

高等学校工程专科教材

电子技术基础实验

叶致诚 唐冠宗 编



高等教育出版社

高等学校工程专科教材

电子技术基础实验

叶致诚 唐冠宗 编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是根据国家教育委员会1990年7月制订的《高等工程专科学校电子技术基础课程基本要求》和国家教育委员会高等工程专科电子技术基础教材编审组会议通过的“电子技术基础实验教材编写大纲”所编。内容有:电子电路实验基础知识和基本技能、模拟电子电路实验、数字电子电路实验和附录四部分。内容详实,突出了动手能力的培养,深浅和繁简程度适当,适合自学和独立实验操作。本书与周良权、傅恩锡、李世馨编的《模拟电子技术基础》和周良权、方向乔编的《数字电子技术基础》为配套教材。

本书由南京化工动力专科学校汤祥安、贺阿仁两位副教授主审,并经编审组会议审议通过。

本书为高等工程专科学校电气、电子类专业“电子技术基础实验”课程教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

本书责任编辑 任庆陵

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验/叶致诚,唐冠宗编. —北京:高等教育出版社,1995

ISBN 7-04-005376-4

I. 电… II. ①叶… ②唐… III. 电子技术—实验 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 00390 号

*

高等教育出版社出版
新华书店总店北京发行所发行
北京朝阳区北苑印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 21.75 字数 540 000

1995 年 10 月第 1 版 1995 年 10 月第 1 次印刷

印数 0 001—5 172

定价 15.25 元

前 言

本书是根据国家教育委员会(简称国家教委)1990年7月制订的《高等学校工程专科电子技术基础课程教学基本要求》(简称《基本要求》)和国家教委高等工程专科电子技术基础教材编审组(简称国家教委电子技术基础编审组)1990年11月武汉会议审定通过的“电子技术基础实验教材编写大纲”所编。本书是高等学校工程专科教材《模拟电子技术基础》(周良权、傅恩锡、李世馨编)和《数字电子技术基础》(周良权、方向乔编)的配套教材。

根据高等工程专科学校电气、电子类专业的培养目标,本书在保障基本理论知识得到验证的基础上,力求做到“以应用为目的”的要求,具有一定的专科教学特色。

本书编写思路:

1. 本书力求遵循由浅入深、由易到难、由简到繁、循序渐进的教学规律。其内容由电子电路实验基础知识与基本技能、模拟电子电路实验、数字电子电路实验和附录四部分组成。第一部分介绍进行电子电路实验的必备知识和基本技能,以便为进行第二、三部分实验作好知识和技能两方面的准备;第二、三部分主要编写了一些模拟和数字基本电路实验,还适当编写了综合性实验课题,以突出应用性,体现一定的趣味性。可见,基本电路实验是本书的重点,通过它使学生掌握典型电路的设计、安装与调试的基本方法和常用仪器的使用方法;第四部分是选编了一些典型电路和器件,以供读者参考。

2. 本书是以能力培养为主线编写的,因此,书中大部分实验课题以“实验任务书”的方式下达给学生,在任务书中提出了具体的技术要求,然后放手让学生独立进行实验。为了避免一部分学生对实验无从着手,故在每个实验课题之前,大都编写了设计与实验的例题,以起引导作用。另外,每个实验课题还有选作题(加*号者),这样,各学校因学时不同,也有一定的选择余地。

3. 为了适应电子技术的飞速发展,本书突出了集成电路(特别是中规模数字电路)的应用。

4. 因全国各工程专科学校实验条件各异,为了适应大部分学校的实际情况,本书所编入的实验设备仍采用国产旧型号。对实验仪器的讲解与使用,各校可结合自己的实际情况进行。

根据《基本要求》中实验部分的教学基本要求,本书教学参考学时范围规定为44~55学时,各部分的学时分配由各校自行决定。

本书由国家教委电子技术基础编审组推荐为高等工程专科学校电气、电子类专业电子技术基础实验课程通用教材。也可作为普通高校大专班和职工大学同类专业的实验教材,还可供中等专业学校同类专业师生或从事电子技术的工程技术人员参考。

本书是在国家教委电子技术基础编审组和高等教育出版社的指导下编成的。由华北航天工业学院叶致诚副教授和杭州应用工程技术学院唐冠宗副教授合编。叶致诚编写第一、二部分及属于这两部分的附录,并进行统稿,唐冠宗编写第三部分及属于该部分的附录。由南京化工动力专科学校汤祥安副教授和贺阿仁副教授负责主审工作。

参加本书审定工作的有陈大钦教授、莫彬副教授、周良权副教授、方向乔副教授、傅恩锡副教授、高磷副教授、李世馨副教授、熊宝辉副教授、陈卜锁副教授和廖先云副教授等。

负责主审和参加审稿的同志,对本书提出了许多宝贵的意见和建议,国家教委电子技术基础教材编审组组长、南京化工学院副院长莫彬副教授做了许多辛勤的工作,在此一并表示衷心的感谢。

电子技术的发展日新月异,实验教学改革任重而道远,我们的能力与教学改革的要求相比,还有相当的差距,加之编者学术水平有限,书中难免有错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

1994年10月

目 录

第一部分 电子电路实验基础知识与基本技能

第一章 电子电路实验基础知识	1	一、工作原理简介	42
第一节 概述	1	二、使用方法	44
一、电子电路实验的意义、目的与要求	1	第六节 电子仪器“接地”与“共地”问题	50
二、电子电路实验的类别和特点	2	一、接地问题	50
三、实验安全	2	二、共地问题	51
第二节 实验程序	3	第七节 电信号基本参量测试	53
一、实验准备	3	一、电压的测量方法	53
二、实验操作	6	二、频率的测试方法	54
三、撰写实验报告	6	三、时间的测试方法	56
第三节 测量误差基本知识	8	四、相位的测量方法	59
一、测量误差的类别	9	第八节 技能训练	
二、误差的表示方法	9	——仪器使用与电信号参量	
三、削弱或消除系统误差的主要措施	11	测量	61
四、一次测量时的误差估计	12	技能训练一——电压表的选择与使用	61
第四节 测量数据的一般处理方法	13	技能训练二——电子示波器的使用与电信号	
一、有效数字的处理	13	测量	63
二、测量数据的图解处理	15	第三章 初步工艺知识与制作	66
第二章 常用电子测量仪器和电信号		第一节 常用元器件的识别与选用	66
主要参数测试	20	一、电阻器	66
第一节 电子测量仪器的分类和选用	20	二、电容器	68
一、分类	20	三、电感器与变压器	71
二、电子仪器的选用原则	21	四、晶体管	72
第二节 信号发生器	24	五、集成电路的识别与简易测试	76
一、低频信号发生器	24	第二节 技能训练	
二、脉冲信号发生器	26	——半导体三极管静态特性	
第三节 电压表	28	测试与撰写实验报告	80
一、数字式繁用表	28	*技能训练三——小功率半导体三极管的	
二、低频模拟电子电压表	31	简易测试	80
第四节 电子示波器	33	技能训练四——分别用“逐点法”和“图示	
一、波形显示原理	33	法”测绘三极管共射	
二、示波器的基本组成	35	输出特性曲线族	80
三、SR8 型二踪示波器的使用方法	37	第三节 电原理图的画法	81
第五节 JT-1 型晶体管特性图示仪	42		

一、部分元器件的图形符号和文字符号	82
二、电原理图的绘制	83
技能训练五——绘制电原理图	85
第四节 实验电路安装	86
一、插件实验电路板的使用方法	86
二、元器件安装方式	87
三、布线的一般原则	88
四、去耦与接地知识简介	88
第五节 印刷电路的设计与制作	91

一、印刷电路板图设计原则	91
二、印刷电路板制作	92
技能训练六——印刷电路板图设计	93
*技能训练七——印刷电路板制作	93
第六节 锡焊知识与操作	94
一、手工焊接知识	94
二、波峰焊接法简介	95
技能训练八——装配与焊接	96

第二部分 模拟电子电路实验

第一章 实验技术概要	98
第一节 元器件选用原则	98
一、电压放大器件选用原则	98
二、阻容元件选用原则	99
第二节 电压放大电路静态调试	100
一、分立元件放大电路静态调试	100
二、集成运放电路静态调试	103
第三节 电压放大电路动态调试	106
一、消除非线性失真	106
二、最佳工作点的调整和最大动态范围的测量	107
三、基本动态参数的测试方法	107
第四节 实验电路故障检查与排除	113
一、检查电路故障的基本方法	113
二、排除故障的一般步骤	114
三、单管共射放大器故障分析	115
*技能训练九——单管共射放大电路故障检查与排除	119

第二章 模拟电路基本实验	121
第一节 单管放大电路的设计与实验	121
一、设计举例(含共射、共集和共源放大电路)	121
二、实验任务书	128
实验一 单管共射放大电路	128
*实验二 结型场效应管(JFET)共源放大电路	130
第二节 差动放大电路实验	131
一、典型差动放大电路	131
二、集成运放差动放大电路	134

三、实验任务书	139
实验三 差动放大电路 ——由双差分对管 5G921S 构成电路	139
*实验四 集成同相串(或并)联差动放大电路	141
第三节 负反馈放大电路	142
一、负反馈放大电路的一般设计原则	142
二、分立元件负反馈放大电路设计举例	143
三、实验任务书	148
实验五 分立元件串联电压负反馈放大电路	148
*实验六 集成运放负反馈放大电路	149
第四节 基本模拟运算电路	152
一、加法和减法电路	152
二、积分与微分电路	155
三、模拟乘法器	159
四、实验任务书	162
实验七 和、差运算电路	162
*实验八 积分与微分电路	164
*实验九 模拟乘法器	165
第五节 波形发生电路	167
一、文氏桥正弦波振荡电路	167
二、方波和三角波发生电路	169
三、实验任务书	171
实验十 文氏桥正弦波振荡器	171
实验十一 方波和三角波发生器	172
*实验十二 集成函数发生器(ICL8038)	172
第六节 低频功率放大电路	175
一、集成功率放大器应用知识简介	175
二、分立元件 OCL 功率放大器设计	179

三、功率放大电路调试	182	(可与本章第八节实验结合	
四、实验任务书	184	进行)	188
实验十三 集成功率放大电路	184	第八节 设计性实验	190
*实验十四 分立元件 OCL 功率放大电路		一、实验目的	190
.....	185	二、实验要求	190
第七节 集成稳压器性能参数测试	185	三、建议教学组织方式	190
一、常用 CW7800 系列和 CW79M00 系列		四、设计与实验题目	190
集成稳压器简介	185	A 设计一个有效值指示器	190
二、稳压器主要参数及其测试方法	186	B 模拟集成繁用表设计	192
三、实验任务书	188	C 直流稳压电源设计	194
实验十五 集成稳压器电路安装与测试			
第三部分 数字电子电路实验			
第一章 实验技术概要	198	三、用中规模集成电路构成组合逻辑电	
第一节 数字集成电路概述	198	路	225
一、TTL 电路	199	四、实验任务书	231
二、CMOS 电路	199	实验三 组合逻辑电路(一)	231
第二节 测试和故障分析	200	实验四 组合逻辑电路(二)	232
一、测试	200	实验五 超前进位全加器	233
二、故障分析	201	第三节 触发器	234
第三节 数字电路实验箱	203	一、触发器的逻辑功能	234
一、自锁插座型	203	二、触发器的转换	236
二、插件板型	205	三、触发器逻辑功能的测试	236
第四节 技能训练		四、实验任务书	236
——数字电路实验箱的使用		实验六 触发器	236
.....	207	第四节 时序逻辑电路	238
第二章 数字电路基本实验	209	一、概述	238
第一节 门电路	209	二、时序逻辑电路的分析	238
一、门电路的逻辑功能	209	三、计数器(CTR)	241
二、集电极开路(OC)与非门	212	四、寄存器	245
三、三态(3S)输出门	213	五、循环移位寄存器	247
四、TTL 与非门的测试	214	六、实验任务书	248
五、CMOS 与非门的测试	218	实验七 计数器	249
六、实验任务书	219	实验八 寄存器	251
实验一 门电路的逻辑功能测试	220	第五节 脉冲的产生和变换电路	252
实验二 集成门电路的参数测试	221	一、施密特触发器、单稳态触发器和多谐	
第二节 组合逻辑电路	222	振荡器	252
一、概述	222	二、集成定时器电路	255
二、用逻辑门构成组合逻辑电路的设计		三、实验任务书	258
方法	224	实验九 集成单稳态触发器和施密特触	
		发器	258

实验十 555 集成定时器电路	259
第六节 模/数(A/D)和数/模(D/A) 转换	259
一、模/数(A/D)转换	259
二、数/模(D/A)转换	261
三、实验任务书	263
实验十一 模/数转换器(ADC)	263
实验十二 数/模转换器(DAC)	264
第七节 综合性实验	265

一、概述	265
二、七段显示译码器	265
三、实验任务书	269
实验十三 简易数字控制电路	269
实验十四 简易数字计时电路	269
实验十五 8 位串行全加运算器	270
实验十六 电梯楼层显示电路	272
实验十七 循环灯电路	273

附 录

A 部分电气图用图形符号 (摘自 GB4728)	275	(摘自 GB3430 - 82)	302
B 电阻器型号命名方法及几种电阻 器的规格参数	288	F 部分模拟集成电路参数	303
C 电容器型号命名方法及几种固定 电容器的主要参数	292	G TTL 集成电路型号	310
D 半导体分立器件型号命名方法及 几种晶体管的主要参数	296	H 74 系列 TTL 集成电路 附:74HC 系列 CMOS 集成电路 (正逻辑)	313
E 半导体集成电路型号命名方法		I CMOS 集成电路(CC、CH、CD 系列, 正逻辑)	328

第一部分 电子电路实验基础知识 与基本技能

本部分主要介绍:一般实验程序;测量误差概念及测量数据的一般处理方法;常用电子仪器的基本原理、使用方法及电信号主要参数的测试方法;初步的工艺知识与制作等有关实验的必备知识与技能。掌握上述知识与技能,有助于提高实验效果和动手能力。

第一章 电子电路实验基础知识

充分的实验准备工作、正确的实验操作方法和撰写合格的实验报告,是工科学生应掌握的一种基本技能。实验数据必然存在误差。应了解产生系统误差、偶然误差和过失误差的主要原因和掌握尽量减小上述误差的一般方法。实验数据是分析实验结果、反映实验效果的主要依据。应掌握读取、记录和处理实验数据的一般方法。

第一节 概 述

一、电子电路实验的意义、目的与要求

1. 意义

电子电路实验,就是根据教学、生产和科研的具体要求,进行设计、安装与调试电子电路的过程。显然,它是个将技术理论转化为实用电路或产品的过程。

在上述过程中,既能验证理论的正确性和实用性,又能从中发现理论的近似性和局限性。由于认识的进一步深化,往往可以发现新问题、产生新的设想、促使电子电路理论和应用技术进一步向前发展。

目前,电子技术的发展日新月异,新器件、新电路(主要指集成电路)相继诞生并迅速转化为生产力。要认识和应用门类繁多的新器件和新电路,最为有效的途径就是进行实验。通过实验,可以分析器件和电路的工作原理,完成性能指标的检测;可以验证和扩展器件、电路的性能或功能,扩大使用范围;可以设计并制作出各种实用电路和设备。总之,可以断言,不进行实验,就不可能制造出适应“四化”建设需要的各种电子设备。可见,熟练掌握电子电路实验技术,对从事电子技术的人员,是至关重要的。

2. 目的

就教学而言,电子电路实验,是培养电气、电子类专业应用性人才的基本内容之一和重要手段。所以,“应用”是它直接的、唯一的目的。具体地讲,通过它可以巩固和深化应用技术的基础理论和基本概念,并付诸于实践。在这一过程中,培养理论联系实际的学风、严谨求实的科学态

度和基本工程素质(其中应特别注重动手能力的培养),以适应实际工作的需要。

3. 要求

- (1) 能读懂基本电子电路图,具有分析电路作用或功能的能力;
- (2) 具有设计、组装和调试基本电子电路的能力;
- (3) 会查阅和利用技术资料。具有合理选用元器件(含中规模集成电路 MSI)并构成小系统电路的能力;
- (4) 具有分析和排除基本电子电路一般故障的能力;
- (5) 掌握常用电子测量仪器的选择与使用方法和各类电路性能(或功能)的基本测试方法;
- (6) 能够独立拟定基本电路的实验步骤;写出严谨的、有理论分析的、实事求是的、文字通顺和字迹端正的实验报告。

二、电子电路实验的类别和特点

按照实验电路传输信号的性质,可分为模拟电路实验和数字电路实验两大类。每大类又可按实验目的与要求分成三种:第一,验证性和探索性实验。其目的是验证电子电路的基本原理,或通过实验探索提高电路性能(或扩展功能)的途径或措施;第二,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,设计性或综合性实验。其目的是综合运用有关知识,设计、安装与调试自成系统的、实用的电子电路。

电子电路实验有如下特点:第一,理论性强。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,就会陷入束手无策的境地。因此,要做好实验,首先应学好模拟电路和数字电路课程。第二,工艺性强。主要表现在:有了成熟的实验电路方案,但由于装配工艺不合理,一般不会取得满意的实验结果,甚至实验宣告失败(高频电路实验尤为如此)。因此,需要认真掌握电子工艺技术。第三,测试技术要求高。主要表现在:实验电路类型多,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、采用不同的测试仪器。因此,应熟练掌握基本电子测量技术和各种测量仪器的使用方法。

总之,进行电子电路实验,需要具备本专业多方面的理论知识和实践技能,否则,实验效果将受到不同程度的影响。

三、实验安全

包括人身和设备安全。

1. 人身安全

- (1) 实验时不得赤脚;实验室地面应有绝缘良好的地板(或垫);各种仪器设备应有良好的地线。
- (2) 仪器设备、实验装置中通过强电的连接导线应有良好的绝缘外套,芯线不得外露。
- (3) 实验电路接好后,检查无误方可接入电源;应养成先接实验电路后接通电源,实验完毕先断开电源后拆实验电路的操作习惯。另外,在接通交流 220V 电源前,应通知实验合作者。
- (4) 在进行强电或具有一定危险性的实验时,应有两人以上合作;测量高压时,通常采用单手操作并站在绝缘垫上。
- (5) 万一发生触电事故时,应迅速切断电源,如距电源开关较远,可用绝缘器具将电源线切断,使触电者立即脱离电源并采取必要的急救措施。

2. 仪器安全

- (1) 使用仪器前,应认真阅读使用说明书,掌握仪器的使用方法和注意事项。
- (2) 使用仪器,应按要求正确地接线。
- (3) 实验中要有目的的扳(旋)动仪器面板上的开关(或旋钮),扳(旋)动时切忌用力过猛。
- (4) 实验过程中,精神必须集中。当嗅到焦臭味、见到冒烟和火花、听到劈啪声、感到设备过烫及出现保险丝熔断等异常现象时,应立即切断电源,在故障未排除前不准再次开机。
- (5) 搬动仪器设备时,必须轻拿轻放;未经允许不准随意调换仪器,更不准擅自拆卸仪器设备。
- (6) 仪器使用完毕,应将面板上各旋钮、开关置于合适的位置,如电压表量程开关应旋至最高挡位等。

第二节 实验程序

实验一般可分为三个阶段,即实验准备、实验操作和撰写实验报告。

一、实验准备

实验能否顺利地进行并取得预期的效果,在很大程度上取决于实验前的准备是否充分。

1. 实验前,应按“实验任务书”的要求写出“实验准备报告”(或称“预习报告”,见本书举例)。具体要求是:

- (1) 认真阅读教材中与本实验有关的内容和其他参考资料,独立完成“实验准备报告”。
 - (2) 根据实验的目的与要求,设计或选用实验电路和测试电路。所设计的电路,估算要正确,设计步骤要清楚;画出的电路要规范,电路中图形符号和元器件数值标注要符合现行国家标准。
 - (3) 列出本次实验所需元器件、仪器设备和器材详细清单(见表 1-1-2-1),在实验前交实验室。
 - (4) 拟定出详细的实验步骤,包括实验电路的调试步骤与测试方法;设计好实验数据记录表格。
2. 在实验前,应主动到“开放实验室”或相应课程实验室,熟悉测试仪器的使用方法。
3. 实验开始,应认真检查所领到的元器件型号、规格和数量,并进行预测量;检查并校准电子仪器状态,若发现故障应及时报告指导教师。

《实验准备报告》举例

以下列出本实验准备报告的依据——“实验任务书”。

实验任务书

单管共射放大器实验电路如图(见表 1-1-2-1 中图)所示。

已知条件:

电源电压 $V_{CC} = +12V$;

三极管 3DG6D 的电流放大系数 $\beta \approx 50$;

电阻器和电容器参数值,见表 1-1-2-1 中电路所标注。

实验要求:

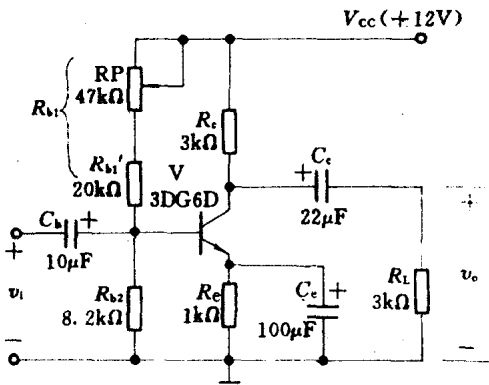
- (1) 将该放大器静态工作点调到 $I_{CQ}=1\text{mA}$ 、 $V_{CEQ}\approx 8\text{V}$;
- (2) 测试电压放大倍数 A_V 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 和幅频特性;
- (3) 自拟实验步骤和测试电路。

表 1-1-2-1 实验仪器、元器件卡片

实验名称 单管共射放大器 实验日期 _____ 交卡时间 _____

序号	仪器名称	型号	用量(台)	序号	仪器名称	型号	用量(台)
1	直流稳压电源	WJ-2C	1	4	电子示波器	SR8	1
2	低频信号发生器	XD-1	1	5	万用表	MF-47	1
3	低频电子毫伏表	GB-9B	1	6			
序号	元器件名称	规格、型号	用量(只)	序号	元器件名称	规格、型号	用量(只)
1	半导体三极管	3DG6D	1	11			
2	金属膜电阻器	RJ11-0.125-3kI	2	12			
3		RJ11-0.125-1kI	1	13			
4		RJ11-0.125-8.2kI	1	14			
5		RJ11-0.125-20kI	1	15			
6	合成碳膜电位器	WTX-1-47k	1	16			
7	铝电解电容器	CD-10V-10μF	1	17			
8		CD-10V-22μF	1	18			
9		CD-10V-100μF	1	19			
10				20			

实验电路图



学生姓名		班级		实验组别	
------	--	----	--	------	--

准备报告

根据上述实验要求,确认该实验为检测性实验。其主要目的是通过实验掌握基本共射放大器的静态调试方法、主要性能指标的测试方法和学会正确选用电子测量仪器。为达到上述目的,特做如下准备:

(一) 估算电路性能指标

估算的目的是避免盲目性和差错。如发现测量值远离估算值时,能够及时发现问题、分析问题并设法排除故障。

1. A_V 的估算

已知:

$$A_V = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$$

式中 $r_{be} \approx 200 + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} = 200 + 51 \times 26 \approx 1.5 \text{ k}\Omega$

$$R'_L = R_c // R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$$

所以 $|A_V| = 50$ 。

另外,由给定的静态参数可知,该电路的工作点 Q 偏低。在这种情况下,若输入信号有效值 $V_i \geq 100 \text{ mV}$,则输出信号有效值为 $V_o \geq 50 \times 100 \text{ mV} = 5 \text{ V}$,势必产生截止失真。为避免失真,选定 $V_i = 20 \text{ mV}$ 左右为宜。

2. R_i 的估算

已知: $R_i = R_B // r_{be}$

式中 $R_B = R_{b1} // R_{b2} \gg r_{be}$

所以 $R_i < r_{be}$,估计在 $1 \text{ k}\Omega$ 左右。

3. R_o 的估算

$$R_o \approx R_c = 3 \text{ k}\Omega$$

4. f_L 和 f_H 的估算

由于 C_e 足够大,影响低频端响应的主要因素是 C_b 。

当 V_i 保持恒定时(不计信号源内阻 R_s 的影响),输入回路是个高通电路,其时间常数近似为

$$\tau_L \approx r_{be} \cdot C_b = 1.5 \text{ k}\Omega \times 10 \mu\text{F} = 15 \times 10^{-3} \text{ s}$$

故下限频率为

$$f_L = \frac{1}{2\pi\tau_L} = \frac{1}{6.28 \times 15 \times 10^{-3}} \approx 10.6 \text{ Hz}$$

影响高频端响应的主要因素,是晶体三极管的混合 π 参数 $r_{b'b}$ 、 $r_{b'e}$ 、 $C_{b'e}$ 、 $C_{b'c}$ 、 g_m 和负载 R'_L 。因 f_H 计算繁琐而从略,进行实测便可得出 f_H 值。

