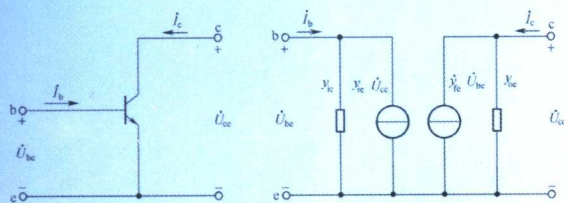


高频电子电路学习指导

——疑难详解与习题解答

张澄等编著



高频电子电路学习指导

——疑难详解与习题解答

张 澄 等 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

高频电子电路学习指导：疑难详解与习题解答 / 张澄等编著. —北京：人民邮电出版社，2008.1
ISBN 978-7-115-16838-2

I. 高… II. 张… III. 高频—电子电路—高等学校：技术学校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 143600 号

内 容 提 要

本书是人民邮电出版社 2006 年出版的《高职高专电子信息专业教材》系列丛中《高频电子电路》的辅助教材，本书内容针对《高频电子电路》教材中所讲述的内容进行了要点和难点分析，并给出了大量的例题。本书还给出了与《高频电子电路》教材各章内容相关的习题，习题形式多样，涉及基本概念、定理、定义、分析、计算等方面。本书的最后给出了《高频电子电路》教材的习题答案以及教材的勘误表。

本书适合于高职高专院校电子信息专业高频电子电路课程的授课教师和学生参考使用。

高频电子电路学习指导——疑难详解与习题解答

- ◆ 编 著 张 澄 等
责任编辑 杨 凌
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：9.5
字数：229 千字 2008 年 1 月第 1 版
印数：1-3 000 册 2008 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16838-2/TN

定价：19.00 元

读者服务热线：(010)67129258 印装质量热线：(010)67129223

反盗版热线：(010)67171154

目 录

第 1 章 高频小信号放大器	1
1.1 重点与难点	1
1.1.1 高频小信号放大器的功能、分类与技术指标	1
1.1.2 晶体管高频小信号等效电路	2
1.1.3 晶体管谐振放大器	3
1.1.4 小信号谐振放大器的稳定性	6
1.2 例题及习题	7
1.2.1 例题	7
1.2.2 习题	19
1.2.3 答案	31
第 2 章 正弦波振荡器	33
2.1 要点与难点	33
2.1.1 反馈振荡器的工作原理	33
2.1.2 振荡器的类型及对比	34
2.2 例题及习题	38
2.2.1 例题	38
2.2.2 习题	43
2.2.3 习题答案	52
第 3 章 调幅检波及混频	55
3.1 要点及难点	55
3.1.1 调幅	55
3.1.2 检波	60
3.1.3 混频	64
3.2 例题及习题	66
3.2.1 例题	66
3.2.2 习题	71
3.2.3 答案	77
第 4 章 高频功率放大器	83
4.1 重点与难点	83
4.1.1 高频功率放大器概述	83

4.1.2	谐振高频功率放大器	83
4.2	例题和习题	93
4.2.1	例题	93
4.2.2	习题	97
4.2.3	答案	104
第 5 章	角度调制与解调	105
5.1	要点及难点	105
5.1.1	角度调制	105
5.1.2	线性与非线性调制	105
5.1.3	PM 与 FM 波的数学表达式	105
5.1.4	鉴频电路的主要性能指标	107
5.2	例题及习题	108
5.2.1	例题	108
5.2.2	习题	110
5.2.3	答案	118
第 6 章	反馈控制电路	120
6.1	重点与难点	120
6.1.1	自动增益控制电路 (AGC 电路)	120
6.1.2	自动频率控制电路 (AFC 电路)	121
6.1.3	自动相位控制电路 (锁相环路 PLL) 与频率合成	122
6.1.4	锁相环的应用	125
6.2	习题与答案	127
6.2.1	习题	127
6.2.2	答案	130
附录一	《高频电子电路》习题解答	131
附录二	模拟试卷	142
1.	《高频电子电路》模拟试卷 A	142
2.	《高频电子电路》模拟试卷 B	144
3.	《高频电子电路》模拟试卷 C	145

第 1 章 高频小信号放大器

1.1 重点与难点

1.1.1 高频小信号放大器的功能、分类与技术指标

1. 功能

高频小信号放大器的功能是对高频信号实现不失真的放大。需要注意的是,所谓小信号,是指放大器的输入信号小,用于放大的有源器件(晶体管或场效应管等)在线性范围内工作,即放大不产生失真。高频是指被放大信号的频率在数百千赫至数百兆赫,也就是说,在分析放大器时,应该考虑有源器件的极间电容对放大器的影响。

