

高等学校教材·电子信息

电子电路

测试与实验

朱定华
陈 林 编著
吴建新



清华大学出版社

高等学校教材·电子信息

电子电路测试与实验

朱定华 陈林 吴建新 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

全书分为4章。第1章为模拟电路实验;第2章为数字逻辑电路实验;第3章为 OrCAD 在电子技术中的应用实验;第4章为在系统可编程技术实验。实验内容及其难易程度覆盖了不同层次的教学要求,各任课教师可灵活选用。本书可作为高等学校“模拟电子技术”、“数字电路与逻辑设计”等课程的实验用书,也可以供从事电子技术、计算机应用与开发的科研人员和工程技术人员学习参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路测试与实验/朱定华,陈林,吴建新编著. —北京:清华大学出版社,2004.4
(高等学校教材·电子信息)

ISBN 7-302-08285-5

I. 电... II. ①朱...②陈...③吴... III. ①电子电路—测试—高等学校—教材
②电子电路—实验—高等学校—教材 IV. TN707

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 019137 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社总机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 魏江江

封面设计: 杨 兮

印 装 者: 清华大学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 16.75 字数: 412 千字

版 次: 2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08285-5/TN·179

印 数: 1~5000

定 价: 23.00 元

高等学校教材·电子信息

编审委员会成员

(按姓氏笔画排序)

- 王志功(东南大学 教授)
王成山(天津大学电气与自动化工程学院 教授)
王煦法(中国科学技术大学信息科学技术学院 教授)
王新龙(南京大学 教授)
王成华(南京航空航天大学 教授)
方 勇(上海大学 教授)
方建安(东华大学信息科学与技术学院 教授)
邓元庆(解放军理工大学理学院基础部 教授)
冯久超(华南理工大学 教授)
冯全源(西南交通大学 教授)
刘惟一(云南大学信息学院 教授)
刘复华(武汉理工大学 教授)
朱守正(东北师范大学 教授)
张秉权(沈阳工业学院 教授)
张丽英(长春大学电子信息工程学院 教授)
张德民(重庆邮电学院通信与信息工程学院 教授)
迟 岩(集美大学信息工程学院 教授)
何明一(西北工业大学 教授)
何怡刚(湖南大学电气与信息工程学院 教授)
何 晨(上海交通大学 教授)
余成波(重庆工学院 教授)
林 君(吉林大学 教授)
金炜东(西南交通大学 教授)
郑永果(山东科技大学信息学院 教授)
赵鹤鸣(苏州大学电子信息学院 教授)
徐佩霞(中国科学技术大学 教授)
郭从良(中国科学技术大学电子科学与技术系 教授)
郭维廉(天津大学电子信息工程学院 教授)

曾凡鑫 (重庆通信学院 教授)
曾喆昭 (长沙理工大学电气与信息工程学院 教授)
曾孝平 (重庆大学通信工程学院 教授)
韩俊刚 (西安邮电学院计算机系 教授)
彭启琮 (电子科技大学 教授)
谢显中 (重庆邮电学院 教授)
樊昌信 (西安电子科技大学通信工程学院 教授)

前 言

本书是“模拟电子技术”和“数字电路与逻辑设计”的实验教材。“模拟电子技术”和“数字电路与逻辑设计”是实践性很强的课程。只有通过实验,才能巩固这两门课程的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书全面地介绍了电子电路的应用与开发技术。本书共有模拟电路、数字逻辑电路、OrCAD 在电子技术中的应用及在系统可编程技术方面的 30 个实验。其中既有验证性和训练性的实验,也有应用性和设计性的实验。每个实验都附有实验原理、实验电路和思考题,多数学生通过自学即可自行完成实验。实验内容及其难易程度覆盖了不同层次的教学要求,各院校可依据自己的情况灵活安排教学内容。

本书由朱定华、陈林、吴建新编写。参加本书编写工作的人员还有饶志强、翟晟、李志文、吕建才等。

由于作者的水平有限和编写时间的仓促,书中的不妥之处在所难免,殷切希望读者批评指正。

编 者

2004.1.8 于武昌喻家山

目 录

第 1 章 模拟电路实验	1
实验 1 常用电子仪器的使用	1
1.1 实验目的	1
1.2 实验原理	1
1.2.1 示波器	1
1.2.2 函数信号发生器/计数器 EE1641B	1
1.2.3 直流稳压电源	2
1.2.4 万用表	2
1.3 实验元器件	2
1.4 实验内容	2
1.4.1 函数发生器的使用	2
1.4.2 示波器的使用	3
1.4.3 直流稳压电源的使用	6
1.5 注意事项	6
1.6 思考题	6
实验 2 单级晶体管阻容耦合放大电路	7
2.1 实验目的	7
2.2 实验原理	7
2.2.1 电路工作原理	7
2.2.2 静态工作点的设置与测试	8
2.2.3 动态指标(A_v 、 R_i 、 R_o)与测试方法	9
2.2.4 频率特性和通频带 BW	10
2.2.5 负反馈对放大器的影响	11
2.3 实验元器件	13
2.4 实验内容	13
2.5 注意事项	14
2.6 思考题	14
实验 3 共射-共集晶体管放大电路	14
3.1 实验目的	14
3.2 实验原理	14
3.2.1 电路工作原理	14
3.2.2 静态工作点的设置与测试	15
3.2.3 动态指标(A_v 、 R_i 、 R_o)及其测试	16
3.2.4 通频带 BW 的测试	17

3.3	实验元器件	17
3.4	实验内容	17
3.5	注意事项	18
3.6	思考题	19
实验4 集成运算放大器性能参数的测试		19
4.1	实验目的	19
4.2	实验原理	19
4.2.1	测试运算放大器的传输特性及输出电压的动态范围	20
4.2.2	测试开环电压放大倍数 A_{VO}	21
4.2.3	测试输入失调电压 V_{IO}	21
4.2.4	测试输入失调电流 I_{IO}	22
4.2.5	测试共模抑制比 K_{CMR}	22
4.2.6	测试增益-带宽积	23
4.2.7	测试转换速率	23
4.3	实验元器件	24
4.4	实验内容	25
4.5	注意事项	26
4.6	思考题	27
实验5 基本运算放大器电路		27
5.1	实验目的	27
5.2	实验原理	27
5.2.1	反相放大器	27
5.2.2	同相放大器	28
5.2.3	加法器	29
5.2.4	减法器	30
5.2.5	微分器	30
5.2.6	积分器	31
5.3	实验元器件	32
5.4	实验内容	33
5.5	注意事项	34
5.6	思考题	34
实验6 RC有源滤波电路		34
6.1	实验目的	34
6.2	实验原理	34
6.2.1	二阶有源低通滤波器	35
6.2.2	二阶有源高通滤波器	35
6.3	实验元器件	36
6.4	实验内容	36
6.5	注意事项	38

6.6 思考题	38
实验 7 函数发生器电路	38
7.1 实验目的	38
7.2 实验原理	39
7.2.1 RC 正弦波振荡器	39
7.2.2 比较器	40
7.2.3 方波-三角波产生器	41
7.3 实验元器件	42
7.4 实验内容	42
7.5 注意事项	43
7.6 思考题	43
实验 8 差分放大电路	43
8.1 实验目的	43
8.2 实验原理	43
8.2.1 单运放差分放大电路	43
8.2.2 双运放差分放大器	45
8.2.3 三运放差分放大电路	46
8.3 实验元器件	47
8.4 实验内容	47
8.4.1 电路的设计与调试	47
8.4.2 主要技术指标的测量	48
8.5 注意事项	49
8.6 思考题	49
实验 9 集成稳压器	49
9.1 实验目的	49
9.2 实验原理	50
9.3 实验元器件	52
9.4 实验内容	52
9.5 注意事项	53
9.6 思考题	53
实验 10 精密全波整流电路	53
10.1 实验目的	53
10.2 实验原理	53
10.3 实验元器件	55
10.4 实验内容与步骤	55
10.5 注意事项	55
10.6 思考题	55
实验 11 音响放大器电路	55
11.1 实验目的	55

11.2	实验原理	56
11.2.1	音响放大器的基本组成	56
11.2.2	混合前置放大器	56
11.2.3	音调控制器	56
11.2.4	功率放大器	63
11.2.5	音响放大器几项性能指标及测试方法	65
11.2.6	设计举例	66
11.3	实验内容	69
11.4	实验元器件	71
11.5	注意事项	71
11.6	思考题	72
第2章	数字电路实验	74
实验12	TTL与非门的参数测试	74
12.1	实验目的	74
12.2	实验原理	74
12.3	实验元器件	75
12.4	实验内容	75
12.5	注意事项	77
12.6	思考题	78
实验13	小规模(SSI)组合逻辑电路的设计	78
13.1	实验目的	78
13.2	实验原理	78
13.2.1	组合逻辑电路设计	78
13.2.2	组合逻辑电路中的竞争冒险	80
13.3	实验元器件	80
13.4	实验内容	81
13.5	注意事项	81
13.6	思考题	81
实验14	中规模(MSI)组合逻辑电路的设计	81
14.1	实验目的	81
14.2	实验原理	82
14.3	实验元器件	86
14.4	实验内容	87
14.5	注意事项	87
14.6	思考题	87
实验15	小规模(SSI)时序逻辑电路的设计	87
15.1	实验目的	87
15.2	实验原理	88
15.2.1	集成触发器的基本类型及其逻辑功能	88

