



“十三五”普通高等教育本科规划教材

DIANZI JISHU SHIYAN ZHIDAOSHU

电子技术实验 指导书

(第二版)

刘向军 文亚凤
孙淑艳 王 赞 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

电子技术实验 指导书

(第二版)

刘向军 文亚凤 编著
孙淑艳 王 赞
李晶皎 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

本书涵盖了电子技术基础课程的全部实验内容,共分为7章,主要包括常用电子仪器、模拟电路基础实验、数字电路基础实验、模拟电路仿真实验、数字电路仿真实验、电子技术综合实验以及NI Multisim12使用指南等内容。书后还附有集成逻辑门电路新、旧图形符号对照,集成触发器新、旧图形符号对照,常用数字集成电路型号及引脚图,常见中规模集成芯片符号对照供读者参考。

实验内容的安排由浅到深,既有测试、验证性内容,也有设计、研究性内容;既有实物训练,也有电子电路的计算机辅助分析和设计的训练;既有单元局部知识点的实验,也有跨单元的综合设计性内容。本书突出工程性和实践性,实验内容循序渐进、逐渐增强实验的难度,分基础实验、设计实验和综合实验三个台阶,层次分明,EDA教学贯穿整个课程。

本书可作为高等学校非电类专业本科生教材,也可作为高职高专和自学考试、成人教育相关专业的教材,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验指导书/刘向军等编著. —2版. —北京:中国电力出版社,2016.7

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-9086-7

I. ①电… II. ①刘… III. ①电子技术-实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第055474号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年9月第一版

2016年7月第二版 2016年7月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 11印张 266千字

定价:22.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

为贯彻科学发展观,进一步加强普通高等教育教材建设,确保高质量教材进课堂,根据高等院校的教学需要,在总结“十二五”规划教材建设经验的基础上,组织编写了“十三五”普通高等教育本科规划教材。华北电力大学电子技术课程组总结多年实践教学经验,编写了一套电子技术基础实践课程系列教材,包括《模拟电子技术实验指导书(第二版)》《数字电子技术实验指导书(第二版)》《电子技术实验指导书(第二版)》及《电子技术综合实验(第二版)》。本套教材充分体现工程技术教育的特点,力求达到教学与实验相结合、硬件电路与软件仿真性结合、理论与应用相统一,培养学生运用电子技术解决实际问题的工程能力和实践能力。其主要内容覆盖模拟电子技术、数字电子技术、电子电路的测试技术以及计算机辅助分析和设计方法等。

一、教材编写背景和意义

众所周知,电子技术已经遍及各行各业,无论工业、农业、医学、军事、科学研究,还是人们的日常生活,都已与电子技术息息相关。电子技术真可谓是“无处不在”。随着电子技术的迅猛发展,并日益渗透到其他学科,深入国民经济的各个领域,很多高等学校为适应时代的需要,将电子技术基础设为非电类专业本科生的一门必修技术基础课。

电子技术基础是一门理论性和实践性很强的课程,实验是学习电子技术的一个重要环节,是理论教学的深化和补充,对巩固和加深课堂教学内容,提高学生实际操作技能,培养科学作风,为学习后续课程和从事技术工作都具有重要作用。为适应教学实践,特编写了这本实验指导书。目的在于培养学生成为具有创新精神、实践能力强的高素质人才,使学生通过实验,加深对理论知识的理解,培养学生分析、设计、组装和调试电子电路的基本技能,并能触类旁通,掌握科学的实验方法,提高综合应用能力和实验研究能力。

二、教材内容

本书涵盖了电子技术基础课程全部实验内容,主要包括常用电子仪器、模拟电路基础实验、数字电路基础实验、模拟电路仿真实验、数字电路仿真实验、电子技术综合实验和 NI Multisim12 使用指南,书后还附有集成逻辑门电路新、旧图形符号对照,集成触发器新、旧图形符号对照,常用数字集成电路型号及引脚图,常见中规模集成芯片符号对照以供读者参考。

实验内容的安排由浅到深,既有测试、验证性内容,也有设计、研究的内容;既有实物训练,也有电子电路的计算机辅助设计和分析的训练;既有单元局部知识点的实验,也有跨单元的综合设计性内容。除此之外,为充分发挥学生的创造性和主观能动性,有些选做实验只提供设计要求及原理简图,由学生自行完成方案选择、实验步骤及记录表格等。

三、教材特点

本书突出工程性和实践性,实验内容由浅入深,循序渐进,逐渐增强实验的难度,分基础实验、设计实验、综合实验三个台阶,层次分明,电子设计自动化(EDA)教学贯穿整个课程。对设计型、综合型的实验,鼓励学生开阔思路,设计尽可能多的实验方案,以体现

综合性、开放性、设计性和创造性的实验教学理念。在教学中教师可根据专业教学的要求选择实验内容。

四、课程要求

教学内容从实现方法和内容上分两个层次。

(1) 基础实验的分析与设计。主要是借助模拟实验箱、数字实验箱上的资源,使用不同的电子仪器仪表对典型的模拟电子电路、数字电子电路以及电子技术综合系统进行分析、设计和测试。