高频小信号放大器的功能也可以从输入信号与输出信号所含频谱来说明,即在有源器件工作于线性范围的条件下,输出信号的频谱与输入信号的频谱完全相同。

2. 分类

高频小信号放大器的分类方式较多,在这里应该特别注意的是,按照放大信号的频谱宽度,分为宽带放大器和窄带放大器。因为在低频电子线路中讲过的放大器中很少提到窄带放大器,而在通信系统中往往又要用窄带放大器,所以本章内容以分析窄带高频小信号放大器为重点。

3. 主要技术指标

在分析窄带高频小信号放大器时,应该注意主要技术指标的具体含义。

(1) 电压增益与功率增益

放大器的电压增益定义为放大器负载上的输出电压与输入电压之比,即:

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$$

放大器的功率增益定义为放大器输出给负载的功率与输入功率之比,即:

$$A_P = \frac{P_o}{P_i}$$

(2) 通频带

放大器的通频带的定义是放大器的电压增益下降到最大值的 $1/\sqrt{2}$ 时所对应的频带宽度,通常用 $2\Delta f_{0.7}$ 来表示。

放大器的通频带的含义是输入信号的频率在通频带内时可以正常放大,而输入信号的频

率在通频带外时不能正常放大，即电压增益小，可近似认为不能通过放大器。

(3) 矩形系数

矩形系数是表征放大器选择性好坏的一个参量。而选择性是表示选取有用信号，抑制无用信号的能力。理想的频带放大器应该对通频带内的频谱分量有同样的放大能力，而对通频带以外的频谱分量要完全抑制，不予放大。所以，理想的频带放大器的频率响应曲线应是矩形。通常，用矩形系数来表示实际放大器的频率响应曲线与理想的矩形频率响应曲线相差的程度，其定义为：

$$K_{r,0.1} = \frac{2\Delta f_{0.1}}{2\Delta f_{0.7}}$$

式中， $2\Delta f_{0.7}$ 为放大器的通频带； $2\Delta f_{0.1}$ 为放大器的电压增益下降至最大值的 0.1 时所对应的频带宽度。

(4) 工作稳定性

放大器工作的稳定性是一个较为重要的问题，由于晶体管的反向传输导纳不为零，内部反馈会造成放大器工作不稳定。不稳定状态的极端情况是放大器自激，使放大器完全不能工作。常用稳定系数来表示放大器的稳定性能。

(5) 噪声系数

噪声系数是用来表征放大器噪声性能好坏的一个参量。放大器的噪声系数的定义是放大器输入端信号噪声功率比 P_{si}/P_{ni} 与输出端信号噪声功率比 P_{so}/P_{no} 的比值。用 N_F 来表示：

$$N_F = \frac{P_{si}/P_{ni}}{P_{so}/P_{no}} = \frac{\text{输入信噪功率比}}{\text{输出信噪功率比}}$$

也可用分贝数表示：

$$N_F (\text{dB}) = 10 \lg \frac{P_{si}/P_{ni}}{P_{so}/P_{no}}$$

它表示信号通过放大器后，信噪功率比变坏的程度。

1.1.2 晶体管高频小信号等效电路

晶体管小信号等效电路用的最多的有 y 参数等效电路和混 π 等效电路。

y 参数等效电路主要用来分析高频小信号放大器时作为晶体管的等效电路，故这里只分析 y 参数等效电路。图 1-1 所示是晶体管共射极接法的 y 参数等效电路。

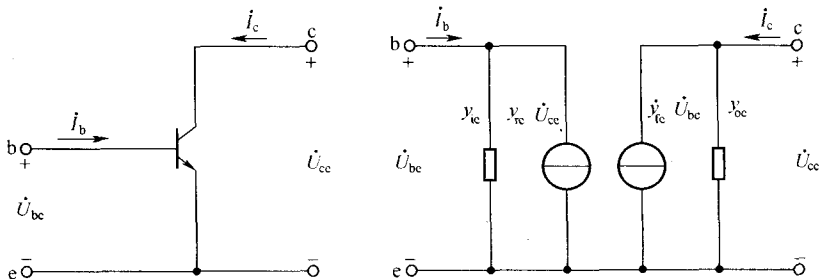


图 1-1 晶体管共射极接法的 y 参数等效电路

根据二端口网络理论, 选定输入电压 \dot{U}_{be} 和输出电压 \dot{U}_{ce} 为自变量, 输入电流 \dot{I}_b 和输出电流 \dot{I}_c 为参变量, 则得到 y 参数的方程组:

$$\begin{aligned} \dot{I}_b &= y_{ic} \dot{U}_{be} + y_{re} \dot{U}_{ce} \\ \dot{I}_c &= y_{fc} \dot{U}_{be} + y_{oc} \dot{U}_{ce} \end{aligned}$$