15.2.2 触发器的转换	89
15.2.3 SSI 时序逻辑电路设计原则和步骤	89
15.2.4 设计举例	90
15.3 实验元器件	93
15.4 实验内容	93
15.5 注意事项	94
15.6 思考题	94
实验 16 MSI 集成计数器、译码及显示电路	95
16.1 实验目的	95
16.2 实验原理	95
16.2.1 MSI 时序逻辑电路	95
16.2.2 显示译码/驱动器	101
16.3 实验元器件	103
16.4 实验内容	104
16.5 注意事项	104
16.6 思考题	105
实验 17 MSI 移位寄存器及应用	105
17.1 实验目的	105
17.2 实验原理	105
17.2.1 移位寄存器	105
17.3 实验元器件	110
17.4 实验内容	110
17.5 注意事项	111
17.6 思考题	111
实验 18 数/模转换及应用	111
18.1 实验目的	111
18.2 实验原理	111
18.2.1 集成数/模(D/A)转换器原理	111
18.2.2 D/A 转换器的主要技术指标	113
18.3 实验元器件	113
18.4 实验内容	114
18.5 注意事项	114
18.6 思考题	115
实验 19 集成电路定时器 555 及其应用	115
19.1 实验目的	115
19.2 实验原理	115
19.2.1 555 集成定时器简介	115
19.2.2 用 555 定时器构成单稳态触发器	116
19.2.3 用 555 定时器构成多谐振荡器	117

19.2.4 用 555 定时器构成施密特触发器	119
19.3 实验元器件	119
19.4 实验内容	120
19.5 注意事项	120
19.6 思考题	120
实验 20 综合实验	120
20.1 实验目的	120
20.2 实验要求	120
20.3 实验说明	121
20.3.1 数字系统的设计方法	121
20.3.2 实验电路的故障检查和排除	122
20.4 综合实验四例	123
20.4.1 汽车尾灯控制电路	123
20.4.2 篮球竞赛 30s 计时器	126
20.4.3 多路智力竞赛抢答器设计	128
20.4.4 多功能数字钟电路	132
实验 21 GAL 器件在数字系统设计中的应用	140
21.1 实验目的	140
21.2 实验说明	140
21.2.1 PLD 器件及其设计步骤	140
21.2.2 GAL 器件	142
21.2.3 应用电路设计	147
21.3 实验任务	152
21.4 思考题	152
21.5 实验报告要求	152
第 3 章 OrCAD 在电子技术基础实验中的应用	153
实验 22 单级共射放大电路	153
22.1 实验任务	153
22.2 实验内容及步骤	153
22.3 思考题	158
22.4 实验报告要求	159
实验 23 差分放大电路	159
23.1 实验任务	159
23.2 实验内容及步骤	160
23.3 思考题	161
23.4 实验报告要求	161
实验 24 负反馈放大器	161
24.1 实验任务	161
24.2 实验内容及步骤	161

24.3 思考题	163
24.4 实验报告要求	163
实验 25 波形产生电路	164
25.1 实验任务	164
25.2 实验内容及步骤	164
25.3 思考题	165
25.4 实验报告要求	165
实验 26 计数器	165
26.1 实验任务	165
26.2 实验内容及步骤	166
26.3 思考题	167
26.4 实验报告要求	167
第 4 章 在系统可编程技术实验	168
实验 27 4/2 编码器	168
27.1 实验任务	168
27.2 实验内容及步骤	168
实验 28 BCD/七段显示译码器	173
28.1 实验任务	173
28.2 实验内容及步骤	173
28.3 思考题	174
28.4 实验报告要求	174
实验 29 交通灯控制器	174
29.1 实验任务	174
29.2 实验内容及步骤	174
29.3 思考题	175
29.4 实验报告要求	175
实验 30 多功能电子钟	175
30.1 实验任务	175
30.2 实验内容及步骤	175
30.3 思考题	176
30.4 实验报告要求	176
附录 A 常用电子仪器介绍及其使用方法	177
A.1 函数发生器	177
A.1.1 主要技术指标	177
A.1.2 主要旋钮的作用	178
A.1.3 函数发生器的使用	178
A.2 示波器	179
A.2.1 数字实时示波器 Tektronix TDS210	179

