

通信电子线路



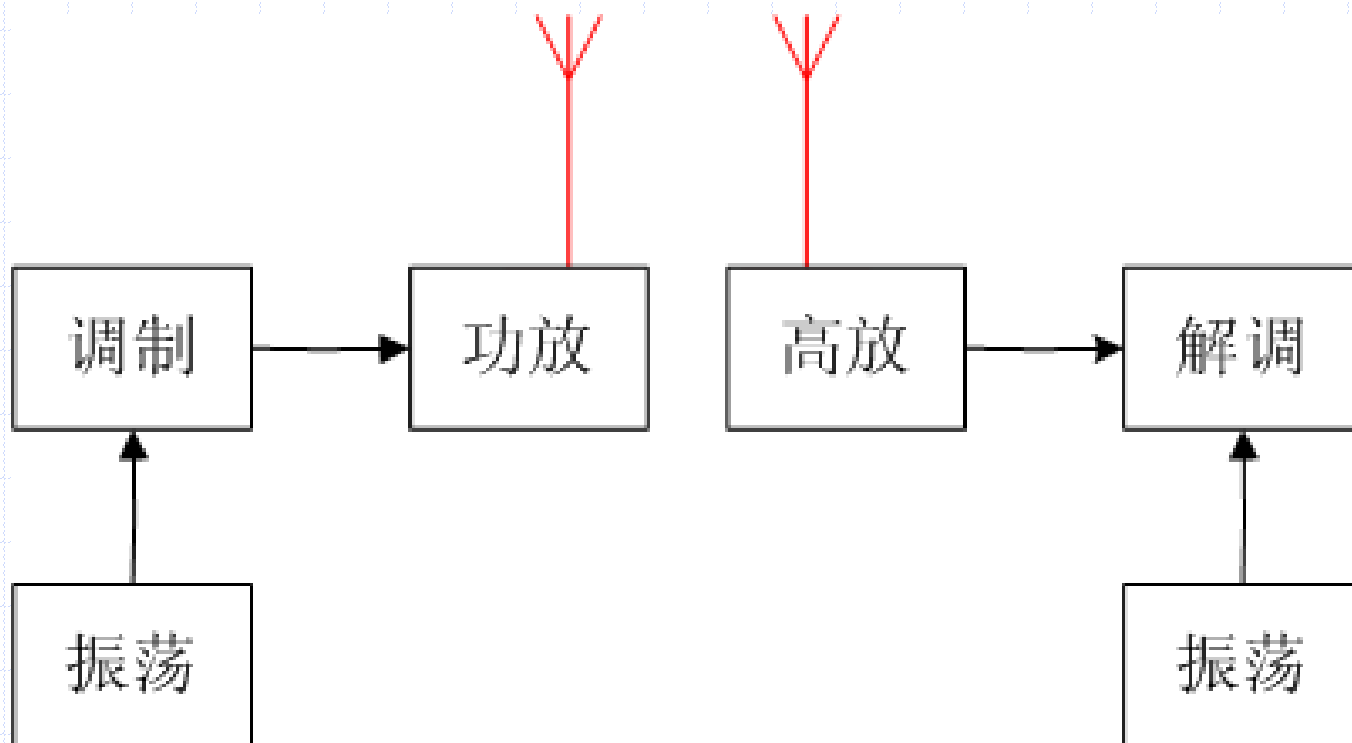
黄佳庆



jqhuang@mail.hust.edu.cn

目标

◆ 构建系统框架



幅度调制(Chapter6)

调幅

- 普通调幅(AM)
- 抑制载波双边带调幅(DSB-SC)
- 单边带调幅(SSB)
- 残留边带调幅(VSB)

高电平调幅 基级调幅 集电极调幅	低电平调幅 简单二极管调幅 平衡调幅 环形调幅 模拟乘法器调幅
-------------------------------	--

m_f vs. m_p 角度调制(Chapter7)

直接调频 变容二极管调频 晶振调频 倍频 vs. 混频 预加重/去加重 “带宽换信噪比”	间接调频 积分+调相 调相 移相法 移时法 Armstrong法
---	---

高频谐振功放(Chapter4)

基本原理

- 丙类谐振(尖顶余弦脉冲序列)
- 折线法计算(导通角 θ_c)
- 动态/负载曲线(欠压, 过压)

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 参量倍频
---	--------------------------------------

高频谐振小放(Chapter3)

等效电路 Y参数等效 混合 π 等效	晶体管谐振 单级(A,B,Q) 多级
稳定性 自激原因 自激条件	克服自激 中和法 失配法

幅度解调(Chapter6)

检波

- 包络检波(峰值包络)
- 同步检波(乘积、叠加)

载波恢复 导频法 平方滤波法 锁相环法	包络检波失真 对角线切割失真 底部切割失真
混频电路 乘积、叠加	混频干扰 组合频率干扰 组合副波道干扰 交调干扰 互调干扰

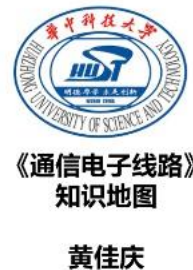
变频 = 混频 + 本振

角度调制(Chapter7)

波形变换鉴频 相位鉴频 比例鉴频 斜率鉴频	其它鉴频 相移乘法鉴频 脉冲计数鉴频 锁相环鉴频
---------------------------------------	---

正弦波高频振荡器(Chapter5)

振荡条件 起振条件 平衡条件 稳定条件 LC三端法则	反馈型LC振荡器 互感耦合 电感三端(Hartley) 电容三端(Copplitts) 串联改进电容三端(Clapp) 并联改进电容三端(Selier)	石英晶体振荡器 并联晶振电容三端(Pierce) 泛音晶振电容三端 串联晶振电容三端 串联晶振电感三端 并联晶振电感三端(Miller)	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
---	--	--	---