1.1.3 晶体管谐振放大器

1. 单调谐回路谐振放大电路

图 1-2 是单调谐回路谐振放大器。它由共射组态的晶体管和并联谐振回路组成, 其直流偏置由 R_1 、 R_2 、 R_c 来实现。 C_b 、 C_e 为高频旁路电容。

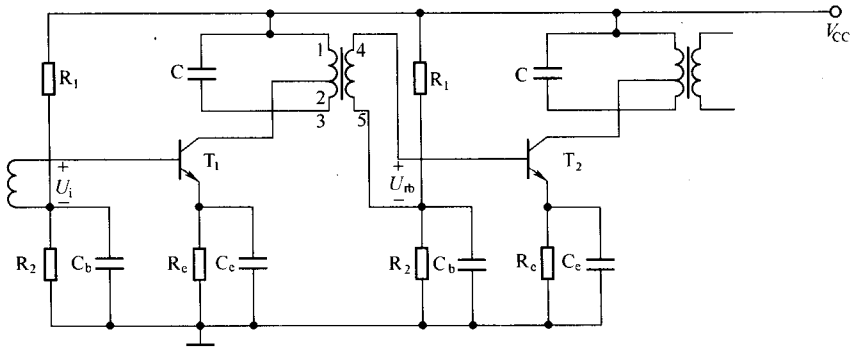


图 1-2 单调谐回路谐振放大器

(1) 放大器的等效电路及其简化

图 1-3 是晶体管 T_1 组成的高频调谐小信号放大器的高频小信号等效电路。其中晶体管 T_1 用 y 参数等效电路等效, 信号源用 I_s 和 Y_s 等效。变压器次级的负载为下一级放大器的输入导纳 y_{ic2} 。

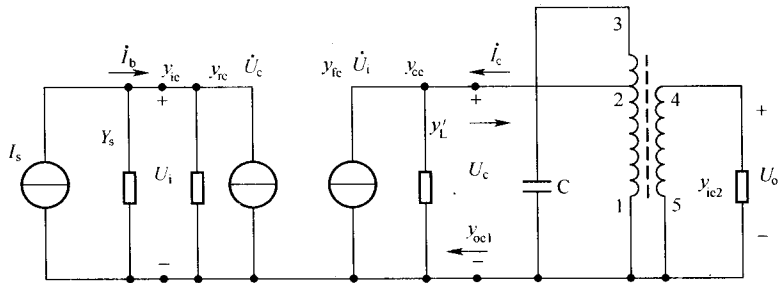


图 1-3 高频调谐小信号放大器的高频小信号等效电路

为了分析的简化, 假设晶体管的 $y_{re} = 0$ 。其简化的等效电路如图 1-4 (a) 所示。必须注意的是, T_2 管的输入导纳 y_{ic2} 是接在变压器次级的两端, 如果多级放大器采用同型号的管子, 当各管工作电流相同时,

$$y_{ie1} = y_{ic2} y_{ie}$$

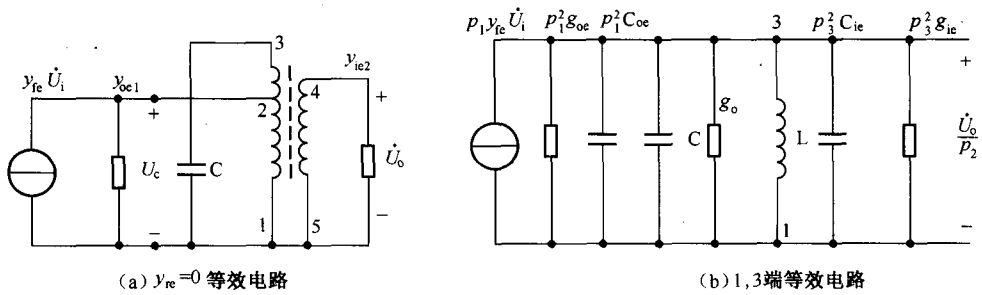


图 1-4

设 T_1 和 T_2 是同型号的晶体管，电感线圈的电感量为 L ，在工作频率时的空载品质因数为 Q_0 ，则空载谐振电导 $g_0 = \frac{1}{\omega_0 L Q_0}$ 。由于 $y_{ie} = g_{ie} + j\omega C_{ie}$ ， $y_{oe} = g_{oe} + j\omega C_{oe}$ ，故 y_{ie} 可用 g_{ie} 和 C_{ie} 并联表示， y_{oe} 用 g_{oe} 和 C_{oe} 并联表示。根据接入系数的定义， $p_1 = N_{12}/N_{13}$ ， $p_2 = N_{45}/N_{13}$ 。简化后用 g_{oe} 、 C_{oe} 、 g_0 、 g_{ic} 、 C_{ic} 表示并等效到回路 1、3 两端的等效电路如图 1-4 (b) 所示。这样的简化等效电路可以很方便地对放大器的技术指标进行分析计算。

