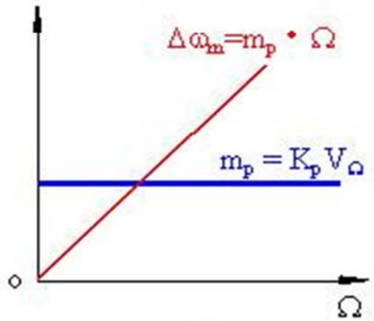
$\boxed{v_\Omega(t) = V_\Omega \sin\Omega t}$

$$a_f(t) = V_m\cos\left[\omega_0 t - \frac{K_f V_\Omega}{\Omega}\cos\Omega t\right] = V_m\cos(\omega_0 t - m_f\cos\Omega t)$$

$$a_p(t) = V_m\cos(\omega_0 t + K_p V_\Omega \sin\Omega t) = V_m\cos(\omega_0 t + m_p\sin\Omega t)$$



(a)



(b)

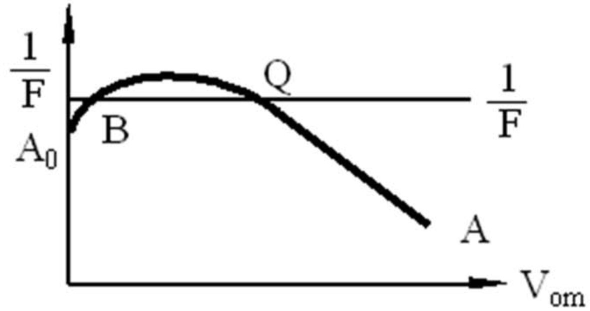
- 调幅电路
  - 低电平调幅
    - 二极管调幅
      - 简单二极管调幅
        - 平方律调幅
        - 开关调幅
      - 平衡调幅
      - 环型调幅
    - 模拟乘法器调幅
  - 高电平调幅
    - 集电极调幅
    - 基极调幅
    - 发射极调幅

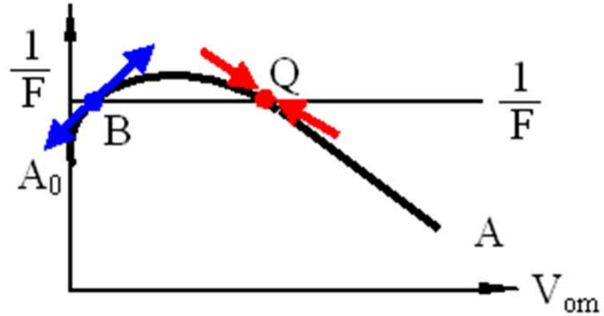
- 检波器分类
  - 同步检波
    - 乘积型
    - 叠加型
  - 包络检波
    - 平方率检波
    - 峰值包络检波
    - 平均包络检波

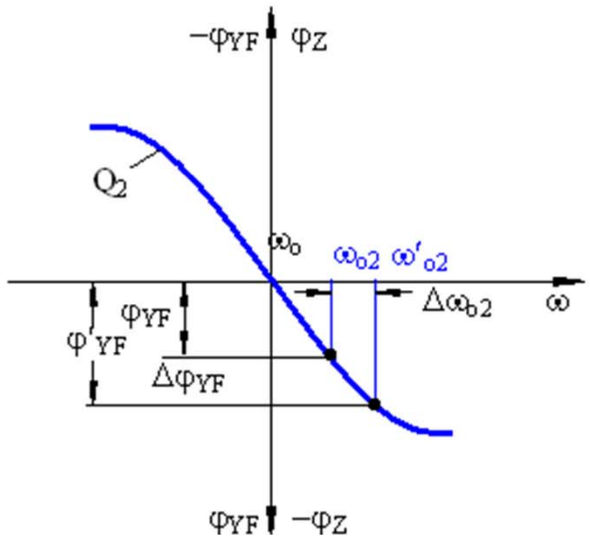
Ch6

Ch5

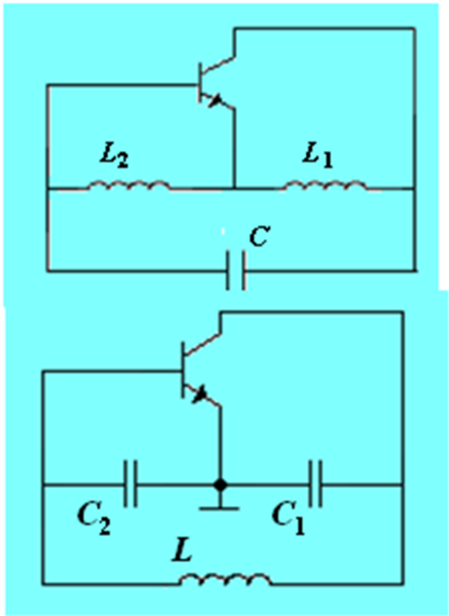
- **启动振荡**
  - **起振条件** $\dot{A}_o \cdot \dot{F} > 1$ $\begin{cases} A_o F > 1 \\ \phi_A + \phi_F = 2n\pi \quad (n = 0, \pm 1, \cdots) \end{cases}$
- **维持振荡**
  - **平衡条件** $\dot{A} \cdot \dot{F} = 1$
    - $\begin{cases} AF = 1 \\ \phi_A + \phi_F = 2n\pi \quad (n = 0, \pm 1, \cdots) \end{cases}$
    - $\begin{cases} |\bar{y}_{fe}| \cdot |Z_{p1}| \cdot F = 1 \\ \phi_Y + \phi_Z + \phi_F = 2n\pi \quad (n = 0, 1, 2, 3 \cdots) \end{cases}$
  - **稳定条件** $\begin{cases} \dot{A} \cdot \dot{F} > 1 \\ \dot{A} \cdot \dot{F} < 1 \end{cases}$
    - $\left.\dfrac{\partial A}{\partial V_{om}}\right|_{V_{om} = V_{omQ}} < 0$
    - $\dfrac{\partial \phi}{\partial \omega} \approx \dfrac{\partial \phi_Z}{\partial \omega} < 0$



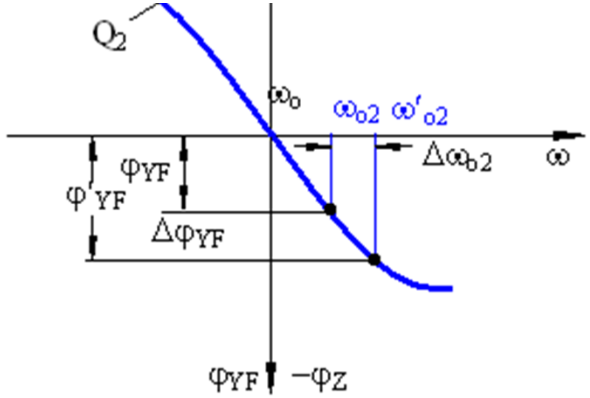




Suggestions to jqhuang@hust.edu.cn



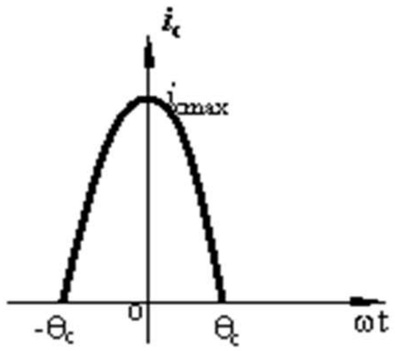
$$\frac{\partial \phi}{\partial \omega} \approx \frac{\partial \phi_Z}{\partial \omega} < 0$$



- 振荡器
  - 反馈振荡器
    - 反馈型RC振荡器
    - 反馈型LC振荡器
      - 互感反馈振荡器
      - 电感三端振荡器 (Hartley)
      - 电容三端振荡器 (Coplitts)
        - 串联改进电容三端振荡器 (Clapp)
        - 并联改进电容三端振荡器 (Seiler)
    - 石英晶体振荡器
      - 并联晶体振荡器(Pierce)
      - 泛音晶体振荡器
      - 串联晶体振荡器
        - （以上三种）电容三端晶体振荡器
      - 电感晶体振荡器(Miller)
      - 串联晶体振荡器(课堂练习)
        - （以上两种）电感三端晶体振荡器
  - 负阻振荡器

