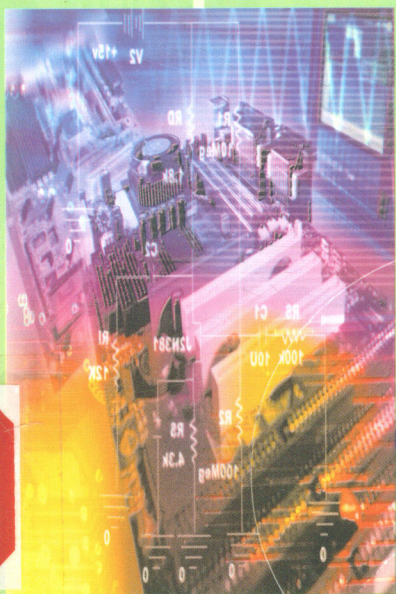


模拟电子技术基础实验



MONI DIANZI JISHU JICHU SHIYAN

西北工業大學出版社

高等学校教材

模拟电子技术基础实验

(第2版)

邵舒渊 卢选民 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据高等工科院校电类专业本科生电子技术实验要求编写的,全书共四章。第一章实验说明;第二章基础实验;第三章综合实验;第四章 Electronics Workbench (EWB) 集成环境。书后列有四个附录:电子仪器的选择使用及基本电子测量技术;电子电路的安装与调试;电子电路的抗干扰技术;常用元器件的命名及识别方法。各章内容具有相对的独立性,既方便本科教学使用,也可供专科学校选用。

本书内容循序渐进,重点为集成电路的应用,其注重培养学生独立工作能力。本书可作为高等院校电子类、通信类、计算机类、自动控制类、工程测试类专业本、专科生的实验指导书,也可供实验技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础实验/邵舒渊,卢选民编. —2版. —西安:西北工业大学出版社,2005.8
ISBN 7-5612-1232-1

I. 模… II. ①邵… ②卢… III. 模拟电路—电子技术—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 084118 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:029-88493844,88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:西安兰翔印刷厂

印 张:8.75

字 数:218 千字

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

版 次:2000 年 3 月第 1 版 2005 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

定 价:13.00 元(套)

前 言

“模拟电子技术基础”是高等工科院校电类专业的重要技术基础课,是实用性、工程性很强的技术基础课程。本书就是为了配合教学而编写的一本实验教学指导书。

本书根据“模拟电子技术”教学大纲的要求,同时考虑到模拟集成电路在工程实际中的广泛应用,并总结我们近几年来实验教学的经验而组织编写成的一本实验指导书。该书是“电子技术基础”系列配套教材之一。

本书在内容的编排上力求“全面概括,突出重点”,并加大了模拟集成电路应用的内容,以适应现代电子技术的发展。

全书共分为四章。第一章实验说明,简单介绍了学生实验的注意事项。第二章基础实验,按照教学内容安排了10个基本实验。通过这10个基本实验,学生对模拟电子技术的内容会有一个基本的了解。第三章综合实验,编排了5个较为典型的模拟电子技术综合性应用电路。学生在做综合实验时,需要对模拟电子技术知识有一个较为系统的了解。通过综合实验,使学生对模拟电路的应用有进一步的理解。第四章 Electronics Workbench (EWB)集成环境,介绍了电子实验室电子设计自动化(EDA)工具 EWB 的基本操作和应用实例,使学生能够初步应用电子电路 EDA 仿真工具进行电子电路的设计和分析。在书后的附录中提供了电子测量、电路安装与调试、电子电路抗干扰技术等内容,以便学生在实验中进行参考。

本书由西北工业大学电子信息学院邵舒渊、卢选民编写。于海勋审阅了全书。在编写过程中得到了许多同志的热情帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当和错误之处。恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第一章 实验说明	1
第二章 基础实验	3
§ 2.1 常用电子仪器使用及单级基本放大电路	3
§ 2.2 场效应管放大器	7
§ 2.3 两级阻容耦合放大器及负反馈放大器	11
§ 2.4 差动放大器	13
§ 2.5 集成运算放大器的基本应用之一 ——模拟运算电路	17
§ 2.6 集成运算放大器的基本应用之二 ——波形发生器	20
§ 2.7 集成运算放大器的基本应用之三 ——信号处理电路中的有源滤波器	23
§ 2.8 集成运算放大器的基本应用之四 ——信号处理电路中的电压比较器	27
§ 2.9 低频集成功率放大器	30
§ 2.10 直流稳压电源	33
第三章 综合实验	37
§ 3.1 用集成运算放大器组成的压控振荡器	37
§ 3.2 函数信号发生器的组装与调试	39
§ 3.3 使用运算放大器组成万用表的设计与调试	42
§ 3.4 温度控制电路	45
§ 3.5 设计温度检测与报警电路	47
第四章 Electronics Workbench (EWB) 集成环境	50
§ 4.1 EWB 5.0c 的主要功能及其特点	50
§ 4.2 EWB 5.0c 的软件界面	51
§ 4.3 EWB 5.0c 的快捷菜单	60
§ 4.4 EWB 5.0c 的主要分析选项	61
§ 4.5 电子电路仿真实验实例——晶体三极管放大电路特性研究	67
§ 4.6 EWB 仿真实验	70

