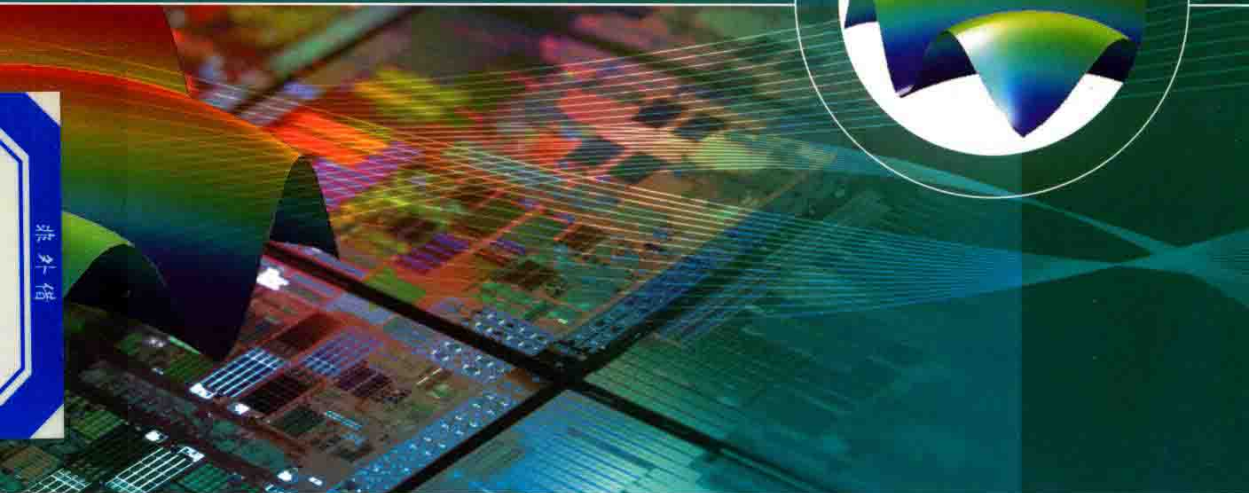
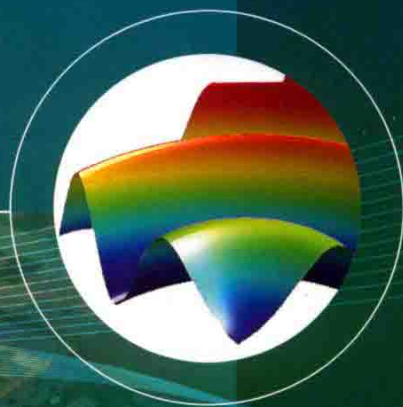


——创新型人才培养“十三五”规划教材

电路与信号分析 实验指导书

——基于Multisim、Tina-TI和MATLAB

◆ 林 凌 李 刚 主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

创新型人才培养“十三五”规划教材

电路与信号分析实验指导书

——基于Multisim、Tina-TI和MATLAB

林 凌 李 刚 主编



Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是为电路原理、信号与系统等课程配套的实验指导书,其突出而鲜明的特色不仅是通过实验深化对知识点的理解,更重要的是通过实验为学习者提供翔实的感性认识,诱发学习兴趣,触发探索的愿望,使之站得更高、看得更广地去融会贯通各种概念与规律、理论与实践,因而本书在实验内容上基本涵盖电路原理、信号与系统课程的教学内容,在实验手段上提供实际电路与仪器、电路与信号分析的仿真软件——Multisim 和 Tina-TI,以及目前最通用和最流行的 MATLAB 软件实验。

本实验指导书为在校电子、机电、测控和仪器仪表类专业的学生提供辅助材料,帮助他们掌握电子电路理论,提高实践能力,同时对刚毕业不久从事电子领域工作的工程技术人员也有很高的参考价值。

