

高等学校实验课系列教材

模拟电路 实验技术 (下册)

MONI DIANLU SHIYAN JISHU

●主编 谢礼莹
●参编 张 玲 潘银松 王艳琼

EXPERIMENTATION



重庆大学出版社

合 著 者 内

本书是根据《模拟电子技术》课程的教学大纲，结合编者多年的教学经验和科研成果编写而成的。本书可作为高等院校电子信息类、电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

模拟电路实验技术

(下 册)

主 编 谢礼堂

参 编 张 玲 潘银松 王艳琼

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书为高等学校实验课系列教材之一。全书分上、下册,下册包括两篇:模拟电路 CAD 实验及其设计,可编程模拟器件的开发及设计实验,内容有:OrCAD PSpice 在模拟电路仿真中的应用及其在数字电路分析中的应用、利用 OrCAD PSpice 进行模拟电路仿真,ispPAC 系列器件结构及原理,PAC-Designer 软件使用方法,利用 ispPAC 器件的设计实例等。

本书供高等学校工科相关专业实验之用,也可供有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路实验技术.下册/谢礼堂主编.一重庆:重庆大学出版社,2005.11

(高等学校实验课系列教材)

ISBN 7-5624-3553-7

I. 模... II. 谢... III. 模拟电路—实验—高等学校—教材 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 127746 号

模拟电路实验技术

(下 册)

主 编 谢礼堂

参 编 张 玲 潘银松 王艳琼

责任编辑:曾令维 高弼宽 版式设计:曾令维

责任校对:邹 忌 责任印制:秦 梅

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸥盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fsk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:299千

2005年11月第1版 2005年11月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3553-7 定价:16.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究。

目录

第3篇 模拟电路 CAD 实验及其设计

第7章 概论	1
7.1 计算机辅助设计与电子设计自动化	1
7.2 电路模拟分析工具 PSpice 简介	2
7.3 电路模拟过程	5
7.4 运行 OrCAD/PSpice A/D 9.1 的有关规定	8
第8章 OrCAD PSpice 在模拟电路仿真中的应用	14
8.1 电路图绘制软件 Capture	14
8.2 直流电路分析	22
8.3 交流电路交流分析和瞬态分析	32
8.4 参数扫描分析和电路性能分析	40
8.5 输入激励信号波形设置	47
8.6 模拟电路综合分析——差分放大器	57
8.7 蒙特卡诺(Monte Carlo)分析	69
8.8 最坏情况分析(Worst-Case Analysis)	75
第9章 OrCAD/PSpice 在数字电路分析中的应用	80
9.1 逻辑模拟基本概念及激励信号源设置	80
9.2 数字电路模拟	91
9.3 数/模混合模拟	98
9.4 逻辑错误的显示和分析	102
第10章 利用 OrCAD PSpice 进行模拟电路仿真(实验)	104
实验一 包含受控源的直流电路	105
实验二 RLC 串联谐振电路	106
实验三 基本有源放大电路单元	108
实验四 单管共源放大电路的常见应用	111
实验五 互补输出级电路	112

实验六 电流源	116
实验七 运算放大器的应用——线性部分	119
实验八 运算放大器的应用——非线性部分	122
实验九 电流并联负反馈放大电路	124
实验十 典型数字电路的研究	127
实验十一 单稳态多谐振荡器	129
附录 II	132
附录 II.1 常用库文件名及元器件	132
附录 II.2 PSpice Goal Function	135
附录 II.3 常用的工具按钮介绍	136
附录 II.4 常见的错误信息	138
第 4 篇 可编程模拟器件的开发及设计实验	
第 11 章 可编程模拟器件概述	141
11.1 可编程模拟器件的组成	141
11.2 可编程模拟器件的分类	142
11.3 可编程模拟器件的设计流程	142
第 12 章 ispPAC 系列器件结构及原理	144
12.1 ispPAC10	144
12.2 ispPAC20	150
12.3 ispPAC80	153
第 13 章 PAC-Designer 软件使用方法	156
13.1 PAC-Designer 的基本用法	156
13.2 器件编程	166
第 14 章 利用 ispPAC 器件的设计实例	168
设计一 ispPAC10 高精度阶梯滤波器的设计	168
设计二 用 ispPAC20 实现的电压监控	173
设计三 用 ispPAC20 实现的温度监控	178
设计四 ispPAC80 可编程低通滤波器实验	182
附录 III 常用的工具按钮介绍	186

似认为最大?

②在实验中,你是如何判别电路处于谐振状态的?

实验三 基本有源放大电路单元

(1) 实验目的

- ①进一步理解基本有源放大电路单元的各项性能。
- ②学会利用 OrCAD PSpice 对电路各方面特性进行综合分析。
- ③学会分析结果。

(2) 实验原理

单管放大电路有 3 种基本的组态:共发射极、共基极和共集电极。它们的电路结构各不相同,电路性能和用途也各不一样。

共发射极电路是最常见的。

共集电极电路,具有输入电阻高,输出电阻低,电压增益约小于 1,频带较宽。工程应用中常用作电压跟随器。

共基极电路频带响应宽。

本实验将着重对第一种组态的电路性能进行分析,有兴趣的同学可自行对后两种电路的性质进行分析。

(3) 实验内容

1) 利用 OrCAD Capture 完成电路原理图的绘制,完成后的参考电路图如图 10.3.1 所示。

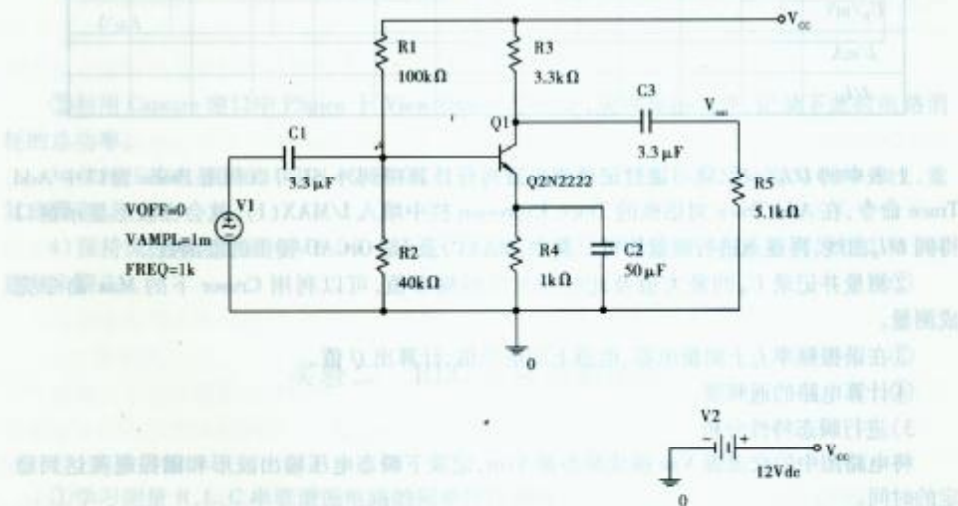


图 10.3.1 共发射极放大电路原理图(参考)

由图可得,在此共发射极放大电路中,Q1 是放大管,它的静态工作点由 R1 和 R2 分压偏

置确定,稳定不易产生漂移。输入输出均采用阻容耦合,以减小干扰。 R_4 为射极直流负反馈电阻, R_5 为负载电阻。 V_1 为正弦交流小信号瞬态源($V_{\sin}$)。

2) 对该电路进行直流工作点分析,观察输出文件*.OUT,记录该电路晶体管的直流工作点和 β 值。

表 10.3.1

Name	β /BF	I_B /mA	I_C /mA	V_{BE} /V	V_{CE} /V	V_{CE}/V
Q1						

3) 对直流工作点进行调整

现在为了使集电极电流 I_C 工作在1 mA,结合8.4节的内容,可将电阻 R_2 设置为全局参数。而OrCAD PSpice的DC分析支持的5种自变量之一就有全局参数Global Parametre。参考扫描范围为1~50 k Ω ,扫描方式为线性,扫描步长为0.02 k Ω ,记录 I_C 为1 mA时 R_2 的值,并在电路图中将 R_2 的值改为此值,删除PARAM,即撤销其全局参数的设置。

4) 动态范围

如果放大电路增益很高,但是输出电压的动态范围不大,那么,它的输出就会受到很大的限制,只能对一些幅度很小的信号进行放大,否则输入信号稍微大一点,就会造成输出波形失真。而设置好静态工作点,对调整输出电压的动态范围又是非常重要的。此处,来观察一下当集电极电流 I_C 在 $R_2 = 40$ k Ω 和1 mA时,输出电压的动态范围。将正弦信号源的电压幅度Vample设置为全局参数,对输入正弦信号的幅度进行列表扫描分析,幅度从大到小分别为25 mV,50 mV和100 mV。为方便调用Probe观察波形,可利用Place Net Alias命令将输出电压端设为 V_{out} 。

观察输出电压是否出现失真,记录各种情况下输出电压的正向峰值和反向峰值于表10.3.2,并计算相应的动态范围($V_{P+max} - V_{P- max}$)。画出各种情况下的输出电压波形曲线。可采用Cursor工具下的Max和Min函数使测量简化。

表 10.3.2

$R_2 = 40$ k Ω

Vample/mV	25	50	100
V_{P+}/V			
V_{P-}/V			

$I_C = 1$ mA

Vample/mV	25	50	100
V_{P+}/V			
V_{P-}/V			

5) 频率响应特性

在放大电路中,常含有电容,比如晶体管中的结电容以及分布电容等,这些电容将对高频

信号产生影响。因此,对于频率不同的信号,它的放大能力是不一样的。如果放大电路的频带不够宽,相频特性不够理想,可能会引起输出信号的失真。所以频率响应特性是放大电路一个十分重要的特性。

在电路图中将输入正弦瞬态源改为交流小信号源 V_{ac} ,并将 AC 值设为 1 mV。重新将电容 C3 的值设置为全局参数,分别取 1 pF,100 pF 和 3.3 μ F 3 个值在 AC 分析的基础上进行参数列表扫描分析。利用 Probe 提供的宏函数构成表达式 $V(V_{out})/V(VI; +)$,观察并记录所有的电压增益频率响应波形,测出各个电容值下的低频和高频截止频率填入表 10.3.3。

表 10.3.3

1 pF		100 pF		3.3 μ F	
f_L	f_H	f_L	f_H	f_L	f_H

6) 输入输出电阻

放大电路的输入端要接信号源或者前级放大电路的输出端(其输出电阻相当于信号源的内阻),输出端要接负载或者后级放大电路的输入端(其输入电阻相当于负载电阻),因此输入输出电阻这两个参数是非常重要的。输入电阻越高,前级输入电压分在输入部分的电压就越高;输出电阻越低,输出电压受后级负载的影响也越小。

现在来看看输出负载对放大电路的输入电阻有何影响。修改电路图,删除对电容 C3 的全局参数的设置,重新将输出负载 R5 的阻值设置为全局参数,分别取值为 100 Ω ,5 k Ω 和 100 k Ω ,在 AC 分析的基础上进行参数列表扫描分析。测量不同负载阻值下放大电路的中频输入电阻。

要测量放大电路的输出电阻,必须修改电路。撤掉输入源(或者将输入源的幅度设为 0)以及负载电阻(或者将负载电阻的阻值设为无穷大),然后在输出端另加上交流小信号源 V_{ac} ,通过测量该小信号源的电压与流过它的电流之比得到放大电路的输出电阻。

7) MC 分析

进行 MC 分析时,对其值发生随机变化的元器件应采用 BREAKOUT 库中的符号。因此,图 10.3.1 电路中的电阻 R1,R2,R3,R4 换为 Rbreak 符号,但其元器件编号 R1,R2,R3,R4 及阻值应保持不变。具体步骤是:

①用 BREAKOUT 元器件中的 Rbreak 元件取代原电阻,双击该电阻符号,在属性参数对话框中将 Value 项改为原电阻值,而编号保持不变。

②选中刚替换的电阻符号后,执行 Capture 中的 Edit/Pspice Model,将模型参数编辑框中的 model Rbreak RES R=1 修改为 model Rmode RES (R=1 DEV=5%),保存并关闭参数逻辑窗口。

分析设置:

- AC 扫描分析:1 Hz ~ 10 kHz,100Points/Decade;
- MC 分析:输出变量 $V(V_{out})$,对组装 10 套电路进行 MC 分析,参数变化规律:高斯分布,随机种子数:17 533(内定),Save data:All,分析结果统计方式:the greatest difference from the nominal run(YMAX)。

观察和记录 MC 分析结果:给出 10 次 AC 分析的 $V(out) \sim f$ 曲线;在 OUT 文件中,将 MC 分析的比较统计结果记录下来;记录偏差最大的那一次分析所采用的模型参数值。

8) WC 分析

把图中 $C1 \sim C3$ 元件改用 BREAKOUT 库中的符号,图 10.3.1 电路中的电容 $C1, C2, C3$ 换为 Cbreak 符号,但其元器件编号 $C1, C2, C3$ 及阻值应保持不变。 $C1 \sim C3$ 采用同一模型参数: model Cmode CAP (C = 1 DEV = 5%)。分析设置:输出 $V(V_{out})$, Vary device that () tolerance 项选择 only DEV, Worst Case Direction 项选择 High。分析结果统计方式: The maximum value(MAX)。

观察和记录 WC 分析结果及最坏情况分析的最终结果。

(4) 思考题

- ① 电容 $C3$ 的值跟放大电路的低频特性有何关系?
- ② 负载电阻的阻值将如何影响放大电路的输入电阻? 该参数对输出电阻值有影响吗?
- ③ 总结一下共发射极放大电路的基本特性。

实验四 单管共源放大电路的常见应用

(1) 实验目的

- ① 掌握 MOS 管 3 种偏置的电路结构,并将其与 BJT 管(晶体三极管)的 3 种组态进行比较。
- ② 理解并掌握 MOS 管放大电路的工作原理。
- ③ 掌握 MOS 管电路较之于 BJT 电路的优点。
- ④ 学会利用 OrCAD PSpice 对 MOS 管电路进行分析。

(2) 实验原理

MOS 管是利用电场效应来控制电流的一种半导体器件,其特点是控制端基本上不取电流(因而输入电阻极高),这一点对功率放大器尤为重要。而且该器件受温度、辐射等外界条件影响小,利于集成,工艺简单,因而获得广泛的应用。

MOS 管的漏极特性与 BJT 的输出特性相似,因而有相似的用途,即用 MOS 管亦可实现信号的放大及开关控制作用。

(3) 实验步骤

1) 利用 OrCAD PSpice 完成电路原理图的绘制,完成后的参考电路图如图 10.4.1 所示

2) 直流扫描分析

对该电路进行直流扫描分析以得到直流传输特性曲线。以 V_{CC} 的电压值作为自变量,参考扫描范围为 $0 \sim 4$ V,步长为 0.001 V。分析完毕后,在 Probe 窗口添加漏极电压 $V(M1:d)$ 和漏极电流 $ID(M1)$ 波形。可利用本书 8.3 节介绍的两根 Y 轴将两者波形同时显示。观察并记录两波形曲线,用 Cursor 工具测量出该 MOS 管截止区到饱和区的临界电压($V_{GS(th)}$)及饱和区到可变电阻区的临界电压。

3) 直流工作点分析

在上述得到的 MOS 管漏极电流与偏置 V_{CC} 的关系曲线中,测出 $I_{DQ} = 0.4$ mA 时的 V_{CC} ,在