附录	76
附录 1 电子仪器的选择使用及基本电子测量技术	76
附录 2 电子电路的安装与调试	88
附录 3 电子电路的抗干扰技术	95
附录 4 常用元器件的命名及识别方法	98
参考文献	101

1	第一章 绪论
6	第一节 绪论
3	1.1 电子测量的重要性
7	1.2 电子测量的分类
11	1.3 电子测量的特点
18	1.4 电子测量的发展
19	1.5 电子测量的应用
21	1.6 电子测量的误差
25	1.7 电子测量的精度
28	1.8 电子测量的准确度
32	1.9 电子测量的可靠性
37	1.10 电子测量的经济性
37	第二章 电路分析
37	2.1 电路分析的基本概念
39	2.2 电路分析的基本定律
45	2.3 电路分析的基本定理
49	2.4 电路分析的基本方法
47	2.5 电路分析的基本应用
50	第三章 集成运算放大器
50	3.1 集成运算放大器的特点
51	3.2 集成运算放大器的应用
60	3.3 集成运算放大器的设计
61	3.4 集成运算放大器的测试
67	3.5 集成运算放大器的故障
70	第四章 电子测量仪器
70	4.1 电子测量仪器的分类
71	4.2 电子测量仪器的组成
80	4.3 电子测量仪器的性能指标
81	4.4 电子测量仪器的使用
87	4.5 电子测量仪器的维护
90	4.6 电子测量仪器的校准

第一章 实验说明

电子技术基础实验是培养电子技术、电气技术、计算机技术以及其他相关专业的工程应用性人才的基本教学内容之一和重要的教学手段。“实际应用”是其直接的、惟一的目的。具体地讲,通过它学生可以巩固和加深对理论及概念的理解,锻炼实际应用的能力,培养理论联系实际的作风,严谨求实的科学态度和基本的工程素质。

电子技术基础实验按照实验电路传输信号的性质,可被分为模拟电路实验和数字电路实验。每类又可按实验目的与要求分成三种:第一种,验证性和探索性实验,其目的是验证电子电路的基本原理,或者是通过实验探索提高电路性能(或扩展电路功能)的途径或措施;第二种,检测性实验,其目的是检测器件或电路的性能(或功能)指标,为分析和应用准备必要的技术数据;第三种,设计性和综合性实验,其目的是综合运用有关知识来设计、安装与调试自成系统的、实用的电子电路。

电子技术实验有以下几个特点:第一,理论性强,其主要表现在没有正确的理论指导就不可能设计出性能稳定、符合技术要求的实验电路,不可能拟定出正确的实验方法和步骤;另外,实验中一旦发生故障,就会使人束手无策。因此,要想较好地掌握实验工程技能,做好电子电路实验,首先应学好基础理论课程,切实弄清有关基本概念。第二,工艺性强,其主要表现在,即便是有了良好、成熟的电路方案,但由于装配工艺的不合理,也不会取得满意的结果,甚至还会造成失败。因此,需要认真掌握电子工艺技术。第三,测试技术要求高,其主要表现在实验电路类型繁多,不同的电路有不同的功能或性能指标,不同的性能指标有不同的测试方法、选用不同的测试仪器。因此,必须熟练地掌握基本电子测量技术和各种测量仪器的使用方法。

完整的实验过程一般分为三个阶段,即实验准备、实验操作和撰写实验报告。

一、实验准备

在实验之前,按照实验的目的、要求,认真复习教材中有关内容,查阅有关资料。根据要求熟悉(或设计出)有关实验电路的结构,了解电路中各元器件所起的作用,正确估算有关参数,根据要求拟定出详细的实验步骤、测试方法、设计好实验数据记录表格。

