

景新幸 · 主编

高频电子电路

实验·设计·仿真

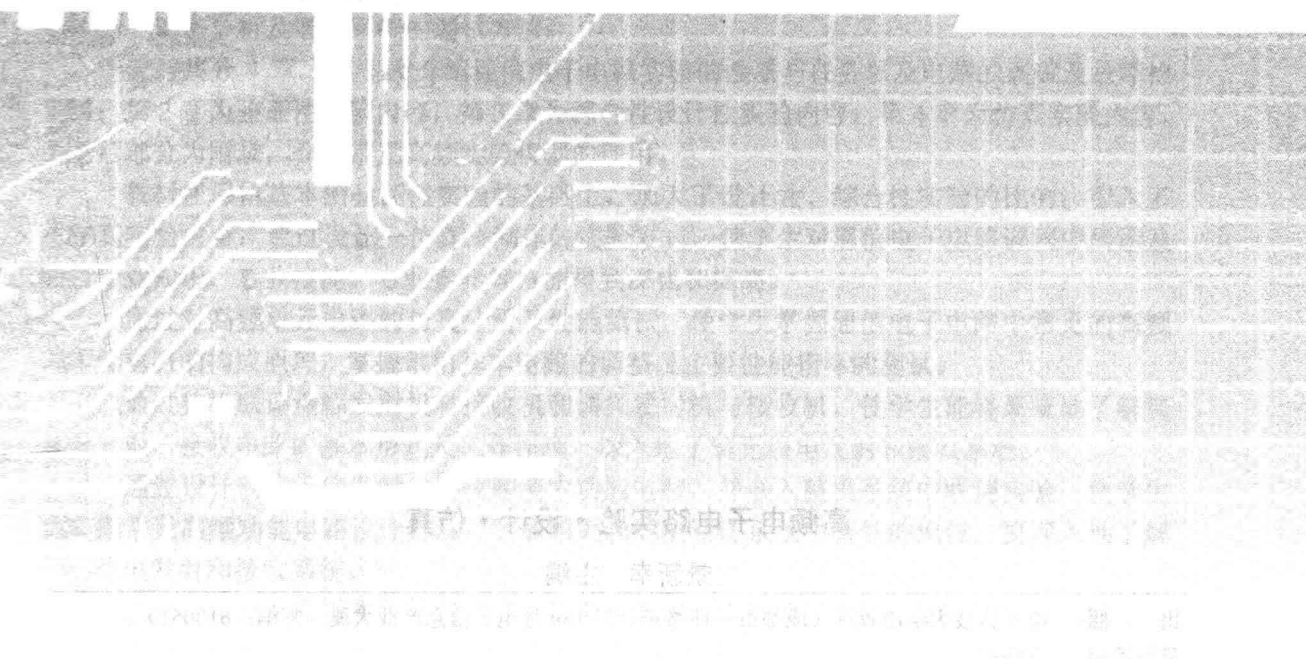


电子科技大学出版社

景新幸·主编

高频电子电路

实验·设计·仿真



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高频电子电路实验·设计·仿真 / 景新幸主编. —成都:
电子科技大学出版社, 2011. 12
ISBN 978-7-5647-1016-3

I. ①高… II. ①景… III. ①高频—电子电路—实验
—教材 IV. ①TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 250047 号

高频电子电路实验·设计·仿真

景新幸 主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 万晓桐
责任编辑: 万晓桐
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮件: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 成都市新都华兴印务有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 6.5 字数 162 千字
版 次: 2011 年 12 月第一版
印 次: 2011 年 12 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-1016-3
定 价: 19.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

“通信电子电路”是电子信息类专业一门重要的技术基础课程，具有很强的理论性、工程性及实践性特点。“通信电子电路实验”是桂林电子科技大学国家级精品课程“电子电路实验”的重要内容之一。本教材是根据“通信电子电路”课程大纲的基本要求，在总结多年实验教学经验及当前教学改革和教学体系建设的要求下编写而成的。

本实验教材以模拟语音通信系统为主要研究对象，围绕发射和接收系统所涉及的高频功能电路展开实验教学，目的是使学生掌握通信系统的基本组成，单元电路的工作原理，静态、动态分析及通信系统的调试方法。

教材共分4章。第1章介绍通信电子电路实验的性质与任务以及电路的调试及故障检测；第2章为验证性实验内容，第3章为综合性设计性实验内容；第4章为仿真实验内容，最后部分为附录，介绍常见高频实验仪器的使用。

