



“十三五”普通高等教育规划教材

# 电子技术 实验教程

DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

赵建华 主 编  
杨建华 副主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育规划教材

# 电子技术 实验教程

DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

主 编 赵建华

副主编 杨建华

编 写 王 鹏 马 超 李 静

主 审 刘盼芝



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育规划教材。本书是与模拟电子技术、数字电子技术基础两门课紧密配合的实验教材。

本书共7章，主要内容包括模拟电子技术实验、数字电子技术实验、设计与综合性实验、基于Multisim的仿真实验——Multisim在电子技术实验中的应用、实验电路的安装与调试、常用仪器设备的简介与使用、电子电路测量技术的基本知识。附录包括部分电子集成电路的功能表和引脚图、线性集成电路引脚图等。本书内容由浅入深，不仅可以提高学生实验技能和综合应用能力，同时可以对电子技术基础理论知识进行全面复习和掌握。

本书可以作为本科、高职高专等高等院校的电子工程、计算机应用、通信工程、自动控制等相关专业的电子技术实验教材，也可以作为从事工业测控、智能仪器仪表及各种电子产品开发等领域的工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验教程 / 赵建华主编. —北京: 中国电力出版社, 2017.8

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5198-1098-6

I. ①电… II. ①赵… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第216397号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 冯宁宁

责任校对: 常燕昆

装帧设计: 王英磊 赵姗姗

责任印制: 吴迪

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

版 次: 2017年8月第一版

印 次: 2017年8月北京第一次印刷

开 本: 787毫米×1092毫米 16开本

印 张: 16.75

字 数: 404千字

定 价: 38.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

# 前 言

电子技术是一门实践性很强的专业基础课，实验占有重要地位。经过多年实践教学与不断完善，编者编写了这本《电子技术实验教程》。本书减少了验证性实验，在基础性实验的基础上增加了综合性和设计性实验，尤其引入了计算机虚拟实验，并及时更新了新的计算机虚拟实验，紧密结合学生当前学习的 Multisim 系列软件。

基础性实验的主要任务是验证课堂理论知识，掌握各种电子仪器的正确使用方法和基本实验技能。

对于综合性和设计性实验，学生可选择本书中若干实验内容进行实验，也可经教师批准自拟实验项目，由学生独立拟定实验方案、分析实验原理、确定实验步骤、安装调试、排除故障、撰写实验报告，并在限定的时间内完成。这就要求学生必须认真预习、充分准备才能完成。该类实验对培养学生的综合分析与解决问题能力有重要意义。本书对学生完成综合性和设计性实验具有很好的参考价值。学生通过这一系列实践环节的学习与探索，由浅入深地学习，不仅可以提高实验技能和综合应用能力，同时也对学习电子技术理论进行全面系统的复习，加深对基础理论的理解，更扎实掌握了理论知识。

计算机仿真实验是近年发展起来的新型虚拟实验方法，与传统实验方法相比，计算机仿真实验具有速度快、容量大、硬件投资少而分析设计全面的特点，具有相对的优越性和先进性。

本书的编写得到西安工业大学国家级电工电子实验教学示范中心的大力支持。本书由西安工业大学组织编写，赵建华担任主编，杨建华担任副主编，王鹏、马超、李静参与编写。赵建华编写第 1 章、第 6 章、第 7 章，并对第 2 章补充了部分内容，杨建华、王鹏、马超编写第 2 章、第 5 章，马超、李静编写第 3 章，杨建华和丁晓娜参与编写第 4 章。赵建华对全书重新审稿并进行了统稿工作。

长安大学刘盼芝副教授担任本书主审，并对书中内容提出了详细的修改意见。同时，本书在编写过程中，得到许多同行的帮助，也引用、借鉴了相关专家的教材、著作，在此一并致谢。

限于作者水平，书中难免有疏漏之处，希望广大读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月

# 目 录

前言	1
<b>第 1 章 模拟电子技术实验</b>	<b>1</b>
1.1 常用仪器的使用及二极管、三极管的测试	1
1.2 单管放大电路测试	6
1.3 多级放大电路	9
1.4 多级与负反馈放大电路	11
1.5 差动放大电路	14
1.6 集成运放参数测试	16
1.7 比例运算电路的应用	19
1.8 积分与微分运算电路	22
1.9 电压比较器	24
1.10 集成运放组成的 RC 正弦波振荡器	26
1.11 LC 振荡器及选频放大器	28
1.12 整流、滤波与稳压电路	30
1.13 实验电压/频率转换电路	33
<b>第 2 章 数字电子技术实验</b>	<b>35</b>
2.1 门电路逻辑功能及其应用	35
2.2 组合电路的研究	39
2.3 编码、译码与显示	42
2.4 译码器和数据选择器	44
2.5 触发器功能测量	48
2.6 触发器及其应用	52
2.7 计数器及其应用	55
2.8 计数、译码与显示电路	62
2.9 寄存器功能测量及其应用	64
2.10 移位寄存器及其应用	67
2.11 555 定时器及其应用	71
2.12 D/A 和 A/D 转换	78
2.13 带有计时显示功能的抢答器设计	81

第 3 章	设计与综合性实验	85
3.1	集成电路扩音机	85
3.2	声控台灯	86
3.3	程控放大器设计	87
3.4	温度测量、超温报警及控制系统设计	92
3.5	时钟控制系统设计	94
3.6	序列码发生器及序列码检测器设计	95
3.7	红外遥控报警电路设计	100
3.8	方波、锯齿波产生电路	101
3.9	电流/电压转换电路	103
3.10	篮球比赛计分显示系统设计	104
3.11	硬件优先排队电路	106
3.12	数字秒表设计	108
3.13	集成电路八人抢答器	111
第 4 章	基于 Multisim 的仿真实验——Multisim 在电子技术实验中的应用	116
4.1	Multisim 简介	116
4.2	建立实验电路	121
4.3	模拟电路仿真实验	124
4.4	数字电路仿真实验	159
第 5 章	实验电路的安装与调试	177
5.1	实验电路的安装	177
5.2	电路调试技术	179
5.3	故障检测的一般方法	181
5.4	数字集成电路使用须知	186
5.5	电工测量的基本知识	187
5.6	磁电式、电磁式、电动式仪表的工作原理	192
5.7	电流、电压的测量	194
第 6 章	常用仪器设备的简介与使用	197
6.1	KHDJ-1 数模混合电子技术实验箱	197
6.2	THM-1 型模拟电子技术实验箱	201
6.3	THD-1 数字电子技术实验箱	203
6.4	SDS1102X 数字示波器	205
6.5	SDG1025 函数/任意波形发生器使用说明	215
6.6	TH1912A (5Hz—5MHz) 型显示双通道数字交流毫伏表	224

第 7 章 电子电路测量技术的基本知识 .....	233
7.1 干扰源 .....	233
7.2 误差分析与测量结果的处理 .....	233
7.3 系统增益或衰减的测量 .....	236
7.4 系统频率特性的测量 .....	236
7.5 系统输入电阻、输出电阻的测量 .....	237
附录 .....	238
附录 A 部分常用数字集成电路功能表 .....	238
附录 B 部分常用数字集成电路引脚图 .....	251
附录 C 部分常用线性集成电路引脚图 .....	257
参考文献 .....	258

## 1.1.2 实验原理

本实验设计的信号源为 81431024 数字信号/任意波形发生器, 可以产生正弦波、方波、三角波、锯齿波、脉冲信号、斜坡波, 正弦信号频率范围 1Hz~25MHz, 正弦输出幅度 10V~25mV, 采样率为 100MS/s, 可配置为单通道或双通道 (ROM1), 数字量控制通道, 采样倍率为 1M101, 可配置为任意波形、脉冲信号发生器的模式, 幅度和频率等参数均可任意设置, 方便、灵活, 信号源输出信号经 50Ω 阻抗匹配网络接入到 201912 型信号源分析仪。

信号源可以产生不同频率的正弦波, 以方便测试电路的电子滤波器, 滤波器可以滤除信号中不需要的频率成分, 保留需要的频率成分。本实验所使用滤波器为 201912 型信号源分析仪的 10MHz 数字滤波器, 为了减小信号源的输入阻抗对被测信号源的影响, 滤波器与信号源匹配 50Ω 阻抗性接入到滤波器。

201912 型信号源分析仪可接入到信号源 81431024 数字信号/任意波形发生器, 信号源输出的正弦波经滤波器, 经耦合器接入到示波器, 经耦合器接入, 示波器接收以下: 1. 频率 300V 正弦波, 示波器, 电子滤波器中几种不同的信号经滤波器耦合器接入到示波器。

### 1.1.3 实验内容/步骤

1. 81431024 数字信号/任意波形发生器设置如图 1.1.3.1 所示。

2. 1.1.3.1 所示电路, 进行信号源设置。

3. 1.1.3.1 所示电路, 经耦合器接入到示波器, 经耦合器接入, 示波器接收以下: 1. 频率 300V 正弦波, 示波器, 电子滤波器中几种不同的信号经滤波器耦合器接入到示波器。

4. 1.1.3.1 所示电路, 经耦合器接入到示波器, 经耦合器接入, 示波器接收以下: 1. 频率 300V 正弦波, 示波器, 电子滤波器中几种不同的信号经滤波器耦合器接入到示波器。

# 第1章 模拟电子技术实验

## 1.1 常用仪器的使用及二极管、三极管的测试

### 1.1.1 实验目的

- (1) 初步掌握用数字示波器观察正弦波信号及测量其参数的方法（示波器工作原理参阅第6章）。
- (2) 学习用万用表测试晶体管的方法。
- (3) 学习数字信号源、数字交流表的使用方法（其工作原理参阅第6章）。

### 1.1.2 实验原理

本实验使用的信号源为 SDG1025 数字函数/任意波形发生器，可以产生正弦波、方波、三角波、脉冲波、噪声信号、任意波。正弦信号输出频率范围 1Hz~25MHz，方波输出频率 1Hz~25MHz；示波器为 SDS1102X 可测量信号频率达 100MHz 数字双踪示波器，测量仪表为 TH1912 型数字交流毫伏表。信号源输出信号的波形、幅度及周期通常用数字示波器测量非常直观、方便。信号源输出的信号电压有效值及峰峰值电压均可用 TH1912 型交流毫伏表测出。

示波器是可以用来测量各种周期电压（或电流）波形的电子仪器，能观察到的最高信号频率主要取决于示波器 Y 轴通道的频带宽度。本实验所使用示波器为 SDS1102X 可测量信号频率达 100MHz 数字双踪示波器。为了减小示波器的输入阻抗对被测信号的影响，被测信号通常经过 10:1 衰减探头输入到示波器。

TH1912 型数字交流毫伏表可用于测量信号源为 SDG1025 数字函数/任意波形发生器输出的正弦波交流信号，且测量表灵敏度高，测量范围宽，小到毫伏级以下，大到 300V 都能测量。在电工、电子技术中凡涉及的交流信号电压都应用此表进行测量。

### 1.1.3 实验内容与步骤

#### 1. SDG1025 数字函数/任意波形发生器的使用方法（见图 1.1.1）

- (1) 打开电源开关：进行语言选择。
- (2) 通道切换键：该按键用于切换通道 1 或 2 显示；然后在波形选择区：选 Sine—正弦波；再按菜单软键与其左侧的菜单一一对应，按下频率软键激活对应的菜单。

例如：要想信号源输出正弦信号频率为 1kHz，首先 Sine—正弦波，再按菜单软键对应的频率/周期键即显示要输出的频率或周期信号，再按数字键 1，1 出现后选择菜单按键对应 kHz 单位参数。

- (3) 信号输出幅度的调节：波形选择区为 Sine—正弦波。

再按菜单软键与其左侧的菜单一一对应，按下任意一软键激活对应的菜单。



图 1.1.1 SDG1025 数字函数/任意波形发生器

例如, 输出正弦信号幅值 20V 时:

按菜单软键对应的幅值/电平键即显示要输出信号的幅值或电平。

选择数字键 20, 出现单位参数按 F 软键对应的  $V_{p-p}$ 。

## 2. SDS1102X 数字示波器的使用方法

熟悉面板上各按键及旋钮功能, 见图 1.1.2 所示及表 1.1.1 说明, 然后打开示波器电源开关。

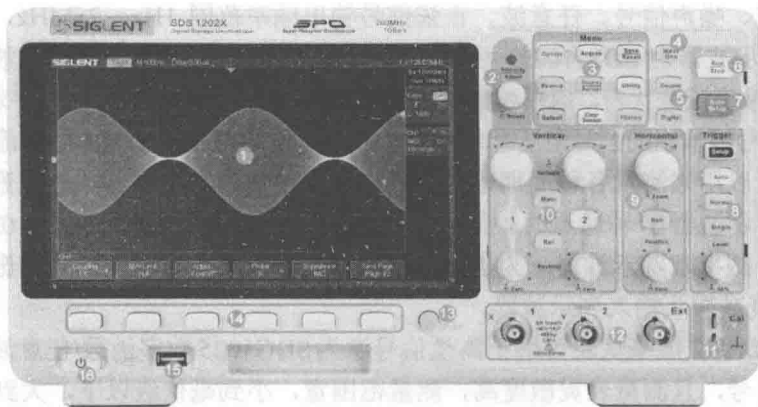


图 1.1.2 SDS1102X 数字示波器

表 1.1.1

SDS1102X 数字示波器编号说明

编号	说明	编号	说明
1	屏幕显示区	9	水平控制系统
2	多功能旋钮	10	垂直通道控制区
3	自动设置常用功能区	11	补偿信号输出端/接地端
4	内置信号源	12	模拟通道输入端
5	解码功能选项	13	打印键
6	停止/运行	14	菜单软键
7	自动设置	15	Host USB 端口
8	触发控制系统	16	电源软开关

## 3. TH1912 型数字交流毫伏表使用方法 (见图 1.1.3)



图 1.1.3 TH1912 型数字交流毫伏表

数字交流毫伏表按键说明：交流电压有效值 (V)、电压峰峰值 ( $V_{p-p}$ )、功率 (W)、功率电平 (dBm)、电压电平 (dBV、dBmV、dB $\mu$ V)、相对测量值 (dB) (具体使用方法见第 6 章 6.6)。

## 1.1.4 实验内容及步骤

将被测信号从示波器 CH1 或 CH2 通道输入，调节垂直控制区域“灵敏度”旋钮 (1 或 2 灯亮) 和水平控制区域“扫描速率”旋钮，就能控制显示正弦波的个数和大小，如果没波形输出可按软键“Auto Setup”自动设置。不稳应调整触发控制系统的“Level”软键，便于获得理想稳定的波形。注意测量实际电压及输入信号的耦合方式的选择，通过菜单软件设置，实测波形电压或周期也可选择“Menu”常用功能区域的“Cursors”光标测量。

## 1. 用示波器测信号源输出电压有效值

(1) 调整数字信号源输出信号的频率为“1kHz”，“输出电压最大幅值  $V_{p-p}=20V$ ”，将示波器“灵敏度”选择键“V/div (cm)”设置在微调状态 (按下此键)，将被测信号从示波器 CH1 通道输入，再适当调整 V/div (cm) 键，使屏幕上显示完整正弦波，根据显示波形高度所占的格数乘以“V/div (cm)”旋钮位置指示的值，即为读出幅值 (峰峰值) 电压，然后再换算成有效值。

(2) 将信号发生器“输出正弦信号电压分别衰减 10、100、1000dB，从示波器读出其幅值记入表 1.1.2 中。

表 1.1.2 数字信号源正弦波电压的测量

信号发生器输出衰减 (零衰时为 $20V_{p-p}$ )	0	10	100	1000
示波器灵敏度旋钮选择 (V/div)				
示波器屏上显示峰峰波形高度 (cm)				
示波器测量的峰峰幅值 $V_{p-p}$ (V)				
示波器测量换算的电压有效值 (V)				
TH191 数字交流毫伏表测量值：有效值 (V) / 峰峰值 ( $V_{p-p}$ )	/	/	/	/
误差 = ( 实测值 - 标称值  / 标称值) %				

## 2. 用示波器测量信号源输出信号频率/周期

将信号发生器输出正弦信号固定为  $V_{p-p}=4V$ ，并控制示波器扫描旋钮“t/div (cm)”，把信号从 CH1 或 CH2 轴输入，适当调整扫描旋钮“t/div (cm)”使屏幕上显示 2~3 个完整正弦波，这样根据示波器屏幕上所显示一个周期的波形在水平方向上所占的格数乘以扫描速率旋钮“t/div (cm)”单位值（屏幕上方有显示的单位时间值），即为该信号的周期。被测信号的频率分别取 0.8kHz、1.5kHz、25kHz、2MHz 信号，按表 1.1.3 要求记录数值。

表 1.1.3 信号源输出正弦波周期的测量

被测信号频率 (kHz)		0.80	1.50	25.0	2000
信号发生器菜单软键选择 (幅值或频率键)					
信号发生器数字键选择	MHz				
	kHz				
	Hz				
示波器扫描旋钮选择 (t/div)					
示波器上一周期所占的水平格 (cm)					
被测信号周期 (ms) / 频率 (Hz)		/	/	/	/
误差 = ( 实测值 - 标称值  / 标称值) %					

### 1.1.5 实验仪器与设备

数字双踪示波器、数字信号发生器、数字万用表、数字毫伏表。

### 1.1.6 预习要求

复习有关数字示波器、数字信号源、数字交流毫伏表的工作原理（见第 6 章）。回答下列问题：

(1) SDG1025 数字信号源通道 1 输出正弦信号 125kHz，选择通道控制/输出 OUTPUT1 还是 OUTPUT2\_\_\_\_\_（亮）；通道切换按键 CH1 还是 CH2\_\_\_\_\_ 波形选择区选择的按键是\_\_\_\_\_；菜单软件（频率/周期）选择是\_\_\_\_\_（亮）；数字按键值是\_\_\_\_\_；软件按键单位选择是\_\_\_\_\_。

(2) 正弦信号源窗口显示峰峰值幅值  $10V_{p-p}$ ，从 0 衰减，依次衰减 10 倍、100 倍、1000 倍，其对应实际峰峰值幅值分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(3) 如果数字交流毫伏表 TH1912 测量电压值 5V，电压量程为 3mV、30mV、300mV、3V、30V、300V，应选择的量程是：\_\_\_\_\_，测量的  $V_{p-p}$  = \_\_\_\_\_ V。

### 1.1.7 实验报告要求

(1) 根据记录值，列表整理，分析实验数据。

(2) 定性与定量的误差分析。

(3) 回答预习要求中提出的问题。

附：用万用表（指针表）测试二极管和三极管的方法。

### 1. 判断二极管极性

万用表在测电阻时，它的等效电路如图 1.1.4 所示。其中  $r$  为等效电阻， $E$  为表内电源电压。当万用表处于  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1K$  挡时，一般  $E=1.5V$ 。若将黑表棒接到二极管的阳极，红表棒接到二极管的阴极，则二极管处于正向偏置，呈现低阻；反之，则二极管处于反向偏置，呈现高阻，表针偏转小。根据两次测得的阻值大小，就可以区别出二极管的极性。值得注意的是：切忌用  $R \times 1$  或  $R \times 10K$  挡来判断二极管。

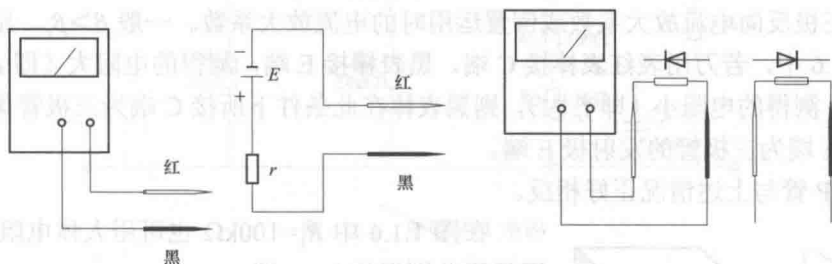


图 1.1.4 三极管判别电路

### 2. 晶体三极管管脚的判别

#### (1) 管型和基极 B 的判别。

可以把三极管的结构看成是两个背靠背的 PN 结，如图 1.1.5 所示。对 NPN 管来说，基极是两个结的公共阳极，见图 1.1.5 (a)。对 PNP 管来说基极是两个结的公共阴极，见图 1.1.5 (b)，则可判断出该管是 NPN 还是 PNP 型。

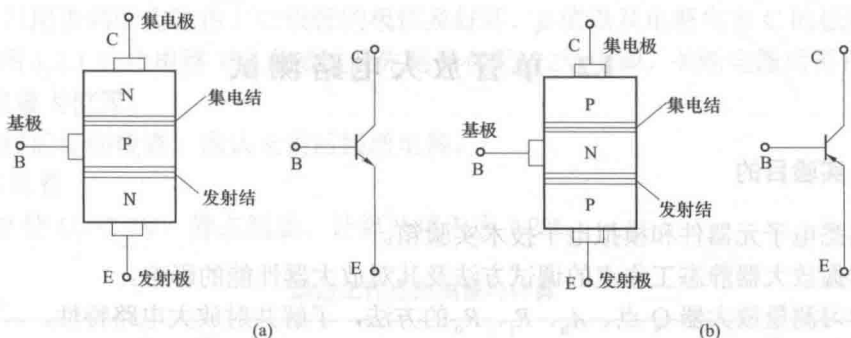


图 1.1.5 三极管判断

#### (2) 发射极 E 和集电极 C 的判别，如图 1.1.6 所示。

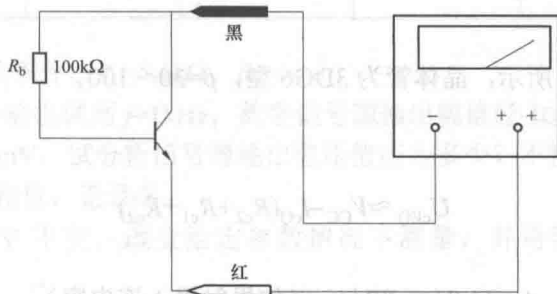


图 1.1.6 三极管判别电路

如图 1.1.6 所示。把已判定的三极管基极 B 接到 b，另外两个极 E、C 接到红黑表棒上，即构成基本放大电路。

若集、射间所加为正常放大的极性电源电压。例，NPN 型管 C 极为电源正极，E 极为负极，则集电极电流为

$$I_c = \beta I_B + I_{CEO}$$

反之，C 极接电源负极，E 极为正极，则集电极电流为

$$I_{cr} = \beta_r I_B + I_{CEOr}$$

式中， $\beta_r$  为三极反向电流放大系数或倒置运用时的电流放大系数。一般  $\beta > \beta_r$ ，显然  $I_c \gg I_{cr}$ 。

在图 1.1.6 中，若万用表红表棒接 C 端，黑表棒接 E 端，测得的电阻大（即  $I_c$  小）。若红黑表棒互换，测得的电阻小（即  $I_c$  大），则黑表棒在此条件下所接 C 端为三极管集电极 C 端，红表棒所接 E 端为三极管的发射极 E 端。

对于 PNP 管与上述情况正好相反。

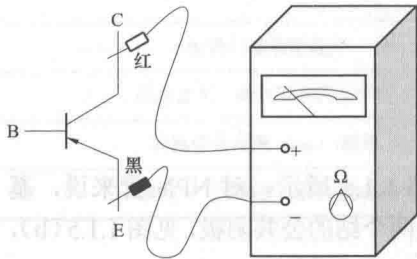


图 1.1.7 穿透电流测试电路

在图 1.1.6 中  $R_b = 100k\Omega$  也可用人体电阻代替，即用两只手分别捏住 b、c 端。

3. 检查电流放大系数  $\beta$  和穿透电流  $I_{CEO}$  的大小

(1) 图 1.1.7 中，B 极开路，测量 C、E 间的电阻值，若  $100k\Omega$  电阻接入前后两次测得的电阻值相差较大，则说明  $\beta$  越大，此方法一般适用于检查小功率管的  $\beta$  值。

(2) 图 1.1.7 中，流过管子的电流就是  $I_{CEO}$ ，欧姆表中指针偏转越小，说明  $I_{CEO}$  越小，管子性能越好。

## 1.2 单管放大电路测试

### 1.2.1 实验目的

- (1) 熟悉电子元件和模拟电子技术实验箱。
- (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、 $A_u$ 、 $R_i$ 、 $R_o$  的方法，了解共射放大电路特性。
- (4) 掌握放大器的动态性能。

### 1.2.2 实验原理

#### 1. 实验电路

实验电路如图 1.2.1 所示，晶体管为 3DG6 型， $\beta = 30 \sim 100$ 。

#### 2. 工作原理

静态工作点：

$$U_{ceQ} \approx V_{CC} - I_{cQ}(R_{c2} + R_{e1} + R_{e2})$$

动态参数：

电压放大倍数  $A_u = U_o / U_i = -\beta R_L' / r_{be}$ （如果射极 1 连电容）

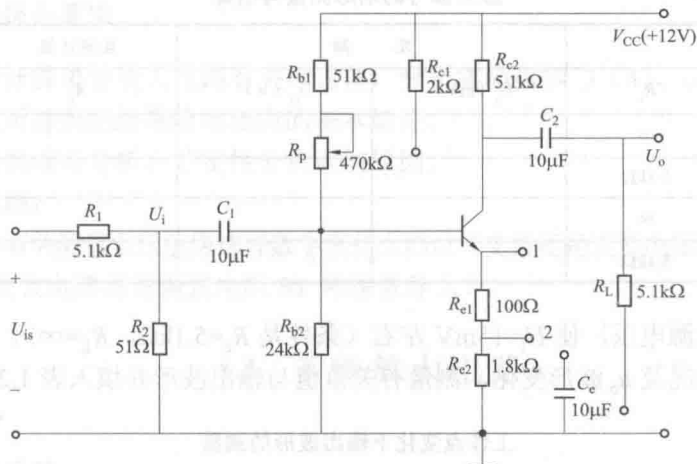


图 1.2.1 单管放大电路

其中

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) 26(\text{mV}) / I_{EQ}, R_L' = R_c // R_L$$

输入电阻

$$R_i = R_b // r_{be}$$

输出电阻

$$R_o \approx R_c$$

### 1.2.3 实验内容及步骤

#### 1. 连接电路

(1) 用万用表判断实验箱上三极管的极性 & 好坏,  $\beta$  值以及电解电容 C 的极性和好坏。

(2) 按图 1.2.1 连接电路 (注意接线前先测量有无 +12V 电源, 关断电源后再接线), 将 RP 调到电阻最大位置。

(3) 接线后仔细检查, 确认无误后接通电源。

#### 2. 静态调整

调整 RP 使  $U_E = 2.2\text{V}$ , 静态测量、计算并填入表 1.2.1。

表 1.2.1 静态工作点的测量与计算

实 测				计 算		
$U_B$	$U_E$	$U_C$	$R_p + R_{b1}$ (断电测)	$I_B$ ( $\mu\text{A}$ )	$I_C$ (mA)	$\beta$

#### 3. 动态研究 (测试条件: $R_c = 5.1\text{k}\Omega$ , $R_L = \infty$ )

(1) 将信号发生器输出调到  $f = 1\text{kHz}$ , 数字信号源输出幅值经 100:1 衰减到放大器的输入端  $U_i$  的测量值应为 10mV, 试分析信号源输出电压值应为多少? 不接负载电阻  $R_L$ , 观察  $U_{is}$  和  $U_o$  端波形, 并比较相位, 记录之。

(2) 保持  $U_i = 10\text{mV}$  不变, 改变给定参数情况下测量, 并将测量及计算结果填入表 1.2.2。

表 1.2.2 放大信号的动态测量与估算

给定参数		实 测		实测计算	估算
$R_c$	$R_L$	$U_i$ (mV)	$U_o$ (V)	$A_u$	$A_u$
5.1k $\Omega$	$\infty$				
5.1k $\Omega$	5.1k $\Omega$				
2//5.1k $\Omega$	$\infty$				
2//5.1k $\Omega$	5.1k $\Omega$				

(3) 改变信号源电压, 使  $U_i=15\text{mV}$  左右 (条件是  $R_c=5.1\text{k}\Omega$ ,  $R_L=\infty$ ), 增大和减小  $R_p$ , 观察工作点变化情况及  $u_o$  波形变化, 测量有关值与输出波形并填入表 1.2.3。

表 1.2.3 工作点变化下输出波形的测量

$R_p$ 值	$U_B$	$U_E$	$U_C$	$u_o$ 输出波形记录 (坐标纸画)
最大				
合适				
最小				

注意: 若观察失真不明显, 可增大  $u_i$  幅值重测。

#### 4. 测量放大器输入、输出电阻

##### (1) 输入电阻测量。

在输入端串接一个 5.1k $\Omega$  电阻如图 1.2.1 所示, 测量  $U_{is}$  与  $U_i$ , 即可计算  $r_i$ 。

表 1.2.4 输入输出电阻测量值

测输入电阻				测输出电阻			
实测		测算	估算	实测		测算	估算
$U_{is}$ (mV)	$U_i$ (mV)	$r_i$ (k $\Omega$ )	$r_i$ (k $\Omega$ )	$U_o$ (mV)	$U_{oL}$ (mV)	$r_o$ (k $\Omega$ )	$r_o$ (k $\Omega$ )

##### (2) 输出电阻测量。

在输出端接入可调电阻作为负载, 选择合适的  $R_L$  值使放大器输出不失真 (接示波器监视), 测量有负载和空载时的  $U_o$ 、 $U_{oL}$  即可计算  $r_o$ 。

将上述测量及计算结果填入表 1.2.4 中。

#### 1.2.4 实验仪器

数字示波器、数字信号发生器、数字万用表、数字交流毫伏表、模拟电子技术实验箱。

#### 1.2.5 预习要求

- (1) 熟悉三极管及单管放大器工作原理。
- (2) 掌握放大器动态及静态测量方法。

### 1.2.6 实验报告要求

(1) 复习并计算单管放大电路有关理论值, 分析实验内容 3 (3)、(4) 的结果, 当有关参数改变时, 从所得到的结果给出相应的基本结论。

(2) 做定量的误差分析, 并定性分析误差原因。

(3) 回答问题:

1) 表 1.2.3 有关测量电压值应选择数字表什么挡位 (交流还是直流电压挡) 测量? 为什么?

2) 本单管放大电路测量偏置电阻  $R_P$  应注意什么?

## 1.3 多级放大电路

### 1.3.1 实验目的

(1) 掌握合理设计多级放大电路工作点的调整方法。

(2) 学会测试多级放大电路频率特性的方法。

(3) 了解多级放大器失真及消除方法。

### 1.3.2 实验原理

实验电路如图 1.3.1 所示, 总的电压放大倍数为

$$A = \frac{U_{o2}}{U_i} = \frac{U_{o1}}{U_i} \frac{U_{o2}}{U_{o1}} = A_{o1} A_{o2}$$

实验电路输入端加入一个 1:100 的分压器, 其作用是对信号源  $U_s$  进行衰减, 以便调节  $U_s$  的大小。

注意: 在测量  $A_{u1}$  时, 应把第二级的输入作为第一级的负载。测量放大器输入电阻  $R_i$  时, 应接入  $R_1$  断开  $R_2$ , 接入  $R_L$  是为了测量放大器输出电阻。具体测量方法见实验内容。

必须指出, 当改变信号发生器的频率时, 其输出电压的大小略有变化, 测量放大器幅频特性时, 应予以注意。

### 1.3.3 实验内容

#### 1. 多级放大器静态工作的调整

(1) 按图 1.3.1 接线, 注意连接线应尽可能短。

(2) 静态工作点设置要求第二级在输出波形不失真的前提下放大的幅值尽可能地大, 为了提高信噪比, 第一级的静态工作点应尽可能地低。

测量 T1 和 T2 两极静态工作点的电压, 空载和加载两种方法测量, 按表 1.3.1 要求测量并计算, 注意测静态工作时, 应断开输入信号。

#### 2. 多级放大器放大倍数的测量

加在第一级基极输入端的是频率为 1kHz, 电压为 1mV 的交流信号 (在实验箱上经 100:1 衰减电阻降至 1mV, 即信号源输出为 100mV, 加在输入端为 1mV)。测量第一极  $U_i$ 、 $U_{o1}$

和第二极  $U_{o2}$  的电压，注意用交流毫表测量并用示波器测量第一极和第二极的输入、输出波形。测量结果填入表 1.3.1。

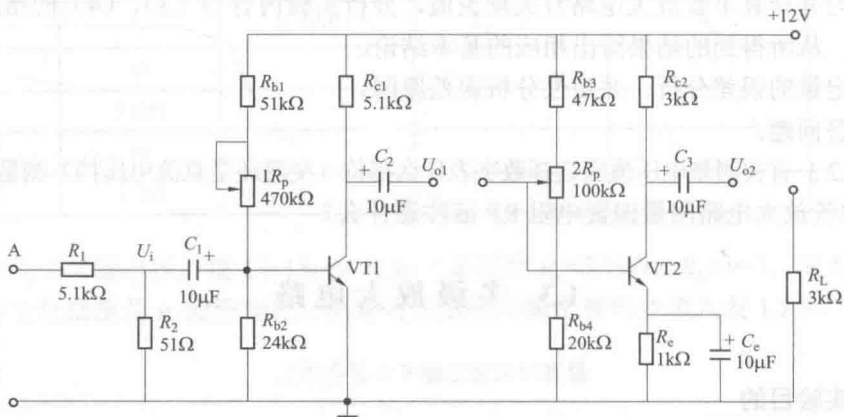


图 1.3.1 两级交流放大电路

注意：在发现干扰，例如寄生震荡等时可采用以下措施消除：

- (1) 重新接线，走线应尽可能短。
- (2) 可在三极管 c、b 间加几皮法到几百皮法的电容。
- (3) 信号源与放大器用屏蔽线连接。

表 1.3.1 工作点及交流放大增益测量

	静态工作点						输入/输出电压/mV			电压放大倍数		
	第 1 级			第 2 级						第 1 级	第 2 级	整体
	$U_{C1}(V)$	$U_{B1}(V)$	$U_{E1}(V)$	$U_{C2}(V)$	$U_{B2}(V)$	$U_{E2}(V)$	$U_i$	$U_{o1}$	$U_{o2}$	$A_{u1}$	$A_{u2}$	$A_u$
空载 $U_o$												
负载 $U_{oL}$												

### 3. 多级放大器频带的测量

(1) 断开放大器的负载，将输入信号的频率调到 1kHz，幅值调至为 1.4V（有效值 1V）且不失真。然后将此信号源通过衰减电阻加载到电路的输入端，可用示波器监测放大输出电压幅值 1.4V，或用交流电压表监测放大器输出 1V 电压。

(2) 保持输入信号恒定，改变信号源频率（以 1kHz 为中心频率向低或向高改变）并测量输出  $U_{o2}$  的值，（注意：不加负载测量  $U_{o2}$ ）当电压  $U_{o2}$  下降为调整频率前的 0.7 倍时，所对应的频率即为上、下限截止频率  $f_H$ ，按表 1.3.2 测量  $U_{o2}$  并记录。

表 1.3.2 信号频率变化下测量的放大器输出电压值

条件	$F/(Hz)$										
	50	100	$f_l$	250	500	1000	2500	5000	10 000	20 000	$f_H$