二、实验操作

正确的操作方法和操作程序是完成实验操作任务,提高实验效果的重要保证。在操作过程中要做到目的明确,每一操作步骤都要做到心中有数。

搭接电路要认真、仔细。通电前应确保电路无误,经指导教师检查后方可通电。在通电情况下不得拔、插(或焊接)元器件。要注意电源极性和元器件(如电解电容等)的极性不可

接错。

任何电路均应首先进行静态调试,然后进行动态测试。调试过程中一定要注意电路应有良好的接地。测试过程中要正确使用仪器,爱护仪器设备,讲究公德并注意培养自己的职业道德,认真、细致地完成实验操作。

三、撰写实验报告

按照一定的格式和要求,表达实验过程和结果的文字、图表材料称为实验报告。它是对实验工作的全面总结和系统的概括。写报告的过程,就是对电路的设计方案和实验方法加以总结,对实验数据加以处理,对所观察的现象加以分析并从中找出客观规律和内在联系的过程。

对于工科学生来讲,撰写报告是一种基本技能训练。通过写报告,能够深化对基础理论的认识;提高技术基础理论的应用能力;掌握电子测量的基本方法和电子仪器的使用方法;提高记录、处理实验数据和分析实验结果的能力;培养严谨的学风和实事求是的科学态度;锻炼科技文章的写作能力等。此外,报告也是考核成绩的重要依据之一。

因实验的性质和内容有别,报告的结构并非千篇一律。就电子电路实验而言,报告一般应包括:实验名称、实验目的、任务要求、设计方案、原理及电路、实验调试、数据分析、结果讨论、参考资料等几个方面的内容。

实验报告是一种说明文体,它力求明了、简练、文字确切、技术术语的运用准确。表格、图形以及数学表达式是表达实验结果的最有效的手段,比文字叙述直观、简捷、准确、明了,应充分利用。电路图要求画得规范整洁。结果的分析、讨论要尊重事实,客观真实地反映结果,切不可胡编乱造,必须培养实事求是的科学作风。

实验报告是一种说明文体,它力求明了、简练、文字确切、技术术语的运用准确。表格、图形以及数学表达式是表达实验结果的最有效的手段,比文字叙述直观、简捷、准确、明了,应充分利用。电路图要求画得规范整洁。结果的分析、讨论要尊重事实,客观真实地反映结果,切不可胡编乱造,必须培养实事求是的科学作风。

实验报告是一种说明文体,它力求明了、简练、文字确切、技术术语的运用准确。表格、图形以及数学表达式是表达实验结果的最有效的手段,比文字叙述直观、简捷、准确、明了,应充分利用。电路图要求画得规范整洁。结果的分析、讨论要尊重事实,客观真实地反映结果,切不可胡编乱造,必须培养实事求是的科学作风。

实验报告是一种说明文体,它力求明了、简练、文字确切、技术术语的运用准确。表格、图形以及数学表达式是表达实验结果的最有效的手段,比文字叙述直观、简捷、准确、明了,应充分利用。电路图要求画得规范整洁。结果的分析、讨论要尊重事实,客观真实地反映结果,切不可胡编乱造,必须培养实事求是的科学作风。

第二章 基础实验

§ 2.1 常用电子仪器使用及单级基本放大电路

一、实验目的

- (1) 学习常用电子仪器的操作与使用。
- (2) 掌握放大电路的静态工作点和电压放大倍数的计算与测量方法,了解电路元件参数对静态工作点及电压放大倍数的影响。
- (3) 了解放大电路输入、输出电阻的测量方法以及放大电路频率特性的测量方法。

二、实验原理

在模拟电子技术实验中,测试和定量分析电路的静态和动态的工作状况时,最常用的电子仪器有示波器、低频信号发生器、直流稳压电源、晶体管毫伏表以及万用表等,如图 2-1 所示。

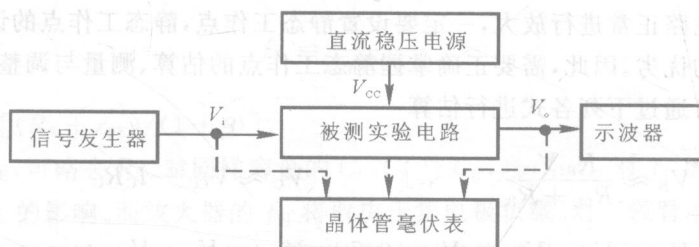


图 2-1 实验测量框图

- (1) 直流稳压电源。它是用来为实验电路提供能量,使其正常工作的电子仪器。
- (2) 低频信号发生器。它能够产生频率及幅度在一定范围内均可调节的正弦波、方波、三角波等信号。在电子线路实验中,通常用它作为信号源为实验电路提供输入信号。
- (3) 示波器。它是利用电子显像设备把两个互相关联的电参量表现为在 x, y 坐标下的图形的电子仪器。用它来观察电路中各点的波形,以监视电路是否正常工作,同时还用于测量波形的周期、幅度、相位差以及观察电路的传输特性等。示波器是一种综合性的电信号特性测试仪器,是电子线路的研究、实验以及工程上最常用的仪器设备。

(4) 晶体管毫伏表。它是一种低频交流电压表,用以测量正弦波交流信号的电压有效值。它具有输入阻抗高、灵敏度高等特点。由于其灵敏度高,因此要求必须有良好的接地。测量时,应先接好地线和正确选择量程档级。

在单级基本放大器实验中,我们采用典型的工作点稳定的射极偏置阻容耦合放大电路,如图 2-2 所示。

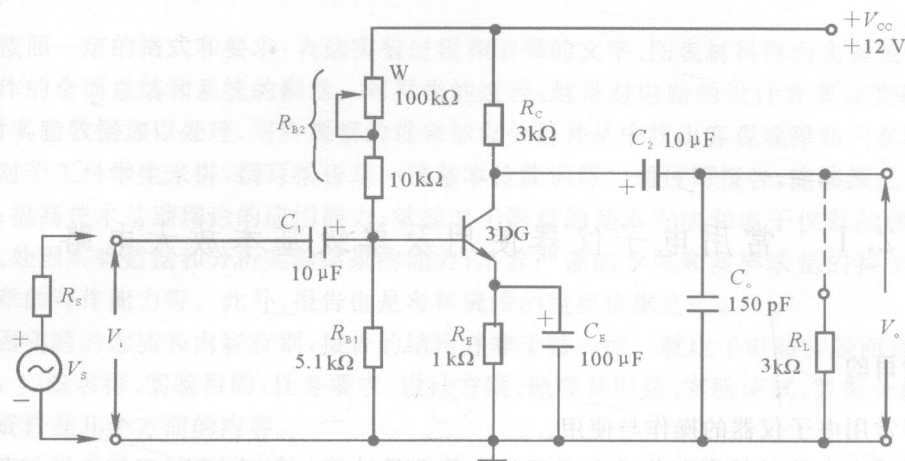


图 2-2 工作点稳定放大器

此放大电路是交流放大电路中最常用的一种基本单元电路。交流信号经耦合电容 C_1 加到基极和射极之间,引起基极电流作相应的变化,从而控制集电极电流作更大的变化。它的集电极电阻上产生交流电压,通过电容 C_2 馈送到负载电阻 R_L 上,这时输出电压 V_o 。比输入电压 V_i 放大了 A_v 倍。

为了使放大电路正常进行放大,一定要设置静态工作点,静态工作点的设置关系到放大电路各项技术指标的优劣。因此,需要正确掌握静态工作点的估算、测量与调整。

静态工作点可通过下列各式进行估算

$$V_B \approx \frac{R_{B2} V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}}, \quad V_C \approx V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_E = V_B - V_{BE} \approx V_B - 0.7, \quad V_{CE} = V_C - V_E$$

$$I_C \approx I_E = \frac{V_E}{R_E}, \quad I_B \approx \frac{I_C}{\beta}$$

静态工作点的测量主要是测量静态集电极电流 I_C 及静态集电极与发射极之间的电压 V_{CE} 。

静态工作点的调整应将其选择在三极管特性曲线的线性放大区的中间。

信号放大电路的主要技术指标有电压放大倍数、输入电阻、输出电阻以及电路的频率特性等。

(1) 电压放大倍数 A_v 。它为放大器输出电压有效值(或最大值)与输入电压有效值(或最大值)之比,即

$$A_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = -\frac{\beta R'_L}{r_{BE}} \quad (R'_L = R_E // R_L)$$

(2) 输入电阻 R_i 。它表征放大器对信号源的负载作用。其定义为

$$R_i = V_i / I_i$$

输入电阻的大小是相对于信号源内阻 R_s 而言的。 $R_i \gg R_s$, 则放大器将从信号源获得较大的输入电压; $R_i \ll R_s$, 则放大器将从信号源吸取较大的输入电流; $R_i = R_s$, 则放大器将从信号源获取最大的功率。

(3) 输出电阻。相对于负载而言, 放大器可被视为信号源, 这个信号源的内阻就定义为放大器的输出电阻。

对阻容耦合放大器, 由于有耦合电容 C_1 , C_2 , 旁路电容 C_E , 三极管极间电容 C_{BE} , C_{BC} 和电路的分布电容 C_o 等的存在, 将使放大器的增益 A_v 随信号频率变化而变化。增益的频率响应如图 2-3 所示。频率的中间区域的放大倍数最大, 且基本不变, 记为中频放大倍数 A_{vm} , 而频率高于或低于该区域的放大倍数都要下降。当 A_v 下降到 $0.707A_v$ 时所对应的频率为 f_H 和 f_L , 分别称它们为放大器的上限频率和下限频率。

A_{vm} , f_H 和 f_L 可按下面公式进行计算:

$$A_{vm} = -\beta \frac{(R_C // R_L)}{r_{BE}}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi(R_C // R_L)C_o}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_E' C_E}$$

式中, $R_E' = R_E // [(R_s + r_{BE}) / (1 + \beta)]$ 。

通常, $R_s < r_{BE}$, 可略去 R_s 。对同样容量的 C_1, C_2 与 C_E , 当 C_1, C_2 对 f_L 的影响小于 C_E 时, 可略去 C_1, C_2 对 f_L 的影响。而放大器的 f_H 将取决于集电极负载。对三极管本身极间电容和外部线路分布电容, 为了消除分布电容大小不一的影响而又能满足 f_H 的要求, 往往加上较大容量的 C_o 。

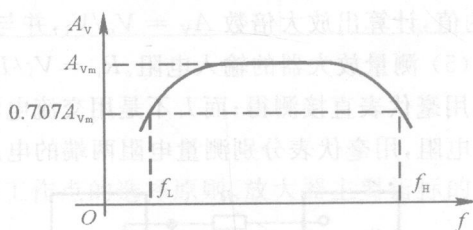


图 2-3 放大器频率响应曲线

三、实验内容

(1) 熟悉实验常用仪器的使用及操作, 掌握信号源、示波器、毫伏表、万用表的具体操作方法及有关性能。

(2) 按照单极放大器实验电路, 在实验板上搭好放大电路, 并进行认真检查, 正确无误后方可通电。

(3) 接通直流电源, 调整静态工作点。用万用表分别测量三极管的三个电压 V_B, V_C, V_E 。计算出 $V_{CE} = V_C - V_E$ (或直接测量), $I_C \approx I_E = V_E / R_E$ 。将测量值记录于表 2-1 中, 并与估算

值进行比较。

表 2-1 静态工作点

理论估算值					实际测量值				
V_B	V_C	V_E	V_{CE}	I_C	V_B	V_C	V_E	V_{CE}	I_C

(4) 测量放大器的放大倍数。在放大器的输入端输入频率 $f = 1\,000\text{ Hz}$, $V_i = 5\text{ mV}$ 的正弦波信号,用示波器观察放大器输出波形,在不失真的条件下,用晶体管毫伏表测量输出电压 V_o 的值,计算出放大倍数 $A_v = V_o/V_i$,并与估算值相比较。

(5) 测量放大器的输入电阻。 $R_i = V_i/I_i$,只要分别测量出 V_i 和 I_i ,即可计算出 R_i 。通常 V_i 可以用毫伏表直接测得;而 I_i 不是用交流电流表直接测量的而如图 2-4 所示,在输入回路中串接一电阻,用毫伏表分别测量电阻两端的电压,再算出 I_i 。

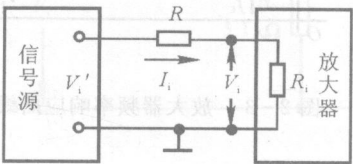


图 2-4 输入电阻测量

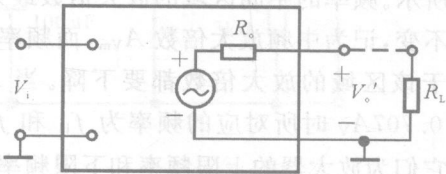


图 2-5 输出电阻测量

(6) 测量放大器的输出电阻。如图 2-5 所示,放大器的输出电阻是从放大器输出端看进去的等效电阻。测量时,从输入端输入 $f = 1\text{ kHz}$, $V_i = 5\text{ mV}$ 的交流信号,先测量负载电阻 R_L 开路时的输出电压 V_o ,然后接入负载电阻 R_L ,再测量出相应的输出电压 V_o' ,则放大器的输出电阻为

$$R_o = \frac{V_o - V_o'}{V_o'} R_L$$

(7) 测量放大器的频率特性。在保持输入 $V_i = 5\text{ mV}$ 不变的条件下改变频率,测量输出 V_o 的值随频率变化到 $0.707A_{vm}$ 时的频率 f_H 和 f_L 的值,即为放大器的上限频率和下限频率。

(8) 观察静态工作点变化对放大器输出波形的影响。在保持不失真状态的输入电压信号值的条件下,改变电路中电阻元件 R_{B2} 的值(增大或减小),观察这时的波形变化,并测量这时的静态工作点。

(9) 将以上的实验结果记录、整理后,填入下面的表 2-2 和表 2-3 中。并对实验结果进行分析讨论。

表 2-2 放大电路主要技术指标测试、计算结果

	理论估算值							实际测量值						
	V_i	V_o	A_v	R_i	R_o	f_L	f_H	V_i	V_o	A_v	R_i	R_o	f_L	f_H
负载开路														
$R_L = 10\text{ k}\Omega$														

表 2-3 改变静态工作点对放大器输出波形的影响

	I_C	V_{CE}	放大器输出波形	输出失真类型
R_{B2} 减小				
R_{B2} 增大				

四、预习要求

- (1) 复习放大器的有关内容,掌握放大器静态工作点的选择原则、放大器主要指标的定义及测量方法。
- (2) 根据实验内容要求,按照静态工作点的选择原则选好工作点,对放大器的增益,上、下限频率以及输入、输出电阻等参数进行估算。在这里假设三极管的 $\beta = 100$,忽略 r_{CE} 的影响。

五、实验报告要求

- (1) 画出实验电路图,写出分析、计算步骤。
- (2) 按实验步骤将实验测量数据与计算结果填入所列表格,并进行分析。

六、实验讨论

- (1) 改变 R_C, V_{CE} 等电路参数后,对放大器的静态工作点及输出波形有什么影响?
- (2) 负载电阻 R_L 对放大器增益 A_v 有什么影响?
- (3) 在实验测试过程中,如果将函数信号发生器、交流毫伏表、示波器中任一仪器的两个测试端子接线换位(即接地端与信号测试端位置互换),将会出现什么问题?

§ 2.2 场效应管放大器

一、实验目的

- (1) 了解结型场效应管的性能和特点。
- (2) 进一步熟悉放大器动态参数的测试方法。

二、实验原理

场效应管是一种电压控制型器件。按其结构可分为结型和绝缘栅型两种。由于场效应管栅源之间处于绝缘或反向偏置,所以输入电阻很高(一般可达上百兆欧)。又由于场效应管是一

种多数载流子控制器件,因此其热稳定性好、抗辐射能力强、噪声系数小,加之制造工艺较简单,便于大规模集成,因此得到了广泛应用。

1. 结型场效应管的特性和参数

场效应管的特性主要有输出特性和转移特性。其直流参数主要有饱和漏极电流 I_{DSS} 、夹断电压 V_P 等,交流参数主要有低频跨导,即

$$g_m = \left. \frac{\Delta I_o}{\Delta V_{GS}} \right|_{DS=\text{常数}}$$

表 2-4 列出了 3DJ6F 的典型参数值及测试条件。

表 2-4 3DJ6F 的典型参数值及测试条件

参数名称	饱和漏极电流 I_{DSS}/mA	夹断电压 V_P/V	跨 导 $g_m/(\mu\text{A} \cdot \text{V}^{-1})$
测试条件	$V_{DS} = 10 \text{ V}$ $V_{GS} = 0 \text{ V}$	$V_{DS} = 10 \text{ V}$ $I_{DS} = 50 \mu\text{A}$	$V_{DS} = 10 \text{ V}$ $I_{DS} = 3 \text{ mA}$ $f = 1 \text{ kHz}$
参 数 值	1 ~ 3.5	< 1 ~ 91	> 100

2. 场效应管放大器性能分析

结型场效应管组成的共源极放大电路如图 2-6 所示。

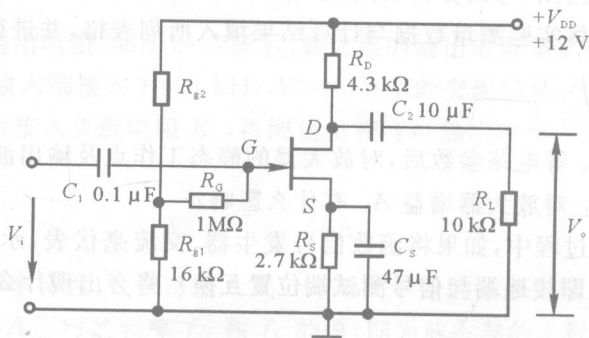


图 2-6 结型场效应管共源极放大电路

其静态工作点

$$V_{GS} = V_G - V_S = \frac{R_{g1}}{R_{g1} + R_{g2}} V_{DD} - I_D R_S$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

中频电压放大倍数为

$$A_v = -g_m R'_L = -g_m (R_D // R_L)$$

输入电阻为

$$R_i = R_G + R_{g1} // R_{g2}$$

输出电阻

$$R_o \approx R_D$$

前式中,跨导 g_m 可由特性曲线用作图法求得,或用公式

$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{V_P} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)$$

计算。但要注意,计算时 V_{GS} 要用静态工作点处的数值。

3. 场效应管放大器输入电阻的测量方法

场效应管放大器的静态工作点、电压放大倍数和输出电阻的测量方法与晶体管放大器的测量方法基本相同。其输入电阻的测量,从原理上讲,也可采用晶体管放大器的测量方法,但由于场效应管的输入电阻 R_i 比较大,如果直接测量输入电压 V_s 和 V_i ,则限于测量仪器的输入电阻有限,必然会带来较大的误差。因此,为了减小误差,常利用被测放大器的隔离作用,通过测量输出电压 V_o 来计算输入电阻。测量电路如图 2-7 所示。

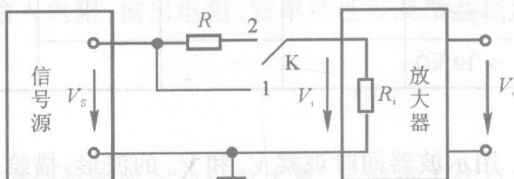


图 2-7 输入电阻测量电路

在放大器的输入端串入电阻 R ,把开关 K 掷向位置 1 (即 $R = 0$),测量放大器的输出电压 $V_{o1} = A_v V_s$;保持 V_s 不变,再把 K 掷向 2 (即接入 R),测量放大器的输出电压 V_{o2} 。由于两次测量中 A_v 和 V_s 保持不变,故

$$V_{o2} = A_v V_i = \frac{R_i}{R + R_i} V_s A_v$$

由此可以求出

$$R_i = \frac{V_{o2}}{V_{o1} - V_{o2}} R$$

式中, R 和 R_i 不要相差太大。实验中可取 $R = 100 \sim 200 \text{ k}\Omega$ 。

三、实验内容

1. 静态工作点的测量和调整

(1) 查阅手册或用图 2-7 所示仪测量实验所用场效应管 (3DJ6F) 的特性曲线和参数,记录下来备用。

(2) 按图 2-6 连接电路,检查无误后,接通 +12 V 电源。用直流电压表测量 V_G , V_S 和 V_D 。检查静态工作点是否在特性曲线放大区的中间部分。若静态工作不合适,适当调整电阻 R_{g2} 和 R_S ,调整好后,将测量的 V_G , V_S 和 V_D 记入表 2-5 中。

表 2-5

测 量 值						计 算 值		
V_G	V_S	V_D	V_{DS}	V_{GS}	I_D	V_{DS}	V_{GS}	I_D

2. 电压放大倍数 A_v 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 的测量

(1) A_v 和 R_o 的测量：在放大器的输入端加入 $f = 1 \text{ kHz}$, $50 \sim 100 \text{ mV}$ 的正弦波信号。用示波器监视输出电压 V_o 的波形, 在输出电压波形没有失真的条件下, 用交流毫伏表分别测量 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 的输出电压 V_o 。(注意: 保持 V_i 不变), 记入表 2-6 中。

表 2-6

测 量 值				计 算 值		V_i 和 V_o 波形
	V_i	V_o	A_v	R_o	A_v	
$R_L = \infty$						
$R_L = 10 \text{ k}\Omega$						

