

西安交通大学对口支援新疆大学系列教材项目

电子综合设计与实验

(下册)

主 编 汪烈军

副主编 贾振红

参 编 王建英 李新刚 殷 刚

莫家庆 黄晓辉



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交通大学对口支援新疆大学系列教材项目

电子综合设计与实验

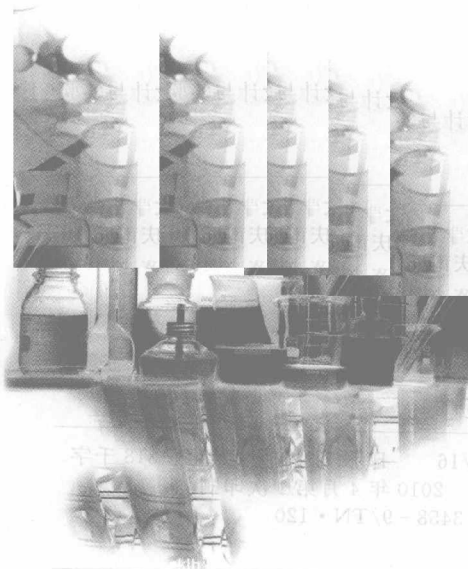
(下册)

主 编 汪烈军

副主编 贾振红

参 编 王建英 李新刚 殷 刚

莫家庆 黄晓辉



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书上册系统介绍了现代电子综合设计的基本概念与设计方法,主要包括:电子设计基础、模拟电路设计与仿真、数字逻辑电路设计与仿真、信号与系统电路设计与仿真、DSP 开发设计与应用。下册介绍了模拟电路仿真设计实验、数字逻辑电路实验、信号与系统实验、数字信号处理实验等。

本书适合作为电子工程、通信工程、电气工程、计算机等专业电子设计类课程和实验的教材或教学参考书,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子综合设计与实验(下册)/汪烈军主编. —西安:西安交通大学出版社,2010.4
ISBN 978-7-5605-3458-9

I. ①电… II. ①汪… III. ①电子电路-电路设计
IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 030810 号

书 名 电子综合设计与实验(下册)
主 编 汪烈军
责任编辑 邹 林

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西向阳印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 13.25 字数 318 千字
版次印次 2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3458-9/TN·120
定 价 22.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

电子综合设计是现代电子信息工程领域的一门新技术,它是在先进的计算机工作平台上开发出来的一整套电子系统设计的软硬件工具,并提供了先进的电子系统设计方法。电子设计技术是电子制造技术的核心,其发展和推广应用极大地推动了电子信息行业的发展。

电子设计自动化技术已经成为电子设计的主要手段,使工程师们在高效设计的同时,可以精确地硬件抽象和仿真,保证产品开发的短周期和高质量,是作为一个电子技术工程技术人员必须具备的技能。电子设计自动化技术是电子技术类课程教学改革的重要方向,是培养出适应 21 世纪发展需要的高素质电子信息类人才必不可少的课程。现已成为从事电子、信息以及相关领域的工作人员必须学习和掌握的一门技术课程。

本书是为“电子设计”课程编写的综合教材。本书以简明扼要、图文并茂和实例实验的形式详细介绍了电子综合设计的基本概念、应用范例和实现方法。全书配有丰富的插图,每个实例实验均通过调试,并提供大量的实验源程序。

本书的目的是:(1)通过教学使学生掌握现代的电子设计基本方法、仿真过程、设计思路;(2)通过实验和大量实例使学生系统掌握电子设计中用到的各类常用电路的设计方法。

本书分为上、下两册,具体内容安排如下:

上册:第 1 章为电子设计基础,该章首先简要介绍电子信息技术发展的历程,然后讲解常用电子元器件电阻、电容、电感、二极管、三极管等的结构、原理及元器件检测的基本技能,另外还介绍最常用的检测仪表万用表的使用方法,为读者学习电子设计预备基本的入门知识。

第 2 章为常用模拟电路设计与仿真,该章首先介绍模拟电路中一些常用功能电路的原理与构成及其设计参数选取原则,然后详细讲述两种在电子设计中使用最多的电路仿真工具 Multisim 和 PCB 制板工具 DXP,有了这两把利器我们就可以高效率地将自行设计的电路进行仿真、虚拟调试,然后制作印刷电路板。

第 3 章为常用数字逻辑电路设计与仿真,该章讲述常用数字逻辑电路设计与仿真,即用现代先进的高级软件设计电路的方法。本章通过详细讲述软件开发工具 Quartus II 和大量的数字逻辑电路设计实例,加深读者对现代数字逻辑电路设计方法的掌握和更深层次对数字逻辑电路的理解。

第 4 章为信号与系统常用电路设计与仿真,该章介绍信号与系统课程常用软件 MATLAB 的特点、基本操作及在信号处理领域的简单应用,以便帮助没有学习过 MATLAB 的读者了解并初步学会使用本软件,希望读者能够对 Matlab 有初步认识并能将之应用于信号与系统课程的学习,掌握信号源和滤波电路的基本设计方法。

第 5 章为 DSP 开发设计与应用,该章主要以 TMS320C54x 系列 DSP 为基础展开相关内容的讲述。具体包括 TMS320C54x 硬件概况、内部资源、汇编语言寻址方式和指令系统、汇编语言编写方法、CCS 集成调试环境介绍。

下册:第 1 章为模拟电路仿真设计实验,该章以 Multisim 仿真软件为开发工具,选择 10 个基本电路进行仿真实验,提供了 10 个综合性实验和 1 个设计性实验,通过这些实验,目的在于培养学生综合运用知识的能力、创新能力和设计能力。

第2章为数字逻辑电路仿真实验,该章以 Quartus II 6.0, Nios II IDE 仿真软件为开发工具,以 EP1C12Q240C8 芯片为核心的硬件实验系统为实验平台,详细介绍了常用数字逻辑电路仿真。实验的安排遵循从浅到深的原则,开始阶段侧重于开发工具、设计方法的掌握和熟练,之后则在设计的功能和水平上不断作出新的要求。

第3章为信号与系统实验,该章共包括10个信号与系统相关内容的硬件实验,实验均以 ZYEL701C 型信号与系统实验箱为基础实验平台,希望读者在实验过程中对各种信号有更明确的认识,并掌握信号源的使用方法和信号各种参数的测量方法,加深对信号与系统中重要理论的理解和对滤波器设计的掌握。

第4章为数字信号处理实验,该章是为了进一步理解 DSP 系统应用开发的基本流程,掌握简单 DSP 的设计方法,从硬件设计实验与软件设计实验两方面对 DSP 相关理论有更深入的认识。

本书由汪烈军任主编,贾振红任副主编。上册第1、2章,下册第1章由汪烈军、李新刚编写;上册第3章,下册第2章由殷刚编写;上册第4章,下册第3章由黄晓辉编写;上册第5章,下册第4章由王建英编写。全书由汪烈军统稿,贾振红教授审阅了全部初稿,并提出了修改意见。

本书在编写过程中得到了贾丽霞、吴明敏、陈江等老师以及北京精仪达盛科技有限公司工程师的支持和帮助,在此向他们表示衷心感谢!

由于作者水平有限,不妥与错误之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

作 者

2009年12月

目 录

第 1 章 模拟电路仿真设计实验	(1)
1.1 单管放大器仿真实验	(2)
1.2 晶体负反馈放大电路的分析	(7)
1.3 反向迟滞比较器仿真实验.....	(13)
1.4 门电路的测试仿真实验.....	(15)
1.5 译码器功能测试电路实验.....	(18)
1.6 运算放大器的应用仿真实验.....	(20)
1.7 互补对称功率放大器仿真实验.....	(23)
1.8 稳压电源仿真实验.....	(25)
1.9 交通灯的设计仿真实验.....	(27)
1.10 正弦波振荡器仿真实验	(29)
1.11 综合性实验	(32)
1.12 设计性实验	(33)
第 2 章 数字逻辑电路实验	(34)
2.1 组合逻辑 3-8 译码器的设计实验	(42)
2.2 半加器实验.....	(50)
2.3 全加器实验.....	(51)
2.4 带进位输入的 8 位加法器实验	(53)
2.5 带进位的通用加法器实验.....	(54)
2.6 全减器实验.....	(55)
2.7 4 位向量加法/减法器实验	(57)
2.8 向量乘法器实验.....	(58)
2.9 数据比较器实验.....	(60)
2.10 多路数据选择器实验	(62)
2.11 编码器实验	(63)
2.12 译码器实验	(64)
2.13 奇偶检验实验	(65)
2.14 二进制码转换成 BCD 码实验.....	(67)

2.15	BCD 码转换成二进制码实验	(69)
2.16	BCD 码转换成余三码实验	(70)
2.17	BCD 码转换成格雷码实验	(71)
2.18	计数器实验	(72)
2.19	串入/并出移位寄存器实验	(73)
2.20	并入/串出移位寄存器实验	(74)
2.21	串入/串出移位寄存器实验	(75)
2.22	多功能寄存器实验	(76)
2.23	单脉冲发生器实验	(78)
2.24	节拍脉冲发生器实验	(79)
2.25	巴克码发生器实验	(80)
2.26	巴克码检测器实验	(81)
2.27	扫描显示电路的驱动实验	(82)
2.28	计数器及时序电路实验	(83)
2.29	ROM 实验	(84)
2.30	16×16 点阵控制接口实验	(86)
2.31	17 段数码管控制接口实验	(87)
2.32	矩阵键盘控制接口实验	(90)
2.33	秒表设计实验	(95)
2.34	电子密码锁设计实验	(97)
第 3 章	信号与系统实验	(99)
3.1	函数信号发生器实验	(100)
3.2	交流毫伏表、频率计(选做)实验	(104)
3.3	单片机低频信号发生器与扫频源实验	(106)
3.4	用同时分析法观测方波信号的频谱实验(方波分解与合成)	(109)
3.5	抽样定理实验	(112)
3.6	无源和有源滤波器实验	(116)
3.7	四阶巴特沃斯滤波器实验	(120)
3.8	滤波器设计实验	(121)
3.9	二阶网络状态轨迹的显示实验(选做)	(122)
3.10	二阶网络函数的模拟实验(选做)	(125)
第 4 章	数字信号处理实验	(127)
4.1	实验系统介绍	(127)

4.2	调试软件的安装及使用实验	(151)
4.3	MATLAB 基础实验	(159)
4.4	常用指令和数据存储实验	(161)
4.5	CCS 环境下的 C 程序设计及定时器实验	(167)
4.6	A/D 采样和 D/A 转换实验	(173)
4.7	快速傅里叶变换(FFT)算法实验	(178)
4.8	有限冲击响应滤波器(FIR)算法和无限冲击响应滤波器(IIR)算法实验	(182)
4.9	卷积(Convolve)算法和离散余弦变换(DCT)算法实验	(191)
4.10	设计实验.....	(200)

参考文献

第1章 模拟电路仿真设计实验

随着电子技术和计算机的技术的飞速发展,电子电路及其应用系统设计手段也越来越先进,传统的电子与系统设计方法,周期长、耗材多、效率低,难以满足电子技术飞速发展的要求。电路仿真软件是将先进的计算机技术应用于电子设计与仿真过程中的新技术。它已经被广泛应用于电子电路分析、设计、仿真、印刷电路的设计等各项工作中。本章以 Multisim 仿真软件为开发工具,选择 10 个基本电路进行仿真实验,提供了 10 个综合性实验和 1 个设计性实验,通过这些实验,目的在于培养学生综合运用知识的能力、创新能力和设计能力。

1.1 单管放大器仿真实验

一、目的

1. 分析单管放大器的实验原理。
2. 学习应用 Multisim8 的虚拟仪器。

二、实验电路

实验电路如图 1-1-1 所示。

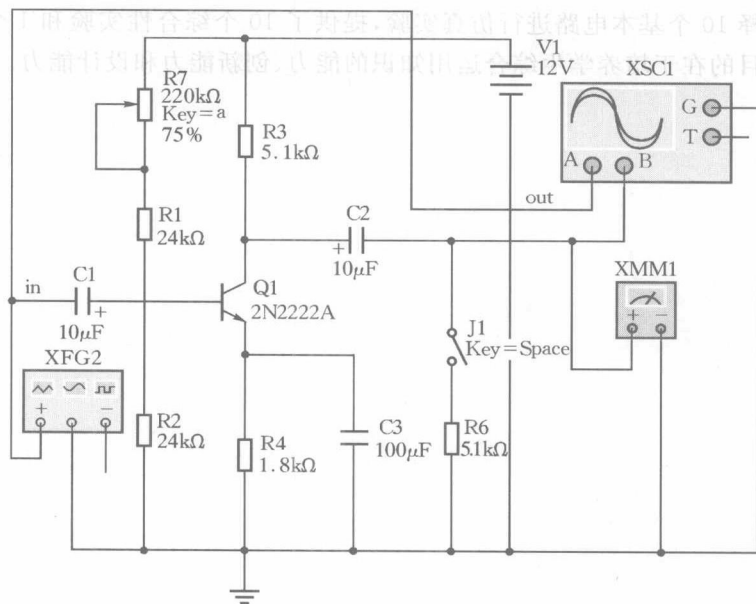


图 1-1-1 单管放大器实验电路

三、实验内容

1. 测量 I_c 的值。
2. 信号发生器设置为正弦波, $f=1\text{ kHz}$, $U=3\text{ mV}$ 。
3. 调整 RP, 在示波器上观察波形, 使波形输出幅度最大, 并且不失真。
4. 测试电路的幅频特性。
5. 测量电路的失真度。

四、分析

1. 测量 I_c : I_c 的测量方法很多,一般用电流表直接测量或通过测量 U_c 间接测量。下面用两种方法分别测量:

(1) 测量 U_c , 用 $I_c = U_c / R_c \approx I_e$ 计算集电极电流, 如图 1-1-2 所示。

$$I_c = I_c + I_b \approx I_e = U_c / R_c$$

$$I_c = \frac{2.067}{1800} \text{ A} = 1.148 \text{ mA}$$

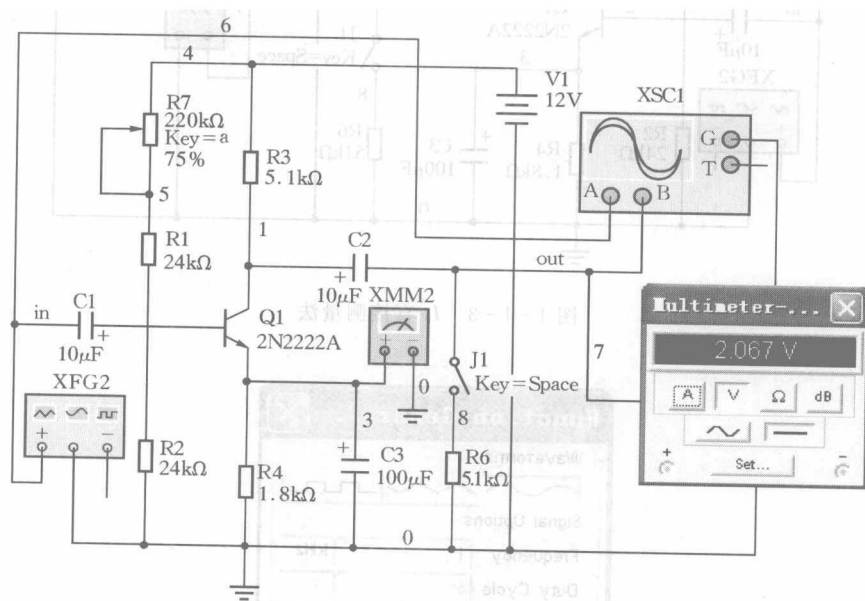


图 1-1-2 I_c 间接测量法

(2) 用电流表直接测量, 如图 1-1-3 所示。

由电流表测得 $I_c = 1.143 \text{ mA}$

结论: 由上(1)、(2)分析看出, 两种方法的结果是一致的。在实际电路中往往是用万用表测量晶体管发射极电阻上的电压(即用(1)方法)来测量电路的 I_c 。

2. 信号源的设置: 双击 XFG2 图标, 出现如图 1-1-4 所示界面。设置交流信号, 频率为 1 kHz, 幅度为 3 mV。

3. 运行仿真: 双击 XSC1 图标。调整 Channel A、B 的 Scale (A 为 5 mV/div, B 为 200 mV/div), 使波形有一定的幅度, 调整 Timebase 的 Scale (500 μs/div), 使波形便于观察。调整 RP, 使输出波形幅度最大且不失真, 反复调整, 直到最佳。

RP 的调整方法: 单击 RP 选中, 按键盘上的 A 键 (大写 A 电阻百分数增大, 小写 a 电阻百分数减小), 调整最好在停止仿真时进行, 调整后再运行仿真。反复调整, 直到波形幅度最大, 且不失真。

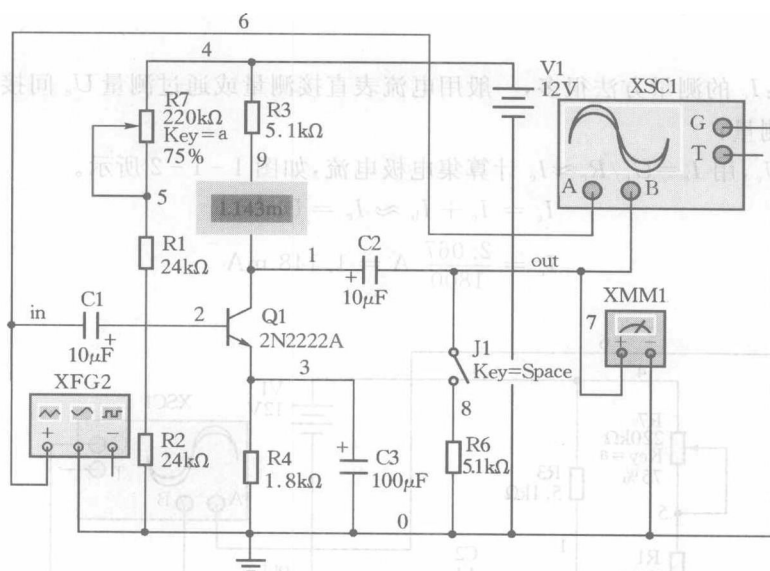
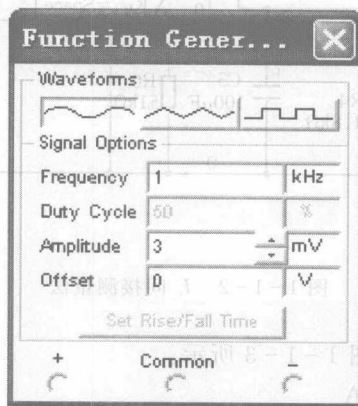
图 1-1-3 I_c 直接测量法

图 1-1-4 信号源设置

4. 测量电路的幅频特性:用波特图示仪测量电路的幅频特性曲线非常方便,如图 1-1-5 所示。

结论:电路的最大增益为 40.9 dB,在幅度下降 3 dB 点处找到下限频率和上限频率 $f_L = 72 \text{ Hz}$, $f_H = 16.3 \text{ MHz}$,也就是说,电路的频带宽度约为 16.3 MHz。

5. 测量电路的失真度:可以用失真度测量仪直接测量,如图 1-1-6 所示。

结论:电路的失真度为 2.662%。

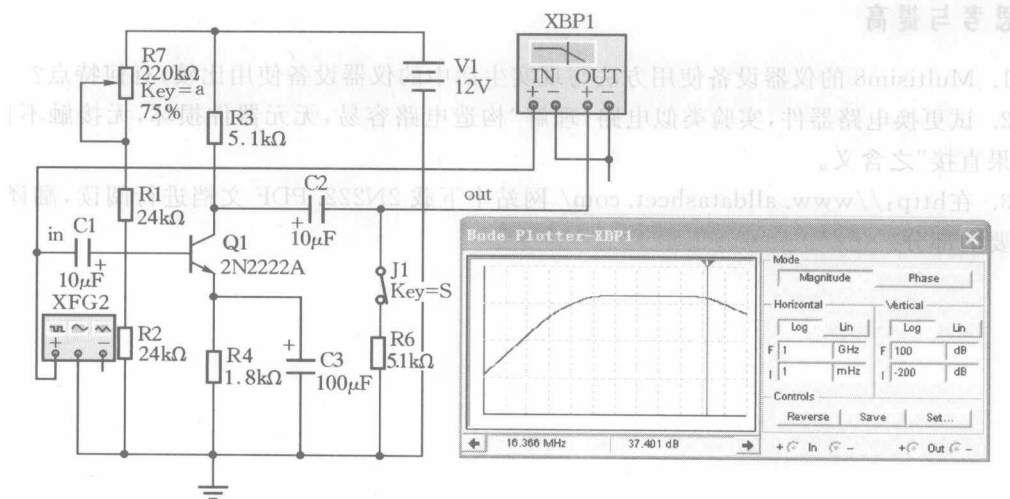


图 1-1-5 波特图仪的应用

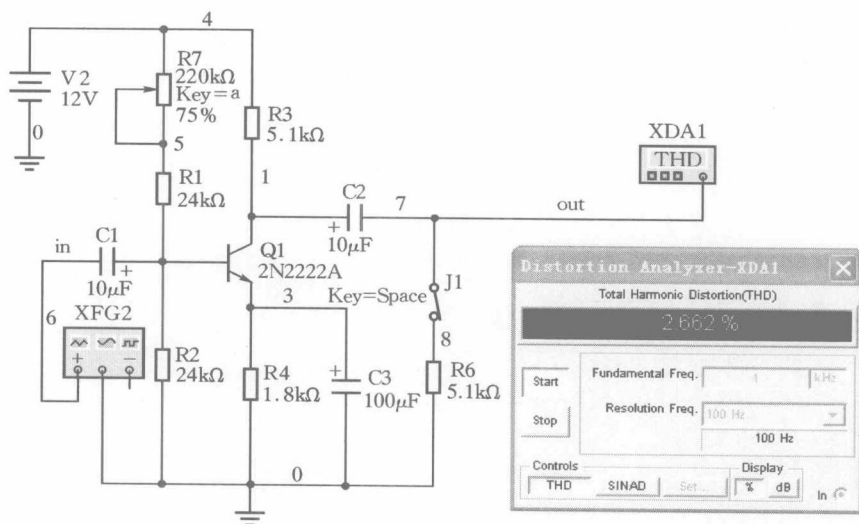


图 1-1-6 失真度测量

五、实验报告

1. 按注解的顺序步骤完成实验；
2. 写清楚实验目的,记录元件器件的设置方法、仪器的使用方法；
3. 画出实验原理图,分析实验原理；
4. 将实验方法以及分析得出的结论写在相应的图形前/后。

六、思考与提高

1. Multisim8 的仪器设备使用方法与现实生活中的仪器设备使用比较,有何特点?
2. 试更换电路器件,实验类似电路,理解“构造电路容易,无元器件损坏,无接触不良,分析结果直接”之含义。
3. 在<http://www.alldatasheet.com/> 网站中下载 2N222. PDF 文档进行阅读,翻译您认为重要的部分。

1.2 晶体负反馈放大电路的分析

一、实验目的

1. 学习电路的负反馈原理。
2. 学习应用 Multisim8 的高级分析功能。

二、实验要求

将电路如图 1-2-1 所示连接,利用 Multisim8 进行如下分析:

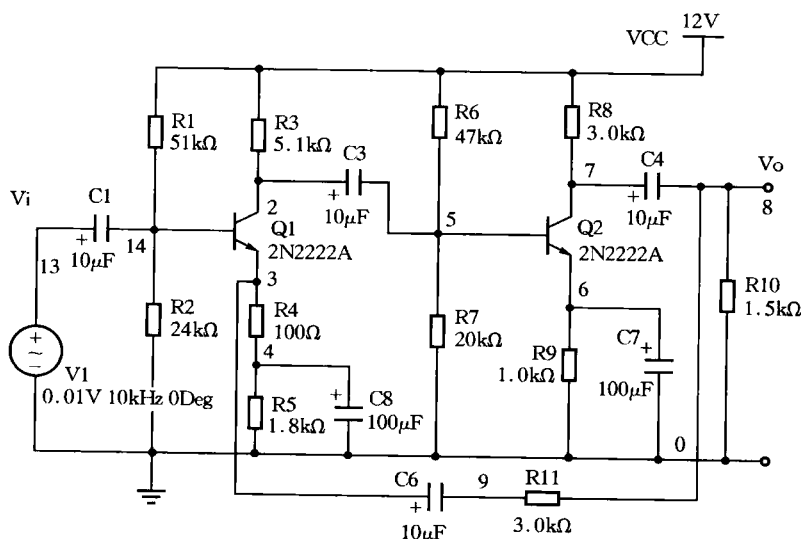


图 1-2-1 负反馈放大器

1. 直流工作点分析:计算各节点电压。
2. 交流分析:采用每 10 倍频程扫描 10 个点的方法,分析 1 Hz~10 GHz 内电路的频率特性。
3. 瞬态分析:分析 0~0.3 ms 内电路的瞬态特性。
4. 参数扫描分析: R_1 以 20 kΩ 为增量从 27 kΩ 线性增长到 27 kΩ,分析电路的瞬态特性,确定 R_1 的最佳值; R_{11} 分别为 2 kΩ、3 kΩ、5 kΩ、10 kΩ 时分析电路的交流特性。
5. 温度扫描分析:工作温度分别为 -25℃、25℃、50℃、100℃时分析电路的瞬态特性。
6. 容差分析:若晶体管模型参数 R_b 、 C_{jc} 的容差为 80%,分析该容差对电路频率特性的影响。

三、实验分析

1. 计算各节点电压:点击 Simulate/Analyses,选择 DC Operating Point,设置需要分析的

节点,点击“Simulate”得如图 1-2-2 所示窗口。

结论:节点参考图 1-2-1 所示电路,直流工作电压合乎设计要求。

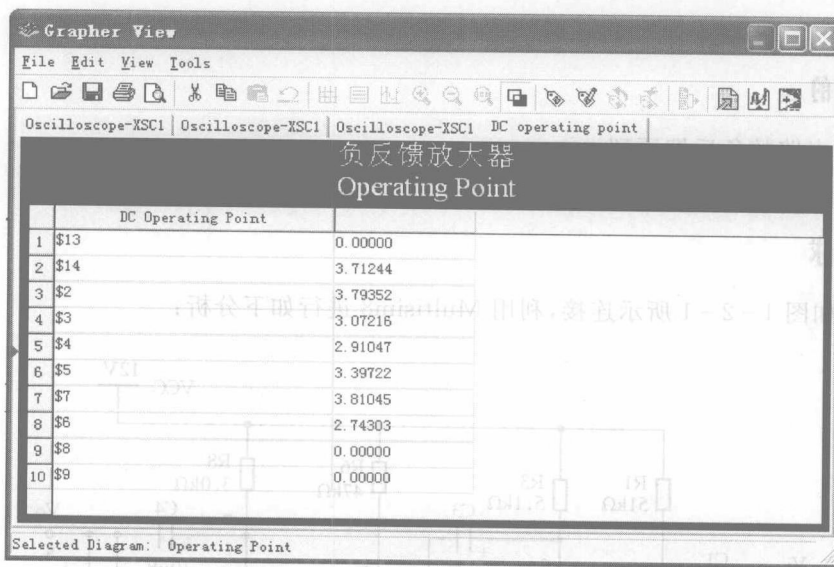


图 1-2-2 负反馈放大器的直流工作点分析结果

2. 交流分析:点击 Simulate\Analyses,选择 AC Analysis,设置分析节点(根据自己所画图形的节点名确定,按图 1-2-1 中显示,选择输出节点 8),设置分析频率范围(默认设置),点击“Simulate”得如图 1-2-3 所示窗口。

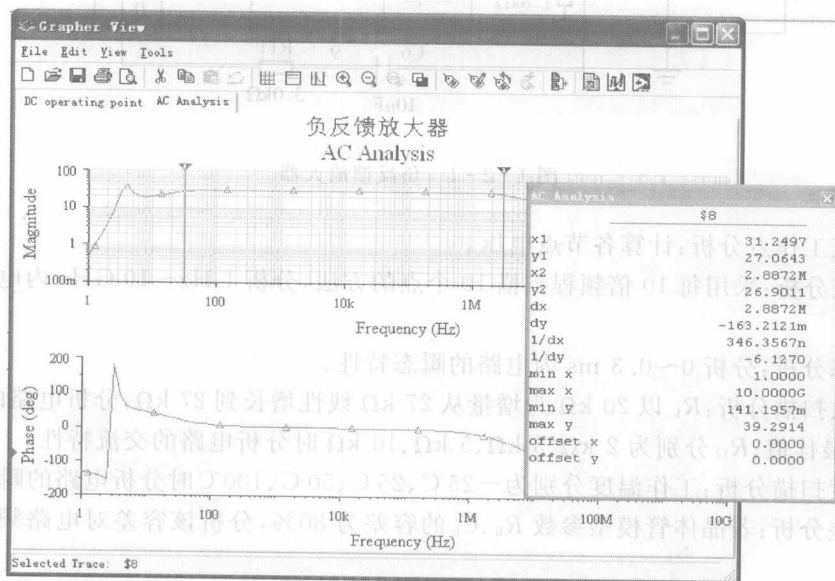


图 1-2-3 AC 分析结果

结论:该放大器最大输出电压增益为 29.9 dB,即 $A_v = A_o = U_o/U_i = 31.26$ 倍,与在深度负反馈条件下的理论计算值: $A_v \approx 1/F = (R_{11} + R_4)/R_4 = 31$ 倍相符合。

