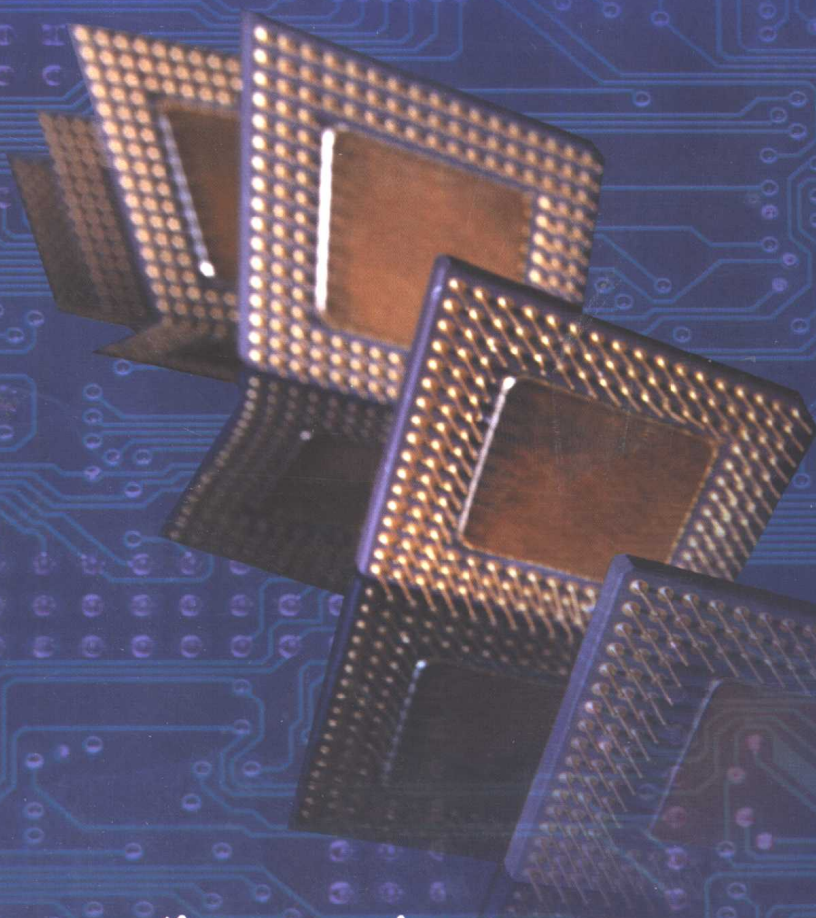


电子技术基础 实验指导书

冼凯仪 编著



华南理工大学出版社

电子技术基础实验指导书

冼凯仪 编著

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书分两大部分。第一部分为模拟电路实验,包括 22 个实验;第二部分为数字电路实验,包括 30 个实验。每个实验的设计一般包括:实验目的,实验原理,预习要求,实验仪器及材料,实验内容及步骤,实验报告及思考题等内容。实验的形式既有测试、验证性的,又有设计、研究性的,有利于充分发挥学生的创造性和主动性。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础实验指导书/冼凯仪编著. —广州:华南理工大学出版社, 2001.8
ISBN 7-5623-1747-X

I. 电… II. 冼… III. 电子技术-实验-高等学校-教学参考资料 IV. TN1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 047503 号

总 发 行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn

<http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 罗月花

印 刷 者: 中山市新华印刷厂印装

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.5 字数: 329 千

版 次: 2001 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—3000 册

定 价: 22.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

实验是学习电子技术的一个重要环节,对巩固和加深课堂教学内容,提高学生实际工作技能,培养科学作风,为学习后续课程和从事实践技术工作奠定基础具有重要作用。

本书包括《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》课程全部实验内容。实验内容的安排遵循由浅到深,由易到难的规律。考虑不同读者的需要,实验既有测试、验证的内容,也有设计、研究的内容。有些选做实验只提供设计要求及原理简图,由学生自己完成方案选择、实验步骤及纪录表格等,充分发挥学生的创造性和主动性。

书中的模拟电路实验均可在 TPE—A3 型模拟电路实验箱上完成,一般学习模拟电子技术课程只做 10 个以内的实验,而本书这部分提供了 22 个实验,可供不同专业、不同层次、不同需要的课程选择实验。书中的数字电路实验均可在 TPE—D3 型数字电路实验箱上完成,本书这部分提供了 9 个基本实验和 21 个选做实验,融实验性与趣味性一体,为学习者提供更多的选择余地。

