


高等学校工程应用型“十二五”系列规划教材



电子技术应用基础 (模拟部分)



钮文良 路 铭 罗映霞 编著



科学出版社

高等学校工程应用型“十二五”系列规划教材

电子技术应用基础(模拟部分)

钮文良 路 铭 罗映霞 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

为了配合应用型人才培养的需要,以及适应不同电类专业对电子技术掌握的需要,编写了《电子技术应用基础(模拟部分)》。全书分为10章,重点讨论现代电子技术的基本概念和应用,理论部分全部用例题来讲解,例题可以用仿真软件验证。全书主要包括电子系统分析基本概念、基本半导体器件、基本放大器电路、多级放大电路、电流源、功率放大电路、集成运算放大电路、反馈放大电路的分析、滤波电路与正弦信号产生、直流稳压电源等内容。本书各章后附有思考题与习题,习题内容全部可以仿真分析。

本书的目标是突出工程实际应用、分析方法、基本理论。

本书适用于电气、电子、通信、机电一体化、生物医学工程、物联网工程等工程应用型本科生,也可作为应用工程师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术应用基础:模拟部分/钮文良,路铭,罗映霞编著. —北京:科学出版社,2015.9

高等学校工程应用型“十二五”系列规划教材

ISBN 978-7-03-045606-9

I. ①电… II. ①钮… ②路… ③罗… III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 212011 号

责任编辑:潘斯斯 张丽花 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

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>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年9月第一次印刷 印张:22/1/2

字数:533 000

定价:52.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

电子技术和计算机技术的应用迅速发展,一方面是以集成电路为核心的应用技术,另一方面是根据需要设计专用集成电路的技术。这两个方面的技术构成了电子电路的技术核心和发展方向。

作为一门工科专业的技术基础,电子技术课程应当包含集成电路应用所需要的全部基本分析概念和技术,电子技术中应当包含半导体元件的认识与应用分析、基本电路分析及基本测试分析技术。这些技术内容的核心是模拟电路的核心概念,包括半导体元器件特性、基本电路特性、反馈分析概念、功率概念及波形分析概念。

随着信息技术和计算机技术的发展,电子技术的基本分析工具发生了巨大变化,仿真分析不再仅是一个附属方法,而是基本的分析技术。学习者可以通过仿真工具,对本书中的所有例题进行仿真分析。这样才能正确、自然地使用仿真工具,才能对仿真分析的结果做出正确的判断。

本书强调了用例题讲述电路模型分析理论在电子技术中的应用。这样就突出电子技术的应用、电子技术课程需要解决的内容和完成的任务。本书强调通俗易懂、突出应用、突出例题分析。

第1章论述基本电子元件和电子系统分析内容。通过本章的学习,学生可以初步了解电子技术需要解决的内容和完成的任务,了解电子电路和电子系统分析、设计与应用技术的科学。

第2章介绍半导体器件,是电子技术的核心,半导体器件组成的电子电路(特别是集成电路)是电子技术应用的基本研究对象。本章系统地介绍了半导体器件的特性、半导体器件的电路模型及工程参数。

第3~6章的主要目的是建立电子技术应用所必需的最基本概念,学习最基本分析方法,通过思考题与习题的学习,初步了解电子技术应用的基本内容及仿真工具的应用。

第7章的内容是学习运算放大器的基本特性、工程参数和应用分析。

第8章介绍放大电路的反馈特性、反馈的判断方法,比较全面地讲述了放大电路的四种基本组态。在工程应用中介绍了负反馈对放大电路性能的改善方法,介绍了负反馈放大电路的稳定性改善方法。

第9章是电子技术的应用。主要介绍两方面的内容:一是滤波电路,主要论述有源滤波电路,采用例题分析低通滤波电路、高通滤波电路、带通滤波电路、带阻滤波电路;二是正弦信号产生,主要论述RC正弦波振荡电路、LC正弦波振荡电路、石英晶体正弦波振荡电路。

第10章是电子技术的应用。主要介绍直流稳压电源、集成稳压电源。

本书第2~5章是学习电子技术的基础,突出电路应用分析方法和工程应用的概念。第8章是分析电路技术的基础,突出电路分析计算,突出应用。第6、7、9、10章属于技术应用,提供相应的基本电路,为学习电子技术的分析对象提供应用参考。

本书可用于64学时的模拟电子技术的教学,其中含有16学时的基本电路实验。

钮文良编写第 1~4 章,路铭编写第 5~7 章,罗映霞编写第 8、9 章并整理了附录内容,全书由钮文良编著并统稿。

北京联合大学的李哲英教授审阅了本书,并提出了许多宝贵的意见和建议。本书编写得到了北京联合大学应用科技学院的教师和相关领导的大力支持。作者在此对他们表示衷心的感谢。

由于是一种新的尝试,加之作者水平有限,书中若存在不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2015 年 7 月

目 录

前言

第 1 章 电子系统分析基本概念	1
1.1 基本电子元件	1
1.2 电子电路系统分析内容	4
1.3 电子电路和系统的分析方法	7
1.4 电子技术的发展趋势	9
思考题与习题.....	9
第 2 章 基本半导体器件	12
2.1 半导体基本原理与 PN 结	12
2.2 半导体二极管.....	19
2.3 双极型晶体三极管.....	35
2.4 场效应晶体管.....	51
本章小结	66
思考题与习题	67
第 3 章 基本放大器电路	71
3.1 放大器电路的基本概念与分析方法.....	71
3.2 三极管基本放大电路的分析.....	78
3.3 场效应管基本放大电路的分析.....	94
3.4 复合管放大电路	106
3.5 基本放大电路复合电路	111
3.6 放大电路频率响应的基本概念	113
3.7 基本放大电路的仿真分析方法	124
本章小结.....	125
思考题与习题.....	125
第 4 章 多级放大电路	132
4.1 多级放大电路耦合方式	132
4.2 多级放大电路的分析	135
4.3 差分放大电路	139
4.4 场效应管差分放大电路	155
4.5 互补耦合多级放大电路	157
4.6 直接耦合多级放大电路实例	160
本章小结.....	165
思考题与习题.....	165
第 5 章 电流源	170
5.1 基本电流源电路	170

5.2	镜像电流源分析	173
5.3	有源负载的放大电路	177
5.4	MOS管电流源电路	179
	本章小结	183
	思考题与习题	183
第6章	功率放大电路	187
6.1	功率放大电路的概述	187
6.2	功率放大电路	190
6.3	集成功率放大电路	201
	本章小结	204
	思考题与习题	205
第7章	集成运算放大电路	208
7.1	运算放大电路的基本结构与分析模型	208
7.2	运算放大电路的工程分析参数	213
7.3	基本集成运算放大电路	219
7.4	集成模拟乘法器及其在运算电路中的应用	241
7.5	集成运算电压比较电路	245
7.6	集成运放的选择	250
	本章小结	252
	思考题与习题	253
第8章	反馈放大电路的分析	256
8.1	负反馈的基本概念	256
8.2	负反馈放大电路的四种基本组态	263
8.3	负反馈放大电路的分析计算	268
8.4	负反馈对放大电路性能的改善	278
8.5	负反馈放大电路的稳定性	283
	本章小结	287
	思考题与习题	288
第9章	滤波电路与正弦信号产生	294
9.1	滤波电路的基本概念与分类	294
9.2	有源低通滤波电路	301
9.3	有源高通滤波电路	306
9.4	有源带通滤波电路	308
9.5	有源带阻滤波电路	310
9.6	正弦波振荡电路	311
9.7	RC正弦波振荡电路	314
9.8	LC正弦波振荡电路	317
9.9	石英晶体正弦波振荡电路	324
	本章小结	328
	思考题与习题	328

第 10 章 直流稳压电源	333
10.1 直流电源的组成	333
10.2 单相整流电路	333
10.3 滤波电路	338
10.4 稳压电路	340
思考题与习题	345
参考文献	347
附录 分贝表	348

第 1 章 电子系统分析基本概念

电子元器件的工作目的是按设计要求对电压或电流进行有效控制。按照一定的设计要求将电子元器件和其他辅助器件连接后,就形成了电子电路。连接方式的不同,所得的电子电路的基本功能也不同(如对电压信号的放大等)。把不同的电子电路按照设计要求组合起来,形成完成任务的电子系统(如收音机、电视机等)。因此,电子技术的基本分析对象是电子元器件组成的电子电路。

在科学研究和工程技术中,习惯上把由电子元器件组成的电路叫作电子电路。电子电路一般都具有独立的电路功能。由简单电子电路组成的、比较复杂并具有独立应用功能的电子电路叫作电子系统。电子技术(Electronics Technology)的目的,就是研究电子电路和电子系统分析、设计与应用技术。

本章主要论述基本电子元件和电子系统分析内容。

1.1 基本电子元件

1.1.1 电子元器件

元件是单一物理参数特性的物理实体,如二极管、三极管、电阻、电容、电感等。

器件是用元件通过各种不同方法组合的单元实体,具有相应的电路功能和参数特性,如集成电路器件、电子开关器件等。

电子元器件分类。电子元器件是组成电子电路和电子系统的最小单元,元器件的基本特性及参数是电子电路分析和设计的基本依据之一。器件结构、器件参数和器件用途是与器件有关的技术。

1. 器件结构

器件结构是指电子器件内部的电路结构,其中包括电路功能、输入输出结构等。从结构上划分,电子器件可分为分立半导体器件和集成电路器件。

(1) 分立半导体器件:是指二极管、三极管、场效应管等。它们是最基本的半导体器件。

(2) 集成电路器件:是指能独立完成某功能和参数特性的电子电路,如集成放大器、微处理器、存储器等。它们是采用将多个基本半导体器件构成的电路集成制作在同一个硅片上,组成具有特定电路功能和技术参数指标的器件。

2. 器件参数

器件参数是指描述电子器件特性的参数。例如,器件输入信号电压或输入信号电流的大小、器件使用的电源电压、输入电阻/输出电阻等。从信号处理功能上分,电子器件可分为模拟电路器件和数字电路器件两类。

(1) 模拟电路器件:处理模拟信号的分立半导体器件和集成电路,一般不能用来处理数字信号。

(2) 数字电路器件:用于处理数字逻辑信号的半导体器件和集成电路,不能用来处理模拟信号。

3. 器件用途

器件用途是完成基本功能和应用领域。例如,专用集成电路器件、通用运算放大器器件、逻辑门电路器件等。

一般把电子元器件分为无源电子器件、有源电子器件两大类。

1.1.2 无源电子器件

无源电子器件工作时,其内部没有任何形式的电源,也不需要外部附加电源就可以正常工作。无源器件在电子电路中所担当的电路功能可分为电路类器件、连接类器件。

1. 电路类器件

电路类器件是能改变信号性能的器件。

(1) 二极管:具有单向导电能力的半导体器件。

(2) 电阻器:实现电路电阻参数的器件。电阻器分为固定电阻器、可变电阻器和电阻排(也叫作电位器)。

(3) 电容器:能存储电能的器件。电容器分为固定电容器和可变电容器两种类型。固定电容器又分为普通电容器、电解电容器、钽电容器等。

(4) 电感:具有保存磁能的器件。电子系统中使用的电感器件以线圈为主。

(5) 变压器:能实现交流电压幅度变换的器件。在电子电路中用于通信电路中的变压器称为高频变压器。用于稳压电源的变压器称为电源变压器。由于变压器是采用电感线圈和铁心制作的,所以变压器是一种特殊的电感器。

(6) 继电器:用电能控制机械开关的器件。其功能是实现控制开关,例如,用电信号控制的电路开关、用低电压控制的高电压开关等。

(7) 按键:一种特殊的开关器件。按键一般用来控制电子系统的工作,例如,计算机的键盘。

(8) 蜂鸣器、喇叭:把电能转换成声波的电子器件。蜂鸣器只能发出单一频率的声音,而喇叭则可以发出多频率混合的声音(例如,语音)。喇叭根据其阻抗分为 8Ω 、 35Ω 、 75Ω 不同的类型。

