

《通信电子线路》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程代码：210606
课程名称：通信电子线路
英文名称：Electronic Circuit of Communication
课程类别：专业根底课
学时：63
学分：3.0
适用对象：电子信息、通信工程专业高年级本科生
考核方式：考试（平时成绩占 30%）
先修课程：电子线路根底、模拟电子线路等

二、课程简介

本课程是电子通信类各专业的一门专业技术根底课，是联系根底课和专业课的桥梁课程，系统性和实践性较强。它涵盖了模拟通信系统中的发射机电路和接收机电路。

Electronic Circuit of Communication is a basic course of professional technology for all majors in electronics and communication. It is the bridge connecting the basic course and special course, with the characteristics in system and practice. This course covers the circuits of transmitter and receiver in analog communication system.

三、课程性质与教学目的

本课程的任务是使学生获得电子技术方面的根本理论、根本知识和根本技能。培养学生分析问题和解决问题的能力，为以后深入学习电子技术某些领域中的内容及电子技术专业中的应用打好根底。

四、教学内容及要求

第一章 绪论

（一）目的与要求

1. 了解无线电通信开展简史。
2. 建立无线电信号的发送与接受的初步概念，作为以后学习的根底。
3. 一般了解通信的传输媒介。

（二）教学内容

第一节

1. 主要内容

高频电子线路概述

2. 根本概念和知识点

无线电通信开展简史，三个里程碑①Lee de Forest 创造电子三极管，②Shockley 创造晶体三极管，③集成电路、数字电路的出现

3. 问题与应用（能力要求）

课后习题 1, 3

第二节

1. 主要内容

无线电信号的传输原理

2. 根本概念和知识点

传输信号的根本方法；通信系统简介，信号源，发送设备，对基带信号进行变换的原因；无线电信号的产生和发射，无线电发射机；无线电信号的接收，

接收设备，接收机原理框图；收信装置，传输信道；信号及其频谱；常用的信号表示方法，数学表达式法，波形表达方式，频域表示法。

3. 问题与应用

课后习题 2

第三节

1. 主要内容

数字通信系统

2. 根本概念和知识点

数字通信系统的概念。根据基带信号控制载波参数的不同，数字调制通常分为振幅键控调制，频率键控和相位键控等三种根本方式。数字通信的主要优点，数字信号的缺点。

3. 问题与应用（能力要求）

见课后习题 5, 7

（三）课后练习

1-1 为什么在无线电通信中要进行调制？什么叫调幅？它的作用是什么？

1-2 调幅接收机里为什么要“检波”？检波前后的波形有什么变化？请粗略画出检波前后的波形。

1-3 超外差式接收机里的“混频”的作用是什么？如果接收信号的频率是 2100 兆赫，希望把它变成 70 兆赫的中频，应该怎么办？画出方框图并标明有关频率。

（四）教学方法与手段

分组讨论、课堂讨论、建立专业网站等。

第二章 选频网络

（一）目的与要求

1. 掌握串联和并联谐振回路的主要性能：谐振条件和谐振曲线，通频带， Q 值的意义；信号源内阻与负载阻抗对谐振回路的影响。
2. 掌握两种谐振回路的阻抗互换与抽头的阻抗变换。
3. 熟悉互感耦合回路的主要性能：反射阻抗的物理意义，欠耦合、过耦合与临界耦合，谐振曲线。
4. 了解其他形式的滤波器，主要是石英晶体滤波器的特性。

（二）教学内容

第一节

1. 主要内容

串联谐振回路

2. 根本概念和知识点

选频的根本概念；选频网络的分类；谐振特性，谐振频率。串联谐振回路的谐振阻抗、谐振特性、电压谐振、谐振条件、谐振频率、品质因数 Q 、广义失谐系数、能量关系、谐振曲线和通频带、相频特性曲线， Q 值与谐振曲线、通频带之间的关系，信号源内阻及负载对串联谐振回路的影响。串联谐振回路

通常适用于信号源内阻 R_s 很小（恒压源）和负载电阻 R_L 不大的情况。

3. 问题与应用（能力要求）

见课后习题

第二节

1. 主要内容

并联谐振回路

2. 根本概念和知识点

并联谐振回路的谐振阻抗、谐振特性、谐振条件、谐振频率、品质因数 Q 、广义失谐系数、能量关系、谐振曲线和通频带、相频特性曲线， Q 值与谐振曲线、通频带之间的关系，信号源内阻及负载对并联谐振回路的影响；电流谐振的概念。并联谐振适用于信号源内阻 R_s 很大，负载电阻 R_L 也较大的情况，

以使 Q_L 较高而获得较好的选择性。

3. 问题与应用

见课后习题

第三节

1. 主要内容

串、并联阻抗等效互换与抽头变换

2. 根本概念和知识点

所谓等效就是指电路工作在某一频率时，不管其内部的电路形式，从端口看过去其阻抗或者导纳是相等的。

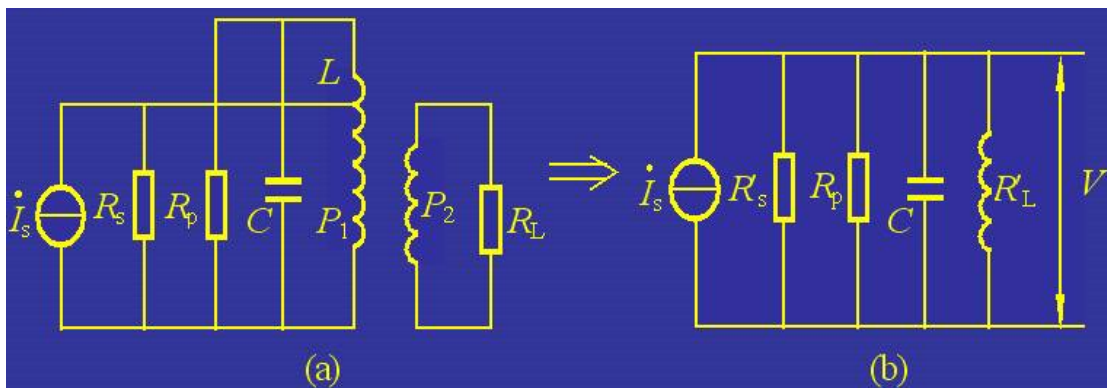
串并联阻抗的等效互换，串并联等效互换分析；回路抽头时阻抗的变化(折合)关系，接入系数，电流源的折合，负载电容的折合；抽头由低 \rightarrow 高，等

效导纳降低 P^2 倍， Q 值提高许多，即等效电阻提高了 $\frac{1}{P^2}$ 倍，并联电阻加大，

Q 值提高；回路的插入损耗

3. 问题与应用

例 2—2 下列图为紧耦合的抽头电路，其接入系数的计算可参照前述分析。



给 定 回 路 谐 振 频 率

$f_p = 465kHz$, $R_s = 271K\Omega$, $R_p = 172K\Omega$, $R_L = 1.36K\Omega$, 空 载

$Q_0 = 100$, $P_1 = 0.28$, $P_2 = 0.063$, $I_s 1mA$ ，求回路通频带 $B=?$ 和等效电

流源 $I_s' = ?$

第四节

1. 主要内容

耦合回路

2. 根本概念和知识点

单振荡回路的优缺点，采用耦合振荡回路的原因；耦合振荡回路的概念，常用的两种耦合回路，耦合系数 k ，强耦合、弱耦合、临界耦合；反射阻抗与耦合回路的等效阻抗，反射阻抗的定义、性质；耦合回路的调谐，根据调谐参数不同，可分为局部谐振复谐振、全谐振三种情况，三种调谐的性质、区别、参数计算，最正确全谐振的定义，耦合因数的定义；耦合回路的频率特性；耦合回路的通频带，单调谐回路的通频带与耦合回路的区别。

3. 问题与应用

见课后习题

第五节

1. 主要内容

滤波器的其他形式

2. 根本概念和知识点

LC 集中选择性滤波器，单节滤波器阻抗分析；石英晶体滤波器，石英晶体的物理特性，石英晶体谐振器的等效电路和符号，石英谐振器的等效电抗(阻抗特性)；陶瓷滤波器；声外表波滤波器。

3. 问题与应用

见课后习题

(三) 课后练习

1-1 为什么在无线电通信中要进行调制？什么叫调幅？它的作用是什么？

1-2 调幅接收机里为什么要“检波”？检波前后的波形有什么变化？请粗略画出检波前后的波形。

1-3 超外差式接收机里的“混频”的作用是什么？如果接收信号的频率是 2100 兆赫，希望把它变成 70 兆赫的中频，应该怎么办？画出方框图并标明有关频率。

(四) 教学方法与手段

分组讨论、课堂讨论、建立专业网站等。

第三章 高频小信号放大器

(一) 目的与要求

1. 了解高频小信号放大器的主要质量指标：增益、通频带、选择性等的含义。
2. 熟悉晶体管高频小信号的两种等效电路：形式等效电路（网络参数等效电路）；混合 π 等效电路
3. 熟悉并掌握单调谐回路谐振放大器的增益、通频带与选择性的计算。
4. 了解多级单调谐回路谐振放大器与双调谐回路谐振放大器的特点。
5. 理解谐振放大器稳定与否的判据和可采取的稳定措施。