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

电路与信号分析实验指导书:基于 Multisim、Tina-TI 和 MATLAB/林凌,李刚主编.—北京:
电子工业出版社,2017.10

创新型人才培养“十三五”规划教材
ISBN 978-7-121-32675-2

I. ①电… II. ①林… ②李… III. ①电路分析—高等学校—教材②信号分析—高等学校—教材 IV. ①TM133②TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 223291 号

策划编辑:牛平月

责任编辑:康 霞

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:北京京科印刷有限公司

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:787×1 092 1/16 印张:20.5 字数:524.8 千字

版 次:2017 年 10 月第 1 版

印 次:2017 年 10 月第 1 次印刷

定 价:49.80 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, 88258888。

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。

本书咨询联系方式:(010) 88254454, niupy@phei.com.cn。

前 言

电路原理、信号与系统等课程是所有涉及电类专业学生必修的专业基础课，这些课程既有极为成熟和完备的理论，又有极强的实践性和极广的应用领域，掌握这些课程的重要性不言而喻。长期的教学实践已经证明了通过实践帮助掌握这些课程的必要性和有效性。

然而，现在的教学比以往任何时候都充满挑战和机遇。

——应试教育之癌已经严重侵蚀到受教育者、教育者和教学管理者、教学方法与考核方法等方面。

——技术的飞速发展、知识爆炸，以及课程设置的数量爆炸性增长，造成每门课时数被腰斩，实践课及其课时名存实亡。

——信息与网络技术以瞠目结舌的速度和广度渗透每个人的生活，对教学也产生了巨大冲击。

——有利的是：受教育者自身的眼界开阔，获得知识的来源广泛，支撑学习的手段可以做到“无时、无处、无形”。

.....

这些巨变也给教材的编著者带来极大挑战：不仅要对本理论和必要实践做到游刃有余，而且要跟上和掌握相关科技的发展和不断涌现的技术手段，还要牢牢坚守教学宗旨——掌握知识，能够应用于实践，具备进一步自我学习的能力；遵循教学规律——使学生在课程学习中更高效和更有成效。

基于上述因素，作者再一次祭出了 30 多年教学实践总结出来的法宝：

实践诱发学习兴趣——学习的最高境界和最好状态；

实践提供感性认识——有助于理解和避免指鹿为马；

实践促进理论学习——书到用时方恨少；

实践检验学习成效——学以致用，体现学习的目的。

本实验指导书的编写思路主要体现在：

——必要的“实际”电路实验是不可或缺的基础，坚持足够的“硬件”实验。

——充分发挥现代计算机技术和信息技术所提供的便利，同时避免其弊端，多种实验手段并行不悖，为教学和学生提供足够的选择和便利。

——通过实践不仅仅止于加深理解，更重要的是学会思考，透过现象体会内在规律，升华到理性认识；学会思考、融会贯通，避免支离破碎、蜻蜓点水的表浅认识。

——避免简单的验证性，暗藏引导和鼓励尝试，不仅注重懂得，更注重运用、探索、自学。

——既说清楚又不平铺直叙，既要系统、全面，又要留有思考空间，引导学生收集知识重构自己的知识。

——借助现代计算机技术和信息技术所提供的便利，提供的实验数目既多、内容覆盖面

宽，又很容易扩展，使实验者可开拓思路、扩展知识面。

——每个实验中既有必要的相关知识简介，又有很多思考题，这样既把理论与实践结合起来，又可引导实验者融会贯通、拓展思路，迅速拓展知识面和增长能力。

本书中的实验所采取的实验手段列于下表，授课教师可以根据各自的实际情况选择实验内容和手段，安排实验。

	第 1~9 单元	第 10 单元	第 11~24 单元	第 25~31 单元
实验手段	硬件（模拟）电路			—
	—	Multisim14		—
	—	—	Tina-TI	—
	—	—	—	MATLAB

本书由林凌、李刚主编，其中，李家星博士编写了第 1~5 单元，赵静博士编写了第 6~9 单元，乔文博士编写了第 10~11 单元，李哲博士编写了第 12~16 单元，汤宏颖博士编写了第 17~24 单元，周梅编写了第 25~31 单元。严文娟副教授也参与了本书的编写工作。

编 者
2017 年 5 月于北洋园

目 录

第 1 单元 示波器	1
1.1 实验目的	1
1.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	1
1.3 实验原理、实验内容与步骤	1
1.4 思考题	10
1.5 实验报告	10
1.6 附录：数字示波器	10
1.6.1 数字示波器快速入门	11
1.6.2 数字示波器的高级应用	15
1.6.3 数字示波器测量实例	24
第 2 单元 函数信号发生器	30
2.1 实验目的	30
2.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	30
2.3 实验原理、实验内容与步骤	30
2.4 思考题	31
2.5 实验报告	31
2.6 附录：ATF20B DDS 数字合成函数发生器	31
2.6.1 概述	31
2.6.2 主要功能与特点	32
2.6.3 技术指标	33
2.6.4 选件介绍	35
第 3 单元 万用表	37
3.1 实验目的	37
3.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	37
3.3 实验原理、实验内容与步骤	38
3.4 思考题	39
3.5 实验报告	41
3.6 附录 A：数字万用表基础知识	41
3.6.1 引言	41
3.6.2 选择适用的数字万用表	42
3.6.3 基础知识	42

3.6.4	直流电压和交流电压	43
3.6.5	电阻、连通性和二极管	43
3.6.6	直流电流和交流电流	45
3.6.7	安全性	46
3.7	附录 B: MS8221A 数字多用表使用说明书	47
3.7.1	简介	47
3.7.2	MS8221A 数字多用表的各部分名称说明	48
3.7.3	技术指标	49
3.7.4	操作说明	52
3.7.5	仪表保养	53
第 4 单元	直流稳压电源	54
4.1	实验目的	54
4.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	54
4.3	实验原理、实验内容与步骤	55
4.4	思考题	56
4.5	实验报告	56
4.6	附录:直流稳压电源的基础知识	56
4.6.1	简介	56
4.6.2	分类	57
4.6.3	基本功能	58
4.6.4	技术指标	59
第 5 单元	电阻器	61
5.1	实验目的	61
5.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	61
5.3	实验原理、实验内容与步骤	61
5.4	思考题	62
5.5	实验报告	62
5.6	附录	62
第 6 单元	电容器	65
6.1	实验目的	65
6.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	65
6.3	实验原理、实验内容与步骤	65
6.4	思考题	65
6.5	实验报告	66
6.6	附录	66
第 7 单元	电感器	71
7.1	实验目的	71

7.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	71
7.3 实验原理、实验内容与步骤	71
7.4 思考题	71
7.5 实验报告	72
7.6 附录	72
第8单元 二极管	75
8.1 实验目的	75
8.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	75
8.3 实验原理、实验内容与步骤	75
8.4 思考题	77
8.5 实验报告	77
8.6 附录	78
第9单元 三极管	86
9.1 实验目的	86
9.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	86
9.3 实验原理、实验内容与步骤	86
9.4 思考题	92
9.5 实验报告	92
9.6 附录	92
第10单元 元件伏安特性的测量	95
10.1 实验目的	95
10.2 实验手段(器材、仪器和设备,或平台)	95
10.3 实验原理、实验内容与步骤	95
10.3.1 实验原理	95
10.3.2 实际电路实验	96
10.3.3 Multisim 14 仿真实验	98
10.4 思考题	105
10.5 实验报告	106
10.6 附录: Multisim 简介	106
10.6.1 Multisim 的菜单栏	106
10.6.2 Multisim 的工具栏	108
10.6.3 电路原理图设计流程	110
10.6.4 电源库	111
10.6.5 基本元件库	111
10.6.6 常用仿真仪器	116
10.6.7 数字电路中的常用仿真仪器	122

第 11 单元 电位、电压的测定与基尔霍夫定律的验证	127
11.1 实验目的	127
11.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	127
11.3 实验原理、实验内容与步骤	127
11.3.1 实际电路实验	127
11.3.2 Multisim 14 仿真实验	129
11.3.3 Tina-TI 仿真实验	130
11.4 思考题	133
11.5 实验报告	133
11.6 附录：电路设计和仿真工具 Tina-TI 简介	133
第 12 单元 戴维南定理的验证及其应用	150
12.1 实验目的	150
12.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	150
12.3 实验原理、实验内容与步骤	150
12.3.1 实验原理	150
12.3.2 有源二端口网络等效参数的测量方法	150
12.3.3 实际电路实验	151
12.3.4 Multisim 14 仿真实验	152
12.3.5 Tina-TI 仿真实验	153
12.4 思考题	158
12.5 实验报告	158
第 13 单元 诺顿定理的验证及其应用	159
13.1 实验目的	159
13.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	159
13.3 实验原理、实验内容与步骤	159
13.3.1 实验原理	159
13.3.2 有源二端口网络等效参数的测量方法	159
13.3.3 实际电路实验	160
13.3.4 Multisim 14 仿真实验	161
13.3.5 Tina-TI 仿真实验	162
13.4 思考题	167
13.5 实验报告	167
第 14 单元 受控源：VCVS、VCCS、CCVS、CCCS	168
14.1 实验目的	168
14.2 实验手段（仪器和设备，或平台）	168
14.3 实验原理、实验内容与步骤	168
14.3.1 实验原理	168

14.3.2 实际电路实验	173
14.3.3 Multisim 14 仿真实验	174
14.3.4 Tina-TI 仿真实验	177
14.4 思考题	182
14.5 实验报告	182
第 15 单元 典型信号的观察与测量	183
15.1 实验目的	183
15.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	183
15.3 实验原理、实验内容与步骤	183
15.3.1 实验原理	183
15.3.2 实际电路实验	184
15.3.3 Multisim 14 仿真实验	185
15.3.4 Tina-TI 仿真实验	187
15.4 思考题	191
15.5 实验报告	192
第 16 单元 RC 一阶电路的响应	193
16.1 实验目的	193
16.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	193
16.3 实验原理、实验内容与步骤	193
16.3.1 实验原理	193
16.3.2 实际电路实验	196
16.3.3 Multisim 14 仿真实验	197
16.3.4 Tina-TI 仿真实验	200
16.4 思考题	203
16.5 实验报告	203
第 17 单元 二阶无源和有源滤波器	204
17.1 实验目的	204
17.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	204
17.3 实验原理、实验内容与步骤	204
17.3.1 实验原理	204
17.3.2 实际电路实验	206
17.3.3 Multisim 14 仿真实验	207
17.3.4 Tina-TI 仿真实验	208
17.4 思考题	208
17.5 实验报告	208
第 18 单元 二阶网络函数的模拟	209
18.1 实验目的	209

18.2	实验手段（仪器和设备，或平台）	209
18.3	实验原理、实验内容与步骤	209
18.3.1	实验原理	209
18.3.2	实际电路实验	212
18.3.3	Multisim 14 仿真实验	212
18.3.4	Tina-TI 仿真实验	212
18.4	思考题	213
18.5	实验报告	213
第 19 单元	系统时域响应的模拟解	214
19.1	实验目的	214
19.2	实验手段（仪器和设备，或平台）	214
19.3	实验原理、实验内容与步骤	214
19.3.1	实验原理	214
19.3.2	实际电路实验	216
19.3.3	Multisim 14 仿真实验	216
19.3.4	Tina-TI 仿真实验	219
19.4	思考题	221
19.5	实验报告	222
第 20 单元	二阶网络状态轨迹的显示	223
20.1	实验目的	223
20.2	实验手段（仪器和设备，或平台）	223
20.3	实验原理、实验内容与步骤	223
20.3.1	实验原理	223
20.3.2	实际电路实验	226
20.3.3	Multisim 14 仿真实验	226
20.3.4	Tina-TI 仿真实验	226
20.4	思考题	228
20.5	实验报告	228
第 21 单元	RLC 串联谐振电路	229
21.1	实验目的	229
21.2	实验手段（仪器和设备，或平台）	229
21.3	实验原理、实验内容与步骤	229
21.3.1	实验原理	229
21.3.2	实际电路实验	230
21.3.3	Multisim 14 仿真实验	231
21.3.4	Tina-TI 仿真实验	232
21.4	思考题	233