(9) 开关:一种具有两个或多个接触点的电子器件,用于控制电源和信号传输等。

2. 连接类器件

(1) 连接器:用于电子电路与电子电路不同部分的连接。

(2) 插座:分为电源插座和信号插座。

(3) 连接电缆:使用电缆的目的是传输信号或电能。常用的连接电缆有双绞线、扁平电缆、高温线、多芯导线、单芯导线、屏蔽电缆。

(4) 印刷电路板(PCB):一种用特殊印刷方法制作的电路板,用来安装电路器件。

1.1.3 有源电子器件

有源电子器件工作时,其内部有电源存在且必须有外加电源才能正常工作,这种器件叫作有源器件。有源电子器件是电子电路的主要器件,从结构、电路功能和工程参数上,有源电子器件可以分为分立器件和集成电路器件三大类。

1. 分立器件

(1) 双极性三极管:具有电流放大能力的半导体器件,也是集成电路的基本器件。

(2) 场效应管:利用电场效应形成电流放大的半导体器件。

(3) 晶闸管:也叫作可控硅,是一种能通过大电流的电流控制半导体开关的器件,是一种无触点开关器件。

(4) 半导体电阻与电容:用集成技术制造的电阻和电容,用于集成电路中。

2. 模拟集成电路器件

模拟集成电路器件是用来处理模拟电压或电流信号的集成电路器件。模拟集成电路器件一般包括如下几类。

(1) 集成运算放大器:集成运算放大器简称运放,是一种具有良好工作特性、使用方便的集成电路器件,可用于信号放大、微分、积分、滤波等电路。

(2) 比较器:能比较输入信号幅度大小的器件,输出的是直流电压信号。

(3) 对数和指数放大器:对输入信号进行对数或指数计算处理的集成电路器件。

(4) 模拟乘/除法器:对两个输入信号进行乘法或除法运算的集成电路器件。

(5) PLL 电路:锁相环电路,是工程中常用的一个专用电路。

(6) 集成稳压器:用来稳定输出电压的集成电路器件,有线性器件和开关器件两种。

(7) 参考电源:为电子电路提供精密参考电压的集成器件。

(8) 波形发生器:产生某些特定波形的专用集成电路器件。

(9) 功率放大器:实现信号功率放大的集成电路器件。

3. 数字集成电路器件

(1) 基本逻辑门:用来组成各种数字电路的基本逻辑电路的器件。

(2) 触发器:根据输入信号的状态和条件来决定输出信号状态的逻辑电路器件。

(3) 寄存器:逻辑门电路和触发器电路组成的逻辑电路器件,可以保存相应的数字。

(4) 译码器:对输入数字信号进行编码转换的数字电路器件。

(5) 数据比较器:能对数字信号进行比较的电路器件。

(6) 计数器:能对数字信号进行计数的电路器件。

(7) 可编程逻辑器件(PLD):在软件编程控制下形成各种需要的数字电路或系统。

(8) 微处理器:计算机系统的核心器件。

(9) 单片机:由 CPU、总线电路和各种不同外围电路组成的专用处理器器件。

(10) DSP(Digital Signal Processor,DSP):具有数字信号处理的专用器件。

除了上述基本电子器件外,在工程实际中还设计了大量专用电子器件,以满足工程实际的需要。需要指出的是,各种专用电子器件(特别是集成电路器件),其基本结构都是由上述基本