(2) 计算机辅助分析与设计。主要是借助 NI Multisim12 仿真平台,使用 NI Multisim12 中的各种元器件、各种分析方法和虚拟仪器仪表构建典型的模拟电子电路、数字电子电路以及电子技术综合系统,并对电路进行辅助分析、设计和仿真。

本书仿真实验部分的电路图、元器件符号均采用欧洲标准,所以为便于学生理解和使用,本书第4章和第5章涉及的电路图均按软件最终显示电路绘制。

本书共分7章,其中第1章由刘向军和孙淑艳编写,第2、4、6章由文亚凤编写,第3、5章由刘向军编写,第7章及附录由王赟编写。刘向军负责全书的修改和统稿工作。本书由东北大学李晶皎教授担任主审。本书的编写得到华北电力大学电工电子实验教学中心各位老师的大力支持和帮助,在此向一并表示感谢。

限于编者水平,加之时间仓促,书中难免有不当及欠缺之处,恳请读者批评指正。编者邮箱为 Lxjun@ncepu.edu.cn。

编 者

2016年3月于华北电力大学

第一版前言

众所周知,电子技术已经遍及各行各业,无论工业、农业、医学、军事、科学研究,还是人们的日常生活,都已与电子技术休戚相关。电子技术真可谓是“无所不用,无处不在”。随着电子技术的迅猛发展,并日益渗透到其他学科,深入国民经济的各个领域,很多高等学校为适应时代的需要,将电子技术基础设为非电类专业本科生的一门必修技术基础课。

电子技术基础是一门理论性和实践性很强的课程,实验是学习电子技术的一个重要环节,是理论教学的深化和补充,对巩固和加深课堂教学内容,提高学生实际操作技能,培养科学作风,为学习后续课程和从事技术工作都具有重要作用。为适应教学实践,特编写了这本实验指导书。目的在于培养学生成为具有创新精神、实践能力的高素质人才,使学生通过实验,加深对理论知识的理解,培养学生分析、设计、组装和调试电子电路的基本技能,并能触类旁通,掌握科学的实验方法,提高综合应用能力和实验研究能力,体现以学生为本的教育思想。

本书涵盖了电子技术基础课程全部实验内容,主要包括常用电子仪器、模拟电路基础实验、数字电路基础实验、模拟电路仿真实验、数字电路仿真实验、电子技术综合实验和 Multisim 2001 使用指南,书后还附有集成逻辑门电路新、旧图形符号对照,集成触发器新、旧图形符号对照,常用数字集成电路型号及引脚图,常见中规模集成芯片符号对照供读者参考。实验内容的安排由浅到深,既有测试、验证性内容,也有设计、研究的内容;既有实物训练,也有电子电路的计算机辅助设计和分析的训练;既有单元局部知识点的实验,也有跨单元的综合设计性内容。为充分发挥学生的创造性和主观能动性,有些选做实验只提供设计要求及原理简图,由学生自行完成方案选择、实验步骤及记录表格等。

本书突出工程性和实践性,实验内容由浅入深,循序渐进,逐渐增强实验的难度,分基础实验、设计实验、综合实验三个台阶,层次分明,EDA 教学贯穿整个课程。对设计型、综合型的实验,鼓励学生开阔思路,设计尽可能多的实验方案,以体现综合性、开放性、设计性和创造性的实验教学理念。在教学中教师可根据专业教学的要求选择实验内容。本书仿真实验部分采用仿真软件 Multisim 2001,软件电路图均采用欧洲标准,所以为便于学生理解和使用,本书第四章和第五章所涉及的电路图均按软件的最终显示电路给出。

本书共分七章,其中第一章由刘向军和孙淑艳编写,第二、四章和六章由文亚凤编写,第三、五章由刘向军编写,第七章及附录由王赞编写,刘向军负责全书的修改和统稿工作。另外,张根保老师为本书做了大量审稿工作,本书的编写得到华北电力大学电工电子实验教学中心各位老师的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平所限,时间仓促,错误及欠缺之处恳请批评指正。

目 录

前言

第一版前言

第1章 常用电子仪器	1
1.1 示波器	1
1.2 低频信号发生器	19
1.3 DF2170A 型双路晶体管毫伏表	29
1.4 UT56 型数字万用表	31
1.5 SYB-130 型面包板	32
1.6 实验箱	33
第2章 模拟电路基础实验	37
实验1 常用电子仪器的使用	37
实验2 单级共射放大电路	45
实验3 射极跟随器	52
实验4 集成运放的线性应用——基本运算电路	56
实验5 集成运放的线性应用——电压比较器	60
实验6 RC 桥式正弦波振荡电路	63
第3章 数字电路基础实验	66
实验1 门电路的逻辑功能测试	66
实验2 用门电路进行组合逻辑电路的设计	69
实验3 用中规模集成芯片进行组合电路的设计	72
实验4 触发器及其应用	76
实验5 中规模集成时序电路的应用	80
实验6 555 定时器及其应用	83
第4章 模拟电路仿真实验	87
实验1 二极管伏安特性曲线及其应用电路	87
实验2 三极管共发射极偏置放大电路	97
实验3 互补对称功率放大电路	106
实验4 负反馈放大电路	109
实验5 信号产生及变换电路	112
第5章 数字电路仿真实验	117
实验1 TTL 门电路的逻辑变换	117
实验2 组合逻辑电路的设计	118
实验3 时序逻辑电路的分析	119
实验4 时序逻辑电路的设计	120