21.5 实验报告	233
第 22 单元 RC 文氏桥与双 T 网络的选频特性测试	234
22.1 实验目的	234
22.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	234
22.3 实验原理、实验内容与步骤	234
22.3.1 实验原理	234
22.3.2 实际电路实验	235
22.3.3 Multisim 14 仿真实验	236
22.3.4 Tina-TI 仿真实验	238
22.4 思考题	240
22.5 实验报告	241
第 23 单元 采样/保持、采样与重建、采样定理	242
23.1 实验目的	242
23.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	242
23.3 实验原理、实验内容与步骤	242
23.3.1 实验原理	242
23.3.2 实际电路实验	246
23.3.3 Multisim 14 仿真实验	246
23.3.4 Tina-TI 仿真实验	248
23.4 思考题	249
23.5 实验报告	250
第 24 单元 8 阶巴特沃斯低通滤波器	251
24.1 实验目的	251
24.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	251
24.3 实验原理、实验内容与步骤	251
24.3.1 实验原理	251
24.3.2 实际电路实验	252
24.3.3 Multisim 14 仿真实验	253
24.3.4 Tina-TI 仿真实验	253
24.4 思考题	254
24.5 实验报告	254
第 25 单元 常用信号的 MATLAB 语言实现	255
25.1 实验目的	255
25.2 实验手段(仪器和设备,或平台)	255
25.3 实验原理、实验内容与步骤	255
25.3.1 实验原理	255
25.3.2 在 MATLAB 平台上的实验	256

25.4	思考题	260
25.5	实验报告	260
25.6	附录: MATLAB 软件简介	260
25.6.1	MATLAB 概述	260
25.6.2	MATLAB 7.0 的安装	261
25.6.3	MATLAB 的工作界面	266
25.6.4	MATLAB 的基本命令与基本函数	268
25.6.5	基本赋值与运算	273
第 26 单元	信号的基本运算	278
26.1	实验目的	278
26.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	278
26.3	实验原理、实验内容与步骤	278
26.3.1	实验原理	278
26.3.2	在 MATLAB 平台上的实验	279
26.4	思考题	282
26.5	实验报告	282
第 27 单元	信号的卷积运算	283
27.1	实验目的	283
27.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	283
27.3	实验原理、实验内容与步骤	283
27.3.1	实验原理	283
27.3.2	在 MATLAB 平台上的实验	284
27.4	思考题	286
27.5	实验报告	286
第 28 单元	LTI 系统的时域分析	287
28.1	实验目的	287
28.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	287
28.3	实验原理、实验内容与步骤	287
28.3.1	实验原理	287
28.3.2	在 MATLAB 平台上的实验	288
28.4	思考题	290
28.5	实验报告	290
第 29 单元	连续 LTI 系统的频域分析	291
29.1	实验目的	291
29.2	实验手段(仪器和设备,或平台)	291
29.3	实验原理、实验内容与步骤	291
29.3.1	实验原理	291

