



Multisim 10 电路仿真 技术应用

赵永杰 王国玉 主 编



- ★ 全书在内容组织、结构编排及表达方式等方面都做出了重大改革，以“基本功”为基调
- ★ 通过做项目学习理论，通过学习理论指导实训，充分体现了理论和实践的结合
- ★ 强调“做中学，学中做”的教学模式
- ★ 全书将仿真技能知识点分散到11个项目中，由易到难，循序渐进地学习，使理论服务于应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育课程改革创新规划教材

Multisim 10 电路仿真技术应用

赵永杰 王国玉 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以目前使用最为广泛的电子仿真软件 Multisim 10 为软件平台,以具体项目为单元,以操作为主线,以技能为核心,将仿真技术的基本操作和基础理论巧妙地融合到具体电子线路中进行讲解,让读者在“做中学,学中做”,轻松、高效地掌握 Multisim 10 仿真软件的应用技巧。

全本共分为 11 个项目,分别是直流电路仿真、三端稳压电源电路仿真、放大电路仿真、波形发生器电路仿真、数码管显示电路仿真、简单数字钟电路仿真、可编程任意波形发生器电路仿真、声音录放电路仿真、交通灯电路仿真、单片机电路仿真和综合应用电路。

本书可作为职业院校电子、通信、自动化、电气、信息等专业的教材,可供广大的电子设计人员阅读参考,也可用做仿真设计培训班的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Multisim 10 电路仿真技术应用/赵永杰,王国玉主编. —北京:电子工业出版社,2012.4

职业教育课程改革创新规划教材

ISBN 978-7-121-16623-5

I. ①M… II. ①赵… ②王… III. ①电子电路-计算机仿真-应用软件,Multisim 10-中等专业学校-教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 051983 号

策划编辑:张帆

责任编辑:谭丽莎 文字编辑:王凌燕

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:352 千字

印 次:2012 年 4 月第 1 次印刷

定 价:25.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。



前 言

EDA(Electronics Design Automation)是电子设计自动化的意思,借助于先进的计算机技术,EDA技术已能依靠EDA软件平台完成各类电子系统的设计、仿真和特定目标芯片的设计。本书介绍优秀EDA软件Multisim 10,它是电子线路分析与设计的优秀仿真软件。Multisim 10界面直观、操作方便,创建电路需要的元件和电路仿真需要的测量仪器都可以直接从屏幕抓取,且元件和仪器的图形与实物外形接近。Multisim 10已经成为电子技术领域进行教学、学习和实验的必不可少的辅助软件,是每一个电子技术爱好者、学习者和工程技术人员必须掌握的工具软件之一。

全书以NI Multisim 10教育版作为软件平台,共分为11个项目,分别是直流电路仿真、三端稳压电源电路仿真、放大电路仿真、波形发生器电路仿真、数码管显示电路仿真、简单数字钟电路仿真、可编程任意波形发生器电路仿真、声音录放电路仿真、交通灯电路仿真、单片机电路仿真和综合应用电路。

全书在内容组织、结构编排及表达方式等方面都做出了重大改革,以“基本功”为基调,通过做项目学习理论,通过学习理论指导实训,充分体现了理论和实践的结合;强调“做中学,学中做”的教学模式,使学生能够快速入门,把学习Multisim 10软件的过程变得轻松愉快,越学越想学。全书以具体项目为单元,以操作为主线,以技能为核心,将仿真技术的基本操作和基础理论融合到具体电子线路中进行编写,同时兼顾项目前、后的相关要求和所学知识的衔接。

全书不再按照传统体系分述,而是将仿真技能知识点分散到11个项目中,由易到难,循序渐进地学习,使理论服务于应用。在每个项目中遵循“用到什么就讲什么”的原则,并将知识点分解为不同的独立完成的任务。本书最后一个项目还专门安排了综合应用,可以将模拟电路和数字电路中重要的知识点加以巩固,在实验条件有限的情况下替代真实的实训环节。

本书由南阳广播电视大学赵永杰副教授和河南信息工程学校王国玉高级工程师担任主编。参编老师分工如下:王国玉编写项目一;南阳农业学校的蔡永超编写项目二;安阳市电子信息学校的刘志明编写项目三;郑州市电子信息工程学校的李良老师编写项目四;平顶山市财经学校的景伟华老师编写项目五;河南经济管理学校的李晗老师编写项目六;南阳市第四中等职业学校的侯建胜老师编写项目九;赵永杰编写项目七、项目八、项目十和项目十一。全书由赵永杰统稿。

本书由南阳理工学院电子与电气工程系徐源博士担任主审,他对全书进行了认真、仔细的审阅,提出了许多具体、宝贵的意见,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011年12月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可,复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为;歪曲、篡改、剽窃本作品的行为,均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人应承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序,保护权利人的合法权益,我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为,本社将奖励举报有功人员,并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话:(010)88254396;(010)88258888

传 真:(010)88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址:北京市海淀区万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编:100036



目 录

项目一 直流电路仿真	1
一、项目基本技能	1
任务一 欧姆定律的验证	1
任务二 基尔霍夫定律的验证	4
任务三 叠加定理的验证	6
任务四 戴维南定理的验证	7
二、项目基本知识	9
知识点一 Multisim 简介	9
知识点二 Multisim 10 的用户界面及设置	11
知识点三 数字万用表	17
知识点四 电压表和电流表	19
知识点五 功率表	20
项目二 三端稳压电源电路仿真	23
一、项目基本技能	23
任务一 变压器仿真	23
任务二 二极管仿真	28
任务三 滤波电路仿真	30
任务四 三端稳压电源电路仿真	32
二、项目基本知识	35
知识点一 Multisim 的基本操作	35
知识点二 示波器	40
知识点三 函数信号发生器	43
知识点四 IV(伏安特性)分析仪	45
三、项目拓展	47
三相交流电路仿真	47
项目三 放大电路仿真	51
一、项目基本技能	51
任务一 三极管放大电路仿真	51
任务二 差动放大电路仿真	57
任务三 功率放大电路仿真	60
二、项目基本知识	62
知识点一 元器件库介绍	62
知识点二 波特图示意	68



知识点三 失真分析仪	69
知识点四 电流探针和测量探针	71
知识点五 电路分析方法	73
三、项目拓展	93
面包板	93
项目四 波形发生器电路仿真	97
一、项目基本技能	97
任务一 正弦振荡电路仿真	97
任务二 集成运算放大器的仿真	100
任务三 555 定时电路	103
任务四 波形发生器	106
二、项目基本知识	108
知识点一 频率计	108
知识点二 频谱分析仪	109
知识点三 网络分析仪	111
项目五 数码管显示电路仿真	114
一、项目基本技能	114
任务一 逻辑门电路仿真	114
任务二 逻辑转换	119
任务三 组合逻辑电路仿真	122
任务四 数码管显示电路仿真	126
二、项目基本知识	129
知识点一 逻辑转换仪	129
知识点二 字信号发生器	132
知识点三 逻辑分析仪	134
三、项目拓展	136
竞争 - 冒险现象	136
项目六 简单数字钟电路仿真	140
一、项目基本技能	140
任务一 触发器电路仿真	140
任务二 移位寄存器电路仿真	145
任务三 计数器电路仿真	147
任务四 简单数字钟电路仿真	150
二、项目基本知识	153
知识点一 子电路和层次化	153
项目七 可编程任意波形发生器电路仿真	158
一、项目基本技能	158
任务一 ADC 电路仿真	158
任务二 DAC 电路仿真	160

任务三 可编程任意波形发生器	161
二、项目基本知识	162
知识点一 元件操作	162
项目八 声音录放电路仿真	168
一、项目基本技能	168
任务一 声音录放电路仿真	168
二、项目基本知识	173
知识点一 LabVIEW 虚拟仪器	173
知识点二 创建虚拟仪器	174
知识点三 Multisim 使用虚拟仪器	178
知识点四 Multisim 与 LabVIEW 的数据通信	178
项目九 交通灯电路仿真	181
一、项目基本技能	181
任务一 两地控制一灯	181
任务二 交通灯电路仿真	184
二、项目基本知识	185
知识点一 梯形图语言概述	185
知识点二 梯形图中的逻辑	186
知识点三 梯形图中的编程元素	186
项目十 单片机电路仿真	191
一、项目基本技能	191
任务一 跑马灯电路仿真	191
任务二 数码管显示电路仿真	197
二、项目基本知识	201
知识点一 总线	201
项目十一 综合应用电路	205
项目基本技能	205
任务一 智力抢答器设计与仿真	205
任务二 篮球 24s 倒计时器	206
任务三 函数波形发生器	208
任务四 监测报警系统	210



项目一

直流电路仿真



项目情境创设

20 世纪 80 年代开始,随着计算机技术的迅速发展,电子电路的分析与设计方法发生了重大变革,一大批各具特色的优秀 EDA 软件的出现改变了以定量估算和电路实验为基础的电路设计方法。通过 EDA 软件对电路进行仿真分析,不必构造具体的物理电路,也不必使用实际的测试仪器,就可以基本确定电路的工作性能。



项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 了解 Multisim 10 的启动、界面; ② 掌握元件放置、连线等基本操作; ③ 掌握万用表测量电量,验证电路理论	学生上机操作,教师指导、答疑。 重点:原理图元件的放置、万用表测量电量	4 课时
知识目标	① 了解 Multisim 10 的特点; ② 熟悉 Multisim 10 的用户界面; ③ 掌握数字万用表的使用方法	教师讲授	2 课时



项目基本功

一、项目基本技能

任务一

欧姆定律的验证

1. 欧姆定律

欧姆定律:对于线性电阻元件,在电压和电流取关联参考方向下,在任何时刻电阻两端的电压和通过电阻的电流成正比,即

$$u = Ri \quad (1-1)$$

式(1-1)中, R 称为元件的电阻,简称电阻, R 是一个正实常数。当电压单位用 V(伏特),电流单位用 A(安培)表示时,电阻的单位为 Ω (欧姆)。由于电压和电流的单位是 V 和 A,因此电



阻元件的特性称为伏安特性。线性电阻元件的伏安特性是通过原点的一条直线,直线的斜率即是电阻 R 的值。线性电阻元件的图形符号如图 1-1(a)所示,伏安特性如图 1-1(b)所示。

2. 仿真实验与分析

实验电路如图 1-2 所示,在 Multisim 中绘制电路图并进行仿真实验的步骤如表 1-1 所示。

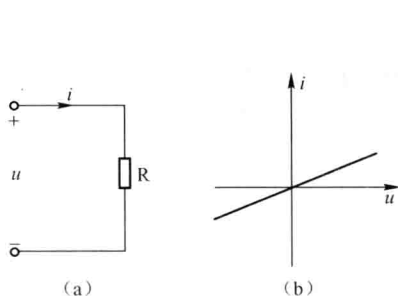


图 1-1 电阻元件及其伏安特性

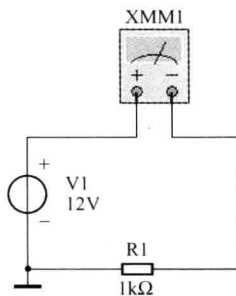


图 1-2 欧姆定律实验电路

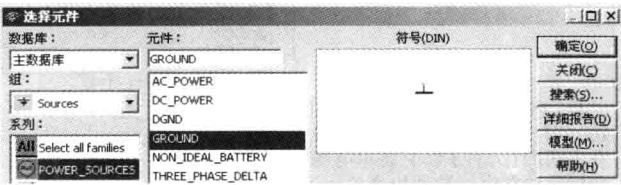
表 1-1 欧姆定律仿真实验的步骤

步骤	操作过程	操作界面图
(1)	执行菜单【开始】→【程序】→【National Instruments】→【Circuit Design Suite 10.0】→【Multisim】命令,如图 1-3 所示,即可启动 Multisim10.0 软件,也可以通过单击桌面快捷图标启动	
(2)	执行菜单【文件】→【新建】→【原理图】命令,如图 1-4 所示,系统就新建了一个名为“电路 1”的原理图文件	
(3)	单击元器件工具栏按钮  ,或执行菜单【放置】→【Component】命令,系统弹出【选择元件】对话框,如图 1-5 所示	

步骤	操作过程	操作界面图
(4)	在【选择元件】对话框左侧的【系列】中选择 RESISTOR(电阻), 在中间的【元件】栏中显示电阻, 鼠标拖动右边的滑动块来显示不同阻值的电阻。本例选择 1k Ω 阻值的电阻, 在右侧会显示选中元件的一些参数, 单击右侧的【确定】按钮, 选择电阻, 如图 1-6 所示	图 1-6 选择电阻
(5)	此时, 在电路窗口中会出现电阻元件, 移动鼠标至合适位置, 单击鼠标左键即可放置电阻元件, 如图 1-7 所示	图 1-7 放置电阻
(6)	在【选择元件】对话框左侧的【组】中选择 Sources(电源类), 【系列】中选择 POWER_SOURCES(电源), 在中间的【元件】栏中选择 DC_POWER(直流电源), 在右侧会显示直流电压源的参数, 单击右侧的【确定】按钮, 选择直流电压源, 如图 1-8 所示	图 1-8 选择直流电压源
(7)	此时, 在电路窗口中会出现直流电压源, 移动鼠标至合适位置, 单击鼠标左键即可放置直流电压源, 如图 1-9 所示	图 1-9 放置直流电压源
(8)	在电路窗口的右侧【虚拟仪器工具】栏中, 单击万用表图标, 将鼠标移至电路窗口合适位置, 单击鼠标左键即可放置万用表, 如图 1-10 所示	图 1-10 放置万用表
(9)	在 Multisim 中, 元件连线一般采用自动连线。将鼠标移至电阻 R1 的左端, 此时鼠标指针变成  , 单击鼠标确定本次连线起点, 将鼠标移至电源负端, 单击鼠标确定连线终点, 系统自动完成连线, 如图 1-11 所示。用同样的方法按图 1-2 所示连接其他元件引脚	图 1-11 连线



续表

步骤	操作过程	操作界面图
(10)	在图 1-8 所示的【选择元件】对话框中,在中间的【元件】栏中选择 GROUND(地),单击右侧的【确定】按钮,选择接地符号,如图 1-12 所示。将鼠标移至电路窗口直流电压源负端合适位置,单击鼠标左键,即可放置接地符号,将电源负极设置为电压参考点	 图 1-12 选择接地符号
(11)	单击仿真开关  ,或执行菜单【仿真】→【运行】命令,如图 1-13 所示,即可开始仿真实验	 图 1-13 仿真菜单
(12)	在电路窗口中双击万用表符号,弹出【万用表】对话框,在图中选择按钮【A】,测量电路中的电流,如图 1-14 所示	 图 1-14 万用表测量电流

为了验证欧姆定律的正确性,将电阻两端电压、万用表测得的电流和电阻阻值代入公式(1-1),等式成立,欧姆定律得到验证。在图 1-2 中改变电压源电压,多次测量电流,得到一组电压电流值,在直角坐标系中按照电压电流的大小绘制图形,可得到类似图 1-1(b)所示的电阻伏安特性图。

任务二 基尔霍夫定律的验证

1. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是分析与计算电路的基本定律,它由两个定律组成,分别是电流定律和电压定律。

基尔霍夫电流定律指出,在节点上,任何时刻,所有流出节点的支路电流的代数和恒等于零,或写作:

$$\sum I = 0 \quad (1-2)$$

公式(1-2)中,电流的“代数和”是根据电流是流出节点还是流入节点判断的,若流出节点的电流前面取“+”号,则流入节点的电流前面取“-”号,电流是流出节点还是流入节点均根据电流的参考方向判断。

基尔霍夫电压定律指出,任何时刻,沿任一回路,所有支路电压的代数和恒等于零,或写作:

$$\sum U = 0 \quad (1-3)$$

公式(1-3)在取和时,需要任意指定一个回路的绕行方向,凡支路电压的参考方向与回路

的绕行方向一致者,该电压前面取“+”号,支路电压参考方向与回路绕行方向相反者,前面取“-”号。

2. 仿真实验与分析

基尔霍夫电流定律实验电路如图 1-15(a) 所示,对于节点 A,有 3 条支路,分别用 3 个万用表测量 3 条支路的电流,仿真测量结果如图 1-15(b) 所示。 R_1 支路电流为 90mA,流入节点 A; R_2 支路电流为 60mA,流入节点 A; R_3 支路电流为 150mA,流出节点 A。假设流入节点电流为正,流出节点电流为负,那么,根据公式(1-2)可得:

$$90 + 60 - 150 = 0$$

等式成立,基尔霍夫电流定律得到验证。

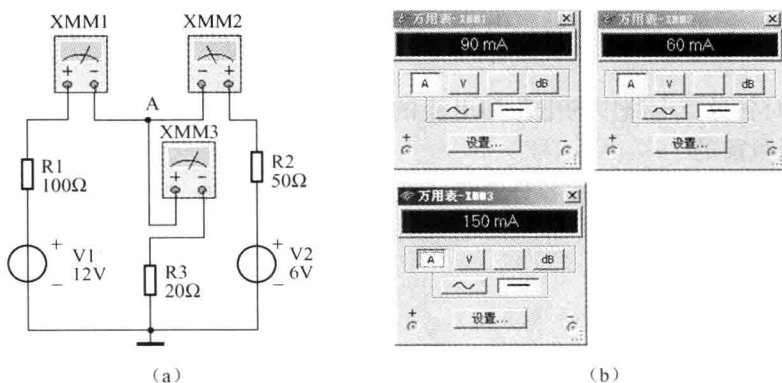


图 1-15 基尔霍夫电流定律实验电路及测量结果

基尔霍夫电压定律实验电路如图 1-16(a) 所示,分别用 3 个万用表测量 3 个电阻两端的电压,仿真测量结果如图 1-16(b) 所示。 R_1 两端电压为 9V; R_2 两端电压为 3V; R_3 两端电压为 3V。假设回路的绕行方向为顺时针方向,对于 V_1 、 R_1 和 R_3 组成的回路,根据公式(1-3)可得:

$$-12 + 9 + 3 = 0$$

对于 V_2 、 R_2 和 R_3 组成的回路,根据公式(1-3)可得:

$$-3 + (-3) + 6 = 0$$

等式成立,基尔霍夫电压定律得到验证。

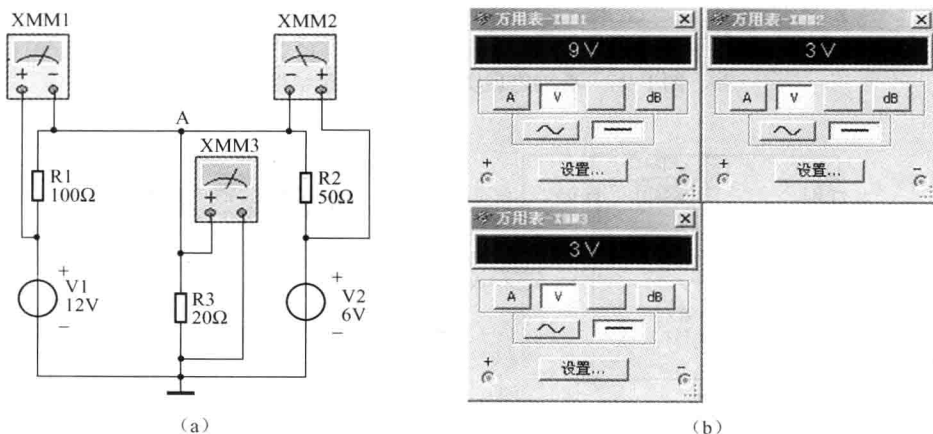


图 1-16 基尔霍夫电压定律实验电路及测量结果



任务三 叠加定理的验证

1. 叠加定理

叠加定理:线性电阻电路中,任一电压或电流都是电路中各个独立电源单独作用时,在该处产生的电压或电流的叠加。

使用叠加定理时应注意以下几点:

- (1) 叠加定理适用于线性电路,不适用于非线性电路。
- (2) 在叠加的各分支电路中,不作用的电压源置零,在电压源处用短路代替;不作用的电流源置零,在电流源处用开路代替。电路中所有电阻都不予更动,受控源则保留在各分支电路中。
- (3) 叠加时各分支电路中的电压和电流的参考方向可以取为与原电路中的相同。取和时,应注意各分量前的“+”、“-”号。
- (4) 原电路的功率不等于按各分电路计算所得功率的叠加,这是因为功率是电压和电流的乘积。

2. 仿真实验与分析

叠加定理实验电路如图 1-17 所示,用万用表测量 R_3 支路的电流为 3.5A。

1A 电流源单独作用时,电压源置零,用短路代替,用万用表测量 R_3 支路的电流为 0.5A,如图 1-18 所示。

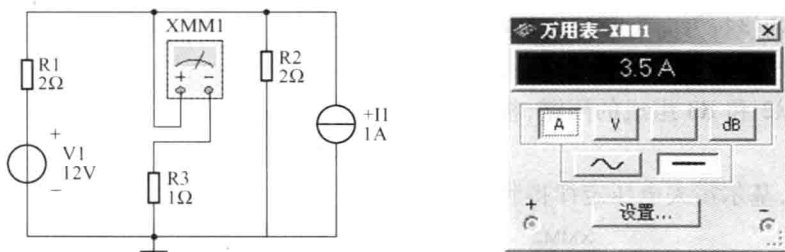


图 1-17 叠加定理实验电路及测量结果

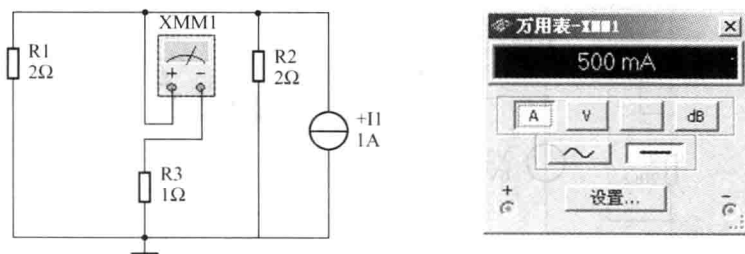


图 1-18 电流源单独作用的电路及测量结果

12V 电压源单独作用时,电流源置零,用开路代替,用万用表测量 R_3 支路的电流为 3A,如图 1-19 所示。

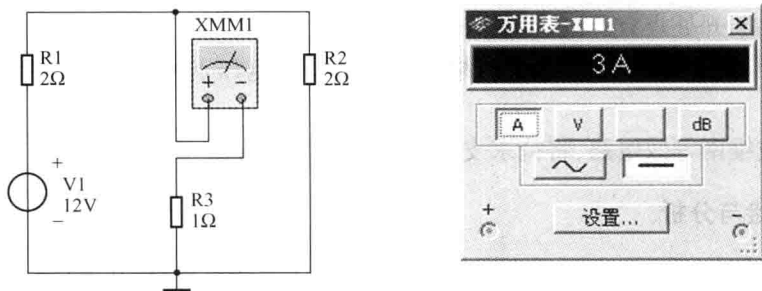


图 1-19 电压源单独作用的电路及测量结果

从图中万用表测量 R_3 支路电流的结果可见, R_3 支路的电流等于各个电压源和电流源单独作用时,在 R_3 上产生的电流的叠加,满足叠加定理。

进一步实验,若在图 1-17 至图 1-19 中分别测量 R_3 两端电压,也满足叠加定理。如果在 R_3 支路串联一个正向导通的二极管 1N1202C,如图 1-20 所示, R_3 支路的电流为 3.163A,12V 电压源单独作用时电流为 2.669A,1A 电流源单独作用时电流为 0.238A,由于电路中有非线性元件二极管,不再满足叠加定理,显然与测量结果相符合。如果图 1-17 中万用表用功率表代替,测量 R_3 的功率,如图 1-21 所示, R_3 的功率为 12.25W,12V 电压源单独作用时 R_3 的功率为 9W,1A 电流源单独作用时 R_3 的功率为 0.25W,功率不再满足叠加定理,与测量结果也相符合。

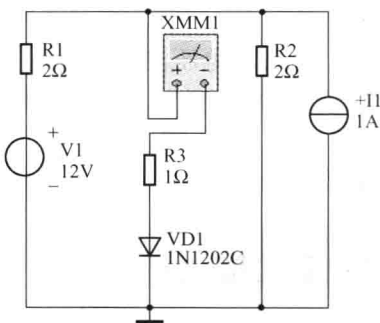


图 1-20 非线性电路

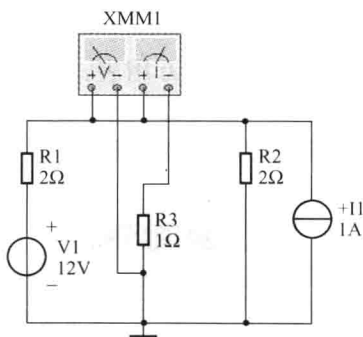


图 1-21 测量功率电路

任务四 戴维南定理的验证

1. 戴维南定理

戴维南定理:任一含独立电源、线性电阻和受控源的二端网络,对外电路而言,可等效为一个电压源 U_{oc} 和电阻 R_0 的串联支路。其中, U_{oc} 为该二端网络的开路电压, R_0 为该二端网络中

全部独立电源置零后的等效电阻。

应用戴维南定理分析电路的步骤如下：

- (1) 断开所求支路,确定有源二端网络。
- (2) 从支路断开处求有源二端网络的开路电压。
- (3) 从支路断开处求无源二端网络的等效电阻(电压源用短路代替,电流源用开路代替)。
- (4) 作出戴维南等效电路,将待求支路接回,求待求支路的电流或电压。

2. 仿真实验与分析

戴维南定理实验电路如图 1-22 所示,将 R_3 支路作为待求支路,在 R_3 支路接入两个万用表,分别测量 R_3 支路的电压和电流,测得电压 12V,电流 3A。

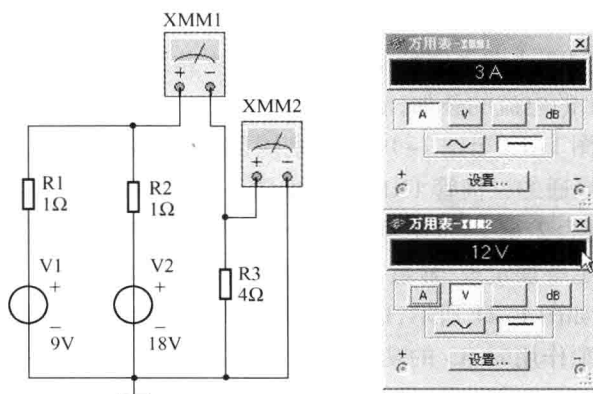


图 1-22 戴维南定理实验电路及测量结果

断开 R_3 支路,接入万用表,测量二端网络的开路电压 U_{oc} ,电压测量结果为 13.5V,如图 1-23 所示。将电压源置零,即电压源用短路代替,接入万用表,测量二端网络的等效电阻 R_o ,电阻测量结果为 0.5Ω ,如图 1-24 所示。

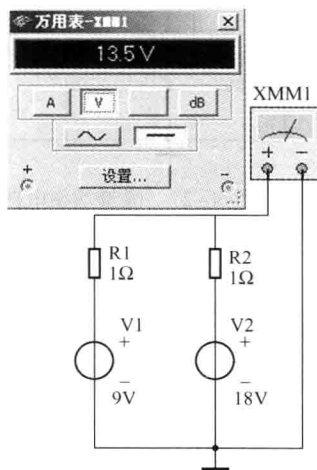


图 1-23 测量开路电压

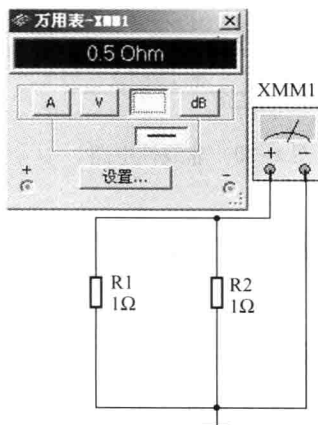


图 1-24 测量等效电阻

根据戴维南定理,断开 R_3 支路后的二端网络等效为一个 13.5V 电压源和一个 0.5Ω 电阻的串联支路,将待求支路 R_3 接入,如图 1-25 所示。在 R_3 支路接入两个万用表,分别测量 R_3 支路的电压和电流,测得电压 12V ,电流 3A 。测量结果表明,对于 R_3 支路的电压和电流在二端网络等效前后是相等的,说明电路是等效的,戴维南定理得到验证。

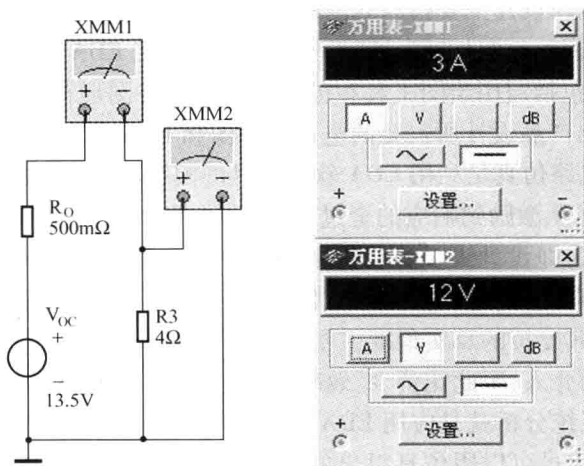


图 1-25 戴维南定理等效电路及测量结果

二、项目基本知识

知识点一 Multisim 简介

从事电子产品设计和开发等工作的人员经常需要对所设计的电路进行实物模拟和调试,其目的有两个,一方面是为了验证所设计的电路是否能达到设计要求的技术指标,另一方面通过调整电路中元器件的参数使整个电路的性能达到最佳。而这种实物模拟和调试的方法不但费时费力,而且其结果的准确性受到实验条件、实验环境、实物制作水平等因素的影响,因而工作效率很低。随着计算机技术的迅速发展,电子电路的分析和设计方法也发生了重大变革,一大批各具特色的优秀 EDA 软件的出现改变了以定量估算和电路实验为基础的电路设计方法, Multisim 软件便是其中之一。

1. EDA 技术概述

EDA 是 Electronic Design Automation 的缩写,即电子设计自动化。所谓电子电路设计的 EDA 方法,就是使用 EDA 工具软件进行电子电路设计的一种电子产品设计方法。它是一种自上而下的设计方法,它从系统设计入手,先在顶层进行功能划分、行为描述和结构设计,然后在底层进行方案设计和验证、电路设计与印制电路板 (PCB) 设计、专用集成电路 (ASIC) 设计等。这种方法花费少、效率高、周期短、功能强、应用范围广,是当今电子设计的主流手段。目前,在这种方法中,除系统设计、功能划分和行为描述外,其余工作都由计算机自动完成。随着