



“十三五”普通高等教育本科规划教材

信息类专业课程实验指导

段渝龙 主 编

张达敏 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

信息类专业课程实验指导

主 编 段渝龙

副主编 张达敏

编 写 张 欣 张盛耀 杨 平

贺 松 彭亚雄 李国良

主 审 丁 召 陆安江



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材,是为满足读者在学习信息类相关专业的理论基础之后,对高频电子线路、信号与系统、通信原理、光纤通信、移动通信、单片机原理与接口技术6门主干专业课程进一步培养实践能力的需要而编写的。本书从以上6门课程的实验出发,以实践操作为主,提高学生实验技能和动手能力,以弥补学生在实践动手能力方面的不足。

本书内容包括6门通信专业课程的93个实验。全书共分6章,第1章为高频电子线路实验,安排实验13个;第2章为信号与系统实验,安排实验14个;第3章为通信原理实验,安排实验11个;第4章为光纤通信实验,安排实验16个;第5章为移动通信实验,安排实验12个;第6章为单片机原理与接口技术实验,安排实验27个。

本书主要用于工科高等院校信息类相关专业的实验教学,在注重经典基本实验的基础上,又结合当前技术的发展开发了新的实验内容。本书既可作为高等院校的实验教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

信息类专业课程实验指导 / 段渝龙主编. —北京:中国电力出版社, 2016.2

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-8756-0

I. ①信… II. ①段… III. ①电子信息—实验—高等学校—教材 IV. ①G203-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第004292号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016年2月第一版 2016年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18印张 436千字

定价 36.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

信息时代的进步,特别是信息技术的迅速发展,为人们的物质生活提供优越的条件,信息技术在其中起着先锋龙头作用。学好信息基础理论,具备相应的实践动手能力,是信息类相关专业学生必不可少的培养环节。

本书是根据高等院校信息类学科教学与实验大纲进行编写的综合性实验指导用书,符合信息类专业培养方案的主要内容,并可覆盖通信工程、网络工程、电子信息工程、媒体技术、物联网、信息管理、大数据等专业的核心课程。书中设计了实践环节的教学内容,包括高频电子线路、信号与系统、通信原理、光纤通信、移动通信、单片机原理与接口技术等内容。根据实验内容、性质、开展方式和报告要求的不同,设置了验证型、设计型、演示型或综合型等多种类型的实验,以实际操作为主,旨在提高信息类专业学生的动手能力和实验技能,具有很好的实践性和连贯性。

本书可作为通信工程、网络工程、电子信息工程、媒体技术、物联网、信息管理、大数据等专业的专业课程实验指导书,也可作为“通信原理”“信号与系统”“高频电子线路”“通信电子线路”“光纤通信”“移动通信”“单片机原理与接口技术”等课程的专业实验及专业实习的参考教材,还可供从事信息类工作的科研和工程技术人员参考、阅读。

本书由段渝龙、张达敏组织编写,参编人员有张盛耀、杨平、李国良、张欣、贺松、彭亚雄。本书在编写过程中还有幸邀请到贵州大学丁召教授、陆安江博士担任主审,还得到了贵州大学张正平教授、谢泉教授、王旭博士的帮助和支持,他们提供了许多宝贵意见,在此深表感谢。

限于编者水平,书中不足之处在所难免,诚恳期望读者提出批评和建议。

编者

2015年12月

实验须知

科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,是工科学技术的基础。培养实验能力和实验技能是高等工业院校教育的重要内容之一,因此必须高度重视实验教学。

为了维护正常的教学实验秩序,高质量地完成各项实验任务,确保人身、设备安全,特制订该“实验须知”,请师生们在实验教学中自觉遵守,发扬踏实、严谨和实事求是的科学作风,培养爱护国家财产的优良品质。

1. 坚持理论与实践相统一的原则,学生必须按教学计划的要求,认真完成规定的实验课程。

2. 实验实行记分,实验成绩由指导教师根据学生在实验课中的表现、预习报告、实验报告和实验考试成绩等综合评定。

3. 学生在实验前必须做好规定的预习准备工作,并按要求写好预习实验报告和实验方案,经指导教师认可后方可进行实验。

4. 实验时应严肃、认真、仔细。实验结果经教师审阅签字后,才能拆除实验线路,整理好使用的仪器、导线等,并归还借用的物品,实验结束后应按要求及时完成实验报告。

5. 爱护器材、工具和设备,使用仪器前,必须了解其使用方法及注意事项,在操作时应严格遵守。

6. 自觉保持实验室内的安静和整洁,不准喧闹、吐痰、抽烟;不乱拿其他组仪器及非本次实验所用仪器。

7. 凡属下列情况之一者不准参加实验:

(1) 未按要求写预习报告者。

(2) 实验开始后迟到 10 分钟以上者。

(3) 实验中不遵守实验室有关规定,不爱护仪器,表现不好而又不服从管理教育者。

8. 所接实验线路,须由学生自行认真检查,再由教师核对无误后才能合上电源,开始实验。

9. 使用仪器、设备时严格遵守操作规程。发生仪器设备损坏时,必须及时报告,认真检查原因,从中吸取教训,并按规定的赔偿办法处理。

10. 发生事故时,应立即切断电源,保持现场,并立即向教师和实验室负责人报告。

11. 实验结束应切断实验桌上的电源。

目 录

前言
实验须知

第1章 高频电子线路实验	1
实验 1.1 小信号调谐放大器	1
实验 1.2 正弦波振荡器实验	5
实验 1.3 混频器（晶体管混频器和集成乘法器混频器）	8
实验 1.4 中频放大器	11
实验 1.5 振幅调制（集成乘法器幅度调制电路）	13
实验 1.6 振幅解调器（包络检波、同步检波）	20
实验 1.7 高频功率放大器	27
实验 1.8 频率调制（变容二极管调频器）	33
实验 1.9 调频波的解调（斜率鉴频与相位鉴频器）	37
实验 1.10 锁相环路与频率合成器	40
实验 1.11 脉冲计数式鉴频器	43
实验 1.12 调幅发送及接收部分实验	45
实验 1.13 调幅发射与接收完整系统的联调	46
第2章 信号与系统实验	49
实验 2.1 常见信号观测实验	49
实验 2.2 冲激响应与阶跃响应	50
实验 2.3 连续时间系统的模拟	53
实验 2.4 有源无源滤波器	56
实验 2.5 抽样定理与信号恢复	62
实验 2.6 二阶网络状态轨迹的显示	67
实验 2.7 二阶电路传输特性	70
实验 2.8 信号卷积实验	72
实验 2.9 矩形脉冲信号的分解	75
实验 2.10 矩形脉冲信号的合成	79
实验 2.11 谐波幅度对波形合成的影响	80
实验 2.12 相位对波形合成的影响	84
实验 2.13 任意信号的分解	85
实验 2.14 数字滤波器	86

第3章 通信原理实验	88
实验 3.1 抽样定理及其应用实验	88
实验 3.2 PCM 编译码系统实验	91
实验 3.3 CVSD 编译码系统实验	93
实验 3.4 FSK、ASK 调制解调实验	97
实验 3.5 PSK、DPSK 调制解调实验	100
实验 3.6 基带信号的常见码型变换实验	104
实验 3.7 眼图观察测量实验	109
实验 3.8 汉明码编译码及纠错能力验证实验	112
实验 3.9 时分复用/解复用 (TDM) 实验	115
实验 3.10 PCM、AMI/HDB3 传输系统实验	118
实验 3.11 双工通信系统实验 (CVSD、PSK 传输系统实验)	119
第4章 光纤通信实验	121
实验 4.1 光纤通信实验概述	121
实验 4.2 光纤波长识别	122
实验 4.3 活动连接器观察识别	123
实验 4.4 单模与多模光纤信号传输方式识别	125
实验 4.5 CPLD 可编程信号产生及成形	126
实验 4.6 码型变换及眼图观察测试	128
实验 4.7 光纤发送系统	130
实验 4.8 光纤接收系统	134
实验 4.9 PCM 数字电话光纤信道传输	137
实验 4.10 数据光传输系统单元	139
实验 4.11 模拟电话光传输系统单元	142
实验 4.12 外加信号在光纤信道传输	143
实验 4.13 光纤信道误码测试	145
实验 4.14 数字光收端机接口指标测试	146
实验 4.15 PCM 话路特性综合测试	148
实验 4.16 光纤传输特性测量	148
第5章 移动通信实验	151
实验 5.1 移动通信实验概述	151
实验 5.2 MSK 调制解调	162
实验 5.3 GMSK 调制解调	166
实验 5.4 QPSK 调制解调	168
实验 5.5 DQPSK 调制解调	171
实验 5.6 无绳电话信道实验	174
实验 5.7 无绳电话接收机实验	177
实验 5.8 锁相频率合成器	183

实验 5.9 无绳电话移动通信系统	193
实验 5.10 GOLD 序列特性	197
实验 5.11 扩频与解扩	201
实验 5.12 CDMA 移动通信系统	204
第 6 章 单片机原理与接口技术实验	209
实验 6.1 I/O 口输入、输出实验	209
实验 6.2 扩展输入、输出实验	210
实验 6.3 定时/计数器实验	212
实验 6.4 外部中断实验	213
实验 6.5 串转并与并转串实验	214
实验 6.6 8255 输入、输出实验	215
实验 6.7 音频驱动实验	216
实验 6.8 LED 点阵显示实验	218
实验 6.9 LCD 显示实验	220
实验 6.10 电子琴实验	222
实验 6.11 交通灯控制实验	223
实验 6.12 单片机串行口与计算机通信实验	224
实验 6.13 并行 A/D 转换实验	225
实验 6.14 并行 D/A 转换实验	227
实验 6.15 I^2C 串行 EEPROM 读写实验	228
实验 6.16 IC 卡读写实验	233
实验 6.17 V/F 转换与 F/V 转换实验	237
实验 6.18 语音芯片控制实验	240
实验 6.19 日历时钟芯片控制实验	245
实验 6.20 直流电动机测速与控制实验	253
实验 6.21 步进电动机控制实验	254
实验 6.22 压力测量显示实验	256
实验 6.23 温度传感器与温度控制实验	258
实验 6.24 红外数据发送与接收实验	260
实验 6.25 485 通信实验	262
实验 6.26 CAN 总线通信实验	263
实验 6.27 USB 总线通信实验	267
附录 A 单片机实验箱操作说明	271
附录 B 信号与系统实验装置使用说明	272
参考文献	278

第1章 高频电子线路实验

实验1.1 小信号调谐放大器

【实验目的】

- (1) 熟悉电子器件和高频电子线路实验系统;
- (2) 掌握单调谐和双调谐放大器的基本工作原理;
- (3) 掌握测量放大器幅频特性的方法;
- (4) 熟悉放大器集电极负载对单调谐和双调谐放大器幅频特性的影响;
- (5) 了解放大器动态范围的概念和测量方法。

【实验原理】

1. 调谐放大器实验原理

(1) 单调谐放大器: 共发射极单调谐放大器原理电路如图 1-1 所示。

图 1-1 中晶体管 Q 起放大信号的作用, R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_e 为直流偏置电阻, 用以保证晶体管工作于放大区域, 因而放大器工作于甲类。 C_e 是 R_e 的旁路电容, C_b 、 C_c 是输入、输出耦合电容, L 、 C 是谐振回路作为放大器的集电极负载起选频作用, 它采用抽头接入法, 以减轻晶体管输出电阻对谐振回路 Q 值的影响, R_c 是集电极 (交流) 电阻, 它决定了回路 Q 值、带宽。

(2) 双调谐放大器: 图 1-2 为电容耦合双调谐回路谐振放大器原理电路。

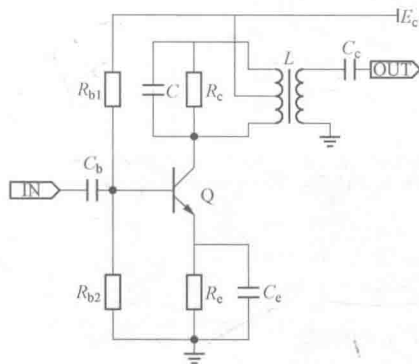


图 1-1 共发射极单调谐放大器原理电路

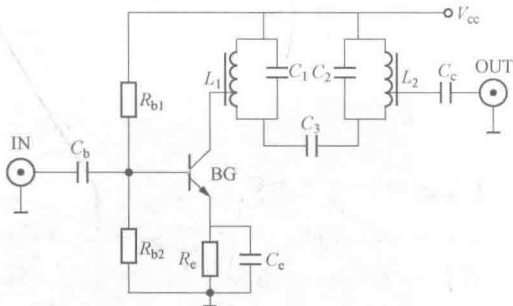


图 1-2 电容耦合双调谐回路放大器原理电路

图 1-2 中, R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_e 为直流偏置电阻, 用以保证晶体管工作于放大区域, 且放大器工作于甲类状态, C_e 为 R_e 的旁通电容, C_b 和 C_c 为输入、输出耦合电容。图中有两个谐振回路: L_1 、 C_1 组成了初级回路, L_2 、 C_2 组成了次级回路。两者之间并无互感耦合 (必要时, 可分别对 L_1 、 L_2 加以屏蔽), 而是由电容 C_3 进行耦合, 故称为电容耦合。

2. 小信号调谐放大器实验电路

图 1-3 为小信号调谐放大器实验电路。图中, 2P01 为信号输入口, 当做实验时, 高频信号由此输入。2TP01 为输入信号测试点。接收天线用于构成收发系统时接收发方发出的信号。

1) 2K1 置“OFF”位,即断开集电极电阻 $2R_3$ 。2K2 置“单调谐”位,此时 $2C_6$ 被短路,放大器为单调谐回路。高频信号源输出连接到调谐放大器的输入端(2P01)。示波器 CH1 接放大器的输入端 2TP01,示波器 CH2 接调谐放大器的输出端 2TP02,调整高频信号源频率为 6.3MHz (用频率计测量),高频信号源输出幅度(峰-峰值)为 200mV (示波器 CH1 监测)。调整 $2W_1$ 和 $2W_2$,使放大器的输出为最大值(示波器 CH2 监测)。此时回路谐振于 6.3MHz。比较此时输入输出幅度大小,并算出放大倍数。

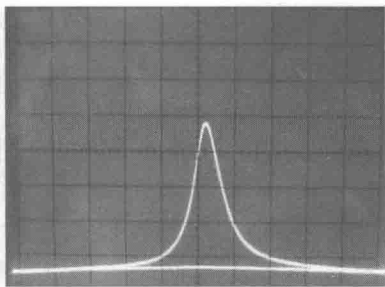


图 1-4 扫频仪测量的幅频特性曲线

2) 按照表 1-1 改变高频信号源的频率(用频率计测量),保持高频信号源输出幅度为 200mV (示波器 CH1 监视),从示波器 CH2 上读出与频率相对应的单调谐放大器的电压幅度值,并把数据填入表 1-1。

表 1-1 输入信号频率与其相对应的输出电压幅度

输入信号频率 f (MHz)	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
输出电压幅度 U (mV)																		

3) 以横轴为频率,纵轴为电压幅度,按照表 1-1,画出单调谐放大器的幅频特性曲线。

3. 观察集电极负载对单调谐放大器幅频特性的影响

当放大器工作于放大状态时,按照上述幅频特性的测量方法测出接通与不接通 $2R_3$ 的幅频特性曲线。可以发现:当不接 $2R_3$ 时,集电极负载增大,幅频特性幅值加大,曲线变“瘦”, Q 值增高,带宽减小。而当接通 $2R_3$ 时,幅频特性幅值减小,曲线变“胖”, Q 值降低,带宽加大。

用扫频仪测出不接通与接通 $2R_3$ 的幅频特性曲线,如图 1-5 所示。

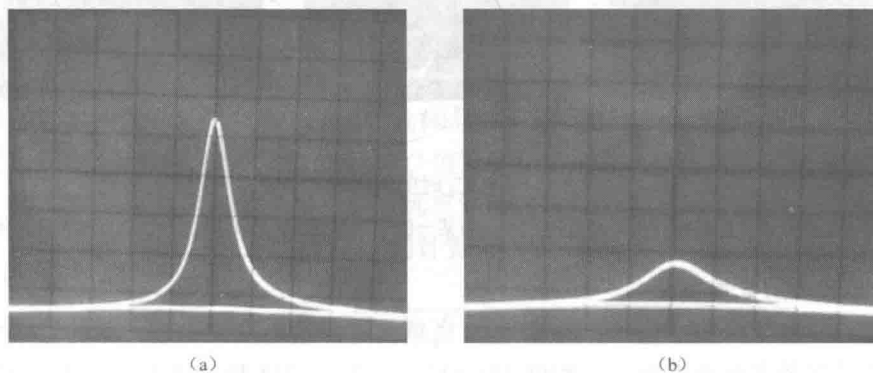


图 1-5 不接通与接通 $2R_3$ 的幅频特性曲线

(a) 不接通 $2R_3$ 时的幅频特性曲线; (b) 接通 $2R_3$ 时的幅频特性曲线

4. 双调谐回路谐振放大器幅频特性测量

与单调谐的测量方法完全相同,可用扫频法和点测法。图 1-6 为用扫频仪测得的幅频特

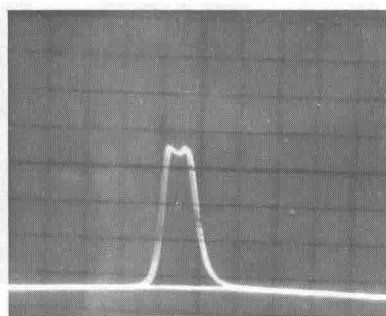


图 1-6 用扫频仪测得的幅频特性曲线

性曲线。

点测法步骤如下：

(1) 2K2 置“双调谐”位，接通 $2C_6$ ，2K1 至“OFF”位。高频信号源输出频率 6.3MHz（用频率计测量），幅度 200mV，然后接入调谐放大器的输入端（2P01）。示波器 CH1 接 2TP01，示波器 CH2 接放大器的输出端（2TP02）。调整 $2W_1$ 和 $2W_2$ ，使输出为最大值。

(2) 按照表 1-2 改变高频信号源的频率（用频率计测量），保持高频信号源输出幅度峰-峰值为 200mV（示波器 CH1 监测），从示波器 CH2 上读出与频率相对应的双调谐放大器的电压幅度，并把数据填入表 1-2。

表 1-2

输入信号频率与其相对应的输出电压幅度

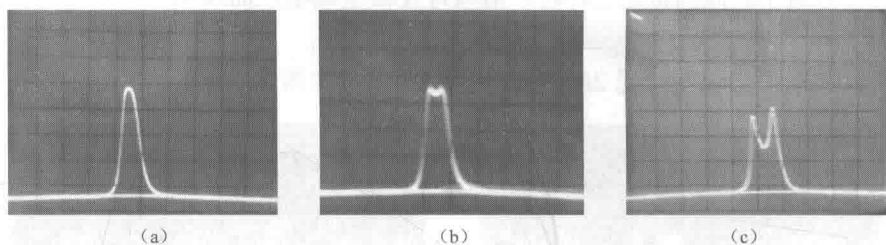
输入信号频率 f (MHz)	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1
输出电压幅度 U (mV)										
输入信号频率 f (MHz)	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
输出电压幅度 U (mV)										

(3) 测出两峰之间凹陷点的大致频率。

(4) 以横轴为频率，纵轴为幅度，按照表 1-2，画出双调谐放大器的幅频特性曲线。

(5) 调整 $2C_6$ 的电容，按照上述方法测出改变 $2C_6$ 时的幅频特性曲线。

图 1-7 为用扫频仪测得的不同 $2C_6$ 时的幅频特性曲线。

图 1-7 不同 $2C_6$ 时的幅频特性曲线

(a) 耦合电容减小扫频曲线；(b) 耦合电容 $2C_6$ 为某一值时扫频曲线；(c) 耦合电容 $2C_6$ 增大时扫频曲线

5. 放大器动态范围测量

2K1 置“OFF”位，2K2 置“单调谐”位。高频信号源输出接调谐放大器的输入端（2P01），调整高频信号源频率至谐振频率，幅度 100mV。示波器 CH1 接 2TP01，示波器 CH2 接调谐放大器的输出端（2TP02）。按照表 1-3 放大器输入幅度，改变高频信号源的输出幅度（由 CH1 监测）。从示波器 CH2 读出放大器输出幅度值，并把数据填入表 1-3，且计算放大器电压放大倍数。可以发现，当放大器的输入增大到一定数值时，放大倍数开始下降，输出波形开始畸变（失真）。

表 1-3

放大器输入、输出与电压放大倍数

放大器输入 U (mV)	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
放大器输出 U (V)											
放大器电压放大倍数											

【实验报告要求】

(1) 画出单调谐放大器和双调谐放大器的幅频特性，计算放大器输出幅值从最大值下降到 0.707 倍时的带宽，并由此说明其优缺点。比较单调谐放大器和双调谐放大器在特性曲线上有何不同。

(2) 画出放大器电压放大倍数与输入电压幅度之间的关系曲线。

(3) 当放大器输入幅度增大到一定程度时，输出波形会发生什么变化？为什么？

(4) 总结由本实验所获得的体会。

实验 1.2 正弦波振荡器实验**【实验目的】**

(1) 掌握电容三点式 LC 振荡电路和晶体振荡器的基本工作原理，熟悉其各元件的功能；

(2) 掌握 LC 振荡器幅频特性的测量方法；

(3) 熟悉电源电压变化对振荡器振荡幅度和频率的影响；

(4) 了解静态工作点对晶体振荡器工作的影响，感受晶体振荡器频率稳定度高的特点。

【实验原理】**1. 电容三点式 LC 振荡电路原理**

电容三点式 LC 振荡器交流等效电路如图 1-8 所示。

(1) 静态工作点的调整。合理选择振荡管的静态工作点，对振荡器工作的稳定性及波形的好坏有一定的影响，偏置电路一般采用分压式电路。

当振荡器稳定工作时，振荡管工作在非线性状态，通常是依靠晶体管本身的非线性实现稳幅。若选择晶体管进入饱和区和区来实现稳幅，则将使振荡回路的等效 Q 值降低，输出波形变差，频率稳定度降低。因此，一般在小功率振荡器中总是使静态工作点远离饱和区，靠近截止区。

(2) 振荡频率 f 的计算。振荡频率 f 的计算公式如下：

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_T)}}$$

式中， C_T 为 C_1 、 C_2 和 C_3 的串联值，因 C_1 (300pF) $\gg C_3$ (75pF)， C_2 (1000pF) $\gg C_3$ (75pF)，故 $C_T \approx C_3$ ，所以，振荡频率主要由 L 、 C 和 C_3 决定。

(3) 反馈系数 F 的选择。反馈系数 F 的计算公式如下：

$$F = \frac{C_1}{C_2}$$

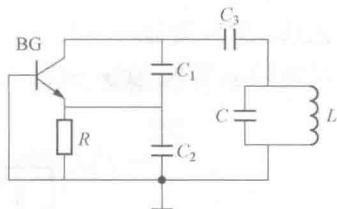


图 1-8 电容三点式 LC 振荡器交流等效电路

反馈系数 F 不宜过大或过小，一般经验数据 $F = 0.1 \sim 0.5$ ，本实验取 $F = \frac{300}{1000} = 0.3$ 。

2. 石英晶体振荡器

图 1-9 是一种晶体振荡器的交流等效电路。这种电路很类似于电容三点式振荡器，区别仅在于两个分压电容的抽头是经过石英谐振器接到晶体管发射极的，由此构成正反馈通路。 C_3 与 C_4 并联，再与 C_2 串联，然后与 L_1 组成并联谐振回路，调谐在振荡频率。当振荡频率等于石英谐振器的串联谐振频率时，晶体呈现纯电阻，阻抗最小，正反馈最强，相移为零，满足相位条件。因此振荡器的频率稳定度主要由石英谐振器来决定。在其他频率，不能满足振荡条件。

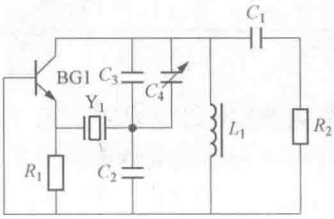


图 1-9 晶体振荡器交流等效电路

3. 正弦波振荡器的实验电路

图 1-10 为电容三点式 LC 振荡器和晶体振荡器实验电路。图中，左侧部分为 LC 振荡器，中间部分为晶体振荡器，右侧部分为射极跟随器。

晶体管 3Q01 为 LC 振荡器的振荡管， $3R_{01}$ 、 $3R_{02}$ 和 $3R_{04}$ 为晶体管 3Q01 的直流偏置电阻，以保证振荡管 3Q01 正常工作。图中开关 3K05 打到“S”位置时，为改进型克拉泼振荡电路；打到“P”位置时，为改进型西勒振荡电路。图中 3D02 为变容二极管，调整 $3W_4$ 即可改变变容二极管上的直流电压，从而改变变容二极管的电容，也即控制着振荡频率的变化。调整电位器 $3W_1$ 可改变振荡器晶体管 3Q01 的电源电压。

图 1-10 中 3Q03 为晶体振荡器振荡管， $3W_3$ 、 $3R_{10}$ 、 $3R_{11}$ 和 $3R_{13}$ 为晶体管 3Q03 直流偏置电阻，以保证 3Q03 正常工作，调整 $3W_3$ 可以改变 3Q03 的静态工作点。图中 $3R_{12}$ 、 $3C_{20}$ 为去耦元件， $3C_{21}$ 为旁路电容，并构成共基接法。 $3L_{03}$ 、 $3C_{18}$ 、 $3C_{19}$ 构成振荡回路，其谐振频率应与晶体频率基本一致。 $3C_{17}$ 为输出耦合电容。3TP03 为晶体振荡器测试点。

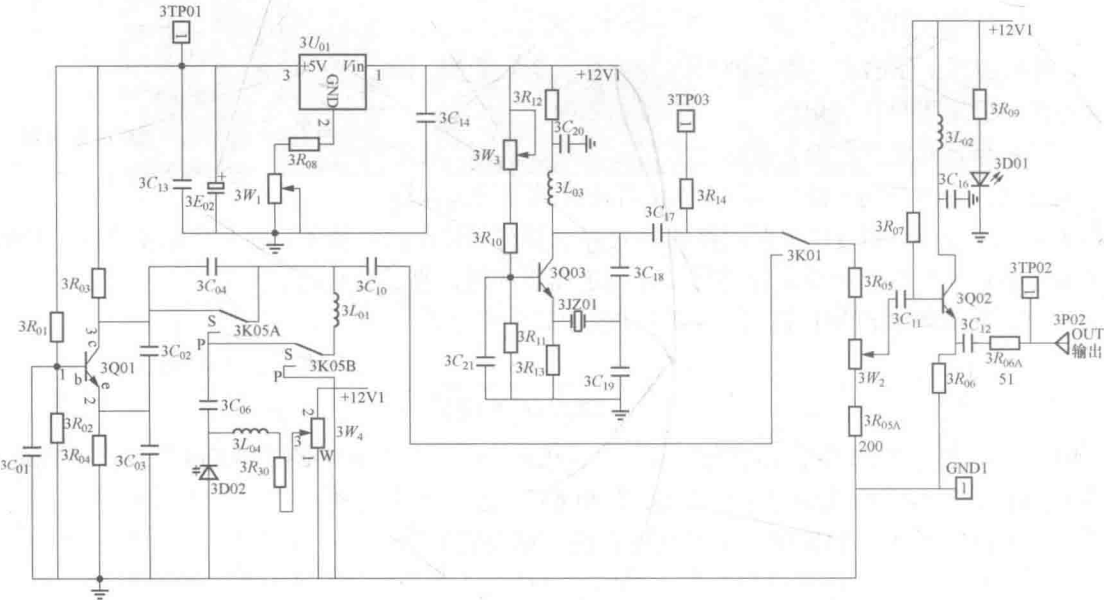


图 1-10 电容三点式 LC 振荡器和晶体振荡器实验电路

晶体振荡器输出与 LC 振荡器输出由 3K01 来控制, 开关与上方接通时, 为晶振输出, 与下方接通时, 为 LC 振荡器输出。晶体管 3Q02 为射极跟随器, 以提高带负载的能力。电位器 $3W_2$ 用来调整振荡器输出幅度。3TP02 为输出测量点, 3P02 为振荡器输出口。

