

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

高等学校电工电子实践系列

电工电子实验 与计算机仿真 (第二版) (下)

邹其洪 主编 黄智伟 高嵩 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等学校电工电子实践系列

电工电子实验与计算机仿真

(第二版)(下)

邹其洪 主 编

黄智伟 高 嵩 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

《电工电子实验与计算机仿真》(第二版)分上、下册,共9章。本书是下册,包含第8章和第9章,介绍了数字电路的实际工程实验和NI Multisim 计算机仿真实验,VHDL/FPGA 数字系统计算机仿真实验基础与方法,组合逻辑电路和时序逻辑电路的VHDL 程序设计与仿真实验,数字系统VHDL 程序设计与仿真实验。上册包含第1~7章,介绍了常用电工测量仪表和电子实验测量仪器的使用方法,常用电电子电路元器件,电子电路仿真软件NI Multisim 的操作,电路原理实验,三相电机和直流电机的电机性能与控制方法实验。

本书提供的实验项目内容详细完整,并将实际工程实验与NI Multisim 计算机仿真实验、VHDL 程序设计有机地结合在一起,能够满足不同条件下的教学需要。多媒体课件、实验电路的NI Multisim 设计文件、VHDL 程序及仿真图等,可登录华信资源教育网(www.huaxin.edu.cn),注册后免费下载。

本书可以作为高等学校电子信息工程、自动化、电气工程、通信工程等相关专业本科生的电工、电子技术基础课程的实验教材,也可以作为参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材。

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

电工电子实验与计算机仿真. 下/邹其洪主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2008.5

(高等学校电工电子实践系列)

ISBN 978-7-121-06595-8

I. 电... II. 邹... III. ①电工试验—计算机仿真—高等学校—教材②电子技术—实验—计算机仿真—高等学校—教材 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第060632号

责任编辑:陈晓莉 特约编辑:李双庆

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市金马印装有限公司

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:787×980 1/16 印张:20.75 字数:465千字

印 次:2008年5月第1次印刷

印 数:4000册 定价:30.00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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

再版前言

本书是一本根据教育部《关于加强高等学校本科教育工作提高教学质量的若干意见》文件精神 and 《高等教育基础实验教学示范中心建设标准》要求, 参照《高等工程学校电子技术基础课程教学基本要求》以及《普通高等教育"十五" 国家规划教材》的立项要求, 编写的一本能够满足高等学校电子信息工程、自动化、电气工程、通信工程等相关专业实验教学的实验课程教材。

本书是《电工电子实验与计算机仿真(2003 第1版)》的修订版, 修订版更新了电子电路计算机仿真软件, 增加了 VHDL/FPGA 计算机仿真实验等内容。其特点是: 能够满足电工电子实验的课程体系改革和实验教学改革的要求; 实验内容详细完整, 能与大多数高等学校实验中心的实验设备配套; 引进计算机仿真技术, 将计算机虚拟实验与传统的实际工程实验有机地结合, 提供给学生先进的实验技术和发挥想象力、创造力的空间。

全书分上、下册, 共9章。上册包含第1~7章, 下册为第8章和第9章。本书是下册部分, 主要内容有: 第8章介绍了译码器、数据选择器、触发器、计数器、移位寄存器、脉冲分配器、自激多谐振荡器、单稳态触发器、施密特触发器、555 时基电路、D/A、A/D 转换器、智力竞赛抢答器、电子秒表、数字频率计、直流数字电压表等20项数字电路实验, 并将 NI Multisim 计算机仿真实验与实际工程实验有机地结合在一起。第9章介绍了现代数字系统的设计方法、FPGA 的基本结构; 详细介绍了原理图输入方法, VHDL 文本输入方法、状态图输入方法, Modelsim XE II v5.6e 的基本操作, ISE5.2 中的综合工具 XST, 综合、实行、配置、编译与编程等 VHDL/FPGA 数字系统计算机仿真实验方法; 介绍了门电路、数据选择器、编码器、译码器、比较器、二进制加法器、奇偶校验电路等7项组合逻辑电路的 VHDL 程序设计与仿真实验; 介绍了 RS 触发器、T 触发器、JK 触发器、D 触发器、4 位寄存器、4 位移位寄存器、异步二进制加法计数器、同步计数器、可逆计数器、6 分频器等10项时序逻辑电路的 VHDL 程序设计与仿真实验; 介绍了四人抢答器、等精度测频原理的频率计、电子时钟、函数发生器、电子琴、电子密码锁、出租车计价器、交通灯控制器、汽车尾灯控制器、电梯控制器等10项数字系统 VHDL 程序设计与仿真实验; 所有实验都提供了完整的 VHDL 程序和详细仿真过程。

本书上册的主要内容有: 第1章介绍了电工仪表基本知识, 指示式仪表的基本结构, 电流表、电压表、功率表的原理和使用方法。第2章介绍了示波器、函数发生器、数字万用表等电子测量仪器的原理、选择及其应用方法。第3章介绍了常用电子电路元件、器件

的主要性能参数与识别方法。第4章介绍了电子电路计算机仿真软件 NI Multisim 10 的基本操作方法, NI Multisim 10 的元件及仪器库栏, 虚拟电子器件及操作使用, 虚拟电路的组建与运行, 虚拟仪器仪表及使用操作方法及电路分析方法。第5章介绍基尔霍夫定律、叠加原理、戴维南定理、RLC电路的响应、三相交流电路电压、电流和功率的测量、功率因数及相序的测量等26项电路原理实验, 第6章介绍了三相电机和直流电机的电机性能与控制方法实验。第7章介绍了晶体管放大器、场效应管放大器、集成运算放大器应用电路、RC和LC正弦波振荡器、函数信号发生器、压控振荡器、低频功率放大器、直流稳压电源、晶闸管可控整流电路等21项模拟电路实验。

全书都提供了近100个的实验项目, 有验证型的实验, 也有综合设计型的实验。实验项目按照实验目的、实验原理、实验设备与器件、实验内容要求、计算机仿真实验、实验总结和预习要求进行排列, 内容详细完整, 将实际工程实验和计算机虚拟实验有机地结合在一起。

本书具有如下特点:

- (1) 紧密配合课程内容与体系改革和实验教学改革的要求;
- (2) 内容详细完整, 能与大多数高等学校实验中心的实验设备配套;
- (3) 引入计算机仿真技术, 将计算机虚拟实验与传统的实际工程实验有机地结合, 提供给学生先进的实验技术和发挥想象力、创造力的空间;
- (4) 提供多媒体课件、实验电路的 NI Multisim 设计文件、VHDL 程序及仿真图等, 可登录华信资源教育网 www.huaxin.edu.cn, 注册后免费下载。

本书可以作为高等学校电子信息工程、自动化、电气工程、通信工程等相关专业本科生电子技术基础课程的实验教材, 也可以作为参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材。

本书由南华大学电气工程学院《电工电子实验与计算机仿真》教材编写组编写, 邹其洪完成了第1、2、3、5、6、7、8章的编写, 黄智伟提出了整书的基本结构与思路, 完成了第4、9章的编写, 高嵩、管金云、陈文光、朱卫华、王彦、赵艳辉、李传琦、李富英、李宗伦、彭丽婧、李圣、王新辉、刘辉、田丹丹、张海军、林杰文、王凤玲、余丽、王亮、黄松、王怀涛和刘宏等老师参加了编写工作, 南华大学电气工程学院电子信息工程、自动化、电气工程及其自动化、电工电子基础等教研室的其他老师也提出了不少有益的建议, 中国浙江天煌科技实业有限公司给予了大力的支持, 在此一并表示感谢。

南华大学电气工程学院
《电工电子实验与计算机仿真》教材编写组
2008年2月于南华大学

目 录

上 册

第 1 章 常用电工测量仪表	(1)
1.1 电工仪表基本知识	(1)
1.2 指示式仪表的基本结构	(2)
1.2.1 磁电系仪表的结构和工作原理	(2)
1.2.2 电磁系仪表的结构和工作原理	(4)
1.2.3 电动系仪表的结构和工作原理	(6)
1.3 电流表、电压表及功率表的原理和使用	(7)
1.3.1 电流表的工作原理	(7)
1.3.2 电压表的工作原理	(7)
1.3.3 功率表的工作原理	(8)
第 2 章 常用电子测量仪器	(10)
2.1 电子示波器	(10)
2.1.1 示波器的工作原理	(10)
2.1.2 示波器在电压、相位、时间和频率测量中的应用	(13)
2.1.3 CS-4125A 示波器操作面板说明	(21)
2.1.4 6502 示波器操作面板说明	(25)
2.2 YB1600P 函数信号发生器	(31)
2.2.1 面板说明	(31)
2.2.2 基本操作方法	(33)
2.3 直流稳压电源	(34)
2.4 数字式万用表	(36)
2.5 交流毫伏表	(37)
第 3 章 常用电子电路元器件的识别与主要性能参数	(39)
3.1 电阻器的简单识别与型号命名法	(39)
3.1.1 电阻器的分类	(39)
3.1.2 电阻器的型号命名	(40)
3.1.3 电阻器的主要性能指标	(41)