附录简单介绍了 Electronics Workbench V5.0 的使用方法,Electronics Workbench 以 Spice 的电子器件模型为基础,含有丰富的电子元器件模型,并能根据用户需要自行扩充器件库,对电子电路的工作进行含非线性在内的高阶仿真,实验结果与实际电路调试结果十分吻合,实验原理电路可输出给流行的 PCB 设计软件(如 Protel、ORCAD 等),供布线制版。因此,Electronics Workbench 不仅可用作电子技术和电工教学中的 EDA 实验教学,而且可用作实际电路的设计工具。

本实验指导书试用版在佛山科学技术学院使用过程中,广大师生提出了许多宝贵意见,借此机会向所有关心、支持和帮助过本书编写、修改、出版、发行工作的同志们致以诚挚的谢意。

由于编者水平所限,错误及欠缺之处恳请专家和读者批评指正。

编 者
2001.3.23

实验要求

1. 实验前,必须充分预习,完成指定的预习任务。预习要求如下:

(1)认真阅读实验指导书,分析、掌握实验电路的工作原理,并进行必要的估算。

(2)完成各实验“预习要求”中指定的内容。

(3)熟悉实验任务。

(4)复习实验中所用各仪器的使用方法及注意事项。

2. 使用仪器和实验箱前,必须了解其性能、操作方法及注意事项,在使用时应严格遵守。

3. 实验时接线要认真,相互仔细检查,确定无误才能接通电源,初学或没有把握时应经指导教师审查同意后再接通电源。

4. 模拟电路实验注意事项:

(1)在进行小信号放大实验时,由于所用信号发生器及连接电缆的缘故,往往在进入放大器前就出现噪声或不稳定,有些信号源调不到毫伏以下,实验时可采用在放大器输入端加衰减的方法。一般可用实验箱中电阻组成衰减器,这样连接电缆上信号电平较高,不易受干扰。

(2)做放大器实验时如发现波形削顶失真甚至变成方波,应检查工作点设置是否正确,或检查输入信号是否过大,由于实验箱所用三极管比较大,特别是两级放大电路容易产生饱和失真。

5. 实验时应注意观察,若发现有破坏性异常现象(例如有元件冒烟、发烫或有异味),应立即关断电源,保持现场,报告指导教师。找出原因,排除故障,经指导教师同意再继续实验。

6. 实验过程中需要改接线时,应切断电源后才能拆、接线。

7. 实验过程中应仔细观察实验现象,认真记录实验结果(数据、波形、现象)。所记录的实验结果经指导教师审阅签字后再拆除实验线路。

8. 实验结束后,必须切断电源,拔出电源插头,并将仪器、设备、工具、导线等按规定整理。

9. 实验后每个学生必须按要求独立完成实验报告。每个实验结束后,必须及时撰写实验报告。报告内容应包括实验名称、实验目的、实验仪器(注明仪器名称、型号和编号)、实验电路、实验内容和步骤、实验结果及分析、思考题解答以及实验指导书中规定的其他要求,每份实验报告还要写上实验日期并附有原始记录数据。实验报告要求书写工整,文字通顺,图表和曲线整洁。

目 录

第一部分 模拟电路实验

实验一 常用仪器的使用	3
实验二 单级放大电路	7
实验三 两级放大电路	15
实验四 负反馈放大器	18
实验五 射极跟随器	21
实验六 差动放大电路	25
实验七 比例求和运算电路	29
实验八 积分与微分电路	36
实验九 波形发生电路	40
实验十 有源滤波器	43
实验十一 电压比较器	49
实验十二 集成电路 RC 正弦波振荡器	53
实验十三 集成功率放大器	56
实验十四 整流滤波与并联稳压电路	58
实验十五 串联稳压电路	61
实验十六 集成稳压器	65
实验十七 RC 正弦波振荡器	69
实验十八 LC 振荡器及选频放大器	72
实验十九 电流/电压转换电路	77
实验二十 电压/频率转换电路	79
实验二十一 互补对称功率放大器	81
实验二十二 波形变换器	83