【实验内容及步骤】

1. 实验准备

插装好正弦振荡器与变容二极管调频模块, 接通实验箱电源, 按下模块上电源开关, 此时模块上电源指示灯亮。

2. LC 振荡实验

为防止晶体振荡器对 LC 振荡器的影响, 应使晶振停振, 即将 $3W_3$ 顺时针调到底。

(1) 西勒振荡电路幅频特性的测量。3K01 拨至 LC 振荡器, 示波器接 3TP02, 频率计接振荡器输出口 3P02。调整电位器 $3W_2$, 使输出最大。开关 3K05 拨至 “P”, 此时振荡电路为西勒振荡电路。调整 $3W_4$ 可调整变容二极管 3D02 的直流电压, 从而改变变容二极管的电容, 达到改变振荡器的振荡频率, 变容二极管上电压最高时, 变容二极管电容最小, 此时输出频率最高。按照表 1-4 中电压的变化测出与电压相对应的振荡频率和输出电压 (峰-峰值 V_{p-p}), 并将测量结果记于表中。表 1-4 中电压为变容二极管 3D02 上的电压, 调整 $3W_4$ 即可调整其电压。

表 1-4 电压与其相对应的振荡频率和输出电压

电压 (V)	0	1	2	3	4	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	11.5
振荡频率 f (MHz)																		
输出电压 V_{p-p} (V)																		

根据所测数据, 分析振荡频率与电容变化的关系、输出幅度与振荡频率的关系, 并画出振荡频率与输出幅度的关系曲线。

(2) 克拉泼振荡电路幅频特性的测量。将开关 3K05 拨至 “S”, 振荡电路转换为克拉泼振荡电路。按照上述 (1) 的方法, 测出振荡频率和输出电压, 并将测量结果记于表 1-4 中。

根据所测数据, 分析振荡频率与电容变化的关系、输出电压幅度与振荡频率的关系, 并画出振荡频率与输出电压幅度的关系曲线。

(3) 测量电源电压变化对振荡器频率的影响。分别将开关 3K05 拨至 “S” 和 “P”, 改变电源电压 E_C , 测出不同 E_C 下的振荡频率。并将测量结果记于表 1-5 中。

其方法是: 频率计接振荡器输出 3P01, 调整电位器 $3W_2$ 使输出电压最大, 用示波器监测, 测好后去掉。调整 $3W_4$ 使变容二极管 3D02 上电压为 5V。用万用表直流电压挡测 3TP01 测量点电压, 按照表 1-5 给出的电压值 E_C , 调整 $3W_1$ 电位器, 分别测出与电压相对应的频率。表中 Δf 为改变 E_C 时振荡频率的偏移, 假定 $E_C=10.5V$ 时, $\Delta f=0$, 则 $\Delta f=f-f_{10.5V}$ 。

表 1-5 电源电压变化对振荡器频率的影响

串联 (S)	E_C (V)	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5
	f (MHz)						
	Δf (kHz)						

续表

并联 (P)	E_c (V)	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5
	f (MHz)						
	Δf (kHz)						

根据所测数据, 分析电源电压变化对振荡频率的影响。

3. 晶体振荡器实验

(1) 3K01 拨至晶体振荡器, 将示波器探头接到 3TP02 端, 观察晶体振荡器波形, 如果没有波形, 应调整 $3W_3$ 电位器。然后用频率计测量其输出端频率, 看是否与晶体频率一致。

(2) 示波器接 3TP02 端, 频率计接 3P02 输出口, 调节 $3W_3$ 以改变晶体管静态工作点, 观察振荡波形及振荡频率有无变化。

【实验报告要求】

(1) 根据测试数据, 分别绘制西勒振荡器、克拉泼振荡器的幅频特性曲线, 并进行分析比较。

(2) 根据测试数据, 计算频率稳定度, 分别绘制克拉泼振荡器、西勒振荡器的 $\frac{\Delta f}{f_0} - E_c$ 曲线。

(3) 根据实验, 分析静态工作点对晶体振荡器工作的影响。

(4) 总结由本实验所获得的体会。

实验 1.3 混频器 (晶体管混频器和集成乘法器混频器)

【实验目的】

(1) 了解晶体管混频器和集成乘法器混频器的基本工作原理, 掌握用 MC1496 集成电路来实现混频的方法;

(2) 了解混频器的寄生干扰。

【实验原理】

1. 晶体管混频器的基本工作原理

当采用晶体管作为非线性器件时就构成了晶体管混频器, 它是较简单的混频器之一, 应用很广, 我们以它为例来分析混频器的基本工作原理。

晶体管混频器的原理电路如图 1-11 所示。

从图 1-11 可知, 输入的高频信号 $u_s (f_s)$, 通过 C_1 加到三极管的 b 极, 而本振信号 $u_L (f_L)$ 经 C_c 耦合, 加在晶体管的 e 极, 这样加在晶体管输入端 (bc 之间) 信号为 $u_{bc} = u_s + u_L$ 。即两信号在晶体管输入端互相叠加。由于晶体管的 $i_c - u_{bc}$ 特性 (即转移特性) 存在非线性, 使两信号相互作用, 产生很多新的频率成分, 其中就包括有用的中频成分 $f_L - f_s$ 和 $f_L + f_s$, 输出中频回路 (带通滤波器) 将其选出, 从而实现混频。

通常混频器集电极谐振回路的谐振频率选择差频即 $f_L - f_s$, 此时输出中频信号 f_i 比输入信号频率 f_s 低。根据需要有时集电极谐振回路选择和频即 $f_L + f_s$, 此时输出中频信号 f_i 比输

入信号频率 f_s 高，即将信号频率往高处搬移，有的混频器就取和频。

2. 晶体管混频器实验电路

图 1-12 是晶体管混频器实验电路，由图可看出，本振电压 U_L 从 2P04 输入，经 $2C_{16}$ 送往晶体管的发射极。射频信号电压（频率为 6.3MHz）从 2P03 输入，经 $2C_{17}$ 送往晶体管的基极。混频后的中频信号由晶体管的集电极输出，集电极的负载由 $2L_{10}$ 、 $2C_{22}$ 和变容二极管 2D8 构成谐振回路，该谐振回路调谐在中频 $f_i = f_L - f_s$ 上。本实验中频 $f_i = 2.5\text{MHz}$ ，由于信号频率 $f_s = 6.3\text{MHz}$ ，所以本振频率为 8.8MHz ，即中频 $f_i = f_L - f_s = 8.8\text{MHz} - 6.3\text{MHz} = 2.5\text{MHz}$ 。谐振回路选出的中频经 $2C_{21}$ 耦合，由 2P05 输出。图中电位器 $2W_3$ 用来调整晶体管静态工作点。 $2W_4$ 用来调整变容二极管 2D8 上的偏压，从而调整中频的谐振频率。

图 1-11 晶体管混频器原理电路

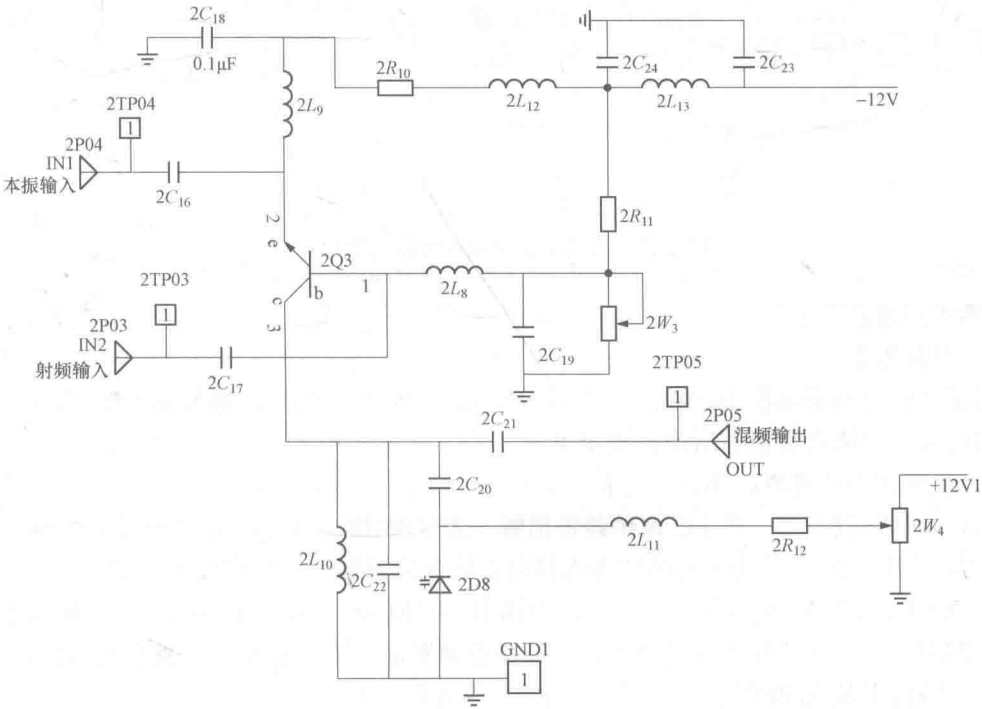


图 1-12 晶体管混频器实验电路

3. 用 MC1496 集成电路构成的混频器

图 1-13 是用 MC1496 集成电路构成的混频器，该电路利用一片 1496 集成块构成两个实验电路，即幅度解调电路和混频电路，本实验我们只讨论混频电路。MC1496 是一种四象限模拟相乘器（我们通常把它称为乘法器）。图 1-13 中，5P01 为本振信号 u_L 输入口，5TP01 为本