实验 5 通道顺序选择电路	121
第 6 章 电子技术综合实验	123
课题 1 移位寄存器型彩灯控制器	124
课题 2 简易频率计	127
课题 3 四路智力竞赛抢答器	128
课题 4 电子密码锁	129
课题 5 数字电子钟	130
课题 6 交通信号灯控制器	133
课题 7 电子拔河游戏机	134
课题 8 电子秒表	135
第 7 章 NI Multisim 12 使用指南	137
7.1 NI Multisim 12 简介	137
7.2 NI Multisim 12 的基本分析方法	152
7.3 创建仿真电路	156
附录 A 集成逻辑门电路新、旧图形符号对照	158
附录 B 集成触发器新、旧图形符号对照	159
附录 C 常用数字集成电路型号及引脚图	160
附录 D 常见中规模集成芯片符号对照	163
参考文献	168

第1章 常用电子仪器

1.1 示波器

示波器可用以显示被观测信号的电压波形,还可对信号做时间和幅值的定量测试,以及对波形间相位测量。电子示波器又称阴极射线示波器,简称示波器。示波器是电子电路调试和电子设备检测中不可缺少的主要电子测量仪器。

示波器分模拟示波器和数字示波器两类,在此分别对数字存储示波器 SDS1000CML 系列和模拟示波器 GOS-620 做简要说明。

一、SDS1000CML 系列数字存储示波器

SDS1000CML 系列数字存储示波器的体积小巧、操作灵活;采用 7 英寸宽屏彩色 TFT-LCD 及弹出式菜单显示,波形显示更清晰、稳定,实现了它的易用性,大大提高了用户的工作效率;有边沿、脉冲、视频、斜率、交替等丰富的触发功能;有独特的数字滤波与波形录制功能;有 3 种光标模式、32 种自动测量种类、2 组参考波形、20 组普通波形、20 组设置内部存储/调出;支持波形、设置、CSV 和位图文件 U 盘外部存储及调出;实时采样率最高为 1GSa/s、存储深度最高为 2Mpts,完全满足捕捉速度快、信号复杂的市场需求;支持 USB 设备存储,用户还可通过 U 盘对软件进行升级,最大限度地满足用户的需求;支持 PictBridge 直接打印,满足最广泛的打印需求;同时有 12 种语言界面显示以及嵌入式在线帮助系统,方便用户操作和使用。

下面简单介绍 SDS1000CML 系列数字存储示波器的面板、用户界面、功能和使用方法。

1. 面板和用户界面简介

在使用 SDS1000CML 系列数字存储示波器以前,首先需要了解示波器的操作面板,以下内容对 SDS1000CML 系列的前后面板、用户界面做简单的介绍。

(1) 前面板。SDS1000CML 系列示波器面板上包括旋钮和功能按钮。显示屏右侧的一列 5 个灰色按钮为菜单操作按钮,通过这些按钮用户可以设置当前菜单的不同选项;其他按钮为功能按钮,通过这些按钮用户可以进入不同的功能菜单或直接获得特定的功能应用。

SDS1000CML 系列数字存储示波器前面板如图 1-1 所示。

具体功能及使用后面详细介绍。

(2) 后面板。SDS1000CML 系列数字存储示波器后面板如图 1-2 所示。

图 1-2 中编号功能说明如下。

① 手柄。垂直拉起该手柄,可方便提携示波器。不需要时,向下轻按即可。

② AC 电源输入端。本示波器的供电要求为 100~240V、45~440Hz。请使用附件提供的电源线将示波器连接到 AC 电源中。

③ USB DEVICE。通过该接口可连接打印机打印示波器当前显示界面,或连接 PC 通过上位机软件对示波器进行控制。

④ RS-232 接口。通过该接口可进行软件升级、程序控制操作以及连接 PC 端测试软件。

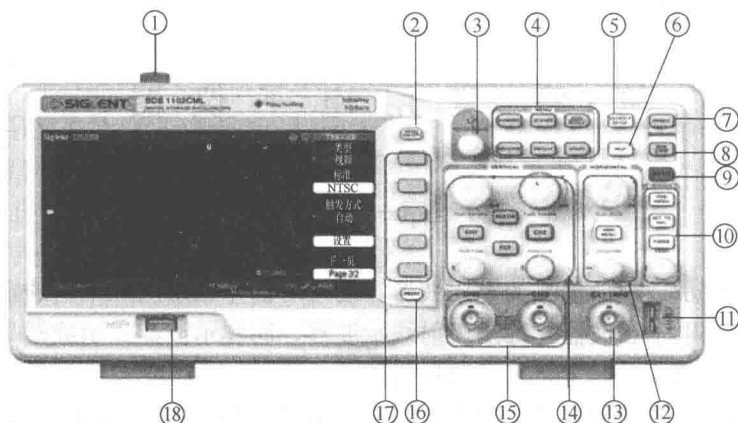


图 1-1 SDS1000CML 系列数字存储示波器前面板

- ①—电源开关；②—菜单按钮；③—万能旋钮；④—常用功能按钮；⑤—默认设置按钮；⑥—帮助信息；⑦—单次触发；⑧—运行/停止控制；⑨—波形自动设置；⑩—触发控制按钮；⑪—探头元件；⑫—水平控制系统；⑬—外触发输入通道；⑭—垂直控制系统；⑮—模拟通道输入端；⑯—打印按钮；⑰—选择按钮；⑱—USB Host 接口

