

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

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

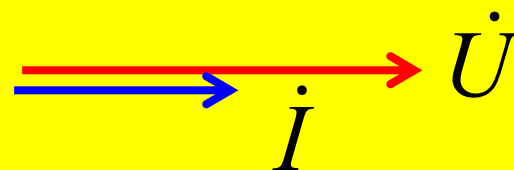
$$i = \frac{u}{R} = \sqrt{2} \frac{U}{R} \sin \omega t = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

1. 频率相同

2. 相位相同

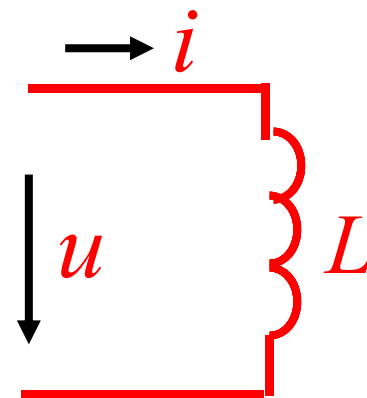
3. 有效值关系: $U = IR$

4. 相量关系:



二、电感电路

基本关系式: $u = L \frac{di}{dt}$



设 $i = \sqrt{2} I \sin \omega t$

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

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

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

电感电路中电流、电压的关系

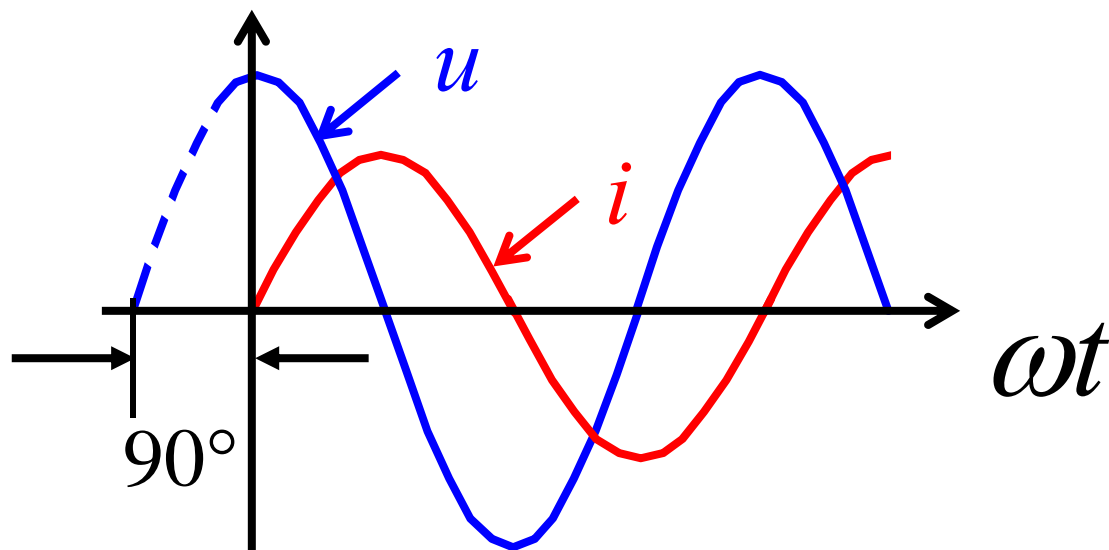
设：

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

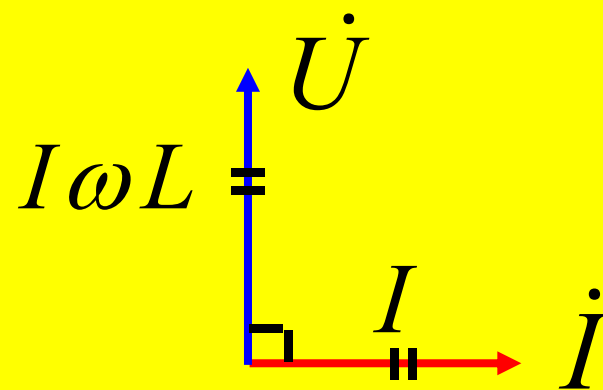
$$\begin{aligned} u &= \sqrt{2} \underline{I \omega L} \sin(\omega t + 90^\circ) \\ &= \sqrt{2} \underline{U} \sin(\omega t + 90^\circ) \end{aligned}$$

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 $U = I \omega L$

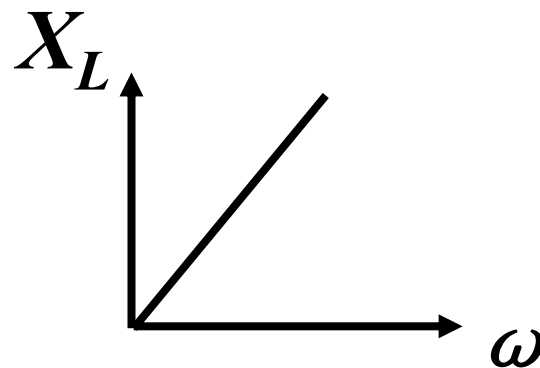
定义:

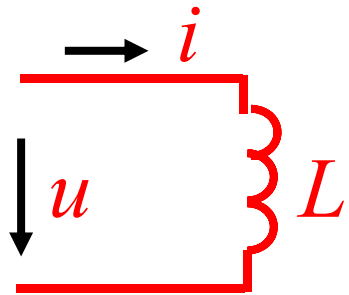
$$X_L = \omega L$$

感抗 (Ω)

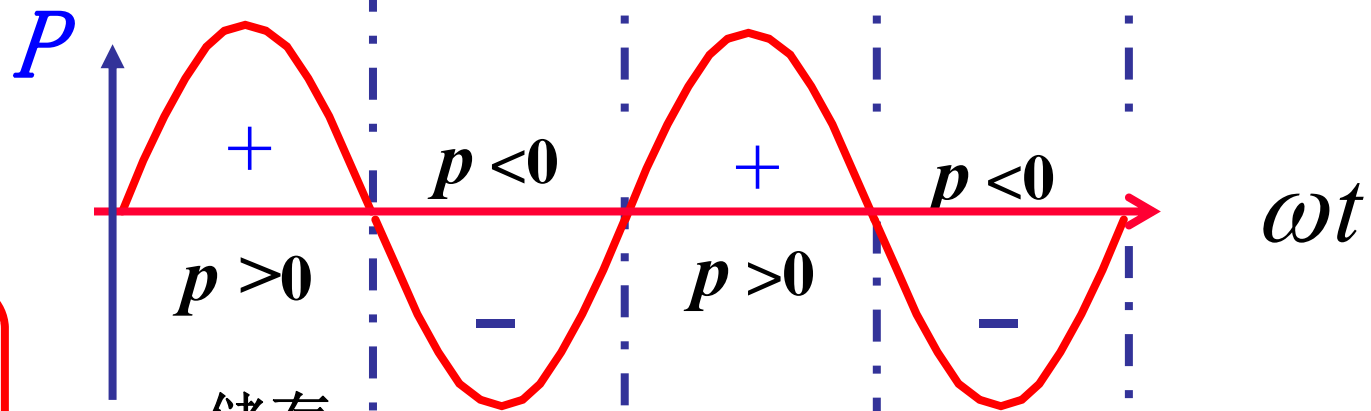
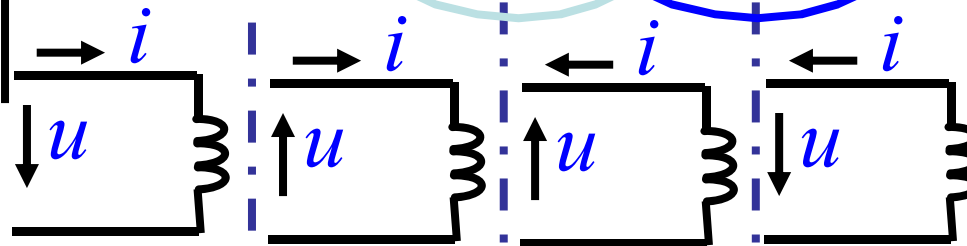
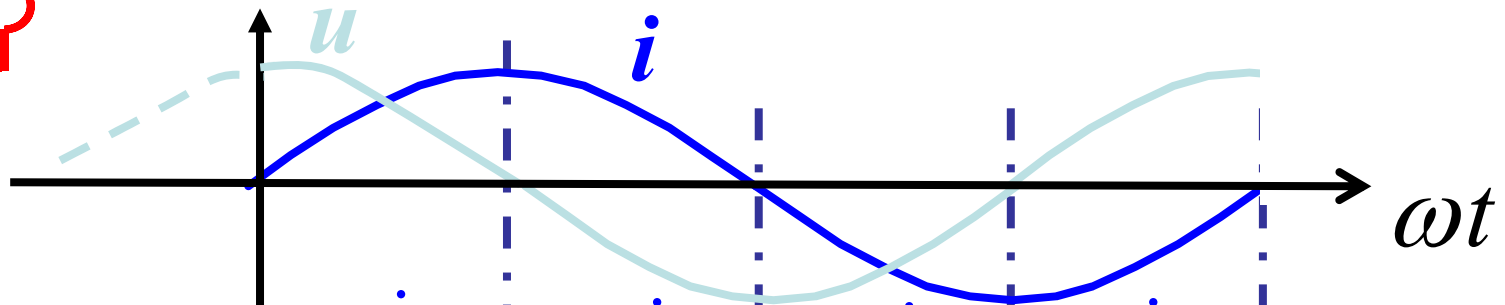
则:

$$U = I X_L$$





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



可逆的
能量转换
过程

$p > 0$

储存
能量

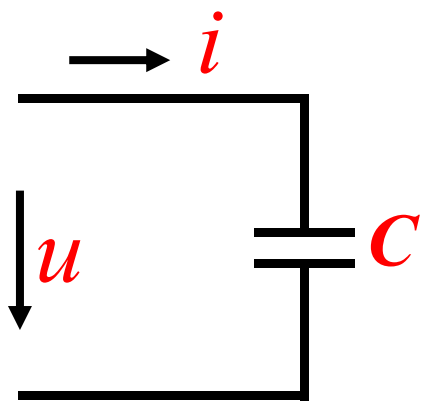
$p < 0$

释放
能量

$p > 0$

$p < 0$

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

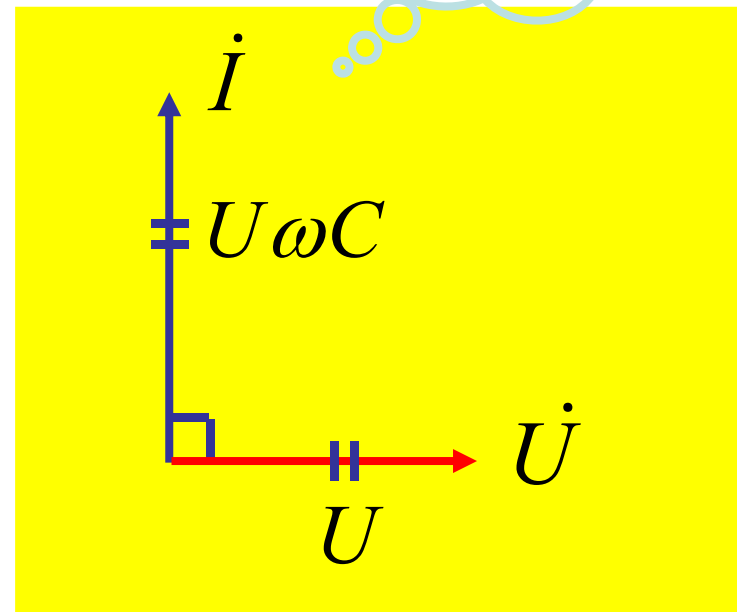
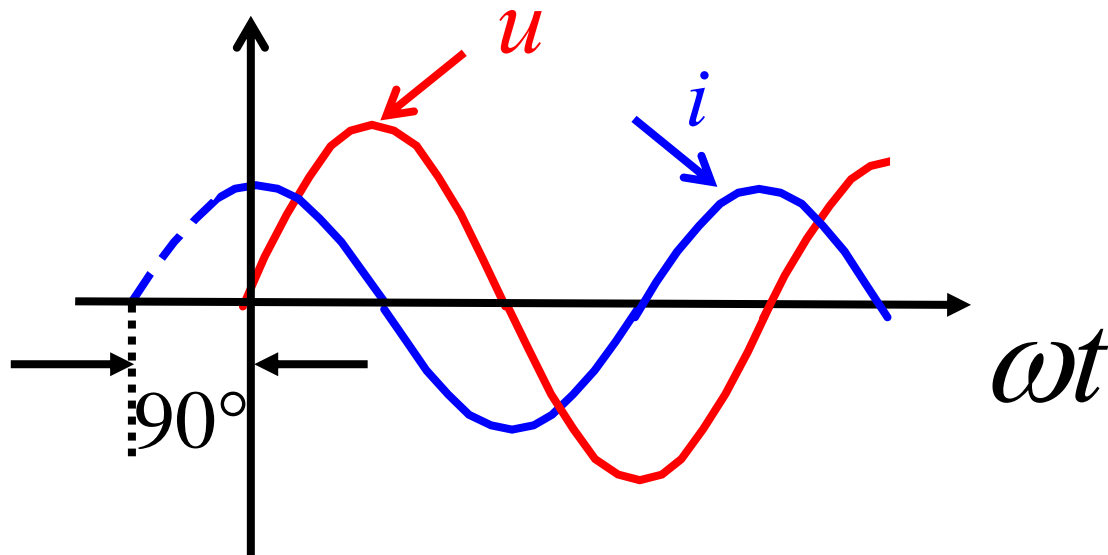
$$\begin{cases} u = \sqrt{2}U \sin \omega t \\ i = \sqrt{2}U \omega C \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \end{cases}$$

I

1. 频率相同

2. 相位相差 90° (u 落后 i 90°)

i 领先!