第二部分 数字电路实验

基本实验	87
实验一 门电路逻辑功能及测试	87
实验二 组合逻辑电路(半加器、全加器及逻辑运算)	92
实验三 触发器(一)R-S,D,J-K	96

实验四 触发器(二)三态输出触发器及锁存器	99
实验五 时序电路测试及研究	102
实验六 集成计数器及寄存器	105
实验七 译码器和数据选择器	108
实验八 波形产生器及单稳态触发器	110
实验九 555 时基电路	112
选做实验	117
实验十 COMS 门电路测试	117
实验十一 TS 门、OC 门的功能测试及应用	120
实验十二 TTL 不同系列芯片性能和参数的测定	123
实验十三 门电路的驱动能力测试	125
实验十四 逻辑笔实验与分析	129
实验十五 HTL 电路	130
实验十六 MSI 加法器	132
实验十七 竞争冒险	135
实验十八 触发器的应用	137
实验十九 寄存器及其应用	140
实验二十 计数器 MSI 芯片的应用	144
实验二十一 时序电路的应用	147
实验二十二 顺序脉冲和脉冲分配器电路	149
实验二十三 施密特触发器及其应用	152
实验二十四 单稳态触发器及其应用	155
实验二十五 多路模拟开关及其应用	158
实验二十六 数字定时器	161
实验二十七 电压变换器	163
实验二十八 四路优先判决电路	165
实验二十九 电子校音器	167
实验三十 示波器多踪显示接口	168

附 录

一 Electronics Workbench 简介	170
二 使用菜单	170
三 测试仪器	189
四 模拟电子技术 EDA 实验实例	198
五 集成块引脚	199
参考文献	209

第一部分

模拟电路实验

实验一 常用仪器的使用

一、实验目的

1. 学习电子电路实验中常用的电子仪器——示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、万用表等的主要技术指标、性能及正确使用方法。
2. 初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

二、实验仪器

1. 函数信号发生器。
2. 双踪示波器。
3. 交流毫伏表。
4. 万用表。

三、预习要求

实验前应仔细阅读本次实验所用仪器的使用说明书，了解各仪器面板旋钮的作用、使用方法及使用注意事项。

四、实验原理

在模拟电子电路实验中，经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表及频率计等。它们和万用电表一起，可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种电子仪器进行综合使用，可按照信号流向，以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便等原则进行合理布局，各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 1-1-1 所示。

接线时应注意，为防止外界干扰，各仪器的公共接地端应连接在一起，称为共地。信号源和变流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线，示波器接线使用专用电缆线，直流电源的接线用普通导线。

1. 示波器

(1) 寻找扫描光迹点

在开机半分钟后，如仍找不到光点，可调节亮度旋钮，并按下“寻迹”板键，从中判断光点位置，然后适当调节垂直（ $\downarrow\uparrow$ ）和水平（ $\rightleftarrows$ ）移位旋钮，将光点移至荧光屏的中心位置。

(2) 显示稳定的波形

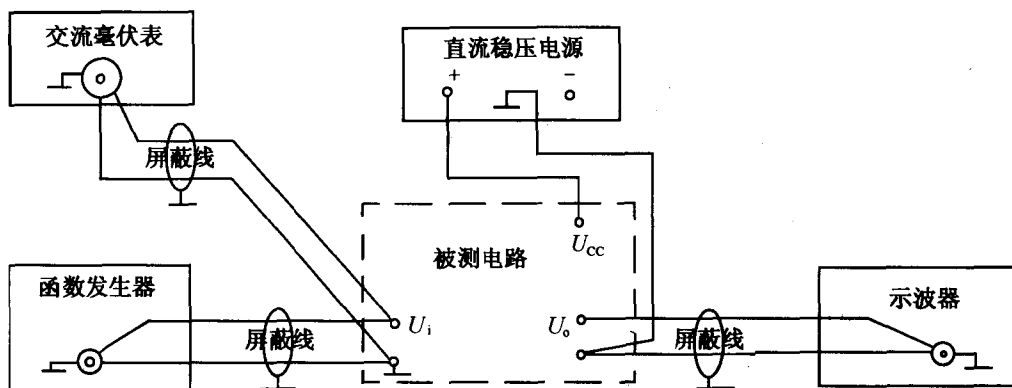


图 1-1-1 模拟电子电路中常用电子仪器布局图

为显示稳定的波形，需注意示波器面板上的下列几个控制开关（或旋钮）的位置。

- “扫描速率”开关（ t/div ）——它的位置应根据被观察信号的周期来确定。
- “触发源选择”开关（内、外）——通常选为内触发。
- “内触发源选择”开关（拉 Y_B ）——通常置于常态（推进位置）。此时对单一从 Y_A 或 Y_B 输入的信号均能同步，仅在作双路同时显示时，为比较两个波形的相对位置，才将其置于拉出（拉 Y_B ）位置，此时触发信号仅取自 Y_B ，故仅对由 Y_B 输入的信号同步。
- “触发方式”开关——通常可先置于“自动”位置，以便找到扫描线或波形，如波形稳定情况较差，再置于“高频”或“常态”位置，但必须同时调节电平旋钮，使波形稳定。

(3) 示波器有五种显示方式

属单踪显示有“ Y_A ”、“ Y_B ”、“ $Y_A + Y_B$ ”，属双踪显示有“交替”与“断续”。作双踪显示时，通常采用“交替”显示方式，仅当被观察信号频率很低时（如几十赫兹以下），为在一次扫描过程中同时显示两个波形，才采用“断续”显示方式。

(4) 测量波形的幅值

在测量波形的幅值时，应注意 Y 轴灵敏度“微调”旋钮置于“校准”位置（顺时针旋到底）。在测量波形周期时，应将扫描速率“微调”旋钮置于“校准”位置（顺时针旋到底），扫描速率“扩展”旋钮置于“推进”位置。

2. 函数信号发生器

函数信号发生器按需要输出正弦波、方波、三角波三种信号波形。输出信号电压幅度可由输出幅度调节旋钮进行连续调节。输出信号电压频率可以通过频率分挡开关进行调节，并由频率计读取频率值。

函数信号发生器作为信号源，它的输出端不允许短路。

3. 交流毫伏表

交流毫伏表只能在其工作频率范围内，用来测量正弦交流电压的有效值。

为了防止过载而损坏，测量前一般先把量程开关置于量程较大位置处，然后在测量中逐挡减小量程。

接通电源后，将输入端短接，进行调零。然后断开短路线，即可进行测量。

五、实验内容

1. 测量示波器内的校准信号

用机内校准信号（方波 $f=1\text{kHz}\pm 2\%$ ，电压幅度 $(1\text{V}\pm 30\%)$ ）对示波器进行自检。

(1) 调出“校准信号”波形

a. 将示波器校准信号输出端通过专用电缆线与 Y_A （或 Y_B ）输入插口接通，调节示波器各有关旋钮，将触发方式开关置“自动”，触发源选择开关置“内”，内触发选择开关置常态，对校准信号的频率和幅值正确选择扫描开关（ t/div ）及 Y 轴灵敏度开关（ V/div ）位置，则在荧光屏上可显示出一个或数个周期的方波。

b. 分别将触发方式开关置“高频”和“常态”位置，并同时调节触发电平旋钮，调出稳定波形。体会三种触发方式的操作特点。

(2) 校准“校准信号”幅度

将 Y 轴灵敏度微调旋钮置“校准”位置，Y 轴灵敏度开关置适当位置，读取校准信号幅度，记入表 1-1-1。

表 1-1-1

	标准值	实测值
幅度	1V (P-P)	
频率	1kHz	
上升时间	$<2\mu\text{s}$	
下降时间	$<2\mu\text{s}$	

(3) 校准“校准信号”频率

将扫速微调旋钮置“校准”位置，扫速开关置适当位置，读取校准信号周期，并用频率计进行校核，记入表 1-1-1。

(4) 测量“校准信号”的上升时间和下降时间

调节“Y 轴灵敏度”开关位置及微调旋钮，并移动波形，使方波波形在垂直方向上正好占据中心轴上，且上、下对称，便于阅读。通过扫速开关逐级提高扫描速度，使波形在 X 轴方向扩展（必要时可以利用“扫速扩展”开关将波形再扩展 10 倍），并同时调节触发电平旋钮，从荧光屏上清楚地读出上升时间和下降时间，记入表 1-1-1。

2. 用示波器和交流毫伏表测量信号参数

令函数信号发生器输出频率分别为 100Hz、1kHz、10kHz、100kHz，有效值均为 1V（交流毫伏表测量值）的正弦波信号。

改变示波器扫速开关及 Y 轴灵敏度开关位置，测量信号源输出电压频率及峰-峰值，记入表 1-1-2。

表 1-1-2

信号电压 频 率	示波器测量值		信号电压 毫伏表读数 (V)	示波器测量值	
	周期 (ms)	频率 (Hz)		峰-峰值 (V)	有效值 (V)
100Hz					
1kHz					
10kHz					
100kHz					

六、实验报告

1. 整理实验数据, 并进行分析。

2. 问题讨论:

(1) 采用“高频”、“常态”、“自动”三种触发方式有什么区别? 通过实验对它们的操作特点及适用场合加以总结。

(2) 分析内触发源选择开关置于常态和拉 Y_B 时, 稳定不同输入通道 (Y_A 和 Y_B) 波形的影响。

(3) 用双踪显示波形, 并要求比较相位时, 为在荧光屏上得到稳定波形, 应怎样选择下列开关的位置?

- 显示方式选择 (Y_A , Y_B , $Y_A + Y_B$, 交替, 断续);
- 触发方式 (高频, 常态, 自动);
- 触发源选择 (内, 外);
- 内触发源选择 (常态, 拉 Y_B)。

(4) 使用示波器观察波形时, 为了达到下列要求, 应调节哪些旋钮?

- 波形清晰, 亮度适中;
- 波形在荧光屏中央, 大小适中;
- 波形完整;
- 波形稳定;
- 移动波形位置;
- 改变波形个数;
- 改变波形高度。

(5) 简要总结实验所用仪器使用中应注意哪些问题?

实验二 单级放大电路

一、实验目的

1. 熟悉电子器件和模拟电路实验箱。
2. 掌握放大器静态工作点的调试方法及其对放大器性能的影响。
3. 学习测量放大器 Q 点, A_V , r_i , r_o 值的方法, 了解共射极电路特性。
4. 学习放大器的动态性能。

二、预习要求

1. 三极管及单管放大器工作原理。
2. 放大器动态及静态测量方法。

三、实验原理

图 1-2-1 为电阻分压式工作点稳定单管放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{B1} 和 R_{B2} 组成的分压电路, 并在发射极中接有电阻 R_E , 以稳定放大器的静态工作点。当在放大器的输入端加入输入信号 U_i 后, 在放大器的输出端便可得到一个与 U_i 相位相反, 幅值被放大的输出信号 U_o , 从而实现了电压放大。

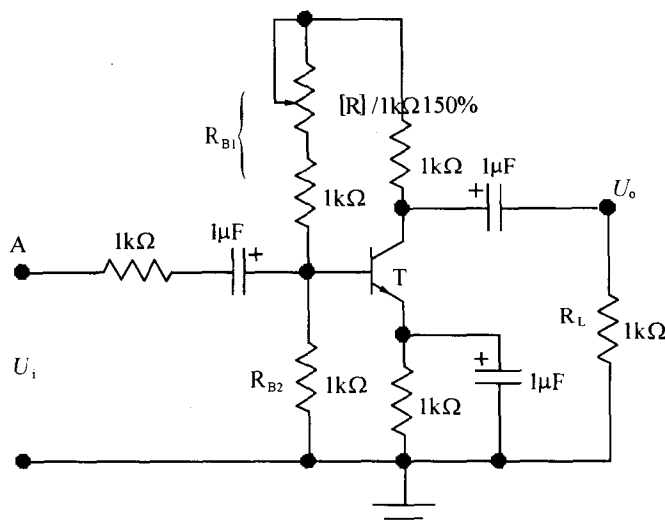


图 1-2-1 共射极单管放大器实验电路

在图 1-2-1 电路中, 当流过偏置电阻 R_{B1} 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管 T 的基极电流 I_B 时 (一般 5~10 倍), 则它的静态工作点可用下式估算。

$$U_B \approx \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} U_{CC}$$

$$I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx I_C$$

电压放大倍数 $U_{CE} = U_{CC} + I_C \cdot (R_C + R_E)$

$$A_V = -\beta \frac{R_C \parallel R_L}{r_{be}}$$

输入电阻

$$R_i = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{be}$$

输出电阻

$$R_o \approx R_C$$

由于电子器件性能的分散性比较大, 因此在设计和制作晶体管放大电路时, 离不开测量和调试技术。在设计前应测量所用元器件的参数, 为电路设计提供必要的依据, 在完成设计和装配以后, 还必须测量和调试放大器的静态工作点和各项性能指标。一个优质放大器, 必定是理论设计与实验调整相结合的产物。因此, 除了学习放大器的理论知识和设计方法外, 还必须掌握必要的测量和调试技术。