(二) 教学内容

第一节

1. 主要内容

高频小信号放大器概述

2. 根本概念和知识点

1)、高频小信号放大器的特点

①频率较高 中心频率一般在几百 kHz 到几百 MHz

频带宽度在几 KHz 到几十 MHz

②小信号 信号较小故工作在线性范围内(甲类放大器)

2)、高频小信号放大器的分类

按所用的器件：晶体管(BJT)、场效应管(FET)、集电电路(Ic)

按频谱宽度：窄带放大器和宽带放大器

按电路形式：单级放大器和级联放大器

按负载性质：谐振放大器和非谐振放大器

3)、高频小信号放大器的质量指标

1)增益：(放大系数)

$$\text{电压增益: } A_V = \frac{V_o}{V_i} \quad \text{功率增益: } A_P = \frac{P_o}{P_i}$$

$$\text{分贝表示: } A_V = 20 \log \frac{V_o}{V_i} \quad A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

2)通频带：

放大器的电压增益下降到最大值的 0.707 倍时，所对应的频率范围称为放大器的通频带，用 $B = 2\Delta f_{0.7}$ 表示， $2\Delta f_{0.7}$ 也称为 3 分贝带宽。

4)、选择性

从各种不同频率的信号的总和(有用的和有害的)中选出有用信号，抑制干扰信号的能力称为放大器的选择性。选择性常采用矩形系数和抑制比来表示。

①矩形系数

②抑制比

5)、工作稳定性：

指在电源电压变化或器件参数变化时以上三参数的稳定程度。

为使放大器稳定工作，必须采取稳定措施，即限制每级增益，选择内反应小的晶体管，应用中和失配方法等。

6)、噪声系数：

放大器的噪声性能可用噪声系数表示：

$$N_F = \frac{\frac{P_{si}}{P_{ni}} \text{ (输入信号噪比)}}{\frac{P_{so}}{P_{no}} \text{ (输出信号噪比)}}$$

在多级放大器中，前二级的噪声对整个放大器的噪声起决定作用，因此要求它的噪声系数应尽量小。

以上这些要求，相互之间即有联系又矛盾。增益和稳定性是一对矛盾，通频带和选择性是一对矛盾。故应根据需要决定主次，进行分析和讨论。

3. 问题与应用

为什么要求通频带？

放大器所放大的一般都是已调制的信号，已调制的信号都包含一定谱宽度，所以放大器必须有一定的通频带，让必要的信号频谱分量通过放大器。

与谐振回路相同，放大器的通频带决定于回路的形式和回路的等效品质因数 QL。此外，放大器的总通频带，随着级数的增加而变。并且通频带愈宽，放大器增益愈小。

第二节

1. 主要内容

晶体管高频小信号等效电路与参数

2. 根本概念和知识点

形式等效电路（网络参数等效电路）

3.2.2 混合 π 参数等效电路

把晶体管内部的物理过程用集中原器件 RLC 表示。用这种物理模型的方法所涉及到的物理等效电路就是所谓的 π 参数等效电路。

混合 π 等效电路的简化

Y 参数等效电路与混合 π 等效电路参数的转换
晶体管的高频

1) 截止频率

2) 特征频率

当频率增高，使 $|\beta|$ 下降到 1 时的频率。

3) 最高振荡频率 f_{\max}

晶体管的功率增益 $G_p=1$ 时的工作频率可以证明：

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_m}{4r_{bb'}C_{b'e}C_{b'c}}}$$

f_{\max} 表示晶体管所能够适应的最高极限频率。

3. 问题与应用

见课后习题

第三节

1. 主要内容

单调谐回路谐振放大器

2. 根本概念和知识点

等效电路分析

1) 电压增益的相关结论

① A_v 是工作频率 f 的函数

②当 $\Delta f = 0$ 时, $A_{V0} = \frac{-p_1 p_2 y_{fe}}{G_p + p_1^2 g_{oe} + p_2^2 g_{ie2}}$, “-”号说明轮班和

输出有 180° 的相位差。此外 y_{fe} 是一个复数, 它也有一个相角

φ_{fe} , 因此输入和输出之间的相差不是 180° , 而是 $180^\circ + \varphi_{fe}$ 。

③当频率较低时, $\varphi_{fe} = 0$, V_o 和 V_i 相位差才是 180°

④ A_{V0} 与晶体管正向传输导纳 y_{fe} 成正比, 和回路的总电导 g_Σ 成反

比。

2) 功率增益

3) 放大器的通频带

4) 单调谐放大器的选择性

单调谐回路放大器的矩形系数远大于 1, 故其邻道选择性差, 这是单调谐回路放大器的缺点。

3. 问题与应用

讨论:

1、当 y_{fe} 确定, p_1 和 p_2 不变时, A_{V0} 只取决于 C_Σ 和 $2\Delta f_{0.7}$ 的乘积, 电容越大, 通频带越宽, A_{V0} 变小。

2、为了获得高增益, 宽频带, 除了选用 y_{fe} 较大的晶体管外, 应该尽量减小谐振回路的总电容 C_Σ , 但是这样会导致系统的稳定性变差。

3、对于宽带而言, 要使 A_{V0} 尽量大, 谐振曲线不稳定是

次要的, 因为频带很宽, 对于窄带放大器, C_Σ 尽量大, 使谐振曲线稳定(不会使通频带改变, 以至引起频率失真)。

第四节

1. 主要内容

多级单调谐回路谐振放大器

2. 根本概念和知识点

1) 增益 如果放大器有 m 级, 各级的增益为 A_{V1} 、 A_{V2} 、……、 A_{Vm}

$$\text{那么总增益为 } A_m = A_1 A_2 \dots A_m$$

2) 通频带

分析说明: ①为了使总的通频带不变, 每级的带宽都要增加为原来的 X 倍。

②当每级通频带加宽 X 倍时, 每级的增益都会降低为原来的 $1/X$ 。

3) 选择性 (以矩形系数为例)

结论：单调谐回路特点是电路简单，调试容易，但选择性差，增益和通频带的矛盾比拟突出。

3. 问题与应用（能力要求）

见课后习题

第五节

1. 主要内容

谐振放大器的稳定性

2. 根本概念和知识点

自激产生的原因

Y_{re} 的存在会导致自激的产生，是不稳定的原因。

g_F 是频率的函数，在某些频率上可能为负值，即呈负电导性，

使回路的总电导减小， Q_L 增加，通频带减小，增益也因损耗的减少

而增加，即负电导 g_F 供应回路能量，出现正反应。当 $g_F = g_s + g_{ie}$

（回路原有电导）那么回路总电导 $g=0$ ， $Q_L \rightarrow \infty$ ，放大器失去放大

性能，处于自激振荡工作状态。

放大器产生自激的条件

当 $Y_S + Y_i = 0$ 回路总电导 $g=0$ 放大器产生自激。

此时放大器的反应能量抵消了回路损耗能量，且电纳局部也恰好抵消。说明放大器反应的能量抵消回路损耗的能量，且电纳局部也恰好得到抵消。

$$Y_S + Y_{ie} - \frac{y_{fe}y_{re}}{y_{oe} + Y_L'} = 0 \quad \frac{(Y_S + Y_{ie})(y_{oe} + Y_L')}{y_{fe}y_{re}} = 1$$

讨论： $y_{re} \uparrow$ ，反应变强，等式左边变小接近于 1，变得不稳定。

$y_{re} \downarrow$ ，反应变弱，等式左边变大远离 1，系统变得稳定。

定义： $S = \frac{(Y_S + Y_{ie})(y_{oe} + Y_L')}{y_{fe}y_{re}}$ 为稳定系数

当 $S=1$ 时产生自激，当 $S \gg 1$ 时稳定

3.5.3 A 与 S 的关系

$(A_{v_0})_S$ 是保持放大器稳定工作所允许的电压增益，称为稳定电

压增益，为保证放大器稳定工作， A_{v_0} 不允许超过似 $(A_{v_0})_S$ 。

讨论：

① $(A_{v_0})_S$ 与 f 有关, $f \uparrow (A_{v_0})_S \downarrow$, $f \uparrow y_{re} \downarrow$ 内反应厉害。

② 选管应选 $\frac{|y_{fe}|}{C_{re}}$ 大些的为好

③ $(A_{v_0})_S$ 只考虑内部反应, 未考虑外部反应。

3.5.4 克服自激的方法

由于 y_{re} 的存在, 晶体管是一个双向的器件, 增强放大器的稳定性

可以考虑晶体管的单向化。

单向化的方法有:

(1) 中和法消除 y_{re} 的反应

(2) 失配法使 G_L 或 g_S 的数值增大, 因而使输入和输出回路与晶体管匹配。

在实际运用中, 中和法是外加一个电容抵消正反应电容的作用失配法;

信号源内阻不与晶体管输入阻抗匹配;

晶体管输出端负载不与晶体管的输出阻抗匹配。

即以牺牲电压增益来换取放大器的稳定性

(1) 中和法:

在放大器线路中插入一个外加的反应电路, 使它的作用恰好和晶体管的内反应互相抵消。

(2) 失配法

原理: 由于阻抗不匹配, 输出电压减小, 反应到输入电路的影响也随之减小。使增益下降, 提高稳定性。

(3) 中和法与失配法比拟

中和法:

优点: 简单, 增益高

缺点: ① 只能在一个频率上完全中和, 不适合宽带

② 因为晶体管离散性大, 实际调整麻烦, 不适于批量生产。

③ 采用中和对放大器由于温度等原因引起各种参数变化没有改善效果。

失配法:

优点: ① 性能稳定, 能改善各种参数变化的影响;

② 频带宽, 适合宽带放大, 适于波段工作;

③ 生产过程中无需调整, 适于大量生产。

缺点: 增益低。

3. 问题与应用 (能力要求)

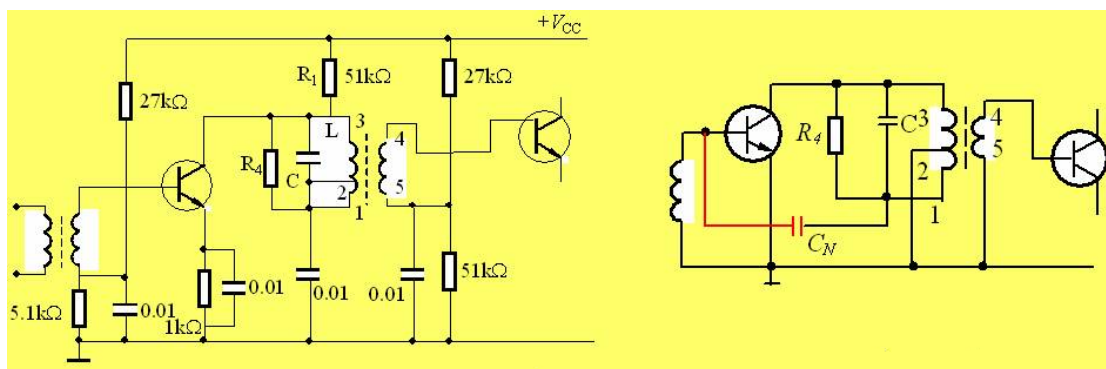
见课后习题

(三) 课后练习

3-1 一单调谐回路放大器如图, : $N_{12}=5$ 匝, $N_{23}=5$ 匝,

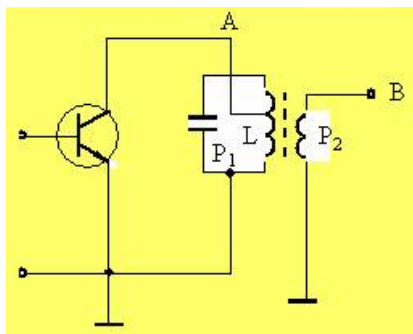
$N_{45} = 5$ 匝，晶体管的 $|y_{fe}| = 40ms$ ，回路通频带为 $12kHz$ ，
 $g_{\Sigma} = 1/4 \times 10^{-3} S$ ， $R_4 = 12k\Omega$ 求：

- (1) 画出高频交流等效电路，并计算 A_{V_0} ；
- (2) 假设不并联 R_4 ，求 A_{V_0} ， $2\Delta f_{0.7}$ ，并说明 R_4 的作用；
- (3) 不采用 R_4 ，假设采用中和法使其稳定工作，问中和电容应如何接入？



3-11 某单调谐放大器如图 3-20 所示，工作频率为 $2MHz$ ，回路电感 $L = 200 \mu H$ ，晶体管的正向传输导纳 $|y_{re}| = 40mS$ ，反向传输导纳 $y_{re} = -j3\mu S$ ，取稳定系数 $S = 5$ ，接入系数 $P_1 = \frac{1}{3}$ ， $P_2 = \frac{1}{5}$ ，求：

- 1) A 点的谐振电压放大倍数 $(A_{V_0})_S = ?$
- 2) B 点的谐振电压放大倍数 $(A_{V_0})_S = ?$
- 3) 回路的有载 $Q_L = ?$
- 4) 回路的通频带 $2\Delta f_{0.7} = ?$



(四) 教学方法与手段
 板书教学、课堂讨论等

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/117163115005010002>