教材在保留基本的验证性实验的基础上，加大了设计性、综合性实验的比例；引入了仿真实验内容；通过设计—仿真—制作的实验方式，使学生对通信电子电路课程中所涉及的专业知识、专业技能、专业素养等方面得到深化和提高。

通过对高频单元电路的仿真分析及性能测试，使学生掌握通信电子电路中常见的高频单元电路的构成原理，掌握常用基本电路的调整及主要性能指标的测试。

通过整机联调幅发射机与接收机和调频发射机与接收机，使学生能够系统地了解高频发射、接收电路的基本形式及工作原理，深入地了解无线电发射和接收系统。

通过设计制作无线发射、接收系统中功能电路，并嵌入整机系统中联调实验，使学生掌握常见高频功能电路设计方法，了解相关功能电路在系统中所处的地位，更深入地了解无线电发射和接收系统。

总之，通过本课程实验技能训练，使学生能够对实验的数据和结果有初步分析能力，并写出规范的实验报告及分析结论；能够根据实验结果，通过理论分析，找出内在的联系，从而完成对电路有关参数的调整，使其符合性能指标要求，提高学生的工程实践能力。

本书由景新幸担任主编，孟德明、王土央、严俊担任副主编，周娅教授、周胜源教授审阅。本书还得到黄平高、蔡春晓等老师的大力支持，他们为本书提出了很多宝贵意见，在这里一并向他们表示感谢。

作者深知，通信电子电路所涉及的范围极广，这一领域的技术更新发展迅速，本书不可能概全，难免有疏漏、错误和不足之处，恳请读者不吝指正！

作者

2011年5月18日

目 录

第 1 章 绪 论.....	1
1.1 通信电子电路实验内容及特点.....	1
1.2 通信电子电路实验特点.....	1
1.3 通信电子电路实验方法.....	2
1.3.1 通信电子电路实验的一般过程.....	2
1.3.2 通信电子电路实验注意事项.....	3
第 2 章 基础验证性实验.....	5
实验一 高频小信号调谐放大器.....	5
实验二 高频丙类功率放大器.....	14
实验三 LC 正弦波振荡器.....	19
实验四 石英晶体振荡器.....	26
实验五 模拟乘法器应用.....	28
实验六 变容二极管调频振荡器及相位鉴频.....	34
实验七 集成电路(压控振荡器)构成的频率调制器.....	39
实验八 集成电路(锁相环)构成的频率解调器.....	42
实验九 上变频混频器实验.....	45
实验十 下变频混频器实验.....	49
实验十一 中频 AGC 放大器实验.....	52
第 3 章 综合设计性实验.....	56
实验一 调幅发射机与接收机系统综合实验.....	56
实验二 调频发射机与接收机系统综合实验.....	60
实验三 高频小信号调谐放大器设计.....	63
实验四 LC 正弦波振荡器的设计.....	66
实验五 晶体振荡—混频器设计.....	68
实验六 高频丙类功率放大器设计.....	71
第 4 章 仿真实验.....	74
实验一 LC 并联谐振回路仿真分析.....	74

实验二 高频小信号谐振放大电路仿真分析	76
实验三 高频丙类功率放大电路仿真分析	78
实验四 LC 振荡器电路仿真分析	80
实验五 DSB 调幅及同步检波电路仿真分析	82
附录 主要实验仪器使用介绍	85
参考文献	98

第1章 绪 论

1.1 通信电子电路实验内容及特点

通信电子电路是通信系统，特别是无线通信系统的基础，随着电子技术的发展，通信电子电路已广泛应用于国民经济、军事和人们日常生活的各个领域。

通信电子电路主要内容包括高频小信号调谐放大器和高频功率放大器，高频振荡器、调制器、解调器、混频器与负反馈控制电路等。除了高频小信号调谐放大器以外，都属于非线性电路。通信电子电路实验主要是研究上述各种电路的基本工作原理，对常用电路进行工程计算、仿真、调试与测试，学习相关仪器仪表的使用方法。由于通信电子电路工作频率一般较高，电路相对复杂，在理论分析时往往简化了一些实际问题，做了一定的抽象与归纳，因此通信电子电路实验必然有许多实际问题及理论概念需要通过实践环节进行学习和加深理解；另外，实践经验的积累还可以帮助开阔思路，提高创新能力；所以实践环节在通信电子电路课程中占有举足轻重的地位。

通信电子电路实验中处理的信号主要有基带信号、高频载波信号和已调信号。所谓的基带信号就是调制前的原始信号，也称为调制信号。高频载波信号主要用于调制的高频振荡信号和用于接收机解调的本地载波信号，一般为单一频率的正弦信号。已调信号就是调制信号对载波进行调制后的信号。

所谓的调制，就是用调制信号去控制高频载波信号的某一参数（幅度，频率，相位）的过程。在模拟通信系统中根据调制过程的不同，可分为幅度调制，频率调制和相位调制。

在无线通信系统中，调制的目的及原因是高频信号适合于天线发射及无线传播。只有当天线的尺寸和信号的波长能有比拟的时候，天线才有较高的发射效率。由于基带信号频率低，因此要实现无线传输就必须采用调制技术，将低频信号搬移到高频载波上，才能实现信号的有效传输。

另外，高频信号的频率越高，可利用的频带就越宽，可以容纳更多的互不干扰的信道，实现频分复用或频分多址，这是无线通信采用高频的原因之一。

1.2 通信电子电路实验特点

由于通信电子电路工作频率一般都比较高的，电路复杂，在理论分析时往往简化了一些实际问题，进行了一定的归纳和抽象，因此通信电子电路有许多实际问题及理论概念需要通过实践教学进行学习和加深理解。

通信电子电路实验技能是电子信息类工程技术人员必须具备的基本技能,实验课是培养实验技能最有效的方法。

通信电子电路实验与低频电路实验类似,但由于工作频率较高,且多工作于非线性状态,因此通信电子电路实验有如下特点:

(1) 由于实验电路工作频率高,电路寄生参数以及测试仪器将严重影响电路的调整及测量结果的准确性。

(2) 由于通信电路大部分属于非线性电路,电路的计算、调试过程比较复杂,故障处理难度大。

(3) 相应的实验仪器具有功能多,结构复杂的特点,操作步骤较多。

1.3 通信电子电路实验方法

1.3.1 通信电子电路实验的一般过程

通信电子电路实验内容广泛,每个实验的目的、步骤也有所不同,但基本过程却是相似的。为了达到实验目的,要求实验者做到:实验前认真预习,实验中遵守实验操作规则,实验结束后认真完成实验报告。

一、预习

为了避免实验的盲目性,使实验顺利地进行及完成,在每个实验前都必须 实验指导书,复习相关理论,理解实验原理,明确实验目的、内容及要求,并通过仿真分析强化理解,最后写出实验预习报告。预习报告主要包括:

- (1) 实验目的、要求等。
- (2) 实验基本原理。
- (3) 实验仪器及相关实验设备。
- (4) 电路设计过程及仿真分析。
- (5) 实验步骤及测试方法、数据记录表格等。

二、实验操作规则

做好实验预习并严格遵守实验操作规则,是提高实验效果、保证实验质量的重要前提。因此实验者必须做到以下几点:

- (1) 实验课必须认真听讲,结果预习情况做好记录,明确实验中的相关问题。
- (2) 检查电源是否正常,检查实验所需的仪器设备,测试线等是否齐全。
- (3) 实验电路的连接及测试步骤必须按照预习报告、实验指导书及讲解要求要求进行。
- (4) 实验电路测试前,首先检测电源设置是否正确,然后按实验步骤完成各项调整及测试内容。
- (5) 实验过程中应结合预习及时分析所测试数据和观察到的信号是否合理,如有问题应尽量查找问题,实验过程中应耐心细致,注意思考,认真分析,不断提高独立实验能力。
- (6) 实验结束后将实验结果交与实验指导老师查看后,整理实验现场及仪器设备才可

离开实验室。

三、实验报告

实验报告是对实验工作的总结，也是实验课的继续及提高，通过撰写实验报告，可以培养学生解决综合问题的能力，实验报告的要求如下：

(1) 实验报告主要内容有：实验名称、目的和要求，实验电路及工作原理、实验仪器仪表、实验内容及测试电路、测试数据、电路设计过程及实验结果分析等。

(2) 实验报告应采取科学态度，对实验数据和结果进行必要的理论分析，不得任意篡改实验原始数据，更不可伪造实验数据。

(3) 详细记录实验测试过程中出现的问题及故障、分析原因及排除方法。

(4) 实验报告要求整齐规范、内容精练、分析合理、客观科学，计算过程清楚、测试数据齐全、规范作图等。

1.3.2 通信电子电路实验注意事项

由于通信电子电路实验工作频率比较高，使用的仪器比较多，为了顺利完成实验、得到理想的实验结果，实验过程应注意以下几点。

(1) 连接线尽量短。电路中各元件之间的连线应尽量短，并尽量减小相互之间的寄生耦合。因为导线本身具有一定的分布电感和电容，导线越长，分布参数影响越严重，当工作频率达到上百兆赫兹时，可能构成正反馈使电路工作不稳定，甚至不能工作。因此，电路安装时，最好焊接在通用板上，如果使用面包板，元器件插脚和连线应尽量短而直。