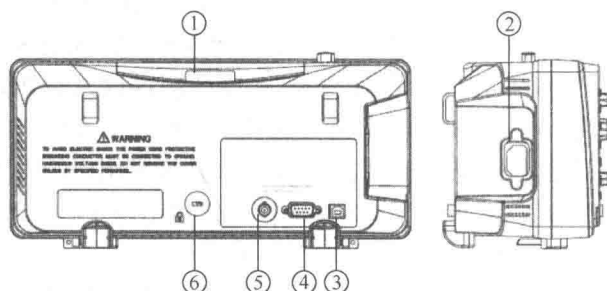


图 1-2 SDS1000CML 系列数字存储示波器后面板

⑤ Pass/Fail 输出口。通过该端口输出 Pass/Fail 检测脉冲。

⑥ 锁孔。可以使用安全锁通过该锁孔将示波器锁在固定位置。

(3) 用户界面。SDS1000CML 系列数字存储示波器界面显示区如图 1-3 所示。

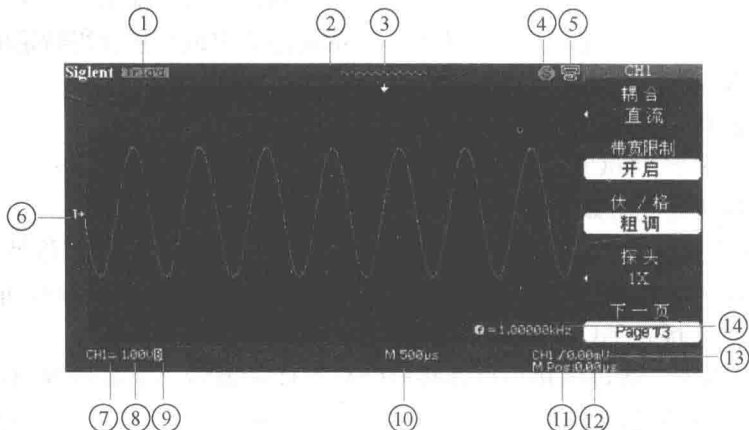


图 1-3 SDS1000CML 系列数字存储示波器界面显示区

图 1-3 中编号功能说明如下。

① 显示触发状态，触发状态包括以下 7 种。

Armed: 已配备。示波器正在采集预触发数据，在此状态下忽略所有触发。

Ready: 准备就绪。示波器已采集所有预触发数据并准备接受触发。

Trig'd: 已触发。示波器已发现一个触发并正在采集触发后的数据。

Stop: 停止，示波器已停止采集波形数据；采集完成，示波器已完成一个“单序列”采集。

Auto: 自动。示波器处于自动模式并在无触发状态下采集波形。

Scan: 扫描。在扫描模式下示波器连续采集并显示波形。

② 显示当前波形窗口在内存中的位置。

③ 使用标记显示水平触发位置。

④ 显示打印设置菜单中打印按钮【PRINT】的当前状态。

⑤ 显示【后 USB 口】的当前设置。

⑥ 显示当前波形触发电平的位置所在。向左或向右旋转触发电平旋钮【LEVEL】，此标志会相应地向下或向上移动。

⑦ 信号耦合标志。示波器有直流、交流、接地三种耦合方式，且分别有相应的三种显示标志。图 1-3 中显示的是直流显示标志。

⑧ 表示屏幕垂直轴上每格所代表的电压大小。使用【VOLTS/DIV】旋钮可修改该参数，可设置范围为 2mV~10V。

⑨ 若当前带宽为开启，则显示 B 标志，否则无任何标志显示。当电压挡位为 2mV/div 时，带宽限制自动开启。

⑩ 表示屏幕水平轴上每格所代表的时间长度。使用【S/DIV】旋钮可修改该参数，可设置范围为 2.5ns~50s。

⑪ 显示当前触发类型及触发条件设置，不同触发类型对应的标志不同。如  表示在“边沿触发”的上升沿处触发。

⑫ 采用图标显示选定的触发类型。使用水平【POSITION】旋钮可修改该参数。向右旋转使箭头（初始位置为屏幕正中央）右移，触发位移值（初始值为 0）相应减小；向左旋转使箭头左移，触发位移值相应增大。按下该按钮使参数自动恢复为 0，且箭头回到屏幕正中央。

