

电子技术 实验指导书

李国丽 朱维勇 编著

中国科学技术大学出版社

4544
-029

DIANZIJISHUSHIYANZHIDAO SHU

内 容 简 介

本书是一本实验课教材,介绍了模拟电子技术基础和数字电子技术基础的基本实验方法、测试方法和实验内容,注重培养学生的工程设计与实际动手能力。

全书共分为4个部分:第1部分为模拟电子技术基础实验,第2部分为数字电子技术基础实验,第3部分为综合设计实验,第4部分为EDA实验。实验与相关课程课堂教学内容联系密切,内容循序渐进,有利于培养学生对电子技术课程与实验的兴趣,并可逐步提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书可作为高等院校电子类、电气工程类与自动化类专业本科和专科模拟电子技术、数字电子技术两门课的实验课教材或课程设计指导书,也可作为非电类专业电工学课程电子技术部分的实验课教材或课程设计指导书,并可供从事电子技术工作的工程技术人员及广大电子技术爱好者使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验指导书/李国丽,朱维勇编著.—合肥:中国科学技术大学出版社,2000.9
ISBN 7-312-01233-7

I. 电… II. ①李… ②朱… III. 电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第38362号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路96号,230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:10.5 字数:269千

2000年9月第1版 2000年9月第1次印刷

印数:1—4000册

定价:17.00元

前 言

“电子技术基础”是电类学生的专业基础课，这是一门实践性很强的课程。本书是“电子技术基础”课程的实验课教材，目的在于将模拟电子技术、数字电子技术的课堂教学内容与实际动手有机地结合起来，以加强学生基本实验技能的训练，培养和提高学生的工程设计能力与实际动手能力。

本书着重介绍模拟电子技术、数字电子技术的基本实验方法和实验内容。书中的每一个实验都以电子技术基本理论为基础，提出实验的目的和内容，并在实验中要求学生先计算出实验内容的理论结果后再进行实验，然后分析理论与实验的结果，找出产生误差的原因，这样能使学生在实验的过程中综合运用课堂知识，理论联系实际地解决实际问题。在内容安排上，本书从基本实验入手，逐步深入，学生通过自学或给予适当指导，均可以独立完成。

全书共分为4个部分：

第1部分为模拟电子技术基础实验，介绍模拟电子技术中的基本实验和基本测试方法，对一些常用电路进行典型分析与实验，共有15个基本实验。

第2部分为数字电子技术基础实验，介绍数字电子技术中的基本实验和基本测试方法，注重各种集成芯片的使用与实验，也有15个基本实验。

第3部分为综合设计实验，共有8个综合设计实验，可供电子技术的课程设计阶段使用。在模拟电路和数字电路基本实验的基础上给出这些综合实验，目的在于提高学生综合应用理论知识的能力，让他们通过一些实际问题，掌握电子电路的一般设计方法，进一步提高学生对设计电子电路的兴趣。

第4部分为EDA实验。随着电子技术的飞速发展，EDA(电子设计自动化)技术在电子技术课程中的应用越来越广泛，各高校都在开设相应的课程。此部分内容是在ALTERA公司开发的MAX+ Plus II软件基础上编写的，使用的芯片是EPM7128S。此部分共有5个实验，另外，综合设计实验中有关数字电路部分的内容在此部分都能使用。

各部分实验的基本要求是：培养学生的电子电路实验研究能力，培养学生理论联系实际的能力，使学生能根据实验的结果，利用所学理论，通过分析找出内在联系，从而对电路参数进行调整，使之符合性能要求。同时，在实验中培养学生实事求是、认真严谨的科学作风。

对学生的具体要求是：

- (1) 正确使用常用的电子仪器，如示波器、信号发生器、数字万用电表、稳压电源等。
- (2) 掌握基本的测试技术，如测量频率、相位、时间、脉冲波形参数、电压或电流的平均值、有效值、峰值以及电子电路的主要技术指标。
- (3) 具有查阅电子器件手册的能力。
- (4) 根据技术要求，能选用合适的元器件设计常用的小系统，并进行组装和调试。
- (5) 初步具有分析、寻找和排除电子电路中常见故障的能力。
- (6) 初步具有正确处理实验数据、分析误差的能力。