(2) 放大器的技术指标

① 电压增益 \dot{A}_u

根据定义， $\dot{A}_u = \dot{U}_o / \dot{U}_i$ ，由图 1-4 (b) 可得：

$$\begin{aligned}
 g_{\Sigma} &= p_1^2 g_{oe} + g_0 + p_2^2 g_{ic} \\
 C_{\Sigma} &= p_1^2 C_{oe} + C + p_2^2 C_{ic} \\
 \dot{A}_u &= \dot{U}_o / \dot{U}_i \\
 &= - \frac{p_1 p_2 y_{fe}}{g_{\Sigma} + j\omega C_{\Sigma} + \frac{1}{j\omega L}}
 \end{aligned}$$

在放大器谐振时，有：

$$\begin{aligned}
 \omega_0 C_{\Sigma} - \frac{1}{\omega_0 L} &= 0 \\
 \omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{LC_{\Sigma}}}
 \end{aligned}$$

谐振时的电压增益为：

$$\dot{A}_{u0} = - \frac{p_1 p_2 y_{fe}}{g_{\Sigma}}$$

式中，负号表示放大器的输出电压与输入电压相位差为 180° 。此外， y_{fe} 是一个复数，它有一个相角 φ_{fe} 。因此，一般来说，谐振时， \dot{U}_i 与 \dot{U}_o 的相位差不是 180° ，而是 $180^\circ + \varphi_{fe}$ 。

只有当工作频率较低时, $\varphi_{fc}=0$, \dot{U}_i 与 \dot{U}_o 的相位差才是 180° 。

② 矩形系数

放大器的谐振曲线表示放大器的相对电压增益与输入信号频率的关系。它可表示为:

$$\frac{\dot{A}_u}{\dot{A}_{u0}} = \frac{1}{1 + jQ_L \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)} = \frac{1}{1 + jQ_L \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)}$$

对于谐振放大器来说, 通常讨论的是 f 在 f_0 附近变化, 可用下式表示:

$$2\Delta f_{0.1} = \sqrt{99} f_0 / Q_L$$

则

$$K_{r0.1} = \frac{2\Delta f_{0.1}}{2\Delta f_{0.7}}$$

经推导得:

$$K_{r0.1} = \sqrt{99}$$

单调谐回路放大器的矩形系数远大于 1, 其选择性差。

③ 通频带 $2\Delta f_{0.7}$

通频带 $2\Delta f_{0.7}$ 为:

$$2\Delta f_{0.7} = \frac{f_0}{Q_L}$$

2. 多级单调谐回路谐振放大器的主要技术指标

(1) 电压增益

若放大器为 m 级, 各级电压增益分别为 A_{u1} 、 A_{u2} 、 A_{u3} 、 \dots 、 A_{um} , 则总电压增益 A_m 是各级电压增益的乘积, 即:

$$A_m = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot A_{u3} \cdot \dots \cdot A_{um}$$

若各级电压增益相同, 则 m 级放大器的总电压增益为:

$$A_m = (A_{u1})^m$$

(2) 多级单调谐放大器的谐振曲线

m 级相同的放大器级联时, 它的总谐振曲线等于单级谐振曲线相乘, 可表示为:

$$\frac{A_m}{A_{m0}} = \frac{1}{\left[1 + \left(Q_L \frac{2\Delta f}{f_0} \right)^2 \right]^{\frac{m}{2}}}$$

(3) 多级单调谐放大器的总通频带

m 级相同的放大器级联时, 总通频带为:

$$(2\Delta f_{0.7})_m = \sqrt{2^{\frac{1}{m}} - 1} \frac{f_0}{Q_L} = \sqrt{2^{\frac{1}{m}} - 1} (2\Delta f_{0.7})_1$$

式中, Q_L 为单级放大器的有载品质因数, $(2\Delta f_{0.7})_1$ 为单级单调谐放大器的通频带。

(4) 多级单调谐放大器的总矩形系数

m 级单调谐放大器的总矩形系数为:

$$(K_{r0.1})_m = \frac{\sqrt{\frac{1}{100^m} - 1}}{\sqrt{\frac{1}{2^m} - 1}}$$

级数越多，矩形系数越小。

1.1.4 小信号谐振放大器的稳定性

谐振放大器不稳定是因为晶体管的反向传输导纳 y_{re} 不为零，放大器的输出电压可通过晶体管的 y_{re} 反向作用到输入端，引起输入电流的变化，这种反馈作用将引起放大器产生自激等不良后果。