用示波器同时观察 V_i 和 V_o 的波形, 描绘出来并分析它们的相位关系。

(2) R_i 的测量：按图 2-7 所示方法, 选择大小合适的输入电压 V_s ($50 \sim 100 \text{ mV}$), 将开关 K 掷向 1, 测出 $R = 0$ 时的输出电压 V_{o1} ; 而后将开关掷向 2, 保持 V_s 不变, 再测出 V_{o2} , 根据 $R_i = \frac{V_{o2}}{V_{o1} - V_{o2}} R$ 求出 R_i , 记入表 2-7 中。

表 2-7

测 量 值			计 算 值
V_{o1}	V_{o2}	R_i	R_i

四、预习要求

(1) 复习有关场效应管部分内容, 并分别用图解法与计算法估算场效应管的静态工作点 (根据实验电路参数), 求出工作点处的跨导 g_m 。

(2) 按照实验内容做出预习报告, 绘出数据表格。

五、实验报告要求

(1) 按照实验报告的格式分析实验电路, 整理实验数据, 并将测得的 A_v , R_i , R_o 和理论计算值进行比较。

(2) 把场效应管放大器与晶体管放大器进行比较, 总结场效应管放大器的特点。

六、实验讨论

(1) 场效应管放大器输入回路的电容 C_1 为什么可以取得小一些 ($C_1 = 0.1 \mu\text{F}$)?

(2) 在测量场效应管静态工作电压 V_{GS} 时, 能否用直流电压表直接并在 G, S 两端测量? 为什么?

(3) 为什么测量场效应管输入电阻时要用测量输出电压的方法?

§ 2.3 两级阻容耦合放大器及负反馈放大器

一、实验目的

(1) 了解多级放大电路的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻以及频率特性等的估算、测量方法。

(2) 掌握负反馈对放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、频率特性以及增益稳定性和非线性失真的影响。

二、实验原理

本实验的电路是由两个单极放大器经阻容耦合而构成的两级放大器,其静态工作点彼此独立。在此电路的输出端与第一级放大器的发射极之间接入反馈支路,即构成电压串联负反馈放大器,如图 2-8 所示。

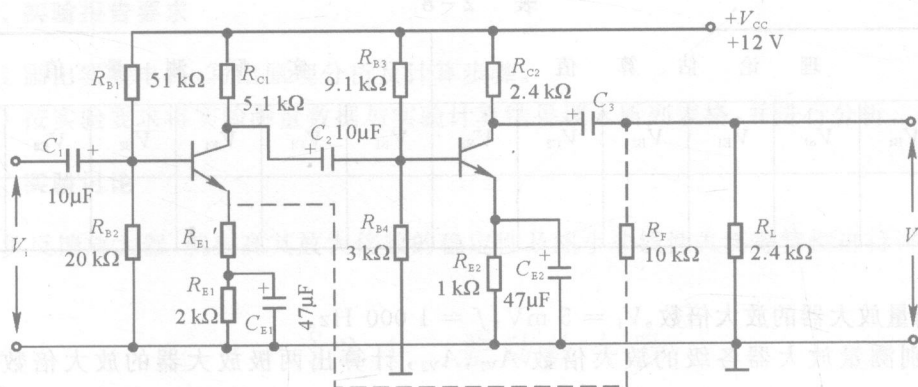


图 2-8 两级阻容耦合电压串联负反馈放大器

放大电路中接入负反馈支路,虽然降低了放大器的放大倍数,但却从多方面改善了放大器的性能。它提高了放大倍数的稳定性,减小了非线性失真,抑制了干扰及噪声对放大器的影响,拓宽了频带。此外,电压串联负反馈还提高了放大器的输入电阻,减小了放大器的输出电阻。

对于两级阻容耦合放大器,其放大倍数为

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = A_{V1} \cdot A_{V2} = \frac{V_{o1}}{V_i} \cdot \frac{V_o}{V_{o1}}$$

式中, V_{o1} 为第一级输出电压;输入电阻为第一级的输入电阻, $R_i = R_{i1}$; 输出电阻为第二级的输出电阻, $R_o = R_{o2}$ 。

多级放大器的通频带比它的任何一级的频带都窄。级数越多,下限频率越高,上限频率越低,通频带越窄。

两级阻容耦合放大器中接入电压串联负反馈支路,构成负反馈放大器。其各项指标如下: