

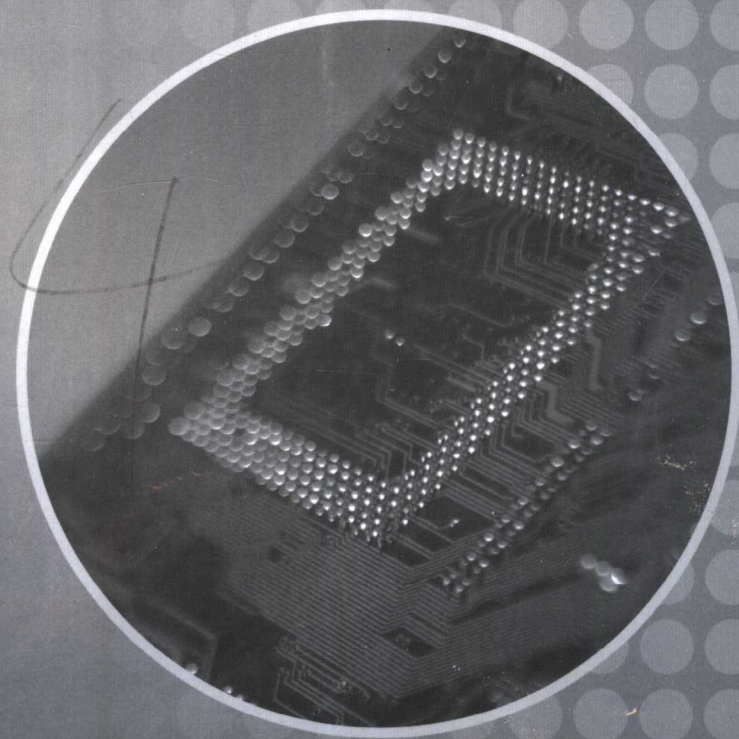
高等学校实验课系列教材

模拟电路 实验技术 (上册)

M O N I D I A N L U S H I Y A N J I S H U

●主 编 谢礼莹
●参 编 张 玲 夏鸣凤 王艳琼

EXPERIMENTATION



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,上册包括两篇:器件实验基础、模拟电路课程设计,内容有:基础验证性实验、单元电路设计性实验、综合性小系统实验、研究性实验、音频域放大电路设计等。

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/谢礼莹主编. —重庆:重庆大学

出版社,2005.10

(高等学校实验课系列教材)

ISBN 7-5624-3516-2

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 104726 号

模拟电路实验技术

(上 册)

主编 谢礼莹

参编 张 玲 夏鸣凤 王艳琼

责任编辑:曾令维 高鸿宽 版式设计:曾令维

责任校对:任卓惠 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

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:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.25 字数:306 千

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3516-2

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。

前言

1995 年原国家教委批准的《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》明确指出:电子技术基础是一门实践性很强的课程,它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论知识 and 基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。

进入 21 世纪后,电子技术的发展呈现出系统集成化、设计化、用户专用化和测试智能化的态势,为了培养 21 世纪电子技术人才和适应电子信息时代的发展要求,高等院校的电子技术课程体系结构也随之改革,模拟电路实验技术的内容也亟待拓展和更新。

本教材编写的指导思想是:夯实基本实验技能、突出电子电路基本分析方法和调试方法,引入现代电子新技术、新器件、新电路;同时精选内容,着重创新;编写时更力求思路清晰、深入浅出、文字通顺、图文并茂,便于阅读。

本教材的特点是:在保证基本验证性和训练性实验的基础上,加强了综合性、设计性实验,拓展了利用 PSPICE 软件的仿真新实验内容、利用 ispPAC 器件和 PAC-Designer 软件在系统可编程开发设计的实验内容。例如书中引入的电子电路计算机辅助分析与设计技术就可以使各位读者体会到这类仿真实验在很大程度上弥补了硬件实验在对电路的温度分析、参数分析、性能分析以及最坏情况分析方面的不足;ispPAC 器件和 PAC-Designer 软件的开发实验则为学生建立了从集成模拟器件的开发设计到设计结果下载到芯片进行验证的完整实验模式;全书强调对实验结果的分析 and 调试,注重于引导学生把传统的验证性测试实验转变为主动的调试与研究性实验,充分激发学生在实践环节中的自主学习热情。

总之,模拟电路实验应当突出基本技能、强调设计性综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的训练,以适应培养面向 21 世纪创新人才的要求。

全书分为上、下两册,在主要内容上,按照模拟电路实验的

性质将所有实验分为基础验证性和训练性实验、设计性实验、综合性实验三大类。又按照实验材料和实验平台将整个课程的实验分为硬件实验和计算机辅助分析实验两大类。

其中基础验证性和训练性实验主要是培养和训练学生熟练掌握常用电子仪器来完成基本的单元电路实验;综合性、设计性实验则通过较系统的实践能力锻炼,使学生初步具有模拟电子线路的工程设计、安装调试技能,提高独立分析和处理实际问题的能力;而另一层次的利用 PSPICE 软件的仿真实验则使学生掌握了电路仿真分析、调试的技能,利用 ispPAC 器件和 PAC-Designer 软件的开发实验又为学生提供了集成模拟电路系统编程设计环境,拓展并延续了模拟电子技术的集成化、设计化、用户专用化和测试智能化实验思路。

本教材的教学基本要求是:书中的每个基本实验需 3~4 学时内完成,综合性设计实验则须安排较多的学时数。为了达到实验目的,应要求学生做好实验前的预习,实验中应独立思考,认真完成实验规定内容。实验结束后,能写出完整的实验报告,分析实验数据,提出实验处理建议,以加强对实验效果的分析 and 理解。

本教材适用于不同院校、各种层次专业(电类、非电类)的模拟电路实验课程教学;其最大优点是它适合这类课程的开放式教学,因为教材在实验内容、实验材料、实验平台和实验学时的安排上可以使教师和学生有很宽松的参考选择余地。

本教材的参考教学时数为:硬件实验 12~36 学时,仿真实验 8~20 学时,课程设计则为一周或 20 学时。

本教材由谢礼莹担任主编,曾孝平教授担任主审。

全书共分 4 篇,谢礼莹编写第 1 篇、第 3 篇;张玲编写第 2 篇;王艳琼编写第 4 篇;夏鸣凤、潘银松分别参与了第 1 篇、第 3 篇的编写。谢礼莹负责全书统稿。

本教材首先得到重庆大学教务处以及通信工程学院及基础实验教学中心各级领导的大力支持,同时也得到了电气工程学院、光电信息工程学院有关教师的技术支持,在此一并表示深切的谢意!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免还存在一些缺点和错误,其中如有不妥或错漏之处,殷切希望广大读者批评指正!

编 者

2005 年 7 月

模拟电路实验技术基本符号说明

(1) 几点原则

1) 电流和电压(以基极电流为例)

$I_{B(AV)}$	表示直流平均值
$I_B I_{(BQ)}$	大写字母、大写下标,表示直流量(或静态电流)
i_B	小写字母、大写下标,表示包含直流量的瞬时总量
I_b	大写字母、小写下标,表示交流有效值
i_b	小写字母、小写下标,表示交流瞬时值
$\dot{I}_b$	表示交流复数值
ΔI_B	表示直流变化量
Δi_B	表示直流瞬时值的变化量

2) 电阻

R	电路中的电阻或等效电阻
r	器件内部的等效电阻

(2) 基本符号

1) 电流和电压

I, i	电流的通用符号
U, u	电压的通用符号
I_f, U_f	反馈电流、电压
I_i, U_i	交流输入电流、电压
I_o, U_o	交流输出电流、电压
I_Q, U_Q	电流、电压静态值
I_R, U_R 或 I_{REF}, U_{REF}	参考电流、电压
i_P, u_P	集成运放同相输入电流、电压
i_N, u_N	集成运放反相输入电流、电压
u_{1c}	共模输入电压
u_{1d}	差模输入电压

