

电路与电子技术

实验教程

杨 华 孙 艳 尹光明 等编

电路与电子技术实验教程

杨 华 孙 艳 尹光明 等编

东北大学出版社

© 杨华 等 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

电路与电子技术实验教程 / 杨华等编. —沈阳: 东北大学出版社, 2014. 12

ISBN 978 - 7 - 5517 - 0847 - 0

I. ①电… II. ①杨… 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 - 33 ②TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 286454 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024 - 83687331(市场部) 83680267(社务室)

传真: 024 - 83680180(市场部) 83680265(社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. 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: 10. 75

字 数: 255 千字

出版时间: 2014 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 潘佳宁

封面设计: 刘江旻

责任校对: 辛 思

责任出版: 唐敏志

ISBN 978 - 7 - 5517 - 0847 - 0

定 价: 20. 00 元

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

电路与电子技术实验课程是高等学校工科电类本科生必修的一门重要的专业基础实践课程。本书是根据工科学校计算机类专业本科生“电路与电子技术”课程教学大纲所规定的实验项目并结合实验室仪器设备的更新和实验教学的要求编写而成的。

本书将实验报告模板编在实验指导书中，使学生在实验前便于预习，实验中便于记录数据，实验结束后便于处理实验报告。本书除了在实验报告中加入了“课前预习”部分外，还更加重视培养学生自主学习的意识和能力。在实验过程中，具体的实验电路需要学生自己设计、参数需要学生自己计算。为进一步提升学生的实验能力，本书在实验项目中尽量设置扩展实验部分，学生可在完成必做的实验内容后，自主选择扩展部分的实验内容。

全书共7章。第1章介绍常用实验仪器仪表的使用，第2章介绍 Multisim 7 仿真软件的使用，第3章是电路部分实验内容，第4章是模拟电子技术实验内容，第5章是数字电子技术实验内容，第6章是电子技术课程设计内容，第7章是实验报告模板部分。

本书由长期从事实验教学工作且具有丰富实验教学经验的电工、电子实验室团队共同编写而成。全书由杨华、孙艳组织编写并负责统稿。全书由李景宏老师、马学文老师主审，第1章及附录部分由张莹、杨楠编写，第2章由肖平编写，第3章由李露、孙艳、陈姝雨编写，第4章、第6章由杨华编写，第5章由张建萍、尹光明编写，第7章由各章负责的实验老师共同编写。

特别感谢李鸿儒教授对本书提出的宝贵建议和给予的大力支持。本书在编写的过程中，还得到了李景宏、马学文老师的正确指导，在此深表诚挚的谢意。

由于编者水平有限和编写时间仓促，书中难免存在错误、不妥或疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2014年10月19日



第1章	常用实验仪器仪表的使用	1
1.1	数字存储示波器	1
1.2	函数信号发生器	8
1.3	数字交流毫伏表	11
1.4	数字万用表	14
第2章	Multisim 7 仿真软件的使用	20
2.1	概 述	20
2.2	Multisim 7 基本界面及部分功能简介	20
2.3	仿真软件的元件库介绍	25
2.4	虚拟仪器的使用	29
2.5	Multisim 7 仿真软件的应用举例	35
第3章	电路实验	39
3.1	直流电路	39
3.2	单相交流电路的研究	42
3.3	电阻、电容移相电路	45
3.4	一阶动态电路的研究	46
第4章	模拟电子技术实验	50
4.1	晶体管放大器 (一)	50
4.2	晶体管放大器 (二)	53
4.3	基本运算电路	57
4.4	方波 - 三角波发生器	61

