

# 第五章 振幅调制与解调

概述

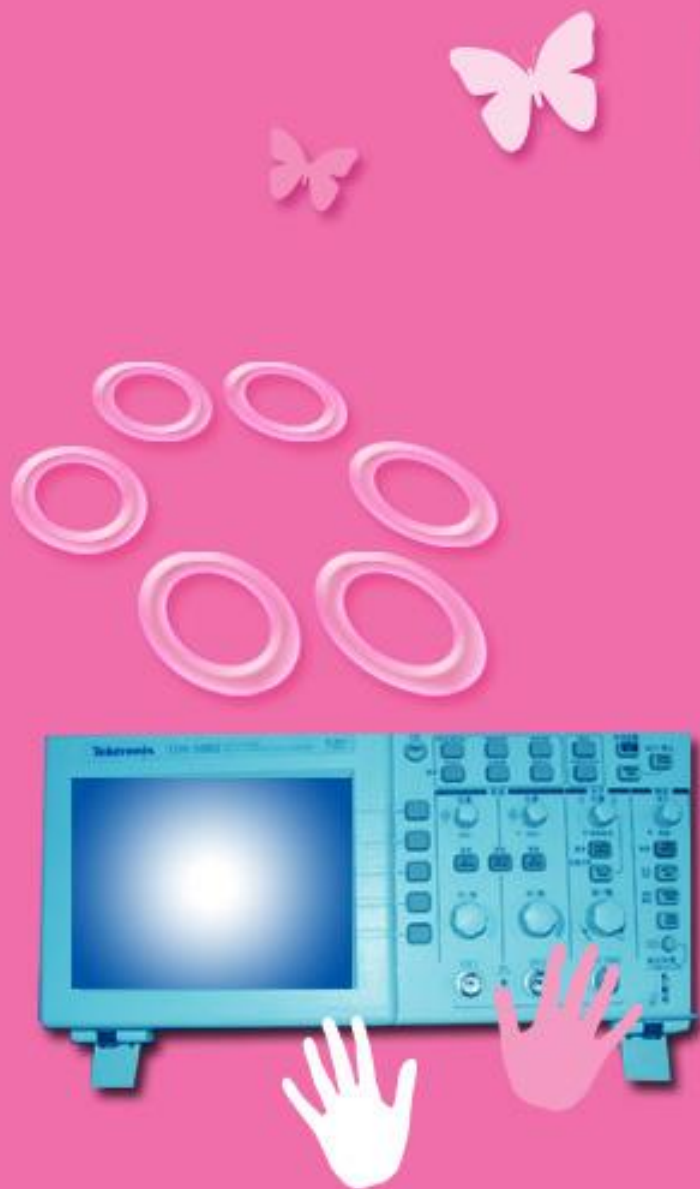
调幅信号的分析

调幅波产生原理的理论分析

普通调幅波的产生电路

普通调幅波的解调电路

抑制载波调幅的产生和解调电路





# 一、本章内容



[返回总目录](#)

5.1 概述

5.2 调幅信号的分析

5.3 调幅波产生原理的理论分析

5.4 普通调幅波的产生电路

5.5 普通调幅波的解调电路

5.6 抑制载波调幅波的产生和解调电路



## 二、本章重点和难点

### (一) 本章重点

1. 调幅波的性质，调幅波产生的理论分析；幂级数分析法；
2. 普通调幅波产生电路；
3. 大信号基极、集电极调幅工作原理及设计、调整要点；
4. 大信号峰值包络检波；
5. 抑制载波调幅波的产生和解调电路。

### (二) 本章难点

1. 大信号基极、集电极调幅工作原理及设计、调整要点；
2. 抑制载波双边带调幅。



### 三、符号

---

$\omega$  ——— 高频

$\Omega$  ——— 低频



## 四、三角函数复习

---

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta)$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$



## 五、数学分析方法

---

- 1) 幂级数分析法（小信号）
- 2) 折线近似分析法（大信号）



## 5.1 概述

---

### 一、调幅

1 . 含意———振幅调制就是用低频调制信号去控制高频载波信号的振幅，使载波的振幅随调制信号成正比地变化。

2 . 波形图

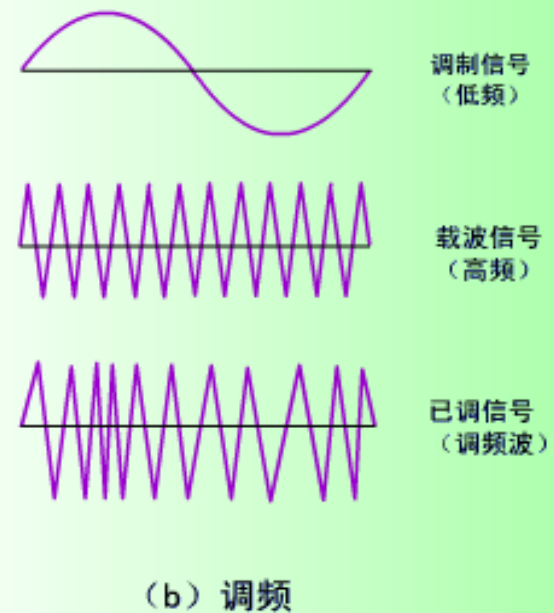
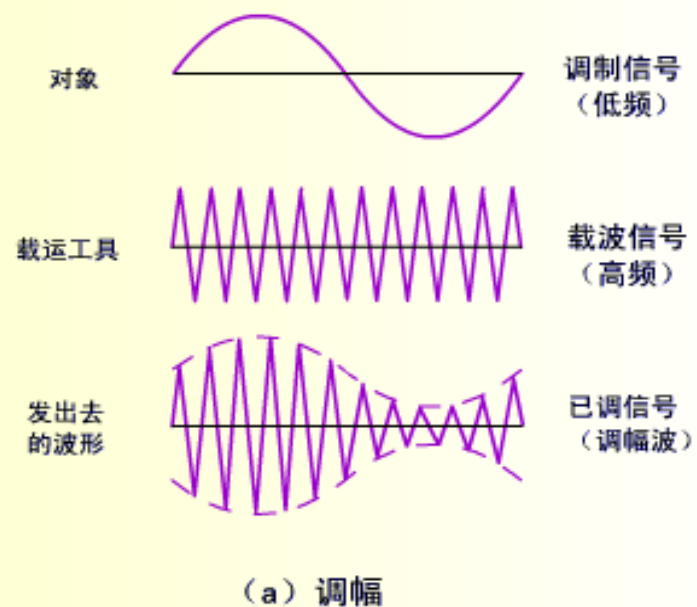


图1-3 调制的波形

播放

暂停

YHZ/WXQ





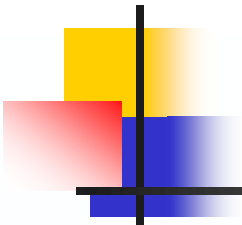
### 3.为什么要调制？

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

只有天线实际长度与电信号的波长相比拟时，这时电信号才能以电磁波形式有效地辐射。

若信号频率为1kHz，其相应波长300km，若采用波1/4波长的天线，就需要75km，制造这样的天线是很困难的。

这就要求原始电信号必须有足够高的频率。



对于有线通信虽然可以传输语音之类的低频信号。但一条信道只传输一路信号太不经济，利用率太低。

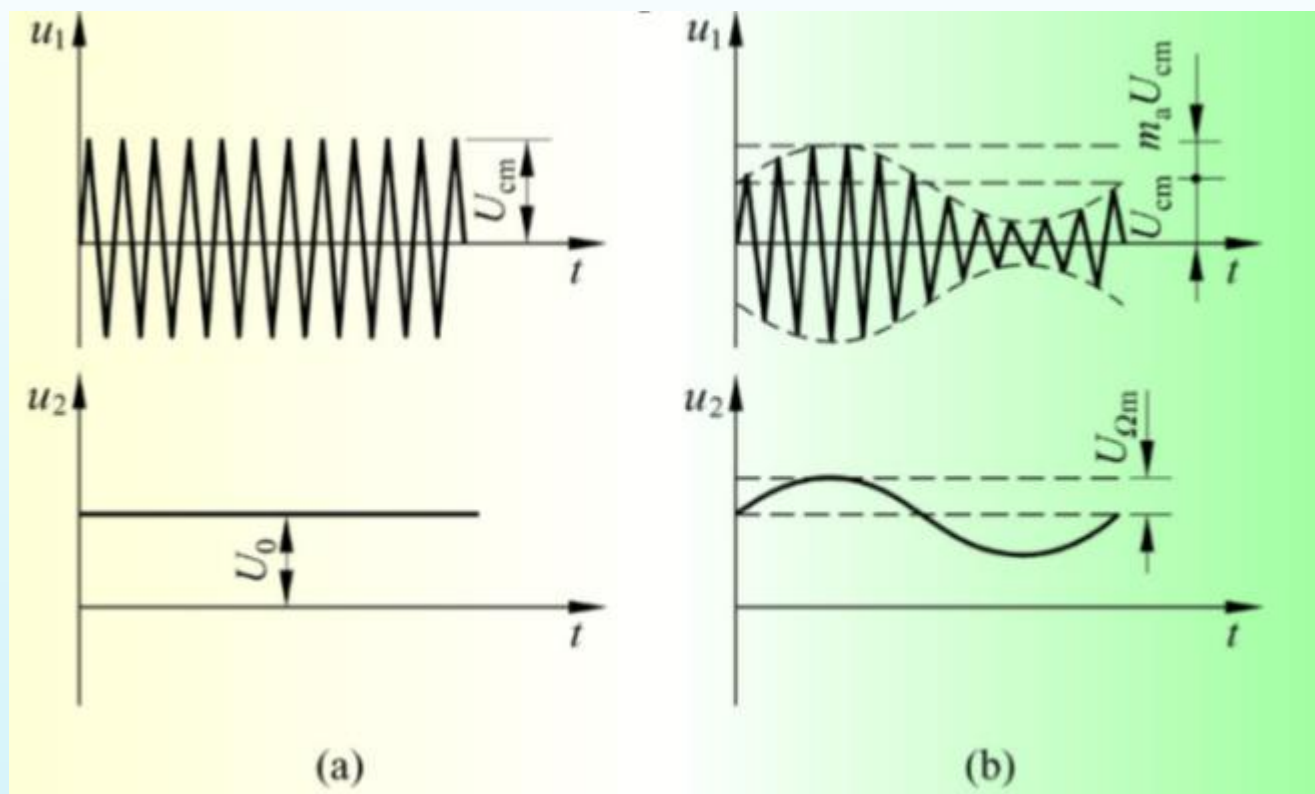
所以有线通信也需要将各路语音信号搬移到不同的频段，以实现多路信号一线传输而又不互相干扰。

采用调幅

- 1) 由于频率高，可以无线传输；
- 2) 可以实现多路信号一线传输而又不互相干扰。

## 二、检波

- 1) 检波——调幅波的解调
- 2) 检波的波形图

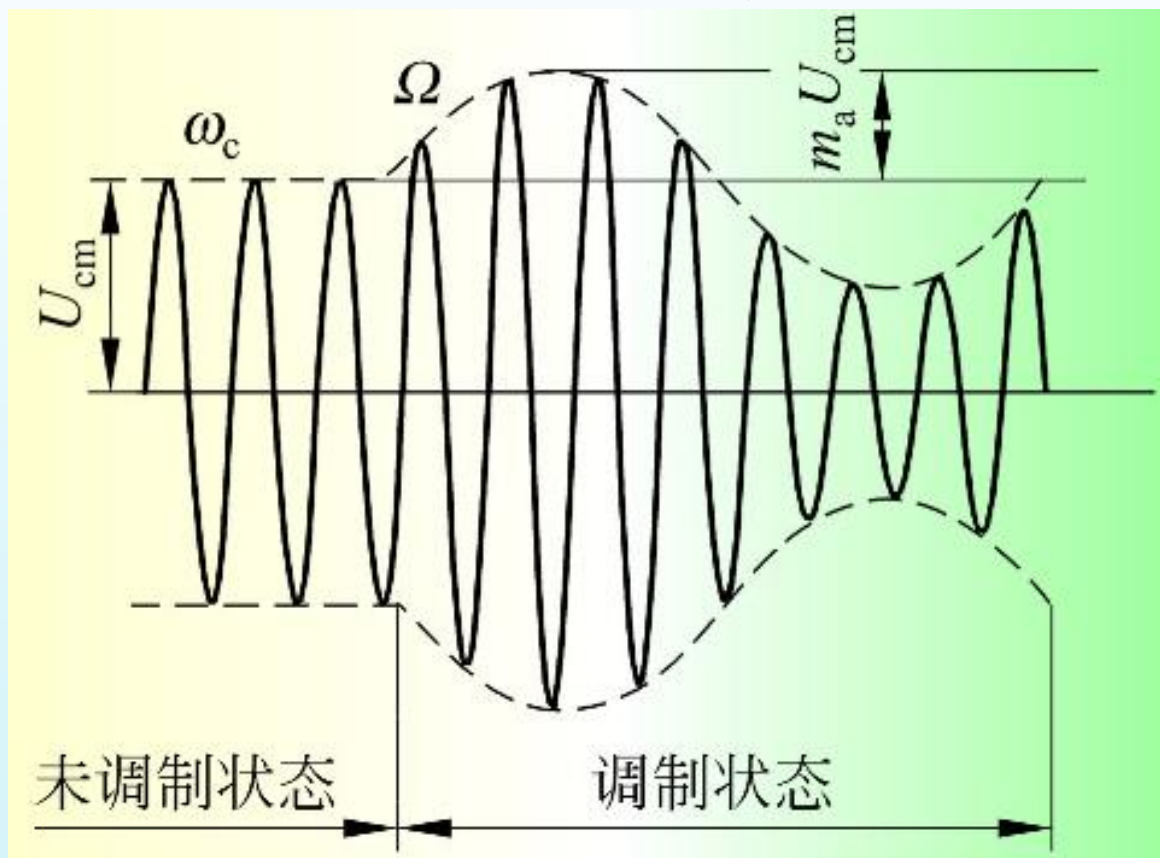


检波器与输入、输出波形

## 5.2 调幅信号的分析

### 一、普通调幅波

(表达式、波形、频谱、功率)



