



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

信号与系统 实验教程

——基于Multisim的仿真与硬件实现

主编 © 江明珠 周斌 丘学勇



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



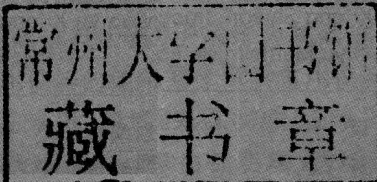
应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

信号与系统 实验教程

——基于Multisim的仿真与硬件实现



主编 © 江明珠 周斌 丘学勇



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是一本基于 Multisim 仿真的信号与系统实验教材,通过仿真帮助学生理解具体的理论,然后再结合硬件实现具体的系统,集验证性和设计性为一体,目的在于帮助学生学会运用理论处理问题,加深和巩固基本理论,加强实验基本技能锻炼,培养和提高学生的实际动手能力。

本书可作为电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术等专业的本科生学习“信号与系统”课程的实验教材,也可作为研究生学习“信号与系统”等相关课程的辅助教材。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统实验教程:基于 Multisim 的仿真与硬件实现/江明珠,周斌,丘学勇主编. —武汉:华中科技大学出版社,2018.2

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-3799-0

I. ①信… II. ①江… ②周… ③丘… III. ①信号系统-实验-高等学校-教材 IV. ①TN911.6-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 042423 号

信号与系统实验教程——基于 Multisim 的仿真与硬件实现

Xinhao yu Xitong Shiyao Jiaocheng

江明珠 周 斌 丘学勇 主编

——Jiyu Multisim de Fangzhen yu Yingjian Shixian

策划编辑:康 序

责任编辑:舒 慧

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:8.5

字 数:226 千字

版 次:2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:25.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

本书是一本基于 Multisim 仿真的信号与系统实验教材,通过仿真帮助学生理解具体的理论,然后再结合硬件实现具体的系统,集验证性和设计性为一体,目的在于帮助学生学会运用理论处理问题,加深和巩固基本理论,加强实验基本技能锻炼,培养和提高学生的实际动手能力。“信号与系统”是电子信息类本科专业重要的基础课,课程的理论性较强,内容丰富,应用广泛。本书作为配套理论部分的实践教材,主要以典型的信号与系统为研究对象,让学生从中掌握通信系统的基本组成,以及相关的仿真、测试、调试、设计等的方法。

本书主要分为 4 章:第 1 章为 Multisim 仿真软件的使用介绍;第 2 章为子系统实验内容,从基本的系统模块入手,每个实验均有详细的实验原理和实验过程,在内容的安排顺序上,与理论学习部分同步,分别为零输入响应与零状态响应、方波信号的分解与合成、信号的抽样与恢复、调幅与解调、无失真传输系统、模拟滤波器;第 3 章为系统综合仿真测试,以第 2 章的子系统为基础进行大系统的构建,可以实现先分解再抽样,然后进行滤波的过程;第 4 章为常用仪器的使用。

本书由桂林电子科技大学信息科技学院信息工程系江明珠、丘学勇、周斌主持编写。具体分工如下:第 1 章由周斌编写,第 2、3 章由江明珠、周斌编写,第 4 章由丘学勇编写。在本书的编写过程中,编者请教了负责理论部分教学的相关教师,他们对本书提出了许多宝贵的意见。

在此衷心感谢为本书的编写提供部分电路的徐庆富老师,以及承担部分电路仿真、校对工作的秦梓璟、江晓兰、阎子翔同学,同时也感谢华中科技大学出版社的大力支持。

由于编者水平有限,信号与系统在电子、通信领域中涉及的范围极广,而且技术更新较快,因此书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

编 者

2017 年 11 月

目录

CONTENTS

第 1 章 Multisim 仿真软件介绍	(1)
第 2 章 子系统仿真与实现	(8)
2.1 零输入响应与零状态响应	(8)
2.2 方波信号的分解与合成	(14)
2.3 信号的抽样与恢复	(20)
2.4 调幅与解调实验	(28)
2.5 无失真传输系统	(39)
2.6 模拟滤波器实验	(44)
第 3 章 系统综合仿真测试实验	(51)
第 4 章 常用仪器的使用	(53)
4.1 TFG6900A 系列函数/任意波形发生器	(53)
4.2 SS179 系列可跟踪直流稳定电源	(60)
4.3 DS1102E 系列数字示波器	(65)
4.4 SA5051 数字万用表	(118)
附录	(127)
附录 A 实验电路板	(127)
参考文献	(130)

第1章 Multisim 仿真软件介绍

一、实验目的

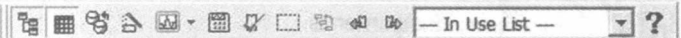
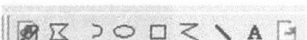
通过学习简单软件操作和实际制作积分运算电路,熟悉 Multisim 10 界面和基本仪器的使用,以及系统仿真测试操作。

