



电路原理

实验教程

陈姝雨 吴传平 刘泽军 主编



东北大学出版社
Northeastern University Press

1105 实验教程 作者吴 编著 第1版

实验(97) 实验指导书

北京 清华大学 清华大学出版社 吴传平 刘泽军 陈姝雨 主编

8 1105 实验指导书

1-1001-1105-1-1105-1105

电路原理实验教程

陈姝雨 吴传平 刘泽军 主编

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 陈姝雨 吴传平 刘泽军 2017

图书在版编目 (CIP) 数据

电路原理实验教程 / 陈姝雨, 吴传平, 刘泽军主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5517-1654-3

I. ①电… II. ①陈… ②吴… ③刘… III. ①电路理论—实验—教材
IV. ①TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 201464 号

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83683655(总编室) 83687331(营销部)

传真: 024-83687332(总编室) 83680180(营销部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: neuph@neupress.com

印刷者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 9.75

字 数: 228 千字

出版时间: 2017 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2017 年 8 月第 1 次印刷

组稿编辑: 孙 锋

责任编辑: 潘佳宁

责任校对: 叶 子

封面设计: 潘正一

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-1654-3

定 价: 20.00 元

总

序

实践教学是高等教育不可缺少的重要组成部分，是巩固理论知识和加深对理论认识的有效途径，是培养具有创新精神和实践能力的高素质工程技术人员的重要环节。正确认识实践教学在整个高等教育教学工作中的地位，将对高校创新人才的培养起到推动性作用。

在全国高校贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》（2010—2020）的大背景下，2010年教育部启动了“卓越工程师教育培养计划”（简称“卓越计划”）。“卓越计划”旨在以实际工程为背景，培养学生的工程意识、工程素养和工程实践能力，造就一大批具备较强创新能力，适应社会企业发展需要的高质量工程应用型人才。为促进电子信息领域应用型人才培养，提高工程教育人才培养质量，东北大学信息科学与工程学院实验中心联合东北大学出版社组织编写了这套《高等院校电子信息系列实验教程》。

这套丛书的特点是：

（1）以培养学生实践能力、创新能力为宗旨，以培养和锻炼学生的实践动手能力为核心，编者将本套丛书的实验分为课前预习，实验指导和实验报告三部分内容。

课前预习部分将课堂已讲授过的理论或属于基础性实验的预习内容，以填空题、选择题或简答题等方式给出。学生需通过复习相关理论知识、扩展阅读及理解相关实验原理后，经过深入思考才能完成预习部分的题目。另外，这些预习题的得分将计入学生的实验成绩。

实验指导部分只将关键的步骤予以指导，而细节部分则需要学生在实践过程中自行摸索。编者们根据多年的授课经验，只对一些容易错、耗费时间长且属于基础的部分进行了详细的解释说明，略去了具体实验过程的说明。除此之外，在一些理论和实际联系紧密之处设置了思考题，进一步帮助学生

理论联系实际。

实验报告部分以活页的形式，将实验目的、要求等基本信息直接印在其中，突出实验过程的实现和实验结果的分析，学生直接在预留位置填写相关内容。

(2) 实验内容新颖，淘汰陈旧过时的内容，融入新的先进实用的知识。

(3) 对学生分类设计实验内容，包括基础验证型实验、设计型实验、综合型实验和创新型实验，学生可以根据自己的实际情况，在完成必做的实验后，自主选择更高要求的实验。不同实验有不同的最高得分。

(4) 此系列实践教材几乎涵盖了电类专业的所有实践课程。

东北大学信息科学与工程学院 李鸿儒

2014年4月

“电路原理实验”课程是电类专业学生第一门必修的重要专业实验课程，是一门研究电路网络分析和电路综合设计的专业基础课程，具有基础科学和技术科学的双重性，既为电类学生学习后续课程打下坚实的基础，也为解决电工电子工程中的实际问题服务，在电类专业中具有重要的地位和作用。本书根据教育部工科电工课程教学指导委员会关于电路原理实验教学的基本要求，结合编者多年的实践教学经验并借鉴其他实验教材编写而成，可以指导学生独立进行实验，完成实验课程的学习，帮助学生巩固和加深理解理论知识，培养和训练实践技能，树立工程实践观点和严谨的科学作风。