电路组合而成的。因此,专用集成电路器件也具有与通用集成电路器件相似或相同的特点。

1.2 电子电路系统分析内容

电子电路系统分析的目的,是为工程应用和科学研究提供电子电路的分析模型和分析结果。同时,分析技术也是电子电路系统设计的基础。

1.2.1 器件分析、电路分析、系统分析

电子电路系统分析可分为器件分析、电路分析和系统分析等。这是电子电路与系统分析的三个不同层次。

1. 器件分析

器件分析的基本任务是器件为电路分析和系统分析提供电路特性的物理模型(电阻、电容、电感、二极管、三极管、理想电源等)和行为特性模型。通过器件分析,可以得到电子器件在不同条件下所具有的工作特点和工作状态。这些工作特点和工作状态统称为器件的行为特性,是分析、设计和实现电子电路和系统的基础。

器件的物理模型是指使用基本电路元件(如电阻、电容、电感、理想电源等)对电子器件物理电学参数(如电阻、电容、电感、电流、电压等)和基本功能的描述。器件的物理模型也叫作器件的等效电路模型,是电子器件的一种近似描述。必须注意,器件的物理模型是在一定的限制条件下建立的,因此,在使用器件的物理模型时必须注意适用条件。

2. 电路分析

电路分析是对具体电路功能和工作特性进行分析。分析电路在给定输入和其他限制条件下所具有的工作状态及其特点。电路特性分析的任务是为特性分析提供一个电路特性的物理模型和分析模型,其结果能提供电路行为特性(例如,电路的功能、输入输出关系等),以及各种参数之间的关系。这些分析结果为电子电路设计、维护和运行操作提供了技术指导。

电路分析的目的是为电子电路与系统提供具体的实现技术,是电子电路与系统设计的基础。电路分析关心如下问题。

(1) 所分析的对象具有什么样的电路功能,其元件参数是如何影响电路功能的,以及这些参数与给定限制条件之间的关系。

(2) 提供电路参数调整的指导。

(3) 提供用实际电路实现设计要求电路的指导,并提供解决理想特性与实际特性之间矛盾的技术与方法。

3. 系统分析

系统分析是在器件分析和电路分析的基础之上,建立电子系统的分析模型,对电子系统的整体功能和技术指标的特性进行统一分析。

电子系统是由多个不同功能和不同参数特性的电路组成的,这些电路之间的连接可能会对各自独立的电路特性产生影响。因此,系统分析中应当充分考虑相互连接所引起的电路特性变化。系统分析所关心的是系统的整体特性和技术指标,所以,系统分析是用来描述整个电

子系统行为和技术指标的基本方法。

由上述讨论可知,分析解决的是理论问题,也就是电路系统设计目标的实现问题。同时,也指出了参数与系统行为的关系,以作为具体电路设计的依据。

1.2.2 电子电路系统分析的基本内容

电子电路系统分析必须建立在基本物理概念和物理定律之上,才能对电子电路和系统进行正确的工程分析。

工程实际关心的基本问题如下。

- (1) 独立的电路具有什么功能?
- (2) 电路组成后的系统具有什么功能?
- (3) 如何用电子技术实现一个系统的功能?
- (4) 电路或系统能够达到什么样的技术指标?

从以上4条可以看出,工程上所关心的基本问题,必须用工程的基本参数和基本描述语言来回答以上4个问题,这就是电子电路系统分析的基本内容。

电路分析是电子电路及其系统分析中的最基本分析工具,是对电子电路或系统进行正确分析的一个重要条件。电子技术的基本分析理论和方法,则来自电路理论、信号与系统理论和半导体物理学等理论。

1. 电子电路结构分析

电子电路结构分析的基本内容包括两部分:一是电路的基本结构特点,二是实现电路基本结构的方法。其中,第一部分是决定电路或系统基本特性的关键。例如,数字电路和模拟电路是两个基本的结构。

在电子电路的结构分析中,必须注意,用工程技术的基本概念和方法对电路或系统的结构进行描述,实际上就是基本电子技术概念的应用。这种应用是工程师必须掌握的基本分析技术。电子电路或系统的结构分析,是以掌握电子技术基本原理为基础的,没有对电子技术的深入了解和掌握,就无法正确分析电子电路或系统的结构。

2. 电子电路特性与参数分析

在工程应用中,对电子电路特性与参数分析通常使用时间或频率两个基本物理变量,就是说,把电子电路或系统中的电压、电流以及其他相关参数看作时间或频率的函数。因此,电子电路的特性和参数分析中,应当包括时间特性分析和频率特性分析。