第5章	数字电子技术实验	65
5.1	逻辑门与加法器、译码显示电路	65
5.2	数据选择器和译码器	71
5.3	触发器及其应用	74
5.4	计数器及其应用	78
第6章	电子技术课程设计	82
6.1	交通灯定时控制系统	82
6.2	数字抢答器的设计	86
6.3	数字电子钟的设计	89
6.4	汽车尾灯控制电路的设计	93
第7章	电路与电子技术实验报告模板	97
7.1	直流电路实验报告	97
7.2	单相交流电路的研究实验报告	101
7.3	电阻、电容移相电路实验报告	105
7.4	一阶动态电路的研究实验报告	107
7.5	晶体管放大电路（一）实验报告	109
7.6	晶体管放大电路（二）实验报告	111
7.7	基本运算电路实验报告	115
7.8	方波-三角波发生器实验报告	119
7.9	逻辑门与加法器、译码显示电路实验报告	121
7.10	数据选择器和译码器实验报告	125
7.11	触发器及其应用实验报告	129
7.12	计数器及其应用实验报告	133
参考文献		137
附录		138
附录 A	电子技术综合实验箱介绍	138
附录 B	常用电子元器件的识别与简单测试	143
附录 C	常用芯片的识别与引脚排列	158
附录 D	实验须知	164

第1章 常用实验仪器仪表的使用

1.1 数字存储示波器

示波器是实验中使用最频繁的仪器之一，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。

1.1.1 TDS 1002 双通道数字存储示波器的简单介绍

Tektronix TDS 1002 示波器是数字式示波器，其正面外形如图 1-1 所示。

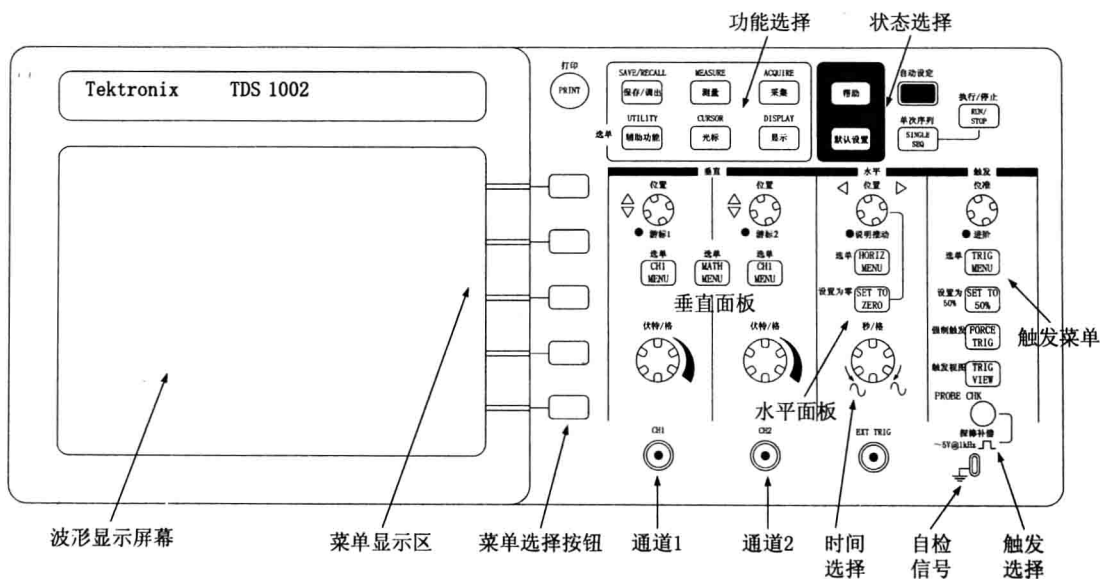


图 1-1 数字存储示波器前面板图

它对来自探头的信号放大进而采样，再记录采样数据对应的波形，最后将波形显示在屏幕上。

数字存储示波器前面板旋钮与按键的分布：图 1-1 是 TDS 1002 双通道数字存储示波器的前面板图，前面板被分成几个易操作的功能区，用线条或线框划分，分别是有关控制功能的标识提示，以不同的区域风格来区分。

屏幕的右边有 5 根横线，分别对应着 5 个未标记的机动按钮。面板右侧显示信息操

作提示, 按下对应的按钮, 整个屏幕显示当前最后一次操作的信息提示。

下面结合前面板图, 介绍各区域的具体功能。

(1) 使用菜单系统

数字存储示波器的用户界面设计用于通过菜单结构方便地访问特殊功能。

按下前面板上的某一按钮, 示波器将在显示屏的右侧显示相应的菜单。该显示菜单对应面板左侧有一列未标记的按钮, 根据菜单提示按下相应的选项按钮, 可实现选择项目的功能。

(2) 垂直面板操作功能

CH1, CH2, 游标 1 及游标 2 位置可确定垂直与水平定位。当使用光标时, 旁边 LED 指示灯变亮, 在这种状态下旋转位置旋钮, 光标定位移动有效。

CH1, CH2, 显示垂直通道的菜单选择项, 并打开或关闭对通道波形的显示。

其中, 伏特/格是选择标定的 Y 轴刻度系数。还可以显示数学运算波形, 并可用于打开和关闭控制选项功能的其他子菜单。

(3) 水平面板操作功能

① 位置 (POSITION): 调整所有通道和数学波形的水平位置。水平控制的分辨率随着时基设置的不同而改变。要对水平位置进行大幅调整, 可旋动调整秒/格的旋钮更改水平刻度的读数, 在使用水平控制改变波形时, 水平位置读数表示屏幕中心位置处所表示的时间(将触发时间作为零)。

② 水平菜单 (HORIZ MENU): 显示“水平菜单”的选项, 继续操作测量可选择对应按钮。

③ 设置为零 (SET TO ZERO): 将水平位置从任意处移到 X 轴的中心定义为零。

④ 秒/格 (SEC/DIV): 为主时基或窗口时基选择水平的时间/格(刻度系数)。如“窗口区”被激活, 通过更改窗口时基可以改变窗口宽度。

(4) 使用触发菜单系统

① “电平” (LEVEL) 和 “用户选择” (USER SELECT): 使用边沿触发时, “电平”旋钮的基本功能是设置电平幅度, 信号必须高于它才能进行采集。还可使用此旋钮执行“用户选择”的其他功能。旋钮下的 LED 发亮用以指示相应的功能。

② 触发菜单 (TRIG MENU): 显示“触发菜单”。

③ 设置为 50% (SET TO 50%): 触发电平设置为触发信号峰值的垂直中点。

④ 强制触发 (FORCE TRIG): 不管触发信号是否适当, 都强制完成采集。如采集已停止, 则该按钮不起作用。

⑤ 触发视图 (TRIG VIEW): 当按下“触发视图”按钮时, 显示触发波形而不显示通道波形。可用此按钮查看诸如触发耦合之类等对触发信号的影响。

(5) 使用菜单和控制按钮功能

① 保存/调出 (SAVE/RECALL): 显示设置和波形的“保存/调出菜单”。

② 测量 (MEASURE): 显示自动测量菜单。

③ 采集 (ACQUIRE): 显示“采集菜单”。

④ 显示 (DISPLAY): 显示“显示菜单”。

⑤ 光标(CURSOR): 显示“光标菜单”。当显示“光标菜单”并且光标被激活时,“垂直位置”控制方式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。

⑥ 辅助功能(UTILITY): 显示“辅助功能菜单”。

⑦ 帮助(HELP): 显示“帮助菜单”。

⑧ 默认设置(DEFAULT SETUP): 自动调出厂家出厂设置。

⑨ 自动设定(AUTO SET): 自动设定示波器控制状态,以产生适用于输出信号的显示图形。

⑩ 单次序列(SINGLE SEQ): 采集单个波形,然后停止。

⑪ 执行/停止(RUN/STOP): 连续采集波形或停止采集。

⑫ 打印(PRINT): 开始打印操作。要求有适用于 Centronics、RS-232 或 GPIB 端口的扩充模块。

1.1.2 Tektronix TDS 1002 示波器的使用方法

(1) 测量单个信号

将通道1探头设定为10X,按下CH1菜单按键,将探头与信号连接,按下自动设置按键,示波器自动设置垂直、水平和触发控制。

示波器根据检测到的信号进行模数转换和一些相应的处理,在显示屏幕上自动显示测量波形和数据。使用时,也可选择DEFAULT SETUP(默认设置)按键,此时示波器将显示CH1波形并删除其他所有波形,再用其他按键和自动设置完成测量。也可手动调整设置控制。

(2) 自动测量

示波器可自动测量大多数显示出来的信号。要测量信号的频率、周期、峰-峰值、上升时间和正频宽,可按下MEASURE(测量)按钮,查看“测量菜单”。

以测量方波为例,具体操作步骤如下:

① 按下顶部的选项按钮,显示“测量1菜单”。

② 按下“类型”选项按钮,选择频率。此时显示频率值读数1.000kHz。

③ 按下“返回”选项按钮。

④ 按下“信源”选项按钮,选择“测量2菜单”。

⑤ 按下“类型”选项按钮,选择周期。此时显示周期值读数1.000ms。

⑥ 按下“返回”选项按钮。

⑦ 按下中间的选项按钮,显示“测量3菜单”。

⑧ 按下“类型”选项按钮,选择峰-峰值。此时显示峰-峰值读数5.12V。

⑨ 按下“返回”选项按钮。

⑩ 按下底部倒数第二个选项按钮,显示“测量4菜单”。

⑪ 按下“类型”选项按钮,选择上升时间。此时显示上升时间读数1.672 μ s。

⑫ 按下“返回”选项按钮。

⑬ 按下底部的选项按钮,显示“测量5菜单”。

⑭ 按下“类型”选项按钮，选择正频宽。此时显示正频宽读数 500.0 μ s。

⑮ 按下“返回”选项按钮。

测量结果见图 1-2 中右侧 5 项信息提示。

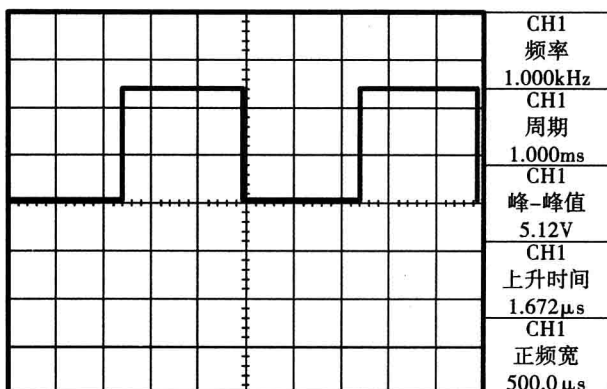


图 1-2 屏幕显示测量波形信息

(3) 测量两个信号

假设正在测试晶体管放大器的增益。需要测量晶体管放大器的输入端和输出端，测量操作时，可将示波器的两个通道的探头分别接在被测试信号的连接处，接地端统一接地，适当地调整触发位置，可见到两个稳定波形为止。根据两个信号电平数据的测量结果，可以计算出放大器增益的大小。测量时，要激活并显示连接到通道 1 和通道 2 的信号。

具体操作步骤如下。

① 如果未显示通道，可按下 CH1 菜单和 CH2 菜单按钮，使屏幕出现两条曲线。

② 按下自动设置按钮。

要选择两个通道进行测量，可执行以下步骤：

① 按下“MEASURE(测量)”按钮查看“测量菜单”。

② 按下顶部的选项按钮，显示“测量 1 菜单”。

③ 按下“信源”选项按钮，选择 CH1。

④ 按下“类型”选项按钮，选择峰-峰值。

⑤ 按下“返回”选项按钮。

⑥ 按下顶部第二个选项按钮，显示“测量 2 菜单”。

⑦ 按下“信源”选项按钮，选择 CH2。

⑧ 按下“类型”选项按钮，选择峰-峰值。

⑨ 按下“返回”选项按钮。读取两个通道的峰-峰值。

⑩ 要计算放大器电压增益，可使用以下公式：

$$\text{电压增益} = \text{输出幅值} / \text{输入幅值}$$

$$\text{电压增益 (dB)} = 20 \times \lg(\text{电压增益})$$

实际测量电路及波形如图 1-3 所示。

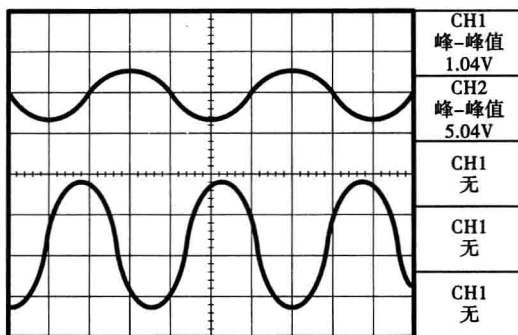
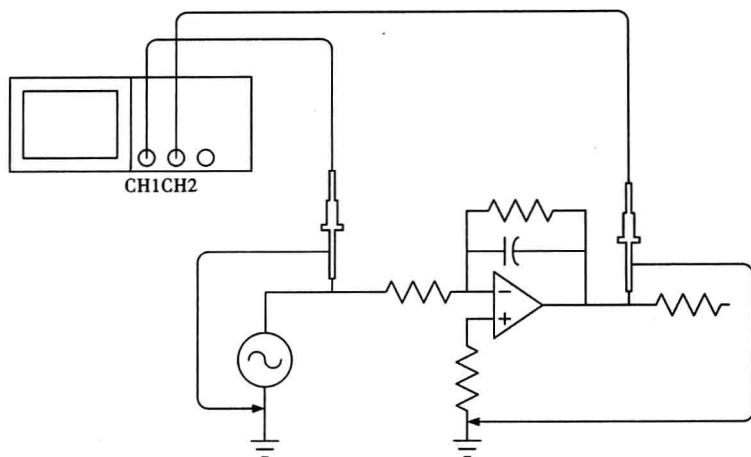


图 1-3 实测电路及屏幕显示

1.1.3 WaveAce 1002 示波器的简单介绍

WaveAce 1002 示波器提供了一个简单易用的操作前面板，所有的旋钮和按钮都经过科学合理的设计。图 1-4 所示为 WaveAce 1002 两通道示波器的示意图。

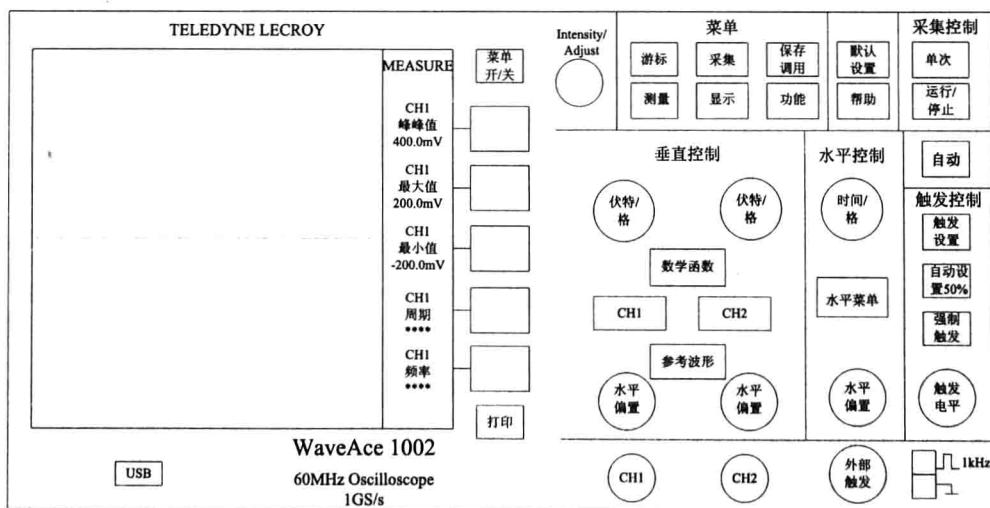


图 1-4 WaveAce 1002 示波器

根据面板上的旋钮和按键的标识,前面板被分成几个易操作的功能区,用线条或线框划分,提供了有关控制功能的标识提示,以不同的区域风格来区分。屏幕右边有5根横线,分别对应5个未标记的机动按钮。面板右侧显示信息操作提示,按下对应的按钮,整个屏幕显示当前最后一次操作的信息提示。

前面板控制区域控制键介绍。

(1) 亮度/调节旋钮(Intensity/Adjust)

可以使用亮度/调节旋钮进行很多选项设定、数字调节、游标设定等。当旋钮上方的LED灯处于点亮状态时,可使用旋钮进行调节。

(2) 菜单控制、选择和打印

① 菜单开/关按钮(MENU ON/OFF): 按下,以切换菜单的显示和隐藏状态。

② 菜单选择按钮(1~5): 按下,以选择不同的菜单项。

③ 打印按钮(PRINT): 按下,将数据或图片保存在USB存储器中,或使用连接的打印机进行打印操作。

(3) 菜单控制

① 游标(CURSORS): 按下,打开游标控制菜单。

② 采集(ACQUIRE): 按下,打开采集菜单。

③ 保存/调用(SAVE/RECALL): 按下,打开保存/调用菜单。

④ 测量(MEASURE): 按下,打开测量参数选择菜单。

⑤ 显示(DISPLAY): 按下,打开显示菜单。

⑥ 功能(UTILITY): 按下,打开功能菜单,调整声音、语言、计数器、固件升级等功能。

(4) 通用控制

① 默认设置(DEFAULT SETUP): 按下,恢复示波器为出厂设置状态。

② 帮助(HELP): 按下,打开在线文本帮助功能。

③ 自动设置(AUTO): 按下AUTO后,示波器会自动量测输入信号的特性,进行自动化设置,调节至最佳的观察和测量状态。

(5) 采集控制

① 单次(SINGLE): 按下按钮后,示波器只进行一次采集。并且会等待触发条件,当满足触发条件时,示波器会进行一次采集,然后停止。

② 运行/停止(RUN/STOP): 首次按下运行/停止按钮后,示波器将进行连续采集;再次按下,示波器将会停止采集。

(6) 垂直控制

① 垂直增益旋钮(VOLTS/DIV): 旋钮控制相应通道的垂直增益,按下旋钮,可以切换粗调或微调。

② CH1, CH2 通道按钮: 按下通道按钮,以打开或关闭相应的通道,同时打开通道设置菜单。当相应的通道处于打开状态时,按钮LED灯亮。

③ 垂直偏置旋钮(PPOSITION): 旋钮控制相应通道的垂直偏置,按下旋钮时,偏置归零。

④ 参考波形(REF): 按下, 以显示参考波形菜单选项。用户可以保存或回调内存中的参考波形。

⑤ 数学函数(MATH): 按下, 以显示数学函数运算菜单, 数学函数菜单中提供了多种不同的函数运算功能。

(7) 水平控制

① 时间标度旋钮(TIME/DIV): 旋钮控制所有通道的时间标度。

② 水平菜单按钮(HORIZ MENU): 按下, 显示水平菜单设置。

③ 水平偏置旋钮(POSITION): 调节所有通道和数学运算通道的水平位置(触发点相对于屏幕中心的位置), 按下旋钮, 使偏置归零。

(8) 触发控制

① 触发设置菜单(TRIG MENU): 按下, 以显示触发设置菜单, 可以在触发菜单内设置相应的触发类型(边沿、脉冲、视频、斜坡、交替等)。

② 自动设置到50%触发电平位置(SET TO 50%): 按下, 快速稳定地显示波形后, 示波器会将触发电平自动设置到波形最大值和最小值的中间位置。

③ 强制触发按钮(FORCE): 按下此按钮, 不论示波器采集是否满足触发条件, 示波器都将进行采集。在单次采集模式和NORMAL采集模式下, 都可以使用强制触发。

④ 触发电平旋钮(LEVEL): 改变触发电平位置, 按下此按钮, 将触发电平设置到零位置。

1.1.4 WaveAce 1002 示波器的使用方法

(1) 测量单个信号

将通道CH1探头设定为10X, 按下CH1菜单按键, 将探头与信号连接, 按下Auto自动设置按键, 示波器自动设置垂直、水平和触发控制。示波器根据检测到的信号进行模数转换和一些相应的处理, 在显示屏幕上自动显示测量波形和数据。使用时, 也可选择Default Setup按键, 再用其他按键和自动设置完成测量。也可手动调整设置控制。

(2) 自动测量

按下AUTO自动设置按键, 示波器可自动测量大多数显示出来的信号。按下MEASURE按键, 查看屏幕右侧的“测量菜单”, 按右侧相应的按键, 可观测到测量信号的峰-峰值、最大值、最小值、周期和频率等。

(3) 测量两个信号

假设测试音频放大器的增益。需要测量音频发生器的输入端和音频放大器的输出端, 测量操作时, 可将示波器的两个通道的探头分别接在被测信号的连接处, 接地端统一接地, 适当地调整出发位置, 可以见到两个稳定波形位置。根据两个信号电平数据的测量结果, 可计算出放大器的增益大小。测量时, 如未显示通道, 可按下CH1和CH2按键, 使屏幕出现两条曲线, 再按下自动设置AUTO按键进行测量。要选择两个通道进行测量, 可按下信号源选项按键, 选择CH1或CH2, 再按右侧相应的按键, 测量信号的峰-峰值、最大值、最小值、周期和频率等。

(4) 示波器的自检

将示波器 CH1(或 CH2) 通道的信号通过导线与通道校准信号 CAL 端(示波器右下角)相接;调节示波器有关旋钮,将触发方式开关置“**AUTO**”,触发源选择开关置“**INT**”,触发信号的耦合开关置“**AC**”,对校准信号的频率和幅值正确选择(**TIME/DIV**)及(**VOLTS/DIV**)位置,则在屏幕上可显示出—个或数个周期的方波。

1.2 函数信号发生器

1.2.1 GFG-8026H 函数信号发生器的简单介绍

GFG-8026H 函数信号发生器能产生正弦波、方波、三角波、斜波和脉冲波等信号,频率可高达 2MHz,普遍应用于音频响应测试、震动测试和超音波测试等方面。图 1-5 所示为函数信号发生器 GFG-8026H 的控制面板图。

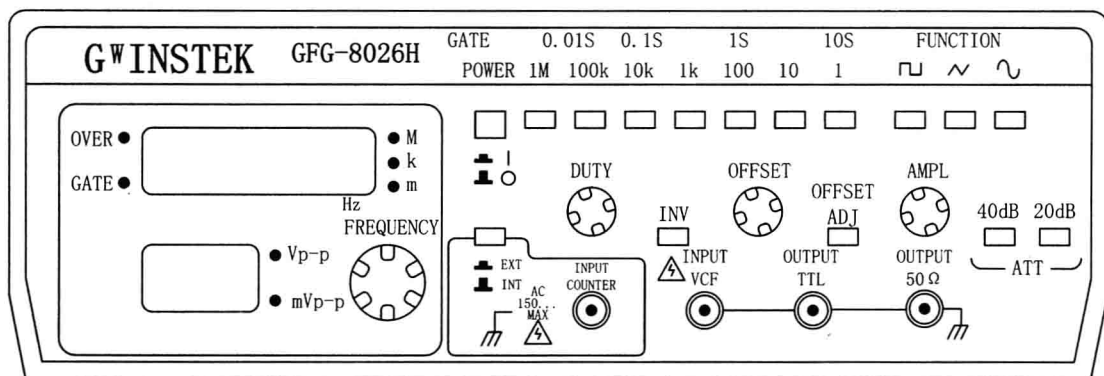


图 1-5 函数信号发生器 GFG-8026H

控制面板介绍如下。

- ① 开关“**POWER**”按键:按下后,整机接通电源开始工作。
- ② 左上为“**OVER**”指示灯:外部计数时,若频率大于计数范围,则此灯会亮。
- ③ 左下为“**GATE**”指示灯:按下电源开关后,此指示灯就开始闪烁。
- ④ LED 数码显示测量出的外部频率。
- ⑤ 数码管的右边有 3 个指示灯,分别为 M/k/m,显示频率的单位。
- ⑥ 电源开关的右侧 2~7 键是各种不同频率范围的选择按键。
- ⑦ 波形选择功能开关(**FUNCTION**)有 3 个开关在右边排列,分别为正弦波、方波(占空比可调节)和三角波。
- ⑧ 频率微调大旋钮“**FREQUENCY**”用来细调频率值。
- ⑨ 面板上标有“**DUTY**”“**OFFSET**”“**AMPL**”三个旋钮,一般放在逆时针旋到头的位置,需要时,再重新调节。“**DUTY**”旋钮用于调整波形。“**OFFSET**”旋钮用于调节信号输出的直流分量。“**AMPL**”旋钮主要是调节输出信号大小的,顺时针旋转增大,逆时