Δu_{1c}	共模输入电压增量
Δu_{1d}	差模输入电压增量
U_s	交流信号源电压
U_T	电压比较器的阈值电压
U_{OH}	电压比较器的输出高电平
U_{OL}	电压比较器的输出低电平
V_{BB}	基极回路电源电压
V_{CC}	集电极回路电源电压
V_{DD}	漏极回路电源电压
V_{EE}	发射极回路电源电压
V_{SS}	源极回路电源电压
2) 功率和效率	
P	功率通用符号
p	瞬时功率
P_O	输出交流功率
P_{om}	最大输出交流功率
P_T	晶体管耗散功率
P_V	电源消耗的功率
3) 频率	
f	频率通用符号
f_{bw}	通频率
f_c	使放大电路增益为 0 dB 时的信号频率
f_H	放大电路的上限截止频率
f_L	放大电路的下限截止频率
f_p	滤波电路的截止频率
f_o	电路的振荡频率、中心频率
ω	角频率通用符号
4) 电阻、电导、电容、电感	
R	电阻通用符号
G	电导通用符号
C	电容通用符号
L	电感通用符号
R_i	放大电路的输入电阻
R_{if}	负反馈放大电路的输入电阻
R_L	负载电阻
R_N	集成运放反相输入端外接的等效电阻
R_p	集成运放同相输入端外接的等效电阻
R_O	放大电路的输出电阻
R_{of}	负反馈放大电路的输出电阻

R_s	信号源内阻
5) 放大倍数、增益	
A	放大倍数或增益的通用符号
A_c	共模电压放大倍数
A_d	差模电压放大倍数
A_u	电压放大倍数的通用符号, $A_u = U_o/U_i$
A_{uh}	高频电压放大倍数
A_{ul}	低频电压放大倍数
A_{um}	中频电压放大倍数
A_{up}	有源滤波电路的通带放大倍数
A_{us}	考虑信号源内阻时的电压放大倍数的通用符号, 其 $A_{us} = U_o/U_s$
A_{uu}	第 1 个下标为输出量, 第 2 个下标为输入量, 电压放大倍数符号; A_{usi}, A_{is}, A_{isu} 依此类推
F	反馈系数通用符号
$\dot{F}_{uu}$	第 1 个下标为反馈量, 第 2 个下标为输出量, $\dot{F}_{uu} = U_f/U_o$; $\dot{F}_{ui}, \dot{F}_{ii}$, $\dot{F}_{iu}$ 依此类推

(3) 器件参数符号

1) P 型、N 型半导体和 PN 结

C_b	势垒电容
C_d	扩散电容
C_j	结电容
N	电子型半导体
n	电子浓度
n_{p0}	PN 结 P 区达到动态平衡时的电子浓度
P	空穴半导体
p	空穴浓度
U_{b0}	PN 结平衡时的位垒
U_T	温度的电压当量

2) 二极管

D	二极管
D_z	稳压二极管
I_D	二极管的电流
$I_{D(AV)}$	二极管的整流平均电流
I_F	二极管的最大整流平均电流
I_R	二极管的反向电流
I_S	二极管的反向饱和电流
r_d	二极管导通时的动态电阻
r_z	稳压管工作在稳压状态下的动态电阻

U_{on}	二极管的开启电压
$U_{(BR)}$	二极管的击穿电压
3) 双极型管	
T	晶体管
b	基极
c	集电极
e	发射极
C_{ob}	共基接法时晶体管的输出电容
C_{π}	混合 π 等效电路中集电结的等效电容
C_{π}	混合 π 等效电路中发射结的等效电容
f_{β}	晶体管共射接法电流放大系数的上限截止频率
f_{α}	晶体管共基接法电流放大系数的上限截止频率
f_T	晶体管的特征频率, 即共射接法下使电流放大系数为 1 的频率
g_m	跨导
$h_{11e}, h_{12e}, h_{21e}, h_{22e}$	晶体管共射接法 h 参数等效电路的 4 个参数
I_{CBO}	发射极开路时 $b-c$ 间的反向电流
I_{CEO}	发射极开路时 $c-e$ 间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
$r_{bb'}$	基区体电阻
$r_{b'e}$	发射结微变等效电阻
$U_{(BR)CES}$	$b-e$ 间短路时 $b-c$ 间的击穿电压
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时 $b-c$ 间的击穿电压
$U_{(BR)CBR}$	$b-e$ 间加电阻时 $c-e$ 间的击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时 $c-e$ 间的击穿电压
U_{CES}	晶体管饱和管压降
U_{on}	晶体管 $b-e$ 间的开启电压
α	晶体管共基交流电流放大系数
$\bar{\alpha}$	晶体管共基直流电流放大系数
β	晶体管共射交流电流放大系数
$\bar{\beta}$	晶体管共射直流电流放大系数
4) 单极型管	
T	场效应管
d	漏极
g	栅极
s	源极
C_{ds}	$d-s$ 间的等效电容
C_{gs}	$g-s$ 间的等效电容
C_{gd}	$g-d$ 间的等效电容

g_m	跨导
I_D	漏极电流
I_{D0}	增强型 MOS 管 $U_{GS} = 2U_{GS(th)}$ 时的漏极电流
I_{DSS}	耗尽型场效应管 $U_{GS} = 0$ 时的漏极电流
I_S	场效应管的源极电流
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率
r_{ds}	$d-s$ 间的微变等效电阻
$U_{GS(off)}$ 或 U_P	耗尽型场效应管的夹断电压
$U_{GS(th)}$ 或 U_T	增强型场效应管的开启电压
5) 集成运放	
A	集成运放
A_{od}	开环差模增益
dI_{I0}/dT	I_{I0} 的温漂
dU_{I0}/dT	U_{I0} 的温漂
f_c	单位增益带宽
f_h	-3 dB 带宽
I_{IB}	输入级偏置电流
I_{I0}	输入失调电流
K_{CMR}	共模抑制比
r_{id}	差模输入电阻
SR	转换速率
U_{I0}	输入失调电压
(4) 其他符号	
D	非线性失真系数
K	热力学温度的单位
N_F	噪声系数
Q	静态工作点
S	整流电路的脉动系数
S_r	稳压电路中的脉动系数
T	温度, 周期
η	效率, 等于输出功率与电源提供的功率之比
τ	时间常数
φ	相位角

目 录

第 1 篇 器件实验基础

第 1 章 概述	1
1.1 模拟电路实验技术的基本要求	2
1.2 模拟电路实验的基本调试技术	3
1.3 模拟电路的基本故障检查方法	6
1.4 电子电路抗干扰的基本抑制技术	9
第 2 章 基础验证性实验	15
实验一 常用低频电子仪器的调整和使用	15
实验二 晶体二极管及其基本应用	26
实验三 单级低频放大器	30
实验四 射极输出器的测试	35
实验五 两级阻容耦合放大器	37
实验六 差动放大器	41
实验七 OCL 互补对称功率放大电路	43
实验八 集成功率放大器	46
实验九 集成运算放大器的基本运算电路	48
实验十 负反馈放大器	55
实验十一 RC 正弦波振荡器	58
实验十二 整流、滤波及稳压电路	61
第 3 章 单元电路设计性实验	66
实验一 电压比较器的设计与调试	66
实验二 有源滤波器的设计与调试	69
实验三 非正弦波发生器的设计与调试	73
实验四 电压/频率转换电路	76
实验五 电流/电压转换电路	78
实验六 三相电机缺相报警电路	80
第 4 章 综合性小系统实验	82
实验一 省电防骚扰门铃(综合性实验)	82
实验二 水位控制及报警电路(综合性实验)	85
实验三 函数信号发生器(综合性实验)	87

第 **I** 篇

器件实验基础

第 **I** 章

概 述

目前,电子技术正在飞速发展,而且在电子工程、通信、信号处理、自动控制等领域有着广泛应用,电子技术实验及其实践环节的重要性更加突出。

模拟电路实验技术就是在模拟电子技术基础理论指导下的实验技术。利用模拟电路实验技术可以分析元器件、电子电路的工作原理;验证其功能,并对其进行调试、分析;排除电子电路故障;还可以测试元器件、电子电路的性能指标;最终设计并制作各种实用电子电路的样机。

模拟电路实验技术按其性质可分为:验证性和训练性实验、综合性实验、设计性实验 3 大类;按其实验环境和实验平台来分又有:硬件安装调试实验和计算机软件仿真分析实验。

尽管模拟电子技术各类实验的实验目的和实验内容各不相同,都是为了培养学生良好的学风,充分发挥学生的自主学习精神,促使其独立思考、独立完成实验并有所创新。因此,模拟电路实验的基本技术可归纳为以下 3 个方面:实验中的基本要求、实验的基本调试技术和基本抗干扰技术。

1.1 模拟电路实验技术的基本要求

模拟电路实验一般分为:准备阶段、进行阶段、完成阶段和实验报告阶段,这一节将对实验的各部分工作分别提出以下基本学习要求。

(1) 实验前的准备阶段

为避免盲目性,进行实验者应当对实验内容进行前期预习。步骤如下:

①必须要明确实验目的要求,掌握有关电路的基本原理(设计性实验则要明确须要完成的设计任务和指标)。

②拟出实验方法和步骤,设计最能体现实验结果的实验表格。

③初步估算(或分析)实验结果(包括参数和波形)。

④对思考题做出解答,最后做出预习报告。

进行实验前,教师应当检查预习情况,并对学生进行提问,预习不合格者不准进行实验。

(2) 实验的进行阶段

学生或者参与实验者一旦进入实验室进行实验,必须达到以下要求:

①参加实验者要自觉遵守实验室规则,服从实验指导教师的安排。

②根据实验内容合理布置实验现场,仪器设备和实验装置安装适当,按实验方案搭接实验电路和测试电路。

③要认真记录实验条件和所得数据、波形(同时进行分析判断所得数据、波形是否正确)。实验电路发生故障时,首先应独立思考,寻找原因,必要时再求助于老师。

④发生事故应立即切断电源,并报告指导教师和实验室有关人员,等候处理。

因此,在实验进行中师生的共同愿望是做好实验,保证实验质量。做好实验,并不是要求学生在实验过程中不出现问题,一次成功。实验过程不顺利,不一定是坏事,常常可从分析故障中增强独立工作能力;相反“一帆风顺”也不一定就有收获。因此,做好实验即是要独立解决实验中所遇到的问题,把实验做成功。

(3) 实验的完成阶段

实验完成后,可将实验记录送交指导教师请他审阅签字。经教师审查后,才能拆除线路,清理实验现场。

(4) 整理实验报告

作为一个电子技术的工程人员必须具有撰写实验报告这种技术文件的能力。

1) 实验报告内容

①列出实验条件,包括何日何时与何人共同完成什么实验,当时的环境条件,使用仪器的名称及仪器编号等。

②认真整理和处理测试的数据和用坐标纸描绘的波形,并列出表格或用坐标纸画出曲线。

③对测试结果进行理论分析,做出简明扼要结论。找出产生误差原因,提出减少实验误差的措施。

④记录产生故障情况,说明排除故障的过程和方法。

⑤撰写本次实验的心得体会,以及改进实验的建议。

2) 实验报告撰写要求

文理通顺,书写简洁;符号标准,图表齐全;讨论深入,结论简明。

1.2 模拟电路实验的基本调试技术

在长期的实践过程中已知:大多数的电子电路装置,即使按照设计的电路参数进行安装,往往也难以达到预期的性能指标。这是因为人们在设计时,不可能周全地考虑各种复杂的客观因素(如元件值的误差、器件参数的分散性、电路分布参数的影响等),只有通过安装后的测试和调整,才能发现和纠正设计方案的不足,然后采取措施加以改进,使装置达到预定的技术指标。因此,掌握电子电路的调试技术对于每个从事电子技术及其有关领域工作的人员来说,是非常重要的。

在模拟电路实验中,经常用来进行实验和调试的常规仪器有:万用表、稳压电源、示波器和信号发生器以及用做仿真实验的计算机系统。

下面介绍模拟电路实验中的一般调试技术和注意事项。

(1) 硬件电路调试前首先做直观检查

电路安装完毕,通常不宜急于通电,先要认真检查一下,检查内容包括:

1) 连线是否正确

检查电路连线是否正确,包括错线(连线一端正正确,另一端错误)、少线(安装时完全漏掉的线)和多线(连线的两端在电路图上都是不存在的)。

检查电路连线的方法通常有两种:

① 按照电路图检查安装的线路

这种方法的特点是,根据电路图连线,按一定顺序(如按信号传输流程)逐一检查安装好的线路,由此,可很容易查出错线和少线。

② 按照实际线路来对照原理电路进行查线

这是一种以元件为中心进行查线的方法。把每个元件(包括器件)引脚的连线一次查清,检查每个去处在电路上是否存在,这种方法不但可以查出错线和少线,还容易查出多线。

为了防止出错,对于已查过的线通常应在电路图上做出标记,最好用指针式万用表“ $\Omega \times 1$ ”挡,或数字式万用表“ Ω 挡”的蜂鸣器来测量,而且直接测量元、器件引脚,同时可发现接触不良的地方。

2) 元、器件安装情况

检查元、器件引脚之间有无短路;连接处有无接触不良;二极管、三极管、集成电路元件和电解电容的极性 etc 是否连接有误。

3) 电源供电(包括极性)、信号源连接是否正确。

4) 电源端对地($\perp$)是否存在短路,具体方法是:在通电前,断开一根电源线,用万用表检查电源端对地($\perp$)是否存在短路。

若所安装的电路经过上述检查,并确认无误后,即可转入调试。

(2) 基本调试方法

所谓电子电路的调试,是以达到电路设计指标为目的而进行的一系列的测量—判断—调

整一再测量的反复进行过程。

为了使调试顺利进行,设计的电路图上应当标明各点的电位参数值,相应的波形图以及其他主要数据。电子电路的调试包括测试和调整两个方面:

①调试方法通常采用先分调后联调(总调):模拟电路一般采用此方法。

任何复杂电路都是由一些基本单元电路组成,因此,调试时可以循着输入信号的流程,逐级调整各单元电路,使其参数基本符合设计指标。这种调试方法的核心是:把组成电路的各功能块(或基本单元电路)先调试好,并在此基础上逐步扩大调试范围,最后完成整机调试。

采用先分调后联调的优点是:能及时发现问题和解决问题。对于包括模拟电路、数字、电路和微机系统的大型电子装置更应采用这种方法进行调试。因为只有把3部分分开调试后,分别达到设计指标,并经过信号及电平转换电路后才能实现整机联调。否则,由于各电路要求的输入、输出电压和波形不匹配,盲目进行联调就可能造成大量的器件损坏。

②除了上述方法外,对于已定型的产品和需要的相互配合才能运行的产品也可采用一次性调试。

(3) 按照上述调试电路原则的具体调试步骤

①通电观察

把经过准确测量的电源接入电路。观察有无异常现象,包括有无冒烟,是否有异常气味,手摸元器件是否发烫,电源是否有短路现象等。如果出现异常,应立即切断电源,待排除故障后才能再通电。然后测量各路总电源电压和各器件的引脚的电源电压,以保证元器件正常工作。

通过通电观察,认为电路初步工作正常,就可转入正常调试。

在这里,需要指出的是,一般实验室中使用的稳压电源是一台仪器,它不仅有一个“+”端,一个“-”端,还有一个“地”接在机壳上,当电源与实验板连接时,为了能形成一个完整的屏蔽系统,实验板的“地”一般要与电源的“地”连起来,而实验板上用的电源可能是正电压,也可能是负电压,还可能正、负电压都有,因此,电源是“正”端接“地”,还是负端接“地”,使用时应先考虑清楚。如果要求电路浮地,则电源的“+”与“-”端都不与机壳相连。

另外,应注意一般电源在开与关的瞬间往往会出现瞬态电压上冲的现象,集成电路又最怕过电压的冲击,因此,一定要养成先开启电源,后接电路的习惯,在实验过程中,也不要随意将电源关掉。

②静态调试

交流、直流并存是电子电路工作的一个重要特点。

一般情况下,直流为交流服务,直流是电路工作的基础。因此,电子电路的调试有静态调试和动态调试之分。

静态调试一般是指在无外加信号条件下所进行的直流测试和调整过程。例如,通过静态模拟电路的静态工作点、数字电路的各输入端和输出端的高、低电平值及逻辑关系等,可以及时发现已经损坏的元器件,判断电路工作情况,并及时调整电路参数,使电路工作状态符合设计要求。

对于运算放大器,静态检查除测量正、负电源是否接上外,主要检查在输入为零时,输出端是否接近零电位,调零电路是否起作用。当运放输出直流电位始终接近正电源电压值或负电源电压值时,说明运放处于阻塞状态,可能是外电路没有接好,也可能是运放已经损坏。如果

通过调零电位器不能使输出为零,除了运放内部对称性差外,也可能运放处于振荡状态,因此,实验板直流工作状态的调试,最好接上示波器进行监视。

③动态调试

动态调试是在静态调试的基础上进行的。调试的方法是在电路的输入端接入适当频率和幅值的信号,并循着信号的流向逐级检测各有关点的波形、参数和性能指标。发现故障现象,应采取不同的方法缩小故障范围,最后设法排除故障。

测试过程中不能凭感觉和印象,要始终借助仪器观察。使用示波器时,最好把示波器的信号输入方式置于“DC”挡,通过直流耦合方式,可同时观察被测信号的交、直流成分。

通过调试,最后检查功能块和整机的各种指标(如信号的幅值、波形形状、相位关系、增益输入阻抗和输出阻抗等)是否满足设计要求。必要时,再进一步对电路参数提出合理的修正。

(4)调试中的注意事项

调试结果的正确性很大程度受测量正确与否和测量精度的影响。为了保证调试的效果,必须减小测量误差,提高测量精度。为此,必须注意以下几点:

①正确使用测量仪器的接地端。凡是使用低端接机壳的电子仪器进行测量,仪器的接地端应和放大器的接地端连接在一起,否则,仪器机壳引入的干扰不仅会使放大器的工作状态发生变化,而且将使测量结果出现误差。根据这一原则,调试发射极偏置电路时,若需测量 V_{CE} ,不应把仪器的两端直接接在集电极和发射极上,而应分别对地测出 V_C 、 V_E ,然后将二者相减得 V_{CE} 。若使用干电池供电的万用表进行测量,由于电表的两个输入端是浮动的,因此允许直接跨接到测量点之间。

②在信号比较弱的输入端,尽可能用屏蔽线连线。屏蔽线的外屏蔽层要接到公共地线上。在频率比较高时要设法隔离连接线分布电容的影响,例如,用示波器测量时应该使用有控头的测量线,以减少分布电容的影响。

③测量电压所用仪器的输入阻抗必须远大于被测处的等效阻抗。因为,若测量仪器输入阻抗小,则在测量时会引起分流,给测量结果带来很大误差。

④测量仪器的带宽必须大于被测电路的带宽。例如,MF-20型万用表的工作频率为 $20 \sim 20\,000\text{ Hz}$ 。如果放大器的 $f_H = 100\text{ kHz}$,则不能用MF-20来测试放大器的幅频特性,否则,测试结果就不能反映放大器的真实情况。