本书将实验报告模板编写在实验指导书中，实验报告模板包括：实验目的、实验仪器、预习题、实验内容与数据处理和思考题。本书为学生提供实验报告模板，可以避免大篇幅地抄写实验报告，学生只需填写重要知识点，使得实验课程脉络清晰简洁，便于学生课前预习、课堂记录数据、课后处理数据，提高了实验报告的规范性和统一性。

本书共5章。第1章介绍常用实验仪器仪表的使用；第2章介绍电路仿真软件 Multisim12 的使用；第3章介绍常用电子元器件的基础知识；第4章为电路原理实验的实验内容，共包含14个实验项目，覆盖了电路原理大部分的知识点，可以根据教学要求选择，实验项目按照由简入繁、由易入难的认知规律编排，围绕实验目的详细介绍了实验原理和测量方法；第5章是实验报告模板部分。

本书由实践教学经验丰富的电工实验室团队编写而成，全书由陈姝雨、吴传平、刘泽军组织编写并负责统稿工作，由李华老师主审，第1章由王帅编写，第2章由吴传平编写，第3章由陈姝雨编写，第4章由刘泽军、陈姝雨、王帅、李露共同编写，第5章由之前各章节负责的老师编写，附录部分由司维编写。

在本书的编写过程中，东北大学李鸿儒教授给予很多帮助并提出了宝贵的建议，还得到了李华老师的正确指导，在此深表诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者和使用本书的广大师生批评指正，以便今后进一步完善。

编者

2017年4月7日

实验须知

为取得良好的实验效果，提高电路原理实验课程的规范性和统一性，对学生做出以下几点要求：

(1) 不可迟到，要穿戴鞋套进入实验室，并按照学号顺序对号入座。

(2) 实验课前，必须充分预习，按照实验报告模板的要求填写相应内容，课前需要完成预习题部分。

(3) 实验课上，必须严格遵守安全操作规范，独立完成实验，实事求是，禁止抄袭他人报告或数据。

(4) 实验完成后，实验数据和结果经指导教师检查合格后方可拆线，并整理好实验台和周围卫生，然后离开教室。

(5) 实验课后，按照要求完成数据处理和思考题部分。

(6) 实验报告中姓名、班级、台号等信息要填完整，装订好后按照学号顺序（台号）排序，然后交给指导教师。

(7) 因故不能参加实验时，应出示辅导员开具的假条提前和指导教师请假，并找时间补做该实验。严禁找人替做实验，一旦发现，当次实验无效；情节严重的，本门课程的成绩为不及格。

指导教师根据学生的课堂表现及报告情况综合评定每名学生的实验成绩。

安全用电规则

实验室中的各种电工电子仪表都是在动力电（AC220V 或 AC380V）下工作的，因此进入实验室参加实验的学生必须了解安全用电规则，避免发生触电事故。

安全用电指两个方面：一是人身安全、二是安全用电。

由于实验室采用 220V/50Hz 的交流电，当人体直接与动力电的火线接触时就会遭到电击。人体的安全电压为 36V，超出该电压就可能对人体造成伤害。

实验过程中，必须遵守安全用电规则：

(1) 禁止用手直接接触贴有“安全警示”的实验设备，此类设备通常带有高压电，使用时需要格外小心。

(2) 严禁带电接线、拆线或改接线路。

(3) 连接好实验电路后，必须经过仔细检查，确认无误后才能接通电源。

(4) 严格遵守“先接线、后通电”和“先断电、后拆线”的操作规程。通电后不允许身体触及任何带电部位，以防发生触电事故。

(5) 实验过程中，如果发现有烧焦异味或电火花等异常现象，应立即切断电源，保持现场，报告指导教师。

(6) 不准任意搬动或调换实验室的仪器设备。非本次实验所用的仪器设备，未经指导教师允许不能动用。若损坏仪器设备，必须立即报告指导教师。

目 录

第1章	常用实验仪器仪表的使用	1
1.1	数字示波器	1
1.2	函数信号发生器	6
1.3	数字万用表	7
1.4	直流电源	9
1.5	交流毫伏表	10
第2章	Multisim 12 仿真软件入门	12
2.1	Multisim 12 软件概述	12
2.2	Multisim 12 基本界面及部分功能简介	12
2.3	元件库的介绍	17
2.4	虚拟仪器的使用	20
2.5	Multisim 12 仿真软件的应用举例	24
第3章	常用电子元器件基础知识	28
3.1	电阻器	28
3.2	电容器	32
3.3	电感器	35
3.4	二极管	36
3.5	晶体管	38
第4章	电路原理实验	41
4.1	电路元件伏安特性的测定	41

4.2	直流电路	44
4.3	单相交流电路的研究	46
4.4	荧光灯电路及功率因数的提高	50
4.5	串联谐振电路的研究	53
4.6	电阻、电容移相电路的研究	55
4.7	三相交流电路	57
4.8	单相负载三相均衡供电电路的设计	60
4.9	一阶动态电路的研究	62
4.10	非正弦周期电流电路的谐波分析法	64
4.11	动态电路的时域分析	68
4.12	张弛振荡器及其应用	72
4.13	回转器的研究	76
4.14	滤波器设计实验	81

第5章	实验报告模板	85
------------	---------------------	-----------

5.1	电路元件伏安特性的测定实验报告	85
5.2	直流电路实验报告	89
5.3	单相交流电路的研究实验报告	93
5.4	荧光灯电路及功率因数的提高实验报告	97
5.5	串联谐振电路的研究实验报告	99
5.6	电阻、电容移相电路的研究实验报告	101
5.7	三相交流电路实验报告	103
5.8	单相负载三相均衡供电电路的设计实验报告	107
5.9	一阶动态电路的研究实验报告	109
5.10	非正弦周期电流电路的谐波分析法实验报告	113
5.11	动态电路的时域分析实验报告	119
5.12	张弛振荡器及其应用实验报告	123
5.13	回转器的研究实验报告	127
5.14	滤波器设计实验报告	131

附 录	部分实验装置介绍	137
------------	-----------------------	------------

附录1	电工实验台 (I)	137
附录2	电工实验台 (II)	140

参考文献	143
-------------	--------------	------------

第1章 常用实验仪器仪表的使用

1.1 数字示波器

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器，是用来观察信号波形并可测量信号幅度、频率及周期等参数的仪器。下面以 Tektronix DPO 2002B 数字示波器为例，介绍数字示波器的使用。

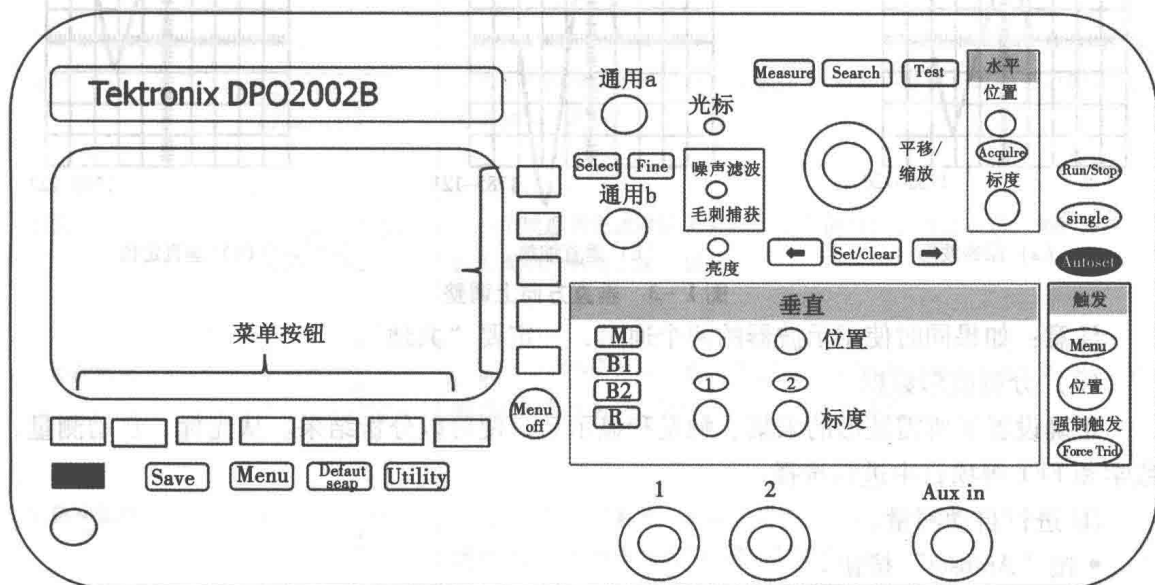


图 1-1 数字存储示波器前面板

(1) 菜单系统介绍

① 按某个前面板菜单按钮以显示要使用的菜单。

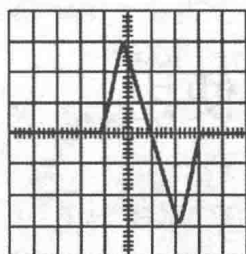
② 按下方边框按钮选择菜单项。如果出现弹出式菜单，旋转通用旋钮 a 选择所需的选项。如果出现弹出式菜单，应再次按下按钮选择所需的选项。

③ 按某个侧面边框按钮选择侧面边框菜单项。如果菜单项包含多个选项，可重复按下侧面边框按钮，即可看到全部选项。如果出现弹出式菜单，旋转通用旋钮 a 选择所需的选项。

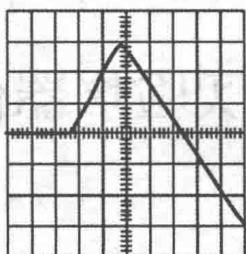
④ 要清除侧面边框菜单，应再按下方边框按钮或按“Menu Off”。

(2) 显示波形数据

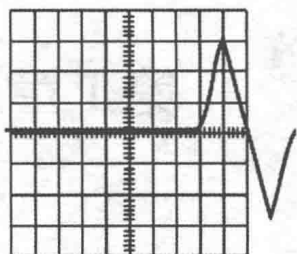
① 使用水平控制更精密地调整时基、调整触发点和研究波形细节。可使用 Wave Inspector 的“平移”和“缩放”控制来调节波形的显示。



(a) 原始波形



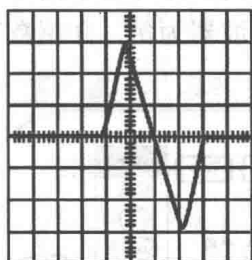
(b) 水平缩放



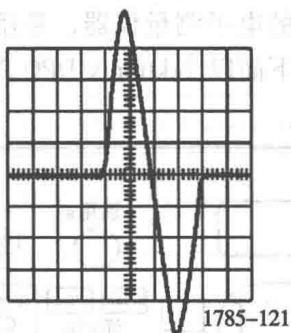
(c) 水平定位

图 1-2 水平方向上调整

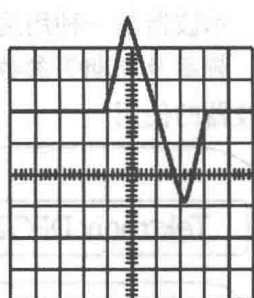
② 使用垂直控制选择波形、调整波形垂直位置和刻度，并设置输入参数。根据需要多次按通道菜单按钮（1、2）以及相关的菜单项，可选择、添加或删除波形。



(a) 原始波形



(b) 垂直缩放



(c) 垂直定位

图 1-3 垂直方向上调整

注意：如果同时使用示波器的两个通道，一定要“共地”。

(3) 分析波形数据

正确设置了所需波形的采集、触发和显示后，便可以分析结果。从光标、自动测量、数学和 FFT 等项目中进行选择。

① 进行自动测量。

- 按“Autoset”按钮。
- 按“Measure”按钮。
- 按下方边框按钮，选择“添加测量”选项。

添加测量	清除测量	指示器	选通 屏幕	高低方法 自动	在屏幕上 显示光标	配置光标
------	------	-----	----------	------------	--------------	------