1) 时间特性分析

电子电路或系统的时间特性可以用静态和动态两个特性来描述。

所谓静态特性,是指电路在输入信号或所设置的条件不随时间发生变化时,电路所具有的行为特性,例如,当没有信号输入时放大器的行为特性。

所谓动态特性,是指当给定条件随时间发生变化时,系统行为随时间变化的规律。

在进行时间特性分析时,电路或系统的基本物理变量是时间(系统或信号是时间的函数),因此,时间特性分析也叫作**时域分析**,即在时间域内进行分析。**时域分析**实际上就是利用物理学中的基本变量——时间对电路或系统特性进行描述的一种方法。

例如,某电子电路的输出电压表达式为 $u_o(t) = 10\sin 200\pi t$, 给定 $t = 0.005$, 则得到 $u_o(t) = 10\sin\pi = 0$ 。由此可知,时间特性分析可以实现对电子电路或系统在任一时刻点上的行为描述。

2) 频率特性分析

频率特性分析时,电路或系统的基本物理变量是频率(系统的固有频率和信号的频率),因此,频率特性分析也叫作**频域分析**,即在频率域内进行分析。频率分析实际上就是利用物理学中的基本变量——频率对电路或系统特性进行描述的一种方法。

电子电路与系统的频率特性,可以用频谱和频带宽度两个参数来描述。

频谱是电子电路与系统的基本频率特征。频谱所反映的是电子电路或系统幅度以及相位随频率变化的规律,是电子电路或系统所固有的频率特性。频率特性说明了电子电路或系统对不同频率信号的处理能力与结果。通过频谱分析,可以了解电子电路与系统具有的最高和最低频率之差。可以了解电路或系统的频率特性及其对输入信号的影响。

例如,如果一个系统的最低和最高频率分别为 0Hz 和 100kHz,则该系统的频带为 100kHz。

在工程技术中,参数分析包括输入或输出信号的电压、电流、频率、系统时间常数、频率特性,以及电路器件数据等。

电子电路的参数分析一般包括输入参数、输出参数、噪声等。在进行参数分析时,同样采用时域分析或频域分析的方法。这是因为电路或系统的时间特性或频率特性都是由器件和电路结构决定的。电子电路和系统的重要参数特性一般包括如下几项。

(1) 频率特性:反映了电子电路或系统中,信号幅度、相位与信号频率之间的关系,是电子电路或系统最重要的特性之一。

(2) 反馈特性:反映了电子电路或系统的输出对系统特性的影响,是电子电路或系统的一个基本特性。

(3) 稳定性:反映电子电路或系统稳定工作的基本特征。

(4) 灵敏度:主要是指电路器件对电路输入输出特性的影响。

(5) 输入和输出特性:取决于器件的电路结构。

(6) 分布参数特性:电路结构所引起的无源参数 R 、 L 、 C 。

(7) 温度特性:取决于电路器件和结构的电路特性。在电子电路或系统中,温度特性对电路或系统的工作有重要的影响。

(8) 噪声特性:代表电路器件和结构所引起的干扰。

(9) 电磁兼容特性:代表电子电路或系统对电磁噪声的抑制能力,包括对外来噪声和自身产生的噪声的抑制。

(10) 器件与电路的负载特性:反映了电子电路或系统功率输出的能力。

对于不同的电路,对上述参数特性的要求不尽相同,并不是每次都需要作完整分析,而是根据电路的应用特点有选择地进行分析。

1.3 电子电路和系统的分析方法

1.3.1 电子电路和系统的实验分析方法

电子电路的实际实现结果往往与理论设计结果之间存在一定的差距,这个差距有时还相当大。因此,通过实验可以检验设计结果、发现设计缺陷。可以说,实验是学习电子技术的重要方法。

