廣東工業大學
Guangdong University of Technology

广东工业大学

第六章 振幅调制与解调电路

信息工程学院

李志忠

目录

6.1 概论

6.2 低电平调幅电路

6.3 高电平调幅电路

6.4 单边带信号的产生

6.5 包络检波器

◆ 6.5 包络检波

检波电路的技术指标：

① 电压传输系数：检波器的输出电压和输入高频电压振幅之比。

等幅波检波：$k_d = \dfrac{U_0}{U_{im}}$　　调幅波检波：$k_d = \dfrac{U_{\Omega m}}{m_a U_{im}}$

② 等效输入电阻：R_{id}

$$R_{id} = \frac{U_{im}}{I_{1m}}$$

输入等幅高频电压的振幅

流过二极管的高频电流脉冲的基波分量的振幅

③ 非线性失真系数：k_f

$$k_f = \frac{\sqrt{U^2_{2\Omega} + U^2_{3\Omega} + \cdots}}{U_\Omega}$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

一、大信号包络检波

输入信号振幅大于0.5V，利用二极管两端加正向电压时导通，输入信号电压通过二极管对低通滤波器的电容C充电。二极管两端加反向电压时截止，电容C通过R放电这一特性实现的检波，其输出电压反映输入信号振幅变化的规律。

二、大信号检波的工作原理

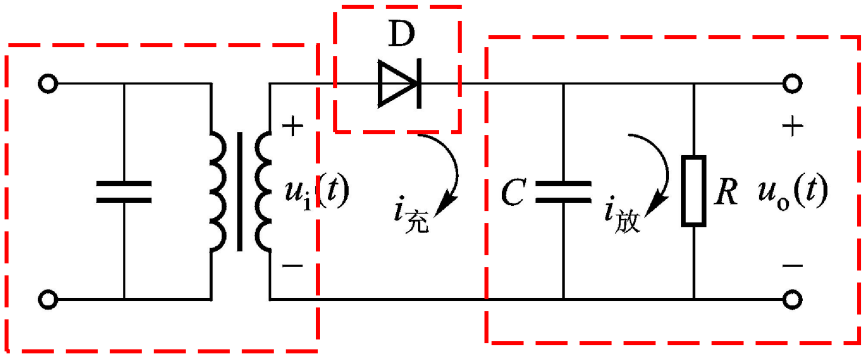
1. 原理电路

下图是二极管大信号检波的原理电路，是输入回路、非线性器件和低通滤波器组成

输入回路：相当于末级中放的输出回路，输入AM 信号

二极管D：相当于一个非线性元件

输出回路：低通RC滤波网络



◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

RC网络的基本功能：

容抗

对低频调制信号u_Ω，相当于检波负载即 $\boxed{\dfrac{1}{\Omega C}} >> R$

对高频载波信号短路，即滤除高频信号，即 $\dfrac{1}{\omega_0 C} << R$

在理想情况下，RC网络的阻抗为：

高频

$$Z_{RC}(\omega) = \begin{cases} Z(\omega_0) = 0 \\ Z(\Omega) = R \end{cases}$$

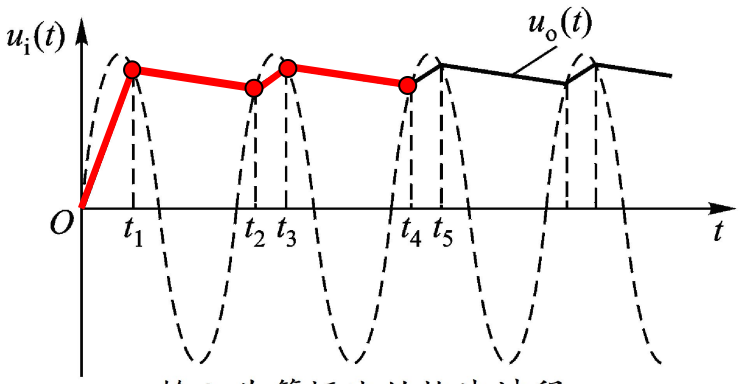
低频

RC网络对流过二极管D中的电流 i_D 的各频率分量来说，高频短路，而直流和低频 C开路，呈现的阻抗为R。

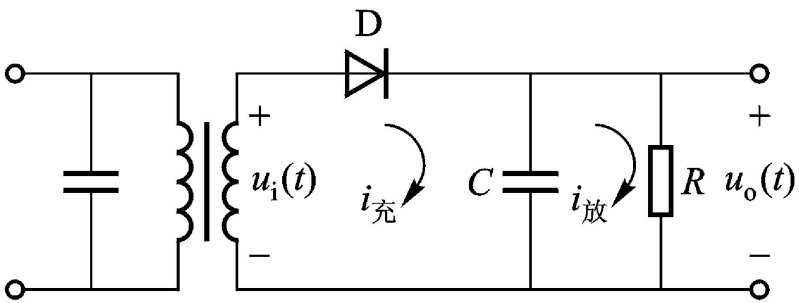
◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

2. 检波过程

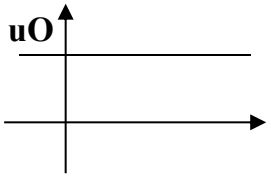
①输入为等幅波，设 $u_i(t)=U_{im}sinw_it$



输入为等幅波的检波过程



实际应用中，由于正向导通时间很短，放电时间常数又远大于高频电压周期，$u_o(t)$ 的起伏很小。



由 $u_D=u_i-u_o, u_D>0$ 则 D 导通，C 快速充电；

$0\sim t_1$，二极管导通，对 C 充电，充电时常数很小，充电快。$u_D<0$ 则 D 截止，C 慢速放电。

$t_1\sim t_2$，二极管截止，C 通过 R 放电，放电时常数很大，放电慢。

$t_2\sim t_3$，二极管导通，又对 C 充电。

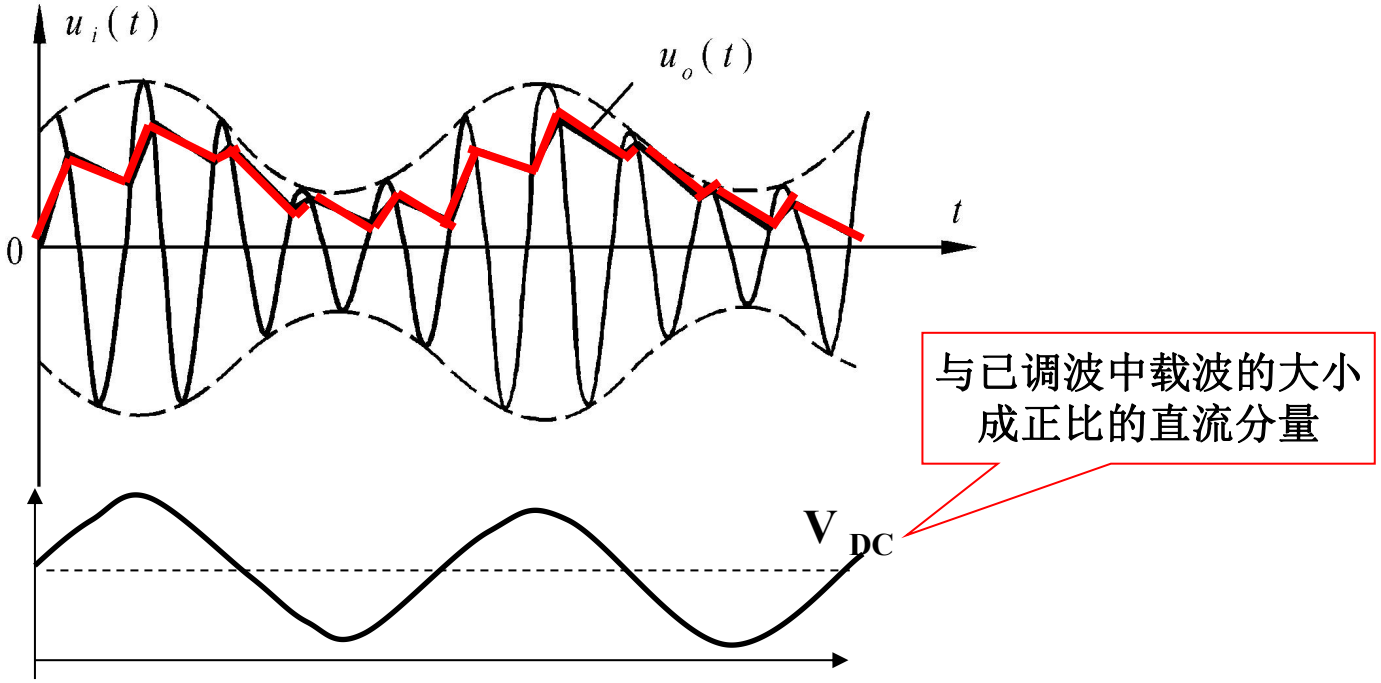
$t_3\sim t_4$，二极管截止，C 上电压对 R 放电。

如此反复，直到在一周内电容充电电荷量与放电电荷量相等，充放电达到动态平衡进入稳定工作状态。

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

②输入为普通调幅波

其中黑色实线表示 $u_i(t)$，黑色虚线是 $u_i(t)$ 的包络线；红色实线 $u_0(t)$



◆输出电压 $u_0(t)$ 的变化规律正好与输入信号的包络相同。

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

三、大信号检波器的分析

1. 大信号检波器的二极管的伏安特性可近似用折线表示

◆ 输入等幅波

i_d 数学表示式为

$$i_d = \begin{cases} g_d(u_d - U_{bz}) & u_d \geq U_{bz} \\ 0 & u_d < U_{bz} \end{cases}$$

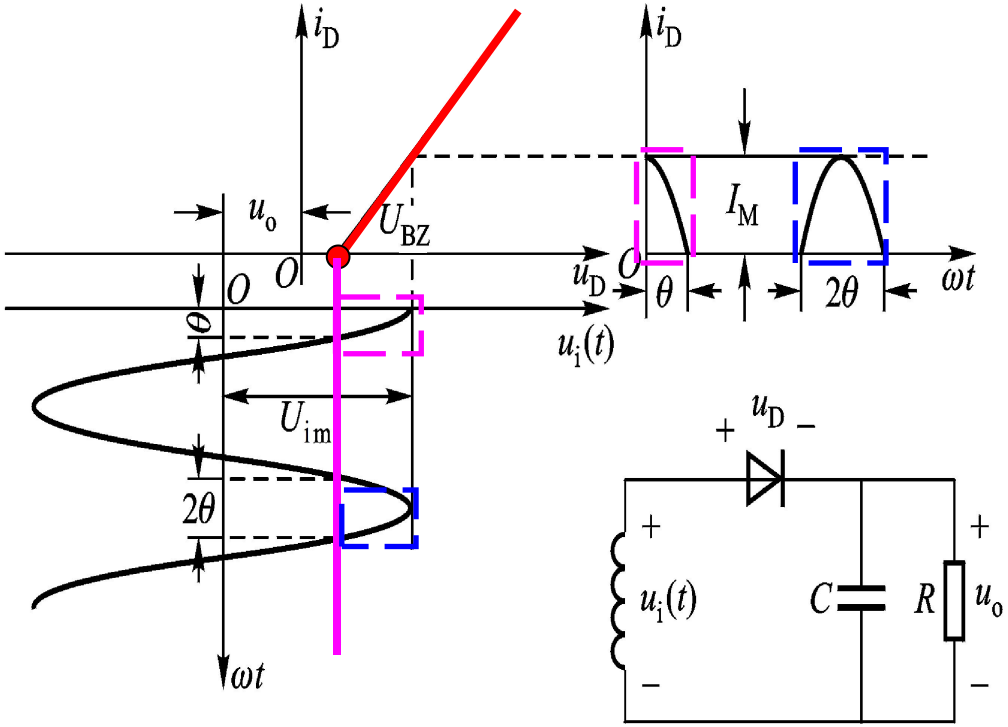
g_d 为二极管导通时的电导，即 $g_d = 1/r_d$

U_{bz}为二极管的导通电压。

2. 二极管两端电压 $u_d = u_i - u_o$

若 $u_i = U_{im}\cos\omega_i t$

则 $u_d = -u_o + U_{im}\cos\omega_i t$



◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

3. 流过二极管的电流 i_d 可表示为

$$i_d = I_o + I_{1m}\cos\omega_i t + \cdots I_{nm}\cos n\omega_i t$$

其中，$I_0 = \alpha_0(\theta) I_M$ 为直流分量，

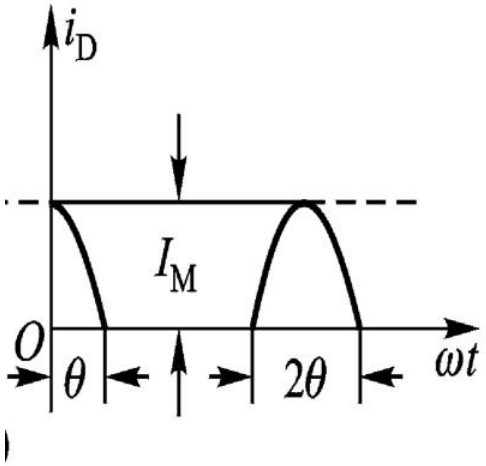
$I_{1m} = \alpha_1(\theta) I_M$ 为基波分量振幅，

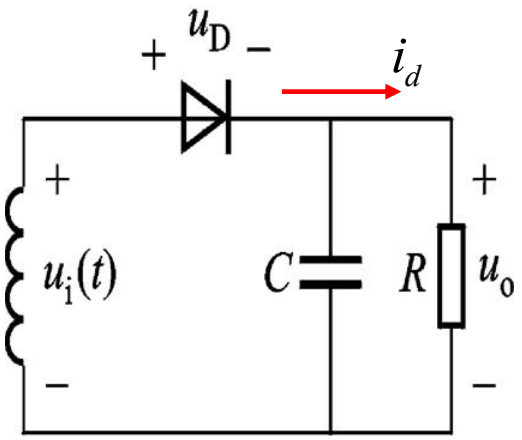
$I_{nm} = \alpha_n(\theta) I_M$ 为n次谐波分量振幅。

$$\alpha_0(\theta) = \frac{\sin\theta - \theta\cos\theta}{\pi(1-\cos\theta)}$$

$$\alpha_1(\theta) = \frac{\theta - \sin\theta\cos\theta}{\pi(1-\cos\theta)}$$

$$\alpha_n(\theta) = \frac{2}{\pi}\frac{\sin n\theta\cos\theta - n\cos n\theta\sin\theta}{n(n^2-1)(1-\cos\theta)}$$





◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

4. θ与电路参数的关系

当$u_d > u_{bz}$时，二极管导通，将$u_d = \left(-u_0 + u_{im}\cos\omega_i t\right)$代入二极管导通时的方程

$$i_d = g_d\left(u_d - u_{bz}\right) = g_d\left(-u_0 + u_{im}\cos\omega_i t - u_{bz}\right)$$

当 $\omega_i t = \theta$ 时，$i_d = 0$，可得 $g_d\left(-u_0 + u_{im}\cos\omega_i t - u_{bz}\right) = 0$

$$\cos\theta = \frac{u_o + U_{bz}}{U_{im}}$$

当$\omega_i t = 0$ 时，$i_d = I_M$，可得

$$I_M = g_d(-u_0 + U_{im} - U_{bz}) = g_d U_{im}\left(1 - \frac{U_{bz} + u_o}{U_{im}}\right) = g_d U_{im}(1 - \cos\theta)$$

由于 $I_o = I_M \alpha_0(\theta)$，则

$$I_o = g_d u_{im}\left(1 - \cos\theta\right)\cdot\frac{1}{\pi}\frac{\sin\theta - \cos\theta}{1 - \cos\theta} = \frac{1}{\pi r_d}U_{im}(\sin\theta - \theta\cos\theta)$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

经低通滤波器的输出电压 $u_0 = I_0 R = \dfrac{R}{\pi r_d} U_{im}(\sin\theta - \theta\cos\theta)$

因为 θ 为未知数，不可能直接求解，还需变换，上式两边同时除 $\cos\theta$，则

$$\frac{u_0}{\dfrac{u_0 + U_{bZ}}{U_{im}}} = \frac{R}{\pi r_d} U_{im}(\tan\theta - \theta) \Rightarrow \frac{u_0}{u_0 + U_{bZ}} = \frac{R}{\pi r_d}(\tan\theta - \theta)$$

当 $U_{bZ} = 0$，或者 $u_0 >> U_{bZ}$ 的条件下，可得 $\tan\theta - \theta = \dfrac{\pi r_d}{R}$

当 $\theta < \dfrac{\pi}{6} rad$ 时，$\tan\theta$ 可展开为 $\tan\theta = \theta + \dfrac{1}{3}\theta^3 + \boxed{\dfrac{2}{15}\theta^5 + \ldots}$

可忽略

$$\boxed{\text{可得：}\ \theta \approx \sqrt[3]{\frac{3\pi r_d}{R}}}$$

结论：① 在 $U_{bz} = 0, \theta < \dfrac{\pi}{6} rad$ 的条件下,其通角 θ 只与电路参数 r_d 和 R 有关,而与输入信号的振幅 U_{im} 无关.

② 输入等幅波时,输出直流电压：$U_O = U_{im}\cos\theta$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

情况1， 输入为等幅波时 $u_i(t) = U_{im}\cos\omega_i t$

$$u_0 = U_{im}\cos\theta$$

情况2， 输入为调幅波时 $u_i = \underline{U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)}\cos\omega_i t$

$$u_i = U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)\cos\omega_i t = U_{im}'\cos\omega_i t$$

$\because \omega_i >> \Omega$,可认为在$\omega_i$一周内$U_{im}'$是不变的

$$\therefore u_o = U_{im}'\cos\theta = U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)\cos\theta$$

检波输出 $u_o(t) = U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)\cos\theta$

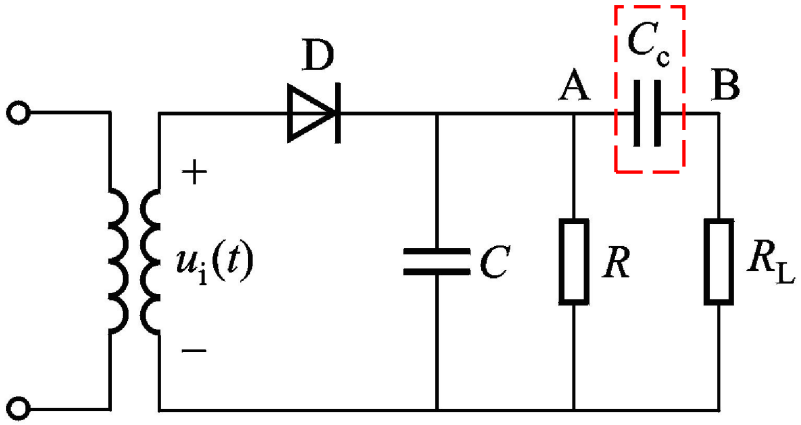
$$= \underline{U_{im}\cos\theta} + \underline{U_{im}m_a\cos\theta\cos\Omega t}$$

直流

角频率为Ω的交流

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

检波器在实现对调幅信号解调时，为取出原调制信号，通常要有隔直电容C_C如下图：



负载R_L上的电压：

$$u_B = \boxed{U_{im} m_a \cos\theta} \cos\Omega t$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

例：检波电路如图，二极管的 $r_d = 100\Omega, \boxed{U_{bZ} = 0}$，输入电压为

(1)$u_i = 2\cos 20\pi \times 10^3 t$,

(2)$u_i = 1.2(1 + 0.5\cos 10\pi \times 10^3 t)\cos 2\pi \times 465 \times 10^3 t(V)$,

求：(1)计算上两种情况下的输出电压 u_o

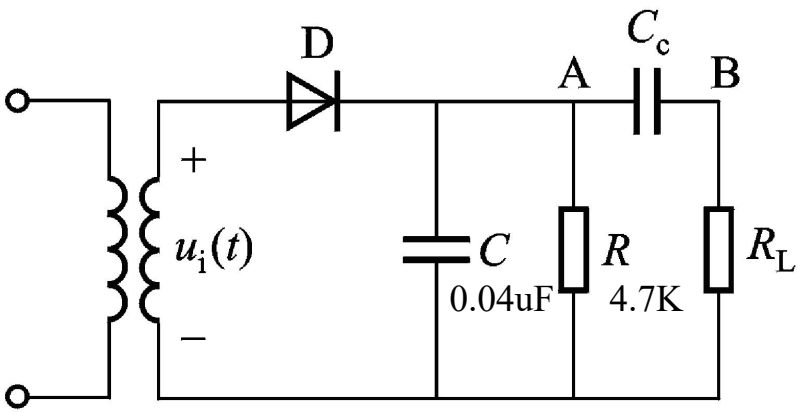
(2)计算输入电压为(2)输出电压 u_A、u_B

解：

$$(1)\theta = \sqrt[3]{\frac{3\pi R_d}{R}} = \sqrt[3]{\frac{3\pi 100}{4700}} = 0.584(rad)$$

$$= \frac{0.584 \times 360^0}{2\pi} = 33.47^0$$

$$\cos\theta = \cos 33.47^0 = 0.834$$



◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

①$u_o = U_{im}\cos\theta = 2\times 0.834 = 1.668$

②$u_o = U_{im}'\cos\theta = 1.2(1+0.5\cos 10\pi\times 10^3 t)\times 0.834$

$= 1.001 + 0.500\cos 10\pi\times 10^3 t$

$(2)\cos\theta = \cos 33.47^0 = 0.834$

$u_A = u_o = 1.2(1+0.5\cos 10\pi\times 10^3 t)\times\cos\theta$

$= 1.001 + \boxed{0.500\cos(10\pi\times 10^3 t)}$

$u_B = 0.500\cos 10\pi\times 10^3 t$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

四、大信号检波器的技术指标

1. 电压传输系数K_d

①输入等幅波 $u_i(t)=U_{im}\cos\omega_i t$ 时，$u_0=U_{im}\cos\theta\cos\Omega t$

定义：输出直流电压与输入高频电压的振幅的比值

$$K_d=\frac{U_o}{U_{im}}=\frac{U_{im}\cos\theta}{U_{im}}=\cos\theta$$

②输入为普通调幅波 $u_i=U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)\cos\omega_i t$ 时，

$$u_B=U_{im}m_a\cos\theta\cos\Omega t$$

定义：输出的Ω分量振幅 $U_{\Omega m}$ 与输入高频调幅波包络变化的振幅 m_aU_{im} 的比值。

$$K_d=\frac{U_{\Omega m}}{m_aU_{im}}=\frac{m_aU_{im}\cos\theta}{m_aU_{im}}=\cos\theta$$

二极管大信号检波器的电压传输系数为常数，又称线性检波。$k_d=\cos\theta$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

2. 等效输入电阻

①定义：输入高频电压振幅与流过二极管的高频电流的基波振幅之比。

② R_{id} 的表达式 $R_{id}=\dfrac{U_{im}}{I_{1m}}$

$$I_{1m}=I_M\alpha_1(\theta)=\frac{U_{im}}{r_d}(1-\cos\theta)\frac{1}{\pi}\frac{\theta-\sin\theta\cos\theta}{(1-\cos\theta)}=\frac{U_{im}}{\pi r_d}(\theta-\sin\theta\cos\theta)$$

$$R_{id}=\frac{U_{im}}{I_{1m}}=\frac{\pi r_d}{\theta-\sin\theta\cos\theta},\text{据}\ \pi r_d=(\tan\theta-\theta)R$$

将 $\tan\theta$、$\sin\theta$、$\cos\theta$ 展开成级数取前两项代入 R_{id}

$$\tan\theta=\theta+\frac{1}{3}\theta^3+\frac{2}{15}\theta^5+\cdots\quad \sin\theta=\theta-\frac{1}{3!}\theta^3+\frac{1}{5!}\theta^5-\cdots\quad \cos\theta=1-\frac{1}{2!}\theta^2+\frac{1}{4!}\theta^4-\cdots$$

在二极管导通角 θ 很小的情况下，等效输入电阻

$$\text{则}R_{id}\approx\frac{[\theta+\frac{1}{3}\theta^3]-\theta}{\theta-[\theta-\frac{1}{3!}\theta^3][1-\frac{1}{2!}\theta^2]}R=\frac{\frac{1}{3}\theta^3}{\frac{1}{3!}\theta^3+\frac{1}{2!}\theta^3}R\approx\frac{1}{2}R$$

直流电阻

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

3. 失真

检波器的失真可分频率失真、非线性失真、惰性失真和负峰切割失真。

①频率失真

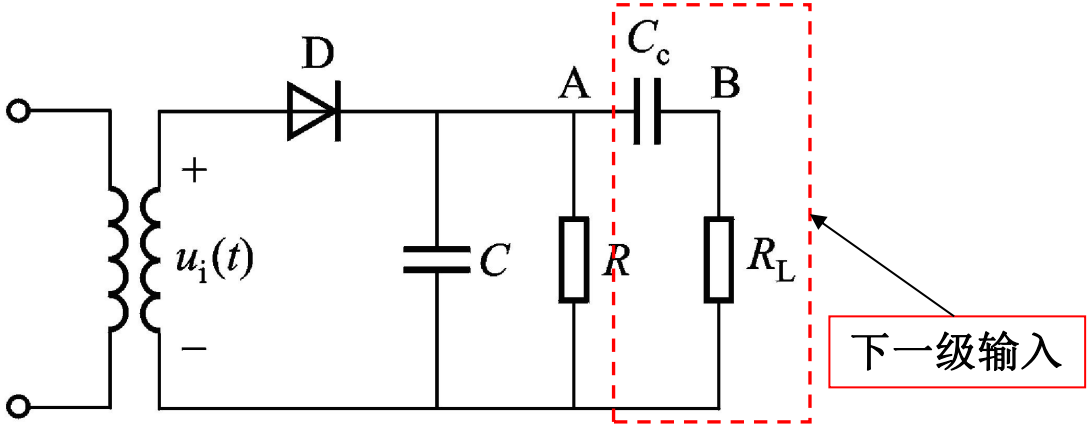
当输入信号调制频率为 $\Omega_{min} \sim \Omega_{max}$ 的调幅波时，输出电压频谱也应包含 $\Omega_{min} \sim \Omega_{max}$，且各频率分量的振幅比值应该与原调制信号一致，否则将失真。

研究对 $(\Omega_{min} \sim \Omega_{max})$ 的影响

C —— 滤波电容(载波高频)

C_c —— 耦合电容(低频)

C ：影响 Ω_{max}



要求:应使 C 对 Ω_{max} 不产生旁路作用,即 $\dfrac{1}{\Omega_{max}C} >> R$ (10倍以上)

或 $C << \dfrac{1}{\Omega_{max}R}$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

C_c :影响Ω_{min}

要求:应使Ω_{min}在C_c上的压降不大,即 $\frac{1}{\Omega_{min}C_c} << R_L$ 或 $C_c >> \frac{1}{\Omega_{min}R_L}$

不产生频率失真的条件:

(1) $\frac{1}{\omega_i C} << R$ ——— 保证高频成分被旁路掉

(2) $\frac{1}{\Omega_{max}C} >> R$(10倍以上) — 保证最高频率的音频不被旁路掉

(3) $\frac{1}{\Omega_{min}C_c} << R_L$ ——— 保证最低音频能通过Cc

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

②非线性失真

实际上: U_{im} 和负载 R 较小时产生非线性失真较大。

原因: (a) U_{im} 较小时,检波器工作于 $i_d - u_{im}$ 曲线的弯曲部分(相当于小信号检波) $\rightarrow$ 非线性失真↑

(b) R 较小时, u_C 较小,负反馈作用下降 $\rightarrow$ 非线性失真↑

$$\therefore \text{应该} \begin{cases} R\uparrow \\ U_{im}\uparrow \end{cases} \longrightarrow \text{非线性失真}\downarrow$$

③惰性失真

在二极管峰值型检波器中，存在着两种特有失真:

$$\begin{cases} \text{惰性失真} \\ \text{底部切割失真} \end{cases}$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

③惰性失真

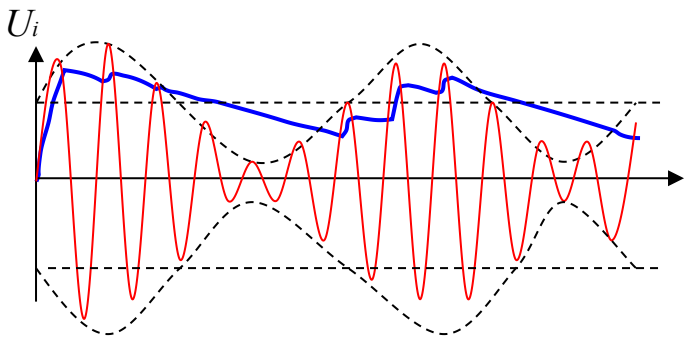
一般为了提高检波效率和滤波效果，（C越大，高频波纹越小），总希望选取较大的R，C值，但如果R，C取值过大，使R，C的放电时间常数 $\tau=RC$ 所对应的放电速度小于输入信号(AM)包络下降速度时，会造成输出波形不随输入信号包络而变化，从而产生失真，这种失真是由于电容放电惰性引起的，故称为惰性失真。

a. 产生惰性失真的原因：

产生原因：RC过大，放电太慢；放电速度跟不上包络的变化速度。

即：输入AM信号包络的变化率>RC放电的速率

$$\left|\frac{du_c}{dt}\right| < \left|\frac{dU_{im}'}{dt}\right|$$



→ 当 $U_i\downarrow$ 时, $U_i < Uc$ → 二极管 $(t_1 \sim t_2)$ 期间始终截止

→ U_c 不随 U_i 而变化

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

b. 避免产生惰性失真的条件：

在任何时刻，电容C上电压的变化率应大于或等于包络信号的变化率，即

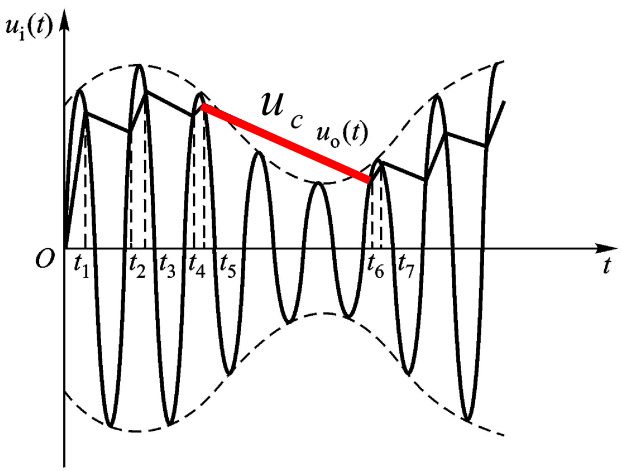
$$\left|\frac{du_c}{dt}\right| \geq \left|\frac{dU_{im}'}{dt}\right|$$

设调幅波：$u_i = U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)\cos\omega_i t$

则包络线：$U_{im}' = U_{im}(1+m_a\cos\Omega t)$

包络线变化速度：

$$\frac{dU_{im}'}{dt} = -m_a U_{im}\Omega\sin\Omega t \quad (6\text{-}28)$$



电容C通过R放电，放电时通过C的电流为：$i_c = C\dfrac{du_c}{dt}$

放电时通过R的电流为 $i_R = \dfrac{u_c}{R}$ $\because i_R = i_C \therefore C\dfrac{du_c}{dt} = \dfrac{u_c}{R}$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

$$\Rightarrow \frac{du_c}{dt} = \frac{u_c}{RC} = \frac{k_d U_{im}(1+m_a \cos\Omega t)}{RC}$$

设$k_d=1$ $$\Rightarrow \frac{du_c}{dt} = \frac{U_{im}(1+m_a \cos\Omega t)}{RC} \quad (6\text{-}30)$$

定义$A = \left|\frac{dU'_{im}}{dt}\right| \Big/ \left|\frac{du_c}{dt}\right|$

将式6-28和式6-30代入上式得$A = RC\Omega \left|\frac{m_a \sin\Omega t}{1+m_a \cos\Omega t}\right|$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

避免失真条件：$\left|\frac{du_c}{dt}\right| \geq \left|\frac{dU_{im}'}{dt}\right|$，则应有$A \leq 1$

当$A_{\max} \leq 1$，$A \leq 1$必然成立，

由$A_{\max} \leq 1$，得$RC\Omega \leq \frac{\sqrt{1-m_a^2}}{m_a}$

当$\Omega \in (\Omega_{\min} \sim \Omega_{\max})$，

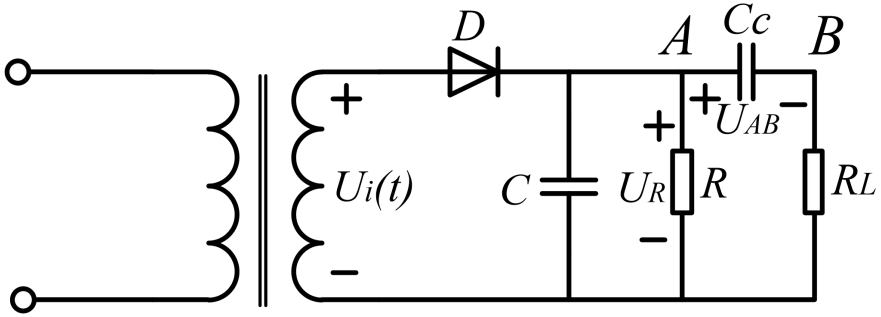
不失真条件变为：$RC\Omega_{\max} \leq \frac{\sqrt{1-m_a^2}}{m_a}$

$$\left.\begin{array}{l} RC\Omega_{\max}\dfrac{m_a}{\sqrt{1-m_a^2}} < 1 \\ \text{或} RC\Omega_{\max} < \dfrac{\sqrt{1-m_a^2}}{m_a} \end{array}\right\} \text{不产生惰性失真条件}$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

④负峰切割失真(底边切割失真)

产生原因： 检波器的直流负载和交流负载不同，且m_a过大而引起的。



C_c—— 耦合电容具有隔直作用

直流负载电阻：R

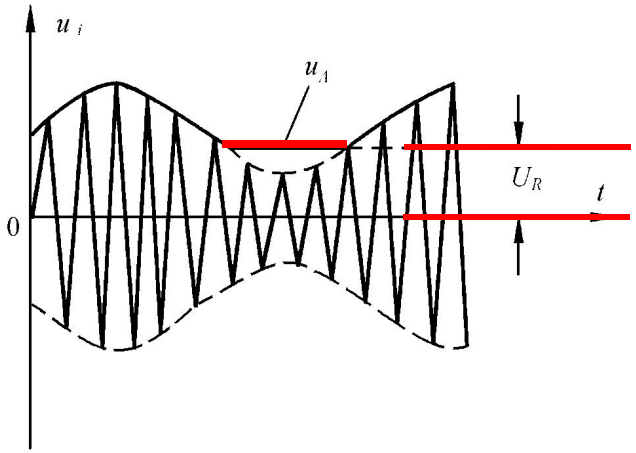
交流负载电阻：$R_\Omega = \dfrac{R_L R}{R + R_L}$

由于C_c较大,在稳定状态:

设$u_i = U_{im}(1 + m_a \cos\Omega t)\cos\omega_c t$

则$\begin{cases} u_A = U_{im}(1 + m_a \cos\Omega t)\cos\theta \\ u_B = U_{im} m_a \cos\Omega t \cos\theta \end{cases}$

$\Rightarrow u_{AB} = u_A - u_B = U_{im}\cos\theta \approx U_{im}$

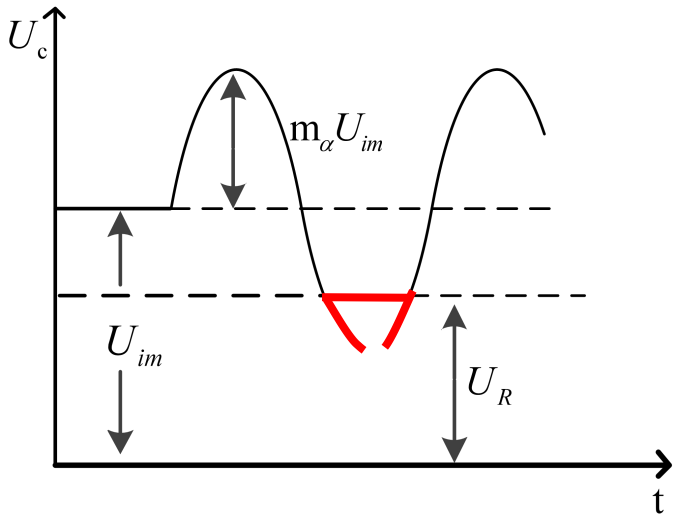


此电压在C_c上恒定，通过分压,在R上有：

$$U_R = \frac{R}{R + R_L} u_{AB} \approx \frac{R}{R + R_L} U_{im}$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

不产生负峰切割失真的条件是输入调幅波的振幅最小值 $U_{im}(1-m_a)$ 大于或等于 U_R



不产生负峰切割失真的条件:

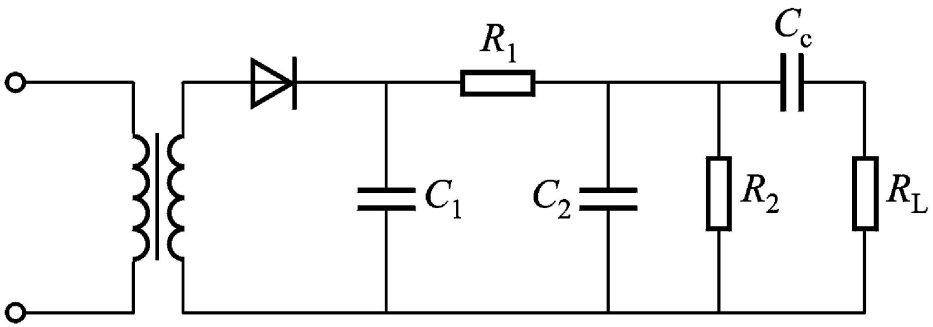
$$U_{im}\left(1-m_a\right) \geq \frac{R}{R+R_L} U_{im}$$

不产生负峰切割失真的条件:

$$m_a \leq \frac{R_L}{R+R_L} = \frac{R_\Omega}{R}$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

提高 R_L 电阻检波电路



直流电阻：$R = R_1 + R_2$

交流电阻：$R_\Omega = R_1 + \dfrac{R_2 R_L}{R_2 + R_L}$

一般取 $R_1 = (0.1 \sim 0.2) R_2$ 兼顾 R_1 和 R_2 的分压作用。

为了避免负峰切割失真
- (a)在检波器与下级放大器之间加射级跟随器(提高 R_L)
- (b)将 R 分成两部分

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

例：检波电路如图,二极管的$r_d = 100\Omega, U_{bZ} = 0$,输入电压为

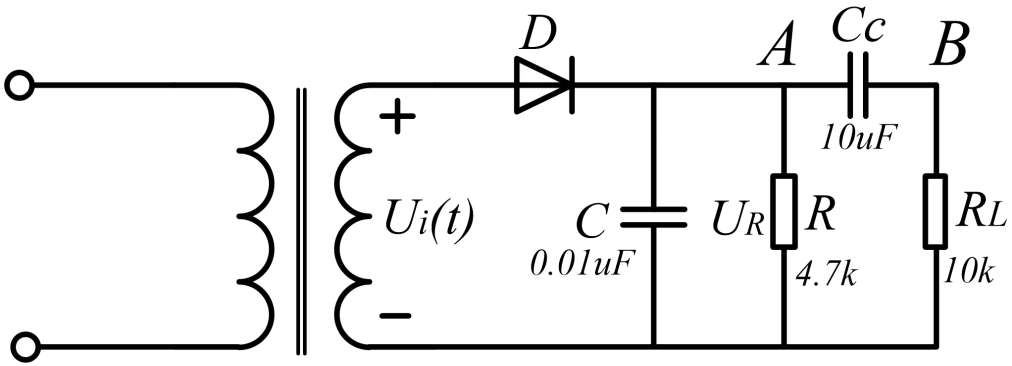
$u_i = 1.2(1 + 0.5\cos 10\pi \times 10^3 t)\cos 2\pi \times 465 \times 10^3 t(V)$, 试计算：

(1)输出电压u_A、u_B

(2)等效输入电阻R_{id}

(3)判断是否产生惰性失真

(4)判断是否产生负峰切割失真



◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

解： $\theta = \sqrt[3]{\dfrac{3\pi R_D}{R}} = \sqrt[3]{\dfrac{3\pi 100}{4700}} = 0.584(rad) = 33.54^0$

$$k_d = \cos\theta = \cos 33.54^0 = 0.834$$

$$(1) u_A = k_d \times 1.2(1 + 0.5\cos 10\pi \times 10^3 t) = 1.001(1 + 0.5\cos 10\pi \times 10^3 t)$$

$$u_B = 1.001 \times 0.5\cos 10\pi \times 10^3 t = 0.500\cos 10\pi \times 10^3 t$$

$$(2) R_{id} = \frac{R}{2} = \frac{4700}{2} = 2350(\Omega)$$

◆ 6.5.1 二极管大信号包络检波器

$$(3)RC\Omega = 4700\times 0.01\times 10^{-6}\times 10\pi\times 10^{3} = 1.48$$

$$\frac{\sqrt{1-m_a^{\ 2}}}{m_a} = \frac{\sqrt{1-0.5^2}}{0.5} = 1.73\text{满足条件}RC\Omega \le \frac{\sqrt{1-m_a^{\ 2}}}{m_a},\text{不产生惰性失真}$$

$$(4)\frac{R_\Omega}{R} = \frac{\dfrac{R_L R}{R_L+R}}{R} = \frac{R_L}{R_L+R} = \frac{10}{10+4.7} = 0.68$$

$$m_a = 0.5$$

$$\text{满足条件}m_a \le \frac{R_\Omega}{R_=},\text{不产生负峰切割失真}$$

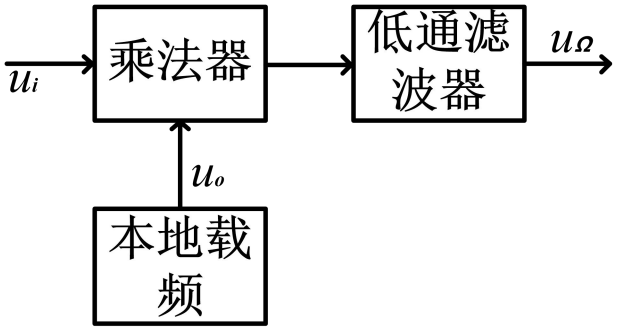
◆ 6.5.2 同步检波器

一、同步检波器

主要用于双边带调幅波和单边带调幅波的检波。与二极管检波不同的是它必须加一个本地载频信号。要求与原载频同频同相。因此称为同步检波。

二、同步检波器的组成

有乘法器和低通滤波器组成，如图所示。



三、工作原理

1. 输入为双边带信号时： $u_i = U_{im}\cos\Omega t\cos\omega_i t$

设本地载波信号为： $u_o = U_{om}\cos\omega_i t$

◆ 6.5.2 同步检波器

经乘法器相乘，输出电流为

$$ku_i u_o = \boxed{kU_{im}\cos\Omega t\cos\omega_i t} \bullet U_{om}\cos\omega_i t$$

$$= \frac{1}{2}kU_{im}U_{om}\cos\Omega t + \frac{1}{4}kU_{im}U_{om}\cos(2\omega_i + \Omega)t$$

$$+ \frac{1}{4}kU_{im}U_{om}\cos(2\omega_i - \Omega)t$$

经低通滤波器滤 除 $2\omega_i \pm \Omega$ 频率分量，得频率为 Ω 的输出电压。

低通滤波后：$u_\Omega = \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}R\cos\Omega t$ ，实现解调。