• 旋转多功能旋钮 a 选择特定的测量。如果需要，可旋转多功能旋钮 b 选择要测量的通道。然后按“执行添加测量”。

• 要删除测量，按“清除测量”。然后按要删除的测量的侧面 bezel 菜单，或者按“删除所有测量”。然后按“执行删除测量”。

② 选择自动测量。

表 1-1 和表 1-2 按类别列出了每个自动测量：时间或幅度。

表 1-1 时间测量选项

测 量	波 形	说 明
频率		波形或选通区域中的第一个周期。频率是周期的倒数；它是以赫兹 (Hz) 为单位进行测量的，其中 1 Hz 等于每秒一个周期
周期		在波形或选通区域中完成第一个周期所需的时间。周期是频率的倒数，以秒为单位进行测量
上升时间		波形或选通区域中的第一个脉冲的上升沿从最终值的低参考值上升到高参考值所需的时间
下降时间		波形或选通区域中的第一个脉冲的下降沿从最终值的高参考值下降到低参考值所需的时间
延迟		两个不同波形的中间参考（默认为 50%）幅度点之间的时间间隔。另请参阅“相位”
相位		一个波形领先或滞后于另一个波形的时间，以度表示，360° 为一个波形周期。另请参阅“延时”
正脉冲宽度		正脉冲的中间参考（默认为 50%）幅值点之间的距离（时间）。该测量在波形或选通区域中的第一个脉冲上进行
负脉冲宽度		负脉冲的中间参考（默认为 50%）幅值点之间的距离（时间）。该测量在波形或选通区域中的第一个脉冲上进行
正工作周期		正脉冲宽度与信号周期的比率，以百分比表示。该工作周期在波形或选通区域中的第一个周期上测量
负工作周期		负脉冲宽度与信号周期的比率，以百分比表示。该工作周期在波形或选通区域中的第一个周期上测量
突发脉冲宽度		突发脉冲（一系列瞬态事件）的持续时间，在整个波形或选通区域中测量

表 1-2

幅度测量选项

测量	波形	说明
峰-峰		整个波形或选通区域中的最大和最小幅度值之间的绝对差值
幅度		在整个波形或选通区域中测量的高参考值减去低参考值
最大值		最大正峰值电压。最大值在整个波形或选通区域中测量
最小值		最大负峰值电压。最小值是在整个波形或选通区域中进行测量
高		一旦需要高参考值、中参考值或低参考值（例如，在测量下降时间或上升时间时），该值将作为 100% 使用。使用最小/最大或直方图方法来计算。最小/最大方法使用所找到的最大值。直方图方法使用中点以上的值中找到的最常用值。该值在整个波形或选通区域中测量
低		一旦需要高参考值、中参考值或低参考值（例如，在测量下降时间或上升时间时），该值将作为 0% 使用。使用最小/最大或直方图方法来计算。最小/最大方法使用所搜索到的最低值。直方图方法使用中点以下的值中搜索到的最常见值。该值在整个波形或选通区域中测量
正向超调		它是在整个波形或选通区域上测量，表示为： 正向过冲 = (最大值 - 高参考值) / 幅度 × 100%
负向过冲		它是在整个波形或选通区域上测量，表示为： 负向过冲 = (低参考值 - 最小值) / 幅度 × 100%
平均值		整个波形或选通区域上的算术平均值
周期平均值		波形的第一个周期或选通区域的第一个周期上的算术平均值
均方根		整个波形或选通区域上的精确“均方根”电压
周期均方根		波形的第一个周期或选通区域的第一个周期上的精确“均方根”电压