1. 电子电路和系统实验的目的

在工程中采用了大量的简化分析技术和方法,使电子电路的设计和分析结果往往与实际情况具有一定的差距,因此,必须通过实验对电路的分析结果和设计结果进行检验或验证。

1) 通过实验检验电路设计结果的正确性

电子电路的设计是在理想条件下,将电路中的元器件理想化,采用的电路或系统是线性非时变系统。在实际工程中,器件并非理想的器件,同时,实际中的电路或系统也绝不是用线性和不随时间变化的特点来描述的。因此,电子电路的设计分析结果与实际电路情况是否相符,必须由实验来检验。

2) 通过实验对电路进行调试

调试的目的是通过调整和测试,使所设计的电子电路或电子系统达到设计要求。可以说,只有设计要求和调试结果相一致时,才能说完成了电子电路系统的设计。因此,电路调试技术对于电子技术来说是十分重要的部分。调试过程,实际上是根据测试结果对电子电路或系统参数进行调整的过程。

3) 通过实验的手段研究电路特性

在工程中,可以直接利用实验的方法来解决实际问题,这样可以直接把实验结果作为研究问题的出发点。

2. 实验的内容和实验的技术

1) 实验的内容

通过实验可以正确地分析实际电路和选择实验手段。实验手段包括实验方案、实验进程和观测结果。

2) 实验的技术

实验技术包括正确地使用仪器,熟练地操作仪器。必须做到对电路的基本状态有正确的理解和预测。分析实验结果并提出真实数据和改进指导。

1.3.2 现代电子系统的分析和设计工具

1. 仿真分析与仿真工具

仿真分析是使用计算机对所设计的电子电路或系统进行研究,得到电子电路或系统的特性,并通过仿真结果修改实际系统设计和参数(也就是修改工程模型和物理模型)。仿真研究也叫作电子技术的CAD,是电子设计自动化(EDA)的基础。

目前比较流行的电子电路仿真分析计算机语言有Spice、VHDL和Verilog HDL等。对模拟电子电路进行描述的计算机语言是Spice。此外,还有一些可以直接输入物理模型而不使

用语言输入方式的电子电路和系统分析、设计和仿真软件工具,例如, SystemView、ADS、Multisim、MATLAB 等。

例 1.3.1 用 Multisim 观察图 1.3.1 所示 RC 电路的输出。输入信号为方波,信号的频率分别为 100Hz、10kHz、10MHz,分析仿真结果。

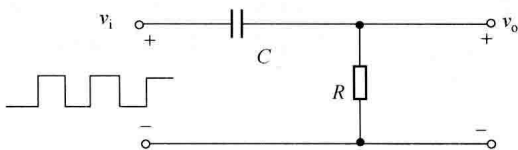


图 1.3.1 RC 电路

解 (1) 利用 Multisim 中提供的元件库连接图 1.3.1 所示电路(包括信号源)。设置 $R=10\text{k}\Omega$, $C=1\mu\text{F}$ 。

(2) 加上方波信号,在频率为 100Hz、10kHz、10MHz 时的方波作用下,电路的输出如图 1.3.2 所示。

从图 1.3.2 可以看出,电路属于微分电路,即对输入信号进行了微分处理。还可以用输入正弦波进行验证。

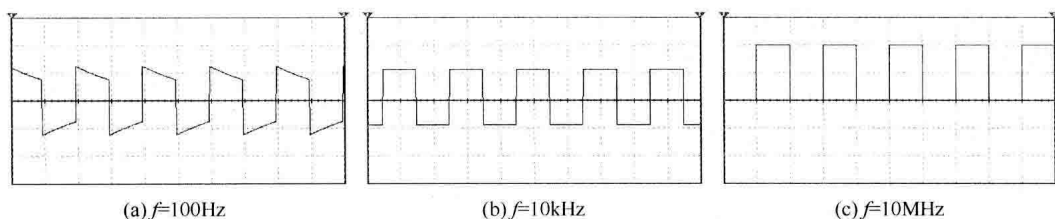


图 1.3.2 输入方波时图 1.3.1 所示电路的输出波形

图 1.3.2 指出,随着频率的增加,电容的作用越来越弱,当达到 10MHz 时,电容相当于短路状态。

2. 仿真分析工具的基本应用要领

对于模拟电子电路,可以使用 Pspice 进行硬件描述和仿真,这时需要对所仿真电路或元器件的结构和参数用 Pspice 所规定的计算机语言进行描述。也可以采用直接输入物理模型的方法,也就是通常所说的电路图输入方法对所要仿真的电路进行描述,这时可以使用 Multisim 等软件平台所提供的绘图界面。