29.3.2 在 MATLAB 平台上的实验	294
29.4 思考题	295
29.5 实验报告	295
第 30 单元 信号的频域分析及应用	296
30.1 实验目的	296
30.2 实验手段 (仪器和设备, 或平台)	296
30.3 实验原理、实验内容与步骤	296
30.3.1 实验原理	296
30.3.2 在 MATLAB 平台上的实验	301
30.4 思考题	305
30.5 实验报告	305
第 31 单元 信号的抽样及抽样定理	306
31.1 实验目的	306
31.2 实验手段 (仪器和设备, 或平台)	306
31.3 实验原理、实验内容与步骤	306
31.3.1 实验原理	306
31.3.2 在 MATLAB 平台上的实验	310
31.4 思考题	313
31.5 实验报告	313

第 1 单元

示波器

一个电路是否正常工作并实现其特定的功能，需要使用电子仪器对其进行测试。在电路不能正常工作和达不到其性能时，也要采用电子仪器对电路进行测试以分析和排除电路中的故障。示波器既可以测量电压信号，更可以动态地观察波形、测量电压信号的幅值和频率等，因此在电路的测和调试中，示波器是最常用、最基本的电子仪器。

1.1 实验目的

熟悉示波器的工作原理，掌握示波器的功能与性能参数，能够熟练应用示波器进行电路测量与调试。

1.2 实验手段（仪器和设备，或平台）

示波器一台。

1.3 实验原理、实验内容与步骤

实验前先浏览本单元的附录和查阅有关示波器的资料。

实验 1-1 功能检查

目的：做一次快速功能检查，以核实本仪器运行是否正常。

实验步骤：

- (1) 接通电源（见图 1-1），仪器执行所有自检项目，并确认通过自检。
- (2) 按“Storage”按键，用菜单操作键从顶部菜单框中选择存储类型，然后调出出厂设置菜单框。
- (3) 接入信号到通道 1（CH1），将输入探头和接地夹接到探头补偿器的连接器上，按“AUTO（自动设置）”按键，几秒钟内，可见到方波显示（1kHz，约 3V，峰峰值）。
- (4) 设置探头衰减系数，此衰减系数改变仪器的垂直挡位比例，从而使得测量结果正确反映被测信号的电平（默认的探头菜单系数设定值为 10X）。设置方法：按“CH1 功能”键显示通道 1 的操作菜单，应用与“探头”项目平行的 3 号菜单操作键，选择与使用的探头同比例的衰减系数。

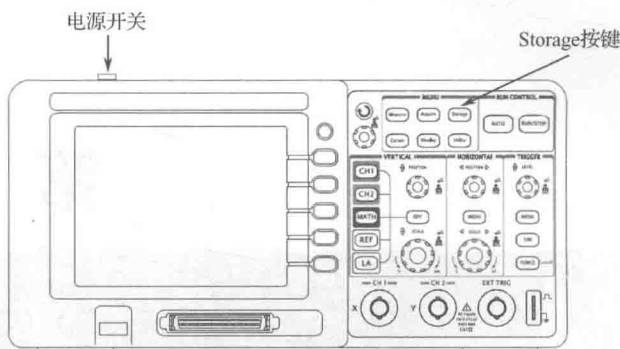


图 1-1 通电检查

(5) 以同样的方法检查通道 2 (CH2)。按“OFF”按键以关闭 CH1，按“CH2 功能”按键以打开通道 2，重复步骤 (3) 和步骤 (4)。

提示：万一出现异常，可以关闭示波器电源再开机，调出厂设置，可以恢复正常运行。如果实验室使用自制电缆，探头衰减系数应设为 1X。

实验 1-2 波形显示的自动设置

目的：学习、掌握使用自动设置的方法。

实验步骤：

(1) 将被测信号（自身校正信号）连接到信号输入通道。

(2) 按下“**AUTO**”按键。

(3) 示波器将自动设置垂直、水平和触发控制。

提示：应用自动设置，要求被测信号的频率大于或等于 50Hz，占空比大于 1%。

实验 1-3 垂直系统的练习

目的：利用示波器自带校正信号，了解垂直控制区 (VERTICAL) 的按键、旋钮对信号的作用。

实验步骤：

(1) 将“CH1”或“CH2”的输入线连接到探头补偿器的连接器上。

(2) 按下“**AUTO**”按键，波形清晰显示于屏幕上。

(3) 转动垂直 POSITION 旋钮，只是通道的标识跟随波形而上下移动。

(4) 转动垂直 SCALE 旋钮，改变“Volt/div”垂直挡位，可以发现状态栏对应通道的挡位显示发生了相应的变化；按下垂直 SCALE 旋钮，可设置输入通道的粗调/细调状态。

