

中天传播

世纪英才

高等职业教育 **课改** 系列规划教材

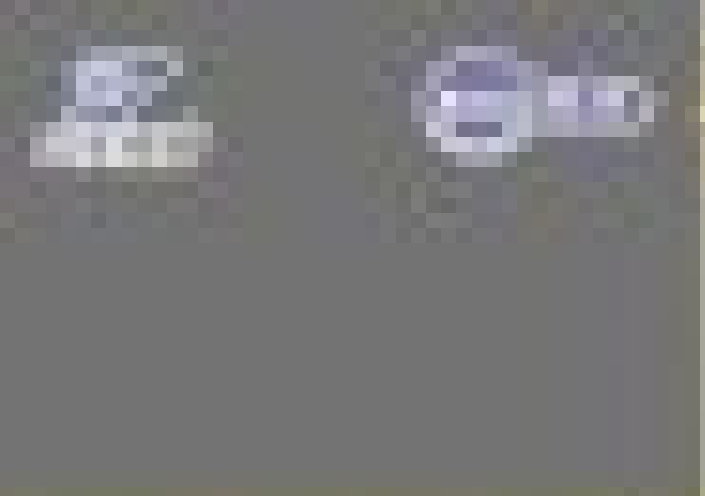
(电子信息类)

国家级精品课程配套教材

电子电路分析与调试

余红娟 杨承毅 编著

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



世纪英才高等职业教育课改系列规划教材（电子信息类）

国家级精品课程配套教材

电子电路分析与调试

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

电子电路分析与调试 / 余红娟, 杨承毅编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.4
(世纪英才高等职业教育课改系列规划教材. 电子信息类)

ISBN 978-7-115-22412-5

I. ①电… II. ①余… ②杨… III. ①电子电路—电路分析—高等学校: 技术学校—教材②电子产品—调试—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第031306号

内 容 提 要

本书借鉴德国基于工作过程系统化的课程开发方法, 整合了高职高专模拟电子技术、高频电子线路、数字电子技术等课程的知识, 以开发典型的单元电路和典型的企业产品作为理论知识的载体, 通过选择电子元器件、使用常用工具、使用常用仪表、识读电路、安装电路、测试电路、处理电路故障、查询技术资料等基本技能训练的过程中来学习电子技术基础理论知识, 训练过硬的电子技术职业技能。本书有配套的辅助教材《电子电路分析与调试实践指导》, 以便于引导读者完成本书的学习内容和工作页。

本书共有 5 个项目, 通过校企合作开发了便携式喊话器、音频功率放大器、无线发射机和接收机、数字电子琴 4 个教学载体。内容深入浅出, 通俗易懂。风格上图文并茂, 易于理解, 特别是工作页部分突出了鲜明的职业教育特色, 实用性较强。

本书可供高职院校电子信息类专业及相关专业作为教材使用, 同时也可作为其他职业学校或无线电短训班的培训教材, 对于电子爱好者来说也不失为一本较好的自学读物。

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材 (电子信息类)

国家级精品课程配套教材

电子电路分析与调试

-
- ◆ 编 著 余红娟 杨承毅
责任编辑 丁金炎
执行编辑 洪 婕
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16
字数: 368 千字
印数: 1—3 500 册
 - 2010 年 4 月第 1 版
2010 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22412-5

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

本书是金华职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一,《电子电路分析与调试》是2009年国家级精品课程“电子电路调试与应用”(http://jpkc1.jhc.cn/aspnet/dzdl/)的配套主教材。

本教材借鉴德国基于工作过程系统化的课程开发方法,将传统模拟电子技术、高频电子线路、数字电子技术按照企业和高职学生实际需要进行重构,形成两层课程架构。

第一层是基本技术技能训练,要求学生每个人单独训练过关,内容包括器件选择、工具使用、仪器使用、器件测试与安装、电路识读并制作、电路调试、故障分析、资料收集与管理,其配套教材《电子技术基本技能》(ISBN 978-115-20031-0)已由人民邮电出版社出版,该教材主要让学生获得初步的基本技术技能,构建了电子信息类专业电子技术的基本技能平台。