高谐振放大器稳定性的措施：由于反向传输导纳的反馈作用，晶体管是一个双向器件。消除晶体管 y_{re} 的反馈作用的过程称为单向化，单向化的目的就是提高放大器的稳定性。单向化有中和法与失配法。

1. 中和法

所谓中和，是在晶体管放大器的输出与输入之间引入一个附加的外部反馈电路，以抵消晶体管内部 y_{re} 反馈的作用。

图 1-5 给出了中和电路的两种形式。其中，图 1-5 (a) 是比较常用的一种形式。可以认为， y_{re} 的反馈是由 $C_{b'c}$ 的反馈引起的，它的作用是 U_{12} 电压通过 $C_{b'c}$ 反馈引起晶体管输入电流 I_b 的变化。为了抵消这一反馈的影响，应该选用一个相位相反的电压 U_{23} 经中和电容 C_N 反馈到输入端抵消 $C_{b'c}$ 反馈的影响。

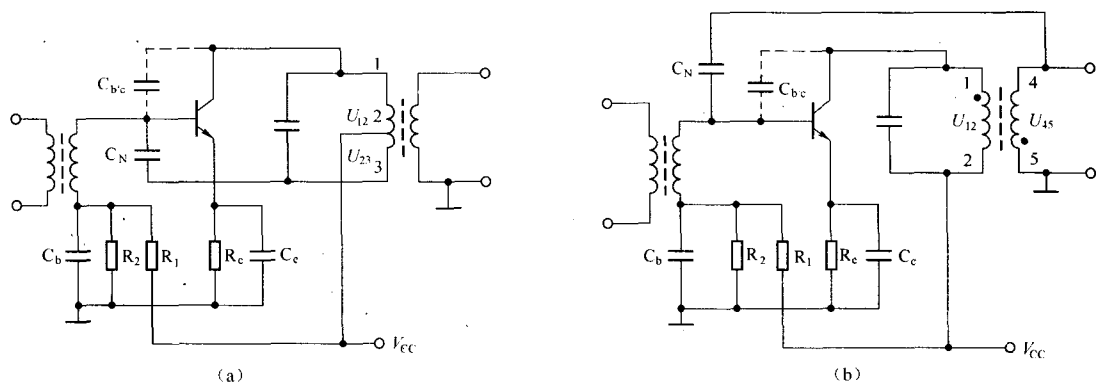


图 1-5 中和电路的两种形式

图 1-5 (b) 所示的电路中，由于 U_{12} 通过内部反馈电容 $C_{b'c}$ 实现了电压反馈，因此，外部反馈 C_N 的电压就不能从初级引入，只能从次级 U_{45} 引入，但 U_{45} 必须与 U_{12} 的相位相反，电路中同名端的标注就是保证 U_{45} 与 U_{12} 的相位相反。

应特别注意的是，严格的中和很难达到，因为晶体管的 y_{re} 是随频率变化的，所以只能对一个频率点起到完全的中和作用。

2. 失配法

所谓失配法，是指信号源内阻不与晶体管的输入阻抗匹配，晶体管输出端的负载不与本级晶体管的输出阻抗匹配。

失配法的实质是降低放大器的电压增益,使其小于 $|A_{u0}|$,以确保满足稳定的要求。可以选用合适的接入系数 p_1 、 p_2 或在谐振回路两端并联阻尼电阻来降低电压增益。在实现运用中,较多的是采用共射—共基级联放大器,等效电路如图1-6所示。由于后级共基晶体管的输入导纳较大,对于前级共射晶体管来说,它是负载。大的负载导纳使电压增益降低,但它仍然有较大的电流增益。后级共基放大的电流增益小,电压增益大,组合后的放大器的总电压增益和功率增益与单管共射放大器差不多,但稳定性高。

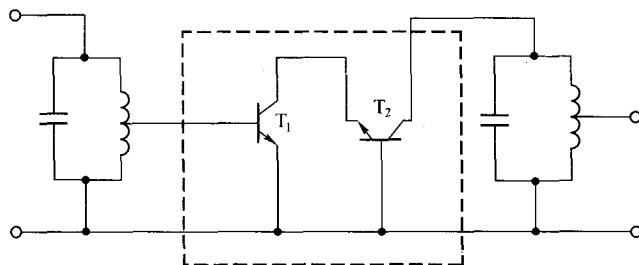


图 1-6 共射—共基级联放大器的等效电路

1.2 例题及习题

1.2.1 例题

1. 已知 LC 串联谐振回路的 $C=100\text{pF}$, $f_0=1.5\text{MHz}$, 谐振时电阻 $r=5\Omega$, 试求 L 和 Q_0 。