二、实验内容

本次实验主要学习 Multisim 10 基本界面和电路界面设计。由于本仿真软件全部功能之强大和实际操作内容之庞大,因此在有限的实验课时里不能够全部介绍完。本实验设置目标是把这个软件作为一个工具来使用,千万不可为了学软件而盲目地学软件,要在具体的实验操作过程中学会使用软件,从而达到“用中学,学中用”的目的。

1. 软件界面的认识

该软件界面主要分为两大部分。第一部分是菜单栏,包括 File Edit View Place MCU Simulate Transfer Tools Reports Options Window Help, 分别包括 File(文件菜单)、Edit(编辑菜单)、View(视图菜单)、Place(放置菜单)、Simulate(仿真菜单)、Tools(工具菜单)、Transfer(转换菜单)、Reports(报表菜单)、Options(选项菜单)、Window(窗口菜单)、Help(帮助菜单)。

第二部分是工具栏,分别包括标准工具栏 、系统工具栏 、视图工具栏 、元件工具栏 、虚拟元件工具栏 、图形注释工具栏 、虚拟仪器工具栏 。

对于以上不同的菜单栏和工具栏,可以根据个人使用习惯进行调整,可以随时关闭或者调出,具体操作如图 1-1 所示。

2. 元器件的认识与调用

Multisim 10 提供了丰富的元器件库,通过对应的元件工具栏 , 可以调取出相应的器件进行仿真。在元器件库中,主要包括电源库、基本元器件库、二极管库、三极管库、模拟集成电路库、TTL 数字集成电路库、CMOS 数字集成电路库、数字器件库、数模混合集成电路库、指示器件库、电源器件库、杂项器件库、高级外围设备库、射频元件库、机电类器件库、微控制器件库。

在信号与系统实验中,主要学会一些关键器件的调用,使其满足所用电路的功能即可。下面分别对实验所用器件进行详细介绍。

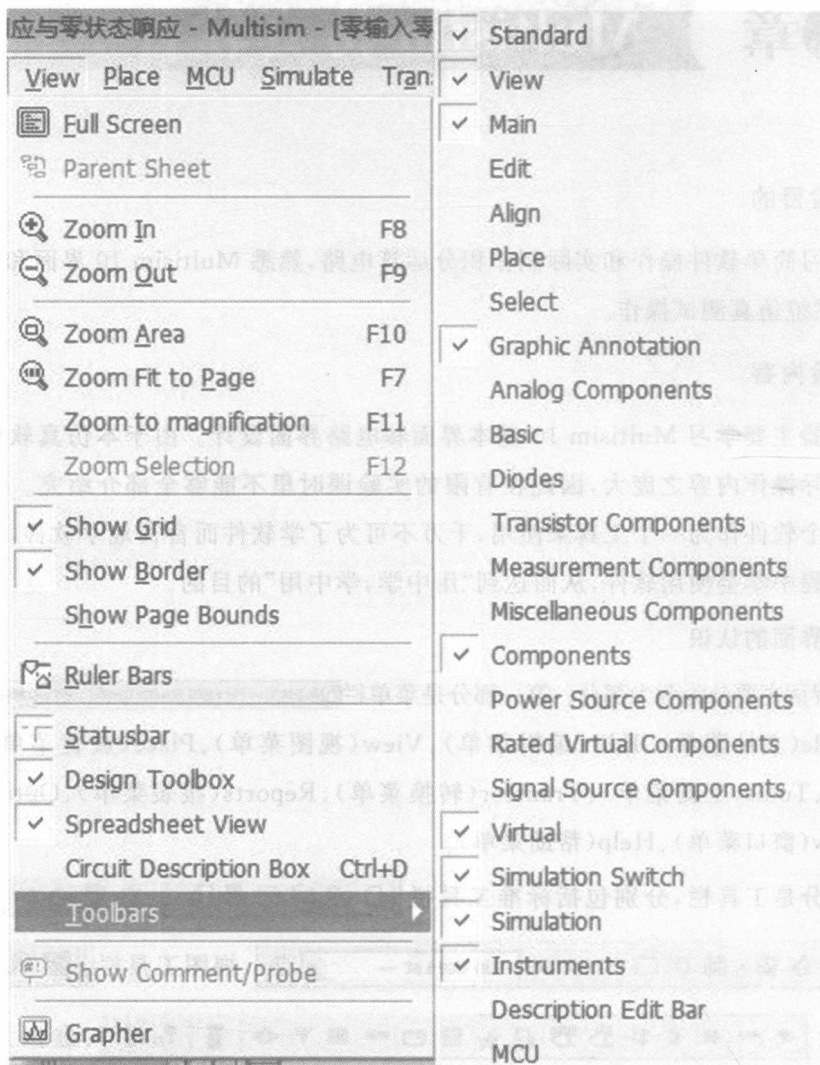


图 1-1 菜单栏操作

(1) 电源库。

电源库  , 包含了接地 GND、

直流电压源、交流电压源、(时钟)源、信号源等。

通过工具栏可以直接调取电源库,选择不同的电源,如图 1-2 所示。

选取其中一项调用后,双击电源可以对参数进行修改,如图 1-3 所示。

(2) 基本元器件库。

基本元器件包括电阻、电容、电感等常用元器件,库中有标准值的元器件,同时各元器件的参数可以自行设定。基本元器件可以从工具栏  中进行调用。

图 1-4 所示为基本元器件库。

从图中可以看到,常用的元器件都包含在内了。选好元器件后,直接点击【OK】按钮即可。同时所有元器件的参数是可以进行修改的。

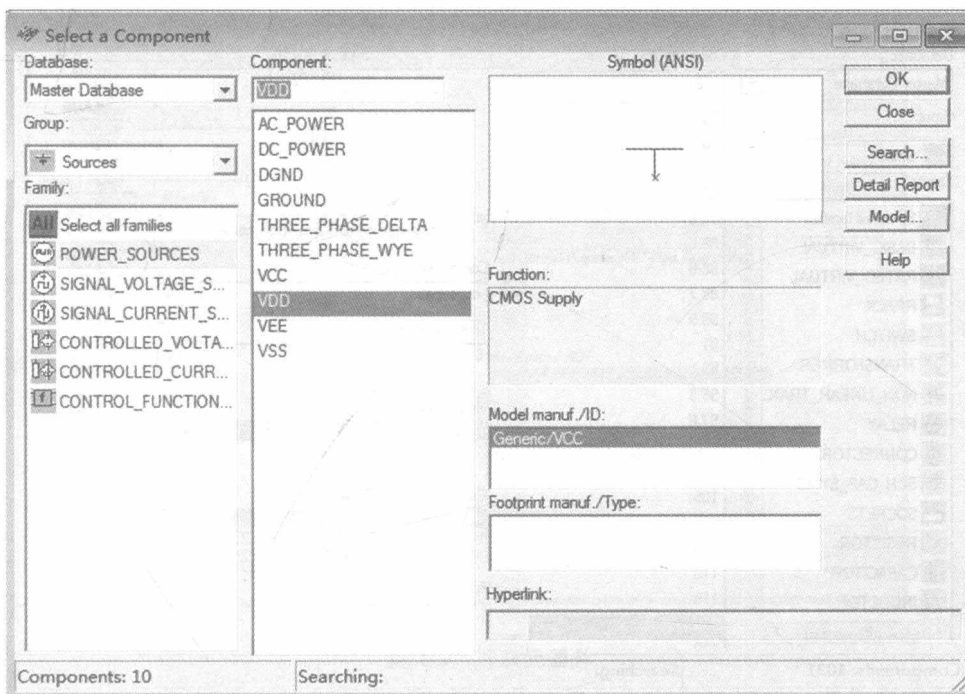


图 1-2 调取电源库

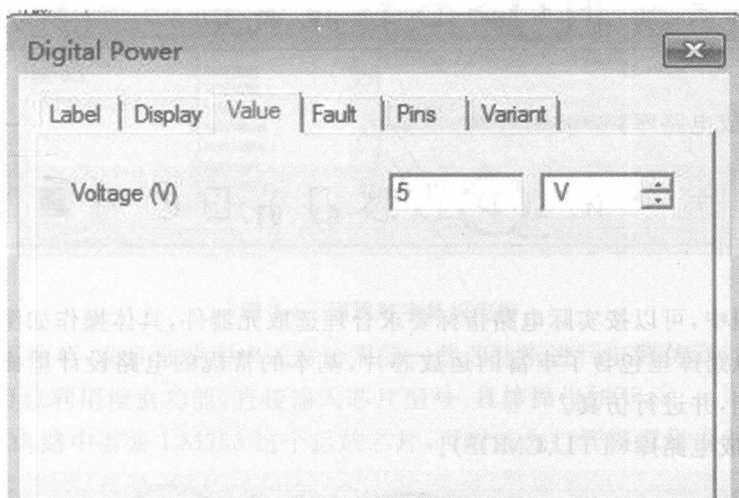
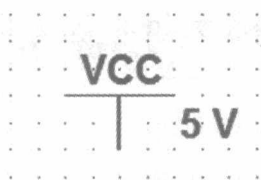


图 1-3 修改电源参数

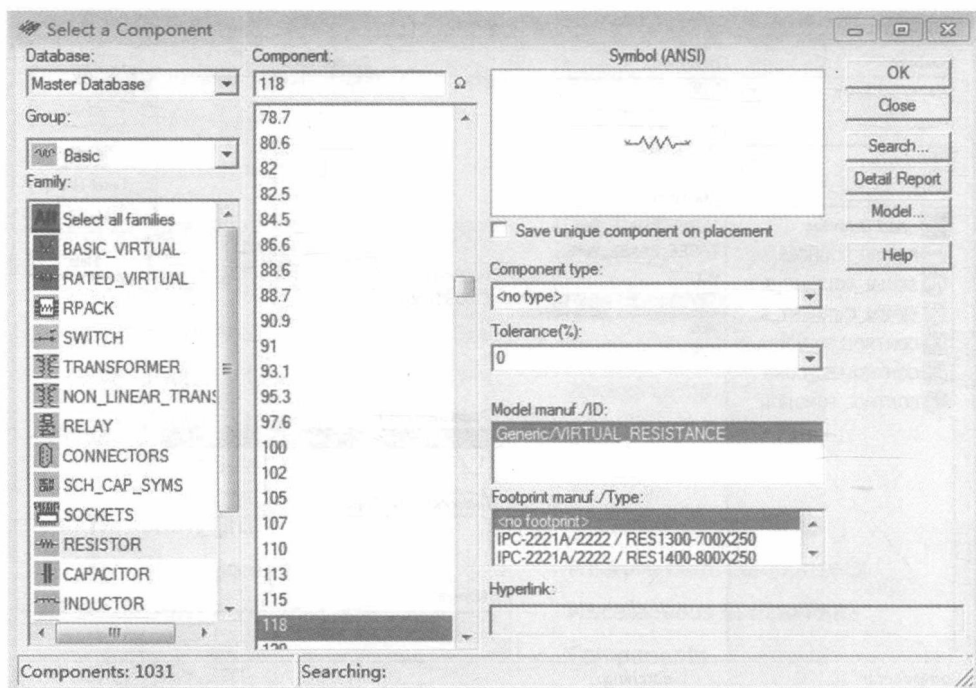


图 1-4 基本元器件库

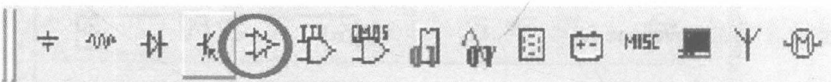
(3) 二极管库。

从工具栏  中进行调用。

(4) 三极管库。

从工具栏  中进行调用。

(5) 模拟集成电路库。

从工具栏  中进行调用。

在调用过程中,可以按实际电路指标要求合理选取元器件,具体操作如图 1-5 所示。

模拟集成电路库里包含了丰富的运放芯片,基本的常规的电路设计里面的元器件都可以在此库中找到,并进行仿真。

(6) 数字集成电路库(TTL、CMOS)。

从工具栏  中进行调用。

这两个选项为 TTL 集成电路和 CMOS 集成电路,比如 74XX 系列、40XX 系列等。数

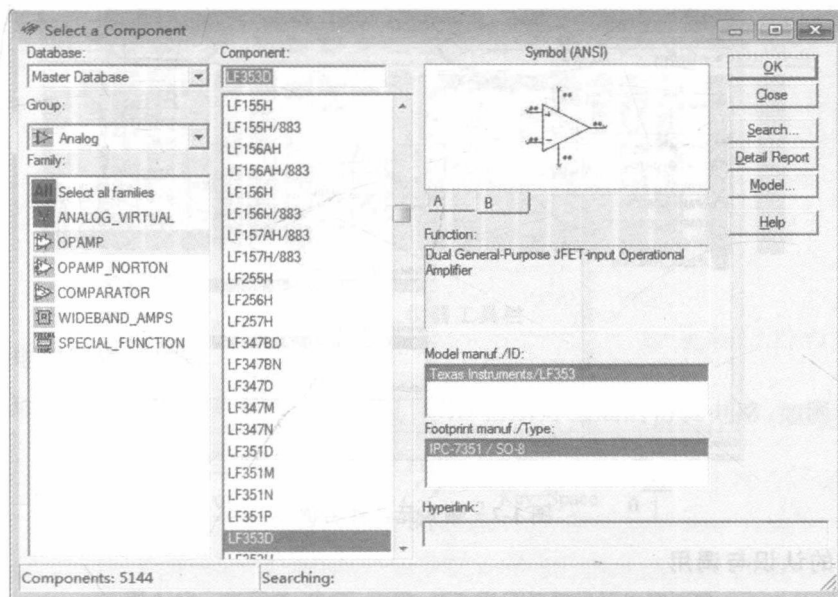


图 1-5 选取元器件

字集成电路库里的元器件十分全面了,同时 NI 公司也会不定期地进行元器件库的更新。

数字集成电路的调用如图 1-6 所示。

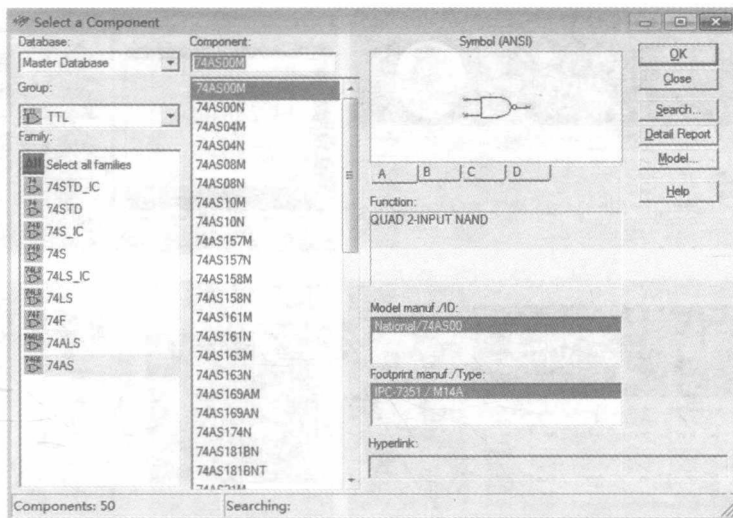


图 1-6 调用数字集成电路

元器件调用技巧:在日常使用中通常会需要一些芯片来进行电路仿真,如何快速找到需要的芯片呢?可以利用搜索功能,直接输入芯片型号,具体操作如下。

例如,仿真电路中需要 LM353 这个运放芯片,可以首先打开模拟集成电路库



然后在对话框中的元器件栏中直接输入对应的元器件名称,如图 1-7 所示;最后单击【OK】按钮即可。

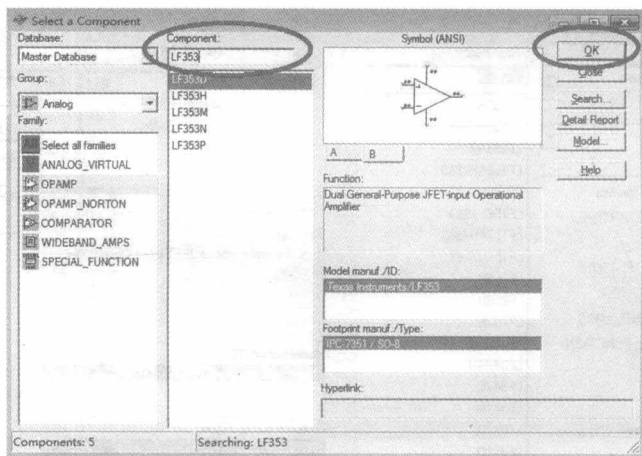


图 1-7 输入元器件名称

3. 仪器的认识与调用

在进行电路仿真的过程中,使用仪器对电路系统的状态和指标进行测试、分析。在Multisim软件中提供了大量的虚拟仪器,在这些仪器中,有些是系统自带的仪器,有些是其他仪器厂家的仪器。这些仪器在实际测试时的使用方法与真实仪器的使用方法一样,如图1-8所示。

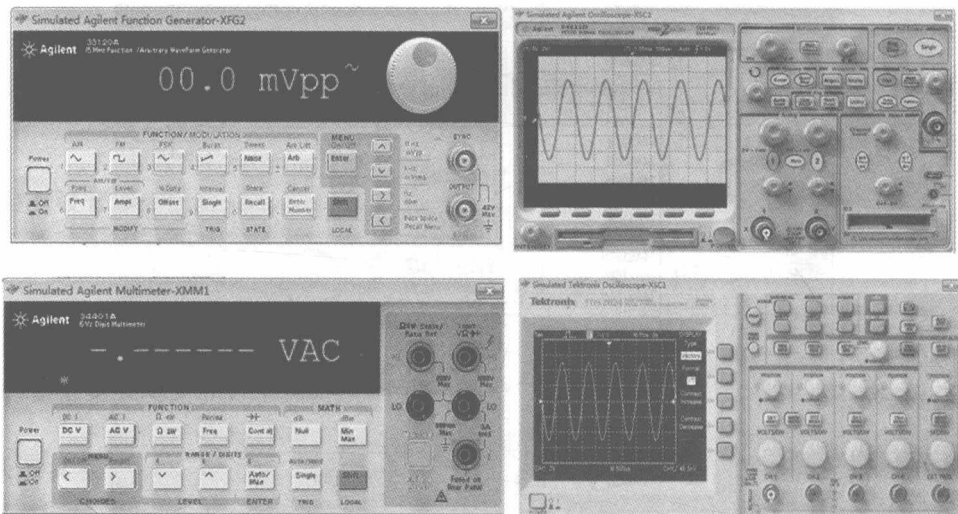


图 1-8 仪器的认识与调用

下面针对这些仪器进行详细介绍。首先在工具栏中可以找到对应的仪器,从左到右的仪器分别是:万用表、失真度测试仪、信号源、功率表、双通道示波器、频率计、安捷伦信号源、四通道示波器、波特图仪、伏安特性分析仪、字信号发生器、逻辑转换仪、逻辑分析仪、安捷伦示波器、安捷伦万用表、频谱分析仪、网络分析仪、泰克示波器、电流探针、虚拟仪器、测量探针。

在工具栏处按图标列表各仪器,如图1-9所示。

在正常电路仿真时,如需要仪器进行测试,可以通过单击图1-9中的工具栏图标,即可调用仪器,各仪器的设置、使用方法会在后续仿真实验过程中进行介绍。



图 1-9 仪器工具栏

4. 实际电路搭建与仿真

简单调取元器件搭建由开关、电源、电阻、LED 指示灯组成的仿真电路,如图 1-10 所示。

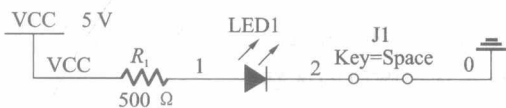


图 1-10 由开关、电源、电阻、LED 指示灯组成的仿真电路

在元器件库中一一调用上述元器件,并搭建电路,通过模拟仿真后,用开关控制红色 LED 灯的亮灭。要求利用万用表对 R_1 电阻两端电压进行测试并截图记录数据,对流过 LED 灯的电流进行测试并截图记录数据。

电路仿真图如图 1-11 所示。

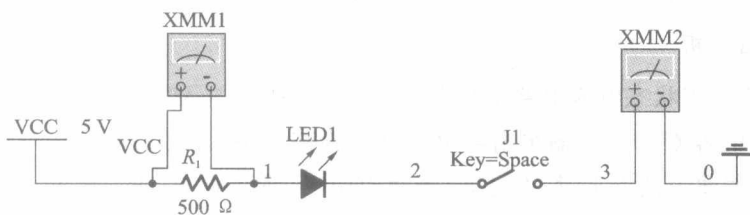


图 1-11 电路仿真图

电路搭建好后,通过点击仿真开关 ,即可进行电路仿真。

2.1 零输入响应与零状态响应

2.1.1 设计性仿真实验

一、实验目的

- (1) 通过 Multisim 软件搭建零输入响应与零状态响应电路。
- (2) 理解零输入响应与零状态响应的区别。
- (3) 进一步熟悉 Multisim 软件中的各类仪器的使用。

二、实验原理

1. 零输入响应与零状态响应

零输入响应: 没有外加激励的作用, 只有起始状态(起始时刻系统储能)所产生的响应。

零状态响应: 起始状态等于零, 在只有外加输入的作用下所产生的响应。

2. 典型电路分析

零输入响应与零状态响应电路图如图 2-1 所示。假设输入为方波, 分为两种情况: 当方波为高电平时, 电容 C_3 充电, 输出由零电平渐变为高电平, 此时的输出只与输入有关, 即为零状态响应; 当方波为低电平时, 电容 C_3 通过电阻 R_5, R_4 (或 R_6, R_4) 放电, 输出由高电平渐变为零电平。

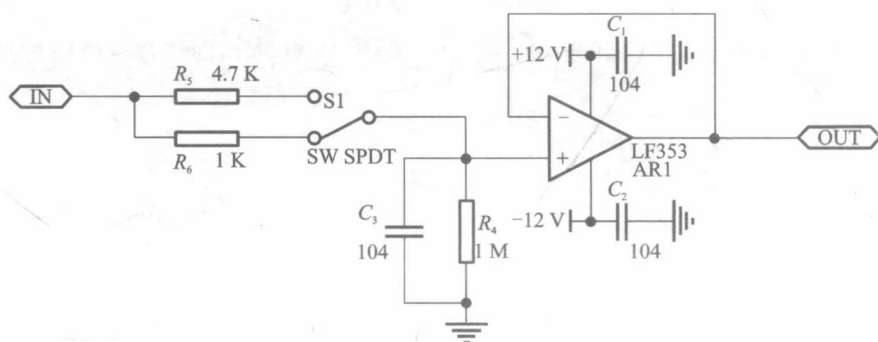


图 2-1 零输入响应与零状态响应电路图

三、实验过程

通过搭建电压跟随器电路, 对系统的零状态响应和零输入响应进行仿真分析。

参考第 1 章中的元器件的调取方法, 进行电路搭建和仿真, 仿真电路图如图 2-2 所示。

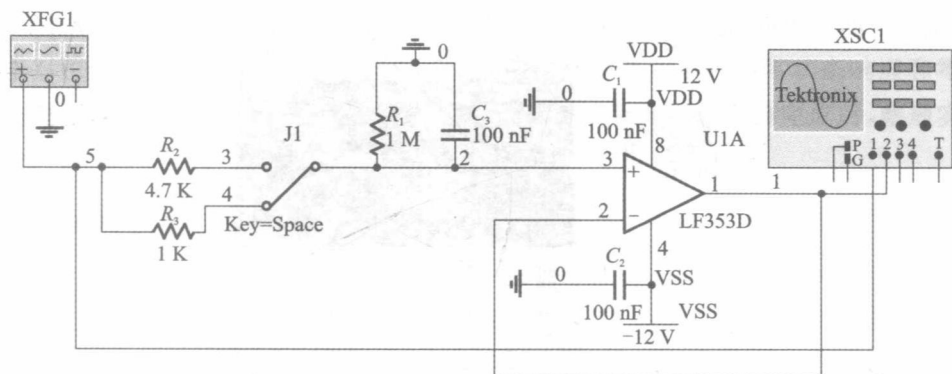


图 2-2 零输入响应与零状态响应仿真电路

对电路进行仿真,具体测试要求如下。

(1)从函数信号发生器输出一个 $f=5\text{ kHz}$,峰峰值为 1 V 的方波信号,通过导线引入到“零输入零状态响应”的输入端。

(2)用示波器的两个探头,一个观察输入信号,一个观察输出信号。当脉冲进入低电平阶段时,相当于激励被去掉,此时的响应即为零输入响应;当脉冲进入高电平阶段时,观察到的是系统的零状态响应。在不同的坐标系中分别记录输入和输出的波形,用示波器测量它们的幅度及频率。注意:将两个坐标系中的时间轴对齐。

(3)改变电路参数,观察系统响应。

将开关 K1 向下拨,电路的参数会发生改变,记录输入和输出的波形,用示波器测量它们的幅度及频率(注意:将两个坐标系中的时间轴对齐。),并与(2)中得出的输入、输出波形进行对比。

(4)改变输入,观察系统响应。

将开关 K1 向上拨,保持信号源频率、幅度不变,将 A 路占空比设置为 30% ,记录输入和输出的波形,用示波器测量它们的幅度及频率(注意:将两个坐标系中的时间轴对齐。),并与(2)、(3)中得出的输入、输出波形进行对比。

搭建电路时可以按电路布局对元器件进行调用,最后统一修改元器件参数即可。绘制电路中的元器件时,如果需要改变元器件的方向,可选中元器件后,用 $\text{Ctrl}+\text{R}$ 键进行改变,同样的操作也适用于对仪器方向的改变。

完成电路的仿真测试后,再进行波的抓取和数据的读取。对于不同的示波器,有不同的使用方法,在实验过程中并不指定使用哪种仪器,找一种用熟即可。

双击信号源,对信号源进行设置,如图 2-3 所示。

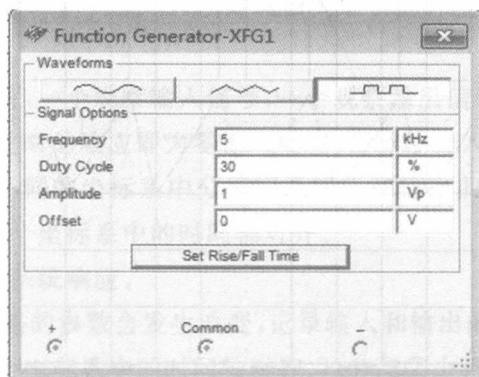


图 2-3 设置信号源

系统自带的双通道示波器的仿真结果如图 2-4 所示。

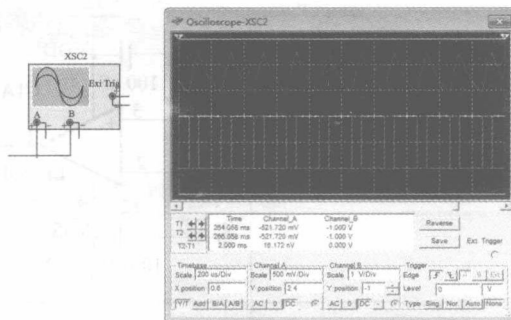


图 2-4 双通道示波器的仿真结果

利用安捷伦示波器进行仿真测试时,仿真结果如图 2-5 所示。

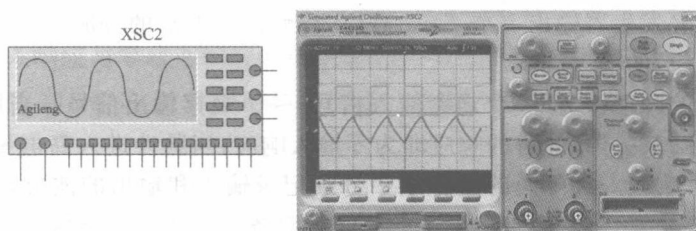


图 2-5 安捷伦示波器仿真结果

利用泰克示波器进行仿真测试时,仿真结果如图 2-6 所示。

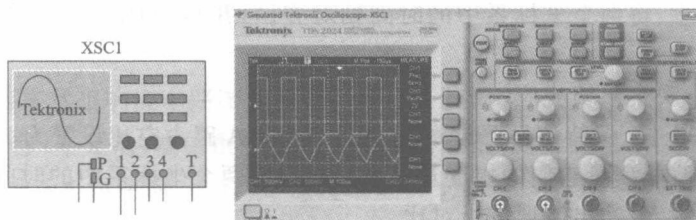


图 2-6 泰克示波器仿真结果

在仿真测试过程中,要求用一种型号的仪器进行测试即可。

仿真测试完成后,应将测试波形进行保存,如图 2-7 所示。

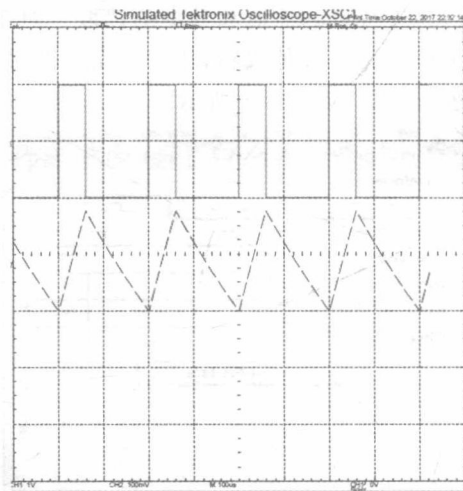


图 2-7 测试波形

(5)数据整理和波形抓取。

要求对由开关、电源、电阻、LED 指示灯组成的仿真电路和系统的零状态响应和零输入响应仿真电路进行截图整理,对所测试波形进行数据读取和保存。实验完成后,整理实验数据并上交一份电子文档。

2.1.2 硬件电路验证实验

一、实验目的

- (1)掌握电路的零输入响应。
- (2)掌握电路的零状态响应。
- (3)学会电路的零状态响应与零输入响应的观察方法。

二、实验内容

- (1)观察零输入响应的过程。
- (2)观察零状态响应的过程。

三、实验仪器

- (1)信号与系统实验箱一台(主板)。
- (2)系统时域与频域分析模块一块。
- (3)数字示波器一台。
- (4)函数信号发生器一台。
- (5)电源一台。

四、实验原理

同 2.1.1 节。

五、实验步骤

- (1)把系统时域与频域分析模块插在主板上,接 $\pm 12\text{ V}$ 两组电源。
- (2)观察系统的零输入响应和零状态响应特性。

①按下此模块上的电源开关 S1,拨动开关 K1,此时灯会亮(表示电源接入正确)。

从函数信号发生器输出一个 $f=5\text{ kHz}$,峰峰值为 1 V 的方波信号,通过导线引入到“零输入零状态响应”的输入端。

②用示波器的两个探头,一个观察输入信号,一个观察输出信号。当脉冲进入低电平阶段时,相当于激励被去掉,此时的响应即为零输入响应;当脉冲进入高电平阶段时,观察到的是系统的零状态响应。在不同的坐标系中分别记录输入和输出的波形,用示波器测量它们的幅度及频率。注意:将两个坐标系中的时间轴对齐。

③改变电路参数,观察系统响应。

将开关 K1 向下拨,电路的参数会发生改变,记录输入和输出的波形,用示波器测量它们的幅度及频率(注意:将两个坐标系中的时间轴对齐。),并与②中得出的输入、输出波形进行对比。

④改变输入,观察系统响应。

将开关 K1 向上拨,保持信号源频率、幅度不变,将 A 路脉宽设置为 $T_w = 0.03 \text{ ms}$,记录输入和输出的波形,用示波器测量它们的幅度及频率(注意:将两个坐标系中的时间轴对齐。),并与②、③中得出的输入、输出波形进行对比。

六、实验报告

- (1)用坐标纸依次绘出实验过程中所有的波形,标明其参数。
- (2)在输出波形中,标明零状态响应和零输入响应。
- (3)将上述②、③、④中的输出波形进行对比,并说明产生变化的原因。(选做)

七、实验思考题

在图 2-1 所示的电路中,根据实验提供的元器件,分析系统的零状态和零输入过程。

八、实验测试点的说明

测试点分别为:

输入 J1(孔和测试钩):信号的输入端。

输出:信号的输出端。

GND:与实验箱的地相连。