(5) 按 CH1、CH2、MATH、REF，屏幕显示对应通道的操作菜单、标志、波形和挡位状态信息，按“**OFF**”按键，关闭当前选择的通道。

提示：OFF 按键具备关闭菜单的功能，当菜单未隐藏时，按“**OFF**”按键可快速关闭菜单，如果按 CH1 或 CH2 后立即按 OFF，则同时关闭菜单和相应的通道。

实验 1-4 CH1、CH2 通道设置

目的：学习、掌握示波器的通道设置方法，明确通道耦合对信号显示的影响。

实验步骤:

(1) 在 CH1 通道接入一个含有直流偏置的正弦信号, 关闭 CH2 通道。

(2) 按“CH1 功能”按键, 系统显示 CH1 通道的操作菜单。

(3) 按耦合→交流, 设置为交流耦合方式, 被测信号含有的直流分量被阻隔, 波形显示在屏幕中央, 波形以零线标记上下对称, 屏幕左下方出现“CH1~”交流耦合状态标志。

(4) 按耦合→直流, 设置为直流耦合方式, 被测信号含有的直流分量和交流分量都可以通过, 波形显示偏离屏幕中央, 波形不以零线为标记上下对称, 屏幕左下方出现直流耦合状态标志“CH1—”。

(5) 按耦合→接地, 设置为接地方式, 被测信号都被阻隔, 波形显示为一零幅值直线, 左下方出现接地耦合状态标志“CH1⊥”。

提示: 每次按“AUTO”按键, 系统默认为交流耦合方式, CH2 的设置同样如此。

交流耦合方式方便您用更高的灵敏度显示信号的交流分量, 常用于观测模电信号。

直流耦合方式可以通过观察波形与信号地之间的差距来快速测量信号的直流分量, 常用于观察信号基线位置和电路的工作区域。

实验 1-5 通道带宽限制的设置

目的: 学习、掌握通道带宽限制的设置方法。

实验步骤:

(1) 在 CH1 通道接入正弦信号, $f=1\text{kHz}$, 幅度为几毫伏。

(2) 按 CH1→带宽限制→关闭, 设置带宽限制为关闭状态, 被测信号含有的高频干扰信号可以通过, 波形显示不清晰, 比较粗。

(3) 按 CH1→带宽限制→打开, 设置带宽限制为打开状态, 被测信号含有的大于 20MHz 的高频信号被阻隔, 波形显示变得相对清晰, 屏幕左下方出现带宽限制标记“B”。

提示: 带宽限制打开相当于输入通道接入一个 20MHz 的低通滤波器, 对高频干扰起到阻隔作用, 常用于观察小信号或含有高频振荡的信号。

实验 1-6 探头衰减系数的设置

目的: 学习、掌握探头衰减系数的设置。

实验步骤:

(1) 在 CH1 通道接入校正信号。

(2) 按探头改变探头衰减系数分别为 1X、10X、100X、1000X, 观察波形幅度的变化。

提示: 探头衰减系数的变化带来屏幕左下方垂直挡位的变化, 100X 表示观察的信号扩大了 100 倍, 以此类推。这一项设置配合输入电缆探头的衰减比例设定要求一致, 如探头衰减比例为 10:1, 则这里应设成 10X, 以避免显示的挡位信息和测量的数据发生错误, 示波器用开路电缆接入信号, 则设为 1X。