6.5.2 同步检波器

2. 输入为单边带调幅波 $u_i = U_{im}\cos(\omega_i + \Omega)t$

本地载频信号为 $u_o = U_{om}\cos\omega_i t$

经乘法器相乘，输出电流为

$$Ku_i u_o = KU_{im}\cos(\omega_i + \Omega)tU_{om}\cos\omega_i t$$

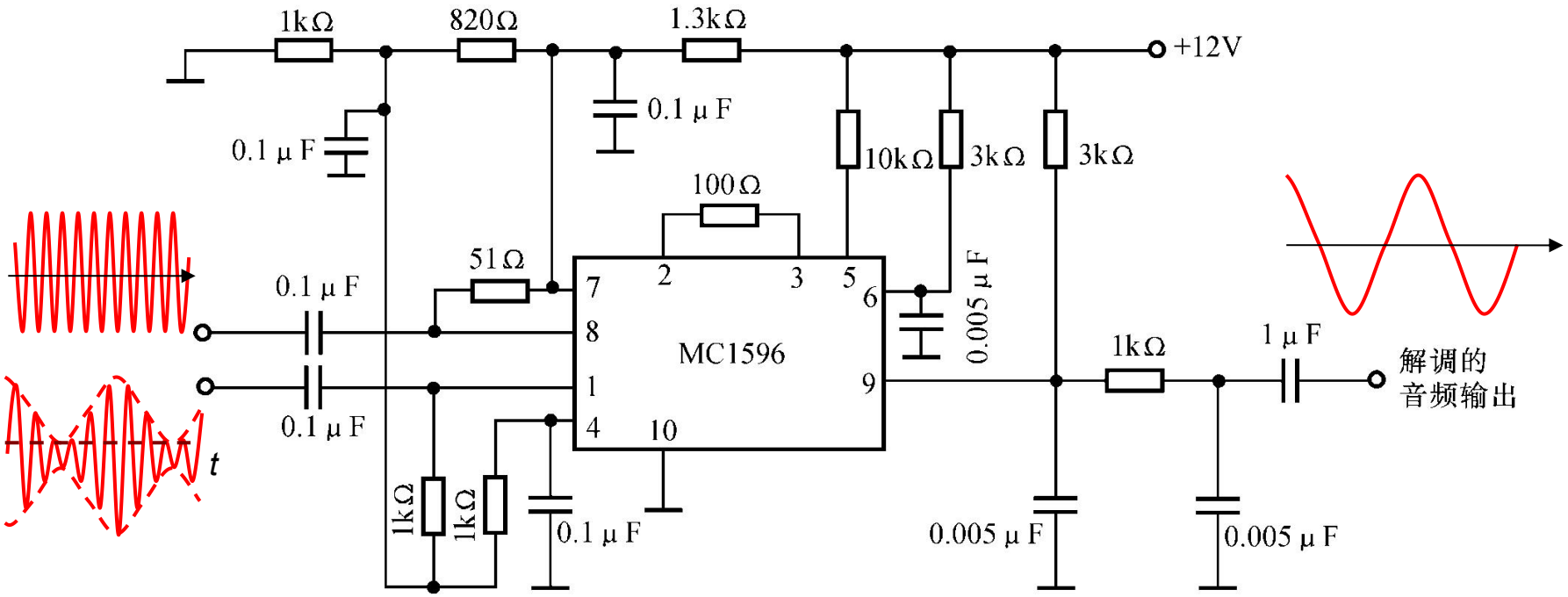
$$= \underbrace{\frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\Omega t}_{\text{低频}} + \underbrace{\frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos(2\omega_i + \Omega)t}_{\text{高频}}$$

经低通滤波器滤除 $2\omega_i + \Omega$ 分量，得到频率为 Ω 的输出电压

$$\boxed{u_\Omega = \frac{1}{2}KU_{im}U_{0m}R\cos\Omega t}$$

◆ 6.5.2 同步检波器

四、实际应用电路



◆ 6.5.2 同步检波器

五、本地载频信号不同步的影响

设本地载频信号与输入载频的不同步量为 $\Delta\omega$,相位不同步量为 φ，即 $u_o = U_{om}\cos[(\omega_i + \Delta\omega)t + \varphi]$

1. 输入为双边带调幅波 $u_i = U_{im}\cos\omega_i t\cos\Omega t$，经乘法器相乘，输出电流为：

$$Ku_i u_o = KU_{im}U_{om}\cos\omega_i t\cos\Omega t\cos[(\omega_i + \Delta\omega)t + \varphi]$$

$$= \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\Omega t\cos(\Delta\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\Omega t\cos[(2\omega_i + \Delta\omega)t + \varphi]$$

经低通滤波器取出低频分量，输出电压为

$$U_\Omega = \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\left(\Delta\omega t + \phi\right)\cos\Omega t$$

$$= \frac{1}{4}KU_{im}U_{om}\cos\left[\left(\Omega + \Delta\omega\right)t + \phi\right] + \frac{1}{4}KU_{im}U_{om}\cos\left[\left(\Omega - \Delta\omega\right)t - \phi\right]$$

当频率、相位不同步时，检出的低频信号将产生频率失真和相位失真。

◆ 6.5.2 同步检波器

2. 输入为单边带调幅波 $u_i = U_{im}\cos(\omega_i + \Omega)t$，经乘法器相乘，输出电流为：

$$KU_iU_O = KU_{im}U_{om}\cos(\omega_i + \Omega)t\cos\left[(\omega_i + \Delta\omega)t + \phi\right]$$

$$= \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\left[(\Omega - \Delta\omega)t + -\phi\right] + \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\left[(2\omega_i + \Omega + \Delta\omega)t + \phi\right]$$

经低通滤波器取出低频分量，输出电压为

$$U_\Omega = \frac{1}{2}KU_{im}U_{om}\cos\left[(\Omega - \underline{\Delta\omega})t - \underline{\varphi}\right]$$

◆当频率、相位不同步时，检出的低频信号将产生频率失真和相位失真。

注意点：

(1)同步解调的关键是乘积项，即以前介绍的具有乘积项的线性频谱搬移电路，只要后接低通滤波器都可实现乘积型同步检波。

(2)同步检波无失真的关键是同步。

◆ 调幅信号的解调小结

①振幅解调概念、特点、形式

②检波电路的功能 输入与输出频谱表示形式

检波电路的组成 检波电路的分类 检波电路的技术指标及计算

③二极管大信号包络检波器电路结构、工作原理、分析过程及通角、输出电压、技术指标的计算

④失真

检波器的失真可分频率失真、非线性失真、惰性失真和负峰切割失真。

产生失真的原因，避免失真的条件

⑤同步检波器概念

电路结构、工作原理、无失真条件

复习题

1. 包络检波和同步检波的区别在哪里？
2. 试述二极管峰值包络检波器中二极管和RC网络的作用？
3. 如果将二极管峰值检波器中的二级管反向，检波器还能否工作？如果能，输出波形是怎样的？
4. 峰值检波器的传输系数最大值是多少？如果要提高峰值检波器的传输系数，应改变电路的哪些元件？改变负载电阻
5. 峰值检波器的二极管的输入电阻与负载电阻的关系是怎样的？ 输入电阻近似为负载电阻的一半
6. 什么叫惰性失真？不产生惰性失真的条件是什么？惰性失真与检波电路的哪些参数有关？
7. 什么叫负峰切割失真？不产生负峰切割失真的条件是什么？负峰切割失真与检波电路的哪些参数有关？
8. 什么叫频率失真？避免频率失真的条件是什么？频率失真与检波电路的哪些参数有关？
9. 什么叫非线性失真？避免非线性失真的条件是什么？

谢谢！