容 抗

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

3. 有效值

$$I = U \cdot \omega C \quad \text{或}$$

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

定义:

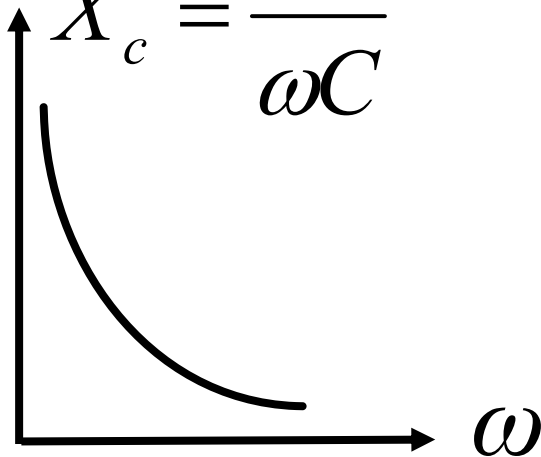
$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

容抗 (Ω)

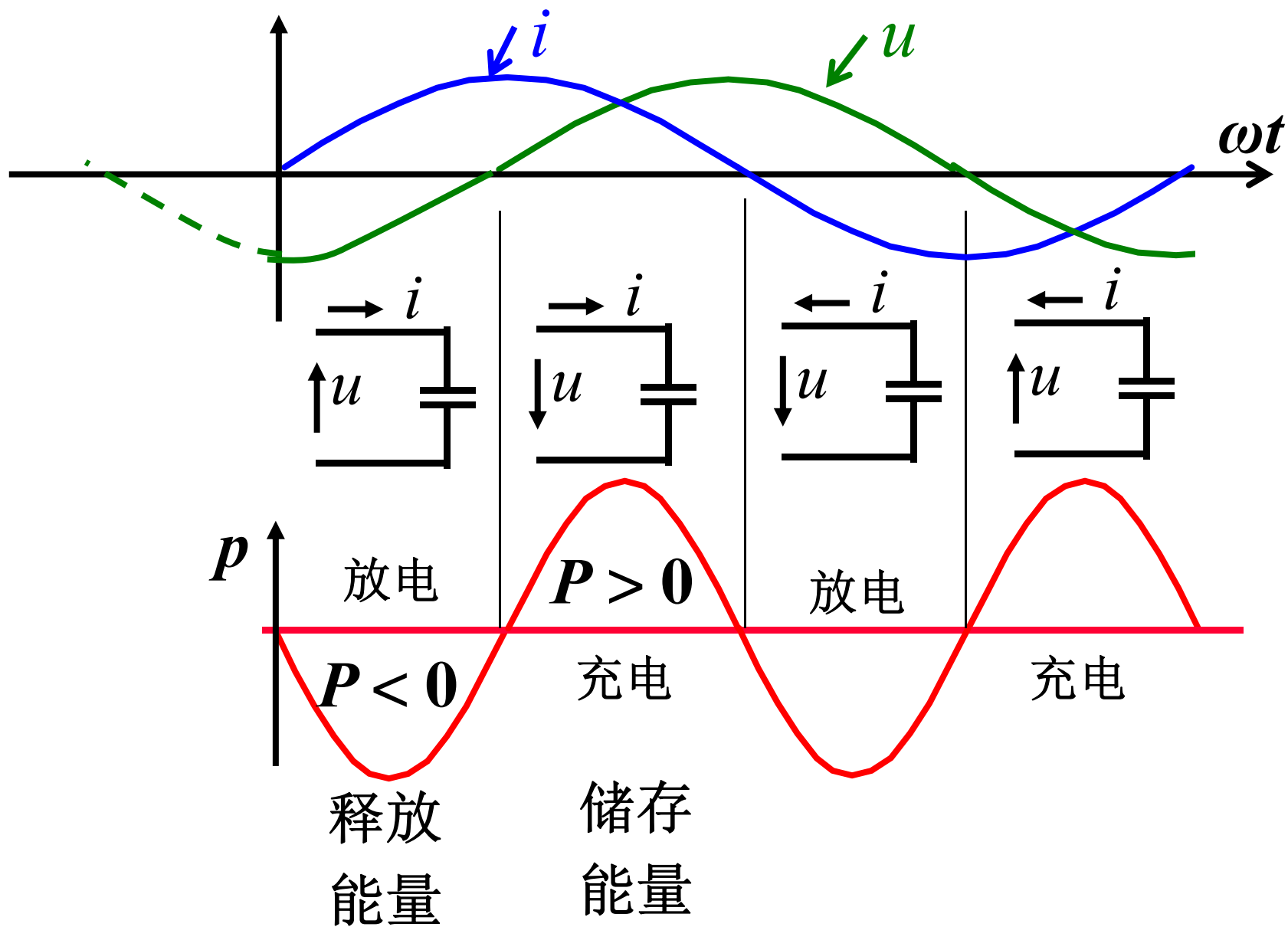
$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

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

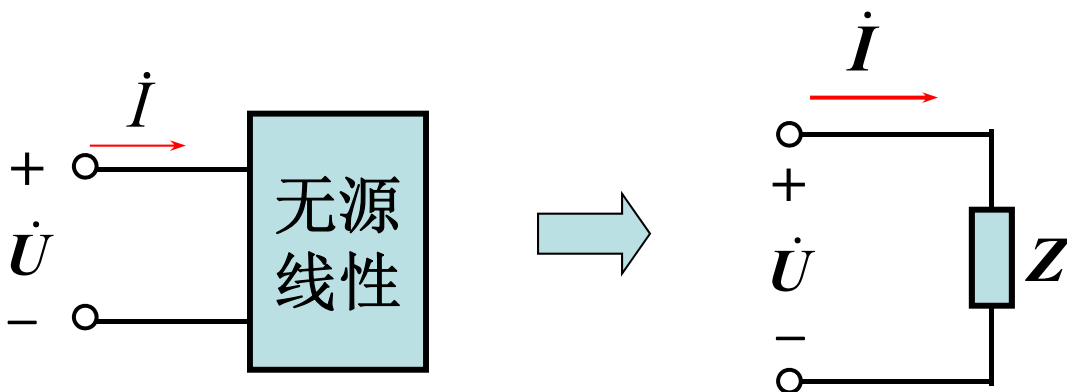
(3) C : $Z_C = -j\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{j\omega C}$

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

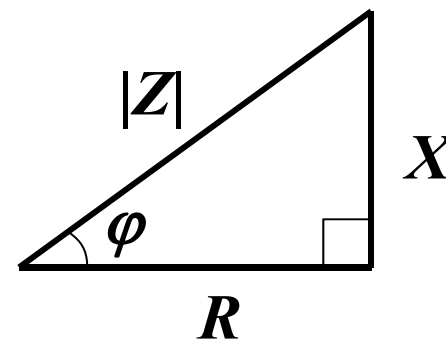


复阻抗 $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + jX$

电阻

电抗

单位: Ω

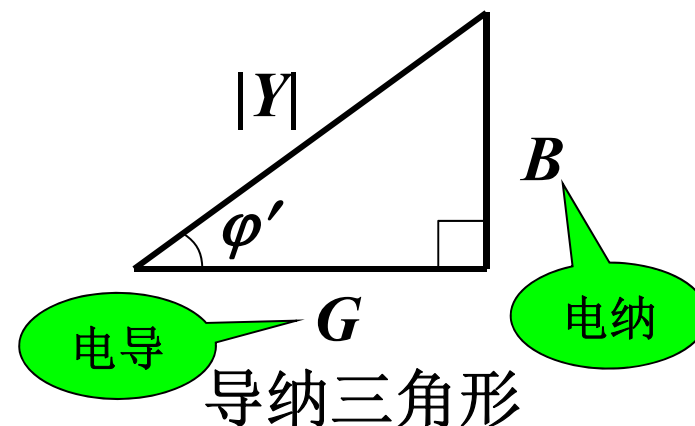


阻抗三角形

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： $Y = \frac{1}{Z}$



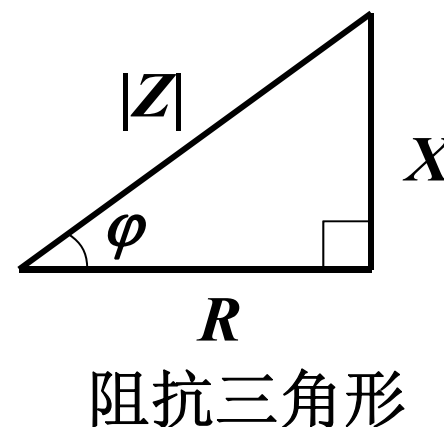
导纳适合于并联电路的计算, 单位是西门子(s)

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

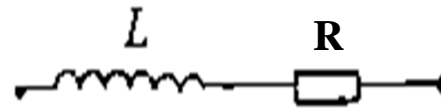
电感Q值

- 电感的品质因数(Q值)
 - 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

电感Q值

- 电感的品质因数(Q值)

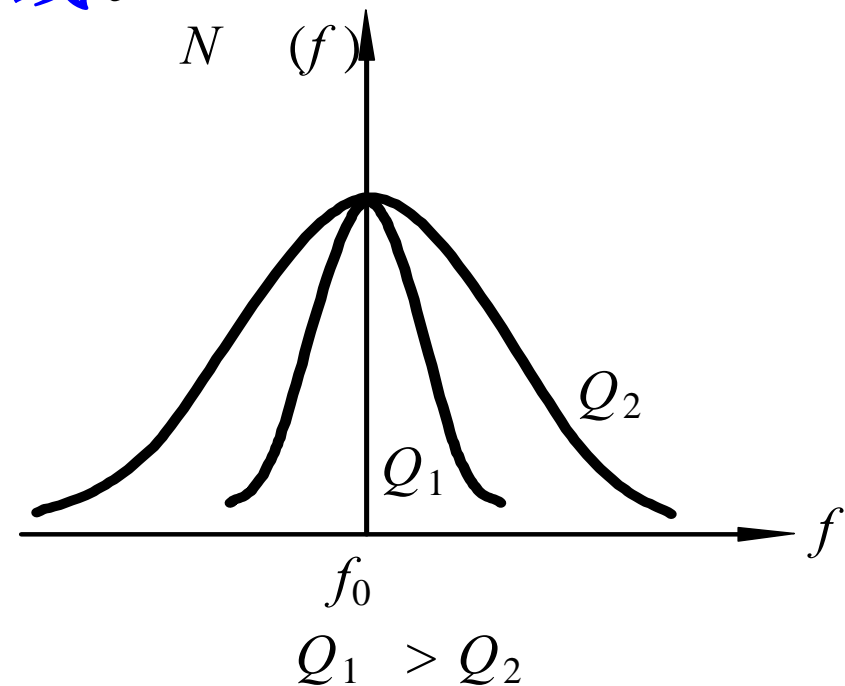
- 品质因数Q定义为高频电感器的感抗与其串联损耗电阻之比。



- 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

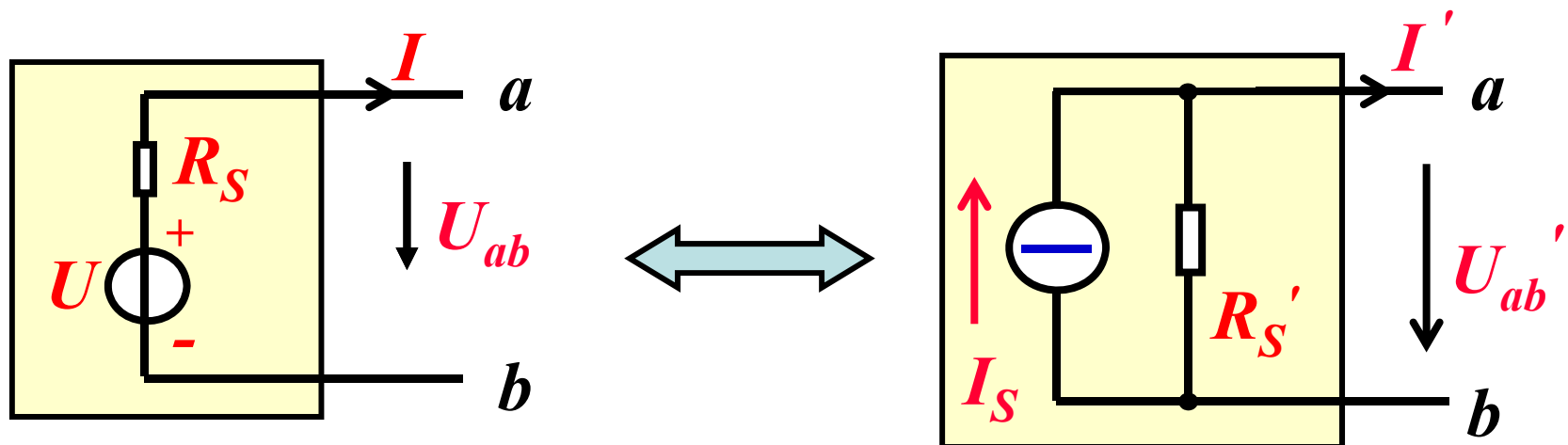
e.g. 串联谐振回路中电流幅值与外加信号源频率之间的关系曲线称为**谐振曲线**。



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。

电源的等效变换法



等效互换的条件：开路电压对等，或短路电流对等。

即： $I = I' ; U_{ab} = U_{ab}'$

“等效”是指“对外”等效（等效互换前后对外伏-安特性一致）

不难得出等效互换公式如下：

$$U = I_S R_S'$$

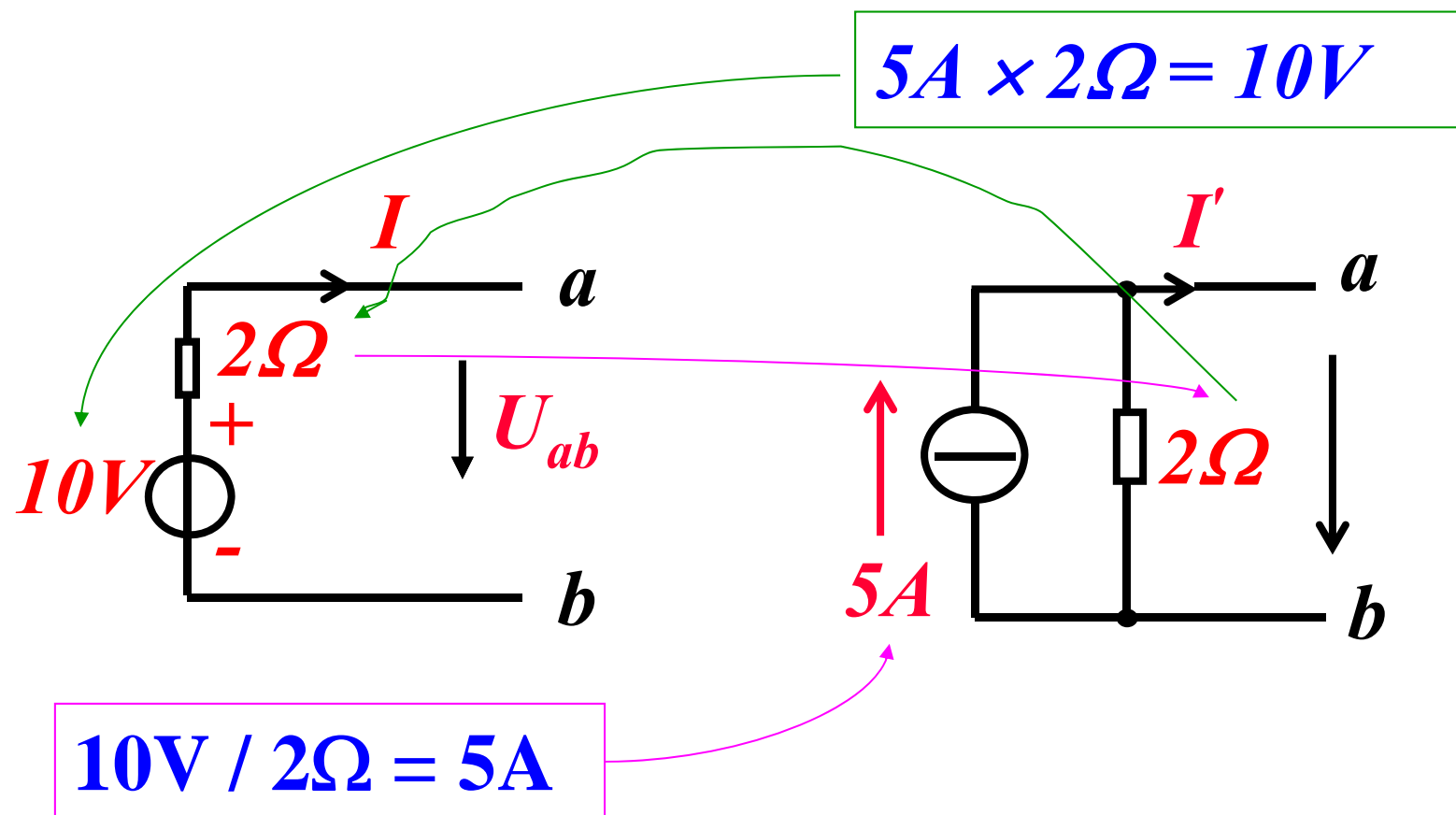
$$R_S = R_S'$$

$$I_S = U / R_S$$

恒压源和恒流源不能等效互换！（无意义）

电源的等效变换法（例）

开路电压对等，或短路电流对等



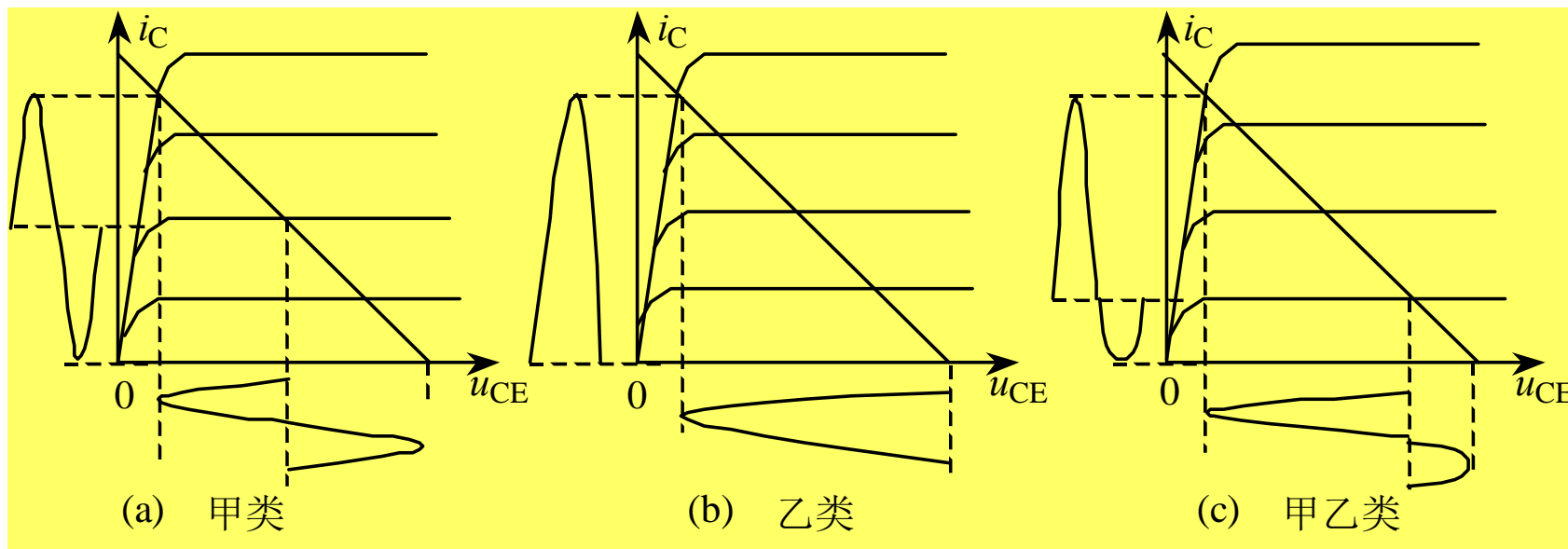
“等效”是指“对外”等效（等效互换前后对外伏-安特性一致），对内不等效（举例：电压源和电流源开路 and 短路时，内部功耗不同）

等效变换的注意事项

(1) “等效”是指“对外”等效（等效互换前后对外伏--安特性一致），对内不等效（举例：电压源和电流源开路 and 短路时，内部功耗不同）。

(2) 恒压源和恒流源不能等效互换

功率放大电路的类型



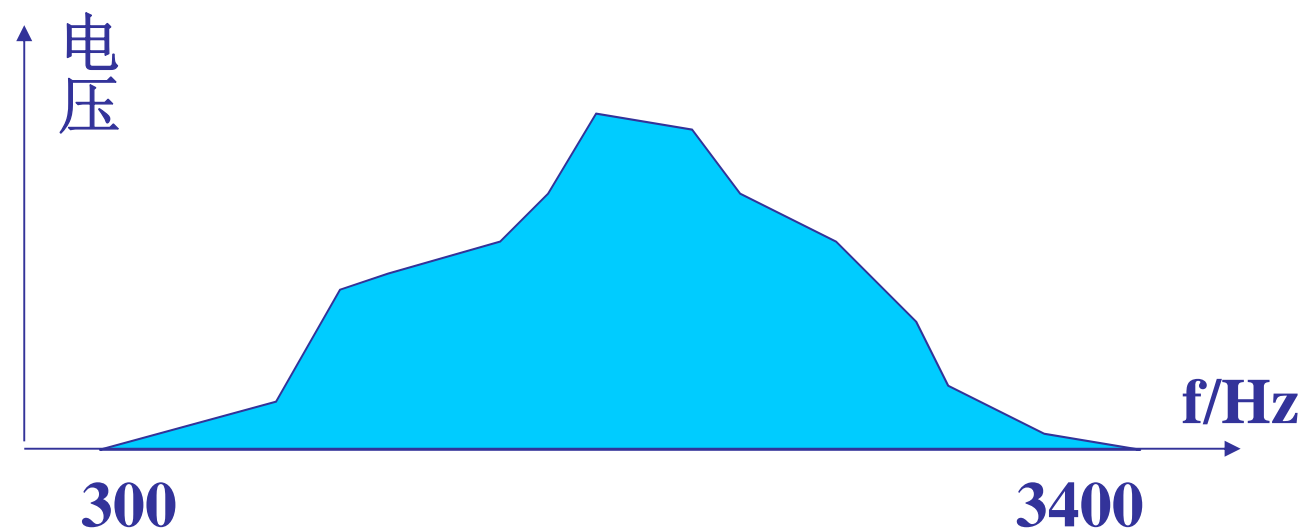
- 甲类功率放大电路的静态工作点设置在交流负载线的中点。在工作过程中，晶体管始终处在导通状态。这种电路功率损耗较大，效率较低，最高只能达到**50%**。
- 乙类功率放大电路的静态工作点设置在交流负载线的截止点，晶体管仅在输入信号的半个周期导通。这种电路功率损耗减到最少，使效率大大提高。
- 甲乙类功率放大电路的静态工作点介于甲类和乙类之间，晶体管有不大的静态偏流。其失真情况和效率介于甲类和乙类之间。