3.1.4	电阻器的简单测试	(43)
3.1.5	选用电阻器常识	(43)
3.2	电容器的简单识别与型号命名法	(44)
3.3	电感器的简单识别与型号命名法	(48)
3.4	半导体器件的简单识别与型号命名法	(50)
3.4.1	二极管的识别与简单测试	(51)
3.4.2	三极管的识别与简单测试	(53)
3.5	半导体集成电路型号命名法	(55)
3.5.1	集成电路的型号命名法	(55)
3.5.2	集成电路的分类	(56)
3.5.3	集成电路外引线的识别	(57)
第 4 章	NI Multisim 10 计算机仿真软件	(58)
4.1	NI Multisim 10 计算机仿真软件简介	(58)
4.2	Multisim 的基本界面	(59)
4.2.1	Multisim 的主窗口	(59)
4.2.2	Multisim 菜单栏	(60)
4.2.3	Multisim 工具栏	(68)
4.2.4	Multisim 的元器件库	(69)
4.2.5	Multisim 仪器仪表库	(78)
4.3	Multisim 的基本操作	(78)
4.3.1	文件基本操作	(78)
4.3.2	编辑(Edit)的基本操作	(79)
4.3.3	创建子电路(Place→New Subcircuit)	(80)
4.3.4	在电路工作区内输入文字(Place→Text)	(81)
4.3.5	输入注释(Place→Comment)	(82)
4.3.6	编辑图纸标题栏(Place→Title Block)	(82)
4.4	电路创建的基础	(83)
4.4.1	元器件的操作	(83)
4.4.2	电路图选项的设置	(86)
4.4.3	导线的操作	(90)
4.4.4	输入/输出端	(91)
4.5	仪器仪表的使用	(92)
4.5.1	仪器仪表的基本操作	(92)
4.5.2	数字多用表(Multimeter)	(92)
4.5.3	函数信号发生器(Function Generator)	(92)

4.5.4	瓦特表(Wattmeter)	(93)
4.5.5	示波器(Oscilloscope)	(93)
4.5.6	波特图仪(Bode Plotter)	(95)
4.5.7	字信号发生器(Word Generator)	(96)
4.5.8	逻辑分析仪(Logic Analyzer)	(97)
4.5.9	逻辑转换仪(Logic Converter)	(99)
4.5.10	失真分析仪(Distortion Analyzer)	(100)
4.5.11	频谱分析仪(Spectrum Analyzer)	(101)
4.5.12	网络分析仪(Network Analyzer)	(101)
4.5.13	IV(电流/电压)分析仪	(103)
4.5.14	测量探针和电流探针	(103)
4.5.15	电压表	(104)
4.5.16	电流表	(104)
4.6	电路分析方法	(104)
4.6.1	Multisim 的分析菜单	(104)
4.6.2	直流工作点分析(DC Operating Point...)	(104)
4.6.3	交流分析(AC Analysis...)	(107)
4.6.4	瞬态分析(Transient Analysis...)	(108)
4.6.5	傅里叶分析(Fourier Analysis...)	(110)
4.6.6	噪声分析(Noise Analysis...)	(111)
4.6.7	噪声系数分析(Noise Figure Analysis...)	(112)
4.6.8	失真分析(Distortion Analysis)	(113)
4.6.9	直流扫描分析(DC Sweep...)	(114)
4.6.10	灵敏度分析(Sensitivity...)	(115)
4.6.11	参数扫描分析(Parameter Sweep...)	(117)
4.6.12	温度扫描分析(Temperature Sweep...)	(118)
4.6.13	零—极点分析(Pole Zero)	(119)
4.6.14	传递函数分析(Transfer Function...)	(121)
4.6.15	最坏情况分析(Worst Case...)	(122)
4.6.16	蒙特卡罗分析(Monte Carlo...)	(124)
4.6.17	导线宽度分析(Trace Width...)	(125)
4.6.18	批处理分析(Batched...)	(126)
4.6.19	用户自定义分析(User Defined...)	(127)
	本章小结	(128)
	思考题与习题	(129)