题意分析: 此题主要复习谐振回路的有关概念及计算公式。因为谐振放大器主要由小信号放大器和谐振回路组成, 谐振放大器的指标计算与 L 、 C 及 r 有关。

$$\begin{aligned} \text{解: 由} \quad f_0 &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ \text{得} \quad L &= 1/(2\pi f_0)^2 C \\ &= 1/(2\pi \times 1.5 \times 10^6)^2 \times 100 \times 10^{-12} \\ &= 112.6 \times 10^{-6} (\text{H}) \\ &= 112.6 (\mu\text{H}) \\ Q_0 &= \frac{\omega_0 L}{r} \\ &= \frac{2\pi \times 1.5 \times 10^6 \times 112.6 \times 10^{-6}}{5} \\ &= 212.2 \end{aligned}$$

2. 已知 LC 并联谐振回路的电感 L 在 $f=30\text{MHz}$ 时测得 $L=1\mu\text{H}$, $Q_0=100$, 求谐振频率 $f_0=30\text{MHz}$ 时的 C 值和并联谐振电阻值。

解： 由 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

得 $C = 1/(2\pi f_0)^2 L$

$$= 1/(2\pi \times 30 \times 10^6)^2 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$= 28.14 \times 10^{-12} (\text{F})$$

$$= 28.14 (\text{pF})$$

由 $Q_0 = \frac{R_0}{\omega_0 L}$

得 $R_0 = Q_0 \omega_0 L$

$$= 100 \times 2\pi \times 30 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$= 18.850 (\text{k}\Omega)$$

3. 已知 LCR 并联谐振回路的谐振频率 $f_0=10\text{MHz}$ ，电感 L 在 $f=10\text{MHz}$ 时测得 $L=3\mu\text{H}$ ， $Q_0=100$ ，并联电阻 $R=10\text{k}\Omega$ 。试求回路谐振时的电容 C 、谐振电阻 R_P 和回路的有载品质因数。

解：
(1)

$$C = 1/(2\pi f_0)^2 L$$

$$= 1/(2\pi \times 10 \times 10^6)^2 \times 3 \times 10^{-6}$$

$$= 84.43 \times 10^{-12} (\text{F})$$

$$= 84.43 (\text{pF})$$

(2) 电感 L 的空载损耗电阻以并联表示为 R_0 ：

$$R_0 = Q_0 \omega_0 L$$

$$= 100 \times 2\pi \times 10 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-6}$$

$$= 18.850 (\text{k}\Omega)$$

谐振电阻 R_P 为 R_0 与 R 的并联值：

$$R_P = \frac{R_0 R}{R_0 + R}$$

$$= \frac{18.850 \times 10}{18.850 + 10}$$

$$= 6.534 (\text{k}\Omega)$$

(3)

$$Q_L = R_P / \omega_0 L$$

$$= 6.534 \times 10^3 / 2\pi \times 10 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-6}$$

$$= 34.66$$

4. 某电感线圈 L 在 $f=10\text{MHz}$ 时测得 $L=3\mu\text{H}$ ， $Q_0=80$ 。试求与 L 串联的等效电阻 r 。若等效为并联时， $g=?$

解:

(1) 等效为串联的电阻 r_0 为:

$$\begin{aligned} r_0 &= \frac{\omega_0 L}{Q_0} \\ &= \frac{2\pi \times 10 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-6}}{80} \\ &= 2.36\Omega \end{aligned}$$

(2) 等效为并联的 g_0 为:

$$\begin{aligned} g_0 &= \frac{1}{\omega_0 L Q_0} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^6 \times 3 \times 10^{-6} \times 80} \\ &= 66.3 \times 10^{-6} (\text{S}) \end{aligned}$$

5. 小信号谐振放大器等效电路如图 1-7 所示。给定参数为 $f_0 = 30\text{MHz}$, $C = 20\text{pF}$, 线圈 L_{13} 的 $Q_0 = 60$, $N_{12} = 6$, $N_{23} = 4$, $N_{45} = 3$ 。 $R = 10\text{k}\Omega$, $R_g = 2.5\text{k}\Omega$, $R_L = 830\Omega$, $C_g = 9\text{pF}$, $C_L = 12\text{pF}$ 。求 L_{13} 和 Q_L 的值。

题意分析: 该题涉及谐振放大器的接入系数、谐振频率和回路的 Q 值的运算。

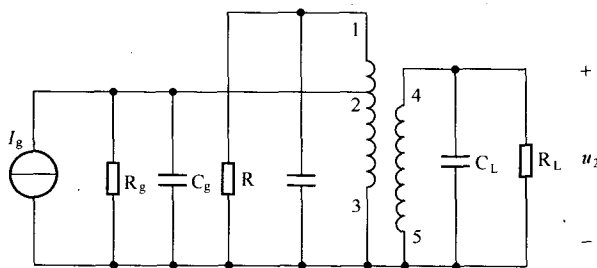


图 1-7 小信号谐振放大器等效电路

解:

(1) 画高频等效电路

根据图 1-7 可画图 1-8 所示的等效电路。

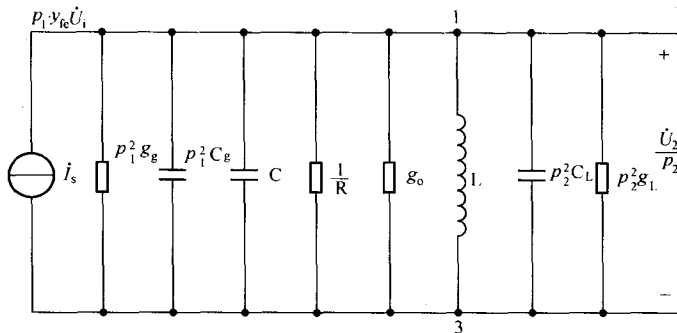


图 1-8 高频等效电路

其中 $p_1 = N_{23}/N_{13} = \frac{4}{10} = 0.4$; $p_2 = N_{45}/N_{13} = \frac{3}{10} = 0.3$; $g_g = 1/R_g$; $g_L = 1/R_L$ 。

(2) 求 L_{13}

$$\begin{aligned} \text{由图可知, } C_{\Sigma} &= p_1^2 C_g + C + p_2^2 C_L \\ &= 0.4^2 \times 9 + 20 + 0.3^2 \times 12 \\ &= 22.52(\text{pF}) \end{aligned}$$

因为

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{L_{13}C_{\Sigma}}$$

所以

$$\begin{aligned} L_{13} &= 1/(2\pi f_0)^2 C_{\Sigma} \\ &= 1/(2\pi \times 30 \times 10^6)^2 \times 22.52 \times 10^{-12} \\ &= 1.25(\mu\text{H}) \end{aligned}$$

(3) 求 Q_L

$$\begin{aligned} g_0 &= \frac{1}{\omega_0 L_{13} Q_0} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 30 \times 10^6 \times 1.25 \times 10^{-6} \times 60} \\ &= 70.7 \times 10^6 (\text{s}) \\ &= 70.7(\mu\text{S}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_{\Sigma} &= p_1^2 g_g + \frac{1}{R} + g_0 + p_2^2 g_L \\ &= 0.4^2 \frac{1}{2.5 \times 10^3} + \frac{1}{10 \times 10^3} + 70.7 \times 10^6 + 0.3^2 \frac{1}{830} \\ &= 343.1 \times 10^{-6} (\text{s}) \\ &= 343.1(\mu\text{S}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= 1/\omega_0 L_{13} g_{\Sigma} \\ &= 1/2\pi \times 30 \times 10^6 \times 1.25 \times 10^{-6} \times 343.1 \times 10^{-6} \\ &= 12.37 \end{aligned}$$

6. 电路如图 1-9 所示, 已知 $L=0.8\mu\text{H}$, $Q_0=100$, $C_1=25\text{pF}$, $C_2=15\text{pF}$, $C_i=5\text{pF}$, $R_i=10\text{k}\Omega$, $R_L=5\text{k}\Omega$ 。试求 f_0 、 R_p 、 Q_L 和 $2\Delta f_{0.7}$ 。

题意分析: 通过该题的练习, 可熟悉有关谐振放大器的计算。

解: 由图 1-9 电路可画出等效电路, 如图 1-10 所示。

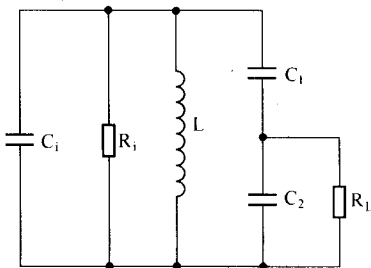


图 1-9

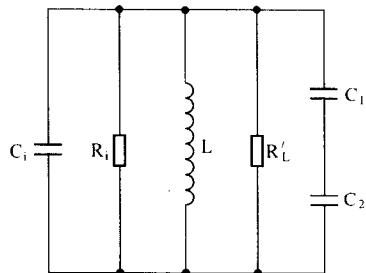


图 1-10

(1)

$$\begin{aligned}
 R'_L &= \frac{1}{p^2} R_L, p = \left(\frac{1}{\omega C_2} \right) / \left[\frac{1}{\omega C_1 C_2 / (C_1 + C_2)} \right] \\
 &= \frac{C_1}{C_1 + C_2} \\
 &= \frac{25}{25 + 15} \\
 &= 0.625
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R'_L &= \frac{1}{(0.625)^2} \times 5 \\
 &= 12.8 (\text{k}\Omega)
 \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned}
 f_0 &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} \\
 &= C_1 + \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \\
 &= 5 + \frac{25 \times 15}{25 + 15} \\
 &= 14.375 (\text{pF})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_0 &= 1/2\pi\sqrt{0.8 \times 10^{-6} \times 14.375 \times 10^{12}} \\
 &= 46.93 \times 10^6 (\text{Hz}) \\
 &= 46.93 (\text{MHz})
 \end{aligned}$$