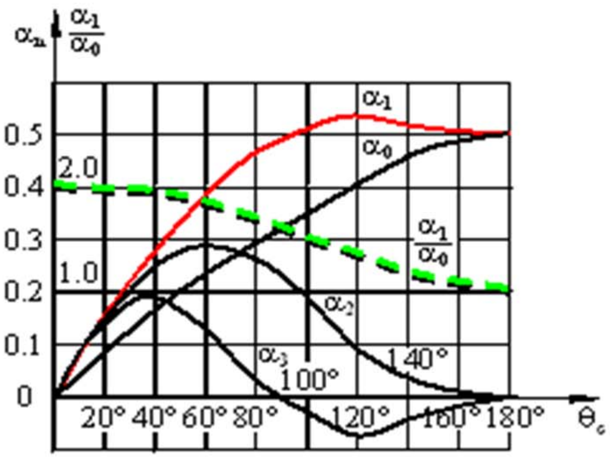
Ch5

Suggestions to jqhuang@hust.edu.cn



$i_{c\,max}=g_{cr}V_{CEmin}=g_{cr}\,(V_{CC}-V_{cm})$

$$\begin{cases}\theta_c=\cos^{-1}\dfrac{|V_{BB}|+V_{BZ}}{V_{bm}}\\ i_{c\,max}=g_c V_{bm}(1-\cos\theta_c)\end{cases}\quad\begin{cases}I_{C0}=i_{C\max}\alpha_0(\theta_C)\\ I_{cm1}=i_{C\max}\alpha_1(\theta_C)\end{cases}$$

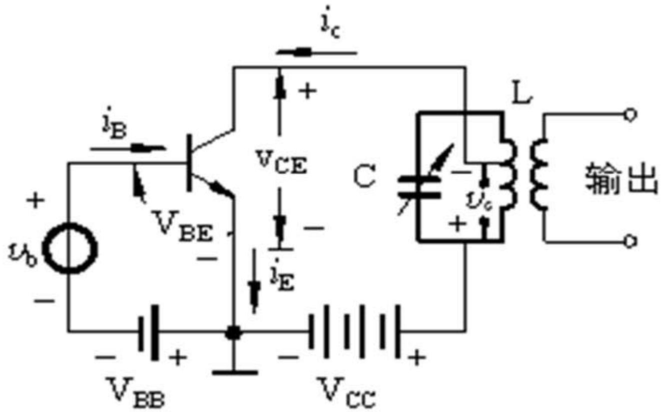


$$\eta_c=\frac{P_o}{P_=}=\frac{\frac{1}{2}V_{cm}\cdot I_{Cm1}}{V_{CC}\cdot I_{C0}}=\frac{1}{2}\xi\cdot g_1(\theta_c)$$

$$=\frac{P_o}{P_o+P_c}$$

$$g_1(\theta_c)=\frac{\alpha_1(\theta_c)}{\alpha_0(\theta_c)}=\frac{\alpha_1}{\alpha_0}$$

$$P_o=\frac{1}{2}V_{cm}\cdot I_{cm1}=\frac{1}{2}\frac{V_{cm}^2}{R_p}=\frac{1}{2}I_{cm1}^2R_p$$



$\begin{cases}\text{动态曲线}\\ \text{负载曲线}\end{cases}$

η_c P_o $\sim R_p$ 欠压、过压

η_c P_o $\sim V_{CC}$ 过压、欠压→集电极调幅

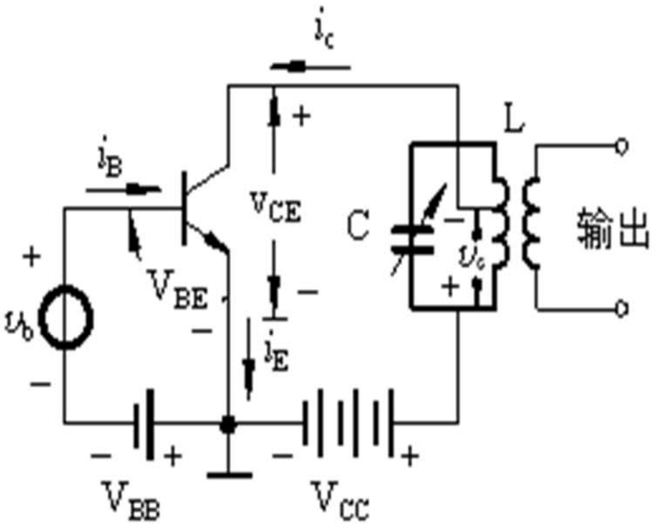
η_c P_o $\sim V_{BB}$

η_c P_o $\sim V_{bm}$ 欠压、过压→ 基极调幅

η_c P_o $\sim R_p'$ 欠压、过压

M大　　M小

Ch4



动态曲线
负载曲线

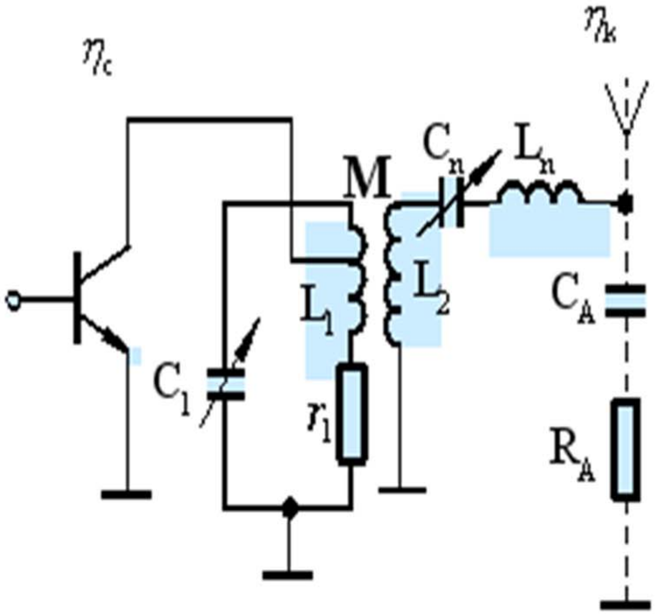
η_c P_o ~R_p 欠压、过压

η_c P_o ~V_{CC} 过压、欠压→集电极调幅

η_c P_o ~V_{BB}

η_c P_o ~V_{bm} 欠压、过压→ 基极调幅

η_c P_o ~R_p' 欠压、过压
M大 M小

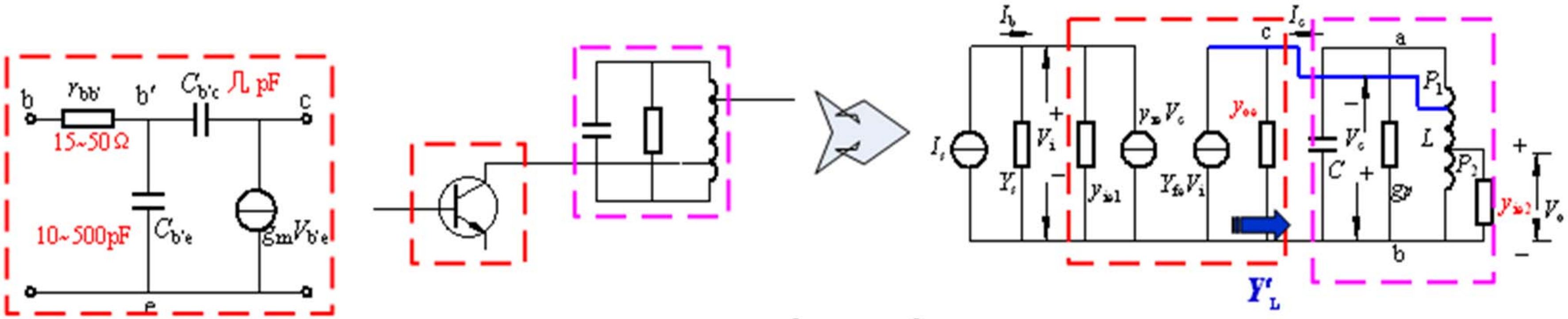


$$\eta = \frac{P_A}{P_-} = \frac{P_o}{P_-}\,\frac{P_A}{P_o} = \eta_c \cdot \eta_k$$

丙类谐放
- 倍频器Ch4
- 高频谐振功放Ch4
  - 直流馈电电路
  - 级间耦合电路
  - 输出匹配网络

（vs.高频谐振小放Ch3）

Suggestions to jqhuang@mail.hust.edu.cn



Ch3

$$g_\Sigma = P_1^2 g_{oe} + P_2^2 g_{ie2} + g_p$$

$$C_\Sigma = P_1^2 C_{oe} + P_2^2 C_{ie2} + C$$

$$Q_L = \frac{\omega_p C_\Sigma}{g_\Sigma}$$

带宽品质因数常数 $B \cdot Q_L = f_p$

增益带宽常数 $\left|A_{V_0}\right| \cdot B = \frac{P_1 P_2 \left|y_{fe}\right|}{2\pi C_\Sigma}$

$$Y'_L = \frac{1}{P_1^2}\left(g_p + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} + P_2^2 y_{ie2}\right)$$

$$Y_L = \left(g_p + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} + P_2^2 y_{ie2}\right)$$

单级单调谐放大器

$$\dot{A}_V = \frac{-P_1 P_2 y_{fe}}{\left(g_\Sigma + j\omega C_\Sigma + \frac{1}{j\omega L}\right)}$$

$$\dot{A}_{V_0} = \frac{-P_1 P_2 y_{fe}}{g_\Sigma}$$

$$\frac{A_V}{A_{V_0}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{Q_L}{f_0}2\Delta f\right)^2}} \qquad B = \frac{f_0}{Q_L}$$

多级单调谐放大器

$$\frac{A_m}{A_{m0}} = \frac{1}{\left(\sqrt{1+\left(\frac{Q_L}{f_0}2\Delta f\right)^2}\right)^m} \qquad (B)_m = \sqrt{2^{\frac{1}{m}}-1}\,\frac{f_0}{Q_L}$$

稳定电压增益 $(A_{V_0})_s = \sqrt{\frac{|y_{fe}|}{2.5\,\omega_0 C_{re}}}$

Suggestions to jqhuang@hust.edu.cn

幅频曲线

串谐：

$$N(f)=\frac{\dot{I}}{\dot{I}_0}=\frac{1}{1+j\xi}$$

$$\rho=\sqrt{\frac{L}{C}}$$

谐振时：$Q_0=\dfrac{(\text{电抗})X}{(\text{电阻})R}=\dfrac{\omega_o L}{R}=\dfrac{\frac{1}{\omega_o C}}{R}=\dfrac{\rho}{R}$　　Q_L

失谐时：$\xi=\dfrac{(\text{电抗差})X}{R}=\dfrac{\omega L-\frac{1}{\omega C}}{R}\approx Q_0\cdot\dfrac{2\Delta f}{f_0}$

$$2\Delta f_{0.7}=\frac{f_0}{Q_0}$$

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

相频曲线

$\psi=-\text{arctg}\,\xi$

Ch2

幅频曲线

并谐：

$$N(f)=\frac{\dot{V}}{\dot{V}_0}=\frac{1}{1+j\xi}$$

谐振时：$Q_P=\dfrac{(\text{电抗})X}{(\text{电阻})R}=\dfrac{\omega_p L}{R}=\dfrac{\frac{1}{\omega_p C}}{R}=\dfrac{\rho}{R}$

$$R_p=\frac{L}{C}\frac{1}{R}=\frac{\rho^2}{R}$$

$=R_p\cdot\dfrac{1}{\omega_p L}=R_p\cdot\omega_p C=\dfrac{R_p}{\rho}=\dfrac{(\text{电纳})B}{(\text{电导})G}=\dfrac{\frac{1}{\omega_p L}}{\frac{1}{R_p}}=\dfrac{\omega_p C}{\frac{1}{R_p}}$

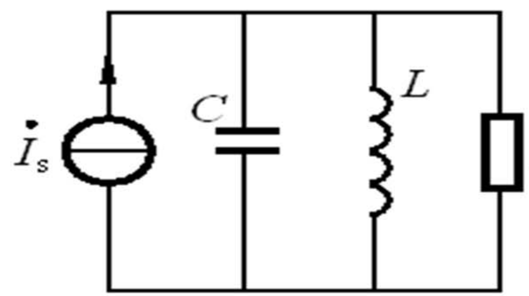
失谐时：$\xi=\dfrac{(\text{电纳差})B}{(\text{电导})G_p}=\dfrac{\omega C-\frac{1}{\omega L}}{G_p}\approx Q_p\cdot\dfrac{2\Delta f}{f_p}$

$$2\Delta f_{0.7}=\frac{f_p}{Q_p}$$

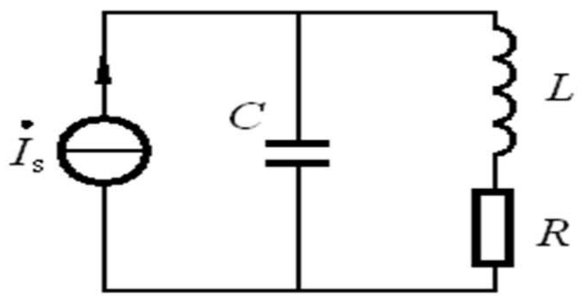
$$2\Delta f_{0.7}=\frac{f_p}{Q_L}$$

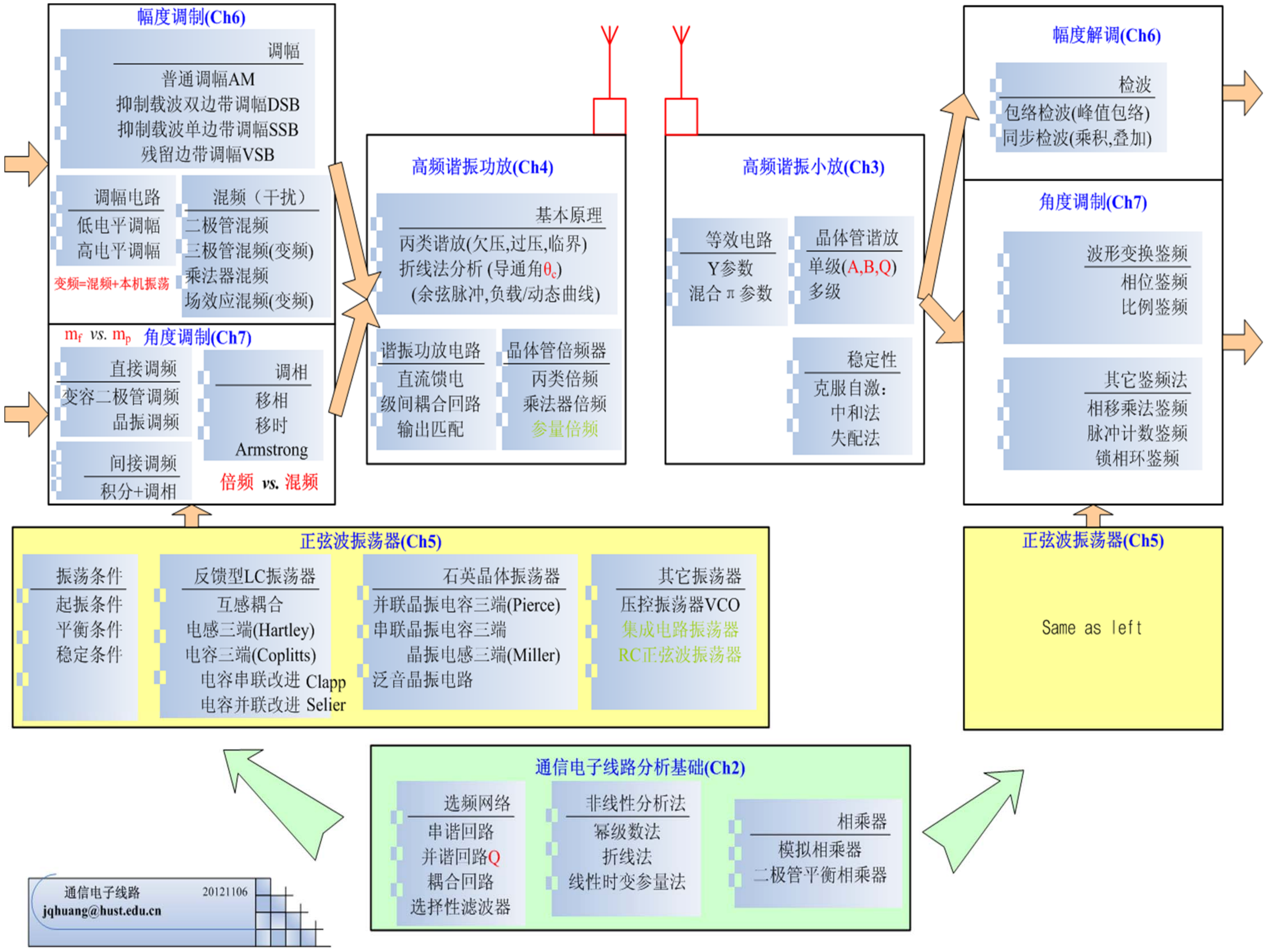
相频曲线

$\psi=-\text{arctg}\,\xi$



$$R_p=\frac{L}{C}\frac{1}{R}$$




幅度调制(Ch6)
调幅
普通调幅AM
抑制载波双边带调幅DSB
抑制载波单边带调幅SSB
残留边带调幅VSB
调幅电路
低电平调幅
高电平调幅
变频=混频+本机振荡
混频（干扰）
二极管混频
三极管混频(变频)
乘法器混频
场效应混频(变频)
m_f vs. m_p 角度调制(Ch7)
直接调频
变容二极管调频
晶振调频
调相
移相
移时
Armstrong
间接调频
积分+调相
倍频 vs. 混频
高频谐振功放(Ch4)
基本原理
丙类谐放(欠压,过压,临界)
折线法分析 (导通角θ_c)
(余弦脉冲,负载/动态曲线)
谐振功放电路
直流馈电
级间耦合回路
输出匹配
晶体管倍频器
丙类倍频
乘法器倍频
参量倍频
高频谐振小放(Ch3)
等效电路
Y参数
混合π参数
晶体管谐放
单级(A,B,Q)
多级
稳定性
克服自激：
中和法
失配法
幅度解调(Ch6)
检波
包络检波(峰值包络)
同步检波(乘积,叠加)
角度调制(Ch7)
波形变换鉴频
相位鉴频
比例鉴频
其它鉴频法
相移乘法鉴频
脉冲计数鉴频
锁相环鉴频
正弦波振荡器(Ch5)
振荡条件
起振条件
平衡条件
稳定条件
反馈型LC振荡器
互感耦合
电感三端(Hartley)
电容三端(Coplitts)
电容串联改进 Clapp
电容并联改进 Selier
石英晶体振荡器
并联晶振电容三端(Pierce)
串联晶振电容三端
晶振电感三端(Miller)
泛音晶振电路
其它振荡器
压控振荡器VCO
集成电路振荡器
RC正弦波振荡器
正弦波振荡器(Ch5)
Same as left
通信电子线路分析基础(Ch2)
选频网络
串谐回路
并谐回路Q
耦合回路
选择性滤波器
非线性分析法
幂级数法
折线法
线性时变参量法
相乘器
模拟相乘器
二极管平衡相乘器
通信电子线路 20121106
jqhuang@hust.edu.cn

SUCCESS！

^_^