(7) 能独立写出严谨、有理论分析、实事求是、文理通顺、字迹端正的实验报告。

本书由李国丽和朱维勇共同编著，其中，第 1 部分由朱维勇执笔，第 2、3、4 部分由李国丽执笔。在本书编写过程中，合肥工业大学电气学院电工电子实验中心的付桂生、郝建国、刘淮生老师给予了大力支持，在此一并表示感谢。

因时间仓促，书中错误在所难免，恳请广大师生及读者不吝指正。

编者
2000 年 7 月

目 次

前言	1
----------	---

第 1 部分 模拟电子技术基础实验

THM-1 型模拟电路实验箱简介	3
实验 1 常用电子仪器的使用	5
实验 2 晶体管共射极放大器	10
实验 3 射极输出器	13
实验 4 场效应管放大器	16
实验 5 负反馈放大器	19
实验 6 差动放大器	23
实验 7 集成运算放大器的基本应用(I): 基本运算电路	27
实验 8 集成运算放大器的基本应用(II): 积分和微分	32
实验 9 集成运算放大器的基本应用(III): 信号发生器	34
实验 10 集成运算放大器的基本应用(IV): 信号处理——有源滤波器	38
实验 11 低频功率放大器——OTL 功率放大器	43
实验 12 RC 正弦波振荡器	47
实验 13 LC 正弦波振荡器	50
实验 14 直流稳压电源(I): 串联型晶体管稳压电源	53
实验 15 直流稳压电源(II): 集成稳压器	58

第 2 部分 数字电子技术基础实验

THD-1 型数字电路实验箱简介	63
实验 1 门电路及参数测试	65
实验 2 半加器、全加器	68
实验 3 数据选择器	73
实验 4 数码比较器	77
实验 5 译码器和数码显示器	80
实验 6 锁存器和触发器	82
实验 7 中规模计数器	87
实验 8 双向移位寄存器	90
实验 9 三态门和数据总线	93

实验 10	半导体存储器	99
实验 11	多谐振荡器	102
实验 12	单稳态触发器	105
实验 13	CMOS 门电路及集成施密特触发器	108
实验 14	集成数模转换器(DAC)	111
实验 15	逐次渐进型模数转换器(ADC)	114

第 3 部分 综合设计实验

实验 1	数字钟实验	119
实验 2	数字式竞赛抢答器	121
实验 3	三极管 β 值自动测量分挡仪	123
实验 4	数字频率计	124
实验 5	拔河游戏机	126
实验 6	数字式电容测试仪	128
实验 7	交通信号灯控制器	129
实验 8	乒乓球比赛游戏机	131

第 4 部分 EDA 实验

EDA 实验教学系统简介	135
实验 1 译码器的设计	138
实验 2 组合逻辑电路	144
实验 3 触发器功能模拟	148
实验 4 扫描显示驱动电路	151
实验 5 计数器及时序电路	154

第 1 部分

模拟电子技术基础实验



THM-1 型模拟电路实验箱简介

本实验装置由一块大型(432mm×322mm)单面敷铜印刷电路板组成，其正面印有清晰的各部件和元器件的图形、线条和字符，反面则是其相应的实际元器件。该实验箱包含以下各部分内容：

(1) 高性能双列直插式集成电路插座 4 只。其中，16P 1 只，8P 3 只。

(2) 400 多个高可靠的自锁紧式、防转、叠插式插座。它们与集成电路插座、镀银针管插座以及其它固定器件、线路等已在印刷板面连接好，正面板上有黑线条连接的地方，表示反面(即印刷电路板面)已接好。这类插件，其插头与插座之间的导电接触面很大，接触电阻极其微小(接触电阻 $\leq 0.003\Omega$ ，使用寿命 >10000 次)。在插头插入后略加旋转，即可获得极大的轴向锁紧力；拔出时，只要反方向略加旋转，即可轻轻地拔出，无需任何工具便可快捷地插拔。同时，插头与插头之间可以叠插，从而可形成立体布线空间，使用起来极为方便。

(3) 200 多根镀银长(15mm)紫铜针管插座。这些插座供实验时插小型电位器、电阻、电容、三极管及其它电子器件之用(它们与相应的锁紧插座已在印刷电路板面连通)。

(4) 各类电子元件若干。板的反面装接有与正面丝印相对应的电子元件，如三端集成稳压块 7809, 7815, 7915, 317 各 1 只，晶体三极管 3DG6 3 只，3DG12, 3CG12 和 8085 各 1 只，以及场效应管 3DJ6F、单结晶体管 BT33、可控硅 3CT3A、BCR、二极管、整流桥堆、功率电阻、电容等元件。

(5) 3 只多圈可调的精密电位器(100 Ω , 1k Ω 及 10k Ω 各 1 只)和 1 只碳膜电位器(100k Ω)，以及继电器(Relay)、蜂鸣器(Buzz)、12V 信号灯、发光二极管(LED)、扬声器(0.25W, 8 Ω)、振荡线圈、输出变压器、脉冲变压器、按钮和开关等。

(6) 满度为 10mA，内阻为 100 Ω 的直流毫安表 1 只。

(7) 直流稳压电源插座。提供 $\pm 5V$, 0.5A 和 $\pm 12V$, 0.5A 共 4 路直流稳压电源插座，有相应的 LED 发光二极管指示。4 路输出均装有熔断器，作短路保护之用。在实验箱左侧还设有 6 个接线插孔(+5V, \perp , -5V 和+12V, \perp , -12V)，可以外接直流稳压电源。

使用时，只要在实验箱左侧的 6 个接线柱上接通相应的 $\pm 5V$, 0.5A 和 $\pm 12V$, 0.5A 直流电源，开启实验板上的电源开关，就有相应的 $\pm 5V$ 或 $\pm 12V$ 直流电源输出。

(8) 直流可调电源插座。提供 2 路-5V~+5V 可调的直流信号源，只要开启直流可调信号源处的分开关，就有 2 路相应的-5V~+5V 直流可调电源输出。但应注意，因本电源是由该实验板上的 $\pm 5V$ 电源提供的，故在开启直流可调信号源开关之前，必须先接上 $\pm 5V$ 直流稳压电源，否则就没有直流可调信号输出。

(9) 实验电路图。该实验线路板上还设置了 4 幅实验电路图，其元器件及各元器件之间的连线均已设计在实验线路板上。使用时，只需切换实验电路图中的开关或改变接线方式，即能做出晶体管共射极单管放大器、两级放大器、负反馈放大器、射极输出器、三级放大器、差动放大器、RC 串并联选频网络振荡器等实验。

(10) 交流稳压电源插座。由单独 1 只降压变压器为实验箱提供低压交流电源，在电源开关左上方的锁紧插座处输出 6V, 10V, 14V 及 2 路 17V 低压交流电源(AC 50Hz)，为实验提供所需的交流低压电源。

(11) 其它。本实验箱还提供充足的长短不一的实验专用连线 1 套。

实验 1 常用电子仪器的使用

实验目的

1. 学习电子电路实验中常用的电子仪器——函数信号发生器、交流毫伏表、示波器、直流稳压电源、万用电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各种信号波形和读取波形参数的方法。

实验设备与器件

1. 直流稳压电源
2. 函数信号发生器
3. 双踪示波器
4. 交流毫伏表
5. 万用电表
6. 二极管、三极管，好、坏各 1 只

仪器简介

1. 示波器

本书中所有实验都采用红华 HH4310 型双踪示波器，为简明起见，现着重指出以下几点：

(1) 示波器面板上下列几个控制开关(或旋钮)的位置固定不变：

- (a) X 方式开关(HOR DISPLAY)：选“A 方式”。
- (b) 触发方式开关(SWEEP MODE)：通常可先置于“AUTO”位置。
- (c) 触发极性开关(SLOPE)：选“+”。
- (d) 藕合方式开关(COUPILING)：选“AC”。
- (e) 触发源选择开关(SOURCE)：通常选为“内触发”(INT)。

(2) 示波器通常使用的显示方式(VERT MODE)有 3 种：作单踪显示时，有“通道 1”(CH1)和“通道 2”(CH2)显示方式；作双踪显示时，通常采用“交替”(ALT)显示方式。例如，当信号从“CH1X”端输入时，属于单踪显示，显示方式(VERT MODE)应选“CH1”，内触发开关(INT TRIG)置于“CH1(X-Y)”。

(3) 打开示波器的电源开关，寻找扫描线的光迹线。

“CH1X”和“CH2Y”信号输入端旁边的“AC-GND-DC”开关选“GND”。在开机半

分钟后，如仍找不到“水平线”，可调节亮度旋钮，并适当调节垂直(↓，↑)和水平(←，→)移位旋钮(POSITION)，将“水平线”移至荧光屏的中心位置。然后调节“辉度”(INTEN)、“聚焦”(FOCUS)和“亮度”(ILLUM)等旋钮，使“水平线”最清晰。

(4) 用“校准信号”(V_{P-P})检查示波器。

示波器上该端供给频率为1kHz、电压为0.5V的方波。

将示波器校准信号输出端通过专用电缆线与“CH1X”(或“CH2Y”)输入插口接通(用红色夹子连校准信号输出端)，“CH1X”(或“CH2Y”)旁边的“AC-GND-DC”开关选“AC”或“DC”，调节示波器扫描开关“A TIME/DIV”，选1ms位置，Y轴幅度开关“VOLTS/DIV”指在0.5V位置，则在荧光屏上可显示出数个周期的方波。

2. 函数信号发生器

(1) 模拟实验使用HG1630A型函数信号发生器，可输出正弦波、方波、三角波3种波形，由“波形选择”开关控制，频率调节范围为0.004Hz~4MHz，且具有内扫频功能。

(2) 输出信号频率可以通过“频率”分挡开关和“频率调节”旋钮进行调节，并由“4位数码显示屏”显示出频率值。

(3) 输出信号电压幅度可由“输出幅度”调节旋钮进行连续调节，从“LO”输出信号电压的范围为10~700mV，从“Hi”输出信号电压的范围为100mV~7V。

注意，函数信号发生器作为信号源时，它的输出端不允许短路。

3. 交流毫伏表

交流毫伏表在其工作频率范围内(20Hz~1MHz)，用来测量正弦交流电压的有效值(0.1mV~300V，共11个挡级)。

注意，为了防止交流毫伏表过载而损坏，测量前一般先将量程开关置于量程较大位置处(如100V)，然后在测量中逐挡减小量程；读完数据后，再把量程开关拨回量程较大位置处(如100V)，然后断开连线。

4. 直流稳压电源

DF1731SD2A型直流稳压电源由两路直流电源组成，每路输出电压为0~30V，且连续可调。其工作方式如下：

(1) 两路电压源单独使用，同时输出两路电压。

(2) 两路电压源串联使用，两路输出电压相加。

(3) 两路电压源并联使用，两路输出电流相加。

注意，红端是输出电压的正端，黑端是输出电压的负端。

5. 万用电表

可以根据需要测量直流电压、交流电压、直流电流、交流电流及电阻值。

实验内容

1. 信号发生器、示波器、交流毫伏表使用练习

接线如图 1-1-1 所示，把示波器与函数信号发生器相连。

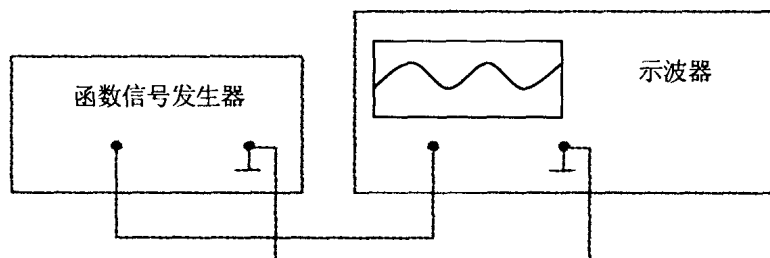


图1-1-1 示波器与函数信号发生器连接图

(1) 用函数信号发生器产生输出信号

按下函数信号发生器“波形选择”开关中的“正弦波”键，“频率”分挡开关选择“1kHz”（或“10kHz”）。转动函数信号发生器的“频率调节”刻度盘，调节输出信号频率；旋转“输出幅度”旋钮，改变输出信号幅值。

(2) 用交流毫伏表测量正弦波信号电压

把测量结果填入表 1-1-1 中。

表1-1-1 信号发生器输出信号测量数据

信号频率	毫伏表读数	示波器读数	
		周期	幅值
1.2 kHz	40 mV		
35 kHz	80 mV		
120 kHz	200 mV		

(3) 正确调节示波器，使它显示出稳定的信号波形

调节示波器，将“扫描开关”和“幅度开关”的微调旋钮顺时针旋至最底，使它能显示出稳定的信号波形。由“扫描开关”所指值(TIME/DIV)和一个波形周期的格数决定信号周期(格数×TIME/DIV)；由“幅度开关”所指值和波形在垂直方向显示的坐标(格数)决定信号幅值(格数×VOLTS/DIV)(有效值=幅值/1.414)，填入表 1-1-1 中。

(4) 分析测量数据

分析表 1-1-1 中的数据，指出测量信号频率(周期)、幅值(有效值)的最佳方式。

2. 用万用电表测试二极管极性

(1) 选择万用电表的欧姆挡进行测量

用万用电表测电阻时，其等效电路如图 1-1-2 所示，E 为表内电源， R_0 为等效表内阻，I

为测试回路的电流。注意，与万用电表正极相连的红表棒对应万用电表内电源的负极，与万用电表负极相连的黑表棒对应万用电表内电源的正极。由于选择不同量程(如 $R\times 1$ ， $R\times 10$ ， $R\times 100$ ， $R\times 1k$ ， $R\times 10k$ 等)时万用电表的等效表内阻各不相同，故各挡对应满偏转的电流也不一样。

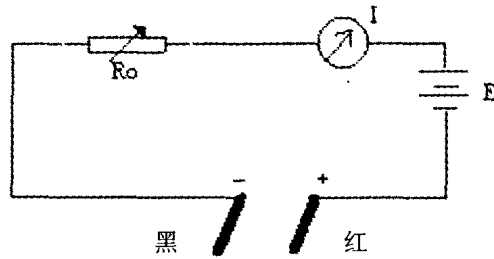


图 1-1-2 万用电表欧姆挡等效电路

例如，已知 $E=1.5V$ ， $R\times 1$ 挡表内阻 $R_{01}=15\Omega$ ，则满偏转电流为

$$I_1 = \frac{E}{R_{01}} = \frac{1.5V}{15\Omega} = 100mA$$

而 $R\times 10$ 挡的表内阻为 $R_{02}=R_{01}\times 10=150\Omega$ ，则满偏转电流为

$$I_2 = \frac{E}{R_{02}} = \frac{1.5V}{150\Omega} = 10mA$$

依此类推， $R\times 100$ 挡满偏转电流为 $1mA$ ， $R\times 1k$ 挡满偏转电流为 $0.1mA$ 。所以，用万用电表测晶体管时，一般不用 $R\times 1$ 挡，以免电流过大；而对于 $R\times 10k$ 挡，由于表内往往接有 $9V$ 以上电池，容易导致晶体管击穿，因此判别管脚时也避免使用。

(2) 用万用电表欧姆挡测二极管的极性

选 $R\times 100$ (或 $R\times 1k$)挡，两根表棒接二极管两端。若万用电表指示几百欧小电阻，则为 PN 结正向电阻，即红表棒为二极管负极，黑表棒为二极管正极；反之，若万用电表指示大电阻，则红表棒为二极管正极，黑表棒为二极管负极。

(3) 测定二极管性能

一个好的二极管的正向电阻一般在 100Ω 至 $1k\Omega$ 之间，电阻越小，管子性能越好；但反向电阻若是太小，管子就失去了单向导电性。所以，若测得管子的正、反向电阻都无穷大，说明管子已断路；若正、反向电阻都很小，则管子已短路。

3. 用万用电表测试三极管

(1) 判别基极和管子的类型

选用欧姆挡的 $R\times 100$ (或 $R\times 1k$)挡。先用红表棒接一个管脚，黑表棒接另外两个管脚，可测出两个阻值；然后再用红表棒接另一个管脚，重复上述步骤，又可测得一组阻值，这样测 3 次，其中必有一次的两个阻值都小，那么对应这组值的红表棒接的那个管脚就是基极，且这个管子是 PNP 型的。反之，若用黑表棒接一个管脚，重复上述做法，若测得两个阻值都小，则黑表棒对应的管脚是基极，且这个管子是 NPN 型的。

(2) 判别集电极

由于三极管的发射极和集电极正确连接时 β 大(表头指针摆动幅度大),反接时 β 就小得多,因此,先假设一个集电极,用万用电表欧姆挡给管子加正偏电压,对NPN型管,发射极接电源正极(黑表棒),集电极接电源负极(红表棒)。测量时,用手捏住基极和假设的集电极,两极不能相碰,若此时指针摆动幅度大,而把两极对调后表指针摆动幅度小,则说明这次假设是正确的,这样就可确定集电极和发射极了。

(3) 电流放大系数 β 的估算

用欧姆挡的 $R\times 100$ (或 $R\times 1k$)挡,对NPN型管可按图1-1-3接线,测量时只需比较用手捏住基极和集电极(两极不能相碰)和把手放开两种情况下表针摆动的大小,摆动越大, β 值越高。

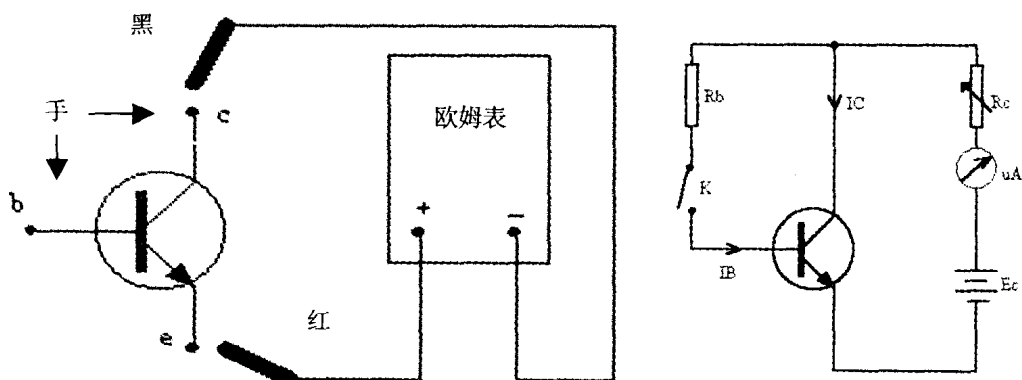


图 1-1-3 β 测量示意图

这样做的原理是:当手不捏 b, c 时,相当于开关打开,通过微安表的电流为 I_{c0} ;当手捏住 b, c 时,相当于开关闭合, b, c 间接入一个电阻 R_b ,基极注入一定电流 I_b ,对应地有较大的 I_c 通过微安表, I_c 越大,说明管子的 β 值越大。

实验 2 晶体管共射极放大器

实验目的

1. 学会放大器静态工作点的调试方法, 分析静态工作点对放大器性能的影响。
2. 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。
3. 熟悉常用电子仪器及模拟电路实验箱的使用。

实验设备与器件

1. 直流稳压电源
2. 函数信号发生器
3. 双踪示波器
4. 万用电表
5. 模拟电路实验箱

实验内容

1. 静态工作点的调整和测量

实验电路如图 1-2-1 所示, $+V_{CC}$ 由直流稳压电源提供。令 $\dot{V}_s = 0$ (即不接信号发生器, 将放大器输入端与地短路), $V_{CC}=12V$ 时, 调节 R_w , 使 $V_C=7V$ 左右, 用万用电表直流电压挡测量 V_B 和 V_E (对地电位), 并测得 V_{CE} 和 V_{BE} , 记入表 1-2-1 中。

表 1-2-1 静态工作点数据表

V_B	V_E	V_C	V_{CE}	V_{BE}

计算出 $I_E \approx I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C}$, 三极管的 β 为 50~60, 估算出 r_{be} 值。

2. 理论计算

计算出此放大器空载和负载时的 A_v , A_{vs} , R_i , R_o 的估算值。

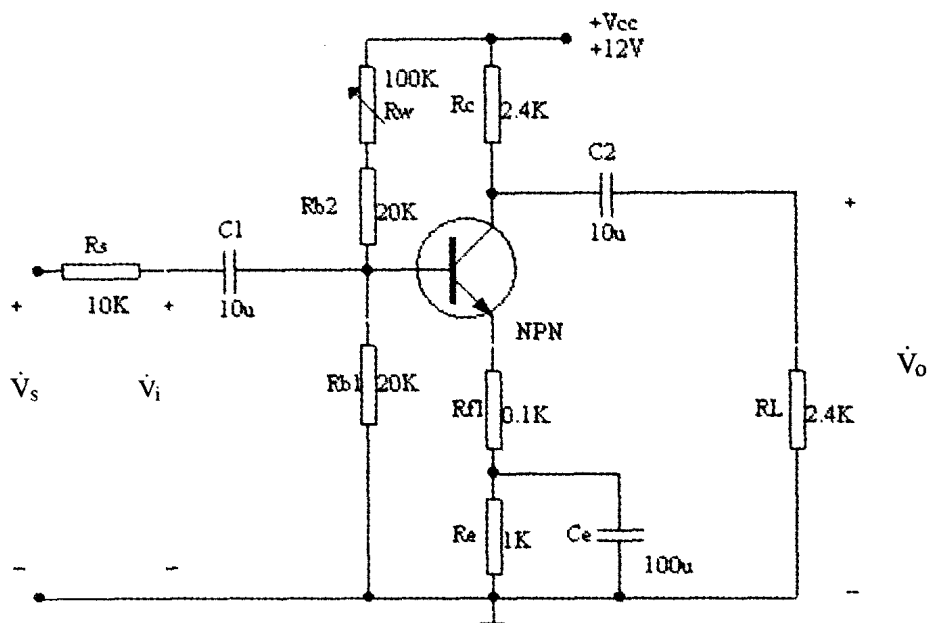


图 1-2-1 共射极放大器

3. 测量 A_v , A_{vs} , R_i , R_o

保持静态工作点的 R_w 不变, 调节信号发生器, 使输出正弦波的 $f=1\text{kHz}$, $V_i=20\text{mV}$, 测量 V_s 及电路空载输出电压 V_{o1} 和负载输出电压 V_{o2} , 填入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 共射极放大器数据表

V_s (mV)	V_i (mV)	V_{o1} ($R_L=\infty$)	V_{o2} ($R_L=2.7\text{k}\Omega$)	A_{v1}	A_{v2}	A_{vs1}	A_{vs2}

(1) 计算电压放大倍数 $A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i}$, $A_{v2} = \frac{V_{o2}}{V_i}$, $A_{vs1} = \frac{V_{o1}}{V_s}$, $A_{vs2} = \frac{V_{o2}}{V_s}$, 填入表 1-2-2 中, 并与理论值比较。

(2) 由图 1-2-2 可知, 输入电阻 $R_i = \frac{V_i}{V_s - V_i} \times R_s$, 输出电阻 $R_o = (\frac{V_{o1}}{V_{o2}} - 1) \times R_L$, 计算它们, 并与理论值比较。

4. 观察静态工作点对输出波形的影响

加大输入信号, 使 $V_i=0.7\text{V}$, 用示波器观察输出波形。顺时针调节 R_w , 使输出电压 \dot{V}_o 失真, 测量此时的 V_{CE} 值, 记录失真波形于表 1-2-3 中。然后保持输入信号不变, 反时针调节 R_w , 使输出波形出现失真, 记录 \dot{V}_o 的波形和此时的 V_{CE} 值(注: 每次测 V_{CE} 值时都要使信号发生器的输出为零)。