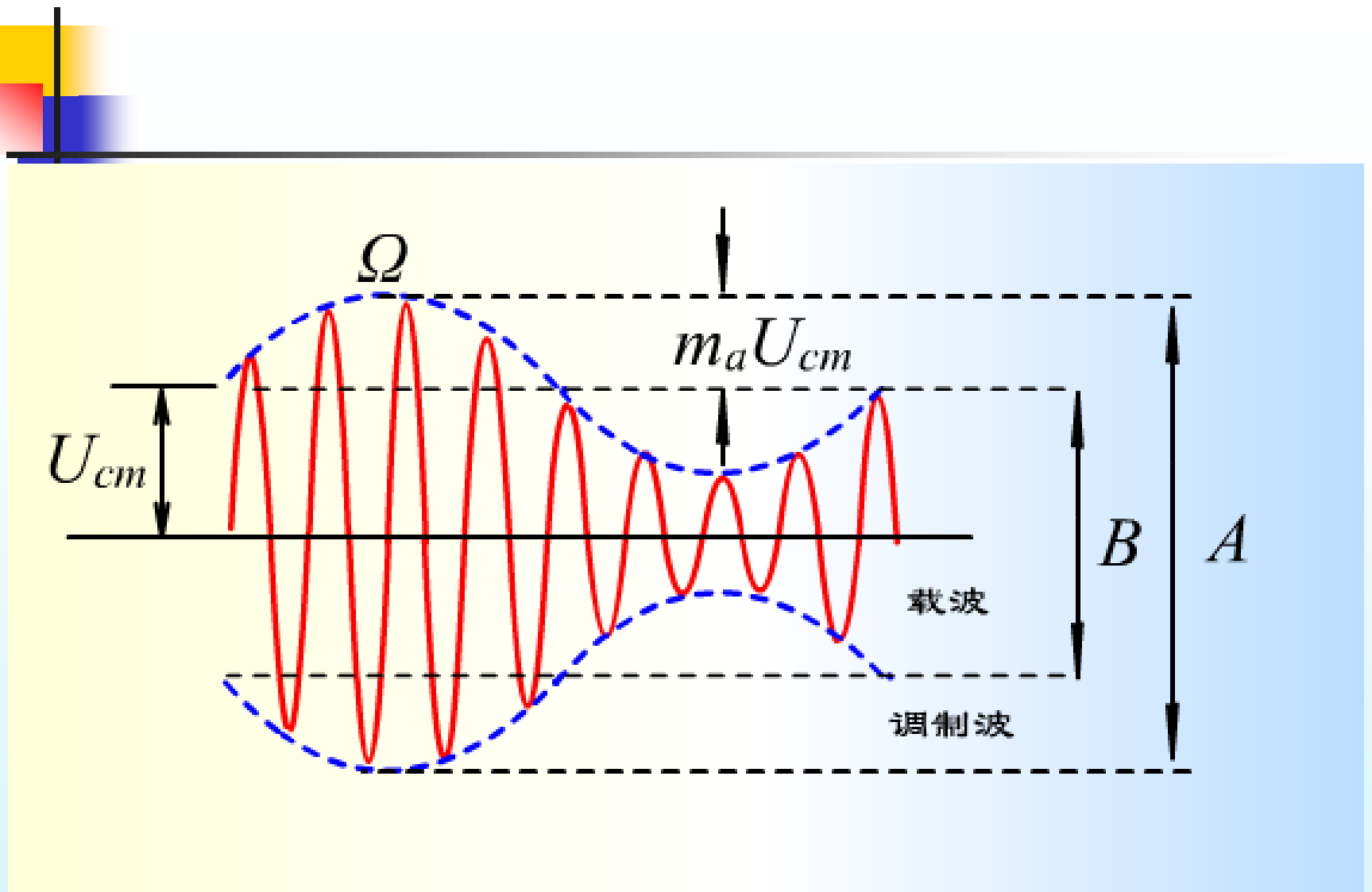


图5-1 调幅波的波形



# 1. 调幅波的表达式、波形

调制信号:

$$u_{\Omega}(t) = U_{\Omega m} \cos \Omega t = U_{\Omega m} \cos 2\pi F t$$

载波信号:

$$u_c(t) = U_{cm} \cos \omega_c t = U_{cm} \cos 2\pi f_c t$$

调幅波的振幅为

$$\begin{aligned} U_{AM}(t) &= U_{cm} + k_a U_{\Omega m} \cos \Omega t \\ &= U_{cm} \left( 1 + k_a \frac{U_{\Omega m}}{U_{cm}} \cos \Omega t \right) \\ &= U_{cm} (1 + m_a \cos \Omega t) \end{aligned}$$



调幅波为

$$\begin{aligned} u_{\text{AM}}(t) &= U_{\text{AM}}(t) \cos \omega_c t \\ &= U_{\text{cm}} (1 + m_a \cos \Omega t) \cos \omega_c t \end{aligned}$$

$$m_a = k_a \frac{U_{\Omega m}}{U_{\text{cm}}}$$

调幅系数或调幅度

表示载波振幅受调制信号控制的程度

$m_a \uparrow$ , 调幅波幅度变化 $\uparrow$ ,  $m_a \leq 1$

若 $m_a > 1$ 幅波产生失真, 这种情况称为过调幅



## 2. 调幅波的频谱

### 单音频调制信号

$$u_{\text{AM}} = U_{\text{cm}} \cos \omega_c t + \frac{1}{2} m_a U_{\text{cm}} \cos(\omega_c + \Omega)t + \frac{1}{2} m_a U_{\text{cm}} \cos(\omega_c - \Omega)t$$

由三个高频分量组成：

角频率为  $\omega_c$  的载波

$\omega_c + \Omega$  称为上边频分量；

$\omega_c - \Omega$  称为下边频分量。





## 1) 三个高频分量的振幅

---

载波频率分量的振幅仍为 $U_{\text{cm}}$ ，而两个边频分量的振幅为  $1/2 m_a U_{\text{cm}}$

因 $m_a$ 的最大值只能等于1，故边频振幅的最大值不能超过 $1/2 U_{\text{cm}}$ 。

## 2) 频谱图

调幅波的每一个正弦分量用一个线段表示，线段的长度代表其幅度，线段在横轴上的位置代表其频率。

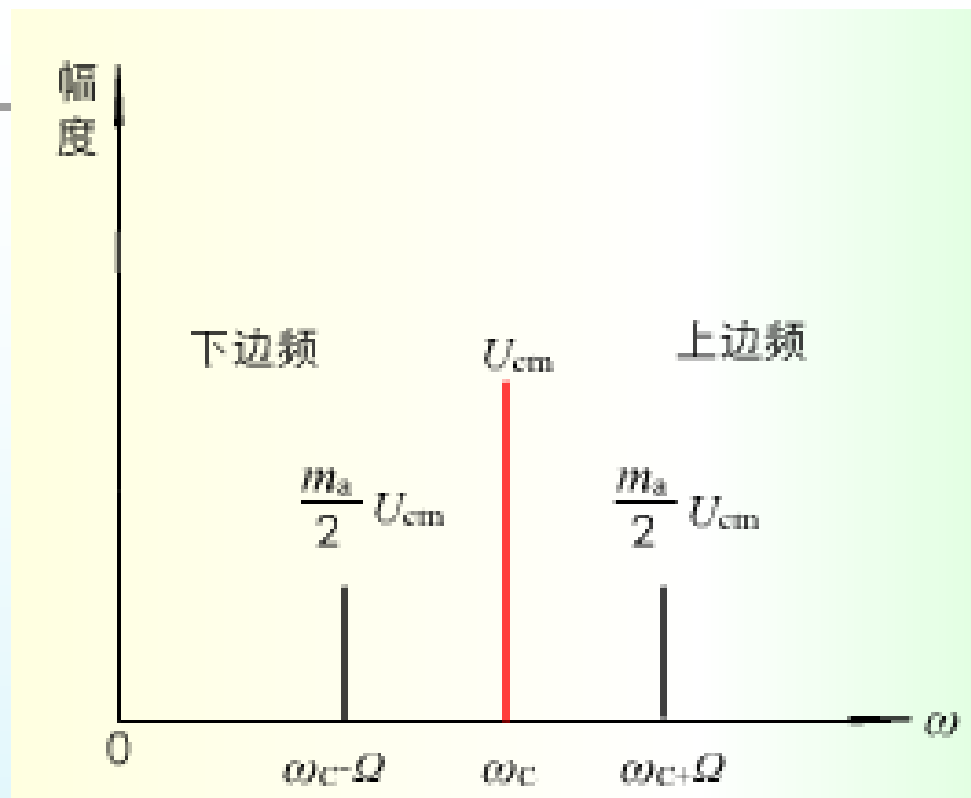


图5-2普通调幅波的频谱图

调幅的过程就是在频谱上将低频调制信号搬移到高频载波分量两侧的过程。



### 3) 频带宽度

在单频调制时，其调幅波的频带宽度为调制信号频谱的两倍，即  $B=2F$ 。

多频调制时，调幅波方程为：

$$u = U_{\text{cm}} (1 + m_{a1} \cos \Omega_1 t + m_{a2} \cos \Omega_2 t + \cdots) \cos \omega_c t$$

相应地，其调幅波含有一个载频分量及一系列的高低边频分量等。总的频带宽度为最高调制频率的两倍，即  $B=2F_{\text{max}}$ 。

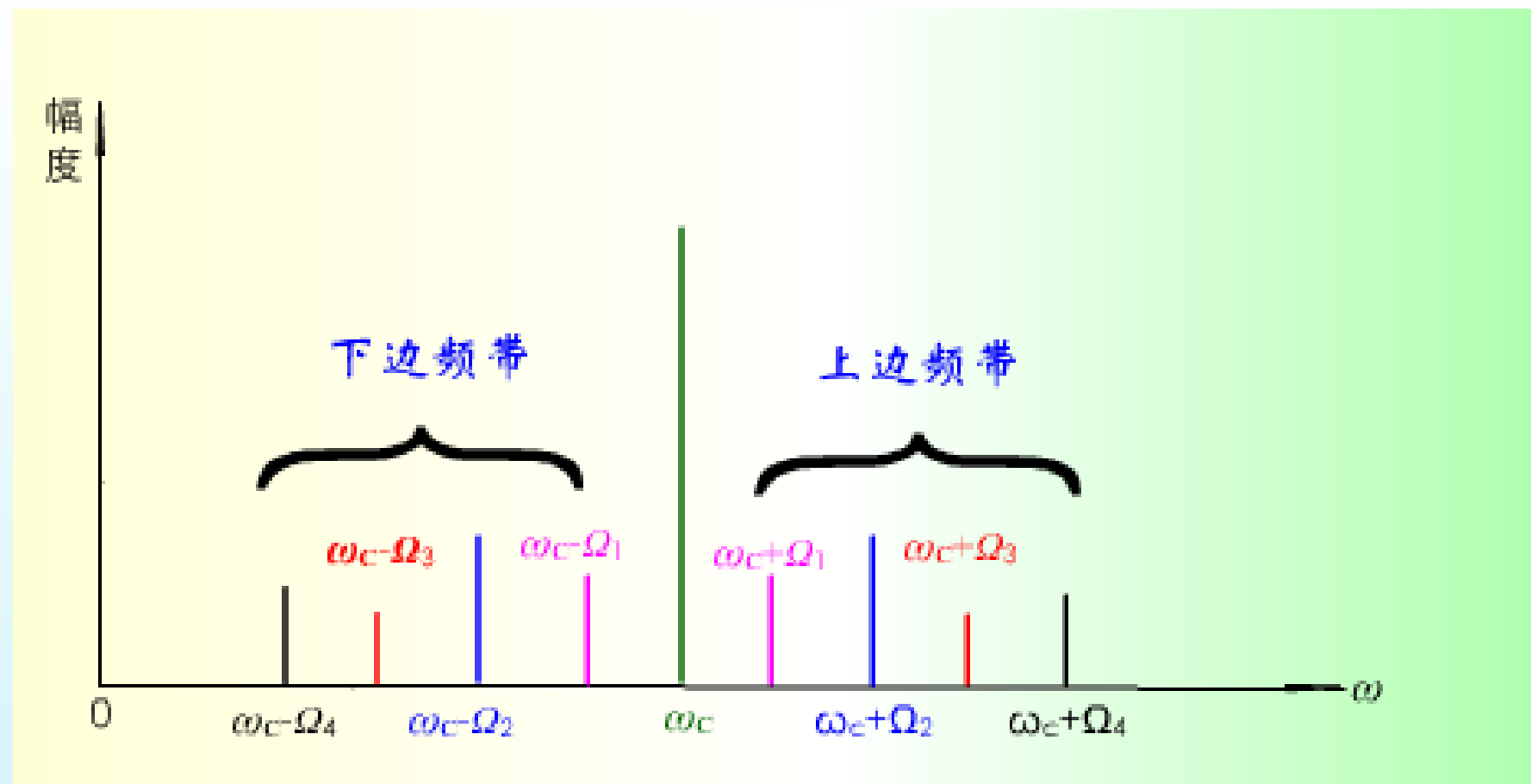
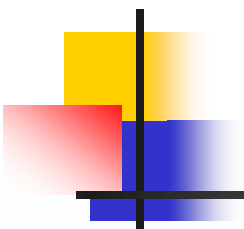


图5-3 多频调制调幅波的频谱图



## ■ 结论：

调制后调制信号的频谱被线性地搬移到载频的两边，成为调幅波的上、下边带。

调幅的过程实质上是一种频谱搬移的过程。

### 3. 调幅波的功率

载波分量功率:

$$P_c = \frac{1}{2} \frac{U_{cm}^2}{R_L}$$

上边频分量功率:

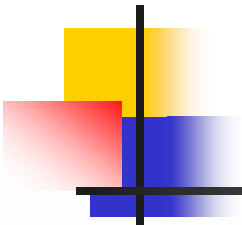
$$P_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{m_a}{2} U_{cm} \right)^2 \frac{1}{R_L} = \frac{1}{8} \frac{m_a^2 U_{cm}^2}{R_L} = \frac{1}{4} m_a^2 P_c$$

下边频分量功率:

$$P_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{m_a}{2} U_{cm} \right)^2 \frac{1}{R_L} = \frac{1}{8} \frac{m_a^2 U_{cm}^2}{R_L} = \frac{1}{4} m_a^2 P_c$$

因此, 调幅波在调制信号的一个周期内给出的平均功率为

$$P = P_c + P_1 + P_2 = \left( 1 + \frac{m_a^2}{2} \right) P_c$$



边频功率随  $m_a$  的增大而增加；当  $m_a = 1$  时，边频功率为最大，即  $P = 3/2P_c$ ，这时上、下边频功率之和只有载波功率的一半，这也就是说，用这种调制方式，发送端发送的功率被不携带信息的载波占去了很大的比例，显然，这是很不经济的。但由于这种调制设备简单，特别是解调更简单，便于接收，所以它仍在某些领域广泛应用。



## 二、抑制载波双边带调幅 *DSB/SC-AM*

$$\begin{aligned} u_{\text{DSB}} &= Au_{\Omega}u_c = AU_{\Omega_m} \cos \Omega t U_{\text{cm}} \cos \omega_c t \\ &= \frac{1}{2} AU_{\Omega_m} U_{\text{cm}} [\cos(\omega_c + \Omega)t + \cos(\omega_c - \Omega)t] \end{aligned}$$



# 1. *DSB/SC-AM* 调幅波频谱与波形图

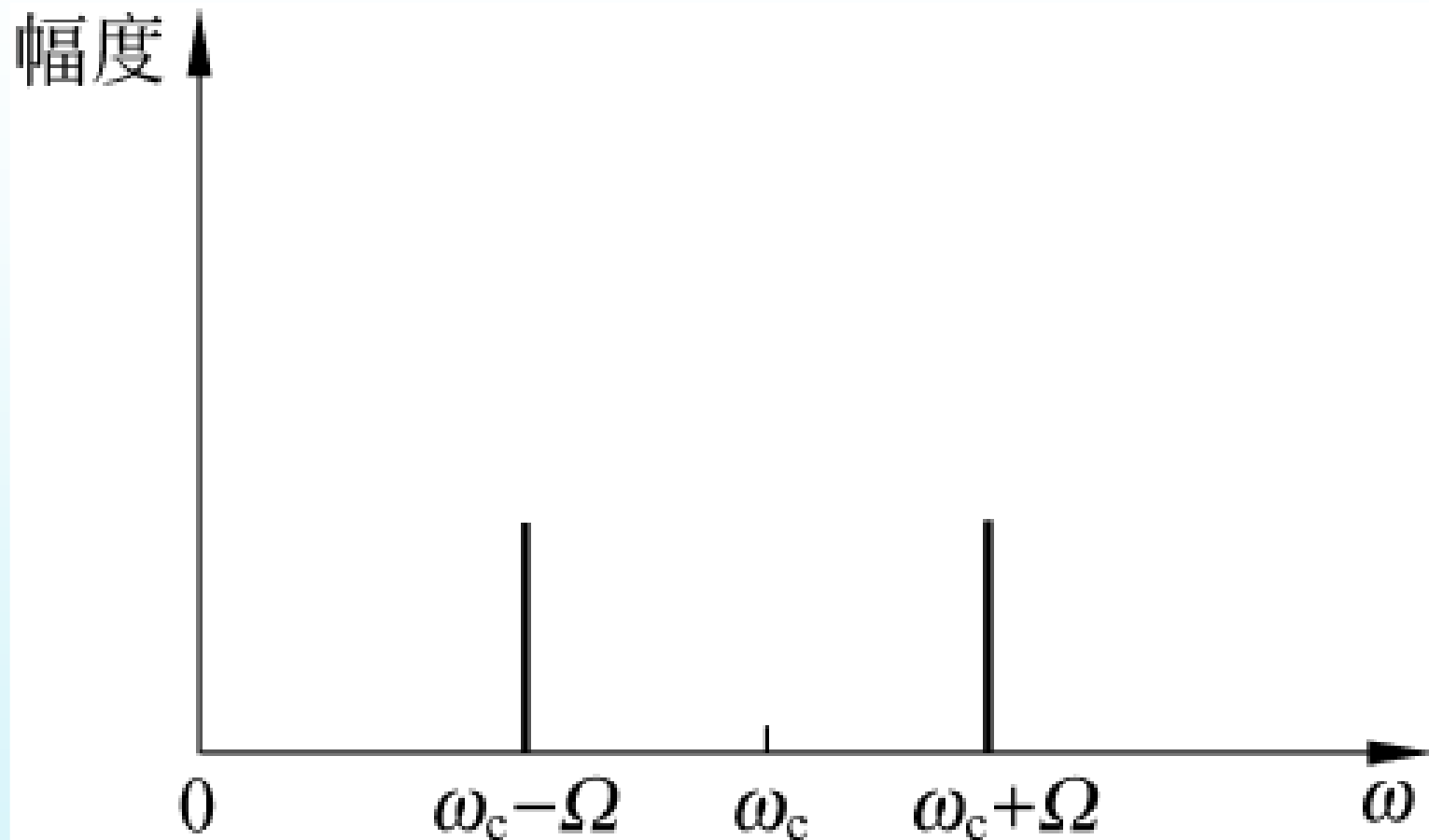


图5-5 *DSB/SC-AM*的频谱图

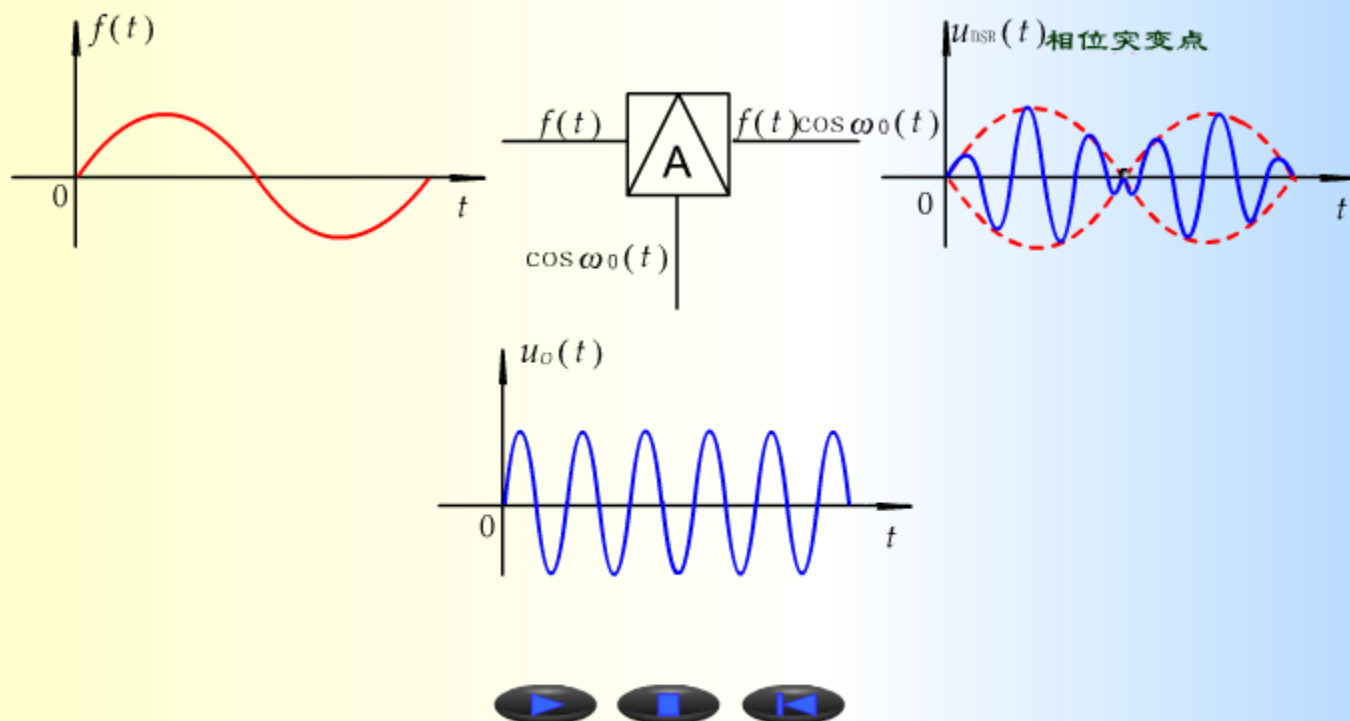


图5-4 抑制载波双边带调幅 (DSB/sc-AM)

YHZ/XEH

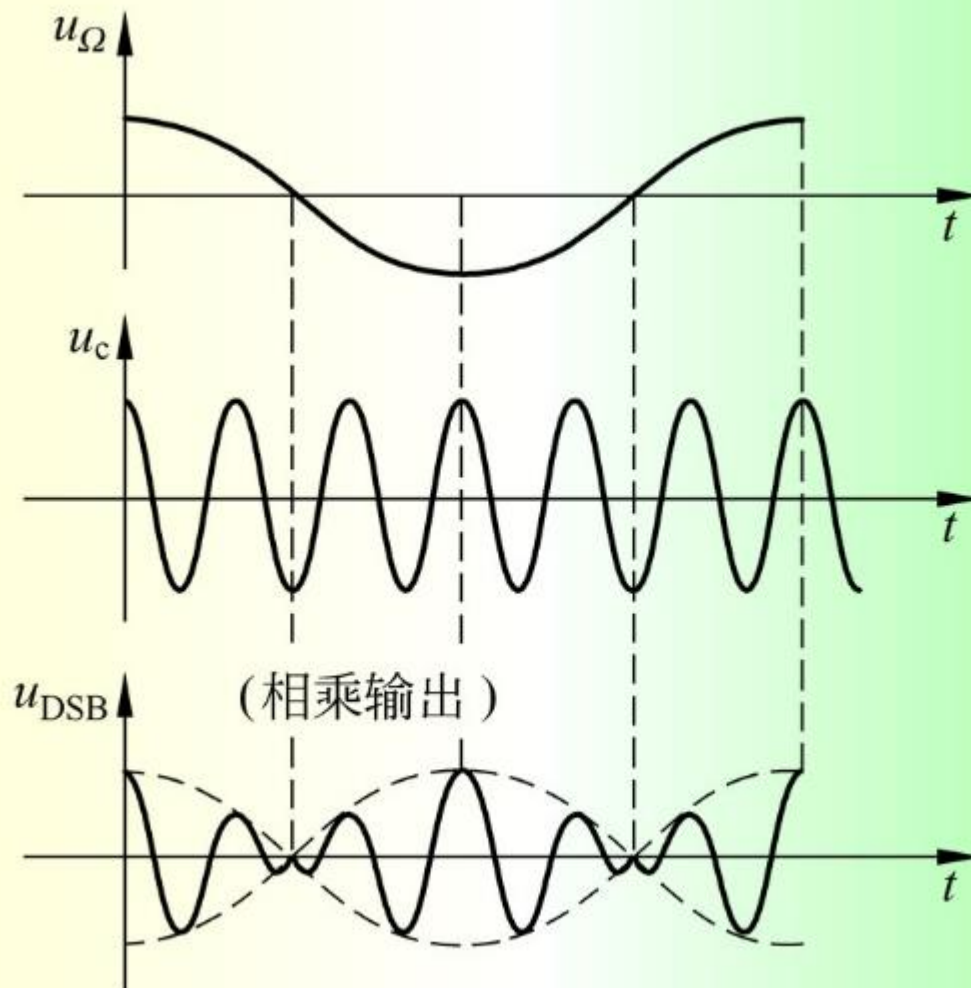


图5-5 *DSB/SC-AM*的波形图



## 2.DSB/SC-AM 的特点

- 1) **DSB/SC-AM** 信号的幅值仍随调制信号而变化，但与普通调幅波不同，**DSB/SC-AM 的包络不再反映调制信号的形状，仍保持调幅波频谱搬移的特征。**
- 2) 在调制信号的正负半周，载波的相位反相，即高频振荡的相位在  $f(t)=0$  瞬间**有 $180^\circ$ 的突变。**
- 3) 信号仍集中在载频  $\omega_c$  附近，所占频带为  **$B_{\text{DSB}}=2F_{\text{max}}$**