⑬ 触发电平线位置。用于显示当前触发电平的位置。

⑭ 显示当前触发通道波形的频率值。按【UTILITY】按钮使菜单中的“频率计”设置为“开启”才能显示对应信号的频率值，否则不显示。

2. 菜单和控制按钮的基本功能

(1) 菜单和控制按钮。SDS1000CML 系列数字存储示波器操作区域如图 1-4 所示。操作区分为垂直控制系统、水平控制系统、触发控制系

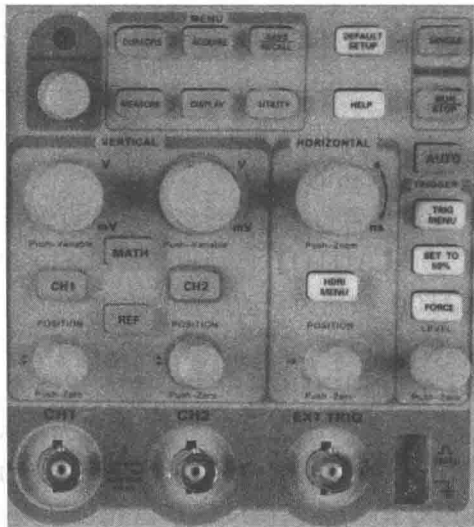


图 1-4 示波器操作区域

统、运行控制、单次触发控制、波形自动设置、万能旋钮、功能菜单、默认设置、帮助信息以及打印等 11 个部分。菜单和控制按钮功能说明见表 1-1。

表 1-1 菜单和控制按钮功能说明

按钮	功 能
INTENCITY/ADJUST	调节波形亮度/调整参数值
CURSORS	显示【光标】菜单。当显示【光标】菜单且无光标激活时，【万能旋钮】可以调整光标的位置。离开【光标】菜单后，光标保持显示（除非【类型】选项设置为【关闭】），但不可调整
MEASURE	显示【自动测量】菜单
ACQUIRE	显示【采样】菜单
DISPLAY	显示【显示】菜单
SAVE/RECALL	显示设置和波形的【存储/调出】菜单
UTILITY	显示【辅助系统】功能菜单
CH1、CH2	显示通道 1、通道 2 设置菜单
MATH	显示【数学计算】功能菜单
REF	显示【参考波形】菜单
HORI MENU	显示【水平】菜单
DEFAULT SETUP	调出厂家设置
HELP	进入在线帮助系统
SINGLE	采集单个波形，然后停止
RUN/STOP	连续采集波形或停止采集。注意：在停止状态下，对于波形垂直挡位和水平时基可以在一定范围内调整，即对信号进行水平或垂直方向上的扩展
AUTO	自动设置示波器控制状态，以显示当前输入信号的最佳效果
TRIG MENU	显示【触发】控制菜单
SET TO 50%	设置触发电平为信号幅值的中点
FORCE	无论示波器是否检测到触发，都可以使用【FORCE】按钮完成对当前波形采集。该功能主要应用于触发方式中的【正常】和【单次】

为了方便用户更加快速地熟悉和使用 SDS1000CML 系列数字存储示波器，下面将分区介绍每个按钮的功能。

(2) 设置包括自动设置和默认设置两种。

1) 【AUTO】自动设置。SDS1000CML 系列数字存储示波器具有自动设置的功能。【AUTO】按钮为自动设置的功能按钮。按下该按钮开启波形自动显示功能。示波器将根据输入信号自动调整垂直挡位、水平时基以及触发方式，使波形以最佳方式显示。

2) 【DEFAULT SETUP】默认设置。示波器在出厂前被设置为用于常规操作，即默认设置。【DEFAULT SETUP】按钮为默认设置的功能按钮，按下【DEFAULT SETUP】按钮调出厂家多数的选项和控制设置，有的设置不会改变。

(3) 万能旋钮。SDS1000CML 系列有一个特殊的旋钮——【INTENCITY/ADJUST】万能旋钮。

非菜单操作时,旋转该旋钮可调节波形的显示亮度,可调范围为 30%~100%。顺时针转动增大波形亮度,逆时针转动减小波形亮度。也可按【DISPLAY】,选择【波形亮度】菜单,然后使用该旋钮调节波形亮度。

菜单操作时,按下某个菜单选项后,若旋钮上方指示灯被点亮,则转动该旋钮可选择该菜单下的子菜单,按下该旋钮可选中当前选择的子菜单,且指示灯熄灭。另外,该旋钮还可用于修改参数值、输入文件名等。

(4) 垂直控制系统。可以使用垂直控制来显示波形、调整垂直刻度和位置。每个通道都有单独的垂直菜单。每个通道都能单独进行设置。

1) 【CH1】、【CH2】为模拟输入通道。两个通道标签用不同颜色标识,且屏幕中波形颜色和输入通道连接器的颜色相对应。按下通道按钮可打开相应通道及其菜单,连续按下两次可关闭该通道。

2) 通道耦合设置。以 CH1 通道为例,被测信号是一个含有直流偏置的正弦信号。

按【CH1】选择【耦合】为【交流】,设置耦合方式为交流耦合,被测信号的直流分量被阻隔。

按【CH1】选择【耦合】为【直流】,设置直流耦合。被测信号含有的直流分量和交流分量都可以通过。

按【CH1】选择【耦合】为【接地】,设置耦合方式接地。被测信号含有的直流分量和交流分量都被阻隔,示波器跟测试地相连,显示零电平信号。

3) 通道带宽限制设置。以 CH1 通道为例,被测信号是一个含有高频振荡的脉冲信号。

按【CH1】选择【带宽限制】为【开启】,设置带宽限制为开启状态。被测信号含有的大于 20MHz 的高频分量幅值被限制。

按【CH1】选择【带宽限制】为【关闭】,设置带宽限制为关闭状态。被测信号含有的高频分量幅值未被限制。

4) 挡位调节设置。垂直挡位调节方式分为粗调和细调两种模式,垂直灵敏度的范围是 2mV/div~10V/div。以 CH1 通道为例:

按【CH1】选择【伏/格】为【粗调】,粗调定义一个 1-2-5 序列: 2mV/div, 5mV/div, ..., 10V/div。用于确定垂直灵敏度。

按【CH1】选择【伏/格】为【细调】,细调在当前垂直挡位内进一步调整。如果输入的波形幅值在当前挡位略大于满刻度,而应用下一挡位波形显示幅值稍低,可以应用细调改善波形显示幅值,以利于观察信号细节。

5) 波形反相设置。以 CH1 通道为例:

按【CH1】选择【反相】为【开启】,显示的信号相对于地电位翻转 180°。

6) 数字滤波设置。以 CH1 通道为例:

按【CH1】,再按【下一页】选择【数字滤波】,系统显示 FILTER 数字滤波功能菜单。

选择【滤波类型】,再选择【频率上限】或【频率下限】,旋转万能旋钮设置频率上限和下限,选择或滤除设定频率范围。

按【CH1】选择【下一页】,再按【数字滤波】选择【关闭】,关闭数字滤波功能。

按【CH1】选择【下一页】,再按【数字滤波】选择【开启】,打开数字滤波功能

7) 【MATH】。按下该按钮打开数学运算菜单,可进行加、减、乘、除、FFT 运算。

8) **【REF】**。按下该按钮可打开参考波形功能。可将实测波形与参考波形相比较,以判断电路故障。

9) **【POSITION】**。修改对应通道波形的垂直位移。调节波形上下移动,同时屏幕左下角弹出的位移信息相应变化。按下该按钮可快速复位垂直位移。

10) **【VOLTS/DIV】**。修改当前通道的垂直挡位,以调节波形幅值,同时屏幕左下角的挡位信息会相应变化。按下该按钮可快速切换垂直挡位为“粗调”或“细调”。

(5) 水平控制系统包括 **【HORIZ MENU】** **【POSITION】** **【SEC/DIV】** 三按钮。

1) **【HORIZ MENU】**。按下该按钮打开水平控制菜单。在此菜单下可开启或关闭延迟扫描功能,切换存储深度为“长存储”或“普通存储”。

2) **【POSITION】**。修改触发位移。旋转万能旋钮时触发所有通道的波形同时左右移动,屏幕左下角的触发位移信息会相应变化。按下该按钮可快速复位波形的触发位移。

3) **【SEC/DIV】**。修改水平时基挡位,调整所有通道的波形扩展或压缩,同时屏幕下方的时基信息相应变化。按下该按钮可将波形快速切换至延迟扫描状态。

(6) 触发控制系统包括 **【TRIG MENU】** **【SET TO 50%】** **【FORCE】** **【LEVEL】** 四按钮。

1) **【TRIG MENU】**。按下该按钮打开触发功能菜单。示波器提供边沿、脉冲、视频、斜率和交替五种触发类型。

2) **【SET TO 50%】**。按下该按钮可快速稳定波形。可自动将触发电平的位置设置为约是对应波形最大电压值和最小电压值间距的一半。

3) **【FORCE】**。在 Normal 和 Single 触发方式下,按该按钮可使通道波形强制触发。

4) **【LEVEL】**。修改触发电平。顺时针转动旋钮增大触发电平,逆时针转动旋钮减小触发电平。修改过程中,触发电平线上下移动,同时屏幕左下角的触发电平值相应变化。按下该按钮可快速将触发电平恢复至对应通道波形零点。

(7) 功能菜单(MENU)包括 **【CURSOR】** **【ACQUIRE】** **【SAVE RECALL】** **【MEASURE】** **【DISPLAY】** **【UTILITY】** 六按钮。

1) **【CURSOR】**。按下该按钮进入光标测量菜单。示波器提供手动测量、追踪测量和自动测量三种光标测量模式。

2) **【ACQUIRE】**。按下该按钮进入采样设置菜单。可设置示波器的获取方式、内插方式和采样方式。

3) **【SAVE RECALL】**。按下该按钮进入文件存储/调用界面。可存储/调出的文件类型包括设置存储、波形存储、图像存储和 CSV 存储,另外还可调出示波器出厂设置。

4) **【MEASURE】**。按下该按钮进入测量设置菜单。包含的测试类别有电压测量、时间测量和延迟测量,每种测量菜单包含多种子测试,按下相应的子测试菜单即可显示当前测量值。

5) **【DISPLAY】**。按下该按钮进入显示设置菜单。可设置波形显示类型、余辉时间、波形亮度、网格亮度、显示格式(XY/YT)、屏幕正反向、网格、菜单持续时间和界面方案。

6) **【UTILITY】**。按下该按钮进入系统功能设置菜单。设置系统相关功能和参数,如扬声器、语言、接口等。SDS1000CML 系列示波器配备 12 种语言的用户界面,由用户自选。欲选择显示语言,按 **【UTILITY】** 选择 **【Language】**,按相应的菜单操作按钮,切换显示语言。

此外,还支持一些高级功能,如自校正、升级固件和通过测试等。

(8) 运行控制是指【RUN/STOP】按钮。

【RUN/STOP】。按下该按钮将示波器的运行状态设置为“运行”或“停止”。“运行”状态下,该按钮呈现黄色;“停止”状态下,该按钮呈现红色。

(9) 单次触发控制是指【SINGLE】按钮。

【SINGLE】。按下该按钮将示波器的触发方式设置为“单次”。单次触发设置检测到一次触发时采集一个波形,然后停止。

(10) 帮助信息是指【HELP】按钮。

【HELP】。按下该按钮开启帮助信息功能。在此基础上依次按下各功能菜单按钮即可显示相应菜单的帮助信息。若要显示各功能菜单下子菜单的帮助信息,则需先打开当前菜单界面,然后按下【HELP】按钮,选中相应的子菜单按钮。再次按下该按钮可关闭帮助信息功能。

(11) 打印是指【PRINT】按钮。

【PRINT】。按下该按钮将执行打印功能。若当前已连接打印机,并且打印机处于闲置状态,按下该按钮将执行打印功能。

3. 示波器的基本操作

为了验证示波器是否正常工作,执行一次快速功能检查。示波器自检的操作步骤进行如下。

第1步:打开示波器电源,示波器执行所有自检项目,并确认通过自检。按下【DEFAULT SETUP】按钮。探头选项默认的衰减设置为1X。

第2步:将示波器探头上的开关设定到1X,并将探头与示波器的通道CH1连接。将探头连接器上的插槽对准CH1同轴电缆插接件(BNC)上的凸键,按下去即可连接,然后向右旋转以拧紧探头。将探头端部和基准导线连接到“探头元件”连接器上。

第3步:按下【AUTO】按钮。几秒钟内,屏幕会显示频率为1kHz、电压约为3V峰峰值的方波,如图1-5所示。

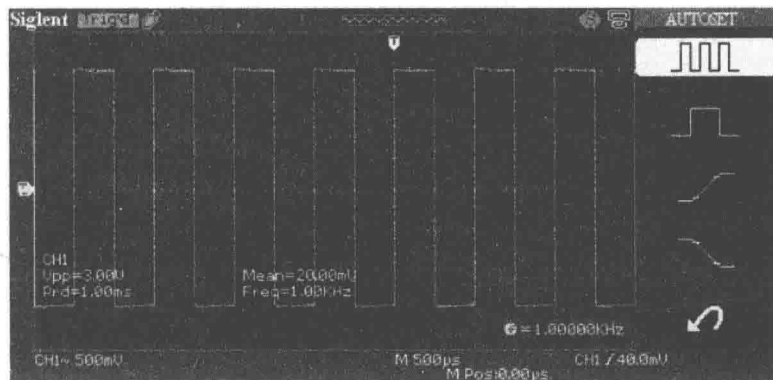


图 1-5 示波器自检方波输出

其中,自动设置功能菜单显示的各波形的含义如下:

 (多周期): 设置屏幕自动显示多个周期信号;

 (单周期): 设置屏幕自动显示单个周期信号;

 (上升沿): 自动设置并显示上升时间;

 (下降沿): 自动设置并显示下降时间;

 (撤销): 调出示波器以前的设置。

第4步: 连接两次【CH1】按钮关闭通道 CH1, 按下【CH2】按钮打开通道 CH2, 重复步骤 2 和步骤 3。

4. 测量显示波形

示波器将显示电压相对于时间的图形并帮助您测量显示波形。示波器提供几种测量方法: 刻度测量、光标测量或自动测量。

(1) 刻度测量。使用此方法能快速、直观地做出估计。可通过计算相关的主次刻度分度并乘以比例系数来进行简单的测量。例如, 如果计算出波形的最大和最小之间有 5 个主垂直刻度分度, 并且已知比例系数为 100mV/div, 则可按照下列方法来计算峰峰值电压, 即

$$5\text{div} \times 100\text{mV}/\text{div} = 500\text{mV}。$$

(2) 光标测量。MENU 中的【CURORS】为光标测量的功能按钮。光标测量有手动、追踪、自动三种模式。

1) 手动测量。水平或垂直光标成对出现, 用来测量电压或时间, 可手动调整光标的位置。在使用光标前, 需先将信号源设定为所要测量的波形。①电压光标: 电压光标在显示屏上以水平线出现, 可测量垂直参数。②时间光标: 时间光标在显示屏上以垂直线出现, 可测量水平参数。③光标移动: 使用【万能】旋钮来移动光标 A 和光标 B。只有选中光标对应的选项才能移动光标, 且移动时光标值会出现在屏幕的左上角和左下角。手动测量的操作步骤如下。

第1步: 按【CURSOR】按钮进入光标功能菜单。

第2步: 按【光标模式】选项按钮选择【手动】。

第3步: 按【类型】选项按钮选择【电压】或【时间】。

第4步: 根据信号输入通道, 按【信源】选项按钮选择相应的 CH1/CH2、MATH、REF A/REF B。

第5步: 选择【Cur A】, 旋转万能旋钮调节光标 A 的位置。

第6步: 选择【Cur B】, 旋转万能旋钮调节光标 B 的位置。

第7步: 其测量值显示在屏幕的左上角:

若测量类型为【电压】, 此时显示屏的左上角将显示测量结果, 如图 1-6 所示: 自上向

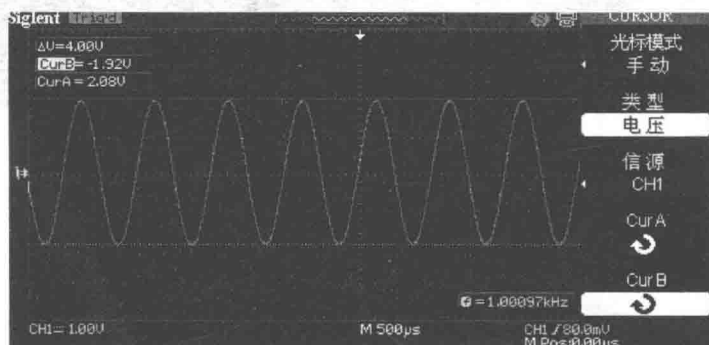


图 1-6 测量电压幅值

下分别为 ΔV 光标 A 和光标 B 之间的电压增量（信号的峰峰值）、光标 B 处的电压 Cur B、光标 A 处的电压 Cur A。

若测量类型为【时间】，在显示屏的左上角将显示测量结果，如图 1-7 所示：Cur A 为光标 A 的时间值，Cur B 为光标 B 的时间值， ΔT 为光标 A 和光标 B 间的时间增量， $1/\Delta T$ 为光标 A 和光标 B 间的时间增量的倒数，如果光标 A 和光标 B 之间是一个信号的周期，则 $1/\Delta T$ 为频率增量（测量所得的信号频率）。

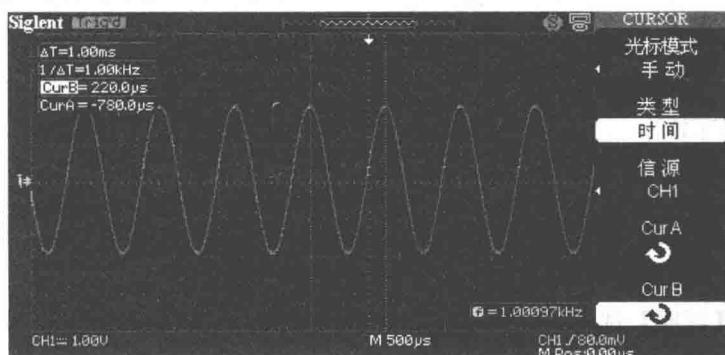


图 1-7 测量信号频率

2) 追踪测量。水平与垂直光标交叉构成十字光标。十字光标自动定位在波形上，通过万能旋钮来调节十字光标在波形上的水平位置。光标点的坐标显示在示波器的屏幕上。水平坐标以时间值显示，垂直坐标以电压值显示。追踪测量操作步骤如下。

第 1 步：按【CURSOR】按钮进入光标测量功能菜单。

第 2 步：按【光标模式】选项按钮选择【追踪】。

第 3 步：按【光标 A】选项按钮，选择追踪信号的输入通道 CH1/CH2 任意通道。

第 4 步：按【光标 B】选项按钮，选择追踪信号的输入通道 CH1/CH2 任意通道。

第 5 步：选择【Cur A】，旋转【万能】旋钮水平移动光标 A。

第 6 步：选择【Cur B】，旋转【万能】旋钮水平移动光标 B。

第 7 步：其测量值显示在屏幕的左上角：

A→T：光标 A 在水平方向上的位置（即时间，以水平中心位置为基准）。

A→V：光标 A 在垂直方向上的位置（即电压，以通道接地点为基准）。

B→T：光标 B 在水平方向上的位置（即时间，以水平中心位置为基准）。

B→V：光标 B 在垂直方向上的位置（即电压，以通道接地点为基准）。

ΔT ：光标 A 和光标 B 的水平间距（即两光标间的时间增量）。

$1/\Delta T$ ：光标 A 和光标 B 的水平间距的倒数。

ΔV ：光标 A 和光标 B 的垂直间距（即两光标间的电压增量）。

3) 自动测量。按菜单中的【CURSORS】按钮进入光标测量中的自动方式，系统会显示对应的光标以揭示测量的物理意义。系统会根据信号的变化，自动调整光标位置，并计算相应的参数值。若在自动测量菜单下未选择任何的自动测量参数，将没有光标显示。自动测量操作步骤如下。

第 1 步：按【CURSOR】按钮进入光标测量菜单。