频域 vs. 时域

所谓“频谱”即是指组成信号的各正弦分量按频率分布的情况。

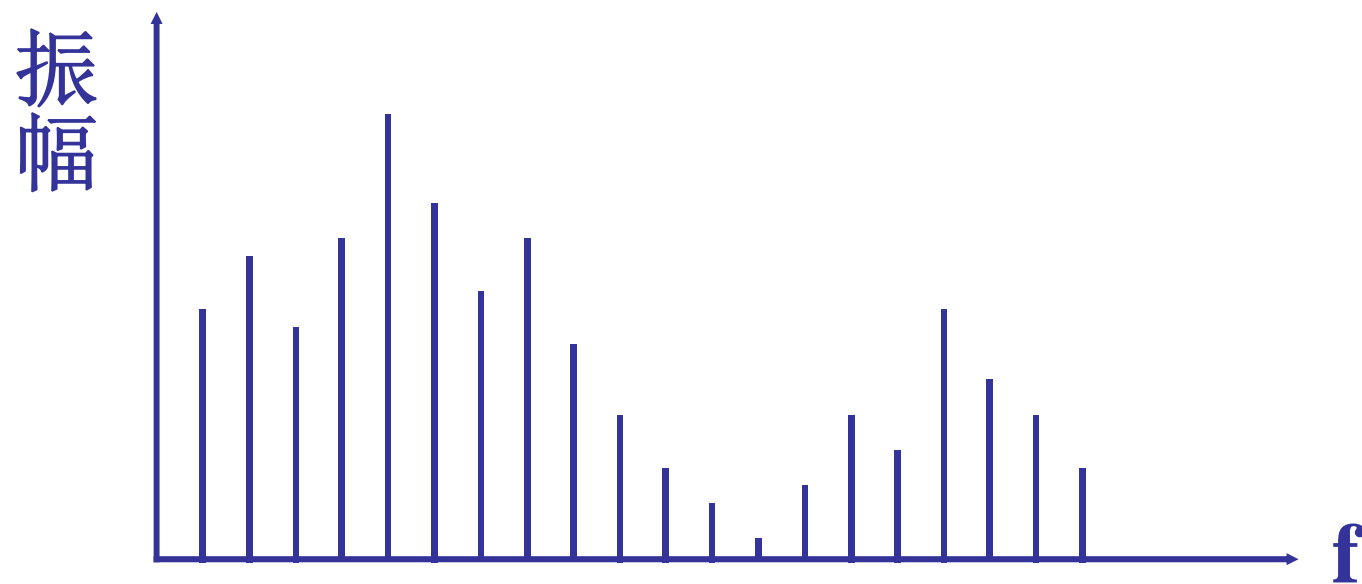
通过研究信号的频谱我们可以突出在信号传输中存在的主要问题，如信号的变化规律，信号的能量分布等。

如：下面所示的一般语音信号的频谱示意图

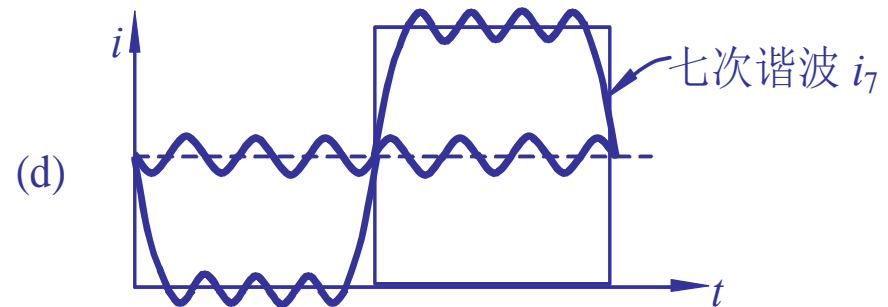
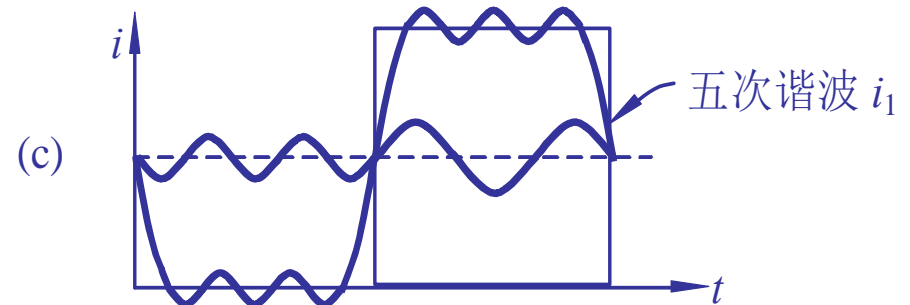
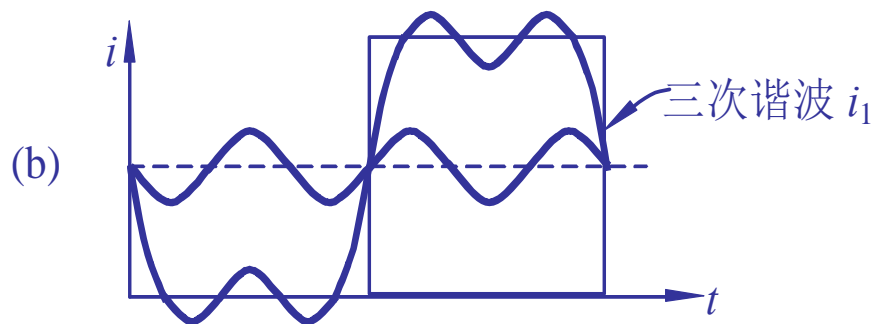
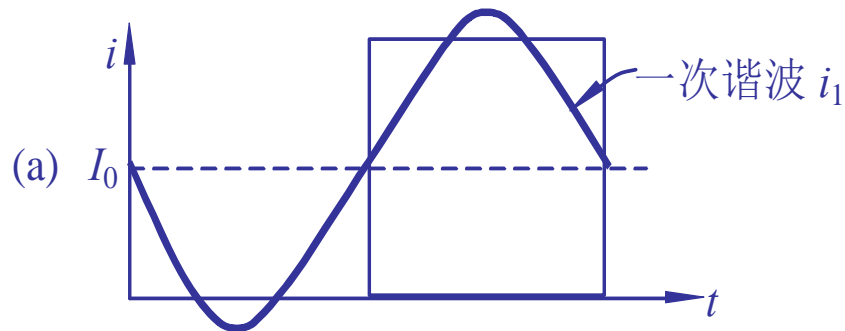