第二层是单元电子电路分析与调试,实施过程中要求以理论实践一体化的教学形式,主要让学生获得电子技术初步的基础理论知识。

为了使教学更加贴近就业岗位,我们将电子技术基础理论知识应用于4个真实的企业产品:便携式喊话器、音频功率放大器、无线发射机和接收机、数字电子琴,让学生在产品实际应用中学习电子技术基础理论,改变过去脱离实践空谈理论的倾向。书中标题前有“*”号的部分为选学内容。

为了贴近学校的实际,本教材立足电子技术的基础知识和基本技能,注意到把教材的深广度控制在与高职培养目标相适应的层面上,其中典型任务的提出仅为抛砖引玉,不同的院校可以根据自身的条件自主开发新的教学载体。

另外,我们将同时出版本书的配套教材《电子电路分析与调试实践指导》,它要求学生记录自己的学习过程,它指导学生动手操作,它要求学生认真完成理论和实践的练习。一方面它可作为学生学业评价的依据,同时也便于教师及时了解学生的学习效果。经过两年教学实践的探索,我们认为这种配套教材的设计取得了比较好的教学效果。

由于本书是通过与企业合作,通过对形形色色的电子产品的分析、归纳和提炼基础上编写的,体现了企业对高技能人才的需求。同时,我们与企业合作开发了完整的实训套件,可供选用。

本书由浙江省金华职业技术学院余红娟老师和武汉铁路职业技术学院杨承毅老师编著,得到了杭州康芯电子有限公司潘松教授的指导和合作,本书的产品主要来自于浙江省金华市灵声电子有限公司,得到了该公司的陈宝成总经理、赵震技术经理、陈龙斌工程师的技术支持,武汉铁路职业技术学院陈晓明老师、金华职业技术学院赵敏笑、陈桂兰老师参与了本书的编写,全书由余红娟、杨承毅统稿。

由于编写时间紧迫,更由于我们对“基于工作过程课程开发”的先进理念理解得不透,书中错误和疏漏之处在所难免,望各位老师、读者批评指正。书中大量的电路图由江婷、郝彩红录排和制作,在此一并表示深切的谢意。

编者

Contents

目 录

项目一 便携式喊话器的制作与调试	1
第一部分 引导文	2
1.1 放大器的分类	3
1.2 放大器的主要性能指标	7
1.3 放大器的组成	10
1.4 放大器的直流通路	10
1.5 放大电路的工作原理	12
1.6 半导体器件的热敏及光敏特性	13
1.7 放大器的偏置电路	15
1.8 放大器的3种基本组态	17
1.9 多级放大器	20
1.10 负反馈放大器	22
1.11 功率放大器	29
第二部分 工作页	37
第三部分 基础知识练习页	37
项目二 音频功率放大器的制作与调试	40
第一部分 引导文	43
2.1 集成运放前置放大电路	43
2.1.1 集成电路的分类	43
2.1.2 认识半导体集成电路	44
2.1.3 一般了解集成运算放大器	52
2.1.4 集成运算放大器的参数	55
2.1.5 运放输入输出关系曲线	55
2.1.6 集成运算放大器电路的分析基础	55
2.1.7 集成运算放大器的应用分析	56
*2.1.8 其他运算放大器	59
2.2 功率集成音频放大电路	69
2.2.1 集成功率放大器	69
2.2.2 了解集成功率电路的步骤和方法	71
2.2.3 音频傻瓜放大器	73
2.2.4 高保真集成功放电路——LM1875	74
2.3 直流稳压电源	76

2.3.1	直流稳压电源的组成	76
2.3.2	整流电路	77
2.3.3	滤波电路	80
2.3.4	电容滤波电路	81
2.3.5	直流稳压电路基本原理	84
2.3.6	三端式集成稳压器	84
2.3.7	三端可调式稳压器	86
第二部分	工作页	88
第三部分	基础知识练习页	89
项目三	无线发射机和接收机的分析与调试	92
第一部分	引导文	95
3.1	调制与解调的基本概念	95
3.2	选频放大器(调谐放大器)	98
3.3	石英晶体谐振元件及陶瓷谐振元件	104
3.4	正弦波振荡器	109
3.5	调制和解调的基本原理	117
3.6	倍频器	123
3.7	模拟乘法器的认知	124
3.8	滤波器	127
3.9	混频电路	135
3.10	振幅检波器	137
3.11	鉴频器	141
3.12	自动增益控制 AGC	144
3.13	频率自动控制 AFC	145
*3.14	RC 正弦波振荡器	146
第二部分	工作页	150
第三部分	基础知识练习页	150
项目四	电子琴电路的制作与调试(一)	152
第一部分	引导文	154
4.1	脉冲电路基本知识	154
4.2	晶体管开关	160
4.3	脉冲波形整形电路	163
4.4	几种常用的脉冲开关电路	168
4.5	555 电路	173
第二部分	工作页	178
第三部分	基础知识练习页	178

项目五 电子琴电路的制作与调试 (二)	181
第一部分 引导文	186
5.1 24 键琴键及编码控制电路	186
5.1.1 数字电路基本知识	186
5.1.2 数字电路中的数制与码制	187
5.1.3 逻辑代数基本知识	191
5.1.4 逻辑门电路	197
5.1.5 TTL 集成门电路使用常识	207
5.1.6 编码器	210
5.2 音符显示译码电路	213
5.2.1 译码器基本工作原理	213
5.2.2 常用集成译码器	214
5.2.3 数码显示器	216
5.2.4 七段显示译码器 74LS48	218
*5.2.5 数据选择器和数据分配器	219
*5.2.6 数值大小比较器	221
5.3 数控分频电路制作与调试	224
5.3.1 触发器	224
5.3.2 计数器	228
5.3.3 寄存器	232
5.4 存放音频加载 (预置) 数据的 EPROM 电路	236
5.4.1 半导体存储器概述	236
5.4.2 半导体存储器应用	239
5.4.3 EEPROM-W27C512 电擦除电路	240
5.4.4 几种不同存储芯片的容量和结构	241
5.5 A/D、D/A 转换与音频输出电路	241
5.5.1 A/D 转换	241
5.5.2 D/A 转换	243
第二部分 工作页	245
第三部分 基础知识练习页	245

项目一 便携式喊话器的制作与调试

本项目要求使用分立元件在 PCB 板上制作一个便携式喊话器，通过该产品的制作过程，使学生理解放大器及其电路的工作原理，并熟悉放大电路的一般调试方法。便携式喊话器实物如图 1-1 所示。市面上两种常用的便携式喊话器的产品如图 1-1 (a)、(b) 所示。

为配合电子技术基础知识的学习，本项目要求制作并调试晶体管分立元器件便携式喊话器电路板（可以不采用建议电路），产品如图 1-1 (c) 所示。

类型一：贴片元件

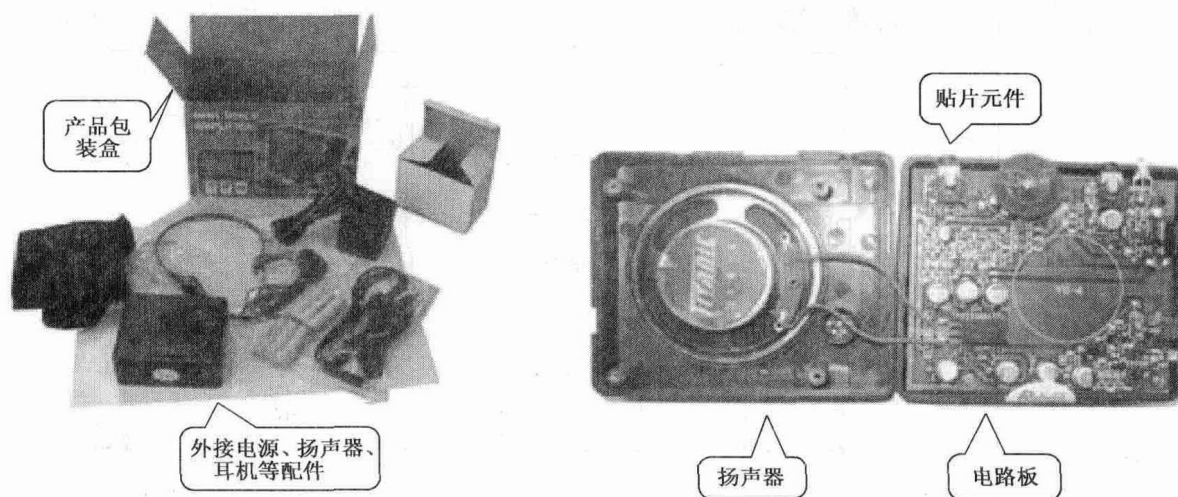


图 1-1 (a) 贴片元件喊话器

类型二：集成器件

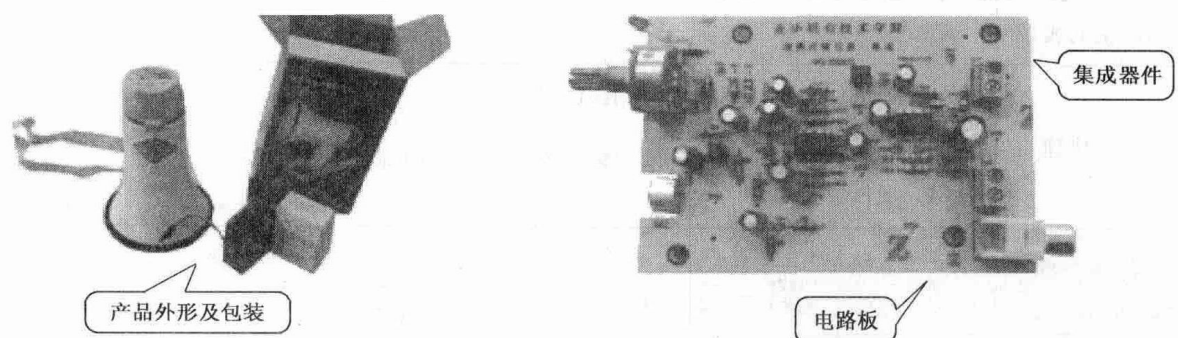


图 1-1 (b) 集成器件喊话器

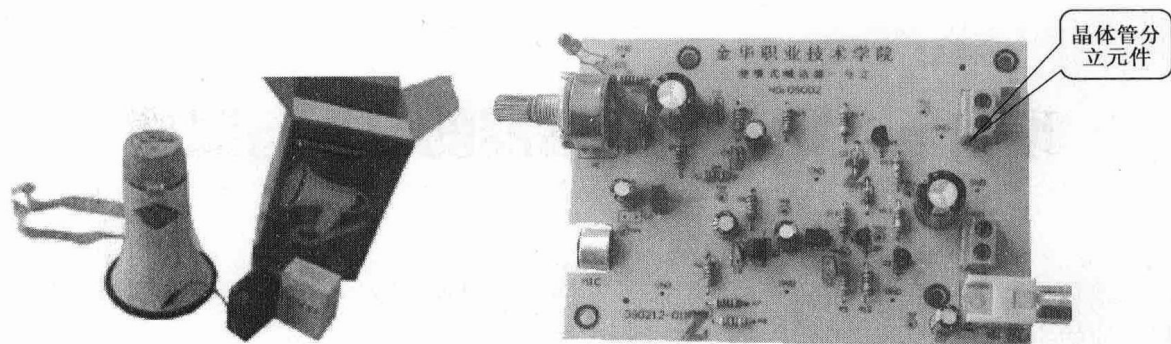


图 1-1 (c) 分立元件喊话器



项目描述

课程名称	电子电路分析与调试	建议总学时	230 学时
项目一	便携式喊话器的制作与调试	建议学时	40 学时
建议电路原理图			
学习目标	(1) 进一步提高常用仪表的使用能力; (2) 进一步了解电子元器件询价、购买的途径和方法; (3) 理解基本放大电路、负反馈放大电路、功率放大电路的基本概念,并熟悉电路的一般测试和调试方法		
需提交的表单	完成配套教材相关内容		
学时安排建议	(1) 项目任务、目标的领会和探讨 (5 学时); (2) 试制准备 (20 学时); (3) 安装和调试实践,具体内容见配套教材 (10 学时); (4) 项目评价 (5 学时)		

第一部分 引导文

图 1-2 所示是一种扩音设备,由图 1-2 可知,在话筒(信号源)和扬声器(负载)之

间插入了放大器这一电路环节。

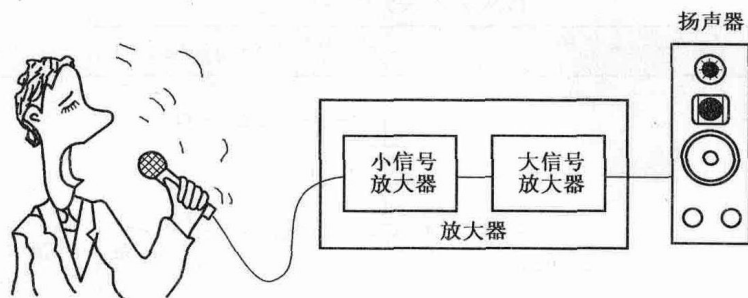


图 1-2 扩音设备

放大器是模拟电子线路中最基本的电路形式，同时也是其他功能电路的核心基础。

放大器的主要任务是将微小的电信号放大到负载所需的数值。一般而言，放大器要求放大后的信号与输入信号的变化保持一致，这也就是“模拟电子技术”课程名称的由来。在电子设备中，放大器是应用得最广泛、最基本的组成部件。

1.1 放大器的分类

放大器的类型很多，也很复杂，本节首先从全局的角度来介绍放大器的种类，就是希望初学者从学习伊始能对放大器有一个大致的了解。

(1) 放大器按信号大小的分类，如表 1-1 所示。

表 1-1 放大器按信号大小的分类

放大器的名称	简介
小信号放大器和大信号放大器	话筒将声波转变为输入电信号 (mV 级) 被放大数十倍~数百倍以后的电信号

(2) 按放大器的工作位置分类，如表 1-2 所示。

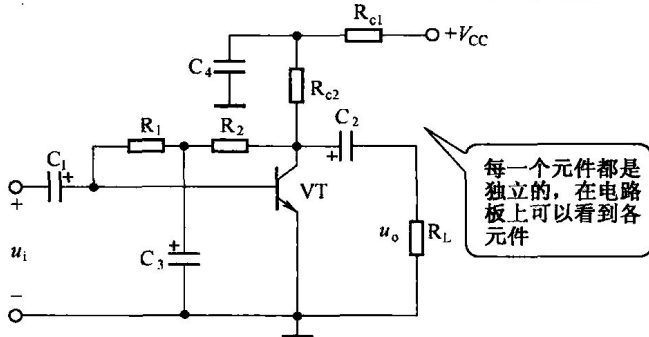
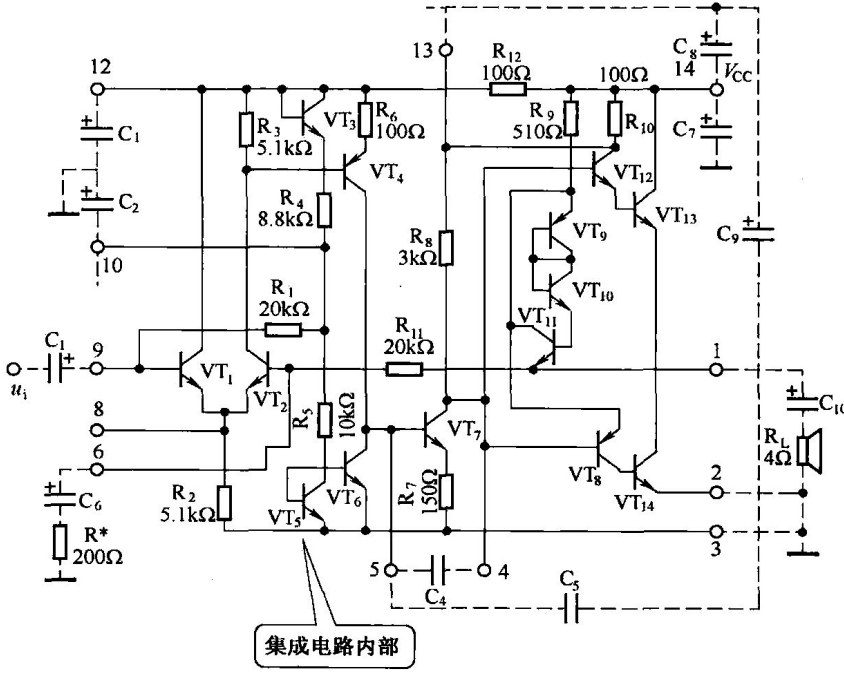
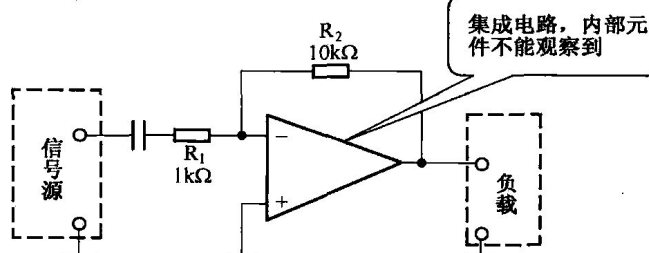
表 1-2 按放大器的工作位置分类

放大器名称	简介
前置放大器等	前置放大器 中间级放大器 末级放大器

(3) 按元件性质分类, 如表 1-3 所示。

表 1-3

按放大器按元件性质分类

放大器名称	简介
分立元件放大器	
集成电路放大器	 

(4) 按电路的耦合方式分类, 如表 1-4 所示。

耦合是指两个或两个以上的电路元器件或电路网络的输入与输出之间存在紧密配合或互相影响, 并通过相互作用从一侧向另一侧传输能量的现象。

表 1-4

放大器按耦合方式分类

放大器名称	简介
RC 耦合放大器	
变压器耦合放大器	
直接耦合放大器	
光电耦合放大器	

(5) 按信号的频率分类, 如表 1-5 所示。

表 1-5

按信号的频率分类

放大器名称	简介
直流放大器	

续表

放大器名称	简介
低频放大器 (音频放大器)	
高(中)频放大器	

(6) 按频带分类。放大器的通频带用于衡量放大电路对不同频率信号的放大能力。根据放大器的通带宽窄的分类, 如表 1-6 所示。

表 1-6

放大器按频带分类

放大器名称	简介
宽带放大器	
窄带放大器	

(7) 按工作点位置分类。在晶体管放大电路中, 当未加输入信号时 (即 $u_i=0$), 其内部也有直流电流和相应的端电压存在, 根据这些初始值的大小, 放大器有如下的一些分类 (见表 1-7)。

表 1-7

放大器按工作点位置分类

放大器名称	简介
甲类放大器 (class A)	
乙类放大器 (class B)	
甲乙类放大器 (class AB)	

1.2 放大器的主要性能指标

为了便于电路分析，常把放大器画成图 1-3 所示的等效形式。

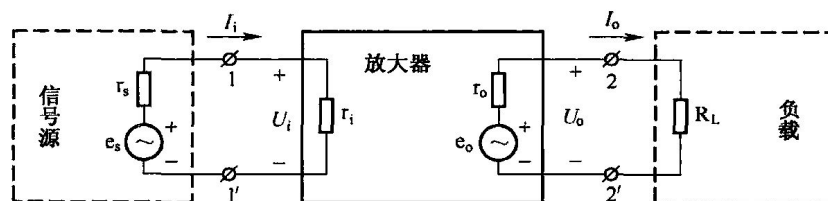


图 1-3 放大器

图 1-3 中, 1-1' 端称为放大器的输入端; 2-2' 端称为放大器的输出端, 其他符号和参数的意义如下所述。

1. 电路符号的意义 (见表 1-8)

表 1-8

电路符号的意义

电 路 符 号	实 际 意 义	电 路 符 号	实 际 意 义
e_s	信号源电动势	r_s	信号源内阻
U_i	输入电压的有效值	I_i	输入电流的有效值
U_o	输出电压的有效值	I_o	输出电流的有效值
r_i	放大器的输入电阻	r_o	放大器的输出电阻
e_o	放大器的输出电动势	R_L	负载电阻
u_i	输入电压瞬时值	u_o	输出电压瞬时值
i_i	输入电流瞬时值	i_o	输出电流瞬时值

2. 电路参数的意义

(1) 放大器的放大倍数与增益表示法。

① 电压放大倍数 A_u 。

电压放大倍数表示放大器放大信号电压的能力。定义为放大器输出端电压 U_o 和输入端电压 U_i 的比值, 用 A_u 表示, 即 $A_u = U_o / U_i$ 。

② 电流放大倍数 A_i 。电流放大倍数表示放大器放大信号电流的能力。与电压放大倍数类似, 放大器的电流放大倍数表示为

$$A_i = I_o / I_i$$

③ 功率放大倍数 A_p 。表示放大器放大信号功率的能力, 即

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \left| \frac{U_o I_o}{U_i I_i} \right| = |A_u \cdot A_i|$$

以上 3 种放大倍数都是无量纲的。

在工程上常把放大器的放大倍数 (增益) 用对数形式表示, 增益值通常用“分贝 (dB)”作单位, 表达式如下:

$$A_p (\text{dB}) = 10 \lg \frac{P_o}{P_i} (\text{dB})$$

$$A_u (\text{dB}) = 20 \lg \frac{U_o}{U_i} (\text{dB})$$

$$A_i (\text{dB}) = 20 \lg \frac{I_o}{I_i} (\text{dB})$$

在工程上利用对数表示增益有如下的理由: (1) 在通信及电子设备中, 往往电路增益很大, 用一般坐标系难以图示, 但对数坐标绘图则可行。(2) 人耳的听觉与音响强度不成线性关系而呈对数关系, 因此, 采用对数表示放大器的增益符合人的切身感受。(3) 由于数学上乘积的对数等于各分量对数之和, 因此计算多级放大器的增益可化乘除法为加减法, 计算十分方便。

(2) 放大器的输入电阻和输出电阻。

对于维修电子设备的技术人员,要看懂电子设备的电路图需要的知识很多,但关键的问题应该是看清、看懂放大器与信号源、负载之间的连接关系,其中也包括放大器与放大器之间、放大器与其他电子器件之间的连接。

从技术的角度看,了解各种元器件、电路、仪器的输入、输出电阻(或等效电阻),同时了解与其他参数之间的关系,对于透彻地理解电路有着十分重要的意义,如图 1-4 所示。

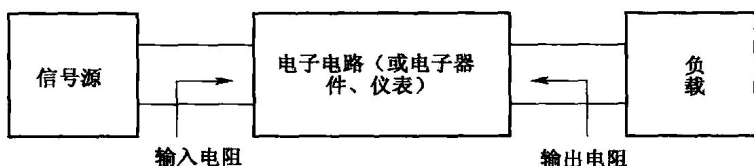


图 1-4 电阻

① 放大器的输入电阻 r_i 。

a. 基本概念。

对一个放大器而言(在放大状态),信号输入端可等效为一个电阻,如图 1-5 所示。根据欧姆定律可知 u_i/i_i 的比值就是放大器的输入电阻。

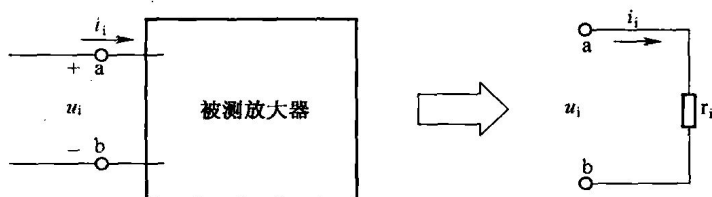


图 1-5 放大器

在以往的教材中,常使用公式法计算电路参数。但由于各种因素的影响,电路参数的计算结果往往既繁琐又不准确,不如实验测量的方法来得简洁且准确,故而实验测试法得到了人们广泛的认可。

b. r_i 的测量方法。

测试原理如图 1-6 所示。 e_s 、 r_s 为信号电动势和信号源内阻。a、b 两端电压是 e_s 通过 r_s 在 r_i 上的分压,当开关打到 1 时读取 a、b 两端电压为 u_i 。将 S 置 2 点时调节电阻 R_p 使 a、b 两端电压仍为 u_i ,则 R_p 的值就是输入电阻 r_i 的电阻值。

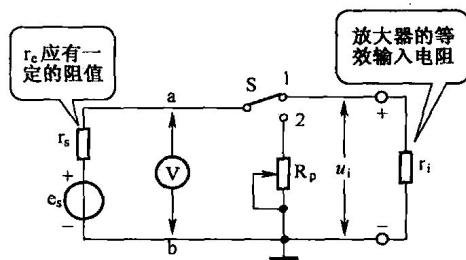


图 1-6 测试原理

② 放大器的输出电阻的测量。

同理,对一个放大器而言,其输出端也看成是由一个输出电压 e_o 和一个等效内阻 r_o 所组成,电路等效图如图 1-7 所示。

当 R_p 未接入时,电压表读数为 e_o ,当 R_p 接入后,调节 R_p 使 $U_o = \frac{e_o}{2}$,不难理解,此时的 R_p 即为放大器的等效电阻 r_o 。