

第四章 高频功率放大器



第四章 高频功率放大器

4.1 概述

4.2 谐振式高频功率放大器的工作原理

4.3 谐振功率放大器的折线分析法

4.4 丙类高频功率放大电路

重点难点晶体管丙类谐振功率放大
电路的分析

高频谐振功放原理

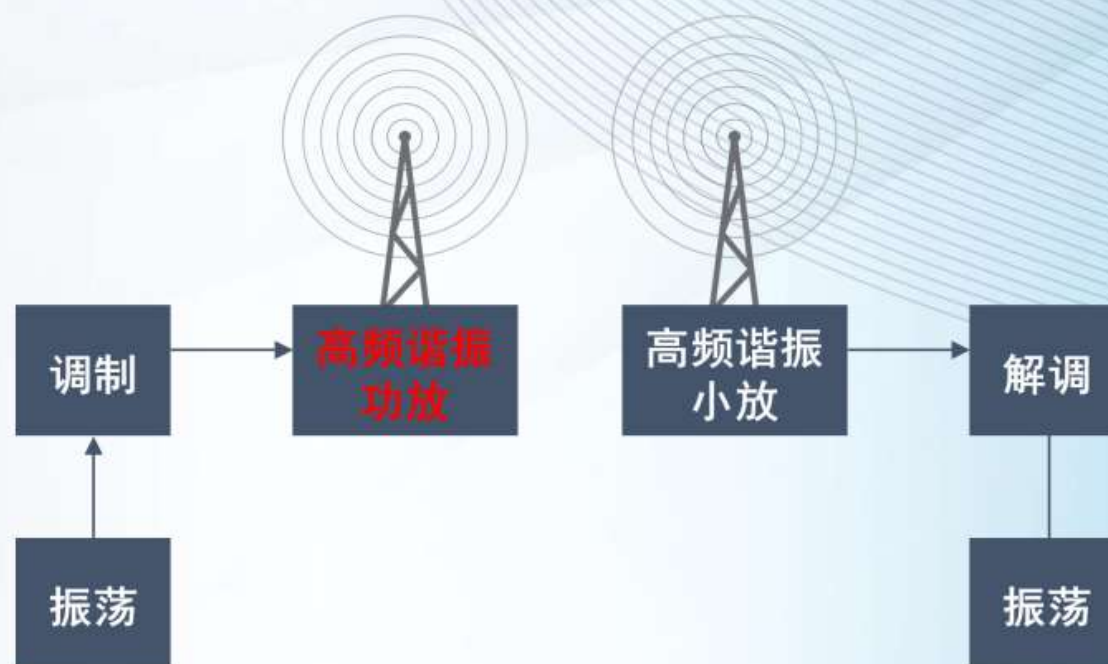
高频谐振功放

➤ 目的和性能指标

- ① 高功率
- ② 高效率

➤ 异同？

- ◆ 高频谐振功放 *vs.* 高频谐振小放？
- ◆ 高频谐振功放 *vs.* 低频功放？



高频谐振功放 *vs.* 高频谐振小放

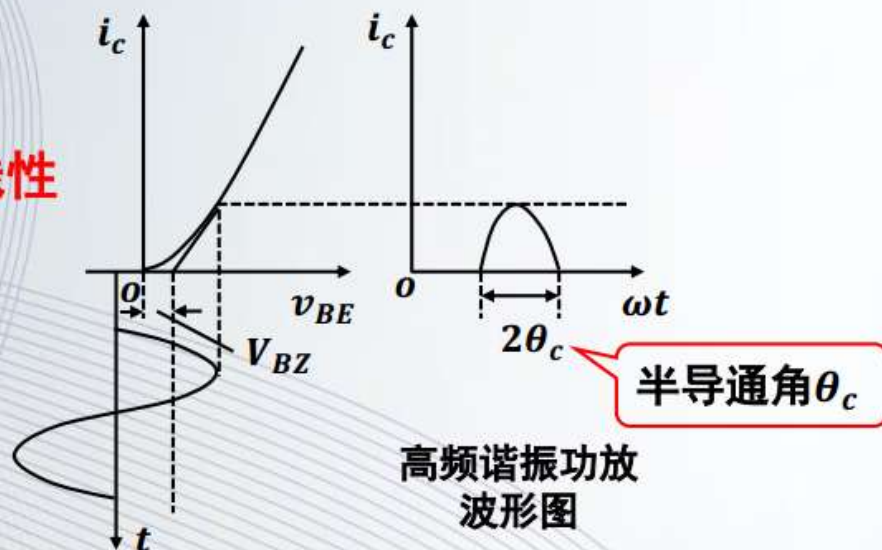