第 5 章 电路原理实验	(131)
5.1 基本电工仪表的使用与测量误差的计算	(131)
5.2 减小仪表测量误差的方法	(134)
5.3 电路元件伏安特性实验	(138)
5.4 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	(141)
5.5 基尔霍夫定律的验证	(145)
5.6 叠加原理的验证	(146)
5.7 电压源与电流源的等效变换	(149)
5.8 戴维南定理	(153)
5.9 受控源 VCVS, VCCS, CCVS, CCCS 的实验研究	(157)
5.10 典型电信号的观察与测量	(162)
5.11 RC 一阶电路的响应测试	(166)
5.12 二阶动态电路响应的研究	(170)
5.13 R, L, C 元件阻抗特性的测定	(173)
5.14 用三表法测量电路等效参数	(176)
5.15 正弦稳态交流电路相量的研究	(181)
5.16 RC 选频网络特性测试	(186)
5.17 R, L, C 串联谐振电路的研究	(189)
5.18 双口网络测试	(193)
5.19 互感电路实验	(198)
5.20 单相铁芯变压器特性的测试	(201)
5.21 三相交流电路中电压及电流的测量	(204)
5.22 三相电路功率的测量	(208)
5.23 单相电度表的校验	(212)
5.24 功率因数及相序的测量	(215)
5.25 负阻抗变换器	(218)
5.26 回转器	(221)
第 6 章 电动机实验	(227)
6.1 三相异步电动机点动和自锁控制电路	(227)
6.2 三相异步电动机的正、反转控制	(229)
6.3 三相鼠笼异步电动机的工作特性	(231)
6.4 直流他励电动机在各种运转状态下的机械特性	(239)
第 7 章 模拟电路实验	(243)
7.1 常用电子仪器的使用	(243)
7.2 晶体管共发射极单管放大器	(248)

7.3	场效应管放大器	(257)
7.4	负反馈放大器	(262)
7.5	射极跟随器	(266)
7.6	差动放大器	(270)
7.7	集成运算放大器指标测试	(275)
7.8	集成运算放大器的基本应用(Ⅰ)——模拟运算电路	(281)
7.9	集成运算放大器的基本应用(Ⅱ)——有源滤波器	(286)
7.10	集成运算放大器的基本应用(Ⅲ)——电压比较器	(292)
7.11	集成运算放大器的基本应用(Ⅳ)——波形发生器	(296)
7.12	RC 正弦波振荡器	(302)
7.13	LC 正弦波振荡器	(306)
7.14	函数信号发生器的组装与调试	(309)
7.15	压控振荡器	(312)
7.16	低频功率放大器(Ⅰ)——OTL 功率放大器	(315)
7.17	低频功率放大器(Ⅱ)——集成功率放大器	(319)
7.18	直流稳压电源(Ⅰ)——串联型晶体管稳压电源	(323)
7.19	直流稳压电源(Ⅱ)——集成稳压器	(328)
7.20	晶闸管可控整流电路	(332)
7.21	应用实验——温度监测及控制电路	(336)
参考文献		(342)

下 册

第 8 章	数字电路实验	(343)
8.1	晶体管开关特性、限幅器与钳位器	(343)
8.2	TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(347)
8.3	CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	(353)
8.4	集成逻辑电路的连接和驱动	(359)
8.5	组合逻辑电路的设计与测试	(363)
8.6	译码器及其应用	(366)
8.7	数据选择器及其应用	(371)
8.8	触发器及其应用	(377)
8.9	计数器及其应用	(384)
8.10	移位寄存器及其应用	(390)
8.11	脉冲分配器及其应用	(396)

8.12	使用门电路产生脉冲信号——自激多谐振荡器	(400)
8.13	稳态触发器与施密特触发器——脉冲延时与波形整形电路	(404)
8.14	555 时基电路及其应用	(411)
8.15	D/A 和 A/D 转换器	(418)
8.16	智力竞赛抢答装置	(424)
8.17	电子秒表	(427)
8.18	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	(432)
8.19	数字频率计	(439)
8.20	拔河游戏机	(445)
第 9 章	VHDL/FPGA 数字系统计算机仿真实验	(450)
9.1	VHDL/FPGA 数字系统计算机仿真实验基础	(450)
9.1.1	VHDL/FPGA 的设计方法与要求	(450)
9.1.2	FPGA 的设计流程	(452)
9.1.3	FPGA 设计工具——ISE 5. x	(457)
9.1.4	Xilinx 的 FPGA 器件	(462)
9.2	VHDL/FPGA 数字系统计算机仿真实验方法	(464)
9.2.1	设计输入方法实验	(464)
9.2.2	VHDL 语言输入方法实验	(471)
9.2.3	状态图输入方法实验	(475)
9.2.4	IP 复用实验	(482)
9.3	功能仿真实验	(488)
9.3.1	ModelSim XE II v5. 6e 的基本操作	(489)
9.3.2	建立测试激励文件并仿真	(493)
9.3.3	功能仿真实例 1: 可逆计数器	(496)
9.3.4	功能仿真实例 2: 3—8 译码器	(500)
9.4	综合、实行、配置、编译与编程	(502)
9.4.1	ISE5. 2 中的综合工具 XST	(502)
9.4.2	基于 ISE5. 2 的实行设计	(509)
9.4.3	基于 ISE5. 2 的下载配置	(515)
9.5	组合逻辑电路程序设计与仿真实验	(518)
9.5.1	二输入与门电路程序设计与仿真实验	(518)
9.5.2	四选一数据选择器程序设计与仿真实验	(526)
9.5.3	8-3 编码器程序设计与仿真实验	(530)
9.5.4	多位比较器程序设计与仿真实验	(532)

9.5.5	4 位二进制加法器程序设计与仿真实验	(535)
9.5.6	8 位奇偶校验电路程序设计与仿真实验	(537)
9.5.7	3-8 译码器程序设计与仿真实验	(539)
9.6	时序逻辑电路程序设计与仿真实验	(547)
9.6.1	RS 触发器程序设计与仿真实验	(547)
9.6.2	T 触发器程序设计与仿真实验	(550)
9.6.3	JK 触发器程序设计与仿真实验	(553)
9.6.4	D 触发器程序设计与仿真实验	(556)
9.6.5	4 位寄存器程序设计与仿真实验	(559)
9.6.6	4 位移位寄存器程序设计与仿真实验	(561)
9.6.7	异步二进制加法计数器程序设计与仿真实验	(564)
9.6.8	同步计数器程序设计与仿真实验	(566)
9.6.9	可逆计数器程序设计与仿真实验	(569)
9.6.10	6 分频器程序设计与仿真实验	(576)
9.7	数字系统程序设计与仿真实验	(579)
9.7.1	四人抢答器程序设计与仿真实验	(579)
9.7.2	采用等精度测频原理的频率计程序设计与仿真实验	(588)
9.7.3	电子时钟程序设计与仿真实验	(594)
9.7.4	函数发生器程序设计与仿真实验	(603)
9.7.5	电子琴程序设计与仿真实验	(615)
9.7.6	电子密码锁程序设计与仿真实验	(623)
9.7.7	出租车计价器程序设计与仿真实验	(627)
9.7.8	交通灯控制器程序设计与仿真实验	(635)
9.7.9	汽车尾灯控制器程序设计与仿真实验	(646)
9.7.10	电梯控制器程序设计与仿真实验	(654)
参考文献		(662)

第 8 章 数字电路实验

8.1 晶体管开关特性、限幅器与钳位器

1. 实验目的

- (1) 观察晶体二极管、三极管的开关特性, 了解外电路参数变化对晶体管开关特性的影响。
- (2) 掌握限幅器和钳位器的基本工作原理。

2. 实验原理

(1) 晶体二极管的开关特性

由于晶体二极管具有单向导电性, 故其开关特性表现在正向导通与反向截止两种不同状态的转换过程。

如图 8.1.1 所示电路, 输入端施加一方波激励信号 u_i , 由于二极管结电容的存在, 因而有充电、放电及存储电荷的建立与消散的过程。因此当加在二极管上的电压突然由正向偏置 ($+U_1$) 变为反向偏置 ($-U_2$) 时, 二极管并不立即截止, 而是出现一个较大的反向电流 $-\frac{U_2}{R}$, 并维持一段时间 t_s (称为存储时间) 后, 电流才开始减小; 再经 t_f (称为下降时间)

后, 反向电流才等于静态特性上的反向电流 I_0 。 $t_{rr} = t_s + t_f$ 叫做反向恢复时间, t_{rr} 与二极管的结构有关, PN 结面积小, 结电容小, 存储电荷就少, t_s 就短, 同时也与正向导通电流和反向驱动电流有关。