A. 2. 2 双踪示波器 COS5020	186
A. 3 稳压电源	188
A. 3. 1 HT-1712F 型直流稳压电源	188
A. 3. 2 JWY-30B 型直流稳压电源	189
附录 B 常用电子电路元件、器件的识别与主要性能参数	190
B. 1 电阻器的简单识别与型号命名法	190
B. 2 电容器的简单识别与型号命名法	194
B. 3 电感器的简单识别与型号命名法	199
B. 4 半导体器件的简单识别与型号命名法	200
B. 5 半导体集成电路	205
附录 C Cadence/PSpice 9. 2. 3 使用简介	216
C. 1 Capture 设计过程	216
C. 2 PSpice 分析过程	222
附录 D 硬件描述语言 ABLE 及其开发软件 ispLEVER	234
D. 1 硬件描述语言 ABEL	234
D. 1. 1 ABEL 语言的基本语法	234
D. 1. 2 ABEL 语言源文件的基本结构	236
D. 2 开发软件 ispLEVER	240
D. 2. 1 ispLEVER 开发工具的原理图输入	241
D. 2. 2 编译与仿真	244
D. 2. 3 硬件描述语言和原理图混合输入	246
D. 2. 4 下载(在系统编程)	250
参考文献	251

第 1 章 模拟电路实验

实验 1 常用电子仪器的使用

1.1 实验目的

- 了解示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、万用表的原理框图和主要技术指标。
- 学习掌握用示波器观察和测量波形的幅值、频率、相位的基本方法。
- 学习函数信号发生器的输出频率范围、幅值范围,面板各旋钮的作用及使用方法。
- 学习掌握直流稳压电源、万用表的使用方法。

1.2 实验原理

下面介绍本实验所用的仪器及主要技术指标。

1.2.1 示波器

1. 数字实时示波器 Tektronix TDS210

TDS210 是一种小巧、轻便、便携式的二通道数字示波器。60MHz 带宽和 20MHz 可选带宽限制。输入阻抗为 $1\text{M}\Omega \pm 2\%$, 电容为 2pF。上升时间小于 5.8ns, 最大允许输入电压为 300V。前面板按功能可分为显示区、垂直控制区、水平控制区、触发区、功能区 5 个部分。另有 5 个菜单按钮, 3 个输入连接端口。

2. 双踪示波器 COS5020

COS5020 示波器可同时观察两组输入信号。垂直放大器具有 5mV/DIV 的灵敏度和 20MHz 的频率特性响应。最高扫描速度为 0.2 μ s/DIV。输入阻抗为 $1\text{M}\Omega$, 上升时间为 17.5ns。最大允许输入电压为 400V(DC+AC_{p-p})。

1.2.2 函数信号发生器/计数器 EE1641B

本仪器是一种精密的测试仪器, 具有连续信号、扫频信号、函数信号、脉冲信号等多种输出信号和外部测频功能。该机使输出信号在整个频带内均具有很高的精度, 同时由于多种电流源的变换使用, 该仪器不仅可以输出正弦波、三角波和方波等基本波形, 还可以输出锯齿波、脉冲波等多种非对称波形。另外该仪器对各种波形均可以实现扫描功能。

函数发生器的输出阻抗是: 函数输出 50Ω ; TTL 同步输出 600Ω 。函数输出电压峰-峰值为 $10\text{V} \pm 1\%$ (负载为 50Ω)、 $20\text{V} \pm 10\%$ ($1\text{M}\Omega$ 负载); TTL 输出是标准 TTL 幅度。函数输出信号衰减有 0dB、20dB、40dB 的衰减档。

该仪器还可用作频率计数器。其频率测量范围为 $0.2\text{Hz}\sim 20\text{MHz}$, 输入电压范围为 $50\text{mV}\sim 2\text{V}$ ($10\text{Hz}\sim 20\text{MHz}$)、 $100\text{mV}\sim 2\text{V}$ ($0.2\sim 10\text{Hz}$)。输入阻抗为 $500\text{k}\Omega/30\text{pF}$ 。

1.2.3 直流稳压电源

1. HT-1712F 型直流稳压电源

HT-1712F 型直流稳压电源是一种具有较高稳压系数的 $1\sim 30\text{V}$ 连续可调的直流稳压电源, 它具有电源精度高、纹波小、抗干扰能力强、带负载能力良好等特点。两组电源结构相同, 独立输出。最大输出电流为 1A 。输出电压稳定度为: 交流输入电压变化 $\pm 10\%$ 时, 直流输出电压变化小于 $\pm 0.1\%$, 输出纹波电压不大于 3mV 。

2. JWY-30B 型直流稳压电源

该电源具有较高的稳压系数, 输出直流电压在 $1\sim 30\text{V}$ 范围内连续可调, 分粗调、细调两种方式。粗调分 6V 、 15V 、 20V 、 24V 、 27V 、 30V 六档。最大输出电流为 1A 。输出电压稳定度: 交流输入电压变化 $\pm 10\%$ 时, 直流输出电压变化小于 $\pm 0.1\%$, 输出纹波电压不大于 3mV , 有短路保护。

1.2.4 万用表

1. MF-20 型万用表

该表可用于测量交流和直流电压、电流和电阻等。其频宽为 20kHz 。输入电阻: 交流毫伏档为 $333\text{k}\Omega/\text{V}$, 交流电压档为 $1\text{M}\Omega/\text{V}$, 直流电压档为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。

2. 数字万用表 MAS830L

MAS830L 是一种性能稳定, 具有高可靠性和防跌落性能的小型手持式 3 位半数字万用表。仪表采用字高 15mm 的液晶显示器, 度数清晰。该表不但可用于测量交流和直流电压、直流电流、电阻、二极管和晶体管, 而且还可以测试电路的通断。

1.3 实验元器件

电阻 $10\text{k}\Omega$ 1 只

电容 $0.01\mu\text{F}$ 1 只

1.4 实验内容

1.4.1 函数发生器的使用

1. 函数发生器输出幅度指示检查

函数发生器的输出幅度衰减开关 20dB 、 40dB 键均不按下 (即输出信号不经衰减), 输出波形选择按钮“正弦波”按下, 输出信号直流电平预置调节电位器 OFFSET 置中心位置 (即直流电平为零), 调节输出信号幅度旋钮 APML 和频率范围旋钮, 使函数发生器输出信号的频率 $f=1\text{kHz}$ 。幅度峰-峰值指示分别为 1V 、 2V 、 3V 、 4V 、 5V 时, 用万用表的交流电压档分

别测量出相应的电压值(有效值),记入自拟的表格中。

2. 函数发生器“输出衰减”的检查

将函数发生器的输出信号频率保持 1kHz 不变,输出幅值调至 $5V_{PP}$,用万用表直接测量此时输出电压的有效值,并转换成峰-峰值比较;然后分别按下函数发生器输出幅度衰减开关 20dB、40dB 键,再用万用表测量并换算成峰-峰值,记入自拟表格中。

注意: 测量过程中,为防止表头过载,应将万用表的量程旋钮置于大量程档,接入后,再逐渐减小量。为了读数准确,一般要求表头指针指示在满量程的三分之一以上。

3. 函数发生器输出信号直流电平预置调节旋钮 OFFSET 的检查

将信号发生器输出电压保持 $f=1\text{kHz}$, $V_{OPP}=5\text{V}$ 不变,送入示波器 CH1 通道,示波器 Y 轴耦合方式开关置 DC 档,调节 OFFSET 旋钮,观察正弦波偏离零电平参考基准线的位置,读出直流电平值。

1.4.2 示波器的使用

1. COS5020 双踪示波器的使用

(1) 示波器的检查与校准

接通电源,检查示波器的亮度、聚焦、位移各旋钮的作用是否正常;将示波器内部的校正信号送入 Y 轴输入端(CH1 或 CH2),调节有关旋钮,使屏幕上显示出稳定波形,检查 Y 轴灵敏度及 X 轴扫描时间是否正确。

(2) 测量交流电压

① 将示波器面板上有关旋钮调节到表 1-1 所示位置。

表 1-1 旋钮调节的位置

开关或旋钮名称	位置	开关或旋钮名称	位置
输入耦合开关	AC	辉度、聚焦旋钮	中间
显示方式开关(MODE 选择)	CH1 或 CH2 或 DUAL	触发耦合	AC
		触发方式	自动
触发	内	触发极性	+

② 将函数信号发生器输出正弦电压的频率调到 1kHz,幅值调到 10V 峰-峰值,输出衰减为 0dB。用示波器测量信号发生器输出电压的峰-峰值。此时,调节 Y 轴灵敏度选择开关 V/DIV,使屏幕上显示的波形幅度适中,则灵敏度选择开关指示的标称值乘上被测信号在 Y 轴方向所占格数就是被测信号的峰-峰值(为保证测量精度,在屏幕上应显示足够高的波形)。

③ 分别按下函数发生器输出幅度衰减开关 20dB、40dB,记下相应的 Y 轴灵敏度选择开关 V/DIV 所在档位和屏幕上波形峰-峰值所占格数,计算出信号发生器输出电压的有效值。

(3) 测量直流电压

① 选择零电平参考基准线。将 Y 轴输入耦合方式开关置“⊥”位置。方法一,调节 Y 轴