此外,如果已知电路的基本行为特性和基本物理模型的连接结构,则可以先建立电路或系统的数学模型,再用 SystemView 或 Commsim 软件进行仿真研究。SystemView 是一种以数学模型为基础、兼顾电路物理模型的仿真工具,与前几种仿真工具不同的是,要求使用者具有较强的数学模型概念。

无论使用哪种仿真工具都必须了解 3 个内容:必须了解软件工具的基本工作条件,因此,应当根据工程电路的具体工作条件和要求,对软件进行相应的设置;必须了解软件中所使用的基本模型,如电路或系统的数学模型;必须了解实际电路所具有的特殊条件,如工作条件和环境。

1.4 电子技术的发展趋势

现代电子技术所关心的已经不再是简单的电路集成,而是系统集成,就是把整个系统制作在一个集成电路芯片上(System on Chip, SOC)。因此,现代电子技术的发展趋势可以包括两个方面,一个是硬件系统集成技术,另一个是系统设计软件技术。

硬件系统集成技术包括电路集成和系统集成。电路集成的基本特点是,实现完整的电路功能,用户不必关心具体的实现技术,只关心器件的使用参数。这样就把复杂的电路设计和调试实现工作,变成了简单的模块电路连接设计和调试工作。不仅提高了工作效率,也提高了电路的可靠性和其他技术特性。系统集成是指把完整的系统功能集成在一起,集成后的系统完全满足系统所有功能和技术指标。

系统集成包括硬件集成、软件集成和固件集成3种。

(1) 硬件集成:把系统全部功能集成在一个电路芯片中,用户只要附加少量外部元件,就可以形成完整的系统。例如,收音机集成电路、信号发生器集成电路。

(2) 软件集成:把系统功能用所有的控制软件集成在一个平台内,可以实现对系统的完整控制。例如,工业控制系统、PC多媒体系统等。

(3) 固件集成:固件是指软件控制下的硬件电路器件。由此可知,固件集成实际上就是通过硬件和软件的集成,形成一个完整的系统。例如,数码相机、工业马达控制器、变频调速器、图形加速器、IP电话等。

现代电子技术的另一个重要发展领域是系统设计软件技术。没有现代系统设计软件技术的发展,就没有现代电子技术。目前软件技术的主要目标就是实现彻底的和真正的电子电路或系统设计的自动化。

思考题与习题

思考题

- 1.1 电子技术在哪些工业领域中得到了应用?
- 1.2 什么叫作电子器件? 什么叫作电子系统?
- 1.3 有源电子器件和无源电子器件的定义是什么? 二者在使用上有什么区别?
- 1.4 欧姆定律的基本数学表达式代表了电路器件中的什么关系? 能否把欧姆定律称作电子器件的基本数学模型? 为什么?
- 1.5 如果一个直流电压的幅度随时间变化,能不能说这是一个直流分量与一个交流分量的叠加结果? 为什么?
- 1.6 实验在电子技术的学习和应用中具有怎样的作用?
- 1.7 能否通过实验的方法对电子器件的电路特性进行研究? 为什么?
- 1.8 电子技术实验的主要目的是什么?
- 1.9 电子电路实验包括哪些基本内容?
- 1.10 对电子技术而言,信号处理包括哪些基本内容? 与之对应的有哪些电路?
- 1.11 为什么对电子电路要进行频率分析? 其意义何在?
- 1.12 为什么说仿真研究对电子技术的学习和应用具有重要的意义?
- 1.13 仿真实验与真实实验的区别是什么?