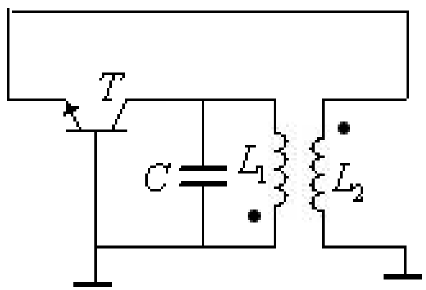
第二次习题课

第5章：正弦波振荡器

第6章：频谱搬移电路

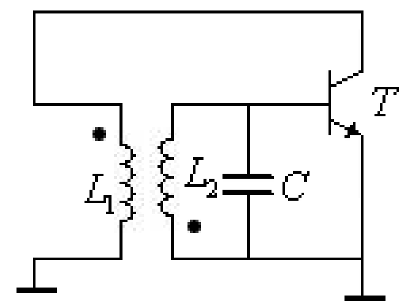
P141，第5.13题

试判断所示交流通路中，能否产生振荡？



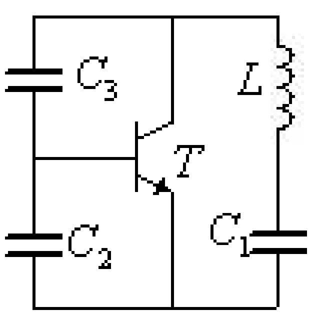
不振。同名端接反，不满足正反馈；

（图a）



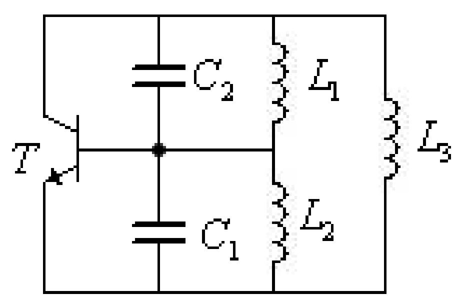
能振。变压器耦合反馈振荡器；

（图b）



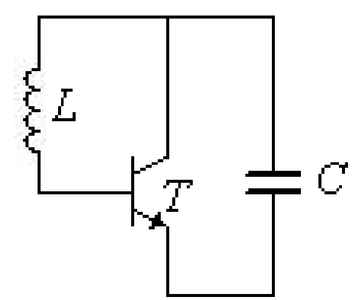
不振。不满足三点式振荡电路的组成法则；

（图c）



可能产生振荡

（图d）

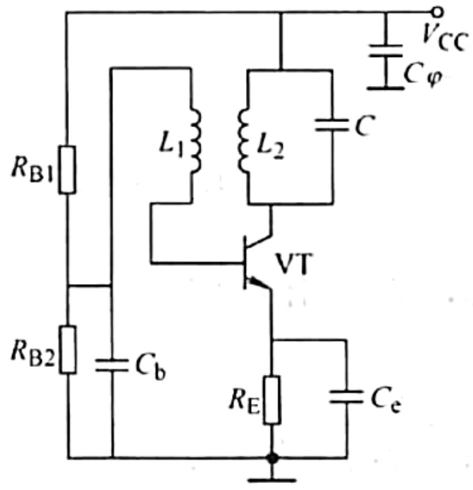


可能产生振荡

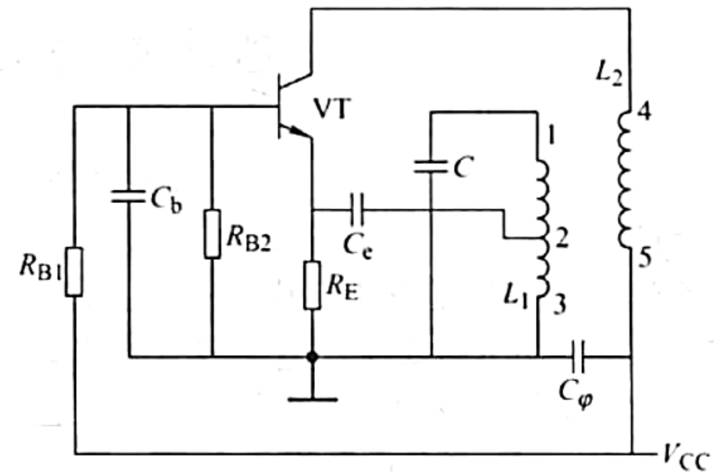
（图e）

P141，第5.14题

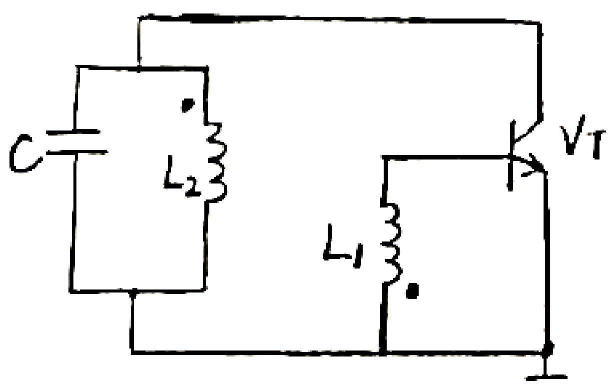
右图为互感耦合反馈式振荡器，画出其高频等效电路，并注明电感线圈的同名端。



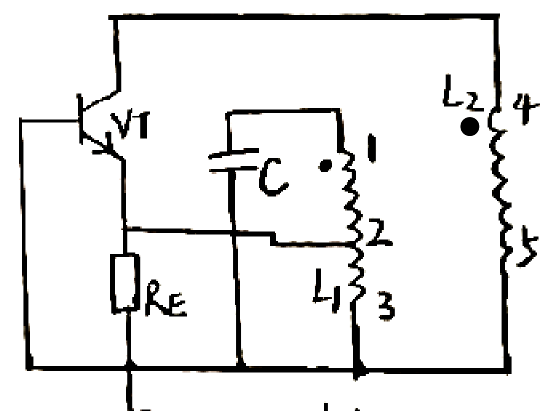
a)



b)



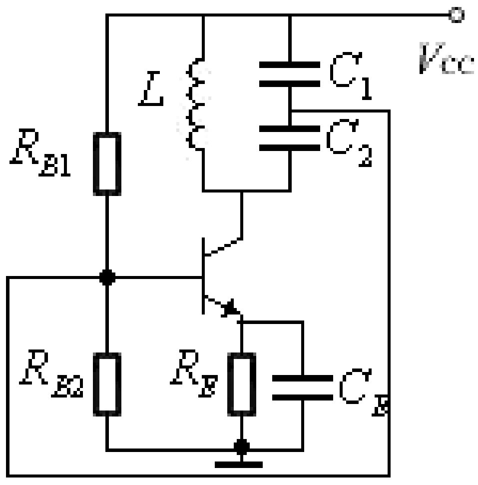
(a)



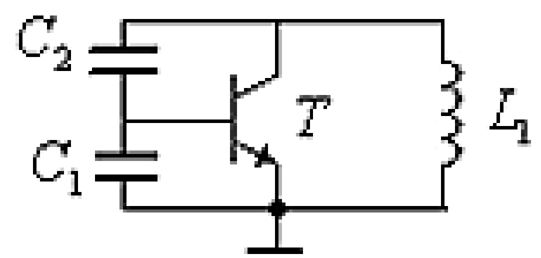
(b)

P141，第5.15题

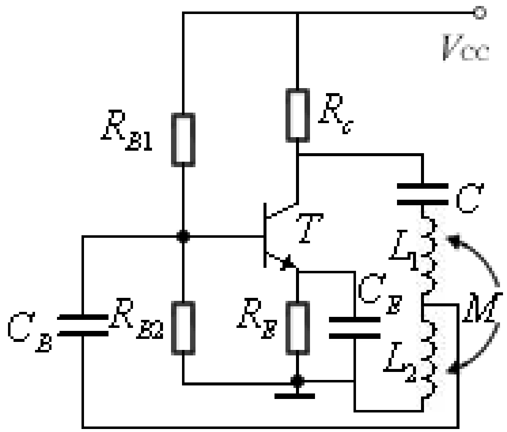
试画出各振荡器的交流通路，并判断能否产生振荡？



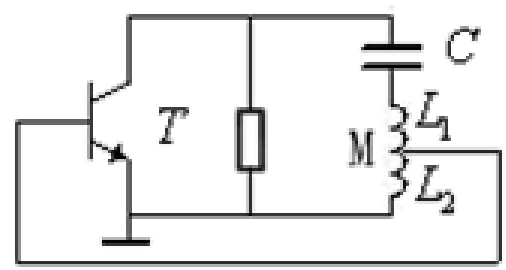
交流通路



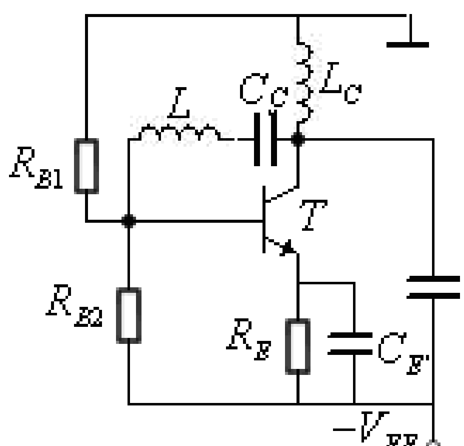
(a) 不振，不满足三点式振荡电路的组成法则



交流通路

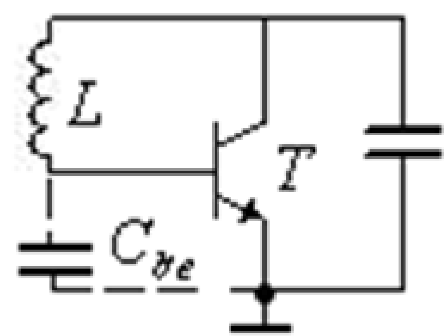


(c) 不振，不满足三点式振荡电路的组成法则



(d)

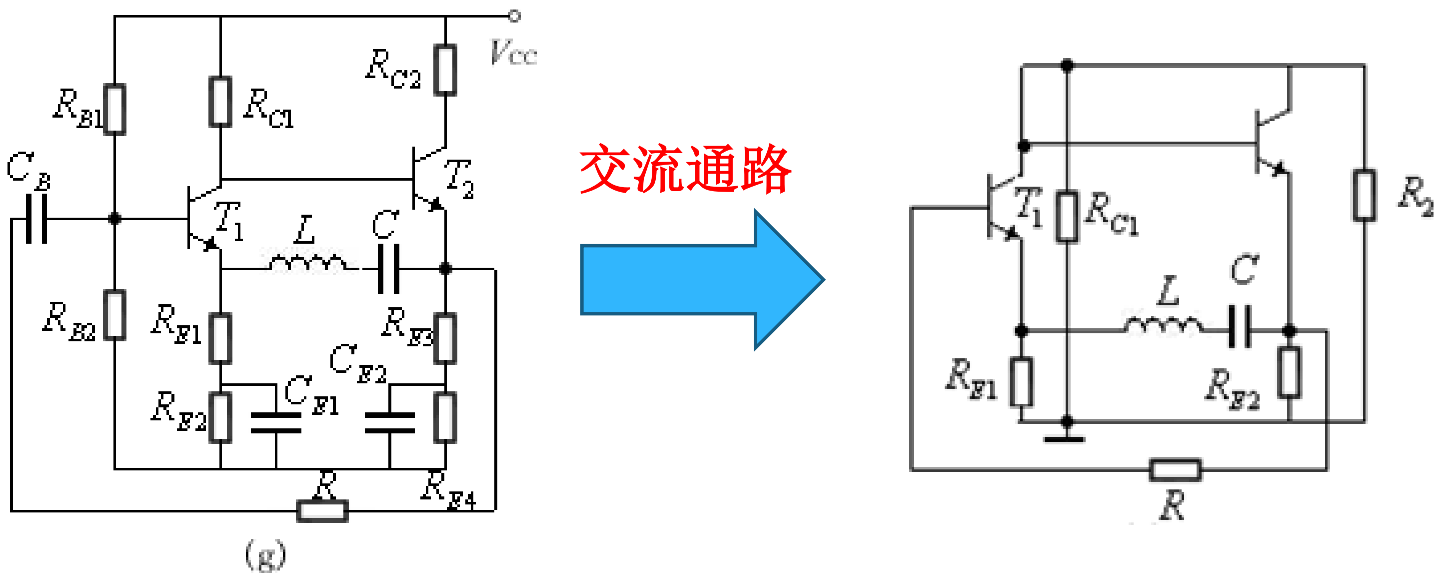
交流通路



(d)