当管子选定后, 减小正向导通电流和增大反向驱动电流, 可加速电路的转换过程。

(2) 晶体三极管的开关特性

晶体三极管的开关特性是指管子从截止到饱和导通, 或从饱和导通到截止的转换过程, 而且这种转换都需要一定的时间才能完成。

图 8.1.2 所示电路的输入端施加一个足够幅度 (在 $-U_2$ 和 $+U_1$ 之间变化) 的矩形脉冲电压激励信号 u_i , 就能使晶体管从截止状态进入饱和导通状态, 再从饱和导通状态进入截止状态。可见晶体管 V 的集电极电流 i_c 和输出电压 u_o 的波形已不是一个理想的矩形波, 其起始部分和平顶部分都延迟了一段时间, 其上升沿和下降沿都变得缓慢了。如图 8.1.2 波形所示, 从 u_i 开始跃升到 i_c 上升到 $0.1I_{CS}$, 所需时间定义为延迟时间 t_d , 而 i_c 从 $0.1I_{CS}$ 增长到 $0.9I_{CS}$ 的时间为上升时间 t_r ; 从 u_i 开始下降, 到 i_c 下降到 $0.9I_{CS}$ 的时间为存储时间 t_s , 而 i_c 从 $0.9I_{CS}$ 下降到 $0.1I_{CS}$ 的时间为下降时间 t_f 。通常称 $t_{on} = t_d + t_r$ 为三极管开关的“接通时间”, $t_{off} = t_s + t_f$ 称为“断开时间”。形成上述开关特性的主要原因是晶体管结电容所引起。

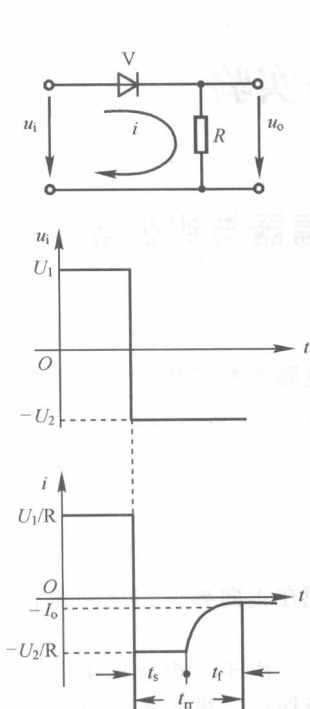


图 8.1.1 晶体二极管的开关特性

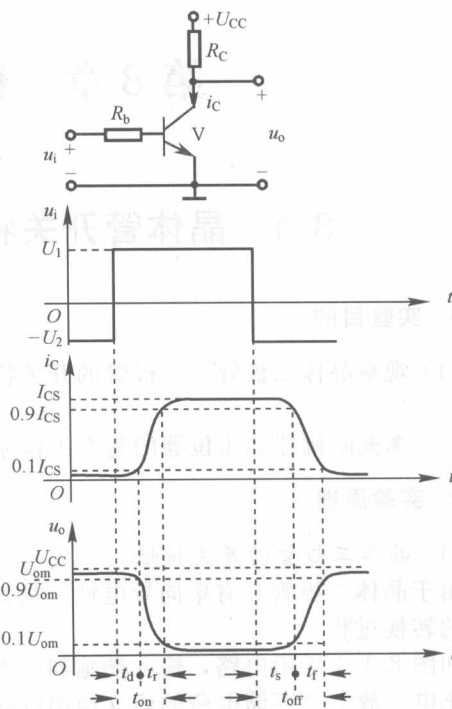


图 8.1.2 晶三极管的开关特性

改善晶体三极管开关特性的方法是采用加速电容 C_b 和在晶体管的集电极加二极管 V_1 钳位, 如图 8.1.3 所示。 C_b 是一个近百皮法的小电容, 在 u_i 正跃变期间, 由于 C_b 的存在, R_{b1} 相当于被短路, u_i 几乎全部加到基极上, 使 V_2 迅速进入饱和状态, t_d 和 t_r 大大缩短。当 u_i 负跃变时, R_{b1} 再次被短路, 使 V_2 迅速截止, 也大大缩短了 t_s 和 t_f 。可见 C_b 仅在瞬态过程中起作用, 稳态时相当于开路, 对电路没有影响。 C_b 既加速了晶体管的接通过程又加速了断开过程, 故称之为加速电容。这是一种经济有效的方法, 在脉冲电路中得到广泛应用。

钳位二极管 V_1 的作用是当管子 V_2 由饱和状态进入截止状态时, 随着电源对分布电容和负载电容的充电, u_o 逐渐上升。因为 $U_{CC} > E_C$, 当 u_o 超过 E_C 后, 二极管 V_1 导通, 使 u_o 的最高值被钳位在 E_C 上, 从而缩短 u_o 波形的上升沿, 而且上升沿的起始部分又比较陡, 大大缩短了输出波形的上升时间 t_r 。

(3) 限幅器

利用二极管与三极管的非线性特性, 可构成限幅器和钳位器。它们均是一种波形变换电路, 在实际中均有广泛的应用。二极管限幅器是利用二极管导通和截止时呈现的阻抗不同来实现限幅的, 其限幅电平由外接偏压决定。三极管则利用其截止和饱和特性实现限幅。钳位的目的是将脉冲波形的顶部或底部钳位在一定的电平上。

3. 实验设备与器件

仔细查看数字电路实验装置的结构：直流稳压电源、信号源、逻辑开关、逻辑电平显示器，元器件位置的布局及使用方法。具体实验设备与器件有：

- | | |
|---|---------|
| ① $\pm 5\text{V}$, $+15\text{V}$ 直流电源 | ② 双踪示波器 |
| ③ 连续脉冲源 | ④ 音频信号源 |
| ⑤ 直流数字电压表 | |
| ⑥ 1N4007, 3DG6, 3DK2, 2AK2, 以及 R、C 元件若干 | |

4. 实验内容

在实验装置合适位置放置元件，然后接线。

(1) 二极管反向恢复时间的观察。按图 8.1.4 所示接线， E 为偏置电压 ($0\sim 2\text{V}$ 可调)

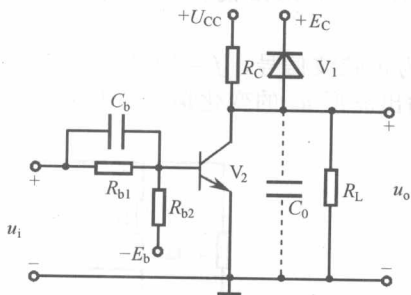


图 8.1.3 改善三极管开关特性的电路

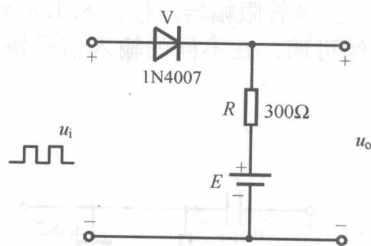


图 8.1.4 二极管开关特性实验电路

① 输入信号 u_i 为频率 $f=100\text{kHz}$ 、幅值 $U_m=3\text{V}$ 的方波信号， E 调至 0V ，用双踪示波器观察并记录输入信号 u_i 和输出信号 u_o 的波形，读出存储时间 t_s 和下降时间 t_f 的值。

② 改变偏置电压 E (由 0V 变到 2V)，观察输出波形 u_o 的 t_s 和 t_f 的变化规律，记录结果并进行分析。

(2) 三极管开关特性的观察。按图 8.1.5 所示接线，输入 u_i 为 100kHz 方波信号，晶体管选用 3DG6A。

① 将 B 点接至负电源 $-E_b$ ，使 $-E_b$ 在 $0\sim -4\text{V}$ 之间变化。观察并记录输出信号 u_o 波形的 t_d 、 t_r 、 t_s 和 t_f 的变化规律。

② 将 B 点换接在接地点，在 R_{b1} 上并联一 30pF 的加速电容 C_b ，观察 C_b 对输出形的影响；然后将 C_b 更换成 300pF ，观察并记录输出波形的变化情况。

③ 去掉 C_b ，在输出端接入负载电容 $C_L=30\text{pF}$ ，观察并记录输出波形的变化情况。

④ 在输出端再并接一负载电阻 $R_L=1\text{k}\Omega$ ，观察并记录输出波形的变化情况。

⑤ 去掉 R_L ，接入限幅二极管 $V_2(2\text{AK2})$ ，观察并记录输出波形的变化情况。

(3) 二极管限幅器按图 8.1.6 所示接线，输入 u_i 为 $f=10\text{kHz}$ ， $U_{PP}=4\text{V}$ 的正弦波信号。令 $E=2\text{V}$, 1V , 0V , -1V ，观察输出波形 u_o ，并列表记录。

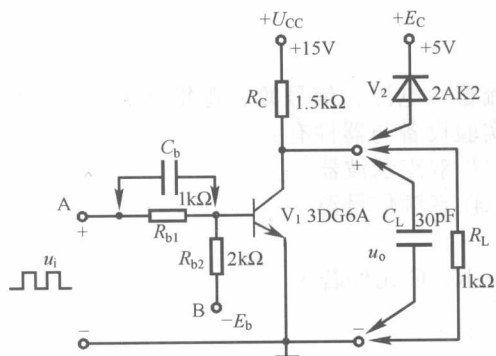


图 8.1.5 三极管开关特性实验电路

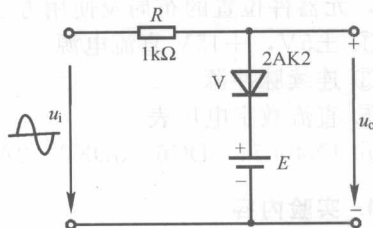


图 8.1.6 二极管限幅器

(4) 二极管钳位器按图 8.1.7 所示接线, u_i 为 $f=10\text{kHz}$ 的方波信号, 令 $E=1\text{V}$, 0V , -1V , -3V , 观察输出波形, 并列表记录。