应预料到,由于采用小功率高频三极管,所以放大器的 f_H 值较高,在此种情况下,一般低频信号源可能不适用,即实测不到 f_H 值。

(二) 选择测试仪器、拟定实验步骤和测试电路

1. 根据实验室条件选用仪器。本例已将选定的仪器填入表 1-1-2-1 中。

2. 测试步骤及测试电路。

(1) 静态调试

首先将被测电路输入端接地,用万用表(模拟或数字式均可)直流电压挡,测量射极电阻 R_e 到地的电压,同时调整电位器 RP ,使 $V_E = 1 \text{ V}$,则 $I_{CQ} \approx I_{EQ} = V_E / R_e = 1 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 1 \text{ mA}$ 。

然后再测量 V_{CEQ} 值, 视其是否接近预定值。

(2) 动态参数测试

关于电压放大倍数 A_V 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 和幅频特性的测试方法和测试电路, 请按本书第二部分第一章第一、二节介绍的内容拟定。此外, 应画出幅频特性数据记录表和半对数坐标, 见表 1-1-2-2 和图 1-1-2-1。

表 1-1-2-2 幅频特性数据记录表

V_i (mV)	20															
f (Hz)	5	10	15	20	50	10^2	10^3	10^4	10^5	5×10^5	6×10^5	7×10^5	8×10^5	9×10^5	10^6	...
V_o (V)																...
A_v (倍)																...

最后填表 1-1-2-1 并交实验室。准备报告至此完毕。

若为设计性实验, 本例中第一项“性能指标估算”应改为“设计方案”。

二、实验操作

正确的操作方法和操作程序, 是提高实验效果的可靠保障。因此, 要求在每一操作步骤之前都要做到心中有数, 即目的要明确。操作时, 既要迅速又要认真。大体注意事项有:

1. 应调整好直流电源电压, 使其极性和大小满足实验要求; 调整好信号源电压, 使其大小满足实验要求。

2. 实验中要眼观全局, 先看现象, 例如仪表有无超量程和其他不正常现象, 然后再读取数据。对于指针式仪表, 读数前要认清仪表量程及刻度; 读数时, 身体姿势要正确——眼、指针和针影应成一线。

3. 利用无焊接实验电路板(俗称面包板)插接电路时, 要求接插迅速、接触良好和电路布局合理(要为调试操作创造方便条件, 避免因接入测量探头而造成短路或其他故障)。

4. 在通电的情况下, 不得拔、插(或焊接)半导体器件, 应在关闭电源后进行。

5. 任何电路均应首先调试静态, 然后进行动态测试。测试时, 手不得接触测试表笔(或探头)的金属部分; 最好用高频同轴电缆(或屏蔽导线)作测试线, 地线要接触良好且应尽量短些。

三、撰写实验报告

1. 写实验报告的目的

按照一定的格式和要求, 表达实验过程和结果的文字材料称为实验报告(以下简称报告)。它是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法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。如果作了实验而未写出报告, 就等于有始无终, 半途而废。

对工科学生而言, 撰写报告也是一种基本技能训练。通过写报告, 能够深化技术基础理论的

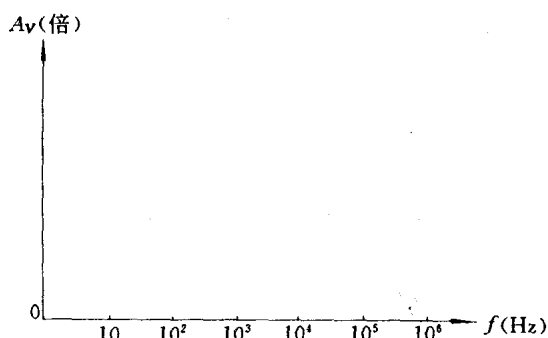


图 1-1-2-1 幅频特性半对数坐标

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、判断实验结果的能力;培养严谨的学风和实事求是的科学态度;锻炼科技文章写作能力等。此外,报告也是成绩考核的重要依据之一。

总之,撰写报告是实验工作不可缺少的一个重要环节,切不可忽视。

2. 报告的内容与结构

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,报告一般应由以下几部分构成:

(1) 实验名称

每篇报告均应有其名称(或称标题),并应列在报告的最前面,使人一看便知该报告的性质和内容。

实验名称应写得简练、鲜明、准确。简练,就是字数要尽量少;鲜明,就是令人一目了然;准确,就是能恰当地反映实验的性质和内容。

(2) 实验目的

指明为什么要进行本次实验。要求写得简明扼要,常常是列出几条。在一般情况下,要写出三个层次的内容,即通过本次实验要掌握什么,熟悉什么,了解什么,例如“单管共射放大器的设计与实验”其实验目的应这样写:

- ①掌握基本放大器的设计、调整与测试方法;
- ②熟悉测试仪器的性能和使用方法;
- ③了解装配工艺知识和排除一般故障的方法。

应当指出,有时为了突出主要目的,次要内容可以不写入报告。

(3) 测试电路及仪器

测试电路除了能够表明被测电路与测试仪器的联结关系以外,还能反映出所采用的测试方法和测试仪器。一般而言,不同的测试方法有不同准确度的测试结果,所以,画出测试电路是必要的;列出实验用仪器的名称和型号,其目的是让人了解实验仪器的精度等级和先进程度,以便对实验结果可信度作出恰当的评价。

(4) 设计任务与方案

按要求写入已知条件和设计要求。例如:设计一个单管共射放大器,要求电压放大倍数 $|A_v| \geq 50$,在 $0 \sim 45^\circ\text{C}$ 的范围内能正常工作。

已知:输入信号电压 $V_i \geq 10\text{mV}$ (有效值);

负载电阻 $R_L = 5.1\text{k}\Omega$;

采用 3DG6 型晶体管,实测该管 $\beta = 40$ 。

在这一栏中,必须画出所设计的电路图(按规定注明各元器件数值),而设计步骤可以用附录的形式加以处理,例如:设计步骤附本报告之后。

(5) 装配与调试步骤

若采用印刷电路板装配时,应画出装配示意图;若用面包板插装,可省略示意图。

调试,应写出调试方法、步骤和内容等。

(6) 预测量与设计方案修正

写入预测量数据与设计要求是否相符的内容;不符合设计要求又是怎样修正设计方案的内

容(即电路元器件参数有哪些变动)。

本栏目内容可与第(5)条结合进行。

(7) 数据记录

实验数据是在实验过程中从仪器、仪表上所读取的数值,可称为“原始数据”。要根据仪表的量程和精密度等级确定实验数据的有效数字位数(见本章第四节)。一般是先记录在准备报告或实验笔记本上,然后加以整理,写入精心设计的表格中。所设计的表格要能反映数据的变化规律及各参量间的相关性。表格的项目栏要注明被测物理量的名称(或文字符号)和量纲,说明栏中,数字小数点要上下对齐,给人以清晰的感觉。

在整理实验数据时,如发现异常数据,不得随意舍掉,应进行复测加以验证。

(8) 实验结果

将实验数据代入公式,求出计算结果。例如,测得输出信号电压有效值 $V_o = 0.53V$, 则

$$|A_v| = \frac{V_o}{V_i} = \frac{0.53V}{0.01V} = 53$$

有时为了更直观地表达各变量间的相互关系,常采用作图法反映实验结果(见本章第四节)。

实验数据必然存在误差,因此,应进行误差估算。估算的目的:一是对提出误差要求的实验,要验证实验结果是否超差;其二是找出影响实验结果准确性的主要因素,对超差或异常现象做出合理的解释,提出改进措施。

最后,应对实验结果做出切合实际的结论。

(9) 讨论

包括回答思考题及对实验方法、实验装置等提出改进建议。

(10) 参考资料

记录实验前、后阅读过的有关资料(作者、资料名称、出版单位及出版日期),为今后查阅提供方便。

3. 写报告应注意的几个问题

(1) 要写好报告,首先要做好实验。实验做得不成功,在文字上花多大功夫也是补救不了的。

(2) 写报告必须有严肃认真、实事求是的科学态度。不经重复实验不得任意修改数据,更不得伪造数据;分析问题和得出结论既要从实际出发,又要有理论依据,没有理论分析报告算不上好报告,但照抄书本也不可取。

(3) 在处理实验数据时,必然遇到测量误差和有效数字位数问题,应按照本章三、四节的要求去做。

(4) 图与表是表达实验结果的有效手段,比文字叙述直观、简捷、应充分利用;实验电路图要符合规定画法。

(5) 报告是一种说明文体,它不要求文艺性和形象性,而要求用简练和确切的文字、技术术语恰当地表达实验过程和实验结果;实验报告常采用无主语句,如:按“图所示联结实验电路”。因为人们关心的不是哪个人去联结电路,而是怎么联法。

第三节 测量误差基本知识

被测量有一个真实值,简称为真值,它由理论给定或由计量标准规定。在实际测量该被测量