(2) 正确使用仪器。选用仪器时一定要考虑对被测电路的影响尽可能的小。因为被测电路本身工作频率高，若所用的仪器具有很大的输入电容或很小的输入电阻，则可能导致电路不能正常工作，或导致很大的测量误差。如示波器的输入电容会影响谐振回路的调谐等。此时示波器的测试线应采用带有衰减探头的屏蔽线并将衰减置于 X10 档。其次，为了减小仪器对被测电路的影响，减小测量误差，选择合理的测试点也很重要，测试点应取在电路的低阻抗点，或采取隔离措施。否则会导致较大的测量误差。

仪器测试线应尽量使用屏蔽线，屏蔽线的外层接线应连接到电路的公共地端。示波器带有衰减探头的屏蔽线可以减小分布电容的影响，提高测试精度。

(3) 注意共地问题。实验中一定要注意被测电路的仪器共地问题。测试仪器本身有一个接地线，一般与机壳连接，用黑色导线。测试连线 and 输入、输出连接线一般为红色，称为正端或芯线，正确连线应该是地线与地线相连，芯线与芯线相连接，否则高频感应将十分严重，干扰信号可能进入检测仪器的输入端，造成很大的测量误差，这时如果用示波器观察波形，可以看到许多干扰信号混了进去，无法精确测量。

(4) 及时分析实验测试结果。在实验过程中应及时对测量数据进行分析，以便纠正测试过程中因干扰和其他原因而得到不准确的实验数据。

(5) 故障查找与排除。实验过程中，不可避免地会出现这样和那样的实验故障，必须认真对待，不可将所有故障简单归结为实验仪器损坏。通过实验故障的查找与排除，以及进一步分析实验故障的原因，可以提高实验故障查找和排除实验故障的能力，使实验技能得到进一步的提高。

很多实验者在实验中对遇到的实验故障束手无策，也有部分实验者一遇到实验故障就拆掉电路重新安装，这些都不是对待实验故障的正确方法。实验中对实验故障的做法是：认真检测电路，查找故障，运用所学知识分析故障原因，然后加以解决。

对于一个比较复杂的系统，分析、查找和排除故障不是一件简单的事情，因此必须认真分析实验现象，确认可能产生故障的原因，对照实验原理图，逐步检查出故障并解决之。

检查实验故障的方法很多，但一般按下列步骤进行：

(1) 不通电检测。首先利用万用表检测电路中应该连接的点是否接通，是否有漏线和错线，是否接触不良，元件是否接错、极性有没有接反等。

(2) 通电检测。首先测量电源电压是否正确，然后测量静态工作点，当测量值与估算值相差过大时，可以经过分析查找到故障，对于大功率电路，应观察主要元件是否烫手，电路有无冒烟等，这一步在实际操作中很重要，实验中大部分故障都可以通过直流测试来发现。

(3) 动态检测。动态检测是指在加入信号后所进行的调试工作，电路接入规定的输入信号后，通过示波器观察输入、输出信号波形、频率、幅度，以判断电路工作是否正常，逐级观察信号，若那一级出现异常，则问题就出现在那一级。有时可断开后一级电路，观察信号波形及幅度变化来查找故障，可以缩小故障检测范围。有时候故障比较隐蔽，难以很快排除，这时可以利用更换元器件的方法，将可能损坏的器件加以更换，然后再测试。实验中还应注意仪器所引起的故障情况，如测量仪器本省故障或测量仪器使用方法不当造成的仪器设备不能正常工作的情况。

(4) 指标测试。电路调整好了以后，可进行指标测试，指标测试是一项细致的工作，通过对测试数据的分析，能够对设计电路做出完整、求实的结论；发现实验电路与设计要求之间差异，找出原因，及时调整，甚至修正电路设计方案；由此可见，指标测试既是过程也是结果，为了得到满意的电路、可靠的数据，经常需要进行多次重复的指标测试。