可以看到语音信号的频谱是连续的，其主要能量集中在1000Hz左右。

一般数字信号的频谱图



脉冲信号的分解

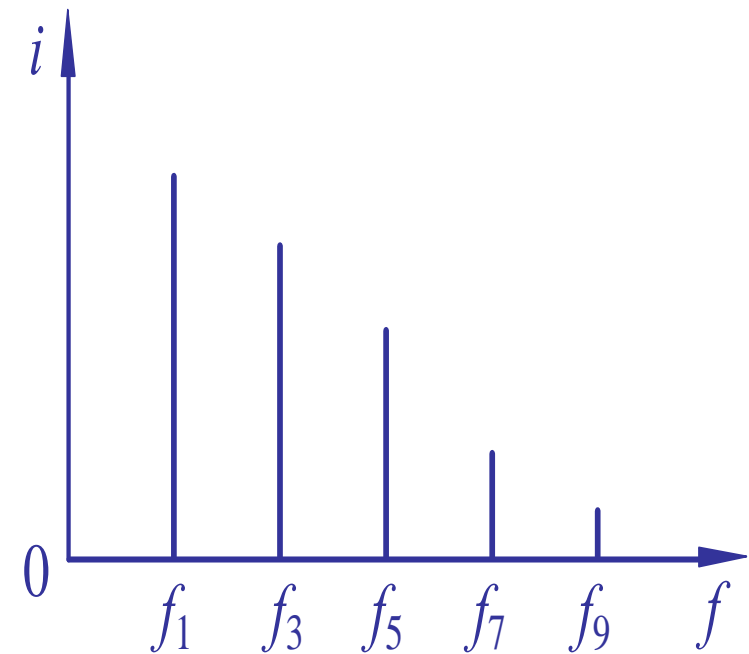


根据傅立叶变换的基本原理，任何一个函数都可以用傅立叶级数展开。

任何复杂的信号，都可分解为许多不同频率的正弦信号之和

脉冲信号的频谱

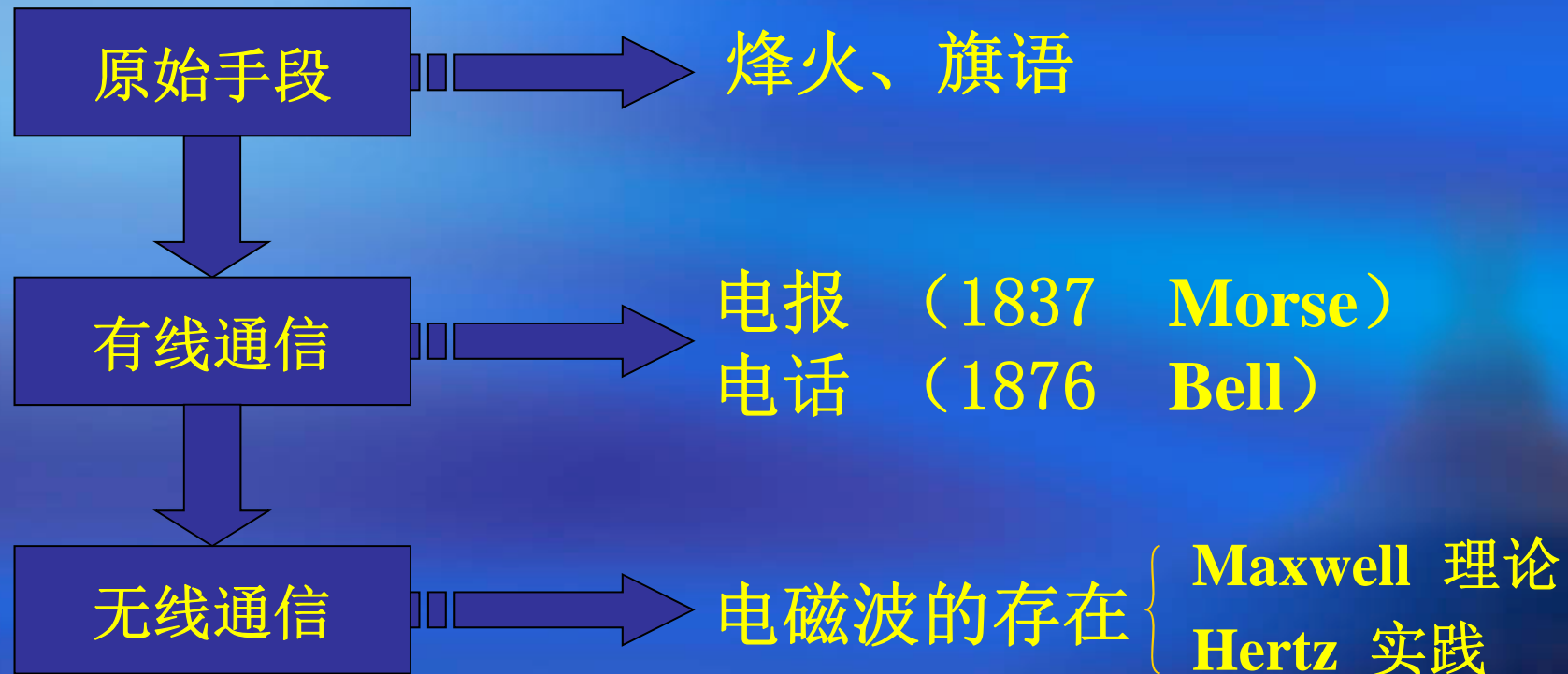
- f_1 表示脉冲重复频率，也就是基波频率。 f_3 、 f_5 、 f_7 ...分别表示三、五、七次谐波
- 在 f 轴的0点，表示直流分量，这条谱线的长度表示脉冲直流分量（即平衡值）的大小
- 高次谐波的谱线可以分布到很高的频率，但其幅度已相当小



信号的带宽

信号的最高频率与最低频率之差
也就是这个信号所拥有的频率范围,
叫做该信号的频谱宽度,
简称为频宽,也叫带宽.

无线电通信发展简史



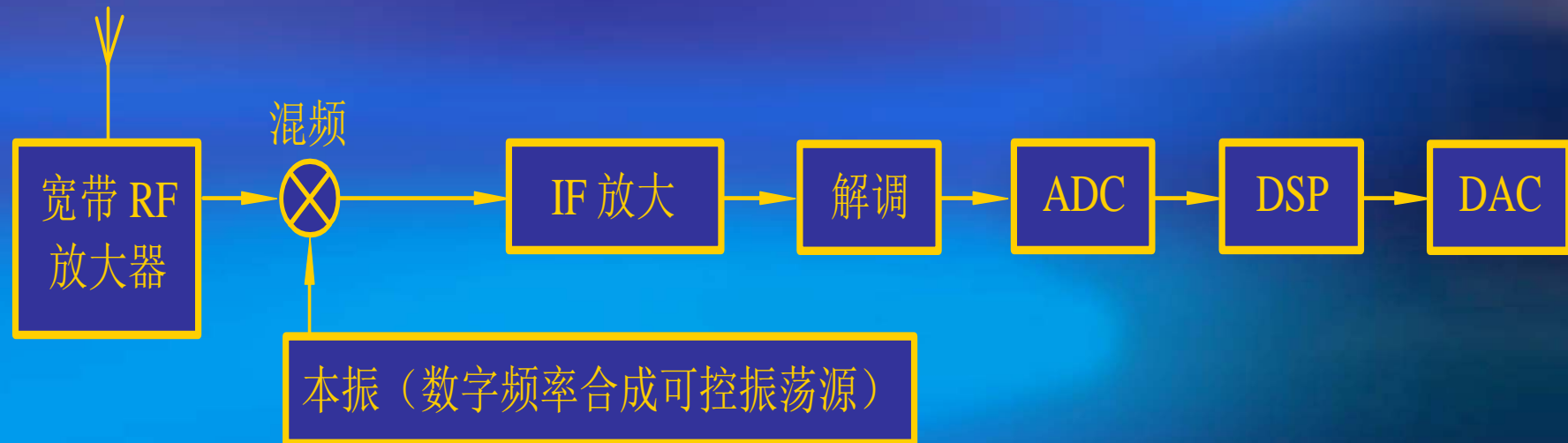
无线电电子学时代: Fleming 弗莱明 1904 发明电子二极管

- 三个里程碑:
- ① Lee de forest 发明电子三极管
 - ② W. Shockley 发明晶体三极管
 - ③ 集成电路、数字电路的出现

§ 1.5 现代通信系统

§ 1.5.1 模拟与数字的混合系统

- 70年代以前，通信系统主要是模拟体制，接收机如前介绍的超外差接收机，70—80年代无线电通信实现了模拟→数字的大转变，从系统控制（选台调谐、音量控制，均衡控制等）到信源编码、信道编码，以及硬件实现技术都无一例外地实现了数字化。现代超外差接收机可用下图来表示，它是一个模拟与数字的混合系统。



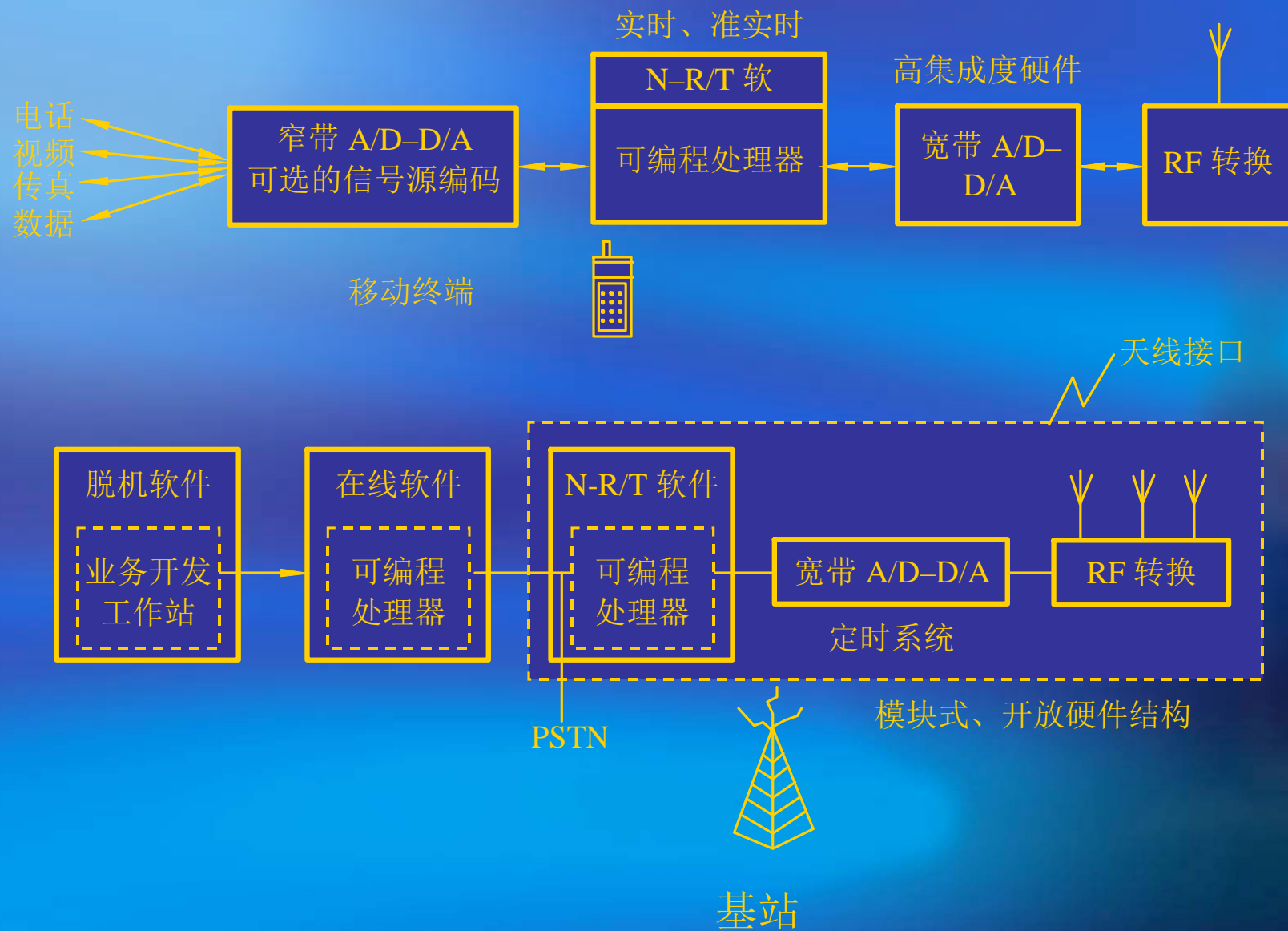
§ 1.5.2 软件无线电

进入90年代后，通信界开始了一场新的无线电革命，即从数字化走向了软件化，软件无线电技术（**software Radio**）应运而生。

支持这场革命的是多种技术的综合，包括多频段天线和RF变换宽带A/D/A转换，完成IF、基带、比特流处理功能的通用可编程处理器等。软件无线电最初目的是满足军用通信中不同频段，不同信道调制方式和数据方式的各类电台之间的联网需要，因为它可以很容易地解决各种接口标准之间的兼容问题，使得它的优越性很快得到商用通信的青睐，并且在个人移动通信领域发展迅速。

软件无线电是特指具有用软件实现各种功能特点的无线电台（如移动通信中的移动电话机、基站电台、军用电台等），它主要由低成本、高性能的DSP芯片组成。规范的软件无线电典型结构如下图所示。

§ 1.5.2 软件无线电



§ 1.5.2 软件无线电

■ 软件无线电的标志：

1. 无线通信功能是由软件定义并完成的，这种完全的可编程能力包括可编程的射频波段、信道接入方式、信道调制方式与纠错算法等，软件无线电区别于软件控制的数字无线电。

2. 在尽可能靠近天线的地方使用A/D/A转换器，因为信号的数字化是实现软件无线电的首要条件。理想软件无线电系统中的A/D/A转换器已相当靠近天线，从而可对高频信号进行数字化处理，这也是它与常用的数字通信系统的根本区别所在。

§ 1.5.2 软件无线电

- 软件无线电的特点：

1. 具有完全的可编程性

通过安装不同的软件来实现不同的电路功能，包括工作模式，系统功能，扩展业务等。

2. 软件无线电基于DSP技术

系统所需要的信号处理工作有变频、滤波、调制解调，信道编译码，接口协议与信令处理，加解密、抗干扰处理，以及网络监控管理。

§ 1.5.2 软件无线电

3. 其有很强的灵活性及可扩充性

可以任意转换信道接入方式，改变调制方式或接收不同系统的信号。

4. 具有集中性

由于软件无线电结构具有相对集中和统一的硬件平台，所以多个信道可以享有共同的射频前端与宽带A/D/A转换器，从而可以获取每一信道的相对廉价的信号处理性能。

无线电波段的划分

波段名称	波长范围	频率范围	频段名称
■ 超长波	10,000—100,000m	30—3kHz	甚低频VLF
■ 长 波	1,000—10,000m	300—30kHz	低频LF
■ 中 波	200—1,000m	1500—300kHz	中频MF
■ 中短波	50—200m	6,000—1,500kHz	中高频IF
■ 短 波	10—50m	30—6MHz	高频HF
■ 米 波	1—10cm	300—30MHz	甚高频VHF
■ 分米波	10—100cm	3,000—300MHz	特高频UHF
■ 厘米波(微波)	1—10cm	30—3GHz	超高频SHF
■ 毫米波	1—10mm	300—30GHz	极高频EHF
■ 亚毫米波	1mm以下	300GHz以上	超极高频

Q & A