放大器的测量和调试一般包括: 放大器静态工作点的测量与调试, 消除干扰与自激振荡及放大器各项动态参数的测量与调试等。

1. 放大器静态工作点的测量与调试

(1) 静态工作点的测量

测量放大器的静态工作点, 应在输入信号 $U_i = 0$ 的情况下进行, 即将放大器输入端与地端短接, 然后选用量程合适的直流毫安表和直流电压表, 分别测量晶体管的集电极电流 I_C 以及各电极对地的电位 U_B 、 U_C 和 U_E 。一般实验中, 为了避免断开集电极, 所以采用测量电压, 然后算出 I_C 的方法, 例如, 只要测出 U_E 即可用 $I_C \approx I_E = U_E / R_E$ 算出 I_C (也可根据 $I_C = \frac{U_{CC} - U_C}{R_C}$, 由 U_C 确定 I_C), 同时也能算出 $U_{BE} = U_B - U_E$, $U_{CE} = U_C - U_E$ 。为了减少误差, 提高测量精度, 应选用内阻较高的直流电压表。

(2) 静态工作点的调试

放大器静态工作点的调试是指对管子集电极电流 I_C (或 U_{CE}) 的调整与测试。静态工作点是否合适, 对放大器的性能和输出波形都有很大影响。如工作点偏高, 放大器在加入交流信号以后易产生饱和失真, 此时 U_o 的负半周将被削底, 如图 1-2-2a 所示; 如工作点偏低, 则易产生截止失真, 即 U_o 的正半周被缩顶 (一般截止失真不如饱和失真明显), 如图 1-2-2b 所示。这些情况都不符合不失真放大的要求。所以在选定工作点以后还必须进行动态调试, 即在放大器的输入端加入一定的 U_i , 检查输出电压 U_o 的大小和波形是否满足要求。如不满足, 则应调节静态工作点的位置。

改变电路参数 U_{CC} 、 R_C 、 R_B (R_{B1} 、 R_{B2}) 都会引起静态工作点的变化, 如图 1-2-3 所示。但通常多采用调节偏置电阻 R_{B2} 的方法来改变静态工作点, 如减小 R_{B2} 则可使静态工作点提高等。

最后还要说明的是, 上面所说的工作点“偏高”或“偏低”不是绝对的, 而是相对信

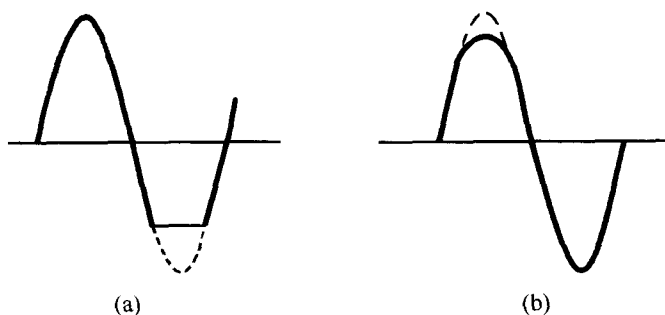


图 1-2-2 静态工作点对 U_o 波形失真的影响

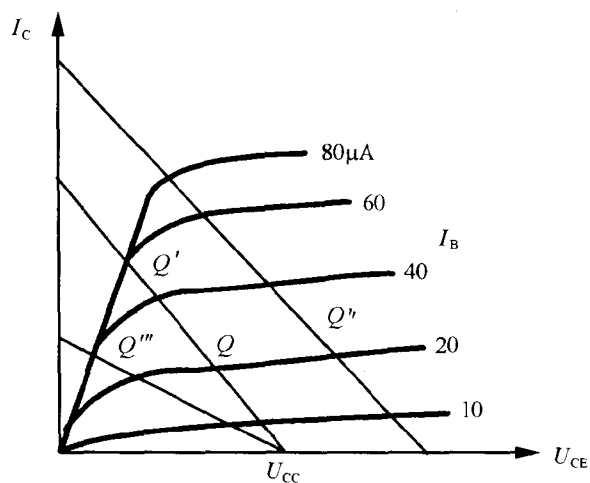


图 1-2-3 电路参数对静态工作的影响

号的幅度，如信号幅度很小，即使工作点较高或较低也不一定会出现失真。所以确切地说，产生波形失真是信号幅度与静态工作点设置配合不当所致。如需满足较大信号幅度的要求，静态工作点最好尽量靠近交流负载线的中点。