➤ 相同点

- ◆ 信号均为高频信号
- ◆ 负载均为谐振回路

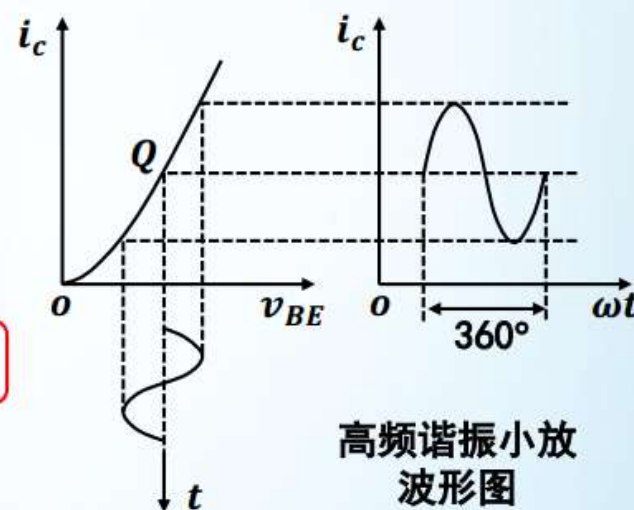
➤ 不同点

- ◆ 激励信号幅度大小不同
- ◆ 放大器工作点不同
- ◆ 晶体管动态范围不同

非线性



线性



高频谐振功放 vs. 低频功放

➤ 相同点

- ◆ 高功率
- ◆ 高效率

➤ 不同点

| | 高频谐振功放 | 低频功放 |
|-----------|--------|-------|
| 放大器的负载 | 并谐回路 | 纯电阻 |
| 工作状态 | 丙类 | 甲类/乙类 |
| 工作频率与相对频宽 | 高频窄带 | 低频宽带 |