第2章 基础验证性实验

实验一 高频小信号调谐放大器

小信号调谐放大器常指发射机和接收机中以 LC 谐振回路为负载的电压放大器,其作用是在众多的微弱信号中选出有用的信号加以放大,以达到高频功率放大器或检波电路所需要的幅度。小信号调谐放大器的基本要求是:增益高,选择性好,稳定性好,噪声小,特别处在接收机前端的小信号调谐放大器,对整机的信噪比影响较大。

I. 高频小信号单调谐放大器实验

一、实验目的

1. 了解频谱仪的使用方法。
2. 了解和掌握典型高频小信号单调谐放大器的构成。
3. 了解和掌握谐振放大器幅频特性曲线(谐振曲线)的绘制及通频带 BW 及矩形系数 $K_{r0.1}$ 的测量。

4. 研究谐振回路的并联电阻 R 对通频带及选择性的影响。
5. 掌握放大器的动态范围及其测试方法。

二、实验预习要求

1. 复习谐振回路的工作原理。
2. 掌握高频小信号调谐放大器静态工作点的选择原则。
3. 了解谐振放大器的电压放大倍数、动态范围、通频带及选择性相互之间关系。
4. 通过仿真实验了解参数变化对放大器性能的影响(通频带,增益,)。

仿真要求:

1. Multisim10 中按图 2.1.1 构建电路。
2. 改变射极电阻,测试放大器增益。
3. 改变集电极电阻,测试放大器增益和通频带。
4. 改变谐振回路电容或电感大小,测量通频带及谐振放大倍数。

三、实验原理

单调谐实验单元电路如图 2.1.1 所示。该电路主要部分由晶体管 $V7001$ 、选频回路两部分组成。本实验中输入信号的频率 $f_s=10.7\text{MHz}$ 。基极偏置电阻 R_{7001} 、 R_{7002} 和射极电阻 R_e 决定晶体管的静态工作点。实验中通过改变射极电阻改变射极静态电流。

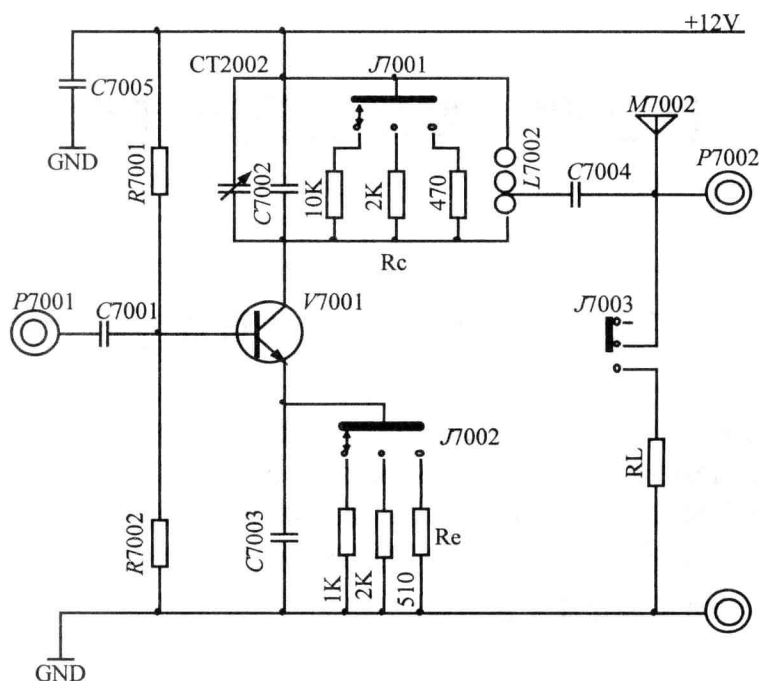


图 2.1.1 单调谐小信号放大电路

表征高频小信号调谐放大器的主要性能指标有谐振频率 f_0 ，谐振电压放大倍数 A_{v0} ，放大器的通频带 BW 及选择性（通常用矩形系数 $K_{r0.1}$ 来表示）等。

放大器各项性能指标及测量方法如下：

1. 谐振频率

放大器的调谐回路谐振时所对应的频率 f_0 称为放大器的谐振频率，对于图 2.1.1 所示电路（也是以下各项指标所对应电路）， f_0 的表达式为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\Sigma}}}$$

式中， L 为调谐回路电感线圈的电感量； C_{Σ} 为调谐回路的总电容，

谐振频率 f_0 的测量方法是：

用示波器作为测量仪器，测出电路的输出信号波形，调变压器 T 的磁芯，使是输出信号幅度达到最大。

2. 电压放大倍数

放大器的谐振回路谐振时，所对应的电压放大倍数 A_{v0} 称为调谐放大器的电压放大倍数。

A_{v0} 的测量方法是：在谐振回路已处于谐振状态时，用示波器测量图 1-1-1 中输出信号 V_0 及输入信号 V_i 的大小，则电压放大倍数 A_{v0} 由下式计算：

$$A_{v0} = V_0 / V_i \quad \text{或} \quad A_{v0} = 20 \lg (V_0 / V_i) \text{ dB}$$

3. 通频带

由于谐振回路的选频作用,当工作频率偏离谐振频率时,放大器的电压放大倍数下降,习惯上称电压放大倍数 A_V 下降到谐振电压放大倍数 A_{V0} 的 0.707 倍时所对应的频率偏移称为放大器的通频带 BW ,其表达式为

$$BW = 2\Delta f_{0.7} = f_0/Q_L$$

式中, Q_L 为谐振回路的有载品质因数。

通频带 BW 的测量方法:是通过测量放大器的谐振曲线来求通频带。测量方法可以是扫频法,也可以是逐点法。逐点法的测量步骤是:先调谐放大器的谐振回路使其谐振,记下此时的谐振频率 f_0 及电压放大倍数 A_{V0} 然后改变高频信号发生器的频率(保持其输出电压 V_S 不变),并测出对应的电压放大倍数 A_{V0} 。由于回路失谐后电压放大倍数下降,所以放大器的谐振曲线如图 2.1.2 所示。

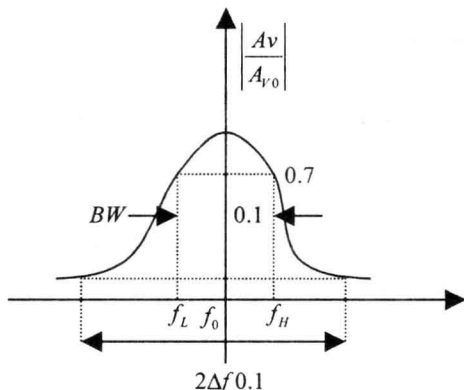


图 2.1.2 谐振曲线

由上图可知

$$BW = f_H - f_L = 2\Delta f_{0.7}$$

矩形系

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

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f_{0.7}}$$

通频带越宽放大器的电压放大倍数越小。要想得到一定宽度的通频宽,同时又能提高放大器的电压增益,除了选用 y_{fe} 较大的晶体管外,还应尽量减小调谐回路的总电容量 C_Z 。如果放大器只用来放大来自接收天线的某一固定频率的微弱信号,则可减小通频带,尽量提高放大器的增益。

4. 选择性——矩形系数。

调谐放大器的选择性可用谐振曲线的矩形系数 $K_{r0.1}$ 时表示,如图 2.1.2 所示的谐振曲线,矩形系数 $K_{r0.1}$ 为电压放大倍数下降到 $0.1 A_{V0}$ 时对应的频率偏移与电压放大倍数下降到 $0.707 A_{V0}$ 时对应的频率偏移之比,即

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

上式表明,矩形系数 $K_{r0.1}$ 越小,谐振曲线的形状越接近矩形,选择性越好,反之亦然。

一般单级调谐放大器的选择性较差（矩形系数 $K_{r0.1}$ 远大于 1），为提高放大器的选择性，通常采用多级单调谐回路的谐振放大器。可以通过测量调谐放大器的谐振曲线来求矩形系数 $K_{r0.1}$ 。

四、实验仪器

1. 双踪示波器。
2. 扫频仪。
3. 频谱仪。
4. 高频信号发生器。
5. 高频毫伏表。
6. 万用表 7.TPE-TXDZ 实验箱（实验区域：I 区单回路调谐放大器）。

五、实验步骤及测试方法

实验系统构成框图如图 2.1.3 所示。

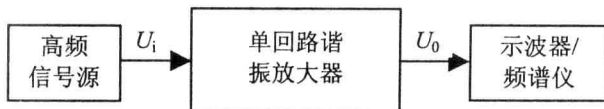


图 2.1.3 实验系统构成框图

注1：实验开始前，应把本模块的电源开关打开，电源指示灯亮。

注2：本实验的信号幅度测量值用高频毫伏表测量，得到的是其有效值；用示波器测量，其峰峰值除以 $2\sqrt{2}$ 即为有效值。

1. 根据电路原理图熟悉实验板电路，并在电路板上找出与原理图相对应的各测试点及可调器件。

2. 打开小信号调谐放大器的电源开关，并观察工作指示灯是否点亮，红灯为+12V 电源指示灯。（以后实验步骤中不再强调打开实验模块电源开关步骤）

3. 调整晶体管的静态工作点：

在不加输入信号时用万用表（直流电压测量挡）测量 V_{BQ} ， V_{EQ} ，使 V_{EQ} 2V 左右，记录此时的 V_{EQ} ，并计算出此时的 $I_{EQ} = V_{EQ} / R_5$ （ $R_5 = 1k\Omega$ ），填入表 2.1.1。

表 2.1.1

实 测		实测计算		根据 V_{CE} 判断 V 是否工作在放大区		原因
V_{BQ}	V_{EQ}	I_C	V_{CEQ}	是	否	

放大区应满足的条件： V_{BEQ} 即 $V_{BQ} - V_{EQ} \approx 0.6V \sim 0.7V$ ， V_{CEQ} 即 $V_{CQ} - V_{EQ}$ 应大于 1V 且小于电源电压

4. 搭建好测试电路，输入端加频率 10.7MHz，峰峰值为 20mV 的信号，用示波器观测输出端，一般情况下会得到和输入信号频率相同，幅度比输入信号大若干倍的信号，若实

验过程中观测不到输出信号，或输出信号的幅度过小（如小于输入信号的3倍），首先检查电源是否加上；其次，检测所用的连接线是否完好，信号源能否输出信号；最后检测放大器的静态工作点是否正常。若实验中检测到其他的故障现象，请在实验报告中体现出来。

5. 通过调整谐振回路的电容使谐振回路谐振在输入信号的频率点（10.7MHz）上。调节方法：将示波器探头连接在调谐放大器的输出端上，调节示波器直到能观察到输出信号的波形，再调节谐振回路电容使示波器上的信号幅度最大，此时放大器即被调谐到输入信号的频率点上。

6. 测量电压增益 A_{v0} 。在调谐放大器对输入信号已经谐振的情况下，用示波器探头在输入端和输出端分别观测输入和输出信号的幅度大小，则 A_{v0} 即为输出信号与输入信号幅度之比。

7. 测量放大器的频率特性。对放大器频率特性的测量有下面两种方式：其一是用频率特性测试仪（即扫频仪）直接测量；其二则是用点频法来测量。本次实验中采用点频法来测试放大器的频率特性。

点频法测量：即用高频信号源作扫频源，然后用示波器来测量各个频率信号的输出幅度，最终描绘出通频带特性。

具体方法：

通过调节放大器输入信号的频率，使信号频率在谐振频率附近变化，并用示波器观测各频率点的输出信号的幅度，填入如表 2.1.2。

表 2.1.2

f (MHz)						f_0				
$R=10k\Omega$	f									
	V_{pp}									
$R=2k\Omega$	f									
	V_{pp}									
$R=470\Omega$	f									
	V_{pp}									

计算 $f_0=10.7\text{MHz}$ 时的电压放大倍数及回路的通频带和 Q 值。

改变谐振回路电阻，即 R 分别为 $2k\Omega$ 、 470Ω 时，重复上述测试，并填入表 2.1.2。比较通频带变化情况，并分析原因。

8. 测放大器的动态范围（在谐振点）

（1）选 $R=10k$ 。 $R_e=1k$ 。把高频信号发生器接到电路输入端，电路输出接示波器，选择正常放大区的输入电压 V_i ，调节频率 f 使其为 10.7MHz ，调节中周使回路谐振，使输出电压幅度为最大，此时调节 V_i 由 0.02 变到 0.8V ，逐点记录 V_o 电压，并填入表 2.1.3。 V_i 的各点测量值可根据（各自）实测情况来确定。

（2）当 R_e 分别为 500Ω 、 $2k\Omega$ 时，重复上述过程，将结果填入表 2.1.3。在同一坐标纸上作图，并进行比较和分析。

表 2.1.3

$V_A(V)$		0.02										0.8
$V_0(V)$	$R_e=1k$											
	$R_e=500\Omega$											
	$R_e=2k$											

六、实验报告要求

- (1) 画出电路的直流和交流等效电路, 计算直流工作点, 与实验实测结果比较。
- (2) 整理实验数据, 分析说明回路并联电阻 R 对 Q 值的影响。
- (3) 整理实验数据, 画出回路并联电阻 R 为不同值时的幅频特性曲线, 整理并分析原因。
- (4) 放大器的动态范围是多少(放大倍数下降 1dB 的折弯点 V_0 定义为放大器动态范围), 讨论 I_e 对动态范围的影响。
- (5) 记录实验中的故障现象。

II. 双回路谐振放大器

一、实验目的

1. 了解频谱仪的使用方法。
2. 了解和掌握典型高频双回路谐振放大器的构成方法。
3. 了解和掌握双回路谐振放大器在弱耦合和强耦合时的幅频特性曲线(谐振曲线)的绘制。
4. 了解和掌握利用频谱仪观察谐振放大器的谐振曲线, 并计算出回路的通频带 BW 及矩形系数 $K_{0.1}$ 。

二、实验预习要求

1. 复习谐振回路的工作原理。
2. 掌握高频小信号调谐放大器静态工作点的选择原则。
3. 了解谐振放大器的电压放大倍数、动态范围、通频带及选择性相互之间关系。
4. 通过仿真实验了解参数变化对放大器性能的影响(通频带, 增益)。

仿真要求:

1. Multisim10 中按图 2.1.4 构建电路。
2. 改变射极电阻, 测试放大器增益。
3. 改变集电极电阻, 测试放大器增益和通频带。
4. 改变谐振回路电容或电感大小, 测量通频带及谐振放大倍数。
5. 改变 C_c 的大小, 测量通频带及谐振放大倍数。

三、实验原理

1. 高频双回路调谐放大器的实验电路图如图2.1.4所示。

其中，“Cc” 电容用来调节双回路的耦合系数。

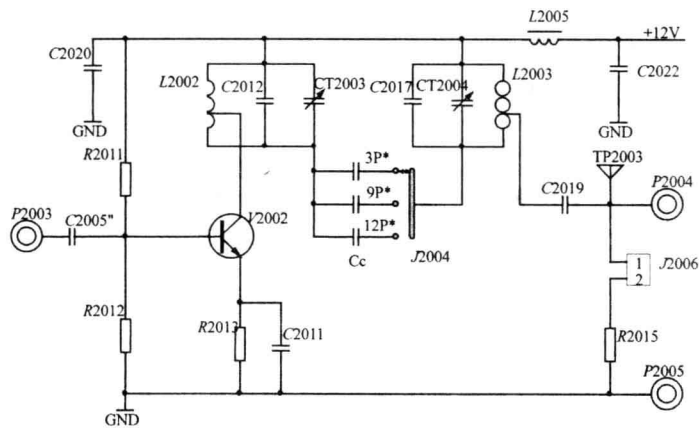


图 2.1.4 高频双回路调谐放大器的实验电路图

2. 双回路调谐放大器的幅频特性.

典型双回路谐振放大器幅频特性如图2.1.5所示。

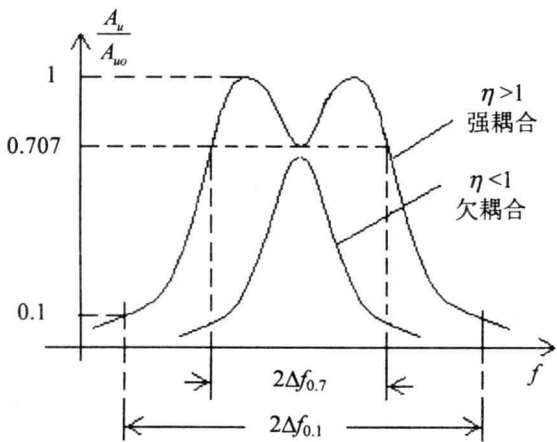


图 2.1.5 典型双回路谐振放大器幅频特性

图2.1.5中， $\eta < 1$ 时，称为弱耦合，这时谐振曲线为单峰，且在谐振点上，谐振曲线的幅值较小， $\eta > 1$ 时，称为强耦合，此时谐振曲线为双峰。

本实验仅研究初、次级完全对称的情况，即两个回路的各元件参数均相等。此时初级和次级都谐振于同一个中心频率 f_0 上。

四、实验仪器

- 1. 双踪示波器。
- 2. 扫频仪。
- 3. 频谱仪。
- 4. 高频信号发生器。
- 5. 高频毫伏表。