(3)

$$\begin{aligned}
 R_p &= \frac{R_1 R'_L}{R_1 + R'_L} \\
 &= \frac{10 \times 12.8}{10 + 12.8} \\
 &= 5.614 (\text{k}\Omega)
 \end{aligned}$$

(4)

$$\begin{aligned}
 Q_L &= R_p / \omega_0 L \\
 &= 5.614 \times 10 / 2\pi \times 46.93 \times 10^6 \times 0.8 \times 10^{-6} \\
 &= 23.80
 \end{aligned}$$

(5)

$$\begin{aligned}
 2\Delta f_{0.7} &= f_0 / Q_L \\
 &= 46.93 \times 10^6 / 23.80 \\
 &= 1.79 (\text{MHz})
 \end{aligned}$$

7. 晶体管 3DG6C 的特征频率 $f_T = 250\text{MHz}$, $\beta_0 = 80$, 求 $f = 1\text{MHz}$ 、 20MHz 和 50MHz 时对应的 $|\beta|$ 。

题意分析: 该题涉及晶体管的频率参数的问题。通过该题的计算, 可了解 $|\beta|$ 与频率之间的关系。

解：因为

$$|\beta| = \frac{\beta_0}{\sqrt{1+(f/f_\beta)^2}}, f_\beta = \frac{f_T}{\beta_0}$$

$$= \frac{250}{80}$$

$$= 3.125(\text{MHz})$$

所以

$$|\beta| = \frac{\beta_0}{\sqrt{1+(f/3.125)^2}}$$

$$(1) f=1\text{MHz 时}, |\beta| = \frac{80}{\sqrt{1+(1/3.125)^2}}$$

$$= 76.19$$

$$(2) f=20\text{MHz 时}, |\beta| = \frac{80}{\sqrt{1+(20/3.125)^2}}$$

$$= 12.35$$

$$(3) f=50\text{MHz 时}, |\beta| = \frac{80}{\sqrt{1+(50/3.125)^2}}$$

$$= 4.99$$

8. 在图 1-11 中, 放大器的工作频率 $f_0=10.7\text{MHz}$, 谐振回路的 $L_{13}=4\mu\text{H}$, $Q_0=100$, $N_{23}=5, N_{13}=20, N_{45}=6$, 晶体管在直流工作点的参数为: $g_{oc}=200\mu\text{S}$, $C_{oc}=7\text{pF}$, $g_{ie}=2860\mu\text{S}$, $C_{ie}=18\text{pF}$, $|y_{fe}|=45\text{mS}$, $\varphi_{fe}=-54^\circ$, $y_{re}=0$, 试求: (1) 高频等效电路; (2) C 、 $|A_{u0}|$ 、 $2\Delta f_{0.7}$ 和 $K_{r0.1}$ 。

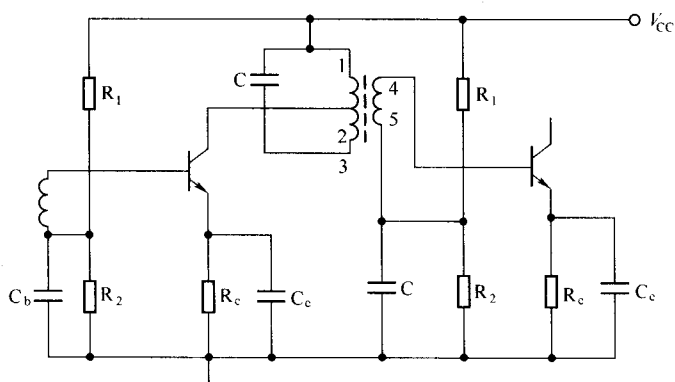


图 1-11

题意分析: 该题主要训练学生用公式计算谐振放大器的指标。

解:

(1) 高频等效电路

高频等效电路如图 1-12 所示, 其中 $p_1=N_{21}/N_{31}=15/20=0.75$, $p_2=N_{45}/N_{31}=6/20=0.3$, $g_0=1/2\pi f_0 L Q_0=1/2\pi \times 10.7 \times 10^6 \times 4 \times 10^{-6}=37.19(\mu\text{S})$ 。