

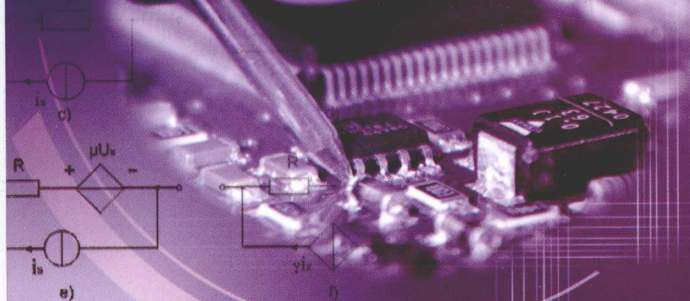


普通高等教育“十二五”电子电气基础课程规划教材

电路与电子技术 实验教程

主 编 吴 霞

副主编 沈小丽 李 敏



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013032528

TM13-33

79

普通高等教育“十二五”电子电气基础课程规划教材

电路与电子技术实验教程

主 编 吴 霞

副主编 沈小丽 李 敏



机械工业出版社

TM13-33/79



北航

C1640127

本教程是按照高等学校电路分析基础、电子技术基础课程教学基本要求, 结合作者多年来从事电路与电子技术实践性教学改革的经验, 针对加强学生实践能力和创新能力培养的教学目的编写的。全书分为7章, 共有40个实验项目, 涵盖了基础实验、设计性扩展实验和电子电路综合实验选题三大模块。实验项目内容分成基本实验和扩展实验两部分, 实验难度循序渐进, 递阶式上升, 并强调了 Multisim 仿真软件在实验过程中的应用。

本教程可以作为高等院校及其独立学院电路与电子技术实验课程的教材和教师的教学参考书, 也适合于非电类专业电工电子实验课程的学生选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路与电子技术实验教程/吴霞主编. —北京:
机械工业出版社, 2013.2
普通高等教育“十二五”电子电气基础课程规划教材
ISBN 978-7-111-41658-6

I. ①电… II. ①吴… III. ①电路-实验-高等学校
-教材②电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM13-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 037938 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐 凡 责任编辑: 徐 凡

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈秀丽

封面设计: 张 静 责任印制: 张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·13 印张·317 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-41658-6

定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心: (010) 88361066

教 材 网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了满足电路与电子技术实验教学改革的需求, 加强对学生电路基础实验的训练, 突出对学生电路综合设计能力、应用能力的培养, 我们根据多年的教学经验体会, 在修改、提炼校内实验讲义的基础上, 编写了这本实验教程。本教程内容涵盖广, 包括了电路分析基础、模拟电子技术与数字电子技术实验, 以及电子电路综合实验等, 既适用于高等学校电类专业、也适合于高等学校非电类专业使用。

本教程具有以下特点:

第一, 在教学理念上, 针对学生学习能力的不同因材施教, 减少验证性实验, 增加设计性、综合性实验, 为学有余力的学生留出发展个性的空间。每个实验项目的教学目标都分为三个层次, 即基础性实验、设计性实验、综合应用性实验, 逐步递阶式上升。实验内容既有基本实验、又有扩展实验, 这样编写的好处是鼓励学有余力的学生选择挑战一些难度大的实验任务。每个实验项目的难度由浅入深, 循序渐进, 并给出了必要的实验预习提示, 方便学生课前预习。指导教师可根据学生所学专业 and 课程学时数选择实验项目和安排相应的实验任务。

第二, 在课堂教学方法上, 以学生为中心, 强调实验的预习环节, 强调实践环节以学生自主学习的教学模式, 在实验前要求学生运用所学相关的理论知识, 自行设计实验方案及实验电路。教师在实验过程中起到是导演的角色, 改变以往学生在实验环节中过分依赖教师的习惯。

第三, 独立列一章介绍 Multisim10 仿真软件, 将现代的电子设计自动化技术 (EDA) 融入到实验项目中。通过引入 Multisim 仿真典型实例的介绍, 让学生快速掌握 Multisim 仿真工具。强调 Multisim 仿真软件在实验过程中的应用, 要求学生在进入实验室之前对实验电路进行仿真, 对自己设计的电路进行验证, 对实验结果有正确的预期判断。所有实验都要有仿真结果, 然后再进入实验室完成实验。培养学生利用计算机仿真软件对电路进行分析的能力。

本教程在结构上分为 7 章。其中, 第 1 章为常用电工电子仪器, 第 2 章为 Multisim10 仿真分析, 第 3 章为电子电路的调试与故障检测, 第 4 章为电路分析基础实验, 第 5 章为模拟电子技术实验, 第 6 章为数字电子技术实验, 第 7 章为电子电路综合实验。附录中给出了常用的集成电路引脚排列。

本教程由池金谷编写第 1 章; 李弘洋编写第 2 章的 2.1 节~2.5 节; 吴霞编写第 2 章的 2.6 节、2.8 节, 第 3 章, 第 5 章的 5.1 节、5.2 节、5.4 节~5.6 节、5.8 节~5.9 节, 第 7 章的 7.13 节; 何翔编写第 5 章的 5.3 节、5.7 节; 李敏编写第 2 章的 2.7 节, 第 4 章; 沈小丽编写第 2 章的 2.9 节, 第 6 章及附录; 卢飒编写第 7 章的 7.1 节~7.3 节; 施阁编写第 7 章的 7.4 节~7.12 节, 李敏与吴霞合编第 5 章的 5.10 节。全书由吴霞统稿。

在本书的编写过程中, 中国计量学院电路与系统学科的各位教师提出了诸多宝贵的建议, 并给予了大力支持, 在此表示衷心的感谢。正是有了大家的帮助, 才使本书得以顺利出版。

由于编者水平有限, 书中的错误、疏漏在所难免, 恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 常用电工电子仪器 1

- 1.1 数字交流毫伏表 1
- 1.2 函数信号发生器 2
- 1.3 数字万用表 4
- 1.4 数字示波器 6
- 1.5 模拟电路实验箱 15
- 1.6 数字电路实验箱 16
- 1.7 电工技术实验台 17

第2章 Multisim 10 仿真分析 22

- 2.1 Multisim 10 的特点 22
- 2.2 Multisim 10 的工作界面 23
- 2.3 Multisim 10 的工具栏 23
- 2.4 Multisim 10 的元器件操作 24
- 2.5 Multisim 10 的仿真分析方法 28
- 2.6 Multisim 10 仿真分析的入门实例 29
- 2.7 电路分析基础实验的仿真分析
实例 39
- 2.8 模拟电子技术实验的仿真分析
实例 44
- 2.9 数字电子技术实验的仿真分析
实例 47

第3章 电子电路的调试与故障 检测 52

- 3.1 电子电路的调试 52
- 3.2 电子电路故障的检测 54
- 3.3 电子电路的抗干扰技术 55

第4章 电路分析基础实验 57

- 4.1 元器件的伏安特性测量 57
- 4.2 叠加定理与戴维南定理 62
- 4.3 一阶 RC 暂态电路的暂态过程 68
- 4.4 简单交流电路 72
- 4.5 荧光灯电路与功率因数的提高 77
- 4.6 RLC 串联谐振电路 82
- 4.7 三相交流电路的测量 85
- 4.8 电感线圈和互感线圈的参数测量 91

第5章 模拟电子技术实验 98

- 5.1 常用电子仪器的使用 98
- 5.2 分压式共发射极放大电路的研究 103
- 5.3 两级阻容耦合放大电路 109
- 5.4 运算放大器的线性应用 1 113
- 5.5 运算放大器的线性应用 2 118
- 5.6 运算放大器的非线性应用 122
- 5.7 差动放大电路的研究 126
- 5.8 RC 正弦波振荡电路 130
- 5.9 输出可调的直流稳压电源 133
- 5.10 滤波器电路 137

第6章 数字电子技术实验 143

- 6.1 逻辑门电路的测量及其应用 143
- 6.2 组合逻辑电路的设计 147
- 6.3 中规模集成逻辑器件的应用 149
- 6.4 触发器的应用 153
- 6.5 移位寄存器的应用 158
- 6.6 计数、译码和显示电路 161
- 6.7 时序逻辑电路的设计 166
- 6.8 施密特触发器的应用 170
- 6.9 555 定时器的应用 172

第7章 电子电路综合实验 176

- 7.1 小型温度控制电路 176
- 7.2 正弦波形的产生和处理电路 177
- 7.3 数字抢答器 178
- 7.4 高速并行 A/D 转换系统 180
- 7.5 函数信号发生器 181
- 7.6 集成差分放大电路的设计 183
- 7.7 直流电动机数字脉冲控制电路的
设计 184
- 7.8 压控振荡器 186
- 7.9 信号波形分离及合成实验电路 188
- 7.10 十字路口交通灯控制电路的设计 189
- 7.11 数字时钟电路的设计 192
- 7.12 电容测试仪 194
- 7.13 数字脉冲周期测量仪 195

附录 常用集成电路引脚排列 197

参考文献 201

第 1 章 常用电工电子仪器

1.1 数字交流毫伏表

数字交流毫伏表专用于对交流电压有效值的测量。可测量的交流电压信号波形类型包括正弦波、方波、三角波、锯齿波、脉冲波等。较之万用表，数字交流毫伏表有测量频率范围广、测量精确度高的特点，尤其是对微小交流信号的测量精度优势明显。

本节以 YB2173F 型数字交流毫伏表为例，介绍数字交流毫伏表的功能特点及使用方法。YB2173F 型数字交流毫伏表测量电压范围为 $300\mu\text{V} \sim 300\text{V}$ ，被测电压的频率范围为 $10\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$ ，分辨力为 $10\mu\text{V}$ 。该仪表由单片机进行智能化控制和数据处理，量程自动转换，具有双通道、双数显和开关切换显示有效值或分贝值的功能。

1. 数字交流毫伏表控制面板功能介绍

YB2173F 型数字交流毫伏表控制面板如图 1-1 所示。

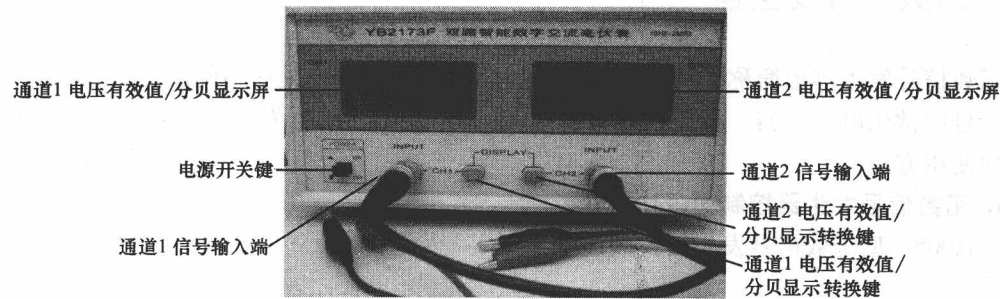


图 1-1 YB2173F 型数字交流毫伏表控制面板

YB2173F 型数字交流毫伏表的常用按键、端口功能见表 1-1。

表 1-1 YB2173F 型数字交流毫伏表的常用按键、端口功能

按键/端口名称	功 能
电源开关 (POWER)	开/关电源
通道 1 电压有效值/分贝显示转换键 (DISPLAY _ CH1)	该键处于弹出位置时，通道 1 显示屏显示电压有效值；该键被按下时，显示屏显示分贝值
通道 1 电压有效值/分贝显示屏	显示通道 1 被测信号的电压有效值或分贝值及单位
通道 1 信号输入端 (INPUT _ CH1)	通道 1 被测信号输入端

注：通道 2 的相关按键、端口功能与通道 1 相同。

2. 数字交流毫伏表的使用操作实例

下面以测量一个频率为 1kHz、有效值为 90mV 的正弦交流电压信号为例来进一步描述数字交流毫伏表的使用方法。具体步骤如下：

- 1) 按下“POWER”键启动数字交流毫伏表。
- 2) 将被测信号通过信号输入线接入“INPUT _ CH1”端，即信号输入线的黑色夹子接到实验电路的公共接地端，红色夹子接到被测点。
- 3) 确保“DISPLAY _ CH1”键处于弹出位置。
- 4) 读取“通道 1 电压有效值/分贝显示屏”示数为“90.0mV”，此即为被测信号的电压有效值。

3. 数字交流毫伏表的使用注意事项

- 1) 数字交流毫伏表通常用来测量正弦交流电压有效值。
- 2) 被测电压有效值不能高于 300V，以免损坏仪表。
- 3) 本仪表用于测量交流电压信号有效值时，相关的“DISPLAY _ CH1”或“DISPLAY _ CH2”键应处于弹出位置。
- 4) 信号输入线的黑色夹子接在实验电路的公共接地端。
- 5) 本仪表可同时测量两路交流电压信号的电压有效值。

1.2 函数信号发生器

函数信号发生器也简称为信号源，是一种能够为电子电路提供不同波形、频率、幅度的电压信号的常用电子仪器。本节内容将以 HG1005C 型函数信号发生器为例介绍函数信号发生器的使用方法。

1. 函数信号发生器控制面板功能介绍

HG1005C 型函数信号发生器控制面板如图 1-2 所示。

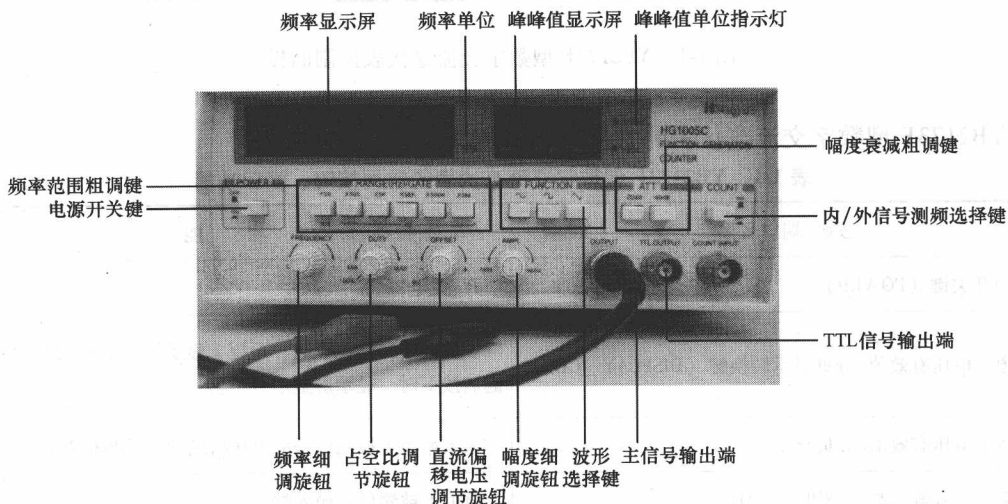


图 1-2 HG1005C 型函数信号发生器控制面板

HG1005C 型函数信号发生器上的常用旋钮、按键功能见表 1-2。

表 1-2 HG1005C 型函数信号发生器的常用旋钮、按键功能

旋钮/按键名称	功 能
电源开关键 (POWER)	开/关电源
波形选择键 (FUNCTION)	可选择产生的波形有：正弦波、方波、三角波
频率范围粗调键 (RANGE/GATE)	将 5Hz ~ 5MHz 的频率范围分为 6 挡，每挡覆盖 10 倍频率，可进行信号频率的粗调
频率细调旋钮 (FREQUENCY)	在当前频率范围内进行细调
幅度衰减粗调键 (ATT)	按下不同的键可对信号幅度进行衰减粗调，0dB（两键都不按下）、-20dB、-40dB、-60dB（两键都按下），分别对应衰减 1、10、100、1000 倍
幅度细调旋钮 (AMPL)	在当前衰减倍数下进行幅度细调
占空比调节旋钮 (DUTY)	调节波形占空比。调节范围为 15% ~ 80%，旋钮逆时针旋到底时占空比为 50%
直流偏移电压调节旋钮 (OFFSET)	调节信号的直流分量幅度。调节范围为 $\pm 8\text{V}$ （空载时），旋钮逆时针旋到底时直流分量幅度为 0V
内/外信号测频选择键 (COUNT)	按键弹出时，频率显示屏显示本机输出的信号的频率；按键按下时，频率显示屏显示“COUNT INPUT”端输入信号的频率
主信号输出端 (OUTPUT)	主信号输出端口
TTL 信号输出端 (TTL OUTPUT)	输出峰峰值为 3.5V 的方波。该端口输出信号不受“波形选择键”、“幅度衰减粗调键”、“幅度细调旋钮”以及“直流偏移电压调节旋钮”的控制
频率显示屏	显示输出电压信号的频率，频率单位为 kHz
峰峰值显示屏	显示输出电压信号的峰峰值
峰峰值单位指示灯	点亮的发光二极管灯指示此时输出电压信号峰峰值的单位。峰峰值单位包括 mV、V

2. 函数信号发生器的使用操作实例

下面以调制一个频率为 1kHz、有效值为 1.25V、占空比为 70%、直流偏移电压为 0V 的方波信号为例来进一步描述函数信号发生器的使用方法。具体步骤如下：

- 1) 按下“POWER”键，启动函数信号发生器。
- 2) 确保“COUNT”键处于弹出位置。
- 3) 按下“FUNCTION”键中的方波键。
- 4) 按下“RANGE/GATE”键中的“ $\times 5\text{k}$ ”键。
- 5) 旋转“FREQUENCY”旋钮直至“频率显示”屏上显示“1.000”。
- 6) 将“OFFSET”旋钮逆时针旋转到底。
- 7) 旋转“DUTY”旋钮，通过在“OUTPUT”端外接示波器 CH1 或 CH2 通道来观测输

出信号的占空比,利用示波器“Measure”键中相应菜单功能来测量信号的占空比,直至菜单中“+ Duty”(正占空比)达到70%。

8) 按下“ATT”键中的“-20dB”键。

9) 旋转“AMPL”旋钮,通过“OUTPUT”端所连接输出线的红色、黑色夹子对接交流毫伏表输入线的红色、黑色夹子来观测输出电压信号的有效值,直至毫伏表显示屏显示1.25V。至此,在“OUTPUT”端即可得到所要求的方波信号。

3. 函数信号发生器的使用注意事项

在函数信号发生器的使用过程中,还需要特别注意以下一些事项:

1) 本仪器用于输出交流电压信号。

2) 信号输出线的红色、黑色夹子严禁短接,否则会烧毁函数信号发生器内部器件。

3) 信号输出端严禁接输入电压信号,以免损坏仪器。

4) 信号输出线的黑色夹子接实验电路的公共接地端。

5) 本仪器用作信号发生器时,“COUNT”键应处于弹出位置。

6) 模拟电子技术实验中通常选用“OUTPUT”端输出信号,数字电子技术实验中通常选用“TTL OUTPUT”端输出方波信号。

7) 在输出正弦波时“DUTY”旋钮要逆时针旋到底,否则波形会畸变。

8) 在输出正弦交流信号时,即不需要叠加直流信号时,“OFFSET”旋钮要逆时针旋到底。

1.3 数字万用表

万用表是一种多功能、多量程的仪表。常用的万用表具备基本的交直流电压、交直流电流、电阻、电容、频率、晶体管、二极管及导线通断测量功能。万用表可分为模拟式(即指针式)和数字式两大类。目前,数字万用表应用比较广泛。数字万用表具有测量精度高、极性自动转换、读数直观等优点。

测量准确度和显示位数是数字万用表的两个很重要的指标。一般而言,显示位数越多,其测量准确度越高。但二者并不完全一致,显示位数相同的两个表,其测量准确度也可能有很大差距。

常见的数字万用表显示位数有 $3\frac{1}{2}$ 、 $3\frac{2}{3}$ 、 $3\frac{3}{4}$ 、 $4\frac{1}{2}$ 、 $5\frac{1}{2}$ 、 $6\frac{1}{2}$ 、 $7\frac{1}{2}$ 、 $8\frac{1}{2}$ 位共八种。其中, $3\frac{1}{2}$ 、 $3\frac{2}{3}$ 、 $3\frac{3}{4}$ 位万用表最大显示数值依次为1 999、2 999、3 999; $8\frac{1}{2}$ 位万用表最大显示数值为199 999 999。 $4\frac{1}{2}$ 、 $5\frac{1}{2}$ 、 $6\frac{1}{2}$ 、 $7\frac{1}{2}$ 位万用表位数显示规律同 $3\frac{1}{2}$ 、 $8\frac{1}{2}$ 位万用表。平常所谓的“三位半”万用表即 $3\frac{1}{2}$ 位万用表。该称谓的含义是指显示位最高位只能显示“1”或不显示,称为“半位”;其他位能显示0~9的任意一个数字。

VC8045-II型数字万用表是一种 $4\frac{1}{2}$ 位台式数字万用表。该仪表电压测量最高可达1000V直流或交流峰值,分辨力可达 $10\mu\text{V}$;电流测量最高可达20A;交流测量采用高精度真有效值,具有测量频带宽的特点。下面以该型号万用表为例,介绍数字万用表的功能特点及使用方法。图1-3所示为VC8045-II型数字万用表控制面板。

1. 数字万用表控制面板功能介绍

VC8045-II型数字万用表的常用按键、旋钮功能见表1-3。



图 1-3 VC8045-II 型数字万用表控制面板

表 1-3 VC8045-II 型数字万用表的常用按键、旋钮功能

按键/旋钮名称	功 能
电源开关键 ^①	开/关电源
电压、电阻、频率测量输入端 (VΩHz)	测量电压、电阻、频率时, 将红色表笔插入该端口
0~2A 电流测量输入端 (mA)	测量 0~2A 电流时, 将红色表笔插入该端口
2~20A 电流测量输入端 (20A)	测量 2~20A 电流时, 将红色表笔插入该端口
公共端 (COM)	黑色表笔插入该端口。接被测量电路的公共接地端
挡位/量程选择旋钮	依照旋钮上刻痕指向选择所需的测量挡位及量程
直流电压挡 (V-)	测量直流电压时在该挡位区域中选择相应量程
交流电压挡 (V~)	测量交流电压时在该挡位区域中选择相应量程
直流电流挡 (A-)	测量直流电流时在该挡位区域中选择相应量程
交流电流挡 (A~)	测量交流电流时在该挡位区域中选择相应量程
电阻挡 (Ω)	测量电阻时在该挡位区域中选择相应量程
二极管及线路通断测试挡 ^②	测试二极管的好坏及线路的通断状况时, 选择该挡位
显示信息保持键 (HOLD)	按下该键时, 显示屏显示信息保持按下瞬间的数值不变化, 显示屏左侧显示“H”标志; 弹出该键时, 显示信息变为正常动态显示

① 电源开关键在仪表的背面。

② 测试二极管的好坏及线路的通断状况时, 红表笔插入“VΩHz”端, 黑表笔插入“COM”端。测试二极管时, 若二极管开路或被反接 (即红表笔接二极管负极, 黑表笔接正极), 显示屏显示“1”; 若二极管被正接, 则显示屏显示数值为两表笔之间二极管正向压降的毫伏值。测试线路通断状况时, 若两表笔间的阻值小于约 70Ω 时, 仪表内蜂鸣器响, 表示线路通; 若显示屏显示“1”, 则表示线路断。

2. 数字万用表的使用操作实例

下面以测量一个频率为 2kHz、电压有效值为 1V 的正弦交流电压信号为例，详细说明数字万用表的使用操作方法。具体测量操作步骤如下：

1) 按下“电源开关”键启动万用表。

2) 确保“HOLD”键处于弹出位置。

3) 旋转“挡位/量程选择”旋钮，令刻痕指向“V~”区域的“2V”量程。此时，显示屏上数字的小数点下方显示一个小数字“2”，表示量程为“2V”；显示屏左下角位置显示“AC”标志，表示挡位为交流。

4) 将黑色表笔插入“COM”端，红色表笔插入“VΩHz”端。黑色表笔另一端接到被测电路的公共接地端，红色表笔另一端接到电路测量点。

5) 读取显示屏上示数，即为被测信号的电压有效值。

3. 数字万用表的使用注意事项

1) 测量之前，必须先确保红、黑色表笔插在正确的位置，先调好正确的挡位、量程，再接入电路、元器件进行测量。否则，容易损坏仪表。

2) 被测电压不能高于 1000V 直流或交流峰值，以免损坏仪表。

3) 测量高电压或大电流时，务必谨慎操作，避免电击危险。

4) 测量在线电阻时，需做到“两断”：电阻所在电路需断电，电路中电容需放完电；确保电阻至少有一端从所在电路断开。否则，会导致测量结果出错，甚至损坏仪表。

5) 应当选用不小于实际值的最小量程。这样，既避免了实际值超量程的问题，又减少了测量误差。

6) 当显示屏上只在最高位显示“1”时，表示实际值已超量程，需调高量程。

7) 本仪表在正常测量时，“HOLD”键应处于弹出位置。

8) 黑色表笔应接被测电路的公共接地端。

9) 输入过载时，可能会熔断内置熔断器，需及时更换。

1.4 数字示波器

示波器是一种应用广泛的电子测量仪器。示波器的主要功能是对电压信号进行波形观测，同时，也可以进行峰峰值、频率、相位、占空比等参数的测量。示波器的种类很多，主要可以分为两大类：模拟示波器和数字示波器。数字示波器由于具备测量精度高、智能化程度高、使用方便等优点，得到越来越广泛的应用。

DS1052E 型数字示波器是双通道加一个外部触发输入通道的数字示波器。该示波器最大实时采样率达 1GSa/s，每通道带宽达 50MHz；波形显示可以自动设置（AUTO），且具有自动光标跟踪测量功能。数字示波器虽然种类越来越多，功能越来越强，但其基本的测量原理是相同的。下面以 DS1052E 数字示波器为例，介绍数字示波器的功能特点及使用方法。DS1052E 型数字示波器控制面板如图 1-4 所示。

1. 数字示波器控制面板功能介绍

DS1052E 型数字示波器的常用按键、旋钮功能见表 1-4。

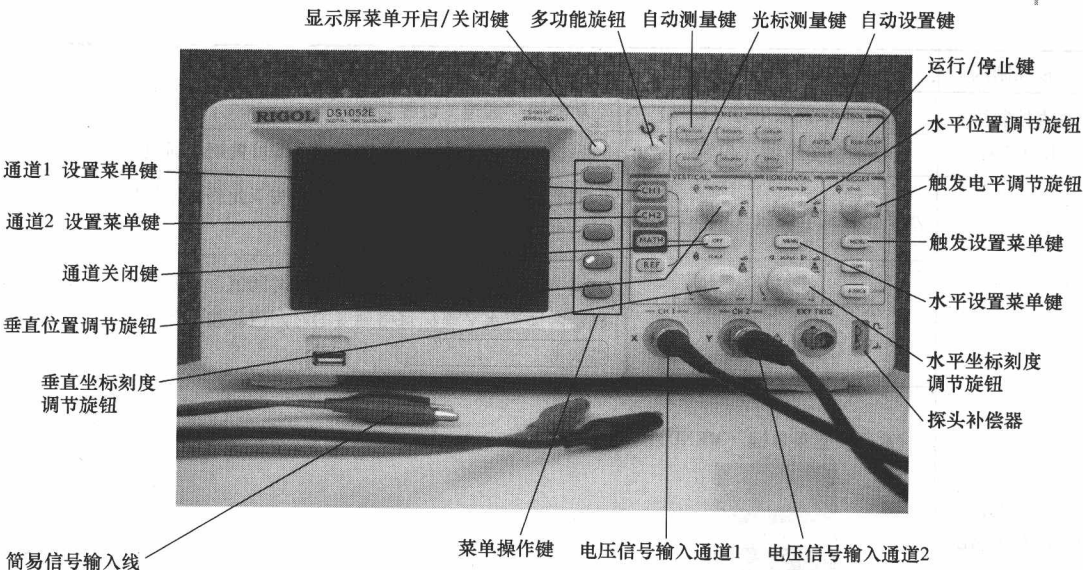


图 1-4 DS1052E 型数字示波器控制面板

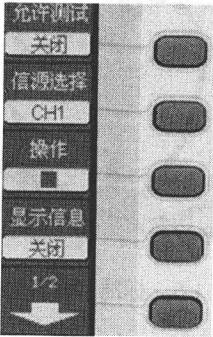
表 1-4 DS1052E 型数字示波器的常用按键、旋钮功能

面板控制区	按键/旋钮名称	功 能
运行控制区 (RUN CONTROL)	自动设置键 (AUTO)	按下此键，示波器将自动设置各项控制参数，迅速显示适宜观察的波形
	运行/停止键 (RUN/STOP)	当此键亮绿光时，显示屏正常动态显示波形；当按下此键令此键亮红光时，显示屏上波形变成静止不动 利用此键可方便观测波形
垂直控制区 (VERTICAL)	垂直位置调节旋钮 (POSITION)	调整被选定通道波形的垂直位置。按下此旋钮使波形显示位置恢复到零点
	垂直坐标刻度调节旋钮 (SCALE)	调节显示屏垂直坐标每格刻度的电压值：①在此旋钮弹出状态时旋转此旋钮进行粗调；②按下此旋钮后再旋转则为细调。显示屏下方位置分别以黄、蓝两种颜色显示通道 1、2 垂直坐标每格刻度的电压值
	通道 1 设置菜单键 (CH1) 	按一下“CH1”键，在显示屏右侧会弹出通道 1 设置菜单（见左栏图），可对通道 1 的“耦合”（耦合方式）、“探头”（探头衰减倍率）和“反相”（波形反相功能）等项目进行设置；此外，按一下此键后，即选定通道 1 波形，可对该波形进行垂直坐标刻度调节和垂直位置调节。连续按两次此键，此键黄灯熄灭，表示通道 1 关闭，此时显示屏上不显示通道 1 波形

(续)

面板控制区	按键/旋钮名称	功 能
垂直控制区 (VERTICAL)	通道 2 设置菜单键 (CH2)	功能同“通道 1 设置菜单键”
	通道关闭键 (OFF)	先选定某通道波形, 再按此键, 即可关闭此通道
水平控制区 (HORIZONTAL)	水平位置调节旋钮 (POSITION)	调整两个通道波形的水平位置。按下此旋钮使触发位置立即回到显示屏中心
	水平坐标刻度调节旋钮 (SCALE)	调节显示屏水平坐标每格刻度的时间值。显示屏下方位置以白色显示两通道水平坐标每格刻度的时间值。按下此旋钮后变为延迟扫描状态
	水平设置菜单键 (MENU) 	按一下此键, 在显示屏右侧会弹出“水平设置菜单” (见左栏图), 可对“时基” (显示屏坐标系)、“延迟扫描”等项目进行设置
触发控制区 (TRIGGER)	触发设置菜单键 (MENU) 	按一下此键, 在显示屏右侧会弹出“触发设置菜单” (见左栏图), 可对“触发模式”、“信源选择” (触发信号选择) 等项目进行设置
	触发电平调节旋钮 (LEVEL)	调节触发电平。旋转此旋钮, 可发现显示屏上出现一条橘黄色的触发电平线随此旋钮的转动而上下移动。移动此线, 使之与触发信号波形相交, 则可使波形稳定。按一下此旋钮, 可迅速令触发电平恢复到零点
	中点触发键 (50%)	按一下此键, 可迅速设定触发电平在触发信号幅值的垂直中点。利用此键可较方便地选好触发电平, 使波形稳定下来

(续)

面板控制区	按键/旋钮名称	功 能
功能菜单区 (MENU)	自动测量键 (Measure)	利用此键可对通道内电压信号的峰峰值, 最大、最小值, 频率, 周期, 占空比, 正、负脉宽等参数进行自动测量
	光标测量键 (Cursor)	对电压信号参数的测量可利用此键通过光标模式来完成。例如第4章4.3节“一阶RC暂态电路的暂态过程”实验中, τ 值测算任务常用“光标追踪模式”完成, 非常方便。此键的详细介绍见下文“2. 数字示波器常用按键和旋钮的操作方法”第(7)项“光标测量键”的介绍
	存储功能键 (Storage)	可利用此键将电压信号波形以位图的形式通过USB接口存储到外部存储设备中
	辅助系统设置键 (Utility)	可利用此键设置不同的显示屏显示界面方案
输入输出界面	电压信号输入通道1 (CH1)	电压信号输入通道1
	电压信号输入通道2 (CH2)	电压信号输入通道2
	探头补偿器	对首次使用的输入线探头进行补偿, 使之与本通道匹配。步骤: 将输入线的黑色夹子与补偿器的接地端(下方)连接, 红色夹子与信号输出端(上方)连接, 然后按下“AUTO”键。此时示波器屏幕上应显示一峰值为3V的方波
	显示屏菜单开启/关闭键 (MENU ON/OFF)	控制显示屏右侧菜单的打开或关闭
	菜单操作键 	纵向排列于显示屏右侧边框上的五个蓝灰色按键(见左栏图)。通常将这五个键从上到下依次编号为1、2、3、4、5号。通过此五键可对显示屏右侧菜单的各项进行选择操作。连续按压操作键, 可在对应项目下令选择光标在不同选项上移动, 在选择光标在某选项上停留几秒钟后即选定此项
	多功能旋钮	1. 配合“菜单操作键”对菜单各项进行选择操作。旋转此旋钮使选择光标在不同选项上滚动, 按下此旋钮来选定 2. 在未指定任何功能时, 旋转此旋钮可调节显示屏中波形的亮度
	电源开关键 ^①	开/关电源

① 电源开关键在仪表的顶部。

2. 数字示波器常用按键和旋钮的操作方法

(1) 自动设置键

“**AUTO**”键用于自动设置各项控制参数,迅速显示适宜波形,如果善于利用,能达到事半功倍的效果。当按下“**AUTO**”键后波形显示效果不佳时,再手动调节各项控制参数。

(2) 通道的耦合方式设置

按下“**VERTICAL**”区的“**CH1**”或“**CH2**”键,弹出的“通道设置菜单”的“耦合”项目下有三个选择项:“直流”、“交流”、“接地”。其中,“直流”方式表示通过信号的直流和交流成分;“交流”方式表示只通过信号的交流成分;“接地”方式表示断开输入信号,此时显示屏显示一条水平扫描基线。

(3) 通道的探头衰减倍率设置

“通道设置菜单”的“探头”项目是指对探头的衰减倍率进行设置。探头衰减倍率设置与通道连接的探头的实际衰减倍率要保持一致,否则测量结果将出错。如图 1-4 所示,与示波器相连的是一种简易信号输入线,其衰减倍率是 1 倍,故该示波器通道的“探头”项目应设置为“ $1\times$ ”倍率。图 1-5 中所示的是一种标准示波器信号输入线。其探棒上设有“衰减倍率选择键”,可选择“ $1\times$ ”或“ $10\times$ ”两种不同倍率。当使用此类信号输入线,并选择“ $10\times$ ”衰减倍率时,与之相连的示波器通道“探头”倍率菜单则需设置为“ $10\times$ ”倍率。

图 1-5 所示的标准示波器信号输入线,当衰减倍率选为“ $1\times$ ”时,其功能与简易信号输入线相同。当观测高频信号时,为避免波形失真,则需要使用标准示波器信号输入线,且必须将衰减倍率调到“ $10\times$ ”挡。其原理是利用标准信号输入线的电容来抵消示波器的输入电容,提高示波器在高频状况下的输入阻抗,避免波形失真。在利用标准信号输入线观测波形时,黑色接地夹接被测电路公共接地端,探头接信号测试点。

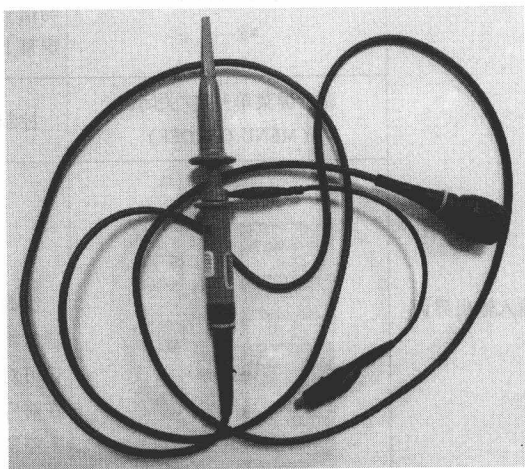


图 1-5 标准示波器信号输入线

(4) 水平设置菜单的时基设置

按下“**HORIZONTAL**”区的“**MENU**”键,显示屏右侧弹出“水平设置菜单”,该菜单中的“时基”项目下有:“**Y-T**”、“**X-Y**”和“**ROLL**”三个选项。其中,“**Y-T**”方式下 Y 轴表示电压量, X 轴表示时间量,此方式较为常用;“**X-Y**”方式下 Y 轴表示通道 2 电压量, X 轴表示通道 1 电压量;“**ROLL**”方式下波形显示进入滚动模式。

(5) 触发设置菜单的信源选择设置

按下“**TRIGGER**”区的“**MENU**”键,显示屏右侧弹出“触发设置菜单”,该菜单的“信源选择”项目下的四个选项:“**CH1**”、“**CH2**”、“**EXT**”和“**市电**”,对应表示触发信号源的来源可选:通道 1 信号、通道 2 信号、外部触发输入通道信号或交流电源。触发信号源选择应注意:当一个通道为交流信号,另一个为直流信号时,触发信号源应选交流信号;当两个通道皆为交流信号,且其中一个的频率为另一个的若干倍时,触发信号源选较低频的那个信号。在对触发控制区进行设置时,注意触发电平线应与所选的触发信号源波形相交,才

能令波形稳定。

(6) 自动测量键

利用“Measure”键可便捷地对波形多种参数进行测量。按下“Measure”键，显示屏右侧弹出一列菜单。其中，“信源选择”项是指测量对象信号选择：可选通道1或通道2。在“全部测量”项目下选择“打开”，则在显示屏下半部分弹出一张测量结果报表，表中共有18项测量数据。其中主要参数有： $V_{\max}$ （最大值）、 $V_{\min}$ （最小值）、 V_{pp} （峰峰值）、Freq（频率）、Prd（周期）、+Wid（正向脉宽）、-Wid（负向脉宽）、+Duty（正占空比）、-Duty（负占空比）等。

(7) 光标测量键

利用“Cursor”键可通过光标动态显示被测波形上任意一点的电压值和时间值，从而为测量和计算提供了极大方便，并且减少了测量误差。例如第4章4.3节“一阶RC暂态电路的暂态过程”实验中测量计算放电时间常数 τ 值的任务，若利用该键功能完成，可取得良好的效果。下面就以该实验中利用电容C放电过程测算放电时间常数 τ 值的任务，详细介绍“光标测量”功能的使用方法。

首先将通道2信号输入线的红、黑夹子分别接到被测实验电路中电容两端，其中黑色夹子接电路公共接地端。设置示波器各项控制参数使电容放电过程的电压波形良好地显示在示波器显示屏上，按下示波器“RUN/STOP”键令波形静止，将波形尽量放大，如图1-6所示。按下“Cursor”键，在弹出菜单中“光标模式”项目下选择“追踪”，则弹出一个二级菜单（见图1-6）。按压“2、3号菜单操作键”令“光标A”、“光标B”项目均选取“CH2”，使两个光标都置于通道2输入信号波形上。其中，光标A为白色，光标B为黄色。按压“4号菜单操作键”令“CurA”项目下的“多功能旋钮”标志被选定（即标志周围变成白色），旋转“多功能旋钮”移动显示屏上的光标A至放电波形的起始放电位置。此时，显示屏右上角位置的光标坐标小菜单显示光标A的坐标为（ $X=8.000s$ ， $Y=10.0V$ ），表示波形在此点的时刻为8.000s（相对于触发零点时刻），电压值为10.0V。按压“5号菜单操作键”令“CurB”项目下的“多功能旋钮”标志被选定，旋转“多功能旋钮”使光标B移到波形上已放电至0.368倍起始电压（即 $10.0 \times 0.368V = 3.68V$ ）的位置。此时，光标B

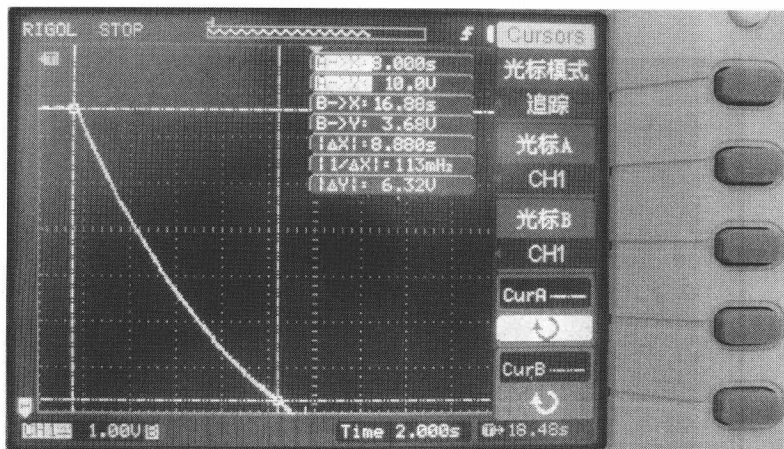


图1-6 “光标追踪法”测算 τ 值

的坐标显示此点时刻为 16.88s。从光标坐标小菜单上可方便地读出两光标的横坐标之差： $|\Delta X| = (16.88 - 8.000) \text{ s} = 8.880 \text{ s}$ ，即从起始放电时刻到放电至 0.368 倍起始电压时刻所经历的时间，也就是所需测算的 τ 值（ τ 的理论值为 9.4 s）。测量的相对误差为 5.86%。产生误差的主要原因是电容、电阻元器件的标称值和实际值的误差以及实际测量时开关抖动产生的误差。

(8) 存储功能键

利用“Storage”键可将被测电压信号波形以位图的形式通过 USB 接口存储到外部存储设备中。步骤如下：将外部存储设备（如 U 盘）连接至示波器 USB 接口。按下“Storage”键，在显示屏右侧弹出“存储设置菜单”（见图 1-7），在该菜单的“存储类型”项目中选择“位图存储”，然后按“3 号菜单操作键”进入“外部存储设置菜单”（见图 1-8）。在“外部存储设置菜单”中先通过“浏览器”项目来选择存储位置，然后按“2 号菜单操作键”进入“新建文件操作菜单”（见图 1-9）。在“新建文件操作菜单”中通过“1、2 号菜单操作键”和“多功能旋钮”的配合，在弹出的对话框中为新建文件起名，最后按下“4 号菜单操作键”，创建并保存该新建的位图文件。

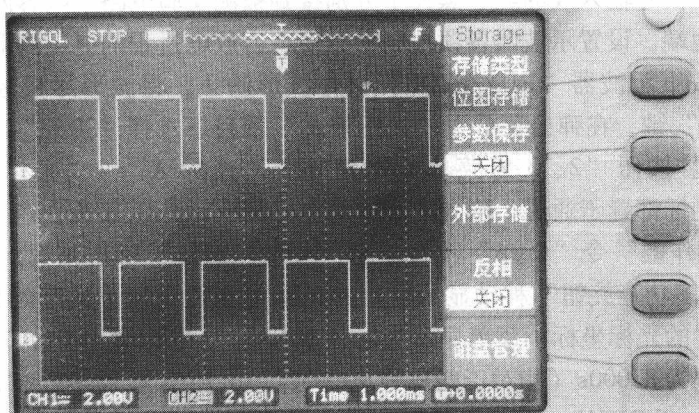


图 1-7 存储设置菜单



图 1-8 外部存储设置菜单