思考题？

第四章 高频功率放大器

4.1 概述

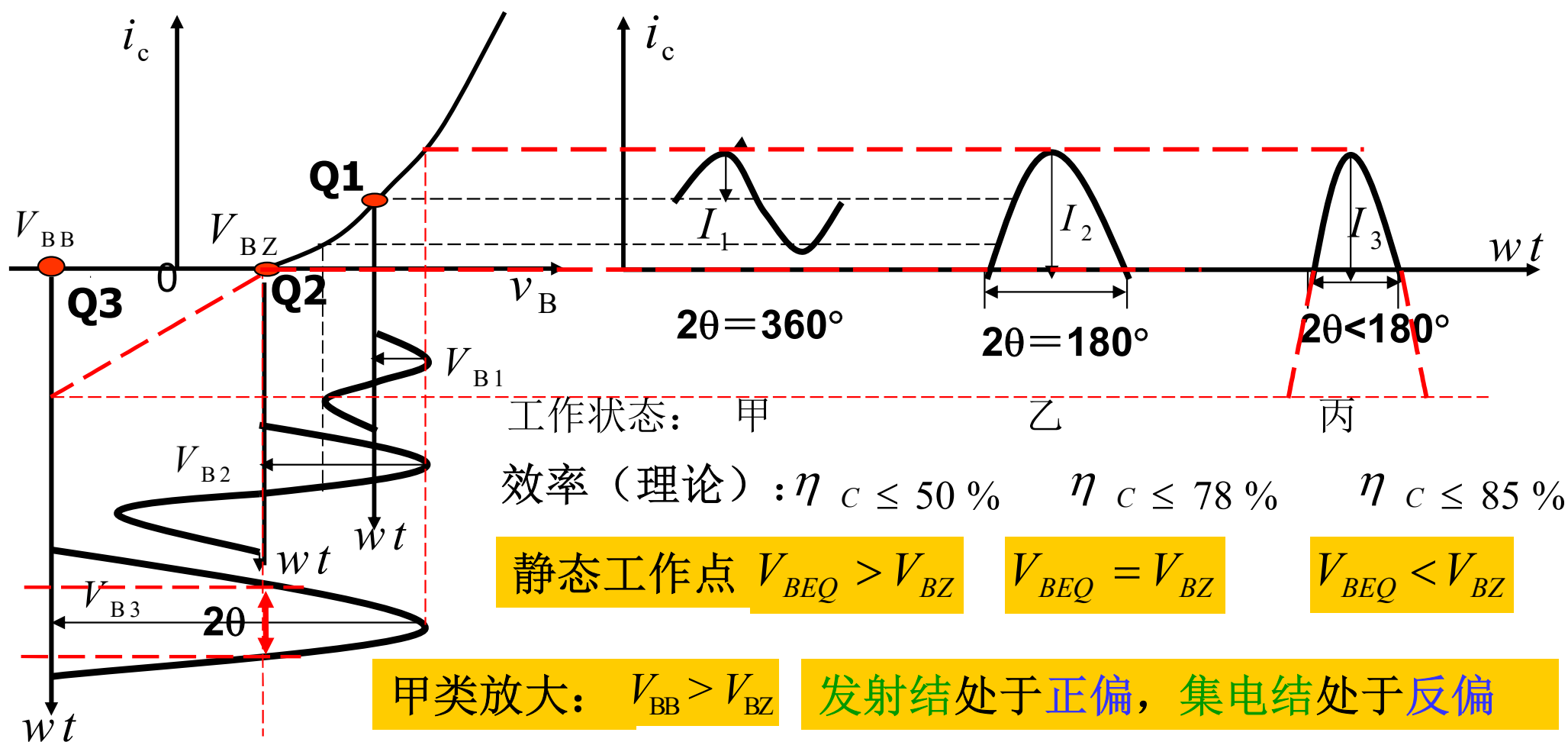
4.1 概述

特点:

- (1) **功率大、效率高**。工作频率高，相对频带窄
- (2) 采用选频网络作为负载回路（**所以负载为调谐回路。**）
- (3) **放大器一般工作在C（丙）类工作状态，属于非线性电路**。非线性失真要小（为滤除丙类功放的众多高次谐波分量，采用LC谐振回路作为选频网络）故称为丙类谐振功率放大电路
- (4) 不能用线性模型电路分析，**一般采用图解法分析**

4.1 概述

按放大器的工作类型分：甲、乙、丙、丁、戊类放大。



丙类放大： $V_{BB} < V_{BZ}$ 一般基极直流偏压 V_{BB} 要使发射结处于反偏

4.1 概述

四、高频功率放大器的任务及应用

1. 任务

输出足够大的功率、高效率的功率转换、减小非线性失真。

2. 应用

发送设备中的中间放大级、推动级和输出级。



3. 与高频小信号调谐放大器的异同点

相同点：工作在高频段、调谐回路作负载

不同点：（1）输入信号大小不同
（2）分析方法不同
（3）任务不同
（4）工作状态不同

4.1 概述



4. 与低频放大器的异同点

相同点：输出功率大、效率高

不同点：

(1) 频带宽度不同
低功放：工作频率
20Hz~20kHz，相对频带宽。

高功放：工作频率几百
kHz~几百MHz，相对频带窄。

(2) 负载不同

3.1 概述

5. 高频功率放大器的主要质量指标：输出功率、效率

高频功率放大器要求高效率



如何获得高效率呢？关键在那里？

我们依据功率与效率之间关系来分析：

$P_{\text{=}}$ = 直流电源供给的直流功率

P_o = 交流输出信号功率

P_c = 管子集电极耗散功率

关键在减小 P_c ,减小 P_c
采取什么措施？

有： $P_{\text{=}} = P_o + P_c$

集电极效率定义为： $\eta_c \uparrow = \frac{P_o}{P_o + P_c \downarrow}$

4.1 概述

可见: $P_c \downarrow \longrightarrow \eta_c \uparrow$

$$p_c = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} u_{CE} i_C d\omega t$$

依据 P_c 表达式, 分析降低 P_c 采取措施:

- (1) 当管子有比较大的 i_C 时, 尽量减少这期间的 u_{CE}
- (2) 当 u_{CE} 较大时, 尽量减少这期间的 i_C ;
- (3) 尽量减少 i_C 和 u_{CE} 均不为零的期间