$f_L = 31$ Hz, $f_H = 2.8$ MHz,即该放大器的频率范围约 2.8 MHz。

3. 瞬态分析:点击 Simulate/Analyses,选择 Transient Analysis,设置输出节点(节点 8),设置分析时域(开始时间 0s,结束时间 0.0003s,观察 3~5 个波形为宜),点击“Simulate”按钮,即得如图 1-2-4 所示的瞬态特性曲线。

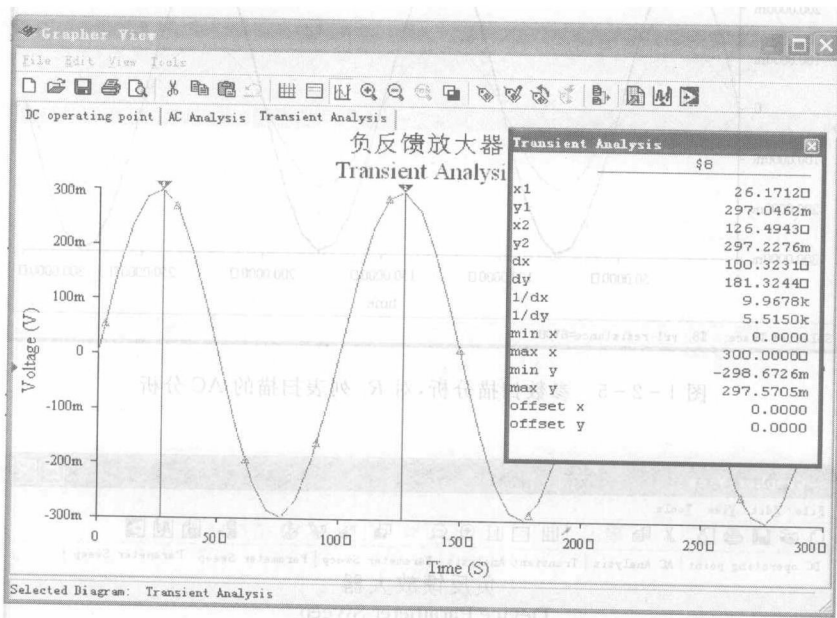


图 1-2-4 瞬态分析结果

4. 参数扫描分析:点击 Simulate/Analyses,选择“Parameter Sweep Analysis”。

(1) 扫描 R_1 :分析参数的设置:在 Sweep Parameter 列表中选择“Device Parameter”;在 Device 列表中选择“Resistor”;在 Name 列表中选择“rr1”;在 Sweep Variation Type 列表中选择“Linear”;Start 为 27 k Ω ,Stop 为 87 k Ω ,在 # of 中键入 4;点击 More,在 Analysis to 列表中选择“Transient Analysis”,点击 Edit Analysis,设置分析瞬态分析的时域(Start time 为 0s,End time 为 0.0003s);设置分析节点(节点 8),单击“Simulate”得如图 1-2-5 所示窗口图形。

结论:以上分析结果表明, R_1 在 47 k Ω 到 87 k Ω 范围内可以任意取值,对电路的影响不大,说明反馈提高了电路的稳定性。

(2) 扫描 R_{11} :在对 R_1 扫描设置的基础上,在 Name 列表中选择“rr11”;在 Analysis to 列表中选择“AC Analysis”,频率范围默认,在 Sweep Variation Type 列表中选择“List”;在 Values 中输入“2000,3000,5000,10000”;单击“Simulate”得如图 1-2-6 所示窗口。

结论:图 1-2-6 分析结果表明, R_{11} 阻值增大,放大器的频带变窄,放大器的增益增大。本电路是一个电压串联负反馈电路, R_{11} 增大,反馈到晶体管 Q1 发射极的信号减弱,从而使放大器的输出幅度增大,“负反馈扩展了放大器的频带宽度,但它是以降低增益为代价的”。

5. 温度扫描分析:在分析菜单中选择“Temperature Sweep Analysis”,在 Analysis to 列