2. 放大器动态指标测试

放大器动态指标包括电压放大倍数、输入电阻、最大不失真输出电压（动态范围）和通频带等。

(1) 电压放大倍数 A_v 的测量

调整放大器到合适的静态工作点，然后加入输入电压 U_i ，在输出电压 U_o 不失真的情况下，用交流毫伏表测出 U_i 和 U_o 的有效值 U_i 和 U_o ，则

$$A_v = \frac{U_o}{U_i}$$

(2) 输入电阻 R_i 的测量

为了测量放大器的输入电阻，按图 1-2-4 电路在被测放大器的输入端与信号源间串入一已知电阻 R ，在放大器正常工作的情况下，用交流毫伏表测出 U_o 和 U_i ，则根据输入电阻的定义可得

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{U_R/R} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R$$

测量时应注意

①由于电阻 R 两端没有电路公共接地点，所以测量 R 两端电压 U_R 时必须分别测出 U_s 和 U_i ，然后按 $U_R = U_s - U_i$ 求出 U_R 值。

②电阻 R 的值不宜取得过大或过小，以免产生较大的测量误差，通常取 R 与 R_i 为同一数量级为好，本实验可取 $R = 1 \sim 2k\Omega$ 。

(3) 输出电阻 R_o 的测量

按图 1-2-4 电路，在放大器正常工作条件下，测出输出端不接负载 R_L 的输出电压 U_o 和接入负载后的输出电压 U_L ，根据

$$U_L = \frac{R_L}{R_o + R_L} U_o$$

即可求出 R_o 。

$$R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

在测试中应注意，必须保持 R_L 接入前后输入信号的大小不变。

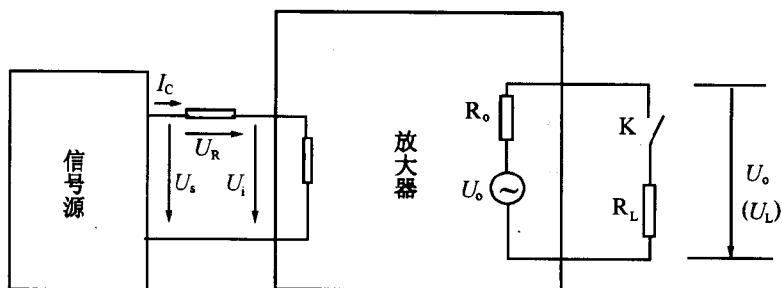


图 1-2-4 输入、输出电阻测量电路

(4) 最大不失真输出电压 U_{opp} 的测量 (最大动态范围)

如上所述，为了得到最大动态范围，应将静态工作点调在交流负载线的中点。为此在放大器正常工作情况下，逐步增大输入信号的幅度，并同时调节如 (改变静态工作点)，用示波器观察 U_o ，当输出波形同时出现削底和缩顶现象时 (如图 1-2-5)，说明静态工作点已调在交流负载线的中点。然后反复调整输入信号，使波形输出幅度最大，且无明显失真时，用交流毫伏表测出 U_o (有效值)，则动态范围等于 U_o ，或用示波器直接读出 U_{opp} 来。

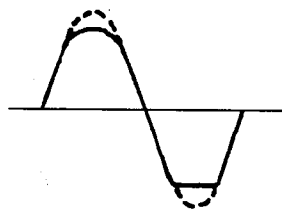


图 1-2-5 静态工作点正常，输入信号太大引起的失真

(5) 放大器频率特性的测量

放大器的频率特性是指放大器的电压放大倍数 A_v 与输入信号频率 f 之间的关系曲线。单管阻容耦合放大电路的幅频特性曲线如图 1-2-6 所示， A_{VM} 为中频电压放大倍数，