(d) 电容三点式振荡电路

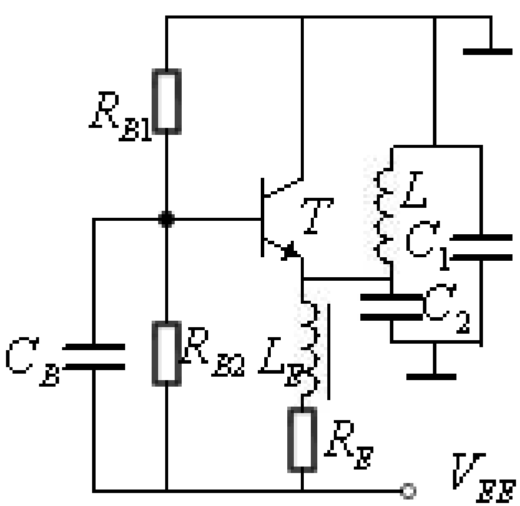
翟超制作



电路同时存在两种反馈，其中通过LC形成正反馈，通过R形成负反馈，串联振荡回路在其谐振频率上呈现最小的阻抗，正反馈最强，因而可以振荡。振荡频率为：$\omega_{osc} \approx \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$

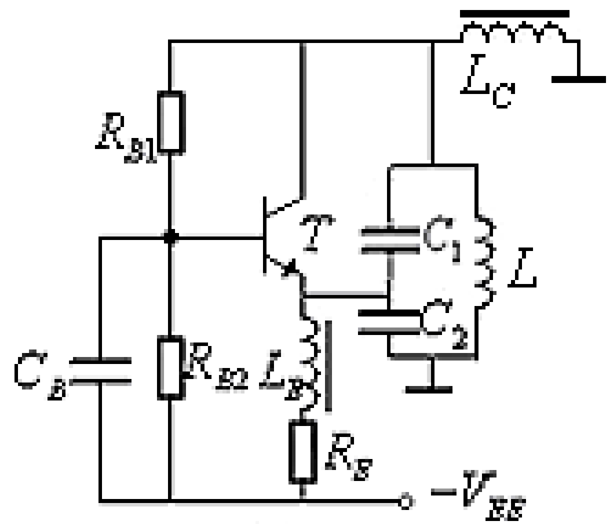
P142，第5.16题

试改正振荡电路中的错误，并指出电路类型。

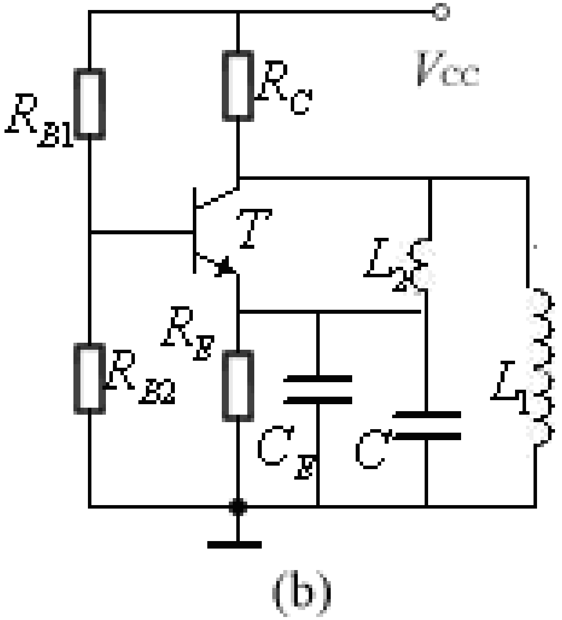


(a)

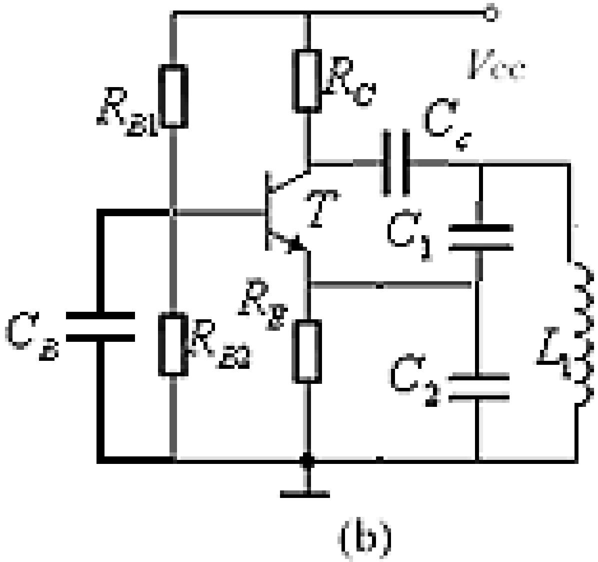
改为

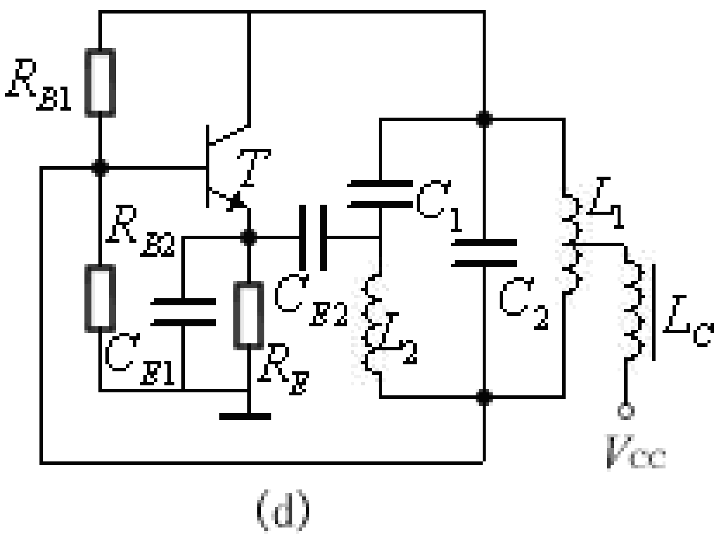


(a)



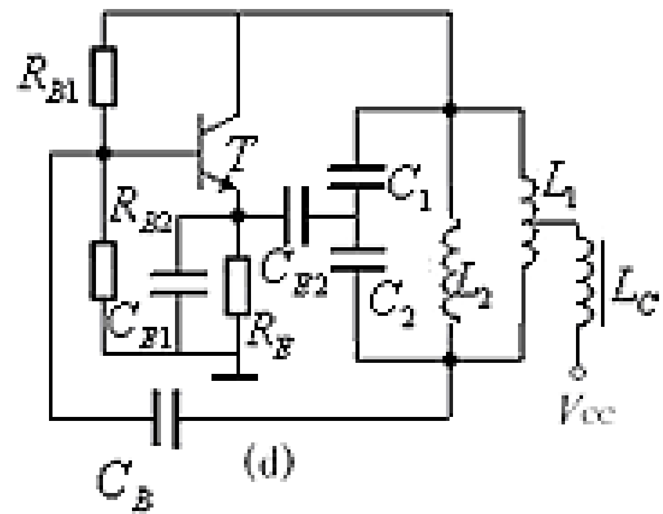
改为



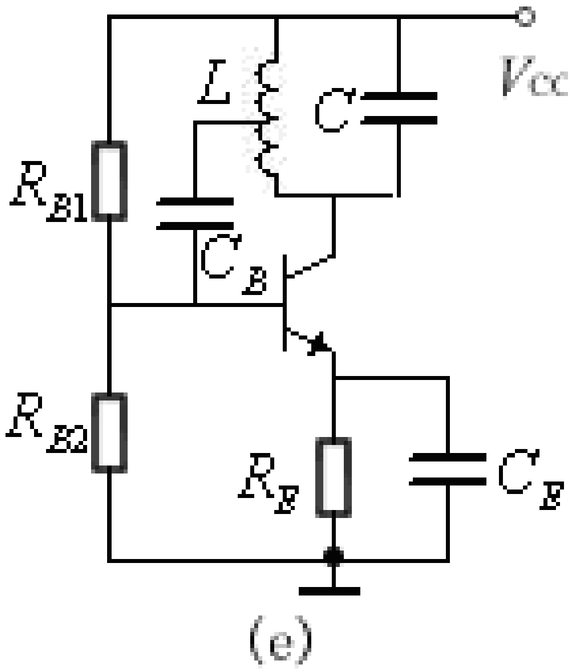


RB1
T
RB2
CE1
CE2
RE
C1
C2
L1
L2
LC
Vcc
(d)

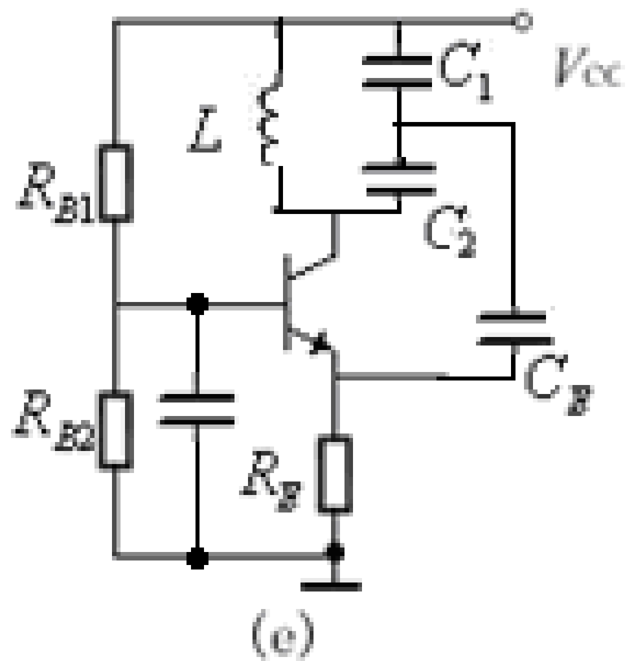
改为

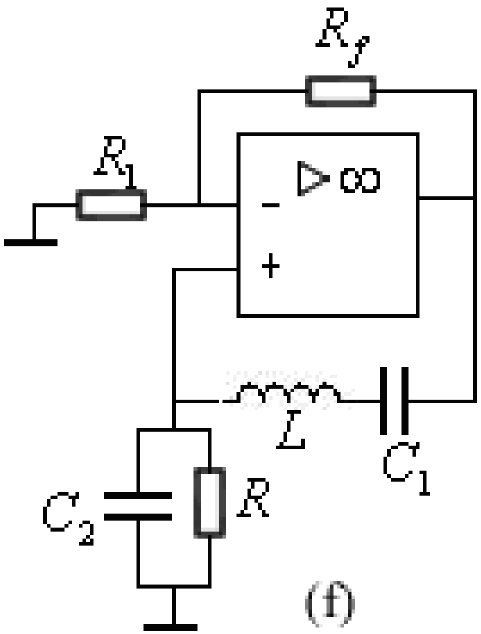


RB1
T
RB2
CE1
CE2
RE
C1
C2
L1
L2
LC
Vcc
CB
(d)



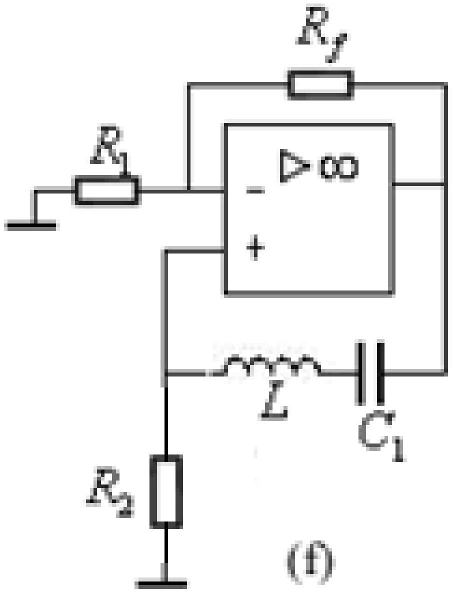
改为





(f)

改为

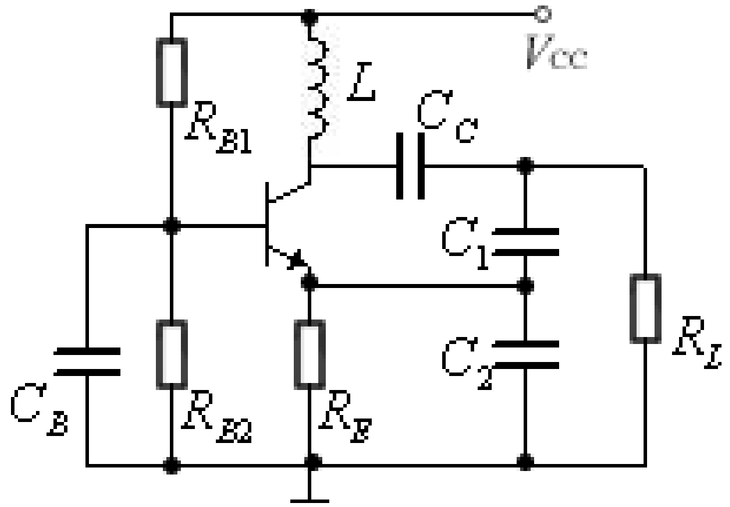


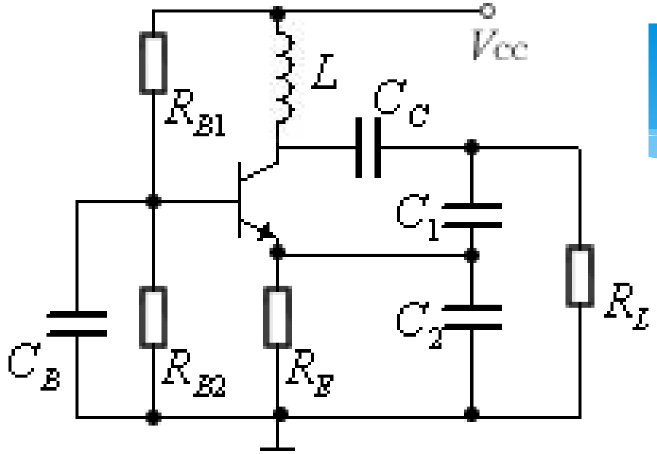
(f)

P142，第5.17题

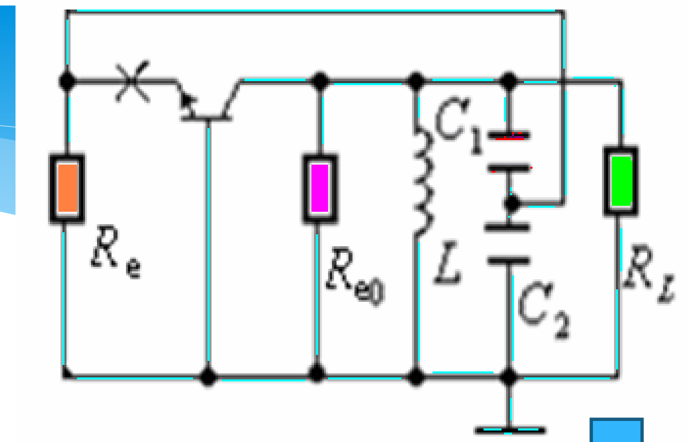
在题 3.12 图所示的三点式振荡电路中，已知 L=1.3μH，C_1=51pF，C_2=2000pF，Q_0=100，

R_L=1kΩ， R_E=500Ω。试问 I_{EQ} 应满足什么要求时振荡器才能振荡。

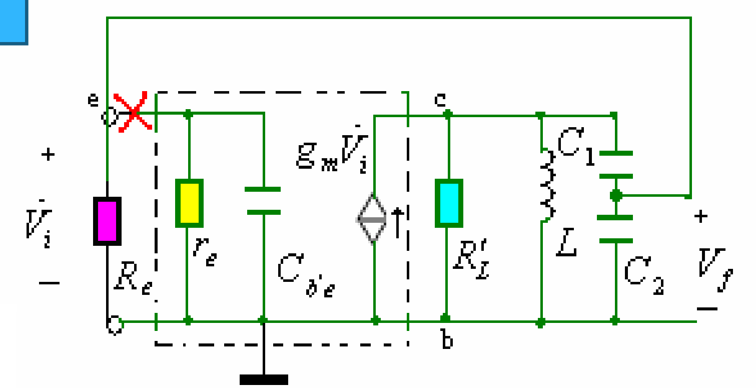


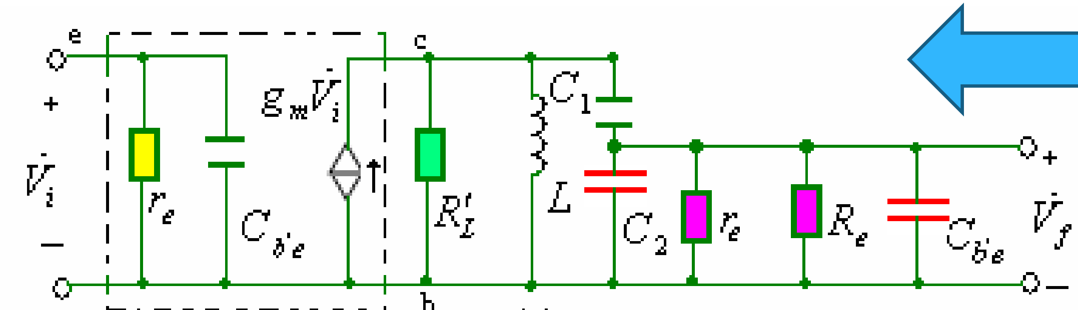


交流通路

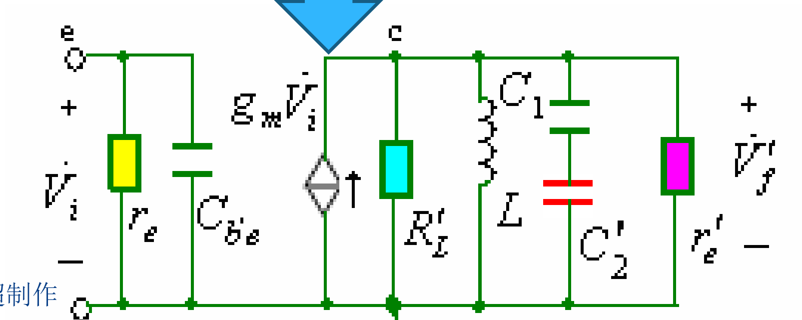


微变等效电路





(a)



(b)

解： 回路中电容为 $C_\Sigma = \frac{C_1 C_2'}{C_1 + C_2'} \approx C_1 = 51\text{pF}$

接入系数 $n = \frac{C_1}{C_1 + C_2'} \approx \frac{C_1}{C_2} = \frac{51}{2000} = 0.0255$

共基极电容三点式振荡器的起振条件 $g_m > \frac{1}{n} g_L' + n g_e$

其中 $g_L' = g_L + g_{eo} = \frac{1}{R_L} + \frac{1}{Q_0}\sqrt{\frac{C_\Sigma}{L}} = 10^{-3} + \frac{1}{100}\sqrt{\frac{51\times 10^{-6}}{1.3}} \approx 1.06(\text{ms})$

因为 $g_m \approx \frac{1}{r_e} = g_e = \frac{I_{EQ}}{26}$

所以 $I_{EQ} > \frac{26}{1-n} \times \frac{1}{n} g_L' = \frac{26}{1-0.0255} \times \frac{1}{0.0255} \times 1.06 \times 10^{-3} \approx 1.11(\text{mA})$

P142，第5.19题

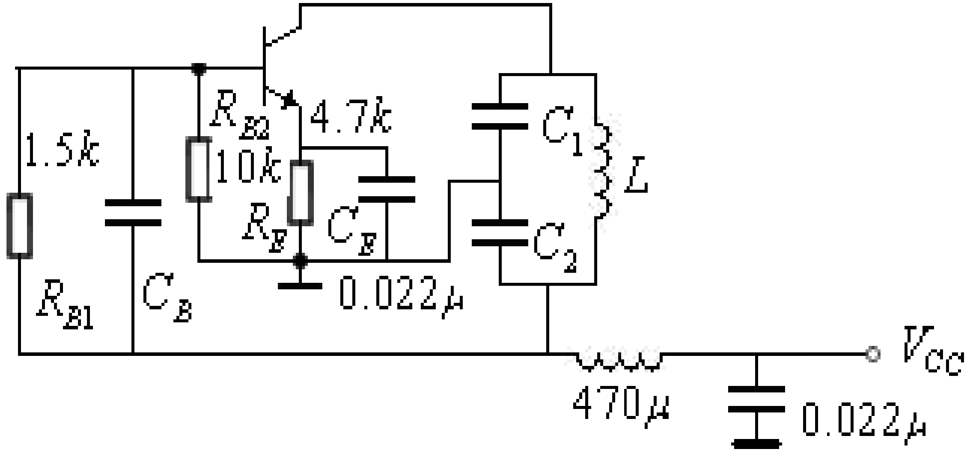
5.19 已知题 5.19 图所示的振荡器中，晶体管在工作条件下的 y 参数为：$g_{ie}=2\text{mS}$，

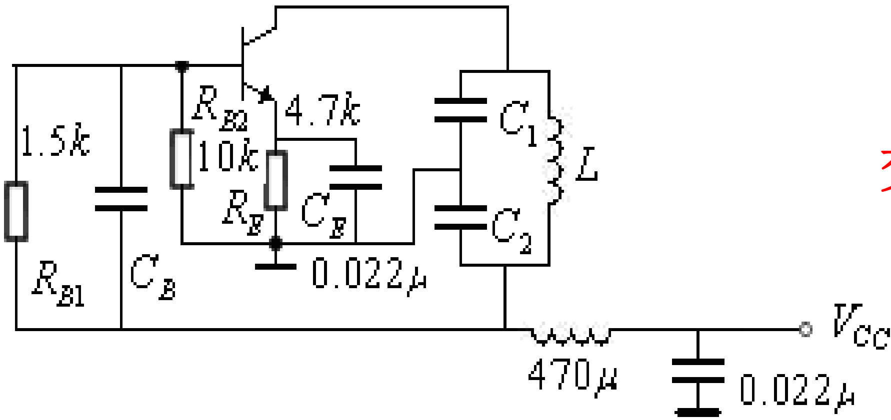
$g_{oe}=20\mu\text{S}$，$|y_{fe}|=20.6\text{mS}$。回路元件参数为 C_2 =300pF，$C_1=60\text{pF}$，$L=5\mu\text{H}$，

（1）画出振荡器的共射交流等效电路；

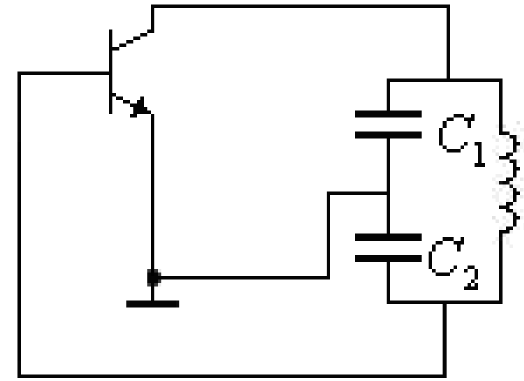
（2）估算振荡频率和反馈系数；

（3）根据振幅起振条件判断该电路能否起振。

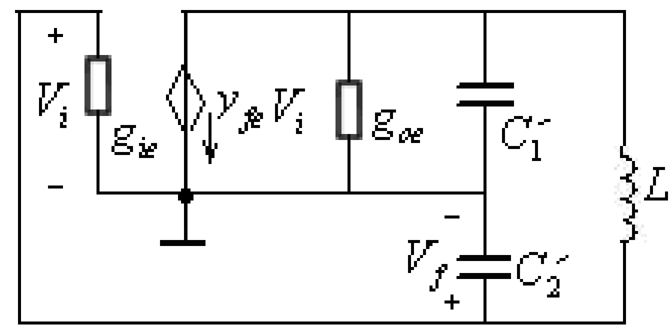


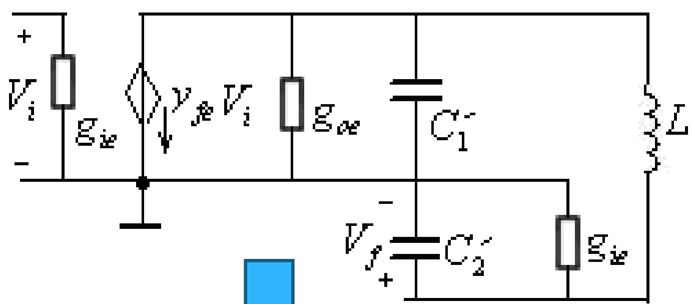

1.5k
R_{B2}
10k
4.7k
R_{B1}
C_B
R_E
C_E
0.022μ
C_1
C_2
L
470μ
0.022μ
V_{CC}

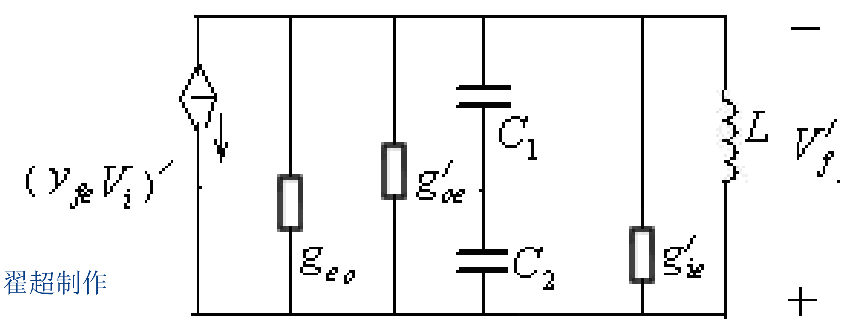
交流通路


C_1
C_2
L

小信号等效


+
V_i
−
g_{ie}
$y_{fe}V_i$
g_{oe}
C_1'
L
−
V_f
+
C_2'


+
V_i
−
g_{ie}
$y_{fe}V_i$
g_{oe}
C_1'
L
−
V_f
+
C_2'
g_{ie}


$(y_{fe}V_i)'$
g_{eo}
g_{oe}'
C_1
C_2
g_{ie}'
L
−
V_f'
+

（2）振荡频率和反馈系数

$$C=\frac{C_1C_2'}{C_1+C_2'}\approx\frac{60\times300}{300+60}\approx60(\mathrm{pF})$$

振荡频率

$$f_{osc}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{6.28\sqrt{5\times10^{-6}\times60\times10^{-12}}}=9.19(\mathrm{MHz})$$

反馈系数

$$k_f=\frac{C_1}{C_1+C_2'}=\frac{1}{6}$$

（3）是否起振?

$$n_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{60}{300+60} = \frac{1}{6}$$

$$n_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} = \frac{300}{300+60} = \frac{5}{6}$$

$$g'_{ie} = n_1^2 \times g_i = n_1^2 \times (g_{ie} + \frac{1}{10}) = \frac{1}{36} \times 2.1 = 0.058ms$$

$$g'_{oe} = n_2^2 g_{oe} = \frac{25}{36} \times 20 = 13.9\mu s$$

$$\dot{V}_f' = \frac{1}{n_1} V_f = 6\dot{V}_f$$

$$(y_{fe}\dot{V}_i)' = n_2 y_{fe}\dot{V}_i$$

$$g_{eo} = \frac{1}{Q_0}\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{1}{100}\sqrt{\frac{60}{5}} = 0.035ms$$

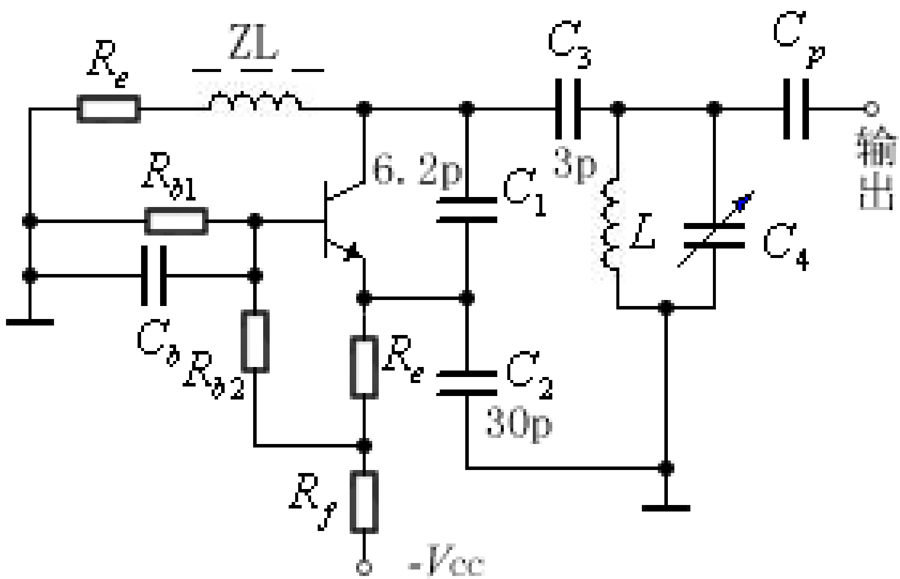
电路的起振条件为： $n_1 n_2 \left|y_{fe}\right| > g_{eo} + g_{oe}' + g_{ie}'$

$$\left|y_{fe}\right| > \frac{1}{n_1 n_2}(g_{eo} + g_{oe}' + g_{ie}') = \frac{36}{5}(0.035 + 0.014 + 0.058) = 0.77$$

电路可以产生振荡

P144，第5.20题

5.20 题 5.20 图所示为 LC 振荡器。（1）试说明振荡电路各元件的作用；（2）若当电感 $L=1.5\mu H$，要使振荡频率为 49.5MHz，则 C_4 应调到何值？



振荡回路总电容

$$C_{\Sigma}=\frac{C_1C_2C_3}{C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3}+C_4=\frac{6.2303}{6.2\times30+30\times3+3\times6.2}+C_4$$

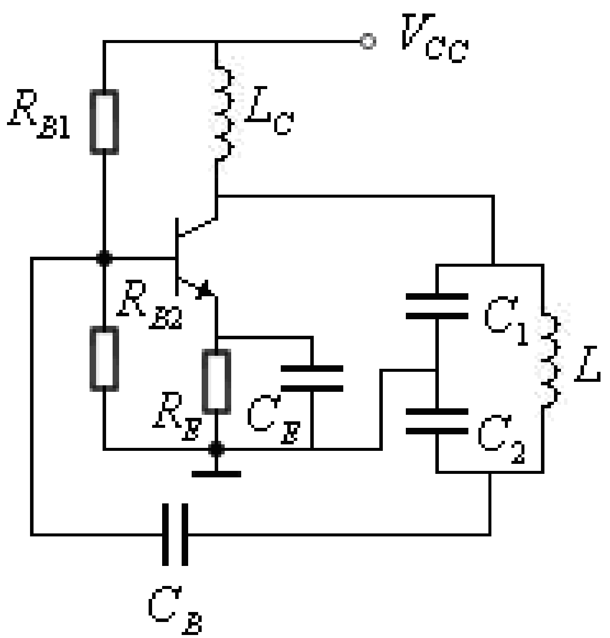
因为回路谐振频率要求为49.5MHz，则

$$C_{\Sigma}=\frac{1}{(2\pi f_0)^2L}=\frac{1}{(2\pi\times49.5\times10^{-6})^2\times1.5\times10^{-6}}==6.899\text{pF}$$

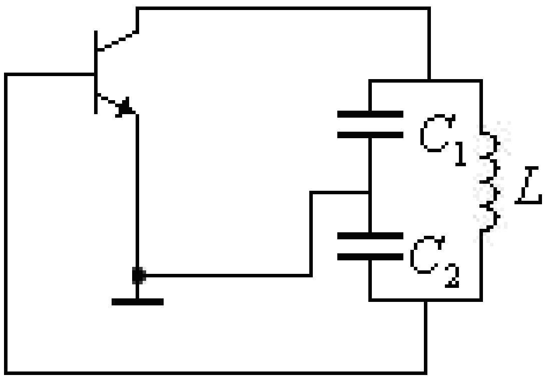
所以 $C_4=C_{\Sigma}-1.894==6.899-1.894=5.005\text{pF}$

P144，第5.21题

在电容反馈振荡电路中 $C_1=100\text{pF}$，$C_2=300\text{pF}$，$L=50\mu\text{H}$。画出电路的交流等效电路，试估算该电路的振荡频率和维持振荡所必须的最小电压放大倍数



振荡器的共射交流等效电路



振荡频率和反馈系数

$$C = \frac{C_1 C_2'}{C_1 + C_2'} \approx \frac{100 \times 300}{300 + 100} \approx 75(\text{pF})$$

振荡频率

$$f_{osc}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{6.28\sqrt{50\times10^{-6}\times75\times10^{-12}}}=2.6(\mathrm{MHz})$$

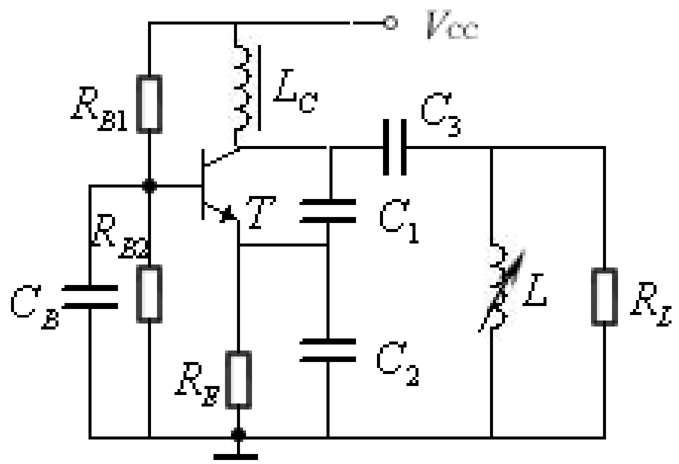
反馈系数 $k_f=\frac{C_1}{C_2'}\approx\frac{100}{300}=\frac{1}{3}$

维持振荡所必须的最小电压放大倍数

$$A_{\upsilon\min}=\frac{1}{k_f}=3$$

P144，第5.25题

5.25 题 5.25图所示为克拉泼振荡电路。已知 L=2μH，C_1 =1000pF，C_2=4000pF，C_3 =70pF，Q_0=100，R_L =15$k\Omega$，$C_{b'e}$ =10pF，R_E =500Ω，试估算振荡角频率 ω_{osc} 值，并求满足起振条件时的 $I_{EQ\min}$。设 β 很大。



由于 $C_1 >> C_3$， $C_2 >> C_3$，因而振荡角频率近似为

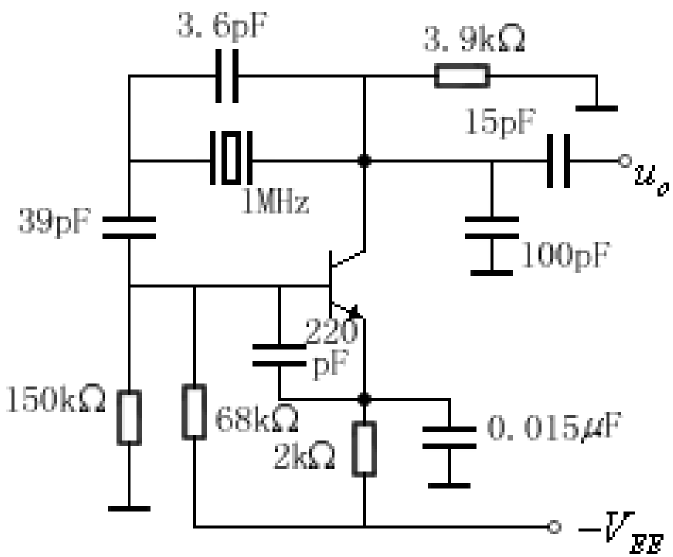
$$\omega_{osc} \approx \frac{1}{\sqrt{LC_3}} = 84.25 \times 10^6 rad/s$$

$$R_{e0} = \omega_{osc} L Q_0 = 16.9 k\Omega$$

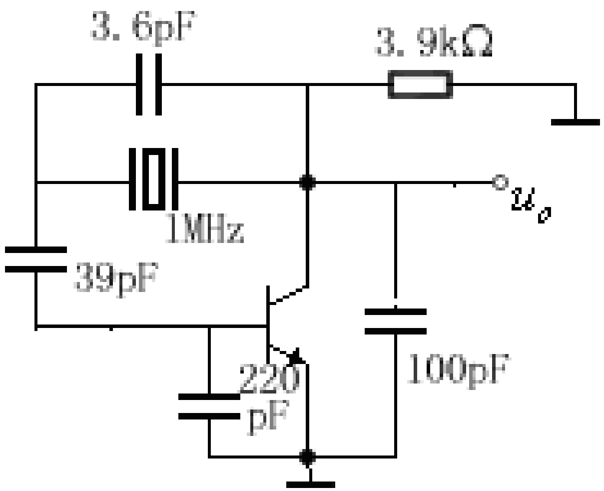
下面怎么做？按照电容三点式的分析方法进行

P144，第5.30题

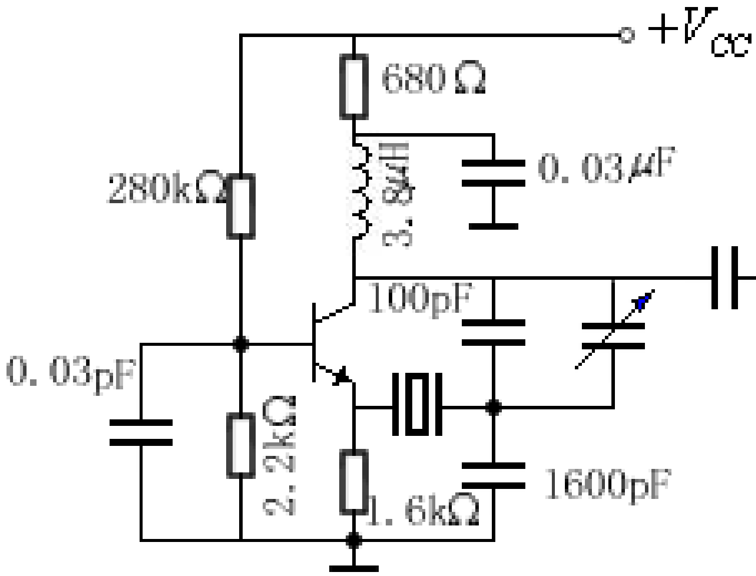
5.30 画出各晶体振荡器的交流通路，并指出电路类型



交流通路

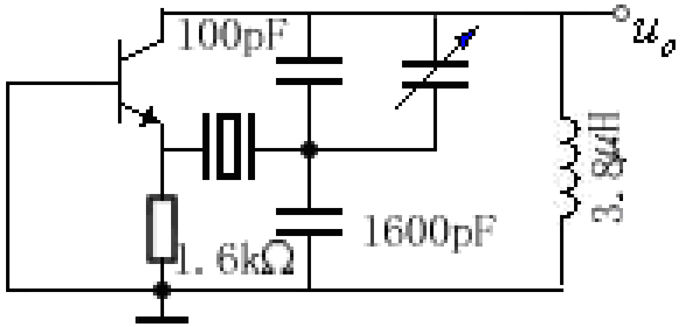


皮尔斯晶振



$+V_{CC}$
680Ω
0.03μF
3.8μH
280kΩ
100pF
u_o
0.03pF
2.2kΩ
1.6kΩ
1600pF

交流通路

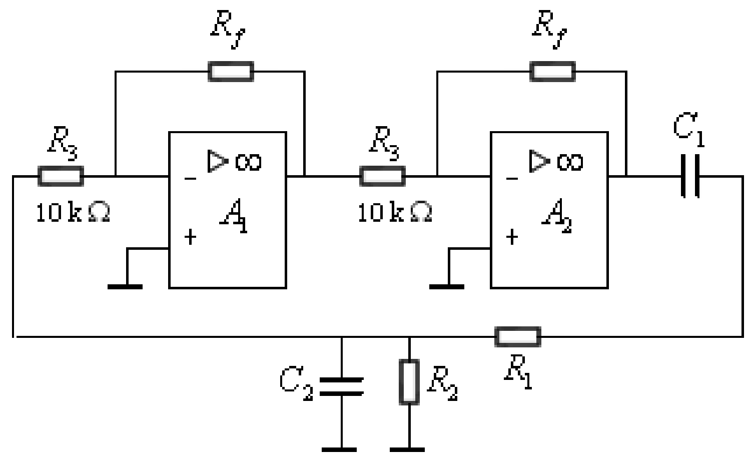


100pF
u_o
3.8μH
1600pF
1.6kΩ

串联型晶振

P146，第5.37题

5.37 试求题5.37图所示串并联移相网络振荡器的振荡角频率 ω_{osc} 及维持振荡所需 R_f 最小值 $R_{f\min}$ 的表示式。已知：$C_1 = C_2 = 0.05\mu F$，$R_1 = 5k\Omega$，$R_2 = 10k\Omega$；



解：因为RC串并联网络的传输特性为

$$k_f(j\omega)=\frac{\dot{V}_f}{\dot{V}_o}=\frac{R_2'//\frac{1}{j\omega C_2}}{R_1+\frac{1}{j\omega C_1}+R_2'//\frac{1}{j\omega C_2}}=\frac{1}{(1+\frac{C_2}{C_1}+\frac{R_1}{R_2'})+j(\omega R_1C_2-\frac{1}{\omega R_2'C_1})}$$

根据相位平衡条件得 $\omega R_1C_2-\frac{1}{\omega R_2'C_1}=0$

所以 $\omega_{osc}=\frac{1}{\sqrt{R_1R_2'C_1C_2}}$ $\omega_{osc}=\frac{1}{R_1C_1}=4\times10^3 rad/s$

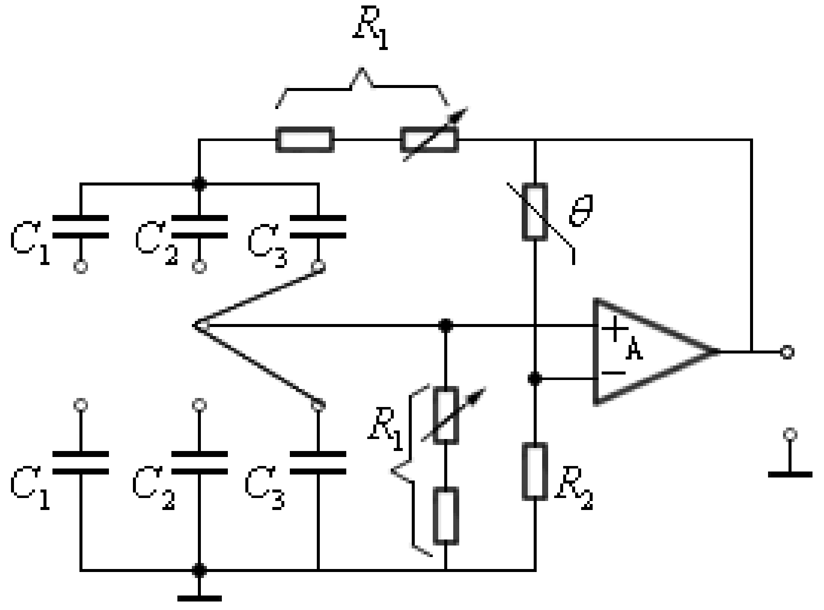
因此反馈系数 $k_f(j\omega_{osc})=\frac{1}{1+\frac{C_2}{C_1}+\frac{R_1}{R_2'}}$ $k_f(j\omega_{osc})=\frac{1}{3}$

根据振幅起振条件，二反向放大器增益应大于3倍，即 $\frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}=(\frac{R_{f\min}}{R_3})^2>3$

所以 $R_{f\min}=\sqrt{3}R_3=17.32k\Omega$

P146，第5.38题

文氏电桥电路音频振荡器的频率范围为20Hz～20kHz，共分为三挡。如果双链可变电阻器R_1的阻值范围是1kΩ~10kΩ,试求C_1、C_2、C_3的值，以及每挡的频率范围。



$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi R_{\min} f_{osc\max}} = \frac{1}{6.28\times10^3\times20\times10^3} = 0.00796(\mu F)$$

$$f'_{osc} = \frac{1}{2\pi R_{\max} C_1} = \frac{1}{6.28\times 10\times10^3\times0.00796\times10^{-6}} \approx 2(kHz)$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi R_{\min} f'_{osc\max}} = \frac{1}{6.28\times10^3\times2\times10^3} = 0.0796(\mu F)$$

$$f''_{osc} = \frac{1}{2\pi R_{\max} C_2} = \frac{1}{6.28\times 10\times10^3\times0.0796\times10^{-6}} \approx 200(Hz)$$

$$C_3=\frac{1}{2\pi R_{\min} f''_{osc\max}}=\frac{1}{6.28\times10^3\times2\times10^2}=0.796(\mu F)$$

$$f_{osc\min}=\frac{1}{2\pi R_{\max}C_3}=\frac{1}{6.28\times10\times10^3\times0.796\times10^{-6}}\approx20\left(Hz\right)$$

每挡的频率范围为

20kHz～2kHz，2kHz～200Hz，200Hz～20Hz。

P218，第6.4题

已知调制信号 $\upsilon_{\Omega}(t)=\left[2\cos\left(2\pi\times2\times10^{3}t\right)+3\cos\left(2\pi\times300t\right)\right]\mathrm{V}$

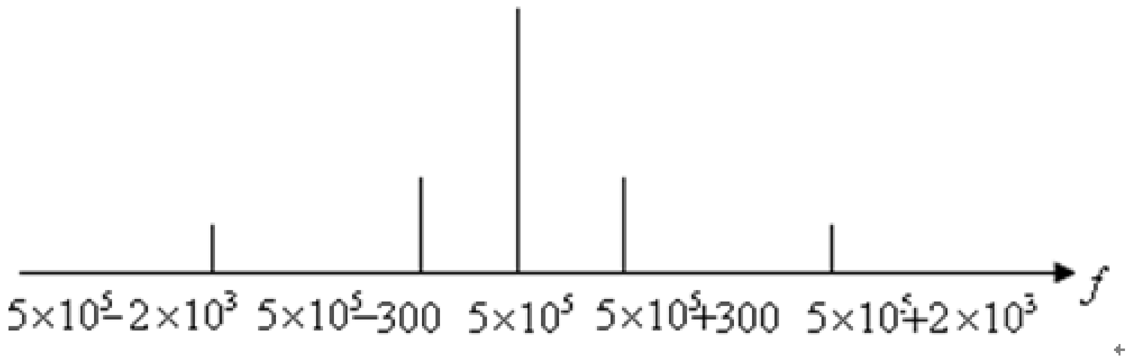
载波信号 $\upsilon_{c}(t)=5\cos\left(2\pi\times5\times10^{5}t\right)V$，$k_{a}=1$，

试写出调幅波的表示式，画出频谱图，求出频带宽度BW。

解：调幅波的表示式：

$$\begin{aligned}\upsilon_{c}(t)&=[5+\mathrm{k_a}\upsilon_{\Omega}(t)]\cos\left(2\pi\times5\times10^{5}t\right)\\&=\{5+\left[2\cos\left(2\pi\times2\times10^{3}t\right)+3\cos\left(2\pi\times300t\right)\right]\}\cos\left(2\pi\times5\times10^{5}t\right)\\&=5[1+0.4\cos\left(2\pi\times2\times10^{3}t\right)+0.6\cos\left(2\pi\times300t\right)]\cos\left(2\pi\times5\times10^{5}t\right)\end{aligned}$$

频谱图



频带宽度

$$BW = 2 \times 2 \times 10^{3} = 4\text{kHz}$$

P218，第6.6题

已知调幅波表示式

$$\upsilon_{AM}(t)=\left\{5\cos\left(2\pi\times10^{6}t\right)+\cos\left[2\pi\left(10^{6}+5\times10^{3}\right)t\right]+\cos\left[2\pi\left(10^{6}-5\times10^{3}\right)t\right]\right\}\mathrm{V}$$

试求出调幅指数及频带宽度，画出调幅波波形和频谱图。

解：上式改写为

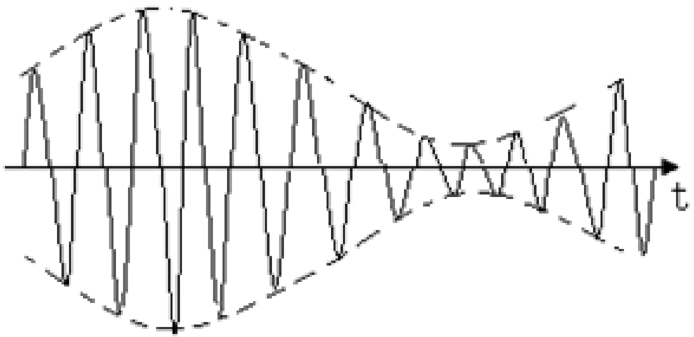
$$\upsilon_{AM}(t)=\left\{5\cos2\pi\times10^{6}t+2\cos2\pi\times10^{6}t\cos2\pi\times5\times10^{3}t\right\}$$

$$=5[1+0.4\cos2\pi\times5\times10^{3}t]\cos2\pi\times10^{6}t$$

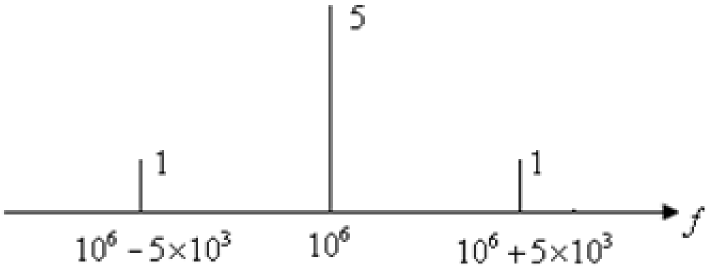
调幅指数 $M_a = 0.4$

频带宽度 $BW = 2 \times 5000 = 10\text{kHz}$

调幅波波形

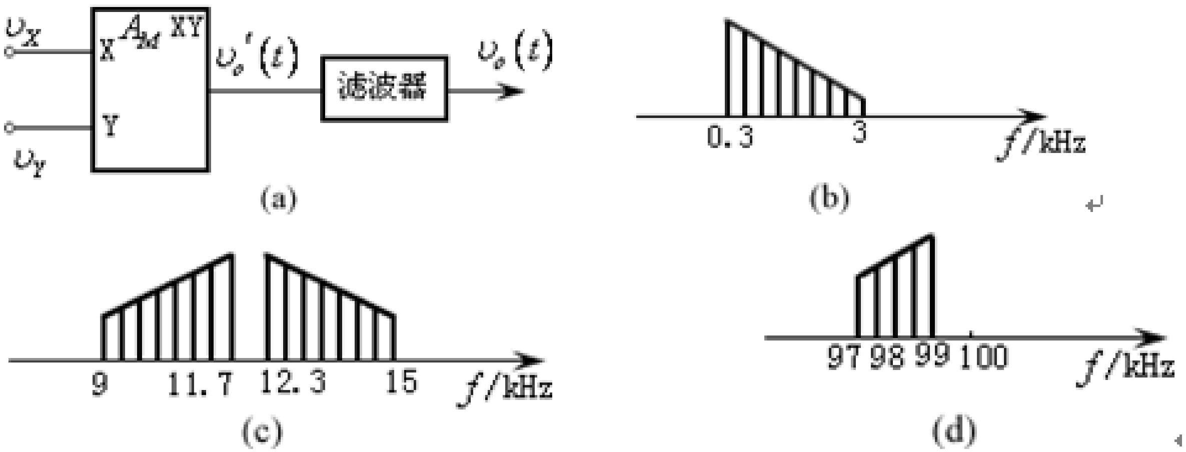


频谱图

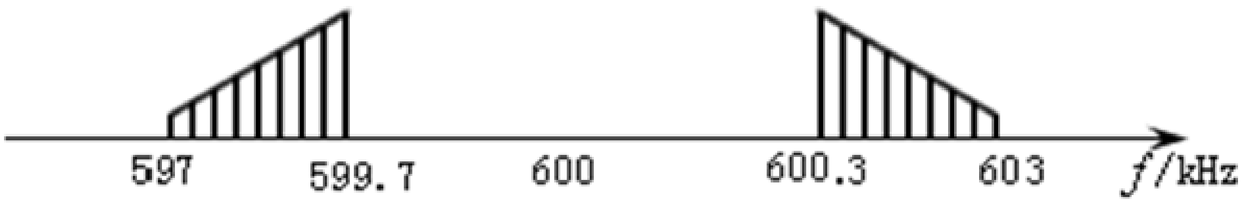


P218，第6.8题

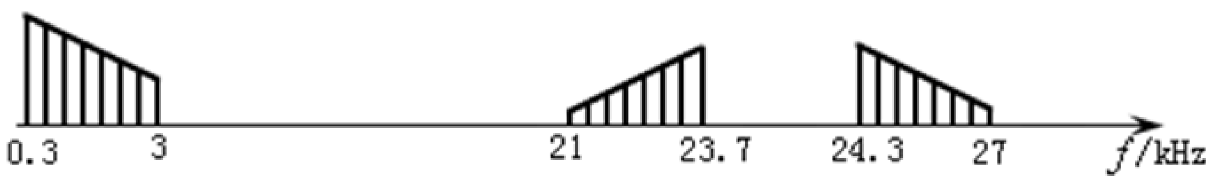
电路如题6.8图（a）所示，试根据 (b)、(c)、(d)所示输入信号频谱，画出相乘器输出电压$v_o'(t)$的频谱。已知参考信号频率为：（a）600kHz；（b）12kHz；(c) 60 kHz；



解：参考信号频率为600kHz时，$v_o'(t)$ 的频谱



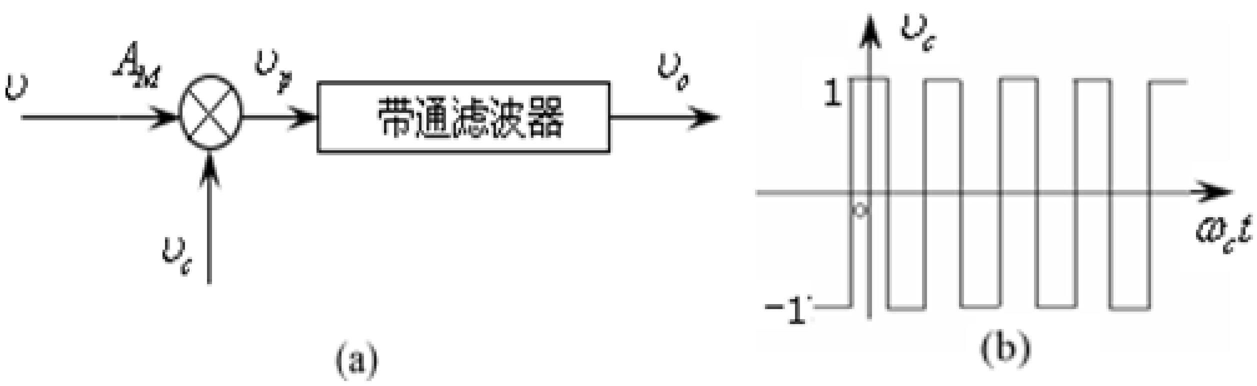
参考信号频率为12kHz时，$v_o'(t)$ 的频谱



参考信号频率为60 kHz时，$v_o'(t)$ 的频谱

P219，第6.9题

在题6.9图（a）所示电路模型中，v_c是重复频率为100*kHz*的方波信号，如图（b）所示。若将该电路模型作为下列功能的频谱搬移电路，试画出滤波器（理想）的幅频特性曲线，并写出电压v_o的表达式。



（1） $\upsilon = \upsilon_{\Omega} = \sum_{n=1}^{10} V_{\Omega m}\cos(2\pi n \times 300t)$，要求输出载频为 300$kHz$ 的 DSB 信号；

（2） $\upsilon = \upsilon_{AM} = V_{cm}[1+\sum_{n=1}^{10} M_{an}\cos(2\pi n \times 300t)]\cos(2\pi \times 100 \times 10^{3} t)$ 要求输出电压不失真的反映调制信号的变化规律；

(3) $\upsilon = \upsilon_{DSB} = V_{cm}[\sum_{n=1}^{10} M_{an}\cos(2\pi n \times 300t)]\cos(2\pi \times 450 \times 10^{3} t)$，要求输出载波频率为 50$kHz$ 的双边带调制信号。

解：双向开关函数的傅立叶展开式为:

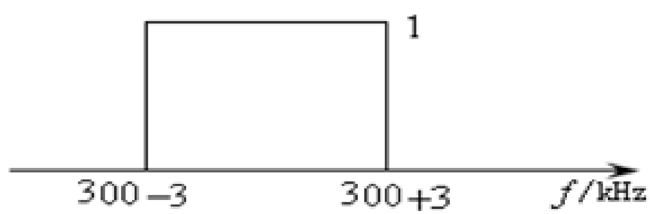
$$k_2(\omega_1 t)=\frac{4}{\pi}\cos\omega_1 t-\frac{4}{3\pi}\cos 3\omega_1 t+\ldots$$

$$=\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{4}{(2n-1)\pi}\cos(2n-1)\omega_1 t$$

此处ω_1为$2\pi*10^5$rad/s

（1）当 $\upsilon=\upsilon_\Omega=\sum_{n=1}^{10}V_{\Omega m}\cos(2\pi n\times 300t)$，要求输出载频为 300$kHz$ 的 DSB 信号时，

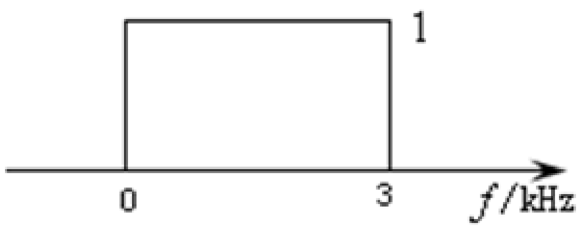
滤波器（理想）的幅频特性曲线为



写出的电压 υ_o 表达式为

$$v_o=F(A_m v_\Omega v_c)=-\frac{4}{3\pi}A_m\sum_{n=1}^{10}V_{\Omega m}\cos(2\pi n\times 300t)\cos(2\pi\times 3\times 10^5 t)$$

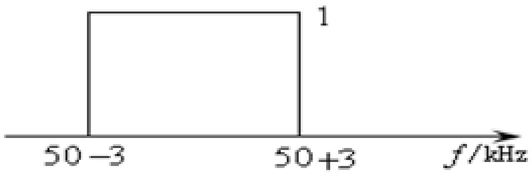
（2）当$\upsilon=\upsilon_{AM}=V_{cm}[1+\sum_{n=1}^{10}M_{an}\cos(2\pi n\times300t)]\cos(2\pi\times100\times10^3t)$，要求输出电压不失真的反映调制信号的变化规律时，滤波器（理想）的幅频特性曲线为



写出的电压υ_o表达式为

$$v_o=\frac{1}{2}\times\frac{4}{\pi}A_mV_{cm}\left[1+\sum_{n=1}^{10}M_{an}\cos(2\pi n\times300t)\right]$$

(3) 当$\upsilon=\upsilon_{DSB}=V_{cm}[\sum_{n=1}^{10}M_{an}\cos(2\pi n\times300t)]\cos(2\pi\times450\times10^3t)$，要求输出载波频率为 50$kHz$ 的双边带调制信号时，滤波器（理想）的幅频特性曲线为



写出的电压υ_o表达式为

$$v_o=\frac{4}{5\pi}\times\frac{1}{2}A_mV_{cm}\left[\sum_{n=1}^{10}M_{an}\cos(2\pi n\times300t)\right]\cos(2\pi\times50\times10^3t)$$

P219，第6.12题

$$P_o = \frac{1}{2}\frac{V_{cm}^2}{R_L}$$

$$P_{SB} = \frac{1}{2}M_a^2 P_o$$

$$P_{av} = P_o + P_{SB}$$

已知负载电阻R_L上的电压表达式为

$$v(t) = (10 + 2.5\cos\Omega t)\cos\omega t \quad (V)$$

求：（1）载波电压的振幅 $V_{cm} = ?$

（2）已调波电压的最大振幅值 $V_{max} = ?$

（3）已调波电压的最小振幅值 $V_{min} = ?$

（4）调幅指数 $M_a = ?$

（5）若负载电阻为1KΩ，计算负载上吸收的载波功率？

负载上吸收的两个边频功率之和？

P220，第6.23题

一非线性器件的伏安特性为 $i=\begin{cases} g_D\upsilon & (\upsilon>0) \\ 0 & (\upsilon\le 0) \end{cases}$

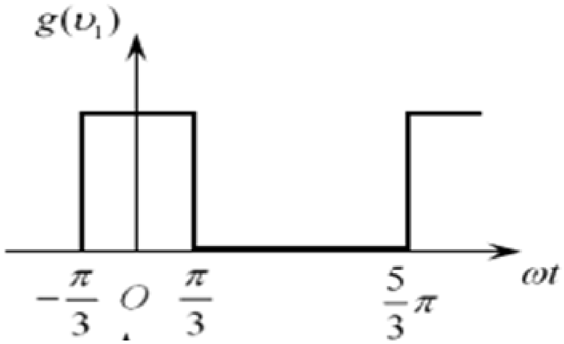
式中 $\upsilon=V_Q+\upsilon_1+\upsilon_2=V_Q+V_{1m}\cos\omega_1 t+V_{2m}\cos\omega_2 t$。若 V_{2m} 很小，满足线性时变条件，则在 $V_Q=-V_{1m}/2$、0、V_{1m} 三种情况下，画出 $g(\upsilon_1)$ 波形，并求出时变增量电导 $g(\upsilon_1)$ 的表达式，分析该器件在什么条件下能实现振幅调制、解调和混频等频谱搬移功能。

（1）$V_Q=-\frac{1}{2}V_{1m}$时，画出$g(t)$波形如入（c）所示，图中通角由$\cos\theta=\frac{\frac{1}{2}V_m}{V_m}=\frac{1}{2}$，

求得$\theta=\frac{\pi}{3}$

$$g_0=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi/3}^{\pi/3}g_D d\omega t=\frac{1}{3}g_D$$

$$g_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi/3}^{\pi/3}g_D\cos n\omega t=\frac{2g_D}{n\pi}\sin(\frac{n\pi}{3}),$$

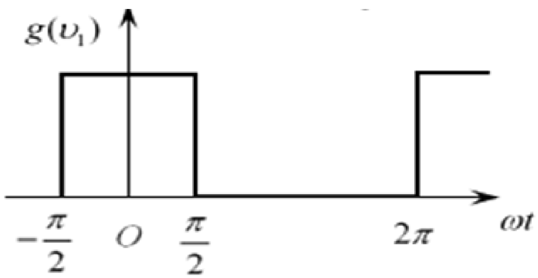


$$g(t)=\frac{1}{3}g_D+\frac{2g_D}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\sin(\frac{n\pi}{3})\cos n\omega_1 t$$

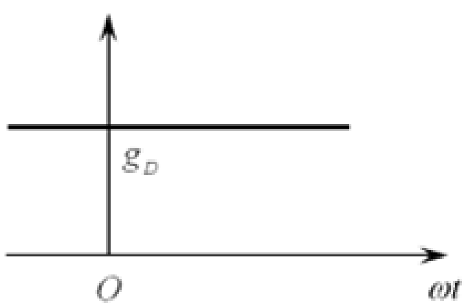
（2） $V_Q = 0$ 时，画出的 $g(\upsilon)$ 波形如图（b）所示。

$$g(t) = g_D K_1(\omega_1 t) = g_D(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi}\cos\omega_1 t - \frac{2}{3\pi}\cos 3\omega_1 t + \cdots)$$

$$= g_D[\frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{2}{(2n-1)\pi}\cos(2n-1)\omega_1 t]$$

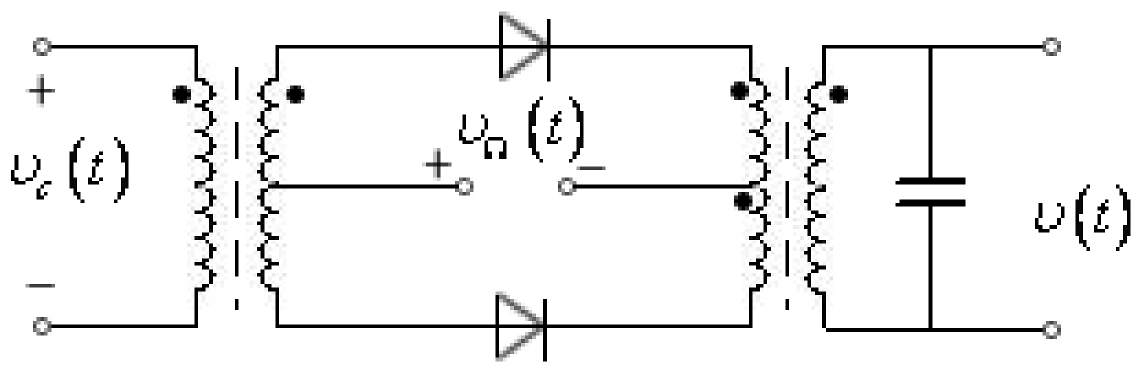


（3） $V_Q = V_{1m}$， $g(t) = g_D$，如图（e）所示。



P223，第6.32题

二极管平衡调幅电路如题 6.32 图所示。如图$\upsilon_c(t)$及$\upsilon_\Omega(t)$的注入位置如图中所示，其中载波信号$\upsilon_c(t)=V_{cm}\cos\omega_c t$，调制信号$\upsilon_\Omega(t)=V_{\Omega m}\cos\Omega t$，$V_{cm}$足够大使二极管工作于开关状态，求$\upsilon(t)$的表达式（输出调谐回路中心频率为$\omega_c$通频带为$2\Omega$）。



解： 由于$v_c(t)$为大信号，D_1的开关函数为$K(\omega_c t)$，而D_2的开关函数为$K(\omega_c t-\pi)$。由下图所示电流流向，可得

$$i_1=\frac{1}{r_d+R_L'}K(\omega_c t)\cdot[\upsilon_c(t)+\upsilon_\Omega(t)]$$

$$i_2=\frac{1}{r_d+R_L'}K(\omega_c t-\pi)\cdot[\upsilon_\Omega(t)-\upsilon_c(t)]$$

其中，R_L'表示次级等效电阻反射到初级的等效负载电阻。

对于次级回路电流来说（不考虑滤波作用），则

$$i=i_1-i_2$$

$$=\frac{1}{r_d+R_L'}\upsilon_\Omega(t)[K(\omega_c t)-K(\omega_c t-\pi)]+\frac{1}{r_d+R_L'}\upsilon_c(t)[K(\omega_c t)+K(\omega_c t-\pi)]$$

$$=\frac{1}{r_d+R_L'}V_{\Omega m}\cos\Omega t[\frac{4}{\pi}\cos\omega_c t-\frac{4}{3\pi}\cos 3\omega_c t+\cdots]+\frac{1}{r_d+R_L'}V_{cm}\cos\omega_c t$$

经次级带通滤波器（中心频率 ω_c、带通宽度为2Ω），取出输出电压

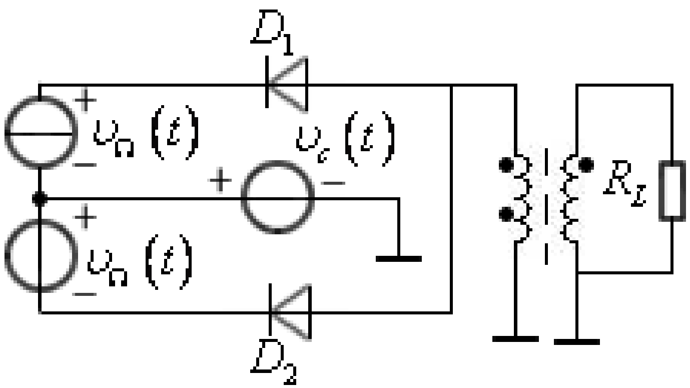
$$v(t)=\frac{R_L}{r_d+R_L'}\left[\frac{2}{\pi}V_{\Omega m}\cos(\omega_c+\Omega)+\frac{2}{\pi}V_{\Omega m}\cos(\omega_c-\Omega)t+V_{cm}\cos(\omega_c t)\right]$$

此时中含有 ω_c 、 $\omega_c\pm\Omega$，为普通调幅波，即此电路不能实现双边带调幅。

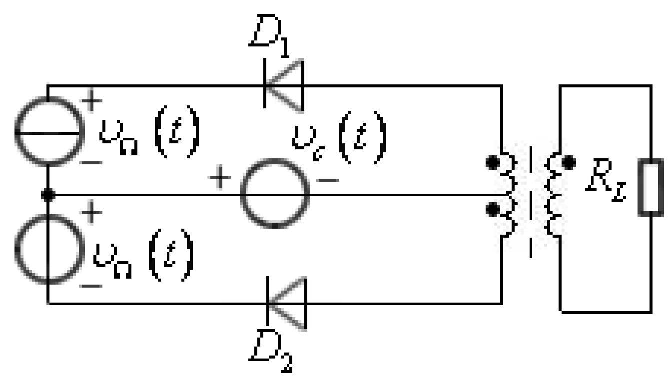
R_L 为变压器次级等效电阻

P223，第6.33题

调制信号 $v_\Omega(t)=V_{\Omega m}\cos\Omega t$，载波信号 $v_c(t)=V_{cm}\cos\omega_c t$，并且 $V_{cm}>>V_{\Omega m}$ $\omega_c>>\Omega$，二极管特性相同，均从原点出发，斜率为 g_d 的直线，试问图中电路能否实现双边带调幅？为什么？

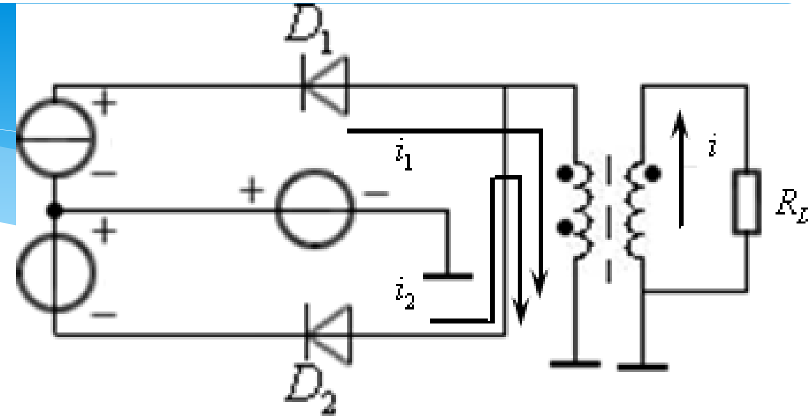


(a)



(b)

对于图(a)来说，在大信号$\upsilon_c(t)$作用下，D_1 D_2的开关函数均为$K(\omega_c t-\pi)$。假设其电流向如图解(a)中所示，则



(a)

$$i_1=\frac{1}{r_d+R_L'}K(\omega_c t-\pi)[\upsilon_c(t)+\upsilon_\Omega(t)]$$

$$i_2=\frac{1}{r_d+R_L'}K(\omega_c t-\pi)[\upsilon_c(t)-\upsilon_\Omega(t)]$$

次级回路电流 $i=i_1+i_2$

$$i=\frac{2}{r_d+R_L'}\upsilon_c(t)K(\omega_c t-\pi)$$

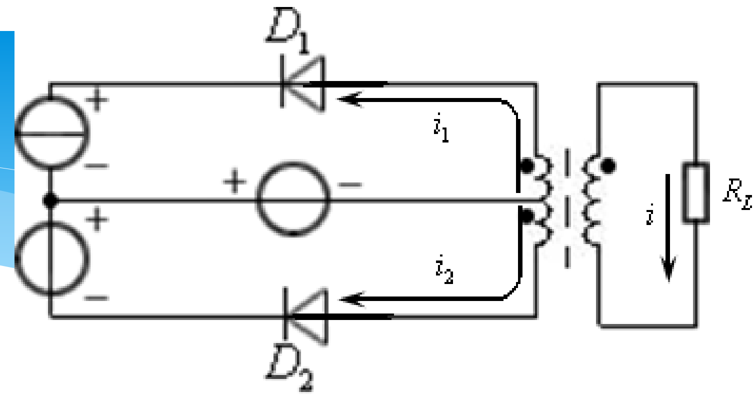
$$=\frac{2}{r_d+R_L'}[\frac{1}{2}-\frac{2}{\pi}\cos\omega_c t+\frac{2}{3\pi}\cos 3\omega_c t-\cdots]V_{cm}\cos_c t$$

可见i中含有 ω_c $2\omega_c$ $4\omega_c$ ....等频率分量

因不含 $\omega_c\pm\Omega$ 项，

故不能实现调幅

对于图(b)来说，在大信号$\upsilon_c(t)$ 作用下，D_1 D_2 的开关函数均为 $K(\omega_c t-\pi)$ 。假设其电流向如图解(b)中所示，则



(b)

$$i_1=\frac{1}{r_d+R_L'}K(\omega_c t-\pi)[-\upsilon_c(t)-\upsilon_\Omega(t)]$$

$$i_2=\frac{1}{r_d+R_L'}K(\omega_c t-\pi)[-\upsilon_c(t)+\upsilon_\Omega(t)]$$

次级回路电流 $i=i_2-i_1$

$$i=\frac{2}{r_d+R_L'}\upsilon_\Omega(t)K(\omega_c t-\pi)$$

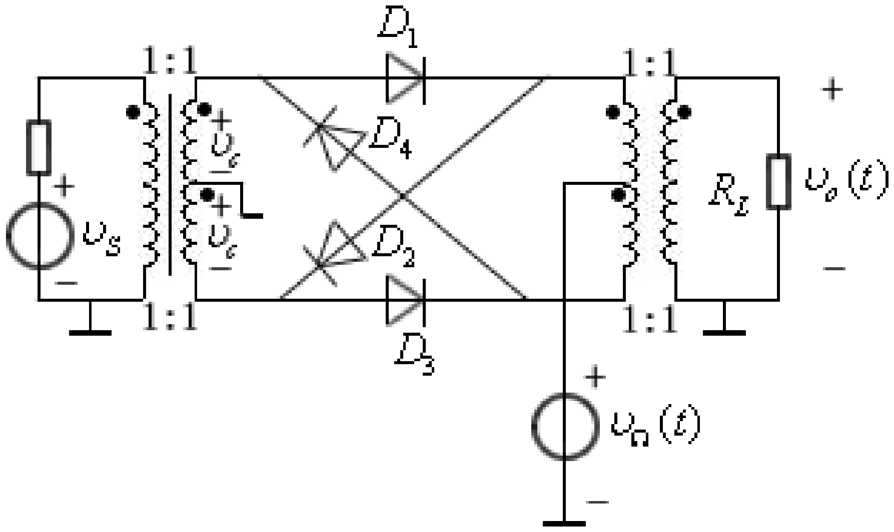
$$=\frac{2}{r_d+R_L'}[\frac{1}{2}-\frac{2}{\pi}\cos\omega_c t+\frac{2}{3\pi}\cos 3\omega_c t-\cdots]V_{\Omega m}\cos\Omega t$$

可见i中含有Ω $\omega_c\pm\Omega$ $3\omega_c\pm\Omega$ ....等频率分量

若采用中心频率为ω_c，带宽为 2Ω 的带通滤波器，则可实现双边带调幅。

P223，第6.34题

采用双平衡混频组件作为振幅调制器，如题 6.34 图所示。图中$\upsilon_c(t)=V_{cm}\cos\omega_c t$，$\upsilon_\Omega(t)=V_{\Omega m}\cos\Omega t$。各二极管正向导通电阻为$R_D$，且工作在受$\upsilon_c(t)$控制的开关状态。设$R_L>>R_D$，试求输出电压$\upsilon_o(t)$表达式。



$$i_I = i_1 - i_2 = \frac{-2\upsilon_\Omega(t)}{2R_L + R_D} K_1(\omega_c t) \qquad i_{II} = i_3 - i_4 = \frac{-2\upsilon_\Omega(t)}{2R_L + R_D} K_1(\omega_c t - \pi)$$

$$i = i_I - i_{II} = \frac{-2\upsilon_\Omega(t)}{2R_L + R_D}[K_1(\omega_c t) - K_1(\omega_c t - \pi)] = \frac{-2\upsilon_\Omega(t)}{2R_L + R_D} K_2(\omega_c t)$$

$$\upsilon_O(t) = \frac{-2R_L}{2R_L + R_D}\upsilon_\Omega(t) K_2(\omega_c t) \approx -\upsilon_\Omega(t) K_2(\omega_c t)$$

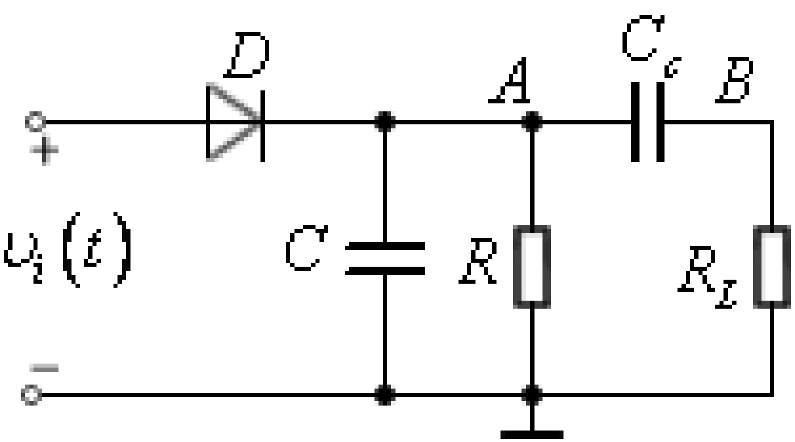
P223，第6.35题

二极管检波器如题 6.35 图所示。已知二极管的导通电阻 $R_D = 60\,\Omega$， $V_{D(on)} = 0$，

$R = 5\mathrm{k}\Omega$， $R_L = 10\mathrm{k}\Omega$， $C = 0.01\mu\mathrm{F}$，$C_c = 20\mu\mathrm{F}$，输入调幅波的载波频率为 465kHz，

调制信号频率为 5kHz，调幅波振幅的最大值为 20V，最小值为 5V，

试求：（1） υ_A、 υ_B；．（2）能否产生惰性失真和负峰切割失真。



解：根据题意 $V_{\max}=V_{im}(1+M_a)=20V, V_{\min}=V_{im}(1-M_a)$，则

$$M_a=\frac{V_{\max}-V_{\min}}{V_{\max}+V_{\min}}=\frac{20-5}{20+5}=0.6$$

$$V_{im}=\frac{V_{\max}-V_{\min}}{1+M_a}=\frac{20}{1+0.6}=12.5V$$

可得输入信号电压

$$\upsilon_i(t)=12.5(1+0.6\cos 10\pi\times 10^3 t)\cos 2\pi\times 465\times 10^3 t V$$

（1）求υ_A、υ_B

$$\theta = \sqrt[3]{\frac{3\pi r_d}{R}} = \sqrt[3]{\frac{3\pi \times 60}{5000}} = 0.484\text{rad}$$

$$\eta_d = \cos\theta = 0.885$$

$$\begin{aligned} v_A &= \eta_d \times 12.5(1 + 0.6\cos 10\pi \times 10^3 t) \\ &= 11.06(1 + 0.6\cos 10\pi \times 10^3 t) \quad V \end{aligned}$$

$$v_B = 6.64\cos(10\pi \times 10^3 t) \quad V$$

（2）不产生惰性失真的条件是 $RC\Omega \le \dfrac{\sqrt{1-M_a^2}}{M_a}$

$$RC\Omega = 5\times10^3\times0.01\times10^{-6}\times10\pi\times10^3 = 1.57$$

$$\frac{\sqrt{1-M_a^2}}{M_a} = \frac{\sqrt{1-0.6^2}}{0.6} = 1.33$$

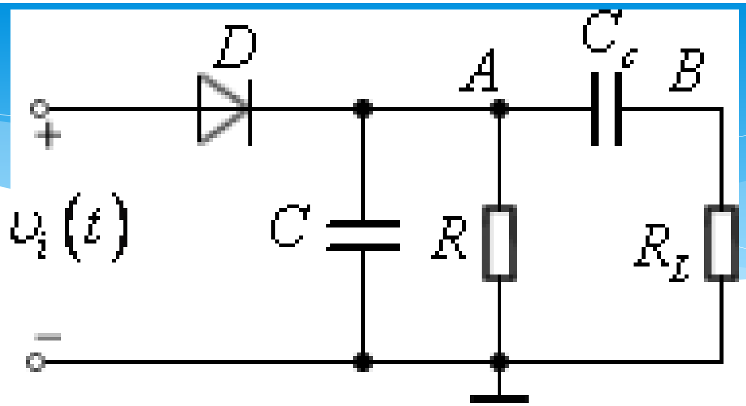
$RC\Omega > \dfrac{\sqrt{1-M_a^2}}{M_a}$ 产生惰性失真。

不产生负峰切割失真的条件是 $M_a \le \dfrac{R_\Omega}{R}$，

$$\frac{R_\Omega}{R} = \frac{R_L}{R+R_L} = \frac{10}{5+10} = 0.666$$

$M_a \le \dfrac{R_\Omega}{R}$ 不产生负峰切割失真。

P223，第6.36题



6.36 二极管检波电路仍如题 6.36 图所示。电路参数与题 6.35 相同，只是 R_L 改为 5kΩ，输入信号电压

$$\upsilon_i(t) = 1.2\cos(2\pi\times465\times10^3 t) + 0.36\cos(2\pi\times462\times10^3 t) + 0.36\cos(2\pi\times468\times10^3 t)\,\text{V}$$

试求：（1）调幅指数 M_a，调制信号频率 F，调幅波的数学表达式；

（2）试问能否产生惰性失真和负峰切割失真？

（3）$\upsilon_A=?\ \upsilon_B=?$ 画 A、B 点的瞬时电压波形图。

解：（1）因为

$$\upsilon_i(t) = V_{im}(1+M_a\cos\Omega t)\cos\omega_i t$$

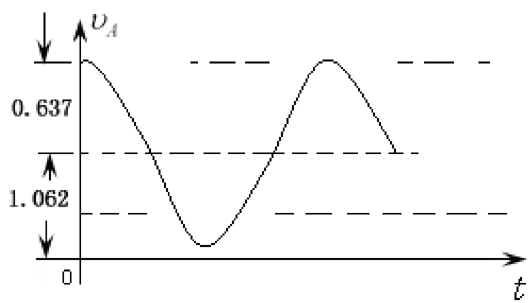
$$= V_{im}\cos\omega_i t + \frac{1}{2}M_a V_{im}\cos(\omega_i+\Omega)t + \frac{1}{2}M_a V_{im}\cos(\omega_i-\Omega)t$$

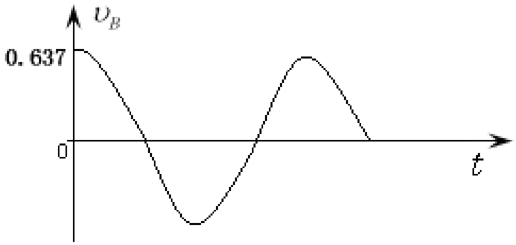
所以

V_{im}=1.2V， M_a=0.6，F=3KHz， f_c=465KHz

数学表达式

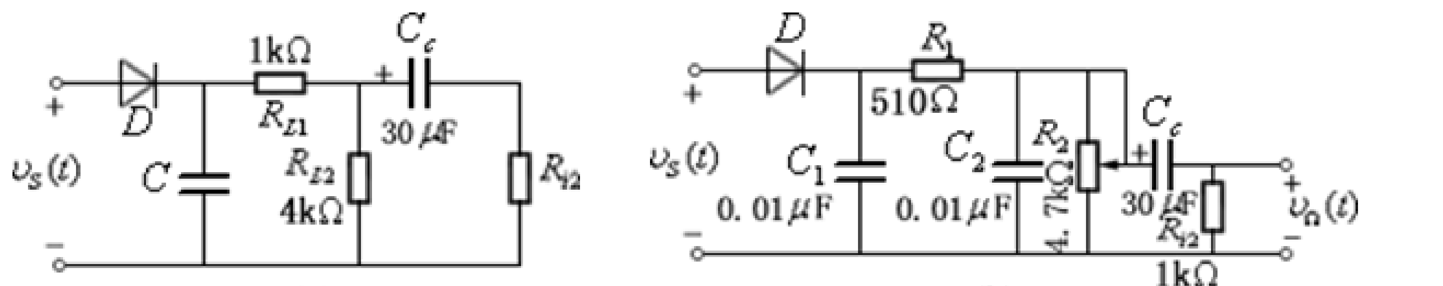
$$\upsilon_i(t) = 1.2(1+0.6\cos 6\pi\times 10^3 t)\cos 2\pi\times 465\times 10^3 tV$$





P224，第6.40题

包络检波电路如题 6.40 图所示，二极管正向电阻 $R_D=100\Omega$，F=（100～5000）Hz。图（a）中，$M_{a\max}=0.8$；图（b）中 $M_a=0.3$。试求图（a）中电路不产生负峰切割失真和惰性失真的 C 和 R_{i2} 值。图（b）中当可变电阻 R_2 的接触点在中心位置时，是否会产生负峰切割失真？



(a) (b)

避免惰性失真发生的条件，避免负峰切割失真的条件！！

避免惰性失真的条件：

$$R_L C \le \frac{\sqrt{1-M_a^2}}{\Omega M_a}$$

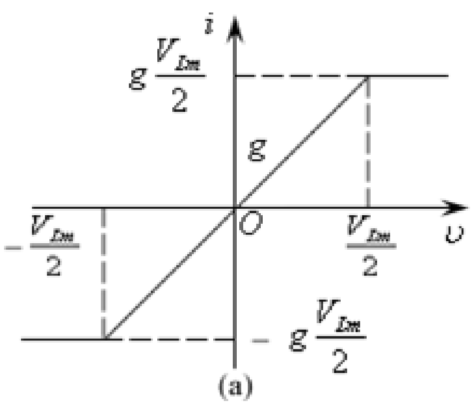
避免负峰切割失真的条件

$$M_a < \frac{Z_L(\Omega)}{Z_L(0)}$$

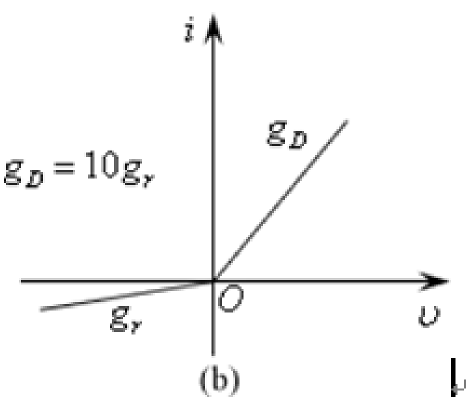
怎么计算交流电阻和直流电阻？？

P226，第6.49题

已知混频电路的输入信号电压$\upsilon_s(t)=V_{sm}\cos\omega_c t$，本振电压$\upsilon_L(t)=V_{lm}\cos\omega_L t$，静态偏置电压$V_Q=0\ V$，在满足线性时变条件下，试分别求出具有题 6.49 图所示两种伏安特性的混频管的混频跨导g_{mc}。



（a）



（b）

解： （1）根据（a）所示伏安特性，画出跨导特性。在$v_L(t)$作用下，画出g(t)波形，如下图（a）所示，其中基波分量振幅为

$$g_{m1} = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} g(t)\cos(\omega_L t)d\omega_L t = \frac{2}{\pi}g\int_0^{\pi}\cos(\omega_L t)d\omega_L t = 0$$

$$g_{mc} = \frac{1}{2}g_{m1} = 0$$

（2）同样根据图（b）所示伏安特性，画出的跨导特性和在$v_L(t)$作用下得到的g(t)波形，如下图（b）所示，其中基波分量振幅为

$$g_{m1} = \frac{2}{\pi}[\int_0^{\pi} g(t)\cos\omega_L t d\omega_L t = \frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} g_D \cos\omega_L t d\omega_L t + \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} g_r \cos\omega_L t d\omega_L t]$$

$$= \frac{2}{\pi}[g_D \sin\omega_L t \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} + g_r \sin\omega_L t \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\pi}] = \frac{2}{\pi}(g_D - g_r)$$

所以 $$g_{mc} = \frac{1}{2}g_{m1} = \frac{1}{\pi}(g_D - g_r) = \frac{9}{\pi}g_r$$