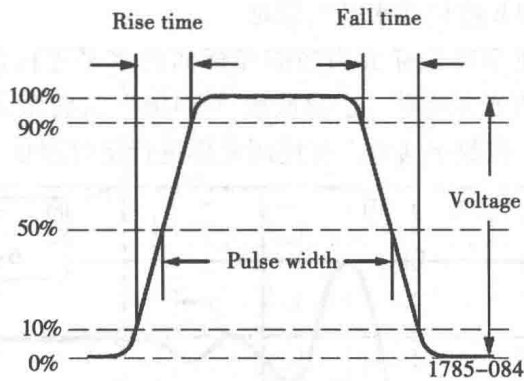


图 1-4 波形信息定义

③ 使用光标进行手动测量。光标是在屏幕中对波形显示进行定位的标记，用于对采集的数据进行手动测量。要在模拟或数字通道上使用光标，可执行以下操作：

- 按“Cursors”，可以改变光标状态。光标的三种状态分别为：

屏幕上不显示光标；

显示两个垂直波形光标，这两个光标隶属于所选的模拟波形或数字波形；

显示四个屏幕光标，两个垂直光标和两个水平光标，不再明确地连接到某个波形。

• 再按“Cursors”。在本例中，两个垂直光标将出现在选定的屏幕波形上。当旋转通用旋钮 a 时，可以将一个光标向左或右移动。旋转旋钮 b 时，移动其他光标。



图 1-5 屏幕显示垂直光标信息

• 按“Select”。可以打开或关闭光标链接。如果链接打开，旋转通用旋钮 a 可以同时移动两个光标。旋转通用旋钮 b 调整光标之间的时间间隔。

• 按“Fine”对多功能旋钮 a 和 b 进行粗调或细调切换。按“Fine”还可以改变其他旋钮的灵敏度。

• 再按“Cursors”。将把光标设置为屏幕模式。两个水平栏和两个垂直栏跨越方格图。

- 旋转通用旋钮 a 和 b 将移动水平光标对。
- 按 “Select”。将使垂直光标成为当前光标而使水平光标成为非当前光标。现在，如果旋转通用旋钮，垂直光标将移动。再次按 “Select” 又将激活水平光标。
- 查看光标和读数。在数字通道上可使用光标进行定时测量，但不能进行幅度测量。

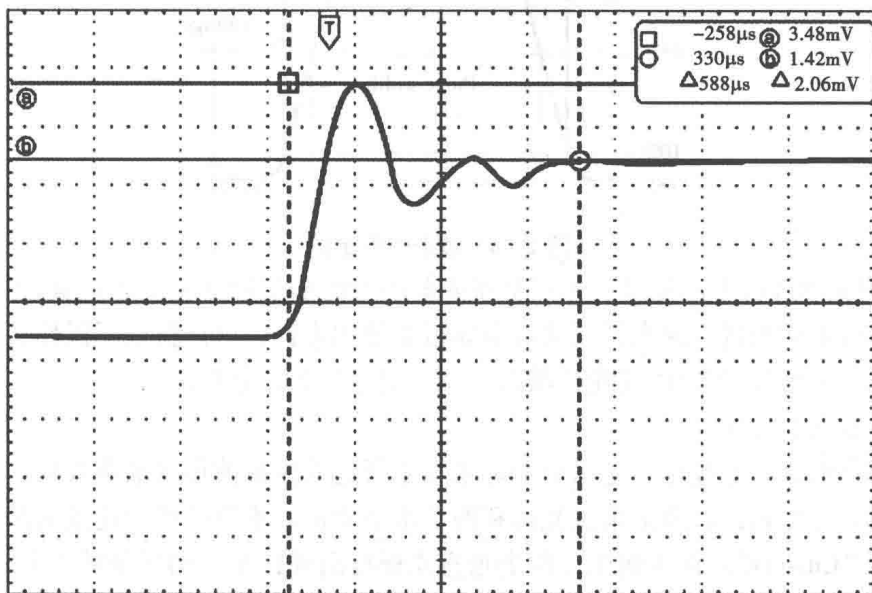


图 1-6 屏幕显示水平光标对信息

- 再按 “Select”。将关闭光标模式，屏幕不再显示光标和光标读数。
- ④ 使用数学波形。创建数学波形，以支持对通道和基准波形的分析。通过将源波形和其他数据合并然后转换为数学波形，可以产生应用程序需要的数据视图。

使用以下方法对两个波形执行简单数学运算（加、减、乘）：

- 按 M 选择数学菜单。
- 按 “双波形数学”。

双波形 数学	FFT			(M) 标签	
-----------	-----	--	--	--------	--

- 在侧面 bezel 菜单上，将信号源设为通道 1、2、3、4 或参考波形 R1 或 R2。选择 +、- 或 × 运算符。

1.2 函数信号发生器

AFG-2125 函数信号发生器能产生正弦波、方波、三角波、噪声波、ARB（任意波）等信号，频率范围 0.1Hz ~25MHz。图 1-7 所示为函数信号发生器 AFG-2125 的控制面板图。

控制面板介绍如下。

- ① 开关 “Power” 按键：按下后，整机接通电源并开始工作。