⑤要正确选择测量点。用同一台测量仪进行测量时,测量点不同,仪器内阻引进的误差大小将不同。例如,如图1.2.1所示电路,测C1点电压 V_{C1} 时,若选择e1为测量点,测得 V_{e2} ,根据 $V_{C1} = V_{e2} + V_{BE2}$ 求得的结果,可能比直接从C1点得到的 V_{C1} 的误差要小得多。因此,出现这种情况是因为 R_{e2} 较小,仪器内阻引进的测量误差小。

⑥测量方法要方便可行。需要测量某电路的电流时,一般尽可能测电压而不测电流,因为测电压不必改动被测电路,测量方便。若需知道某一支路的电流值,可以通过测取该支路上电阻两端的电压,经过换算而得到。

⑦调试过程中,不但要认真观察和测量,还要善于记

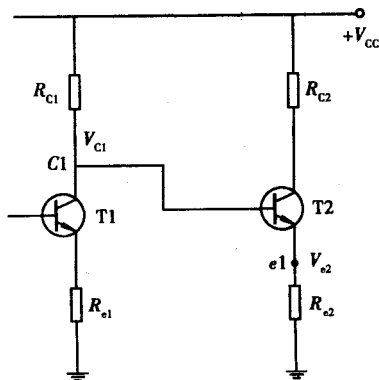


图 1.2.1 被测电路

录。记录的内容包括实验条件、观察的现象、测量的数据、波形和相位关系等。只有有了大量的可靠的实验记录并与理论结果加以比较,才能发现电路设计上的问题,逐步完善设计方案。

⑧调试出现故障时,要认真查找故障原因,切不可一遇故障解决不了就拆掉线路重新安装。因为重新安装的线路仍可能存在各种问题,如果是原理上的问题,即使重新安装也解决不了问题。应当把查找故障、分析故障原因当做一次好的学习机会,通过它不断地提高自己分析问题和解决问题的能力。

1.3 模拟电路的基本故障检查方法

电路故障是不期望但又是不可避免的电路异常工作状态。分析、寻找和排除故障是电子技术工程人员必备的实际技能。

对于一个复杂的系统来说,要在大量的元器件和线路中迅速、准确地找出故障是很不容易的。一般的故障诊断过程,就是从电路故障现象出发,通过反复测试,做出分析判断,逐步找出故障的过程。

(1) 故障现象和产生故障的原因

1) 常见的故障现象

①放大电路没有输入信号,而有输出波形。

②放大电路有输入信号,但没有输出波形,或者波形异常。

③串联稳压电源无电压输出,或输出电压过高且不能调整,或输出稳压性能变坏、输出电压不稳定等。

④振荡电路不产生振荡。

⑤计数器输出波形不稳,或不能正确计数。

⑥收音机中出现“嗡嗡”交流声和“啪啪”的汽船声等。

以上是最常见的一些故障现象,还有很多奇怪的现象,在这里不再列举。

2) 产生故障的原因

故障产生的原因很多,情况也很复杂,有的是一种原因引起的简单故障,有的是多种原因相互作用引起的复杂故障。因此,引起故障的原因很难简单分类。这里只能进行一些粗略的分析。

①对于定型产品使用一段时间后出现故障,故障原因可能是元器件损坏,连线发生短路或断路(如焊点虚焊,接插件接触不良,可变电阻器、电位器、半可变电阻等接触不良接触面表面镀层氧化等),或使用条件发生变化(如电网电压波动、过冷或过热的工作环境等)影响电子设备的正常运行。

②对于新设计安装的电路来说,故障原因可能是:实际电路与设计的原理图不符;元器件使用不当或损坏;设计的电路本身就存在某些严重缺点,不满足技术要求;连线发生短路或断路等。

③仪器使用不正确引起的故障,如示波器使用不正确而造成的波形异常或无波形,共地问题处理不当而引入的干扰等。

④各种干扰引起的故障(有关噪声、干扰问题等)。