(5) 三极管限幅器。按图 8.1.8 所示接线, u_i 为正弦波信号, $f=10\text{kHz}$, U_{PP} 在 $0\sim 5\text{V}$ 范围连续可调。在不同的输入信号幅度下, 观察输出波形 u_o 的变化情况, 并列表记录。

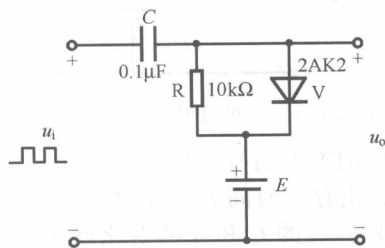


图 8.1.7 二极管钳位器

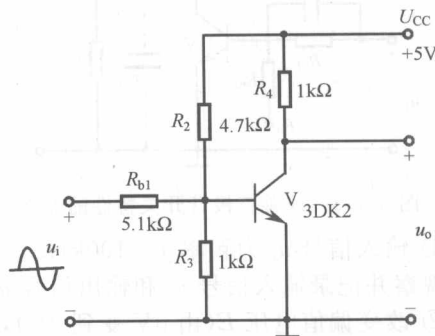


图 8.1.8 三极管限幅器

5. 仿真实验

(1) 在 Multisim 平台上建立如图 8.1.9 所示二极管限幅器仿真电路。启动仿真开关, 激活电路进行分析。

(2) 根据本节实验内容的要求在 Multisim 平台上逐项完成余下的仿真实验, 并分析仿真结果。

6. 实验预习要求

- (1) 如何由 $+5\text{V}$ 和 -5V 直流稳压电源获得 $+3\sim -3\text{V}$ 连续可调的电源。
- (2) 熟知二极管、三极管开关特性的表现及提高开关速度的方法。
- (3) 在二极管钳位器和限幅器中, 若将二极管的极性或偏压的极性反接, 输出波形会出现什么变化?

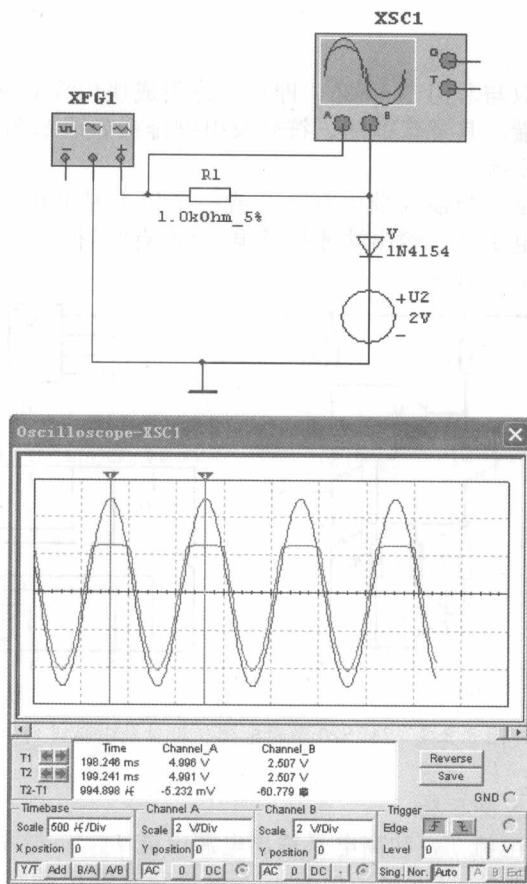


图 8.1.9 二极管限幅器仿真电路

7. 实验报告

- (1) 将实验观测到的波形画在方格坐标纸上，并对它们进行分析和讨论。
- (2) 总结外电路元件参数对二极管、三极管开关特性的影响。

8.2 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试

1. 实验目的

- (1) 掌握 TTL 集成与非门的逻辑功能和主要参数的测试方法。
- (2) 掌握 TTL 器件的使用规则。
- (3) 进一步熟悉数字电路实验装置的结构、基本功能和使用方法。