正弦波高频振荡器(Chapter5)

同发送端

通信电子线路分析基础(Chapter2)

选频网络 串谐振回路 Q 并谐振回路 R_p 串并/抽头转换 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	乘法器 模拟乘法器 二极管平衡乘法器
--	---	---------------------------------

目标

- ◆ 构建系统框架
- ◆ 能够分析、设计基本高频电子线路

重点、难点

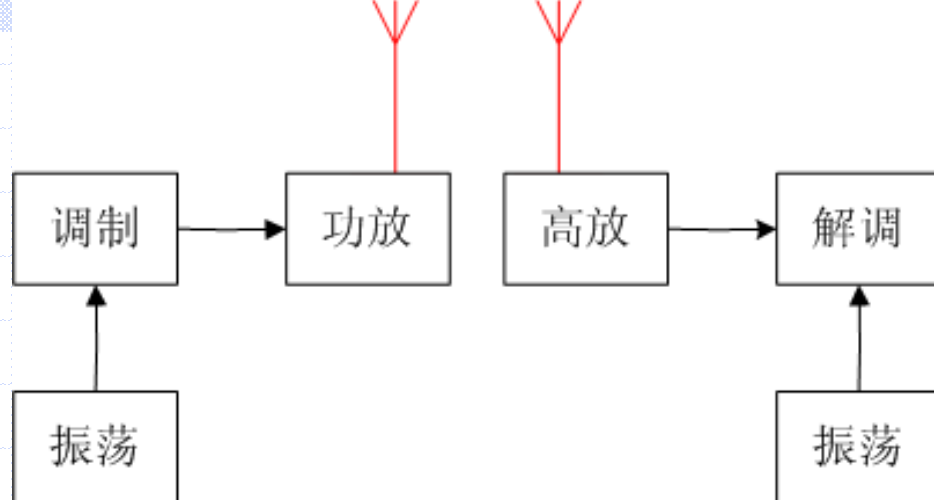
◆ 重点

选频网络

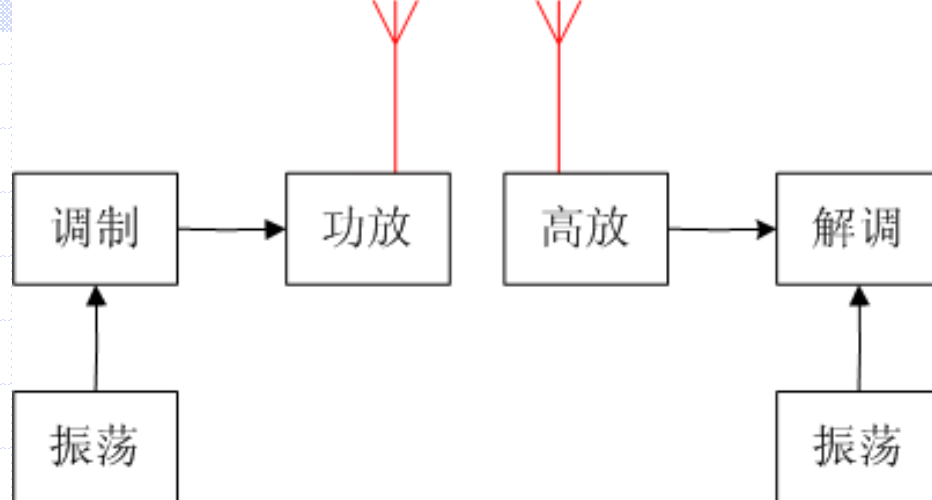
振荡 → 调制

◆ 难点

分析电路功能（高频等效电路）



主要内容



- ◆ 基础知识Ch2: 选频网络(串谐,并谐,耦合回路,滤波器); 非线性电路分析方法
- ◆ 振荡Ch5
- ◆ 调制(幅度调制Ch6+角度调制Ch7)
- ◆ 谐振功放Ch4
- ◆ 高放Ch3

前期、后续课程

- ◆ 《电路理论》
- ◆ 《信号与系统》
- ◆ 《低频电子线路》

- ◆ 后续课程 《通信原理》

方法

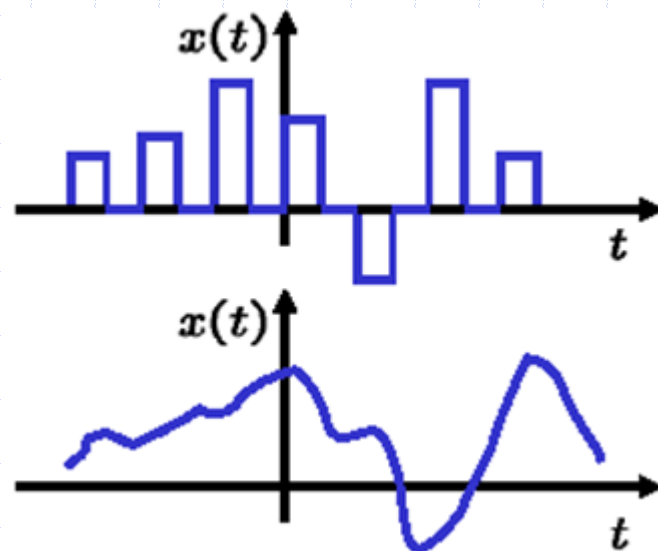
◆ 概念清楚

- 数学公式 vs. 物理意义

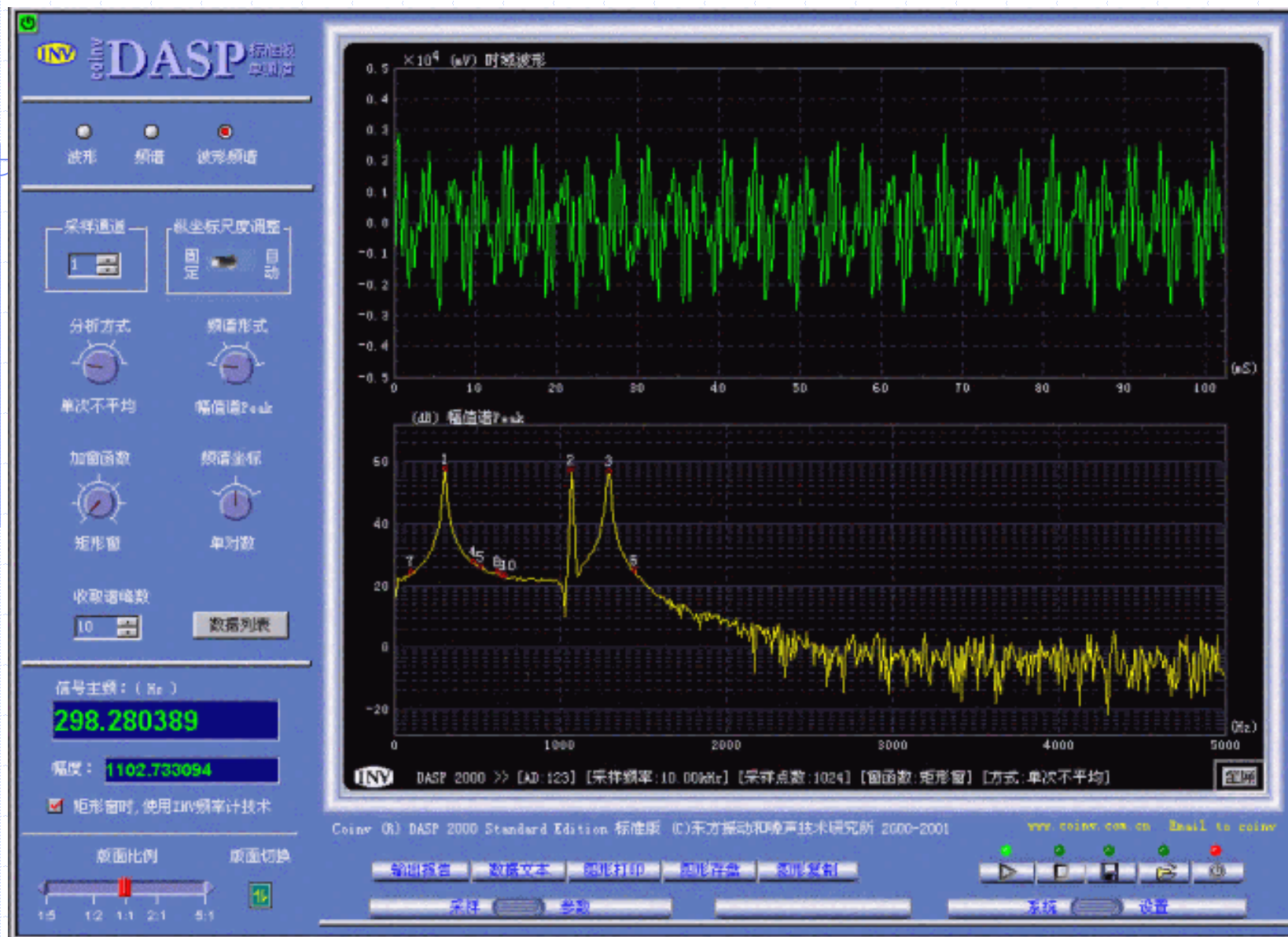
◆ 时、频域

- 幅频、相频特性

◆ 新

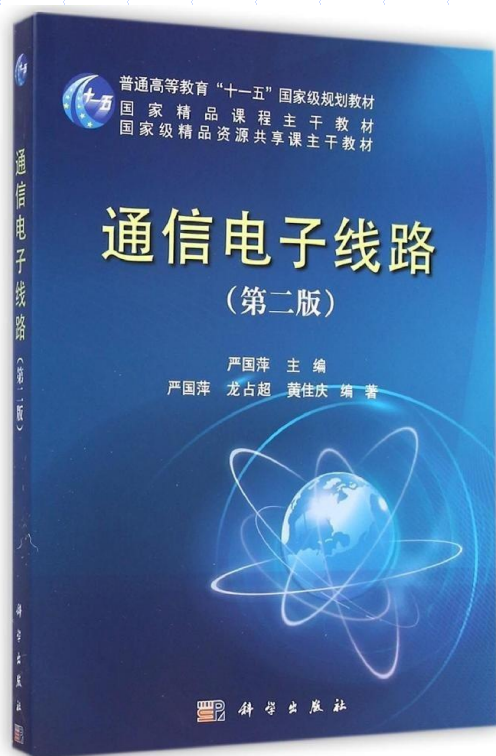


时、频域



教材

◆ 通信电子线路（第二版） 科学出版社
严国萍、龙占超、黄佳庆 **2016.12**



普通高等教育“十五”
国家级规划教材

参考书

◆ 高频电子线路学习指导与题解

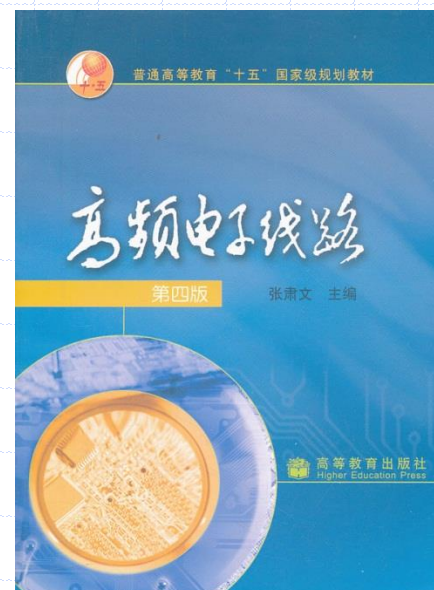
华中科技大学出版社 严国萍编



◆ 高频电子线路（第五版）

高等教育出版社 张肃文主编

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



成绩

- ◆ 考试 70%
- ◆ 平时成绩 10% （作业+课堂练习）
- ◆ 实验 10% （含慕课仿真实验）
- ◆ 慕课 10%



注意事项

- ◆ 课程 *vs.* 教材/参考书
- ◆ 48 理论 +8 实验
- ◆ **Multisim** 仿真(要求见慕课)
- ◆ Knowledge MAP
 - MindManager

Q & A

◆ Any Questions ?
Requirements ?
Suggestions ?

◆ To: jqhuang@mail.hust.edu.cn

基本概念

jqhuang@mail.hust.edu.cn

提纲

- 电阻 R 、电感 L 、电容 C : 超前vs.滞后
- 阻抗 vs. 导纳
- 电感的品质因素 (Q 值)
 - 谐振回路 Q 值 (空载 Q 值、有载 Q 值)
- 电源的等效变换
- 功率放大电路的类型 (甲类、乙类)
- 时域 vs. 频域

一、电阻电路

$$u = \sqrt{2} U \sin \omega t$$

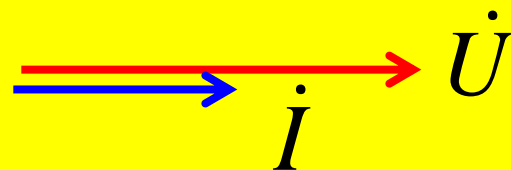
$$i = \frac{u}{R} = \sqrt{2} \frac{U}{R} \sin \omega t = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

1. 频率相同

2. 相位相同

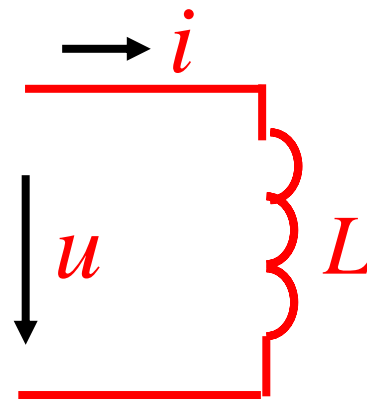
3. 有效值关系: $U = IR$

4. 相量关系:



二、电感电路

基本关系式: $u = L \frac{di}{dt}$



设 $i = \sqrt{2} I \sin \omega t$

$$\text{则 } u = L \frac{di}{dt} = \sqrt{2} I \cdot \omega L \cos \omega t$$

$$= \sqrt{2} I \omega L \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$= \sqrt{2} U \sin(\omega t + 90^\circ)$$

电感电路中电流、电压的关系

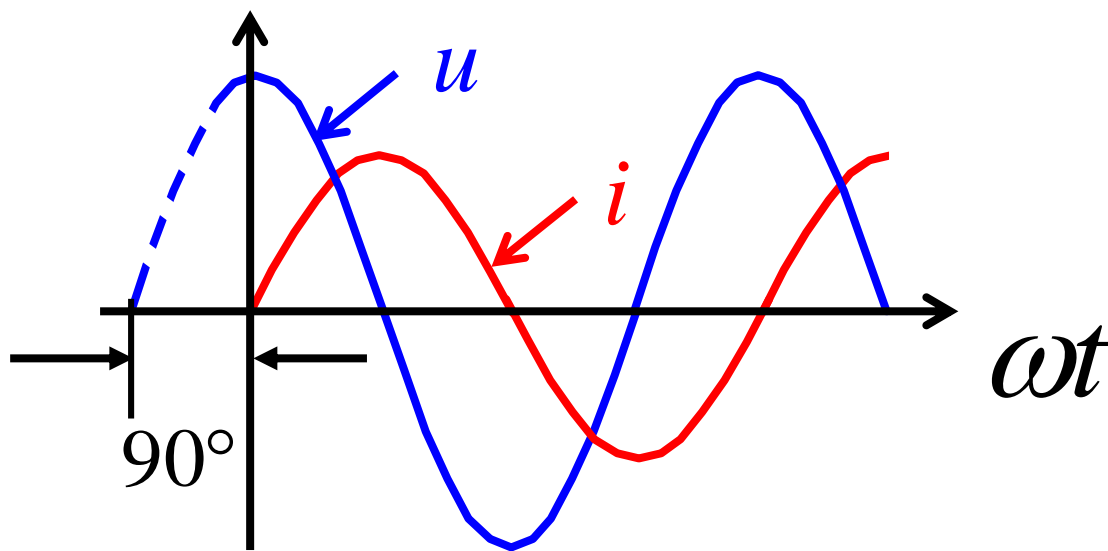
设：

$$i = \sqrt{2}I \sin \omega t$$

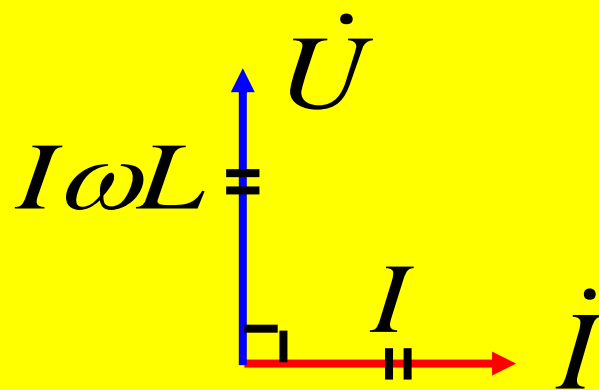
$$\begin{aligned} u &= \sqrt{2} \underline{I \omega L} \sin(\omega t + 90^\circ) \\ &= \sqrt{2} \underline{U} \sin(\omega t + 90^\circ) \end{aligned}$$

1. 频率相同

2. 相位相差 90° (u 领先 i 90°)



\dot{U} 领先!



感 抗

$$\begin{aligned} u &= \sqrt{2} \, \underline{I} \, \omega L \sin(\omega t + 90^\circ) \\ &= \sqrt{2} \, \underline{U} \sin(\omega t + 90^\circ) \end{aligned}$$

3. 有效值

$$U = I \omega L$$

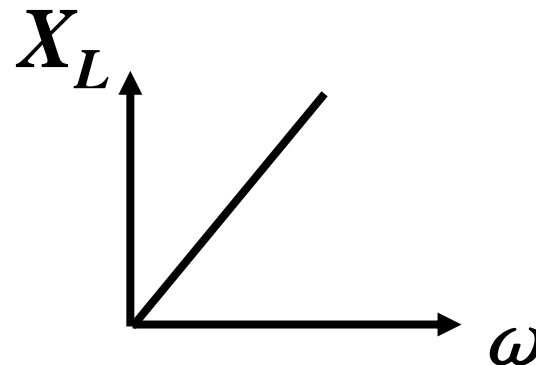
定义:

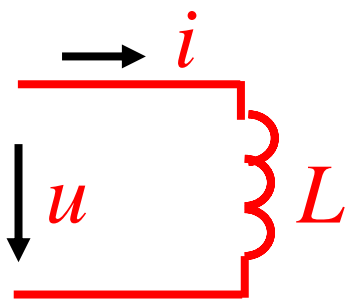
$$X_L = \omega L$$

感抗 (Ω)

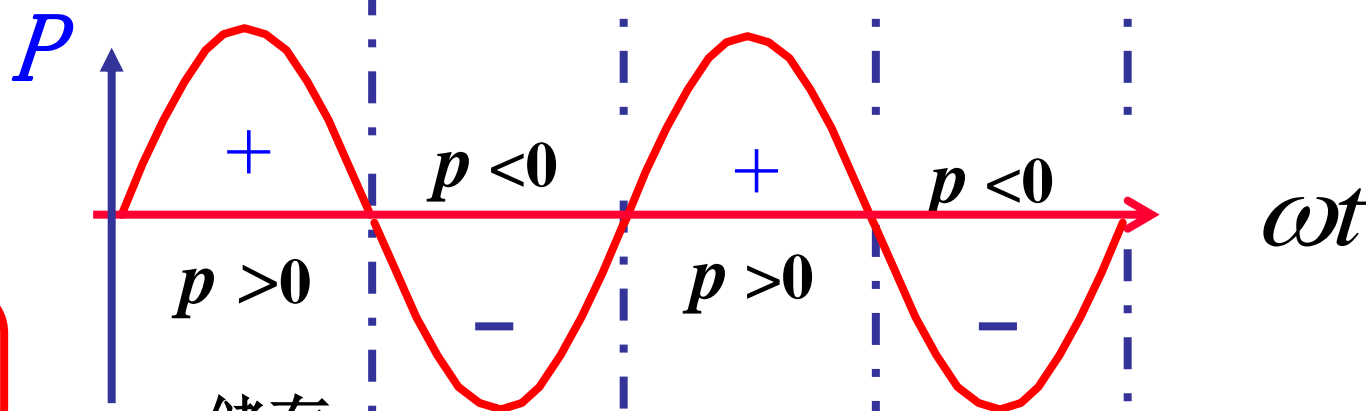
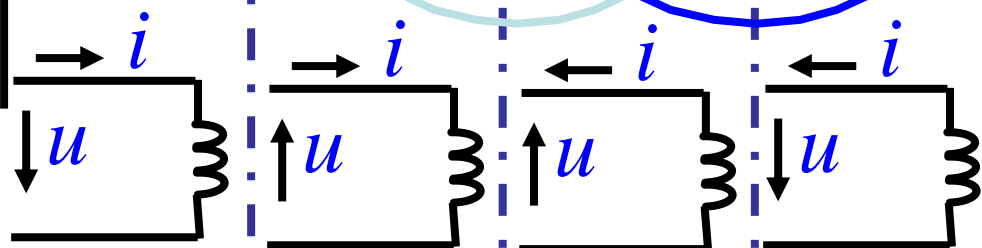
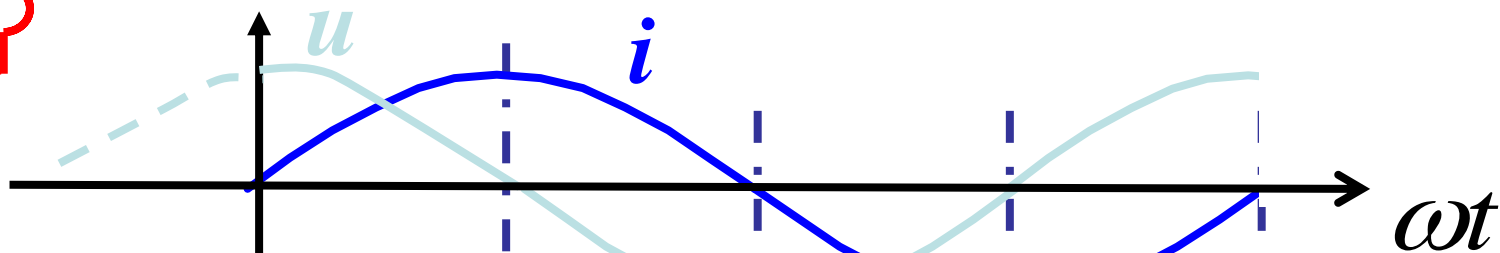
则:

$$U = I X_L$$





瞬时功率 $p = i \cdot u = UI \sin 2\omega t$

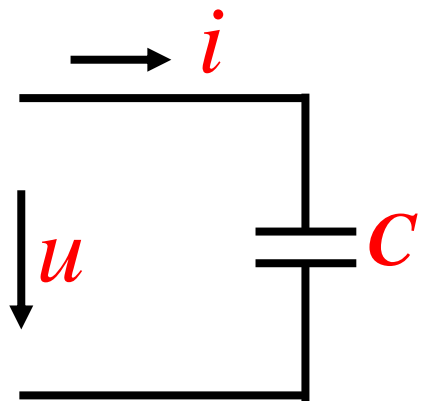


可逆的
能量转换
过程

储存
能量

释放
能量

三、电容电路



基本关系式: $i = C \frac{du}{dt}$

设: $u = \sqrt{2}U \sin \omega t$

则:

$$\begin{aligned} i &= C \frac{du}{dt} = \sqrt{2}UC\omega \cos \omega t \\ &= \sqrt{2}U\omega C \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \end{aligned}$$

电容电路中电流、电压的关系

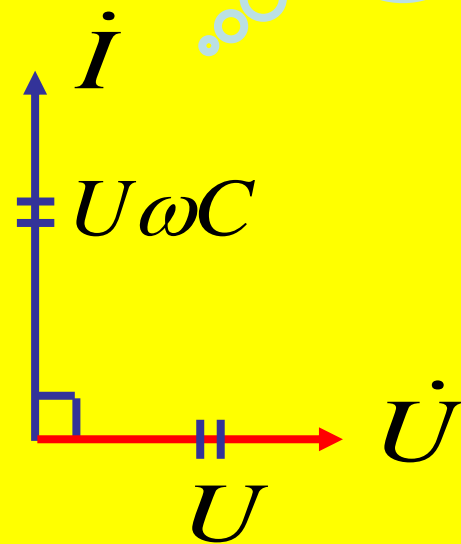
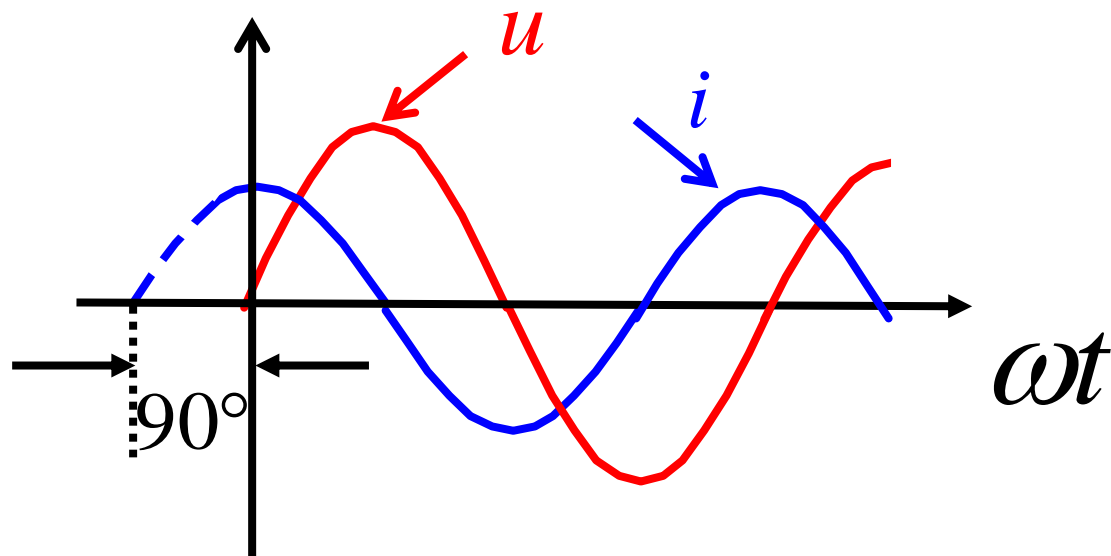
$$\begin{cases} u = \sqrt{2}U \sin \omega t \\ i = \sqrt{2}U \omega C \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \end{cases}$$

I

1. 频率相同

2. 相位相差 90° (u 落后 i 90°)

i 领先!



容 抗

$$\begin{cases} u = \sqrt{2}U \sin \omega t \\ i = \sqrt{2} \underline{U \omega C} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \end{cases}$$

I

3. 有效值

$$I = U \cdot \omega C$$

或

$$U = \frac{1}{\omega C} I$$

定义:

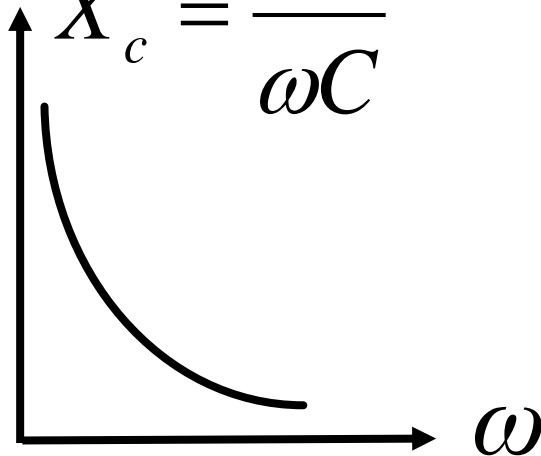
$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

容抗 (Ω)

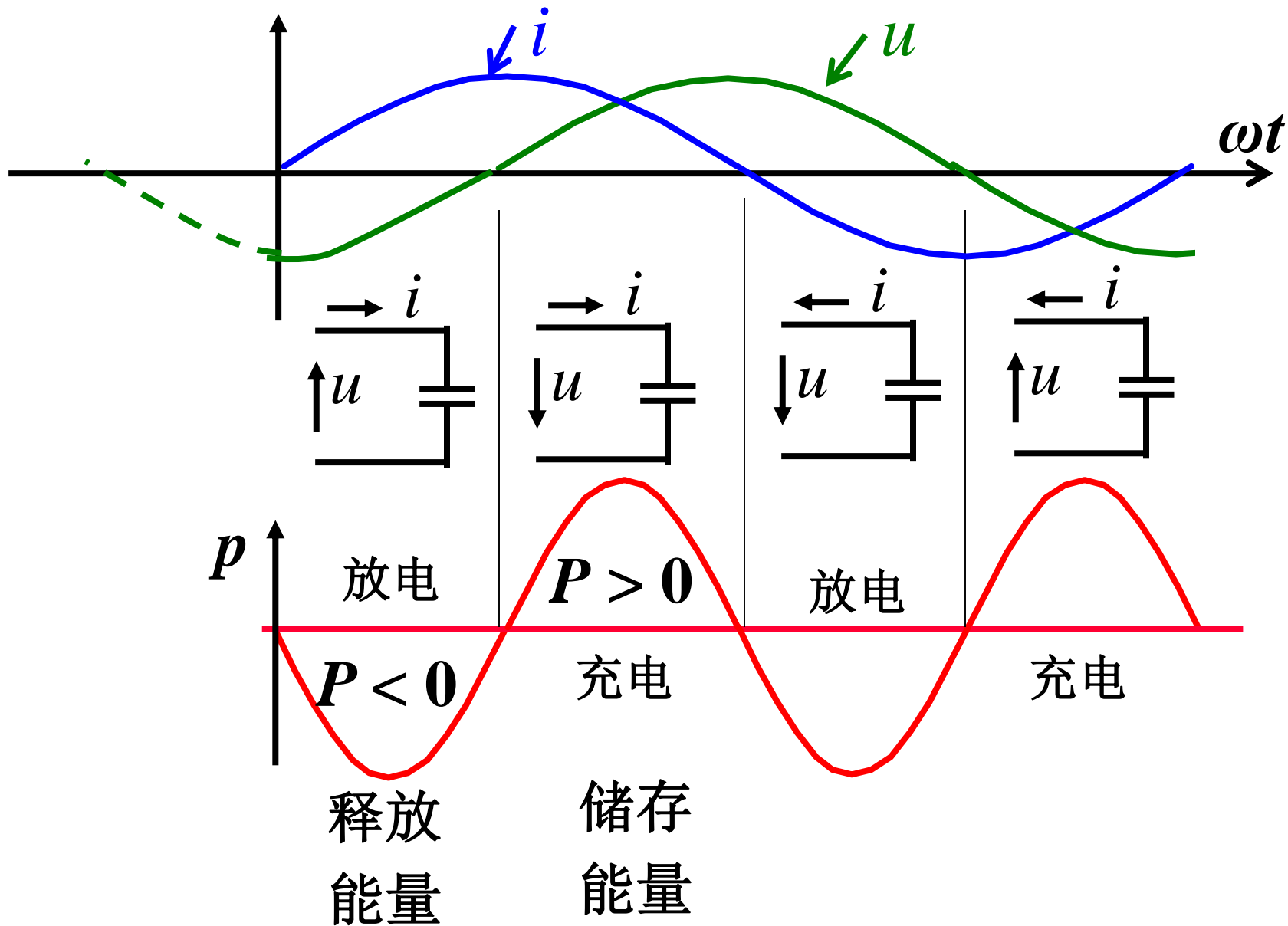
$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

则:

$$U = I X_c$$



瞬时功率 $p = i \cdot u = -UI \sin 2\omega t$



小结: R 、 L 、 C 元件的电阻和电抗

电阻 R

(1) R : $Z_R = R$

(2) L : $Z_L = j\omega L$

感抗 X_L

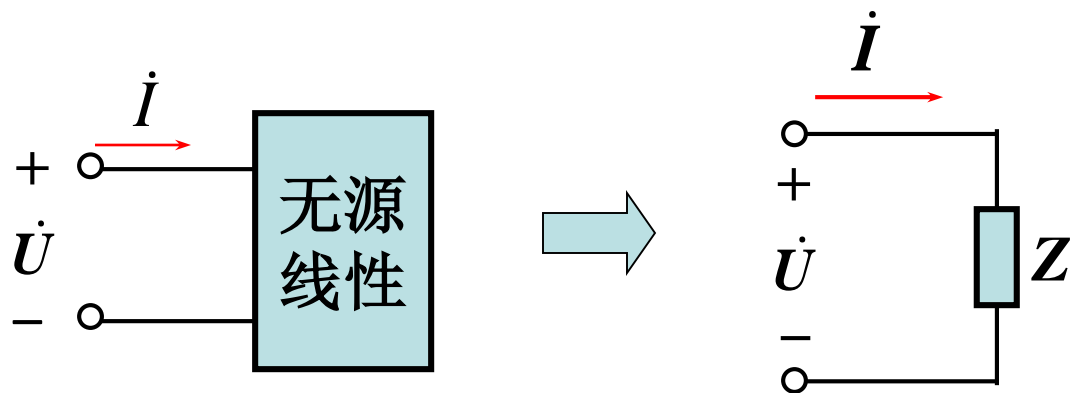
(3) C : $Z_C = -j\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{j\omega C}$

容抗 $X_C = \frac{1}{\omega C}$

阻抗和导纳

阻抗和导纳

正弦激励下，稳定状态时，端口电压和电流同频率

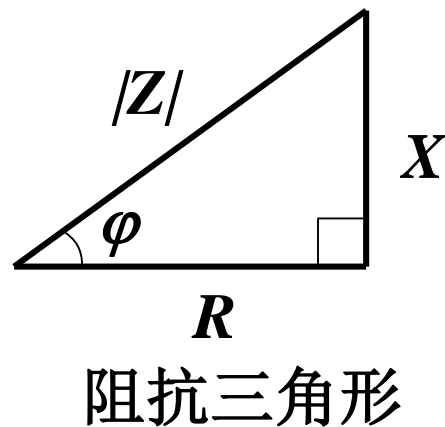


复阻抗 $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + jX$

电阻

电抗

单位: Ω

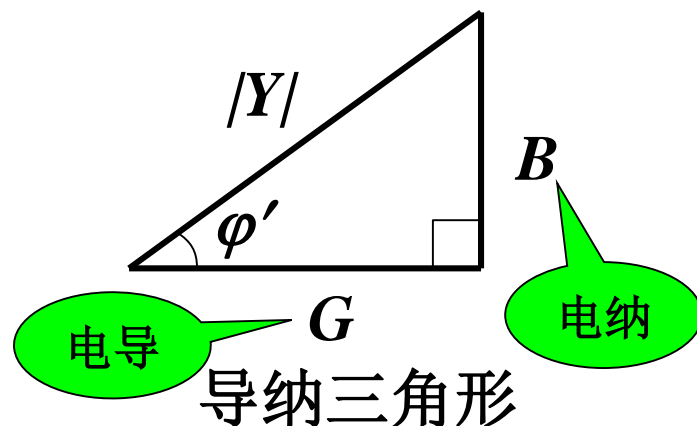


复导纳 Y

单位：西门子 (S)

$$Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = G + jB$$

对同一二端网络： $Y = \frac{1}{Z}$



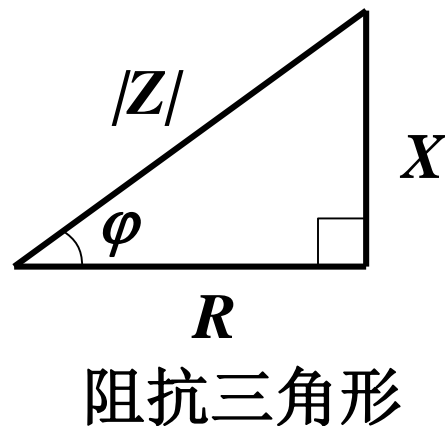
导纳适合于并联电路的计算, 单位是西门子(s)

复阻抗 $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + jX$

电阻

电抗

单位： Ω



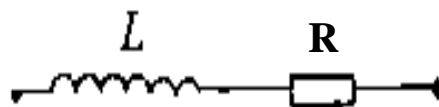
电感Q值 vs. 回路Q值

电感Q值

- 电感的品质因数(Q值)

— 品质因数Q定义为高频电感器的感抗与其串联损耗电阻之比

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$



- 比较：谐振回路Q值（空载Q值 Q_0 、有载Q值 Q_L ）

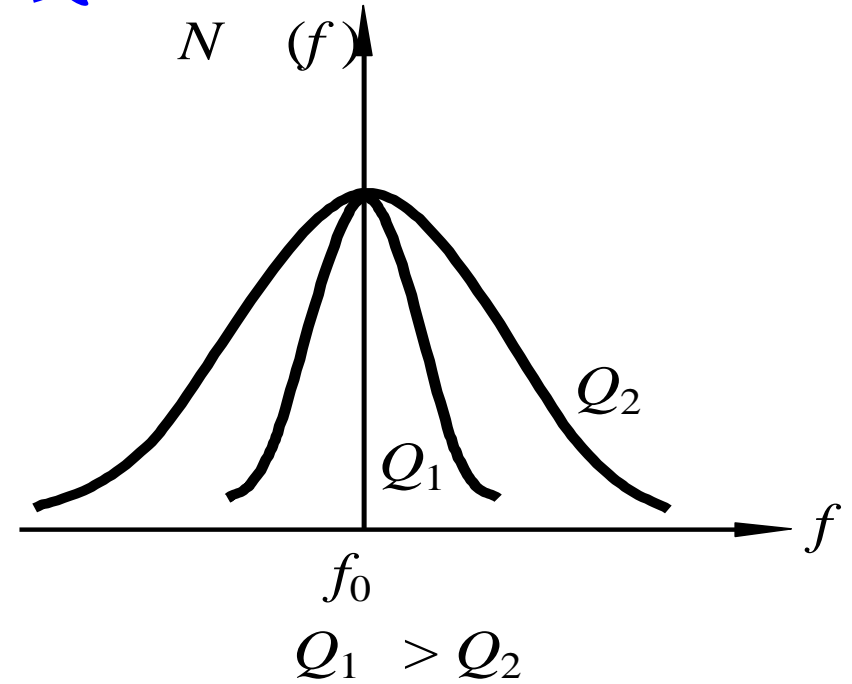
— 详见第2章

电感Q值

- 电感的品质因数(Q值)
 - Q值反映了电感线圈损耗的大小:
 - Q值越高,表明该电感器的储能作用越强,电感的功率损耗越小,电路效率越高,选择性越好.
- 比较: 谐振回路Q值 (空载Q值 Q_0 、有载Q值 Q_L)
 - 详见第2章

谐振回路Q值

e.g. 串联谐振回路中电流幅值与外加信号源频率之间的关系曲线称为**谐振曲线**。



Q值不同即损耗 R 不同时，对曲线有很大影响：

Q值大曲线尖锐，选择性好； Q值小曲线钝，通带宽。

Q & A