双边带调幅波的包络已不再反映调制信号的变化规律。

由于调制抑制了载波，输出功率是有用信号，它比普通调幅经济。但在频带利用率上没有什么改进。为进一步节省发送功率，减小频带宽度，提高频带利用率，下面介绍单边传输方式。



### 三、抑制载波单边带调幅SSB/SC-AM

由  $u_{\text{DSB}} = Au_{\Omega}u_c = AU_{\Omega\text{m}} \cos \Omega t U_{\text{cm}} \cos \omega_c t$

通过边带滤波器后，可得上边带或下边带：

下边带信号

$$u_{\text{SSBL}} = \frac{1}{2} AU_{\Omega\text{m}} U_{\text{cm}} \cos(\omega_c - \Omega)t$$

上边带信号

$$u_{\text{SSBH}} = \frac{1}{2} AU_{\Omega\text{m}} U_{\text{cm}} \cos(\omega_c + \Omega)t$$

# 单边带调幅的数学模型

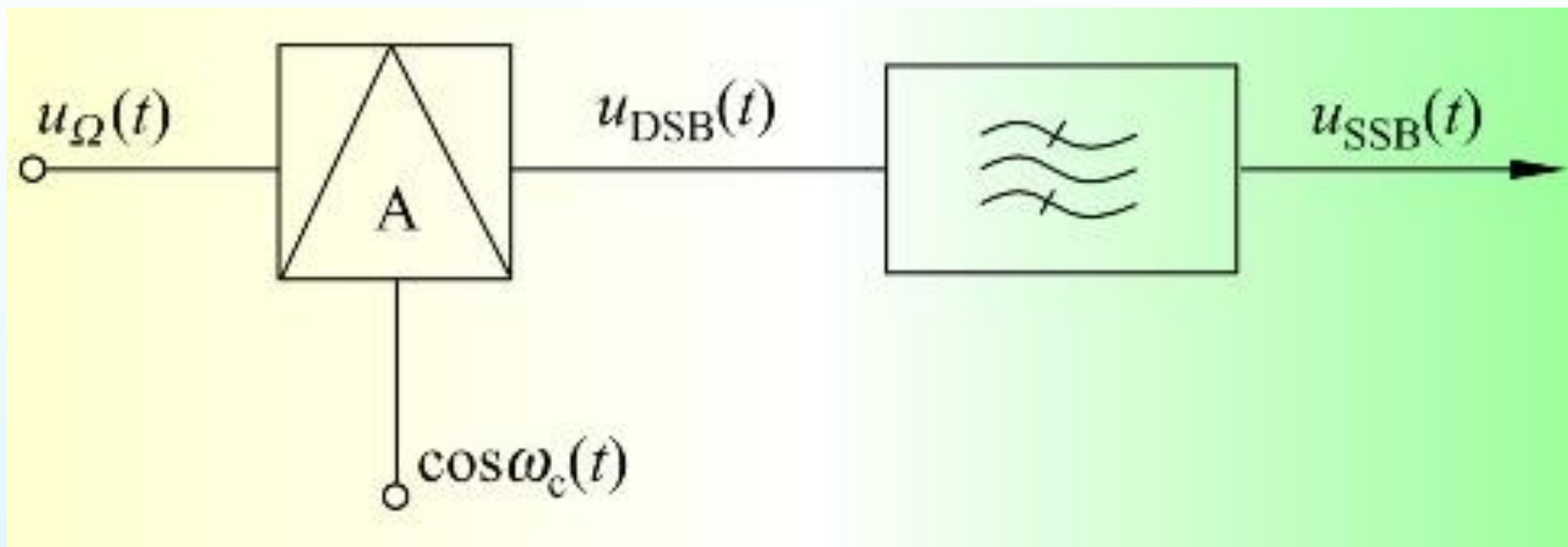


图5-6 实现单边带调幅信号的数学模型



## 5.3 调幅波产生原理的理论分析

该节相关内容插在5.5及5.6节中，例如：

- 5.5中，小信号平方律检波用幂级数分析法；
- 5.6中，大信号调幅的数学分析用开关函数近似分析法。



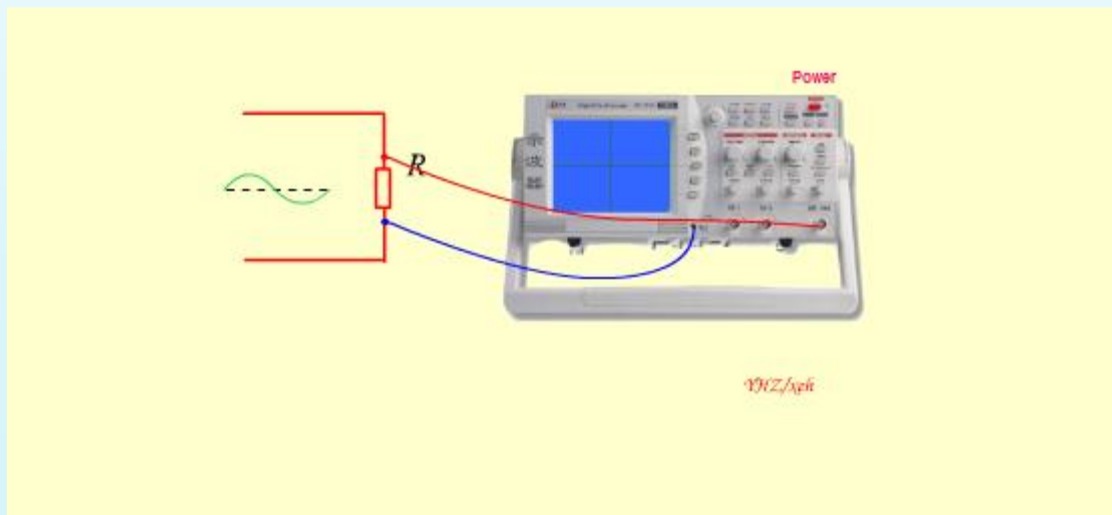


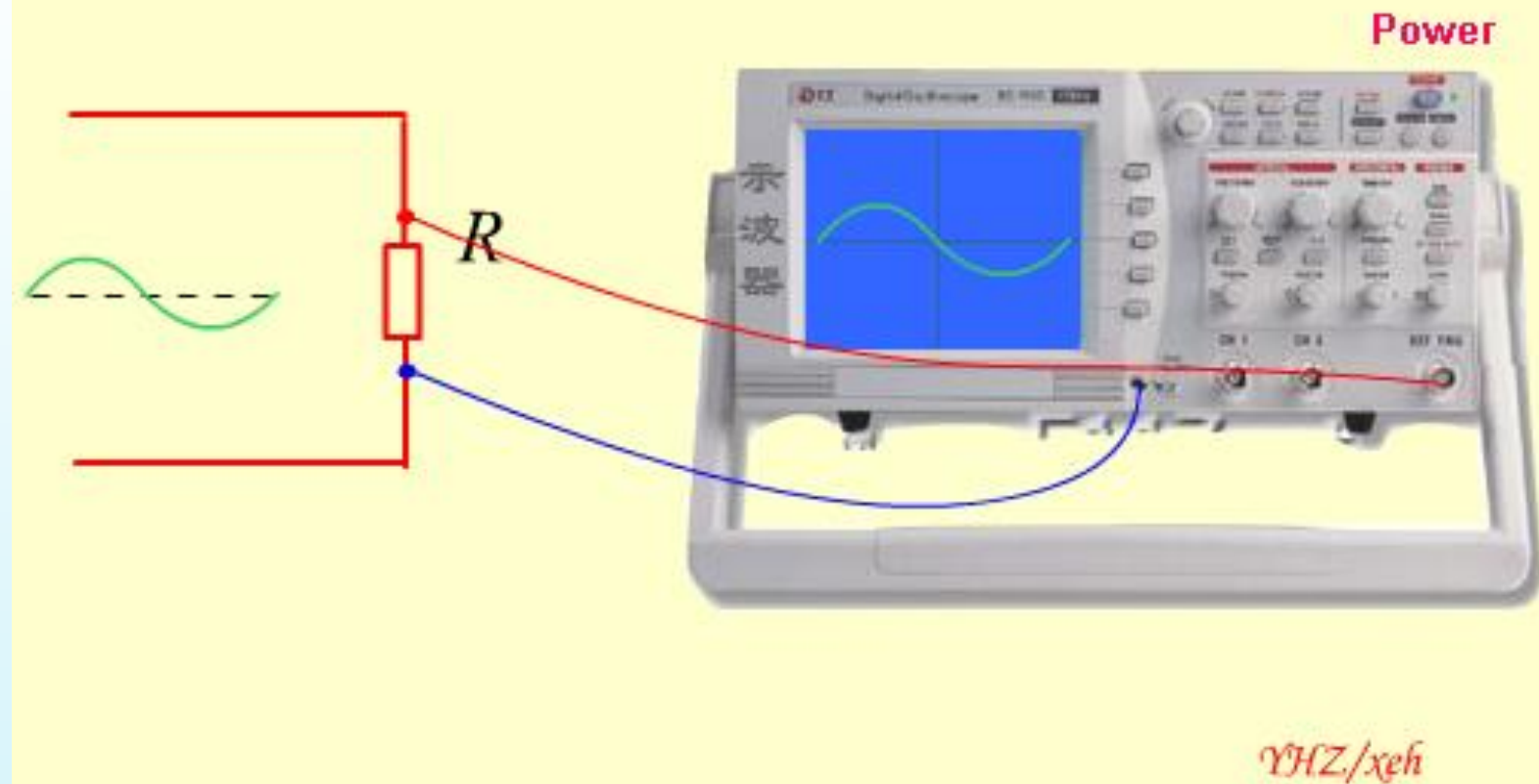
## 5.4 普通调幅波的产生电路

### 一、引言

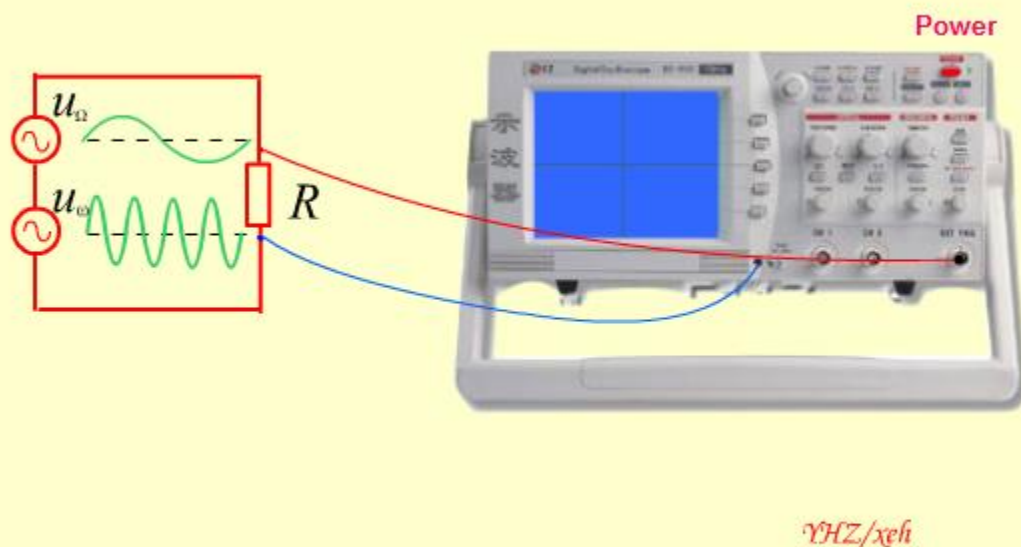
叠加波=调幅波？  $u_c, u_\Omega$  必须通过非线性器件  
提出两个思考题。

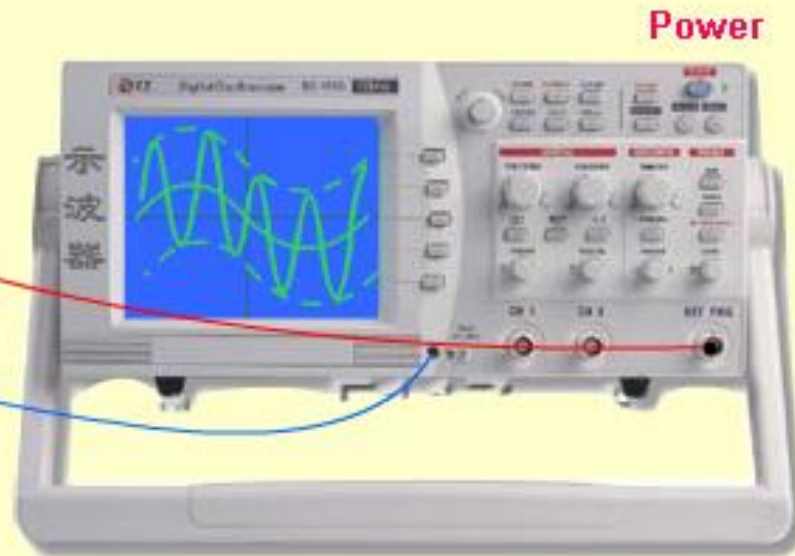
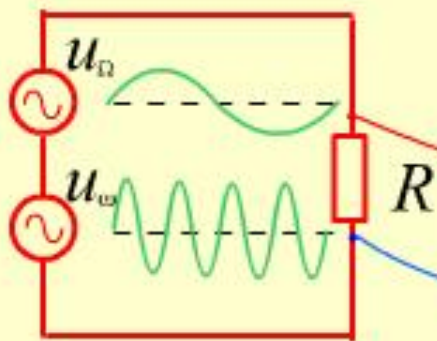
1) 若在电阻 $R$ 两端加入一个正弦波信号，此时在示波器观察 $R$ 两端的波形应该是一个什么波形？





2) 若在电阻 $R$ 两端加入一个调制信号和一个载波电压，此时在示波器观察两端的波形是什么波形呢？





VHZ/xef

看到的是一个叠加波。叠加波 $\neq$ 调幅波，要得到调幅波， $u_{\Omega}$ 、 $u_c$  必须通过非线性器件。



1. 叠加波=调幅波？ $u_{\Omega}$ ， $u_c$ 必须通过非线性器件。

2. 调幅的方法

1) 二、三极管

2) 大、小信号

3) 高、低电平

4)  $u_{\Omega}$ 从哪个极加入（基极、集电极、发射极调幅）

3. 实现调幅的方框图

4. 数学分析法

- 大信号——折线近似法

- 小信号——幂级数分析法

按功率电平的高低分为：高电平和低电平调幅电路

- 高电平调幅电路（用于发射机的最后一级）
- 低电平调幅电路（用于发射机的前级）

(1) 低电平调幅电路

特点：电路简单，输出功率小

一般用模拟相乘器产生。

(2) 高电平调幅电路

特点：输出功率大，可提高整机效率。

一般以调谐功率放大器为基础。即为输出电压幅度受调制信号控制的调谐功率放大器。

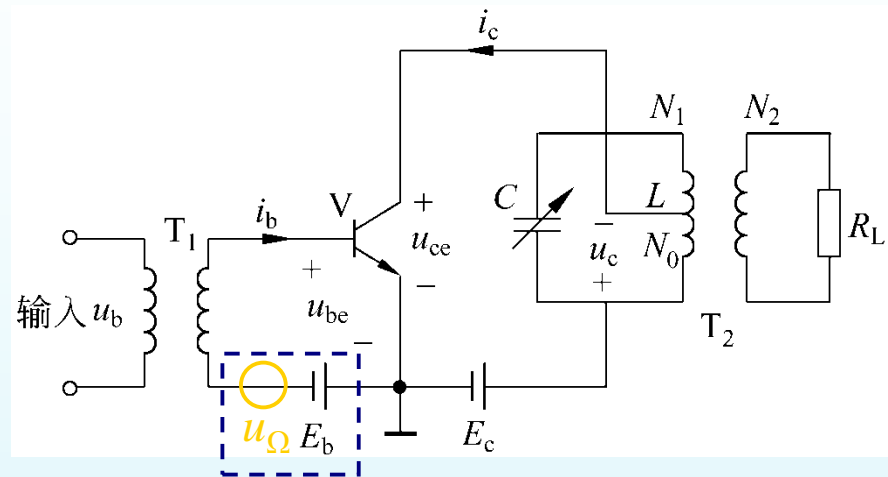
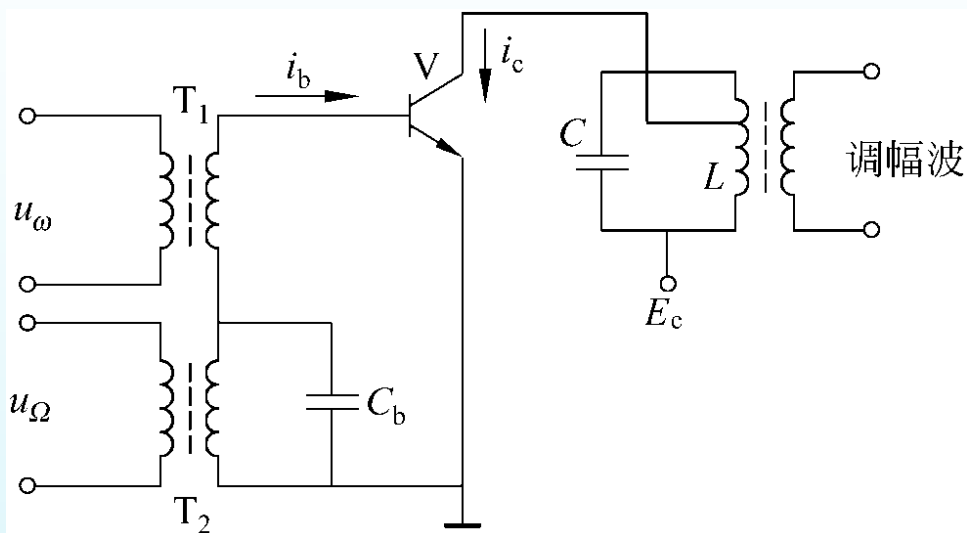
分为：

基极调幅

集电极调幅

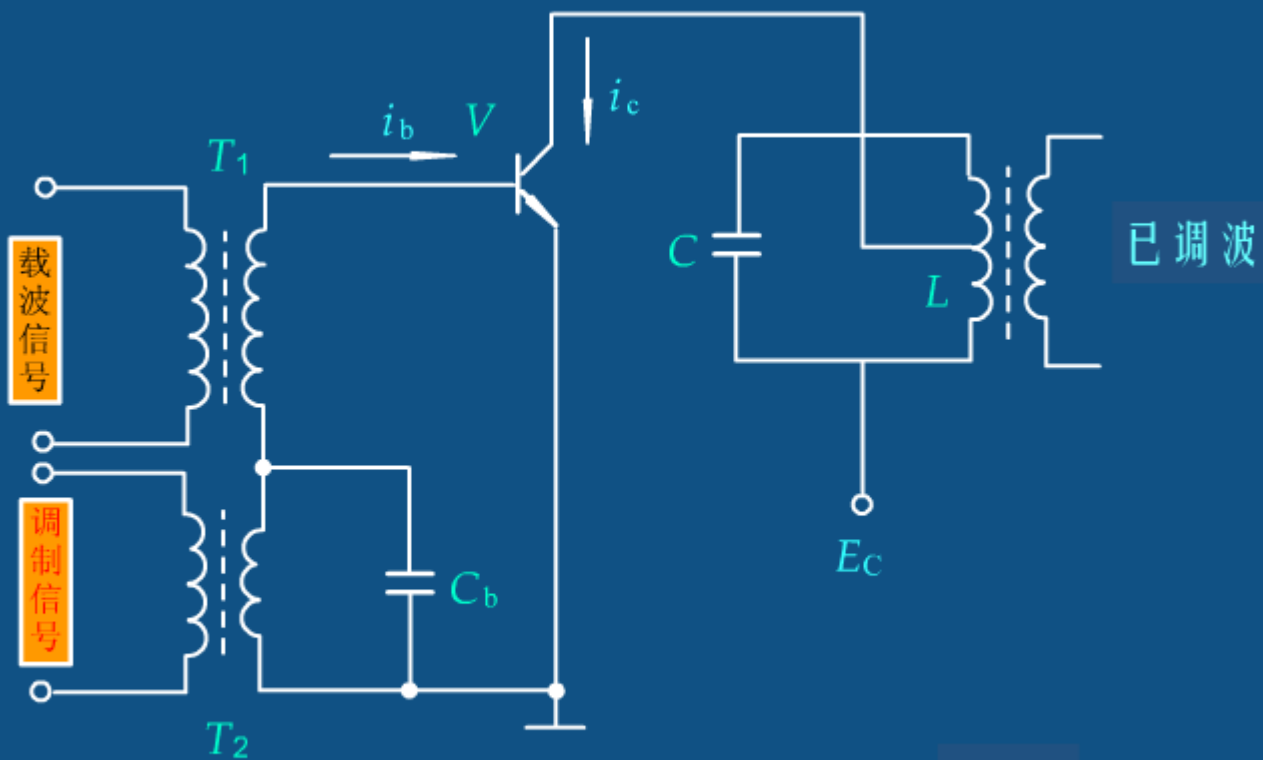
## 二、大信号基极调幅电路

### 1. 电路



### 2. 基本工作原理

思路：——  $u_\Omega$  相当于一个缓慢变化的偏压，使  $i_{c\max}$  按调制信号的大小而变化，从而引起基波电流振幅  $I_{c1m}$  的变化，最后使得输出回路两端电压也跟随  $u_\Omega$  变化。



整观

基极调制电路

CHZ/XEM



- 
- 偏压往正向↑时,  $i_{\text{cmax}}$  和  $\theta$  增大;

使

$$I_{\text{c1m}} \uparrow = \alpha_1 I_{\text{cmax}}$$

$$I_{\text{c1m}} \uparrow \text{ --- } U_{\text{cm}} \uparrow (U_{\text{cm}} = I_{\text{c1m}} R_{\text{c}})$$

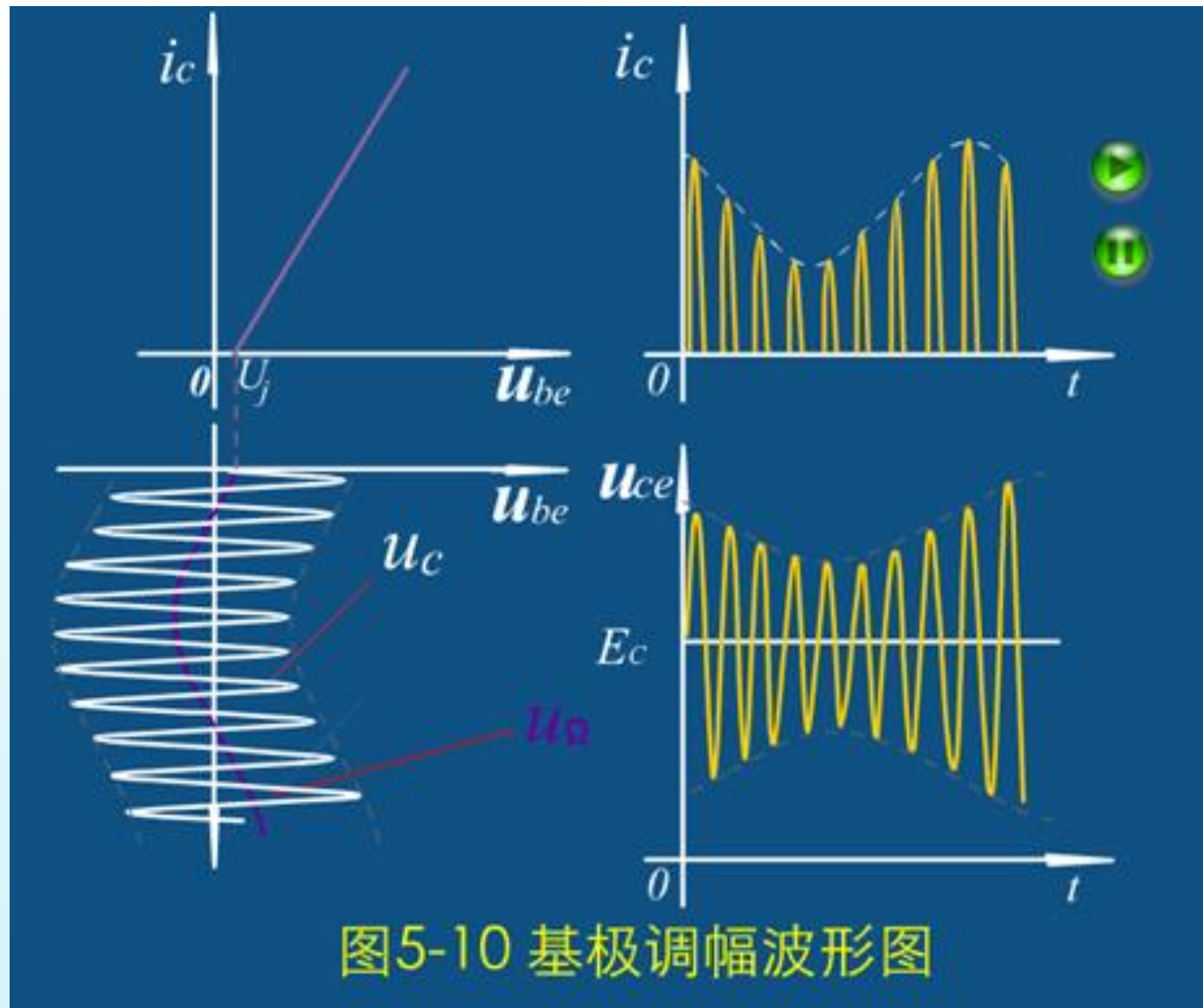
- 偏压往反向↑时,  $i_{\text{cmax}}$  和  $\theta$  减少,

使

$$I_{\text{c1m}} \downarrow \text{ --- } U_{\text{cm}} \downarrow$$

故输出电压幅值正好反映调制信号的波形。

# 基极调幅波形图



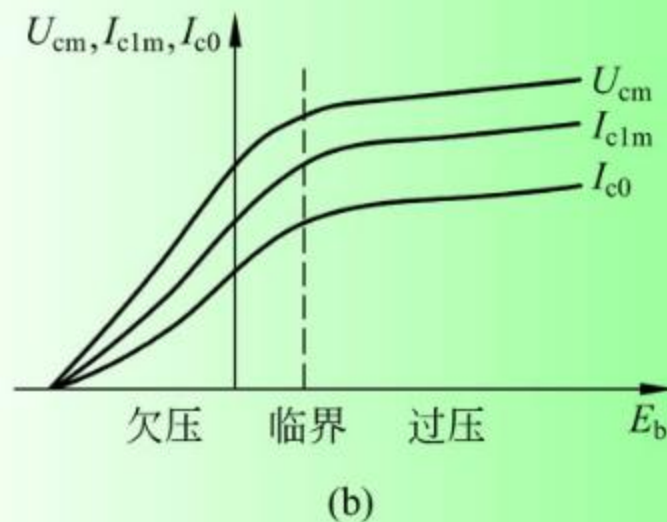
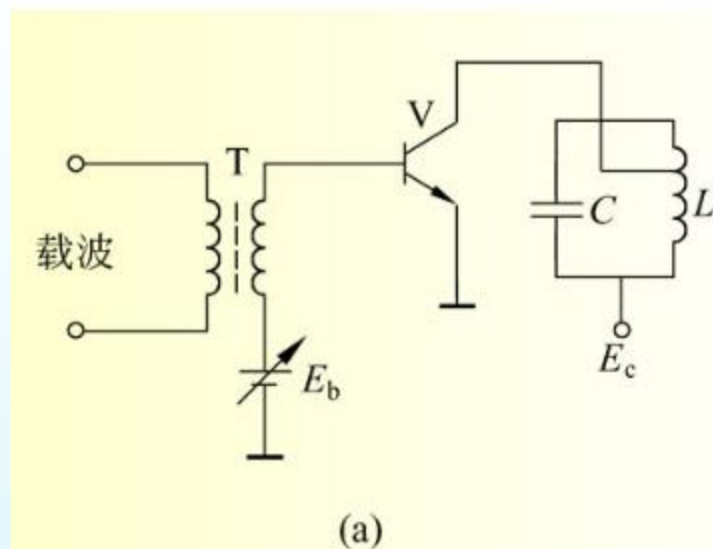


图5-11 基极调幅调制特性测试和调制特性曲线

线性段很小，只在 $m_a$ 很小时可得到较好的线性调制。



### 3.设计要求

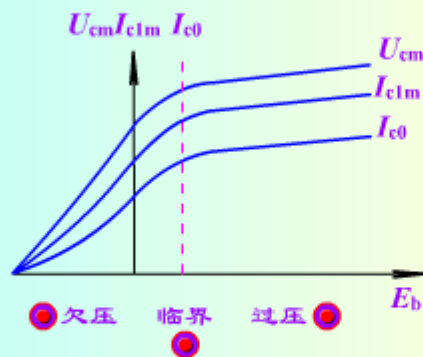
---

- 1) 关于放大器的工作状态。
- 2) 放大器的最佳集电极负载电阻
- 3) 晶体管的选择
- 4) 对激励的要求
- 5) 对调幅放大器的要求
- 6) 基极调幅波的失真波形

# 1) 关于放大器的工作状态

## 放大器应工作于欠压状态

为保证放大器工作在欠压状态，设计时应使放大器最大工作点（调幅波幅值最大处叫最大工作点或调幅波波峰；反之，调幅波幅值最小处叫最小工作点或调幅波波谷）刚刚处于临界状态。



基极调制特性



设调幅系数  $m_a = 1$ ，则

最大工作点，电压幅值为  $(U_{cm})_{\max} = E_c - U_{ces}$

载波状态电压幅值为

$$(U_{cm})_c = 1/2 (U_{cm})_{\max} = 1/2 (E_c - U_{ces})$$

2) 放大器的最佳集电极负载电阻

$$R_{cp} = \frac{1}{8} \frac{(E_c - U_{ces})^2}{(P_o)_c}$$

### 3) 晶体管的选择

放大器的工作情况在调制过程中是变化的，应根据最不利情况选选择晶体管。

电流脉冲和槽路电压都是在最大工作点处最大，故

$$I_{CM} \geq (I_{cmax})_{max} \quad BV_{ceo} \geq 2E_c$$

$$P_{CM} \geq (P_C)_c$$

(1)  $(P_C)_c$  ——载波状态下的管耗。

(2) 在载波状态下，放大器工作于欠压状态，其电压利用系数和集电极效率低，管耗很大，所以管子的功率容量应按载波状态选取。



### (3)分析

---

由  $P_C = P_S - P_o$  可得

$$(P_C)_{av} = (P_S)_{av} - (P_o)_{av}$$

$$(P_C)_c = (P_S)_c - (P_o)_c$$

而  $(P_o)_{av} = (P_o)_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)$

因为  $(P_S)_c = (P_S)_{av}$

所以  $P_{CM} \geq (P_C)_c$



## 4) 对激励的要求

一般激励电压幅度是不变的，但由于基流脉冲大小是随调制信号改变的，所以所需功率也在变。激励电压可按调谐功率放大器的方法进行初步估算。但在调整时，应以达到在载波状态下的槽路电压为准。

关于激励功率。因为最大工作点处的基流脉冲最大，所以应根据该处的基流幅值  $(I_{b1m})_{\max}$  确定激励功率，即

$$P_{\omega} = \frac{1}{2} U_{\omega m} (I_{b1m})_{\max}$$



## 5) 对调幅放大器的要求

主要是确定调制电压和调制功率的大小，以及变压器的等效负载电阻，以满足匹配之需要。

调制电压  $U_{\Omega m}$  大，则调制度加深，但过大则出现过调失真。在正常情况下，为不造成过调，让  $U_{\Omega m}$  与  $U_{\omega m}$  大小配合好。



(1) 电压:  $U_{\omega m} - U_{\Omega m} > U_j$

(2) 电流:

在  $m_a = 1$  的情况下, 调制电流的幅值近似等于载波状态的直流分量, 即  $I_{\Omega m} \approx (I_{b0})_c$

(3) 调制功率:

$$P_{\Omega} = \frac{1}{2} U_{\Omega m} I_{\Omega m}$$

(4) 等效负载电阻:

$$R_{\Omega} = \frac{U_{\Omega m}}{I_{\Omega m}}$$



由上述可见：

基极调幅电路的**优点是**

- (1) 所需调制信号功率很小（由于基极调幅电路基极电流小，消耗功率也小）；
- (2) 调制信号的放大电路比较简单。

**缺点是**因其工作在欠压状态，集电极效率低。



## 6) 基极调幅波的失真波形

失真现象有两种：一种是波谷变平；一种是波腹变平。

## 产生波谷变平的原因

由于过调或激励电压过小，造成管子在波谷处截止所致。因此，减少反偏压的大小或加大激励电压的值都可改善过调，但加大激励以不引起波谷失真为原则。

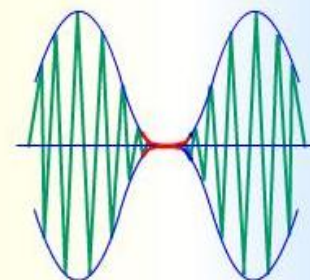
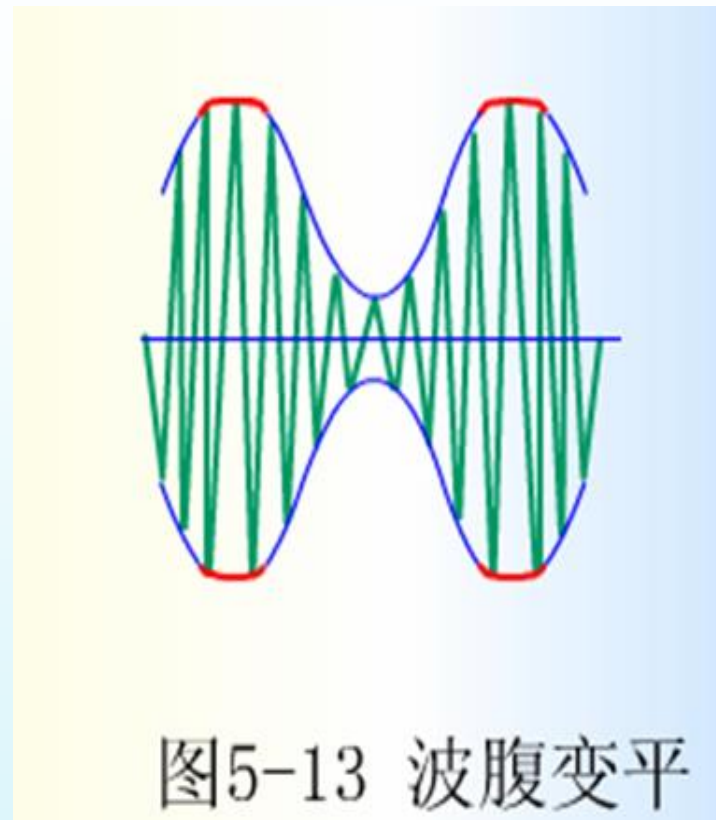


图5-12 波谷变平

## 产生波腹变平的原因

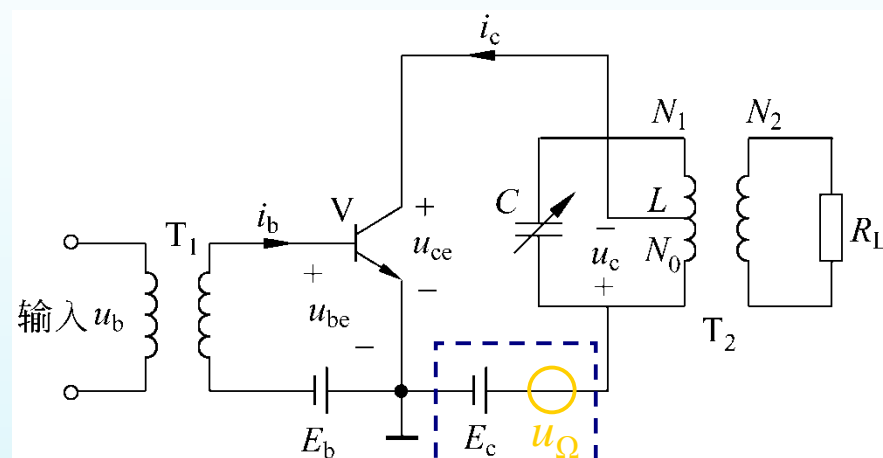
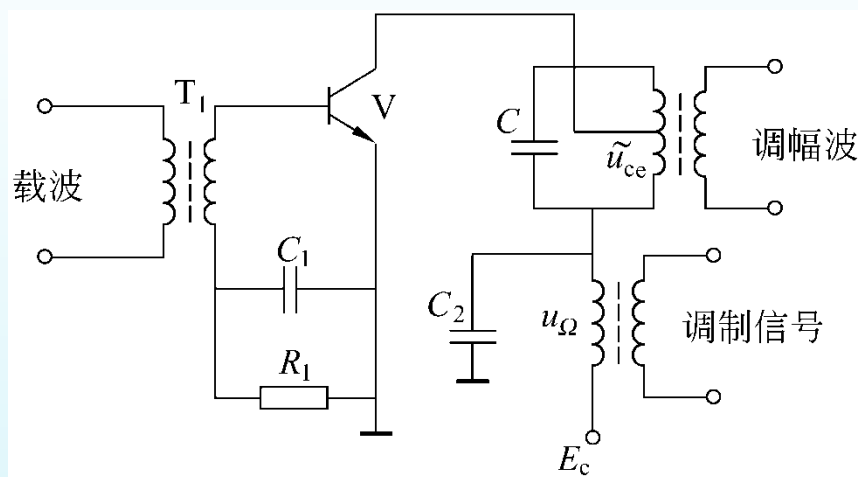
- (1) 放大器工作在过压状态。(造成过压原因——激励过强或阻抗匹配不当。)
- (2) 激励功率不够或激励信号源内阻过大，造成波腹处的基流脉冲增长不上去。
- (3) 管子在大电流下输出特性不好，造成波腹处集电极电流脉冲增长不上去。

此外，假如调谐电路失谐，也可造成调幅波包络失真。



# 三、集电极调幅电路

## 1. 电路



电路特点：1)  $E_{cc}=E_c+u_{\Omega}$ ，综合电源电压；2)  $R_1$ 、 $C_1$  是基极自给偏压环节。



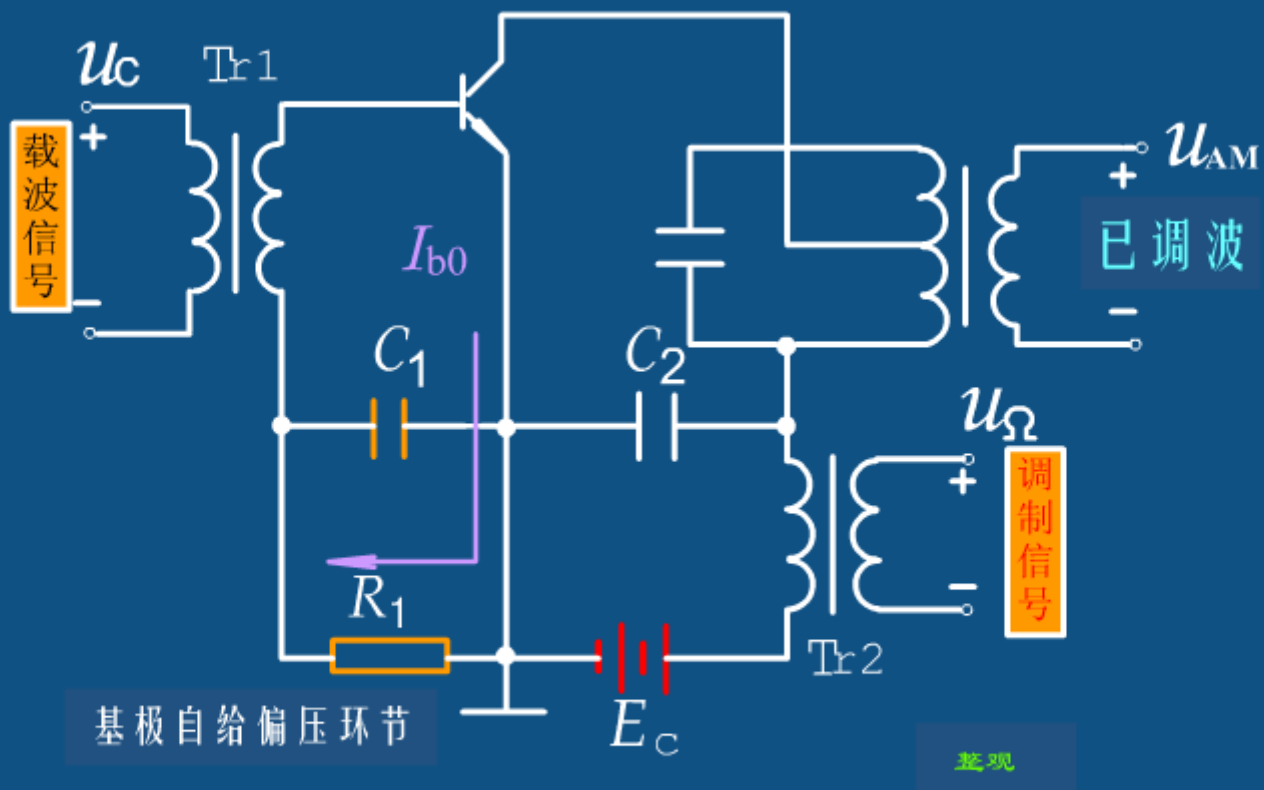


图5-14 集电极调制电路

2023/10/11



## 1. 电路特点

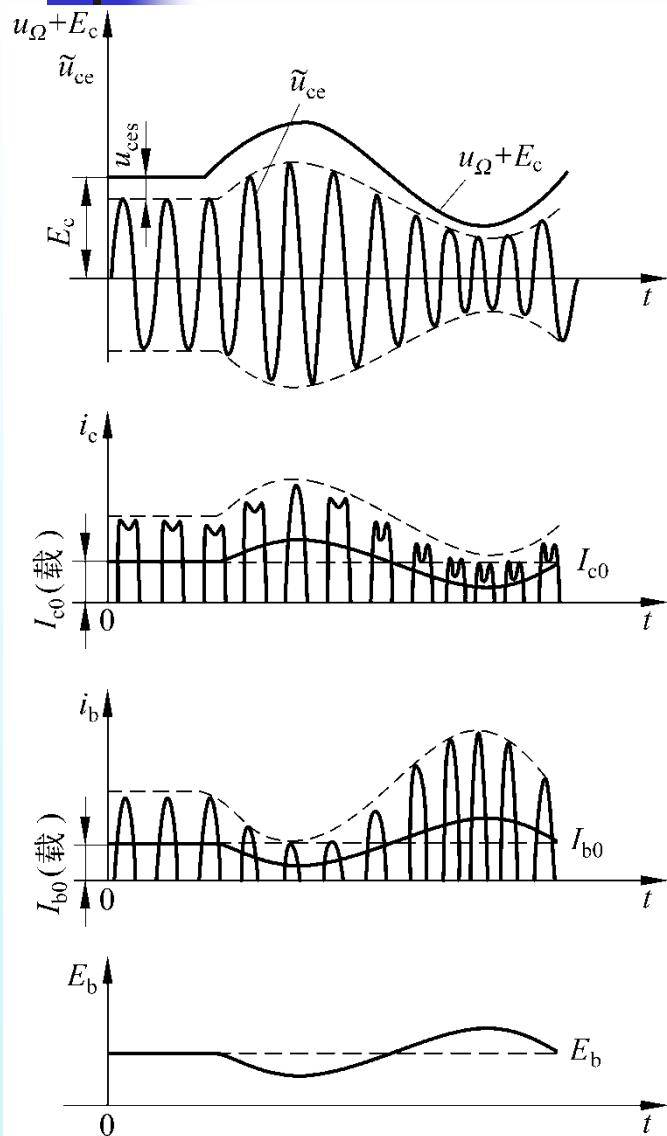
1) 高频载波信号  $u_{\omega}$  仍从基极加入，而调制信号  $u_{\Omega}$  加在集电极。调制信号与  $E_c$  串接在一起，故可将二者合在一起看作一个缓慢变化的综合电源  $E_{cc}$ 。

$$E_{cc} = E_c + u_{\Omega}$$

所以，集电极调制电路就是一个具有缓慢变化电源的调谐放大器。

2)  $R_1C_1$  是基极自给偏压环节。

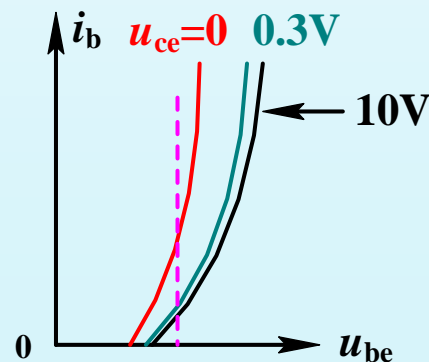
## 2. 基本工作原理



①由于放大器在载波状态即工作在过压状态， $i_c$ 脉冲中心下凹。

$E_{cc}$ 愈小，过压愈深，脉冲下凹愈甚。一般是当 $E_{cc}$ 最大时，将放大器调整到临界状态， $i_c$ 脉冲不下凹。

② $i_b$ 的幅值变化规律与 $i_c$ 相反，过压愈深，输入特性曲线左移愈多， $i_b$ 脉冲愈大。





3) 图5-15 (c) 表示  $i_b$  脉冲的波形。

它的幅值变化规律刚好与  $i_c$  相反，过压愈深，输入特性曲线左移愈多， $i_b$  脉冲愈大

4) 图5-15 (d) 绘出了  $E_b$  的波形。它与  $I_{b0}$  的波形是一致的。

集电极调幅的调制特性虽比基极调幅好，但也并不理想，即在  $E_{cc}$  较低时，晶体管进入严重过压状态， $I_{c1m}$  随  $E_{cc}$  的下降很快。

而当  $E_{cc}$  很大时，晶体管进入欠压状态， $I_{c1m}$  随  $E_{cc}$  的增大变化缓慢，从而使调幅产生失真。



## 如何改善调制特性？

为了进一步改善调制特性，可在电路中引入补偿措施，补偿的原则是在调制过程中，随着综合电源电压变化，输入激励电压也作相应的变化。

例如：综合电源电压降低时，激励电压幅度也随之减小，调幅器不进入强过压区，而当电源电压提高时，激励电压也随之增大，调幅器也不进入欠压区，始终保持在弱过压——临界状态。这样不但改善了调制特性，而且还保持较高的效率。实现的方法有以下几种：



## 方法1—— 采用基极自给偏压

由图（c）知道， $I_{b0}$  随调制信号而变，它造成的自给偏压（ $I_{b0} R_1$ ）也相应地变化。

当 $E_{cc}$ 降低时，过压深度增大， $I_{b0}$ 增大，反偏压也增大，相当于激励电压变小，从而使过压深度减轻。

当 $E_{cc}$ 提高时，则情况相反，放大器也不会进入欠压区工作。因此，采用基极自给偏压在一定程度上改善了放大器的调制特性。

## 方法2——采用双重集电极调幅

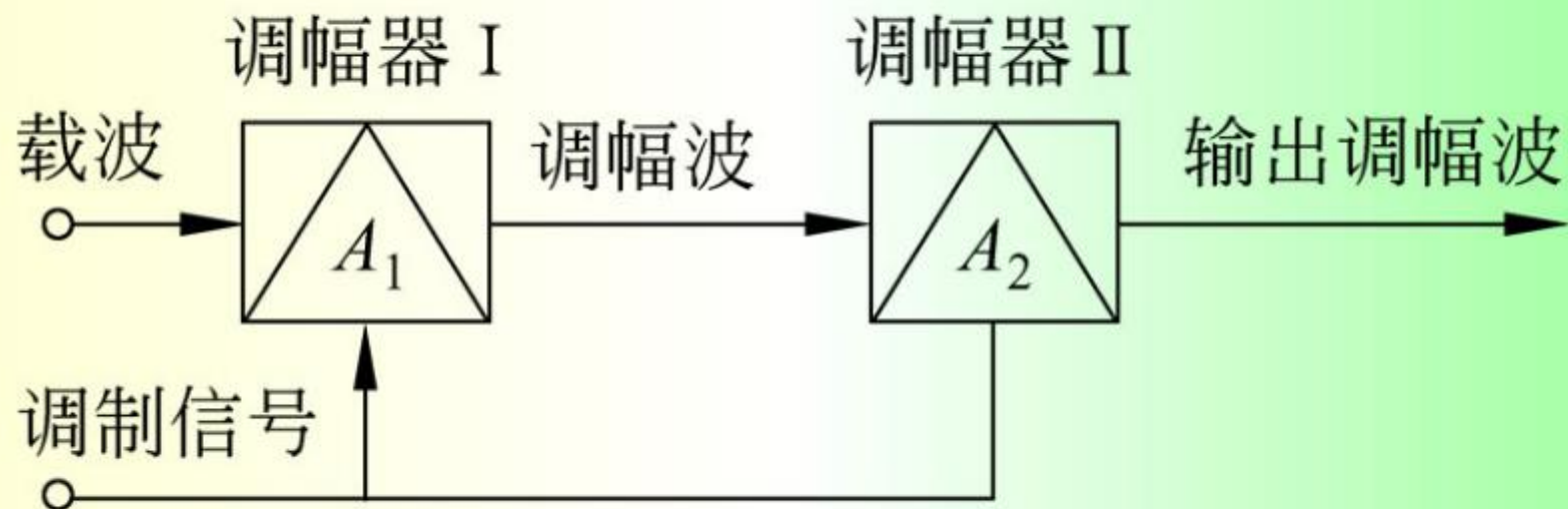


图5-17 双重集电极调幅



# 双重集电极调幅工作原理

调制信号同时对两级调幅器进行集电极调制，调幅器（Ⅰ）的输出作为调幅器（Ⅱ）的激励信号。

当调幅器（Ⅱ）受调制信号控制集电极电源电压升高时，它的激励信号也在增大；反之，调幅器（Ⅱ）电源电压降低，激励也相应减小，达到了补偿的目的，使调特性得到改善。适当控制激励极的调制深度，可使总的调制特性接近线性。

因为这种调制方式调制信号源同时控制两个调幅器，所以它必须能给出足够的输出功率。





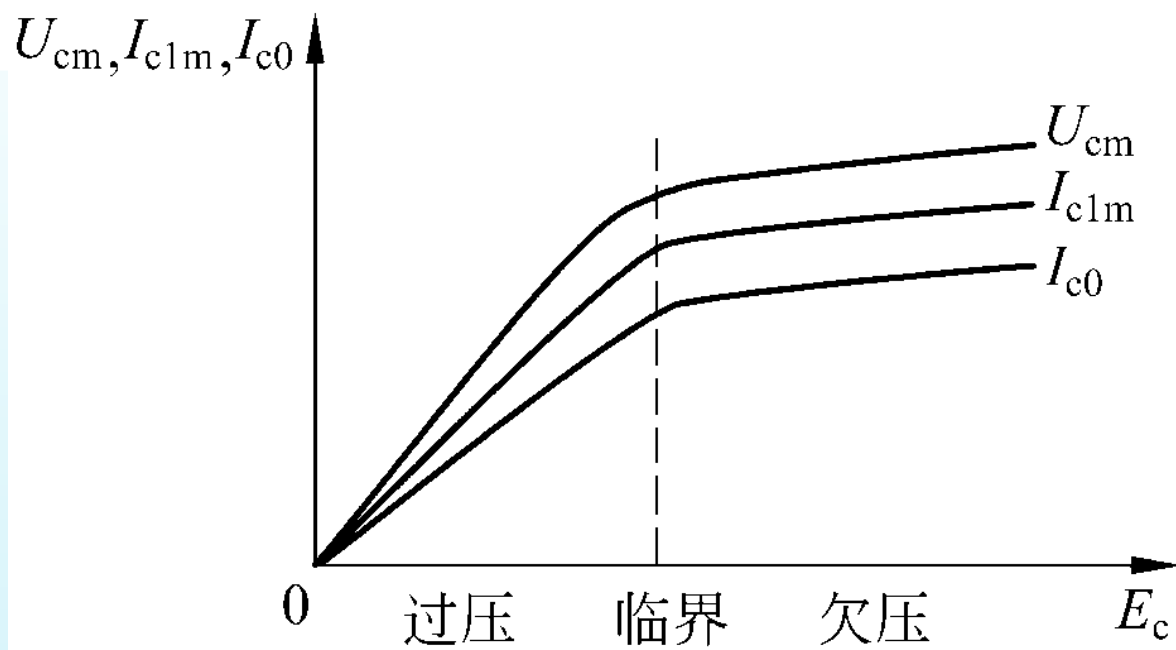
### 3. 设计要点

---

- 1) 放大器的工作状态。
- 2) 选管子
- 3) 对激励的要求
- 4) 对调制信号的要求
- 5) 对输出  $LC$  回路的通频带和品质因数  $Q$  要求

## 1) 放大器的工作状态

最大工作点应设计在临界状态，那么便可保证其余时间都处于过压状态。



集电极调幅特性

## 2) 选管子

(1) 管子电流的  $I_{CM}$  应根据最大工作点电流脉冲幅值来定, 即  $I_{CM} \geq (I_{cmax})_{max}$

式中  $(I_{cmax})_{max}$  是最大工作点电流脉冲  $i_c$  最大值。

(2) 管子耐压应根据最大集电极电压来定。集电极电压是综合电源电压和高频电压之和。

- 在最大工作点处,  $E_{cc}$  可接近  $2E_c$ ,
- 集电极瞬时电压最大值约为  $4E_c$ , 故  $BV_{ceo} > 4E_c$

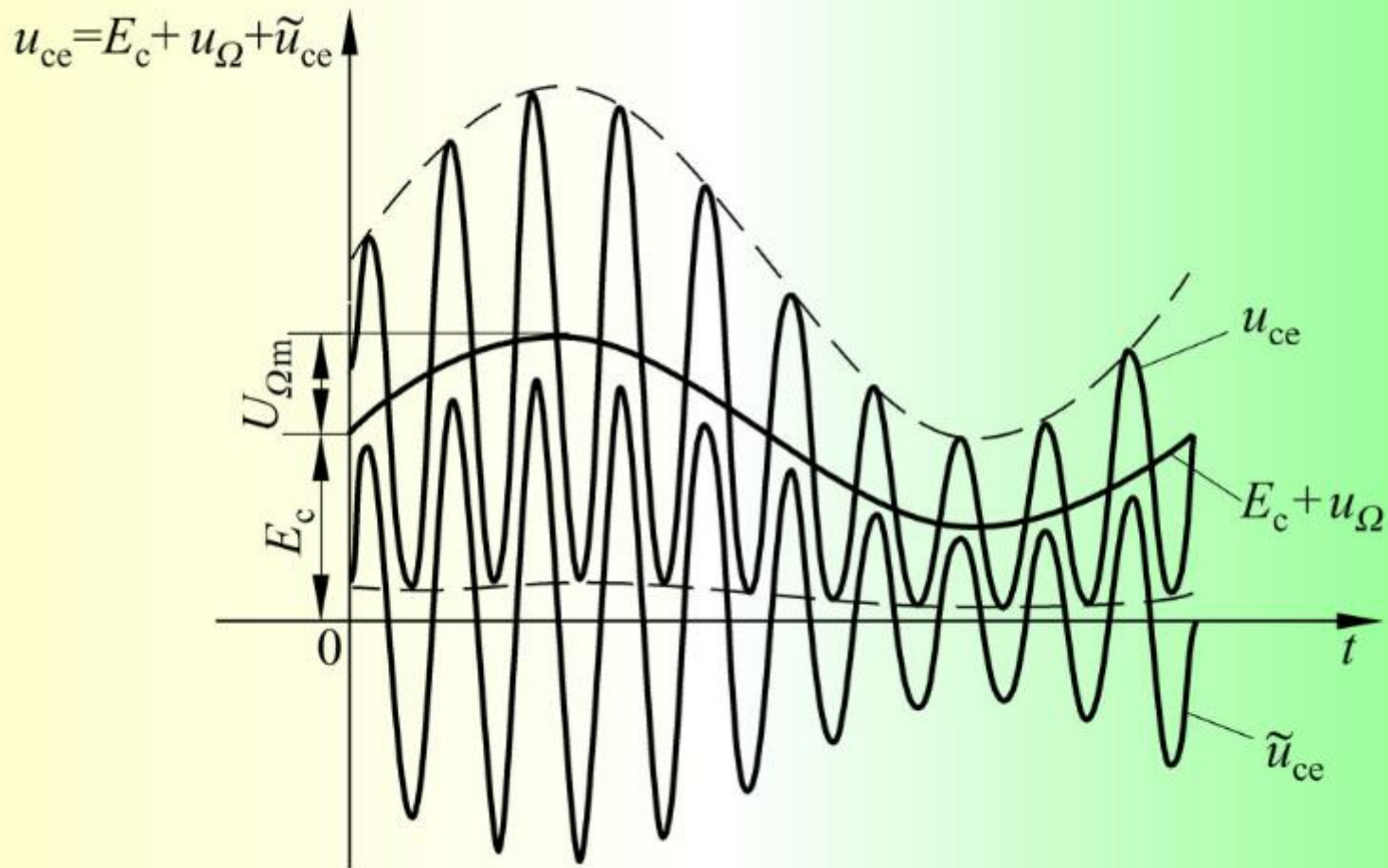


图5-18 集电极瞬时电压波形

(3) 管子最大集电极容许损耗  $P_{CM} \geq (P_C)_{av}$

$$P_{CM} > (P_C)_{av} = 1.5(P_o)_c \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right)$$

集电极平均耗损功率为

$$P_C = P_S - P_o = P_o \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right)$$

$$(P_C)_{av} = (P_S)_{av} - (P_o)_{av} = (P_o)_{av} \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right)$$

$$(P_C)_{av} = (P_o)_{av} \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right) = (P_o)_c \left( 1 + \frac{m_a^2}{2} \right) \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right)$$

设  $m_a = 1$  时,

$$(P_C)_{av} = 1.5(P_o)_c \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right) \quad (P_C)_c = (P_o)_c \left( \frac{1}{\eta_c} - 1 \right)$$



### 3) 对激励的要求

在过压状态下，激励是有余量的，余量最小瞬间是在最大工作点。为保证放大器工作在过压状态，激励的强度（电压、功率）应满足最大工作点（且 $m_a=1$ ）工作在临界状态。

如激励不足，在 $E_{cc}$  较高的时间内，放大器将进入欠压状态，这时 $u_{ce}$ 幅值将不随 $E_{cc}$ 变化，从而造成调幅波包络线腹部变平。

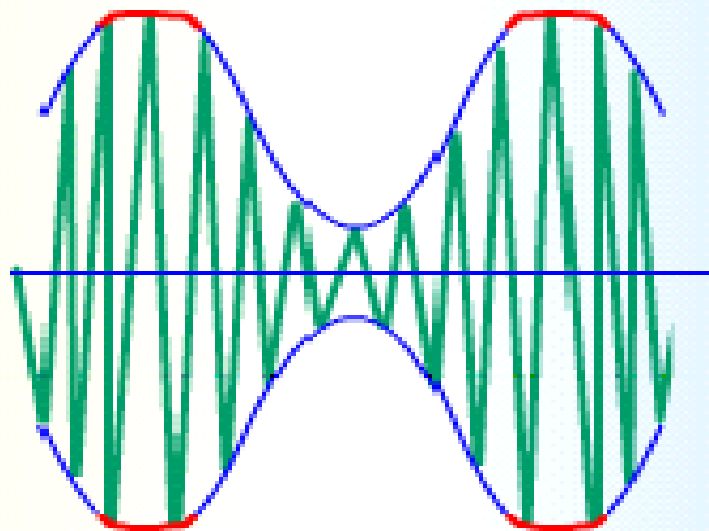


图5-19 波腹变平

原因：工作在欠压

## 4) 对调制信号的要求

- (1) 为了获得  $m_a = 1$  的深度调制，调制电压应接近  $E_c$ 。即  $U_{\Omega m} \approx E_c$ ， $U_{\Omega m}$  再大，则产生过调失真。

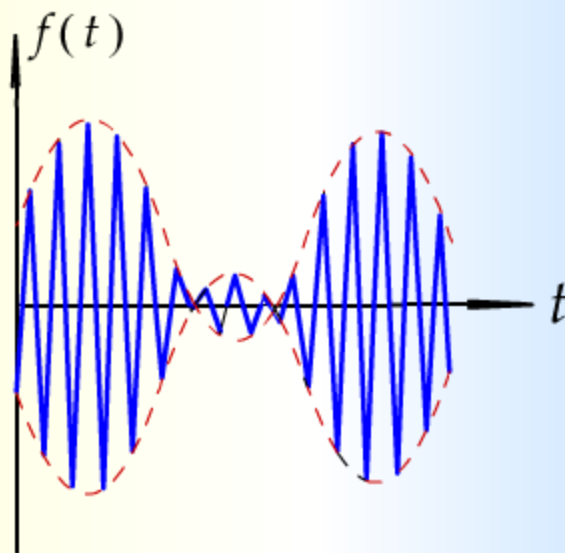
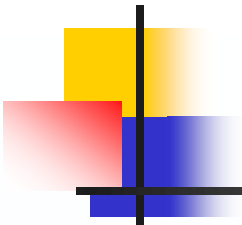


图5-20 过调失真

YHZ/XEH

过调失真的波形





当  $u_{\Omega}$  为负，且其值大于  $E_c$  时，综合电源电压（ $E_c + u_{\Omega}$ ）为负值，即其极性与正常工作时相反。此时，当基极电位为正时，集电结（b-c）处于正向状态，原来的集电极实际上变成了“发射极”，产生“发射极”电流（此电流与原来的集电极电流方向相反），然后通过槽路而造成过调情况下的电压输出。



## (2) 调制功率计算

当  $m_a=1$  时,

$$P_{\Omega} \approx \frac{1}{2} E_c (I_{c0})_c = \frac{1}{2} (P_S)_c$$

它是调制信号源供给的, 当  $m_a=1$  时, 它等于直流电源供给功率的一半。非常明显, 它比基极调幅需要的调制功率大得多, 这是集电极调幅的缺点。

## (3) 调制变压器的等效负载

$$R_{\Omega} = \frac{U_{\Omega m}}{I_{\Omega m}} \approx \frac{E_c}{(I_{c0})_c}$$

## 5) 对输出 $LC$ 回路的通频带和品质因数 $Q$ 要求

输出回路的通频带  $B = \frac{\omega_c}{Q}$  不小于  $2\Omega_{\max}$

所以回路品质因数必须满足：

$$Q < \frac{\omega_c}{2\Omega_{\max}} = \frac{f_c}{2F_{\max}}$$

式中， $F_{\max}$  是调制信号  $u_{\Omega}$  的最高频率。

为了滤除其他因非线性应用所产生的谐波，要求  $Q$  较高。因此传送信号的频谱  $2F_{\max}$  越宽，所需载波频率  $f_c$  也越高。



# 大信号基极调幅与集电极调幅比较

比较项目	大信号基极调幅	大信号集电极调幅
工作状态	欠压	过压
所需调制信号功率	小	大
集电极效率	低	高
调制深度	浅	深
谐波含量	小	大