要减小 P_c 以获得高的效率, 集电极电流 i_C 应为脉冲状, 其导通角 2θ 小于 180° , 也就是说放大器应工作在丙类放大状态。

综上所述: 工作在丙类放大的晶体管接上谐振于信号频率的选频网络负载后, 便组成一个高效率和小失真的高频功率放大器。这就是下面详细介绍的丙类谐振功率放大器。

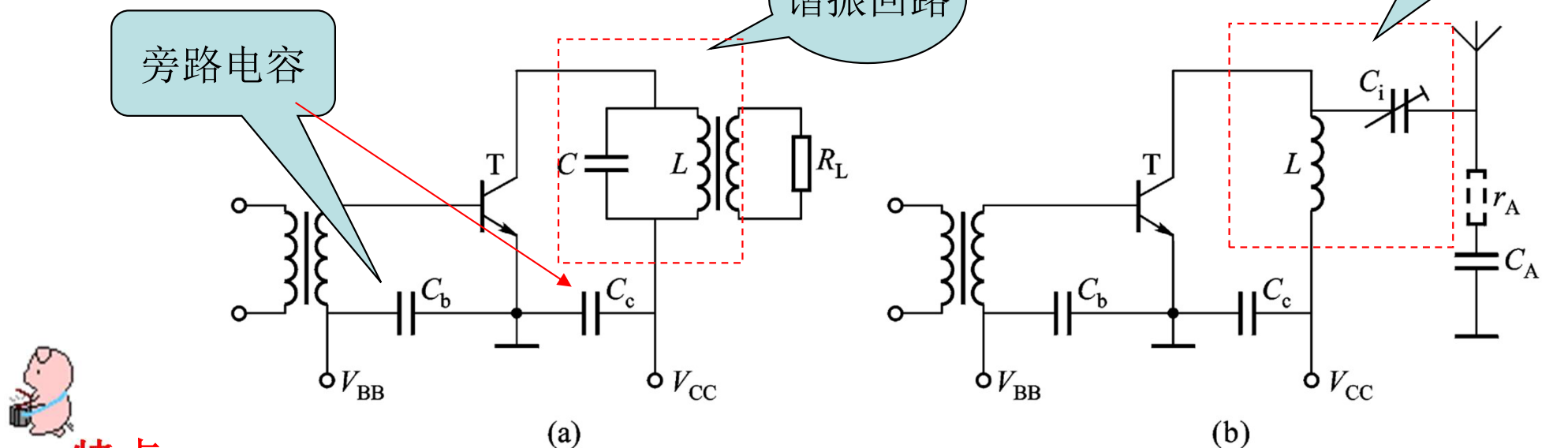
第四章 高频功率放大器

4.2 谐振式高频功率放大器的工作原理



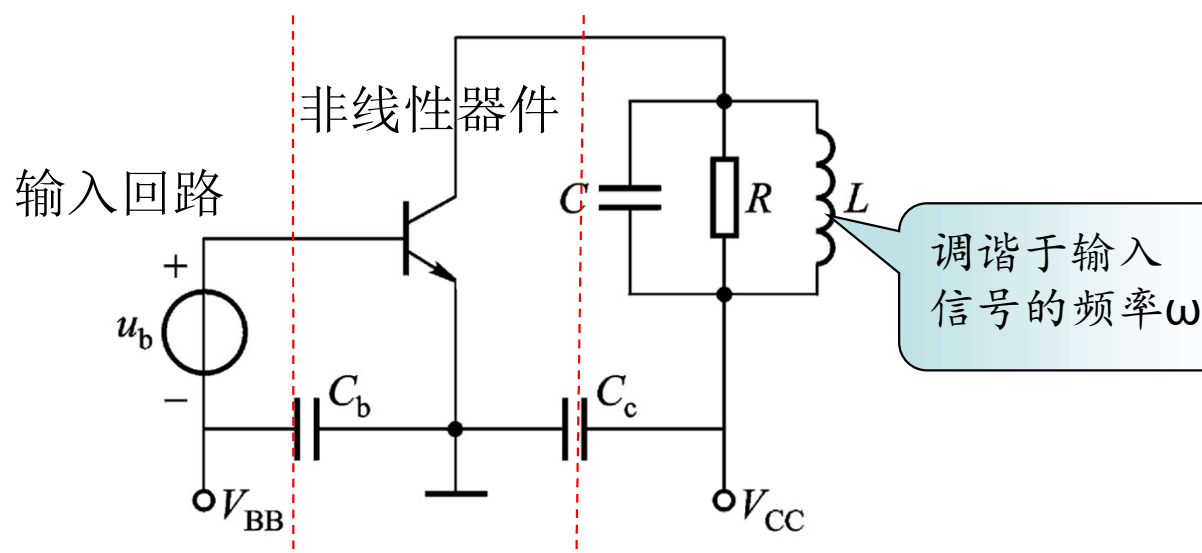
4.2 丙类高频功放的工作原理

一、基本电路及其特点



特点:

- 1) $V_{BB} < 0$ 基极负偏压, 为丙类功放。流过晶体管的电流为失真的脉冲波形;
- 2) 负载为LC并联谐振回路。取出基波分量, 获得正弦电压波形, 阻抗匹配。

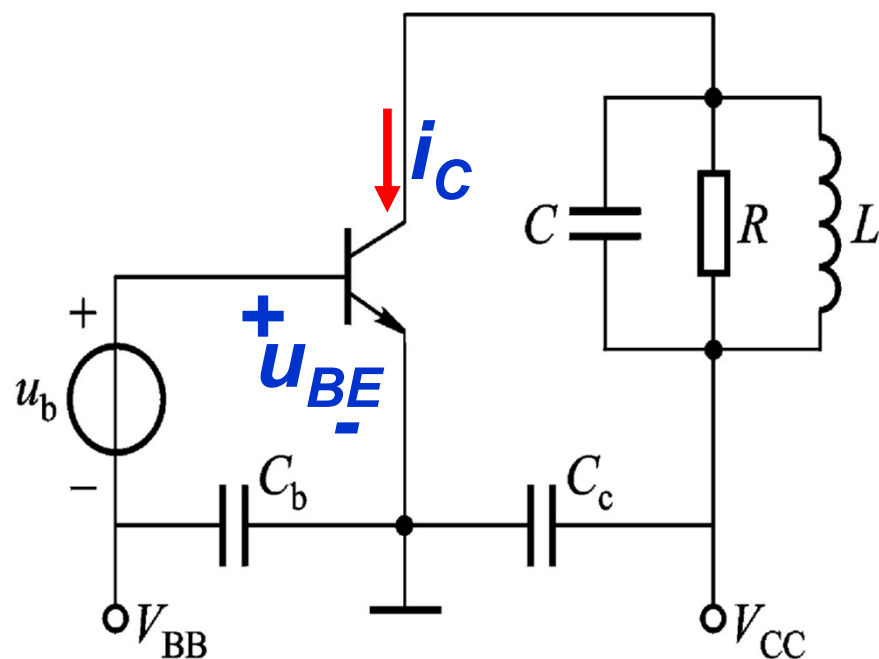


无论中间级还是输出级电路都可以等效为：输入回路、非线性器件和带通滤波器组成。

二.高频放大器原理图



各元件作用



1. 晶体管：能量转换作用。

2. 输出调谐回路

作用：传输基波功率、滤除各次谐波、阻抗匹配

3. 电源

V_{CC} ——功放能源

V_{BB} ——基极电源，决定功放工作状态

4. C_b 、 C_c 高频短路电容

三极管T在工作时应处于丙类工作状态，只有小部分时间导通。

LC谐振回路起到滤波和匹配作用。

基极电源 V_{BB} 应小于死区电压以保证晶体管工作于丙类状态，

一般 V_{BB} 略小于0。

集电极电压 V_{CC} 是功率放大器的能量来源。

三.高频放大器工作原理

晶体管截止电压 U_{BZ} （硅管 $0.5\sim 0.7\text{v}$ ，锗管 $0.2\sim 0.3\text{v}$ ）

当 $V_{BB} \leq U_{BZ}$ 时，放大器无外加激励时，晶体管截止。即当 V_{BB} 为负值或为小于 U_{BZ} 的正电压，放大器工作在丙类。

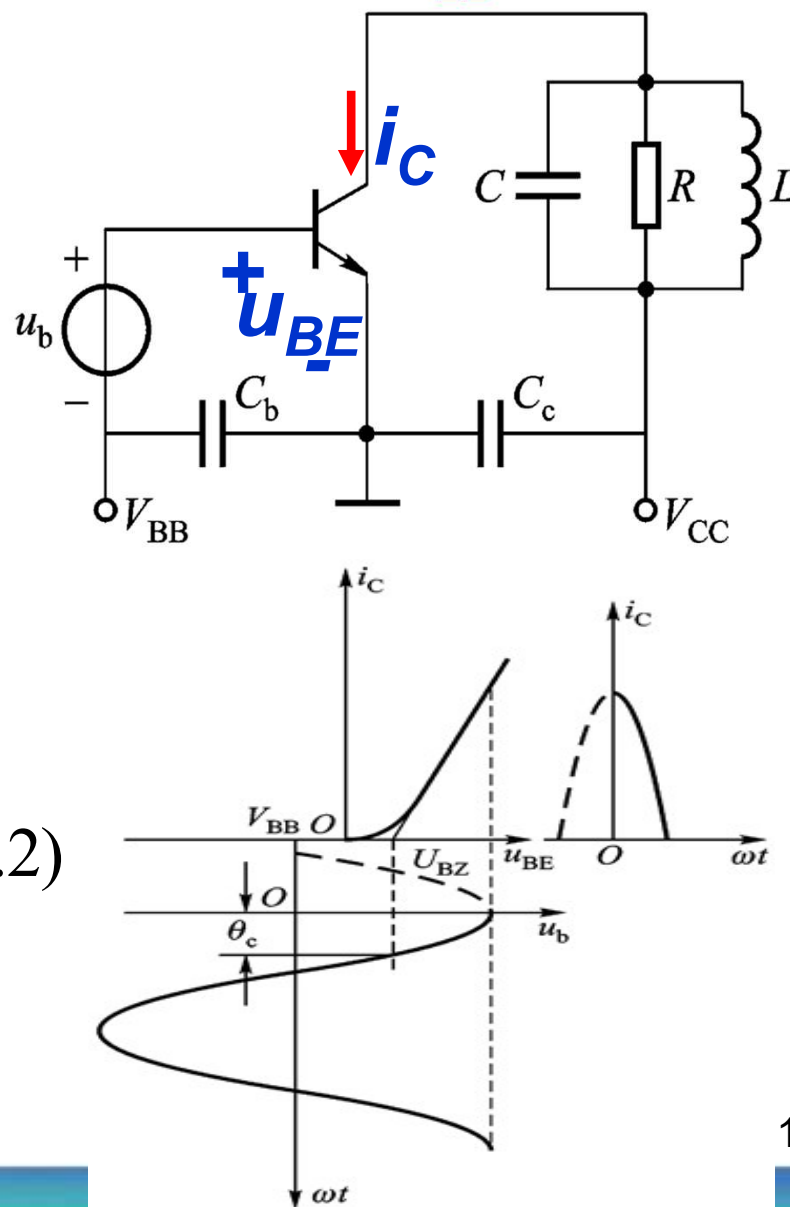
设 $u_b = U_{bm} \cos \omega t$

则 $u_{BE} = V_{BB} + U_{bm} \cos \omega t, V_{BB} < 0$

当 $u_{BE} > U_{BZ}$ 时，晶体管才导通，才有电流通过。电流 i_c 为周期性的余弦脉冲，用傅里叶级数展开。

周期性脉冲可分解为：

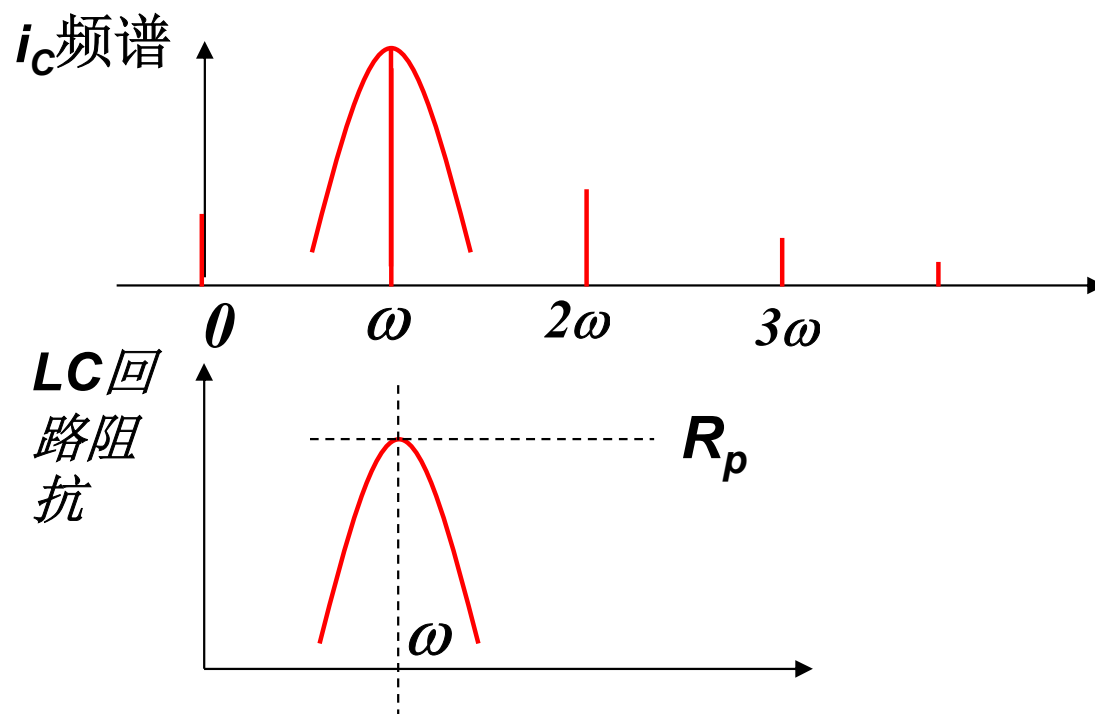
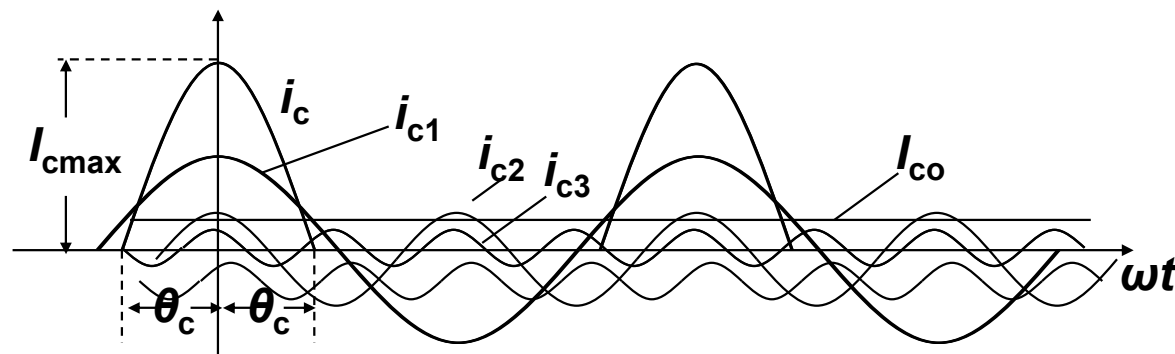
$$i_c = I_{co} + I_{c1m} \cos \omega t + \cdots I_{cnm} \cos n\omega t \text{ (式4.2.2)}$$



三.高频放大器工作原理

周期性脉冲可分解为:

$$i_c = I_{co} + I_{c1m} \cos \omega t + \cdots I_{cnm} \cos n \omega t \text{ (式4.2.2)}$$



谐振电阻

$$R_p = \omega_0 L Q_L = Q_L / \omega_0 C$$

$$U_{cm} = I_{c1m} R_p$$

谐振电压

已知 $i_C = I_{co} + I_{c1m} \cos \omega t + \cdots I_{cnm} \cos n \omega t$

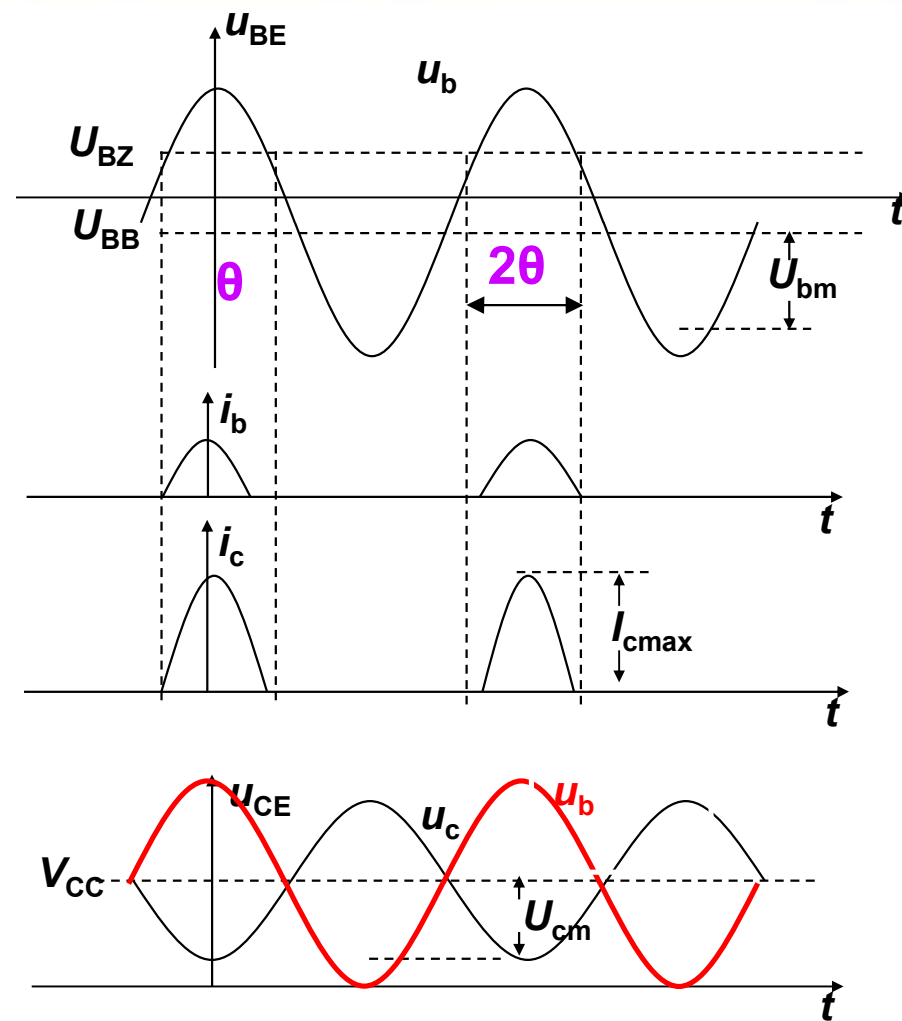
由LC回路的选频(选基波)作用:

输出回路的选频网络谐振于基波频率时, i_C 只有基波电流才产生压降, 因此输出电压 u_{CE} 近似为余弦波形, 且与输入电压 u_b 同频、反相。

$$\begin{aligned} u_c &= I_{c1m} \cos \omega t \cdot R_p \\ &= U_{cm} \cos \omega t \end{aligned}$$

输出电压 u_{CE}

$$u_{CE} = V_{cc} - u_c = V_{cc} - U_{cm} \cos \omega t$$



集电极输出电压

高功放输入完整正弦波, 由于放大器工作在丙类状态, 产生的 i_C 为周期性余弦脉冲波, 但负载为调谐回路, 谐振于基波频率, 可选出 i_C 的基波。故在负载两端得到的电压仍为与输入信号同频的完整正弦波。

3.2 丙类高频功放的工作原理

例1: (1)为什么高频功率放大器一般要工作在乙类或丙类状态?
答: (2)为什么采用谐振回路作负载? (3)为什么要调谐在工作频率?

(1)乙类、丙类放大状态的效率比甲类高。故高频功率放大器一般选乙类或丙类工作状态。

(2)因为乙类和丙类放大的集电极电流为脉冲，只有通过谐振回路选出周期脉冲电流的基波分量，产生连续的基波电压输出。

(3)回路调谐于工作频率是为了取出基波电压输出。

例2:为什么低频功率放大器不能工作于丙类? 而高频功率放大器却能工作于丙类?

答: 低频功率放大器所放大的信号频率一般为**20Hz~20kHz**，其相对频带宽，不可能由谐振回路取出不同的频率分量，只能采用甲类或乙类推挽的放大形式。而高频功率放大器所放大的信号的相对频带很窄，采用一个谐振回路就可以完成选频作用，故可以工作在丙类。

小结

- 高频功率放大器的特点
- 通角 θ 的概念、丙类状态偏置的选择
- 高频功率放大器工作原理（图、元件作用、原理）
- 输出功率、效率的计算



END