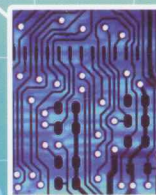
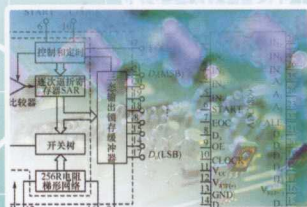
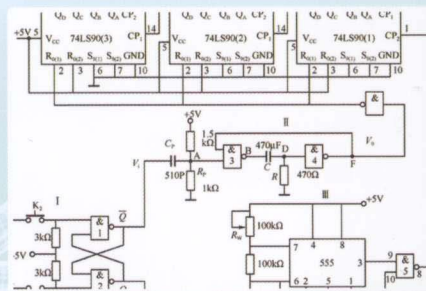
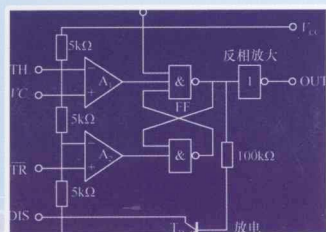


全国高等院校实验教学规划教材

电子技术基础实验

主 编 赵合运



科学出版社

全国高等院校实验教学规划教材

电子技术基础实验

主 编 赵合运
副主编 高智贤 刘太刚 秦 鑫
编 者 (按姓氏汉语拼音排序)
班 戈 毕彦平 陈 坤
李素蕊 李中伟 申杰奋
张 昊 朱永涛

科 学 出 版 社

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

电子技术基础实验主要任务是培养学生的基本实验技能、电子测量技能、电路的设计与综合能力,以全面提高学生的素质和创新能力。本书分为三部分:第一部分电路原理,包括直流基本实验、二端元器件伏安特性的测定、受控源、电路定理的验证、最大功率传输等实验。第二部分模拟电子技术基础,包括直流电源、放大器、振荡器等基本单元实验和综合性实验。第三部分数字电子技术基础,包括基本逻辑器件的测试、组合逻辑电路的设计、时序逻辑电路设计等基本单元实验和综合性实验。

本书是医学院校电路与电子技术实验课程的教材,也可在高等院校电工、电子类及仪器仪表类专业本科、专科教学中使用,亦可供从事电工电子技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验 / 赵合运主编. —北京:科学出版社,2013.8

全国高等院校实验教学规划教材

ISBN 978-7-03-038415-7

I. 电… II. 赵… III. 电子技术-实验-高等院校-教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 192226 号

责任编辑:朱 华 / 责任校对:邹慧卿

责任印制:肖 兴 / 封面设计:范璧合

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 8 月第一次印刷 印张:8

字数:184 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

电子技术基础实验作为电子技术基础课程的重要组成部分,其主要任务是培养学生的基本实验技能、电子测量技能、电路的设计与综合能力,以全面提高学生的素质和创新能力。本教材是根据电路原理、模拟电子技术、数字电子技术的教学内容,结合编者多年的教学经验而编写的,具有工程技术特色的实验教材。

根据教学的需要,本教材分为三部分:第一部分,电路原理,包括直流基本实验、二端元器件伏安特性的测定、受控源、电路定理的验证、最大功率传输等实验。第二部分,模拟电子技术基础,包括直流电源、放大器、振荡器等基本单元实验和综合性实验。第三部分,数字电子技术基础,包括基本逻辑器件的测试、组合逻辑电路的设计、时序逻辑电路设计等基本单元实验和综合性实验。

本教材适用于高等院校电工、电子类及仪器仪表类专业本科、专科学生电路与电子技术实验课程的教材,亦可供从事电工电子技术工作的工程技术人员参考。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2013 年 5 月

目 录

第一部分 电路原理	(1)
实验一 电路元件伏安特性的测绘	(1)
实验二 叠加原理的验证	(4)
实验三 戴维宁定理	(6)
实验四 最大功率传输条件测定	(9)
实验五 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	(11)
实验六 RC 一阶电路的响应测试	(18)
实验七 二阶动态电路响应的研究	(21)
实验八 RC 选频网络特性测试	(23)
实验九 $R、L、C$ 串联谐振电路的研究	(26)
实验十 双口网络测试	(29)
实验十一 用三表法测量电路等效参数	(32)
实验十二 正弦稳态交流电路相量的研究	(36)
第二部分 模拟电子技术基础	(39)
实验一 印刷线路板(PCB 板)的制作	(39)
实验二 整流电路	(42)
实验三 滤波及稳压电路	(44)
实验四 双路直流稳压电路	(47)
实验四(选做项目) 可调直流稳压电源	(49)
实验五 单级放大电路(一)	(50)
实验六 单级放大电路(二)	(53)
实验七 负反馈放大电路	(56)
实验八 差动放大电路	(59)
实验九 比例求和电路	(62)
实验十 RC 正弦波振荡器	(65)
实验十一 波形发生器	(68)
实验十二 功率放大器	(70)
第三部分 数字电子技术基础	(72)
实验一 门电路逻辑功能及测试	(72)
实验二 组合逻辑电路功能测试	(76)
实验三 组合逻辑电路设计与测试	(79)
实验四 译码器及其应用	(81)
实验五 数据选择器及其应用	(86)
实验六 触发器逻辑功能测试	(89)

实验七 触发器的应用	(93)
实验八 时序电路功能测试及研究	(95)
实验九 计数器及寄存器	(98)
实验十 时基电路及单稳态触发器	(103)
实验十一 多谐振荡器及应用	(106)
实验十二 D/A、A/D 转换器	(108)
实验十三 抢答器	(112)
实验十四 电子秒表	(114)
附录	(117)
附录一 色环电阻识别方法	(117)
附录二 三极管的极性判别	(118)
附录三 电子电路的故障分析与排除	(119)

第一部分 电路原理

实验一 电路元件伏安特性的测绘

一、实验目的

1. 学会识别常用电路元件的方法。
2. 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的逐点测试法。
3. 掌握实验装置上直流电工仪表和设备的使用方法。

二、实验器材

1. 可调直流稳压电源；
2. 数字电流表；
3. 数字电压表；
4. 二极管；
5. 稳压管；
6. 线性电阻器 100Ω 、 510Ω 等；
7. 电路实验箱。

三、实验预习要求

复习有关电阻、二极管、稳压管伏安特性的理论内容和万用表、稳压电源的使用方法。

四、实验原理

任何一个二端元件的特性可用该元件上的端电压 U 与通过该元件的电流 I 之间的函数关系 $I=f(U)$ 来表示,即用 I - U 平面上的一条曲线来表征,这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

1. 线性电阻器的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,如图 1-1-1 中 a 曲线所示,

该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

2. 一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态,其灯丝电阻随着温度的升高而增大,通过白炽灯的电流越大,其温度越高,阻值也越大,一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍,所以它的伏安特性如图 1-1-1 中 b 曲线所示。

3. 一般的半导体二极管是一个非线性电阻元件,其特性如图 1-1-1 中 c 曲线。正向压降很小(一般的锗管约为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$,硅管约为 $0.5 \sim 0.7\text{V}$),正向电流随正向压降的升高而急骤上升,而反向电压从零一直增加到十多至几十伏时,其反向电流增加很小,粗略地可视为零。可见,二极管具有单向导电性,但反向电压加得过高,超过管子的极限值,则会导致管子击穿损坏。

4. 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,其正向特性与普通二极管类似,但其反向

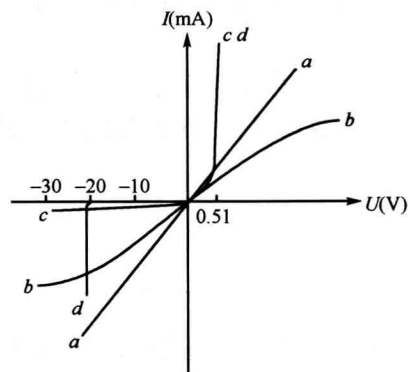


图 1-1-1 线性电阻器的伏安特性曲线

特性较特别,如图 1-1-1 中 d 曲线。在反向电压开始增加时,其反向电流几乎为零,但当反向电压增加到某一数值时(称为管子的稳压值,有各种不同稳压值的稳压管)电流将突然增加,以后它的端电压将维持恒定,不再随外加的反向电压升高而增大。

五、实验内容与步骤

1. 测定线性电阻器的伏安特性 按图 1-1-2 接线,调节直流稳压电源的输出电压 U ,从 0V 开始缓慢地增加,一直到 10V,记下相应的电压表和电流表的读数,填表 1-1-1。

表 1-1-1 电阻器的伏安特性测试表

$U(V)$	0	2	4	6	8	10
$I(mA)$						

2. 测定半导体二极管的伏安特性 按图 1-1-3 接线, R 为限流电阻,测二极管 D 的正向特性时,其正向电流不得超过 25mA,正向压降可在 0 ~ 0.75V 之间取值。特别是在 0.5 ~ 0.75V 之间更应多取几个测量点,填表 1-1-2,正向特性实验数据(U 为二极管两端的电压)。

表 1-1-2 二极管正向伏安特性测试表

$U(V)$	0	0.2	0.4	0.5	0.55	... 0.75
$I(mA)$						

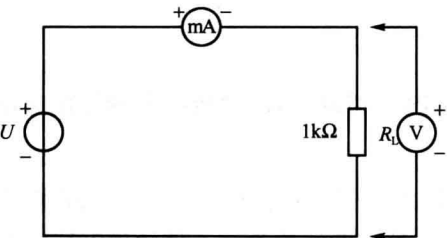


图 1-1-2 线性电阻器的伏安特性测试

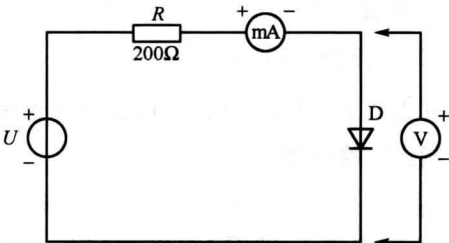


图 1-1-3 二极管的伏安特性测试

作反向特性实验时,只需将图 1-1-3 中的二极管 D 反接,且其反向电压可加到 30V 左右,所测数据填表 1-1-3,反向特性实验数据(U 为二极管两端的电压)。

表 1-1-3 二极管反向伏安特性测试表

$U(V)$	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
$I(mA)$							

3. 测定稳压二极管的伏安特性 只要将图 1-1-3 中的二极管换成稳压二极管,重复实验内容 2 的测量,所测数据填表 1-1-4,正向特性实验数据(U 为稳压管两端的电压)和表 1-1-5,反向特性实验数据(U_1 为电源电压, U_2 为稳压管两端的电压)。

表 1-1-4 稳压二极管正向伏安特性测试表

$U(V)$	0	0.2	0.4	0.5	0.55	... 0.75
$I(mA)$						

表 1-1-5 稳压二极管反向伏安特性测试表

U_1 (V)	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
U_2 (V)							
I (mA)							

六、实验报告要求

1. 根据各实验结果数据,分别在方格纸上绘制出光滑的伏安特性曲线(其中二极管和稳压管的正、反向特性均要求画在同一张图中,正、反向电压可取为不同的比例尺)。
2. 根据实验结果,总结、归纳被测各元件的特性。
3. 必要的误差分析。
4. 心得体会及其他。

七、注意事项

1. 进行不同实验时,应先估算电压和电流值,合理选择仪表的量程,勿使仪表超量程,仪表的极性亦不可接错。
2. 测二极管正向特性时,稳压电源输出应由小至大逐渐增加,应时刻注意电流表读数不得超过 25mA,稳压源输出端切勿碰线短路。

八、思考题

1. 线性电阻与非线性电阻的概念是什么? 实验任务要求测量的三个电路元件的伏安特性有什么不同?
2. 设某器件伏安特性曲线的函数式为 $I=f(U)$, 试问在逐点绘制曲线时,其坐标变量应如何放置?
3. 稳压二极管与普通二极管有何区别,其用途如何?

实验二 叠加原理的验证

一、实验目的

验证线性电路叠加原理的正确性,从而加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识和理解。

二、实验器材

1. 直流稳压电源;
2. 可调直流稳压电源;
3. 数字电压表;
4. 数字电流表;
5. 电路实验箱。

三、实验预习要求

预习有关理论内容。本实验主要目的是验证线性电路叠加原理的正确性,在预习有关理论内容时,请注意以下问题:什么是叠加定理?在应用叠加定理过程中,对不作用的电源是如何处理的?

四、实验原理

叠加原理指出:在有几个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

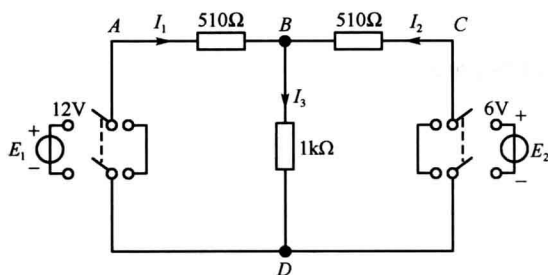


图 1-2-1 线性电路叠加原理的验证

线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立源的值)增加或减小 k 倍时,电路的响应(即在电路其他各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加或减小 k 倍。

五、实验内容与步骤

实验电路如图 1-2-1 所示。

1. 按图 1-2-1 电路接线, E_1 为 +6V、+12V 切换电源,取 $E_1 = +12V$, E_2 为可

调直流稳压电源,调至 +6V。

2. 令 E_1 电源单独作用时(将开关 S_1 投向 E_1 侧,开关 S_2 投向短路侧),用直流数字电压表和毫安表(接电流插头)测量各支路电流及各电阻元件两端电压,数据记入表 1-2-1 中。

表 1-2-1 线性电路叠加原理测试表

测量项目 实验内容	E_1 (V)	E_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{BC} (V)	U_{CD} (V)	U_{DA} (V)	U_{BD} (V)
E_1 单独作用										
E_2 单独作用										
E_1 、 E_2 共同作用										
$2E_2$ 单独作用										

3. 令 E_2 电源单独作用时(将开关 S_1 投向短路侧,开关 S_2 投向 E_2 侧),重复实验步骤2的测量和记录。

4. 令 E_1 和 E_2 共同作用时(开关 S_1 和 S_2 分别投向 E_1 和 E_2 侧),重复上述的测量和记录。

5. 将 E_2 的数值调至+12V,重复上述第3项的测量并记录。

六、实验报告要求

1. 根据实验数据验证线性电路的叠加性与齐次性。

2. 各电阻器所消耗的功率能否用叠加原理计算得出?试用上述实验数据,进行计算并作结论。

3. 心得体会及其他。

七、注意事项

测量各支路电流时,应注意仪表的极性和数据表格中“+、-”号的记录,以及仪表量程要及时更换!

八、思考题

1. 叠加原理中 E_1 、 E_2 分别单独作用,在实验中应如何操作?可否直接将不作用的电源(E_1 或 E_2)置零(短接)?

2. 实验电路中,若有一个电阻器改为二极管,试问叠加原理的叠加性与齐次性还成立吗?为什么?

实验三 戴维宁定理

——有源二端网络等效参数的测定

一、实验目的

1. 验证戴维宁定理的正确性。
2. 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

二、实验器材

1. 可调直流稳压电源；
2. 可调直流恒流源；
3. 数字电压表；
4. 数字电流表；
5. 电位器 $1\text{k}\Omega/1\text{W}$ ；
6. 电路实验箱。

三、实验预习要求

预习有关理论内容,本实验的主要目的是验证戴维宁定理的正确性,在预习有关理论内容时,请注意以下问题:①什么是戴维宁定理?②如何用实验方法求有源二端网络的戴维宁等效电路?

四、实验原理

任何一个线性含源网络,如果仅研究其中一条支路的电压和电流,则可将电路的其余部分看作是一个有源二端网络(或称为含源一端口网络)。

戴维宁定理指出:任何一个线性有源网络,总可以用一个等效电压源来代替,此电压源的电动势 E_s 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{oc} ,其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立源均置零(理想电压源视为短接,理想电流源视为开路)时的等效电阻。 U_{oc} 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

有源二端网络等效参数的测量方法。

(1) 开路电压、短路电流法:在有源二端网络输出端开路时,用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} ,然后再将其输出端短路,用电流表测其短路电流 I_{sc} ,则内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

(2) 伏安法:用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性如图 1-3-1 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan\varphi$,则内阻:

$$R_0 = \tan\varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

用伏安法,主要是测量开路电压及电流为额定值 I_N 时的输出端电压值 U_N ,则内阻为:

$$R_0 = \frac{U_{oc} - U_N}{I_N}$$

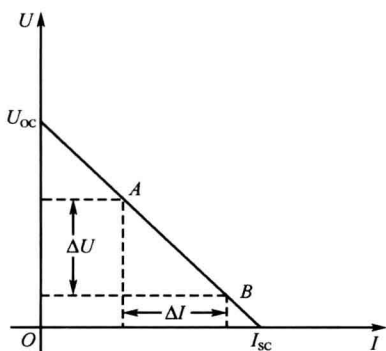


图 1-3-1 有源二端网络的外特性

3. 验证戴维宁定理 用一个 $1\text{k}\Omega$ 的电位器,将其阻值调整到等于按步骤“1”所得的等效电阻 R_0 之值,然后令其与直流稳压电源(调到步骤“1”时所测得的开路电压 U_{oc} 之值)相串联,如图 1-3-4(b)所示,仿照步骤 2 测其外特性,对戴氏定理进行验证,所测数据填入表 1-3-3。

表 1-3-3 验证戴维宁定理测试数据表

$R_L(\text{k}\Omega)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	∞
$U(\text{V})$											
$I(\text{mA})$											

4. 测定有源二端网络等效电阻(入端电阻)的其他方法 将被测有源网络内的所有独立源置零(将电流源 I_s 断开,去掉电压源,并在原电压端所接的两点用一根短路导线相连),然后用伏安法或者直接用万用电表的欧姆档去测定负载 R_L 开路后输出端两点间的电阻,此即为被测网络的等效内阻 R_0 或称网络的入端电阻 R_i 。

5. 用半电压法和零示法测量被测网络的等效内阻 R_0 及其开路电压 U_{oc} ,线路及数据表格自拟。

六、实验报告要求

1. 根据步骤 2 和 3,分别绘出曲线,验证戴维宁定理的正确性,并分析产生误差的原因。
2. 根据步骤 1、4、5 各种方法测得的 U_{oc} 与 R_0 与预习时电路计算的结果作比较,你能得出什么结论。
3. 归纳、总结实验结果。
4. 心得体会及其他。

七、注意事项

1. 测量时要注意电流表量程的更换。用万用电表直接测 R_0 时,网络内的独立源必须先置零,以免损坏万用电表,其次欧姆档必须经调零后再进行测量。
2. 电源置零时不可将稳压源短接。改接线路时,要关掉电源。

八、思考题

1. 在求戴维宁等效电路时,作短路实验,测 I_{sc} 的条件是什么?在本实验中可否直接做负载短路实验?请实验前对线路 1-3-4(a)预先作好计算,以便调整实验线路及测量时可准确地选取电表的量程。
2. 说明测有源二端网络开路电压及等效内阻的几种方法,并比较其优缺点。

实验四 最大功率传输条件测定

一、实验目的

1. 掌握负载获得最大传输功率的条件。
2. 了解电源输出功率与效率的关系。

二、实验器材

1. 直流稳压电源；
2. 数字万用表；
3. 直流电路实验箱。

三、实验预习要求

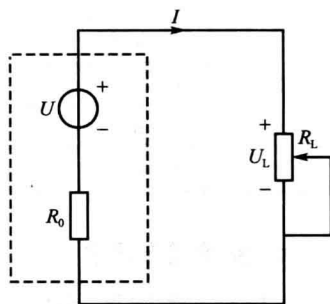
电力系统进行电能传输时为什么不能工作在匹配工作状态？

四、实验原理

1. 电源与负载功率的关系 图 1-4-1 可视为由一个电源向负载输送电能的模型, R_0 可视为电源内阻和传输线路电阻的总和, R_L 为可变负载电阻。

负载 R_L 上消耗的功率 P 可由下式表示:

$$P = I^2 R_L = \left(\frac{U}{R_0 + R_L} \right)^2 R_L$$



当 $R_L = 0$ 或 $R_L = \infty$ 时, 电源输送给负载的功率均为零。图 1-4-1 电源向负载供电原理图而以不同的 R_L 值代入上式可求得不同的 P 值, 其中必有一个 R_L 值, 使负载能从电源处获得最大的功率。

2. 负载获得最大功率的条件 根据数学求最大值的方法, 令负载功率表达式中的 R_L 为自变量, P 为应变量, 并使 $dP/dR_L = 0$, 即可求得最大功率传输的条件。

令 $(R_L + R_0)^2 - 2R_L(R_L + R_0) = 0$, 解得 $R_L = R_0$

$$\frac{dP}{dR_L} = 0, \text{ 即 } \frac{dP}{dR_L} = \frac{[(R_0 + R_L)^2 - 2R_L(R_L + R_0)] U^2}{(R_0 + R_L)^4}$$

因此当满足 $R_L = R_0$ 时, 负载从电源获得的最大功率为:

$$P_{\text{MAX}} = \left(\frac{U}{R_0 + R_L} \right)^2 R_L = \left(\frac{U}{2R_L} \right)^2 R_L = \frac{U^2}{4R_L}$$

这时, 称此电路处于“匹配”工作状态。

3. 匹配电路的特点及应用 在电路处于“匹配”状态时, 电源本身要消耗一半的功率。此时电源的效率只有 50%。显然, 这对电力系统的能量传输过程是绝对不允许的。发电机的内阻是很小的, 电路传输的最主要指标是要高效率送电, 最好是 100% 的功率均传送给负载。为此负载电阻应远大于电源的内阻, 即不允许运行在匹配状态, 而在电子技术领域里却完全不同。一般的信号源本身功率较小, 且都有较大的内阻。而负载电阻(如扬声器等)往往是较小的定值, 且希望能从电源获得最大的功率输出, 而电源的效率往往不予考虑。通常设法改变负载电阻, 或者在信号源与负载之间加阻抗变换器(如音频功放的输出级与扬声器

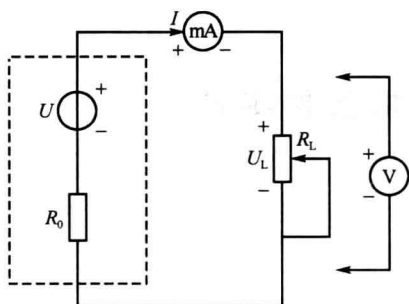


图 1-4-2 负载电压及电路电流的测试

器之间的输出变压器),使电路处于工作匹配状态,以使负载能获得最大的输出功率。

五、实验内容与步骤

1. 按测试图 1-4-2 连线。
2. 按表所列内容,另 R_L 在 $0 \sim 1\text{k}\Omega$ 间变化时,分别测出负载电压 U_L 及电路电流 I ,计算功率,填入表 1-4-1(在 P 最大值附近应多测几点)。

表 1-4-1 负载电压及电路电流的测试数据表

$U=6\text{V}$ $R_0 =$	$R_L(\text{k}\Omega)$								
	$U_L(\text{V})$								
	$I(\text{mA})$								
	$P(\text{W})$								
$U=12\text{V}$ $R_0 =$	$R_L(\text{k}\Omega)$								
	$U_L(\text{V})$								
	$I(\text{mA})$								
	$P(\text{W})$								

六、实验报告要求

1. 整理实验数据,画出下列关系曲线图: P_L-R_L
2. 根据实验结果,说明负载获得最大功率的条件是什么?

七、注意事项

使用数字万用表时测量电压电流一定要注意换插孔,否则容易烧坏万用表。

八、思考题

实际应用中,电源的内阻是否随负载而变?

实验五 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究

一、实验目的

1. 了解用运算放大器组成四种类型受控源的线路原理。
2. 测试受控源转移特性及负载特性。

二、实验器材

1. 可调直流稳压电源 0 ~ 10V;
2. 可调直流恒流源 0 ~ 200mA;
3. 直流数字电压表;
4. 直流数字毫安表;
5. 直流电路实验箱。

三、实验预习要求

1. 参阅有关运算放大器和受控源的基本理论。
2. 受控源与独立源相比有何异同点?
3. 试比较四种受控源的代号、电路模型,控制量与被控制量之间的关系。

四、实验原理

1. 运算放大器(简称运放)的电路符号及其等效电路 如图 1-5-1(a) 和 1-5-1(b) 所示。运算放大器是一个有源三端器件,它有两个输入端和一个输出端,若信号从“+”端输入,则输出信号与输入信号相位相同,故称为同相输入端;若信号从“-”端输入,则输出信号与输入信号相位相反,故称为反相输入端。运算放大器的输出电压为:

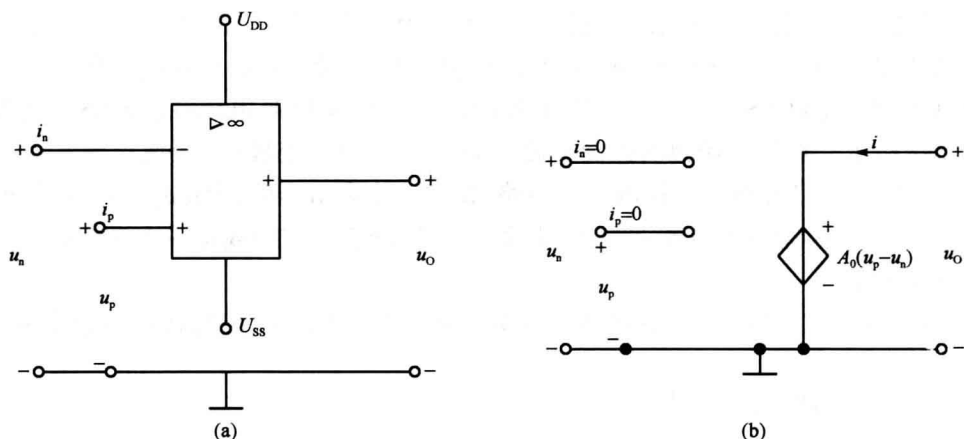


图 1-5-1 运算放大器的电路符号及等效电路

$$u_o = A_0(u_p - u_n)$$

其中 A_0 是运放的开环电压放大倍数,在理想情况下, A_0 与运放的输入电阻 R_i 均为无穷大,因此有: $u_p = u_n$, $i_p = \frac{u_p}{R_{ip}} = 0$, $i_n = \frac{u_n}{R_{in}} = 0$ 。

这说明理想运放具有下列三大特征: