



普通高等教育实验实训规划教材

电气信息类

电子技术实验指导书

刘向军 文亚凤 孙淑艳 编著



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电气信息类

电子技术实验指导书

编 著 刘向军 文亚凤 孙淑艳
主 审 李晶皎



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材(电气信息类)之一。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、电子技术综合实验以及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,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。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、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,也可作为大专生和自学考试、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,文亚凤,孙淑艳编著. —北京:
中国电力出版社, 2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电气信息类

ISBN 978-7-5083-9153-3

I. 电… II. ①刘…②文…③孙… III. 电子技术—实验—
高等学校—教学参考资料 IV. TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第121511号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年8月第一版 2009年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 9.75印张 234千字

定价 15.60元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

众所周知,电子技术已经遍及各行各业,无论是工业、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,深入到国民经济的各个领域,很多高等院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,而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,提高其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,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,本书鼓励学生开阔思路,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的仿真软件为 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、第五章涉及电路图均按软件最终显示电路。

本书共分七章。其中,第一章由刘向军和孙淑艳编写,第二、四、六章由文亚凤编写,第三、五、七章由刘向军编写,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改工作,本书的编写还得到了华北电力大学电工电子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

第一章 常用电子仪器	1
第一节 示波器.....	1
第二节 GFG-8216A 型低频信号发生器	9
第三节 DF2170A 型双路晶体管毫伏表	11
第四节 UT56 型数字万用表	13
第五节 SYB-130 型面包板	14
第六节 实验箱	16
第二章 模拟电路基础实验	18
实验 1: 常用电子仪器的使用	18
实验 2: 单级共射放大电路	23
实验 3: 射极跟随器	29
实验 4: 集成运算放大器基本运算电路的分析与设计	35
实验 5: 电压比较器	41
实验 6: 集成运算放大器 RC 正弦波振荡器	45
第三章 数字电路基础实验	49
实验 1: 门电路的逻辑功能测试	49
实验 2: 组合逻辑电路的设计	53
实验 3: 中规模数字集成电路的应用	57
实验 4: 触发器及其应用	63
实验 5: 集成异步计数器	69
实验 6: 555 定时器及其应用.....	73
第四章 模拟电路仿真实验	79
实验 1: 二极管 $U-I$ 特性曲线	79
实验 2: 单级共射放大电路	87
实验 3: 互补对称功率放大电路	96
实验 4: 负反馈放大电路	98
实验 5: 信号产生电路	101
第五章 数字电路仿真实验	106
实验 1: TTL 门电路的逻辑变换	106
实验 2: 血型关系检测电路的设计	107
实验 3: 计数、译码和显示电路	108
实验 4: 时序逻辑电路的设计	109
实验 5: 通道顺序选择电路	110

第六章 电子技术综合实验	112
课题 1: 移位寄存器型彩灯控制器	113
课题 2: 简易频率计	116
课题 3: 四路智力竞赛抢答器	117
课题 4: 电子密码锁	118
课题 5: 数字电子钟	119
第七章 Multisim 2001 使用指南	123
第一节 Multisim 2001 简介	123
第二节 Multisim 2001 的基本分析方法	134
第三节 用户界面的定制	136
附录	139
附录 A 集成逻辑门电路新、旧图形符号对照	139
附录 B 集成触发器新、旧图形符号对照	140
附录 C 常用数字集成电路型号及引脚	141
附录 D 常见中规模集成芯片符号对照	144
参考文献	149

第一章 常用电子仪器

第一节 示波器

电子示波器又称阴极射线示波器,简称示波器。示波器可用以显示被观测信号的电压波形,还可对信号作时间和幅度的定量测试,以及波形间相位测量。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。下面对示波器的工作原理和使用方法作简要说明。

一、示波器的面板按钮功能概述

示波器的种类很多,一般的通用示波器大致由主机、垂直通道、水平通道三大部分组成。

主机部分包括示波管及其供电系统;各电极所需的各种电源;各种调节机构,如辉度调节和聚焦调节,分别用于调节扫描线的亮度和粗细清晰程度。

垂直通道的主要功能是将被测信号作衰减、放大等处理,以便在显示屏上得到完整清晰的波形。在双踪示波器中还有两通道信号的选择和切换等功能。垂直通道的内部电路主要有输入衰减器、Y轴放大器、双通道切换电子开关等。垂直通道相关的控制旋钮有输入方式控制开关、垂直量程开关(衰减器控制)、垂直移位旋钮、垂直方式选择开关等。

水平通道主要包括扫描电压发生器和X轴放大器,其主要作用是产生加到X偏转板的扫描电压。与水平通道有关的控制旋钮有扫描频率调节开关(水平量程)、扫描方式选择开关、同步信号源选择开关、触发电平调节旋钮、水平移位旋钮等。

不同示波器的控制部件功能的安排和使用方法往往大同小异,下面以GOS-620型示波器为例对各个控制部件的功能作具体的说明。GOS-620型示波器的面板如图1.1所示。

CAL 2VP-P:校准信号输出,见图1.1序号①。该端子输出1000Hz、幅度为2V的方波信号,可用作示波器的CH1或CH2的检测输入信号。

INTEN:辉度调节旋钮,见图1.1序号②。顺时针旋转使栅极电压升高,电子束电流增大,显示波形变亮。一般应旋至适中位置,使扫描线有合适的亮度,扫描线太亮会缩短示波管的使用寿命。

FOCUS:聚焦旋钮,见图1.1序号③。可改变第一阳极、第二阳极的电压差从而影响电子束的聚焦效果,适当旋转可使显示波形变得细而清晰。

TRACE ROTATION:扫描轨迹旋转旋钮,见图1.1序号④。调节此旋钮可使水平扫描线产生一定的旋转。当环境磁场有较大变化时示波器的水平扫描线可能发生倾斜,可调节此旋钮加以校正。此旋钮一般由专职人员操作。

电源指示灯:接通电源时,指示灯亮,见图1.1序号⑤。

POWER:示波器电源开关,见图1.1序号⑥。按下后电源接通,电源指示灯变亮,再次按动后电源断开。

VOLTS/DIV:垂直量程开关(垂直灵敏度粗调),见图1.1序号⑦、⑧。该开关实际

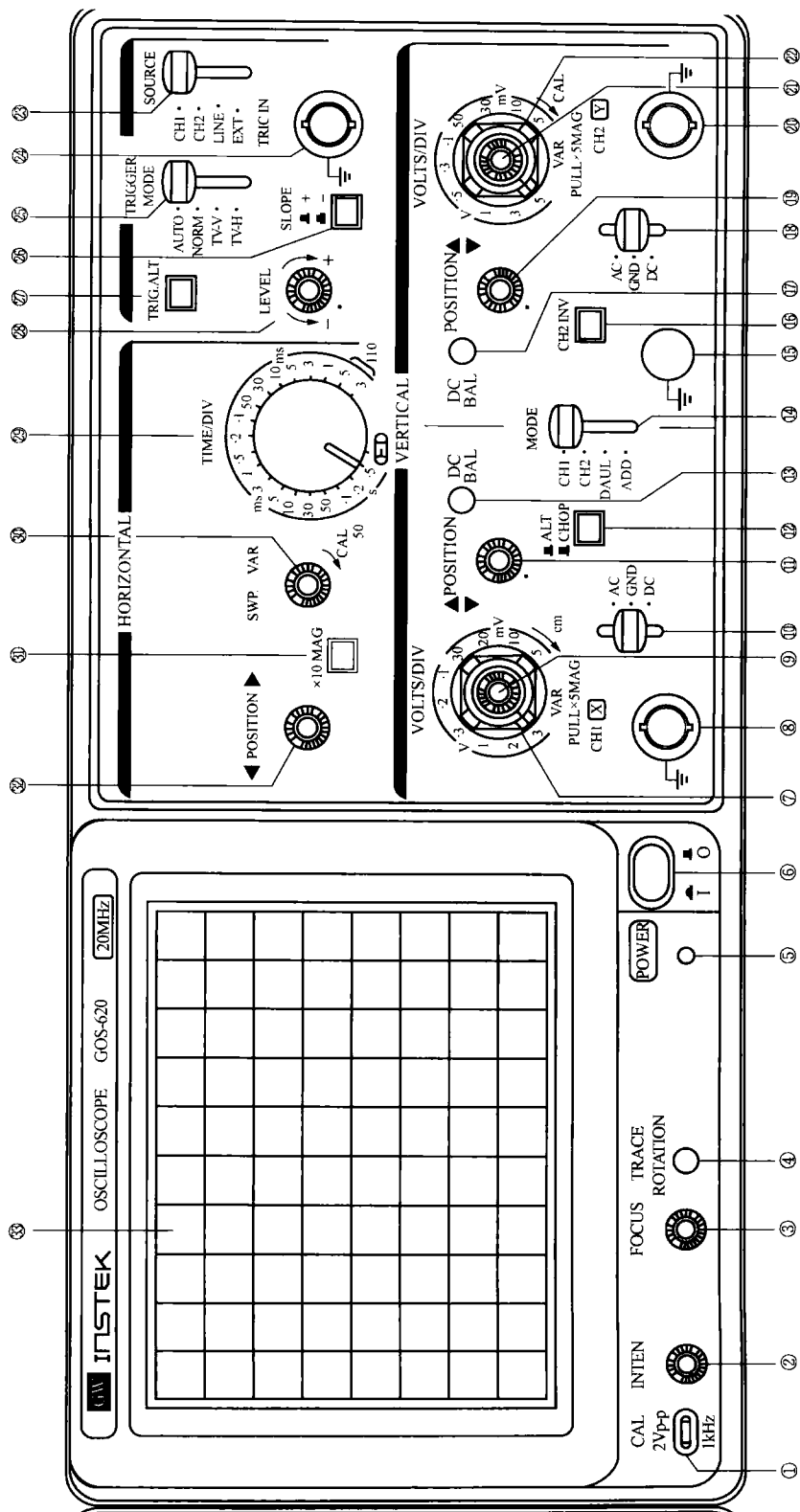


图 1.1 GOS-620 型示波器面板图

是改变输入衰减器的衰减比例。它的每个挡位可指示信号波形垂直方向每 1cm 即每格 (DIV) 高度代表的电压值, 其指示值仅在细调旋钮旋至校准 (CAL) 位置时才有效。此开关挡位应根据被测信号幅度来调节, 量程选得过小会使被测信号的正、负峰部分偏出荧光屏而观察不到, 量程选得大会使显示的波形高度太小而影响观测精度。通常单踪显示时波形高度以 2~6cm 为宜, 双踪显示时波形高度以 2~3cm 为宜, CH2 通道对应开关为 ②。

CH1/X: 被测信号输入插座, 见图 1.1 序号 ⑧、②①。被测信号使用专用电缆线 (称为示波器探头) 从该插座接入, 连接时要注意区分其信号端和地端。对 CH2 为 CH2 Y ②①。所允许的最大输入电压为 400V (直流+交流峰值)。在示波器用于 X-Y 方式时规定 ⑧为 X 输入信号, 而 ②①为 Y 输入信号。

VAR PULL×5MAG: 垂直灵敏度细调旋钮, 见图 1.1 序号 ⑨、②②。顺时针旋转到底为校准 (CAL), 反时针旋转到底可使显示波形高度减小大约 2.5 倍。使用该旋钮可连续调节信号波形的高度使之更便于观察, 但此时垂直量程开关的指示值已不正确, 不可对信号幅度作定量测量。如果要对信号幅度作定量测量, 该旋钮必须旋至校准位置。该旋钮拉出可使显示波形高度增加 5 倍, 此功能仅在观测毫伏级小信号时才有用。CH2 通道对应旋钮为 ②②。

AC-GND-DC: 输入耦合方式开关, 见图 1.1 序号 ⑩、⑬。该开关有三个位置。置于 AC 为交流耦合 (即内部有输入耦合电容, 可隔断输入信号中的直流分量), 适合于观测信号中频率不是特别低的交流分量。置于 DC 为直接耦合 (即内部无输入耦合电容, 信号中的直流分量也送入 Y 轴放大器), 适合于观测含有直流成分的任意波形。置于 GND 为接地 (隔断信号, Y 轴放大器输入端在示波器内部接地), 这时可通过垂直移位旋钮调节零电压的基准线。CH2 通道对应开关为 ⑬。

POSITION: 垂直移位旋钮, 见图 1.1 序号 ⑪、①⑨。该旋钮改变加于 Y 偏转板的直流电压从而改变扫描开始时的 y_0 值, 顺时针旋转使显示波形上移, 反时针旋转使显示波形下移。该旋钮调节不可太过, 否则可能使信号波形偏出荧光屏而观察不到。CH2 通道对应旋钮为 ①⑨。

ALT/CHOP: 模式选择按钮, 见图 1.1 序号 ⑫。在双踪显示时, 放开此键, 表示 CH1 与 CH2 交替显示 (通常用于扫描速度较快的情况下); 当此键按下时, CH1 与 CH2 同时继续显示 (通常用于扫描速度较慢的情况下)。

DC BAL: 分别用于 CH1 和 CH2 的直流衰减平衡调整 (供校正用), 见图 1.1 序号 ⑬、①⑦。

VERT MODE: 垂直方式选择开关, 见图 1.1 序号 ⑭。该开关有四个位置。CH1、CH2、ALT 和 ADD。置于 CH1 时只显示 CH1 的信号波形, 置于 CH2 时只显示 CH2 的信号波形, 置于 DAUL 时为双踪显示即同时显示 CH1 和 CH2 的信号波形, 置于 ADD 时显示 CH1 信号和 CH2 信号叠加的波形。在双踪显示时 GOS-620 型示波器自动地选择交替 (ALT) 和斩波 (CHOP) 两种通道切换方式。在交替方式下, 一个扫描周期内通道切换开关只动作一次, 即在一个扫描周期内显示 CH1 的信号, 在下一个扫描周期内则显示 CH2 的信号, 如此轮流显示, 适用于信号频率较高的情况。在斩波方式下, 一个扫描周期被分割成许多小时间段, 前一段时间显示 CH1 信号, 下一段时间则显示 CH2 信号, 通道切换开关的动作频率约为 250kHz。此方式适合于信号频率较低的情况, 若信号频率较高, 则可见波形有明显的间断。如果 CH1 的移位旋钮拉出, 将使双踪显示只能用斩波方式。在示波器用于

X-Y 方式时此开关应置于 CH2 位置。

示波器地点, 见图 1.1 序号⑮。

CH2 INV: CH2 通道信号反向显示, 见图 1.1 序号⑯。通常配合输入模式 ADD 做 CH1 和 CH2 相减使用。

SOURCE: 触发源选择开关, 见图 1.1 序号⑰。用于选择触发扫描时所需的触发源电压信号, 有 CH1 (通道 1 内触发)、CH2 (通道 2 内触发)、LINE (电网触发) 和 EXT (外触发) 四个位置。置于 CH1 或 CH2 时皆为内触发, 此时同步电压的选择还和开关 ALT⑱有关。若垂直方式是单踪显示, 则自动以被观测信号作触发源电压信号; 若此时垂直方式是 ADD 或 DUAL 并且开关 ALT⑱未按下, 则由本开关选择 CH1 或 CH2 的输入信号作触发源电压信号; 若此时垂直方式是 DUAL 并且开关 ALT⑱按下, 则 CH1 和 CH2 分别以其自身输入作触发源电压信号, 这在同时观测两个频率互不相关的信号时特别有用。在示波器用于 X-Y 方式时此开关应置于 CH1 位置。置于 LINE 时, 用电网信号作触发源电压信号, 适合于观测某些与工频电网电压有确定频率关系的信号。尤其在测量音频设备等低准位 AC 噪声方面, 特别有效。置于 EXT 时, 触发源电压信号由外触发输入插座⑳输入, 外触发源电压必须和被测信号有固定的频率和相位关系才能使显示波形稳定。因为被测量的信号若不作为触发信号, 那么此法将可以捕捉到想要的波形。

TRIG IN: 外触发输入端子, 见图 1.1 序号㉑。可输入外部触发信号。欲用此端子时, 须先将 SOURCE 选择器⑰置于 EXT 位置。

TRIGGER MODE: 触发方式选择开关见图 1.1 序号㉒。有 NORM (常态)、AUTO (自动)、TV-V 和 TV-H 四个挡位。

当为 NORM (常态) 挡时为触发扫描, 此时若触发源选择正确并且触发电平调节合适, 则可显示稳定的被测信号波形; 而若触发源选择不当或者触发电平调节不合适或者触发源电压幅度太小, 都可能导致无同步脉冲, 则扫描电压发生器将不能产生扫描电压, 荧光屏上将无任何显示。

当为 AUTO (自动) 挡时为自动扫描, 即有同步脉冲时为触发扫描, 无同步脉冲时为自激扫描, 这时若所选择的垂直通道无输入信号, 荧光屏上可显示一条 (单踪) 或两条 (双踪) 水平扫描线; 若所选择的垂直通道有输入信号, 荧光屏上便可显示被测信号波形, 不过此时显示的波形可能不稳定, 其原因可能是触发源选择不当或者触发电平调节不合适或者触发源电压幅度太小, 只要正确选择触发源电压并适当调节电平旋钮和垂直量程开关, 便可使显示波形稳定。当为 TV-V 挡时, 用于观测电视信号的垂直画面信号。当为 TV-H 挡时, 用于观测电视信号的水平画面信号。一般多选用 AUTO 方式。

当设定于 TV-V 位置时, 将会触发 TV 垂直同步脉波以便于观测 TV 垂直图场 (field) 或图框 (frame) 的电视复合影像信号。水平扫描时间设定于 $2\text{ms}/\text{DIV}$ 时适合观测影像图场信号, 而 $5\text{ms}/\text{DIV}$ 适合观测一个完整的影像图框 (两个交叉图场)。

当设定于 TV-H 位置时, 将会触发 TV 水平同步脉波以便于观测 TV 水平线 (lines) 的电视复合影像信号。水平扫描时间一般设定于 $10\mu\text{s}/\text{DIV}$, 并可利用转动 SWP. VAR 水平灵敏度细调旋钮㉓来显示更多的水平线波形。

SLOPE: 触发斜率选择开关, 见图 1.1 序号㉔。触发源电压信号和直流电平比较时, 在一个周期中一般会在触发源电压信号的上升沿和下降沿各产生一个交点。本开关置于

“+”位置时电平比较器在触发源电压信号的上升沿（正斜率）和直流电平的交点发出同步脉冲而开始扫描。本开关置于“-”位置时电平比较器在触发源电压信号的下降沿（负斜率）和直流电平的交点发出同步脉冲而开始扫描。

TRIG. ALT: 触发源交替设置键, 见图 1.1 序号⑳。一般使用在双轨迹并以交替模式显示时, 作交替同步触发来产生稳定的波形。在此模式下, CH1 与 CH2 会轮流作为触发源信号各产生一次扫描。此项功能非常适合用来比较不同信号源之周期或频率关系, 但请注意, 不可用来测量相位或时间差。当在 CHOP 模式时按下 TRIG. ALT 键, 则是不被允许的, 请切回 ALT 模式或选择 CH1 与 CH2 作为触发源。当 VERT MODE 选择开关㉑在 DUAL 或 ADD 位置, 且 SOURCE 选择开关㉒置于 CH1 或 CH2 通道时, 按下此键, 示波器即会自动设定 CH1 或 CH2 的输入信号以交替方式轮流作为内部触发信号源。

LEVEL: 电平调节旋钮, 见图 1.1 序号㉓。此旋钮可改变与触发源电压信号比较的直流电平。在触发斜率选择开关置于“+”时, 提高电平将使扫描开始时间推后, 降低电平将使扫描开始时间提前, 在触发斜率选择开关置于“-”时则相反。直流电平值调得太高（高于触发源电压信号正峰值）或太低（低于触发源电压信号负峰值）, 都不能产生同步脉冲, 导致扫描线消失（在触发方式选用常态时）或显示波形不稳定（在触发方式选用自动时）。只有适当调节此旋钮才可形成稳定的显示波形。当将此旋钮反时针旋满到锁定（LOCK）位置时触发电平变为自动调节。

TIME/DIV: 水平量程开关（水平灵敏度粗调）, 见图 1.1 序号㉔。该开关的各挡位指示信号波形水平方向每 1cm 即每格（DIV）宽度代表的时间值, 其指示值在细调旋钮校准（CAL）时才有效。该开关的位置应根据被测信号频率选择, 一般显示 1~3 周期为宜。在示波器用于 X-Y 方式时此开关应置于 X-Y 位置。此旋钮可用来控制所要显示波形的周期数, 假如所显示的波形过于密集时, 则可将此旋钮转至较快速的扫描位置; 假如所显示的波形过于扩张, 或当输入脉冲波信号时呈现一直线, 可将此旋钮转至低速挡, 以显示完整的周期波形。

SWP. VAR: 水平灵敏度细调旋钮, 也称为扫描细调旋钮, 见图 1.1 序号㉕。拉出该旋钮并旋转可改变显示波形水平方向的宽度, 反时针旋转到底, 可使信号波形宽度减小 2.5 倍左右, 推入时为校准（CAL）状态。如果要对信号作时间方面的定量测量, 该旋钮必须处在推入位置。

×10MAG: 水平放大旋钮, 见图 1.1 序号㉖。拉出该旋钮可使显示波形宽度增加 10 倍, 此功能可用于观察信号中突变部分的细节。

POSITION: 水平移位旋钮, 见图 1.1 序号㉗。顺时针旋转该旋钮可使显示波形右移, 反时针旋转可使显示波形左移。

信号显示屏, 见图 1.1 序号㉘。

二、常见几种操作

（一）单一频道基本操作

以 CH1 为例, 介绍单一频道的基本操作。CH2 单一频道的操作程序是相同的, 仅需注意要改为设定 CH2 栏的旋钮及按键组。

插上电源插头之前, 请依照表 1.1 所示, 顺序设定各旋钮及按键。

表 1.1 单一频道基本操作

项 目	设 定	项 目	设 定
⑥POWER	OFF 状态	⑩、⑬AC-GND-DC	GND
②INTEN	中央位置	③SOURCE	CH1
③FOCUS	中央位置	⑥SLOPE	凸起（+斜率）
⑭VERT MODE	CH1	⑦TRIG. ALT	凸起
⑫ALT/CHOP	凸起（ALT）	⑤TRIGGER MODE	AUTO
⑮CH2 INV	凸起	⑨TIME/DIV	0.5ms/DIV
⑪、⑬POSITION	中央位置	③SWP. VAR	顺时针转到底 CAL 位置
⑦、②VOLTS/DIV	0.5V/DIV	③POSITION	中央位置
⑨、②VAR PULL×5MAG	顺时针转到底 CAL 位置	⑤×10 MAG	凸起

按照表 1.1 设定完成后，插上电源插头，继续下列步骤，见表 1.2。

表 1.2 基本操作步骤

序号	内 容
1	按下电源开关⑥，并确认电源指示灯⑤亮起。约 20s 后显示屏上应会出现一条轨迹，若在 60s 之后仍未有轨迹出现，请检查上列各项设定是否正确
2	转动旋钮 INTEN②及 FOCUS③，以调整出适当的轨迹亮度及聚焦
3	调旋钮 CH1 POSITION⑪及 TRACE ROTATION ④，使轨迹与中央水平刻度线平行
4	将信号线连接至 CH1 输入端⑧，并将信号接上 2V _{pp} 校准信号端子 ①
5	将开关⑩AC-GND-DC 置于 AC 位置，此时，显示屏上会显示脉冲波形
6	调整旋钮③FOCUS，使轨迹更清晰
7	欲观察细微部分，可调整①VOLTS/DIV 及⑩TIME/DIV 钮，以显示更清晰的波形
8	调整⑪POSITION 及③POSITION 钮，以使波形与刻度线齐平，并使电压值（V _{pp} ）及周期（T）易于读取

（二）双频道操作

双频道操作法与单频道设置的步骤大致相同，见表 1.3。

表 1.3 双频道设置的步骤

序号	内 容
1	将⑭VERT MODE 置于 DUAL 位置。此时，显示屏上应有两条扫描线，CH1 的轨迹为校准信号的方波；CH2 则因尚未连接信号，轨迹呈一条直线
2	将信号线连接至 CH2 输入端⑨，并将输入信号接上 2V _{pp} 校准信号端子①
3	按下 AC-GND-DC 置于 AC 位置，调 POSITION 钮⑪、⑬，以使两条轨迹在显示屏上显示

当按钮⑫ALT/CHOP 放开时为 ALT 模式，则 CH1 和 CH2 的输入信号将以交替扫描方式轮流显示，一般使用于较快速的水平扫描；当按钮 ALT/CHOP 按下时（CHOP 模式），则 CH1 和 CH2 的输入信号将以大约 250kHz 斩波方式显示在屏幕上，一般使用于较慢速的水平扫描。

在双轨迹 (DUAL 或 ADD) 模式中操作时, SOURCE 选择器②必须拨向 CH1 或 CH2 位置, 选择其一作为触发源。若 CH1 及 CH2 的信号同步, 二者的波形都会是稳定的; 若不同步, 则仅有选择器所设定的触发源的波形会稳定, 此时, 若按下键⑦ TRIG. ALT, 则两种波形会同步稳定显示。

操作时注意: 勿在 CHOP 模式时按下 TRIG. ALT 键, 因为 TRIG. ALT 功能仅适用于 ALT 模式。

(三) ADD 操作

将选择开关④ VERT MODE 置于 ADD 位置时, 可显示 CH1 及 CH2 信号相加之和; 按下键⑥ CH2 INV, 则会显示 CH1 及 CH2 信号之差。为求得正确的计算结果, 事前请先调钮⑨、⑫ VAR PULL $\times 5$ MAG 将两个频道的精确度调成一致。POSITION 钮⑪、⑬都可调整波形的垂直位置, 但为了维持垂直放大器的线性, 最好将两个旋钮都置于中央位置。

(四) 扫描放大

若欲将波形的某一部分放大, 则需使用较快的扫描速度, 然而, 如果放大的部分包含了扫描的起始点, 那么该部分将会超出显示屏之外。在这种情况下, 必须按下 $\times 10$ MAG 键⑬, 即可以屏幕中央作为放大中心, 将波形向左右放大 10 倍, 见图 1.2。用 POSITION 钮控制显示波形的任一部分。

放大时的扫描时间为 (TIME/DIV 所显示的值) $\times 1/10$, 因此, 未放大时的最高扫描速度 $1\mu\text{s}/\text{DIV}$ 在放大后, 可增加为 $100\text{ns}/\text{DIV}$ 。计算方式: $1\mu\text{s}/\text{DIV} \times 1/10 = 100\text{ns}/\text{DIV}$ 。

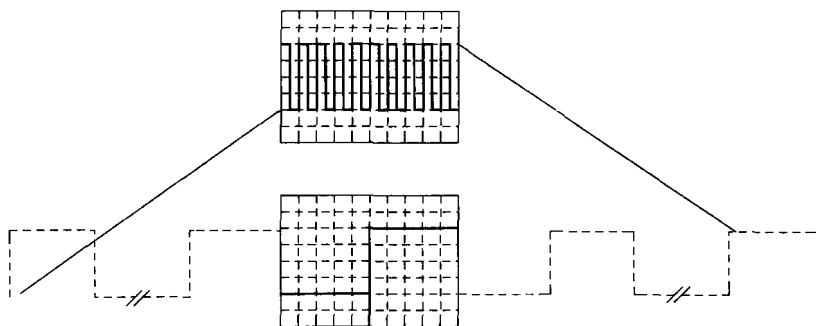


图 1.2 扫描放大示意图

三、常用测量方法

(一) 正弦交流电压幅度、周期和相位差的测量

任选 CH1 或 CH2 通道, 输入耦合方式开关可置于 AC 或 DC, 垂直灵敏度细调旋钮和水平灵敏度细调旋钮均置于校准位置 (CAL), 调节有关旋钮使信号波形稳定显示, 如图 1.3 所示。

从显示屏上读出信号波形负峰到正峰高度的厘米数 H , 则被测电压的峰—峰值为

$$U_{pp} = H \times \text{垂直量程开关指示值}$$

其有效值为

$$U = 0.707 \times 0.5 \times U_{pp}$$

从显示屏上读出信号波形一个周期的水平宽度的厘米数 L , 则被测电压的周期为

$$T = L \times \text{水平量程开关指示值}$$

如果测两个同频率正弦交流电压之相位差,须选择双踪显示(DAUL)、自动扫描(AUTO),先将输入方式开关置于地(GND),调节垂直移位旋钮使两条水平扫描线重合于荧光屏的某一条水平刻度线,再将输入方式开关置于AC位置,调节有关旋钮使两信号波形稳定显示,见图1.4。从显示屏上读出信号波形一个周期的水平宽度的厘米数 L 和两个被测信号波形过零点的水平坐标的差值 D ,则两个被测信号的相位差为

$$\varphi = 360D/L (^{\circ}) = 2\pi D/L (\text{rad})$$

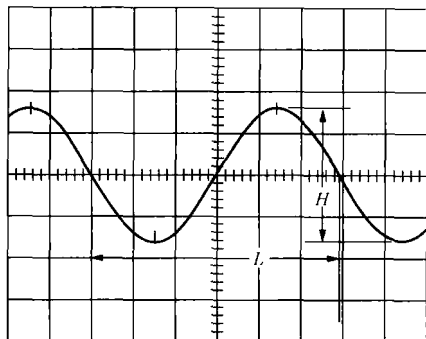


图 1.3 交流信号幅度和周期测量

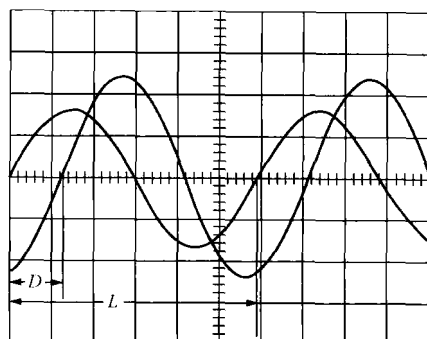


图 1.4 相位差测量的波形图

(二) 测量含有直流成分的信号电压幅度

首先要设定零电压基准线,触发方式开关置于自动(AUTO),将所选用垂直通道的输入方式开关置于接地(GND),调节垂直移位旋钮使水平扫描线与荧光屏上某一条水平刻度线重合,该水平刻度线即作为零电压基准线,此后垂直移位旋钮要保持不变。将所选用垂直通道的输入方式开关置于DC位置,适当选择垂直量程开关和水平量程开关位置,调节有关旋钮使荧光屏上显示稳定的信号波形,见图1.5。从显示波形中读出信号正峰点和负峰点到原定零电压基准线的垂直高度厘米数 H_1 和 H_2 。如果被测信号电压中交流成分为单频率正弦波,则交流成分过零点到原定零电压基准线的垂直高度厘米数 H 等于 H_1 和 H_2 的平均值。于是可得被测电压最大值为

$$U_{\max} = H_1 \times \text{垂直量程开关指示值}$$

被测电压最小值为

$$U_{\min} = H_2 \times \text{垂直量程开关指示值}$$

被测电压中的直流成分为

$$U_D = H \times \text{垂直量程开关指示值}$$

还可算出被测电压中的交流成分的幅值和有效值,这里不再赘述。

如果被测电压中的交流成分是较为复杂的波形,则只能测出其最大值和最小值而不易确定其直流成分 U_D 的数值。

如果被测电压中没有交流成分,则触发方式开关必须置于AUTO位置,荧光屏上将显示一条直线。读出此直线到原定零电压基准线的垂直高度厘米数 H ,则所测电压为

$$U=H\times\text{垂直量程开关指示值}$$

(三) X-Y 方式的应用

如果在示波管的 Y 偏转板加一个周期为 T_Y 的交变电压 $u_Y(t)$, 而在其 X 偏转板不加扫描电压, 也加一个周期为 T_X 的交变电压 $u_X(t)$, 其中如果两信号的周期之间存在某种整数倍关系, 即 $NT_X=MT_Y$ (式中 N 、 M 为无公约数的两个正整数), 光点的轨迹将在荧光屏上画出某种闭合曲线, 这种应用方式叫做 X-Y 方式。

在 X-Y 方式下, 荧光屏上显示的图形实际上是 $u_Y(t)$ 和 $u_X(t)$ 之间的函数关系曲线。例如将某有源网络或无源网络的输入信号作为 $u_X(t)$, 而将其输出信号作为 $u_Y(t)$, 则荧光屏上显示的图形就是所研究网络的电压传输特性曲线, 这往往比通过观测信号波形来研究网络更为方便。

X-Y 方式的另一个简单应用是用李沙育图形法测量某一正弦信号的频率。此时以待测频率的正弦信号作为 $u_Y(t)$, 而 $u_X(t)$ 取自一个频率可调并具有输出频率显示的正弦波信号发生器。仔细调节正弦波信号发生器的输出频率使荧光屏上显示的图形为一个尽可能稳定的椭圆, 则此时从正弦波信号发生器读出的输出频率就等于被测信号的频率。

不同示波器实现 X-Y 方式的操作各不相同, GOS-622B 型示波器作 X-Y 显示时需将垂直方式开关⑭ VERT MODE 置于 CH2, 触发源选择开关⑮ SOURCE 置于 CH1, 水平量程开关⑯ TIME/DIV 拨至 X-Y EXT HOR 位置, 然后再将 $u_X(t)$ 接到 CH1 输入插座⑰, $u_Y(t)$ 接到 CH2 输入插座⑱, 适当调节 CH1 和 CH2 的垂直量程开关 VOLTS/DIV 和移位旋钮, 即可得到适当的显示图形。

第二节 GFG-8216A 型低频信号发生器

GFG-8216A 型低频信号发生器是一种多功能、宽频带的低频信号发生装置。它可以产生 0.3Hz~5MHz 的正弦信号、三角波信号、方波信号、TTL 和 CMOS 电平逻辑信号; 输出正弦信号失真度小, 输出阻抗 50Ω, 正弦信号输出电压有效值最大可达到 6.5V; 可采用连续细调旋钮和分贝衰减器两种调节方式, 输出频率由 6 位 LED 数字显示; 输出脉冲信号的幅度和宽度 (占空度) 均为连续可调; 输出 TTL 电平逻辑信号具有较强的负载能力和理想的波形。

一、前面板介绍

GFG-8216A 型低频信号发生器的前面板见图 1.6。各功能按钮的介绍如下:

POWER, 见图 1.6 序号①, 按下此键接通电源。

Gate Time Indicator: 电源开关一按下, 此指示灯就会开始闪动, 在内部计数时的 Gate Time 时间为 0.01s, 见图 1.6 序号②。

Gate Time Selector: 在使用外部计数模式时, 按此键来改变 Gate Time, 其改变顺序以 0.01, 0.1, 1, 10s 的周期进行, 见图 1.6 序号③。

Over Indicator: 在外部计数时, 假如输入信号频率大于计数范围, Over Indicator 的灯会亮, 见图 1.6 序号④。

Counter Display: 以 6×0.3 绿色的 LED 显示出外部的频率, 内部则以 5×0.3 的绿色的 LED 显示, 见图 1.6 序号⑤。

Frequency Indicator: 显示出频率的值, 见图 1.6 序号⑤。

Gate Time Indicator: 显示出目前电流的 Gate Time (只用于外部计数模式), 见图 1.6 序号⑥。

Frequency Range Selector: 在面板中选择所需的频率范围键, 见图 1.6 序号⑦。各按键的频率范围见表 1.4。

表 1.4 各按键的频率范围

按 键	1	10	100	1k	10k	100k	1M
频率范围	0.3~3Hz	3~30Hz	30~300Hz	300~3kHz	3~30kHz	30~300kHz	300kHz~3MHz

Function selection: 按下□、□、□三个键之一, 可选择适当的波形输出, 见图 1.6 序号⑧。

DUTY: 拉起此旋钮并旋转可以调整输出波形的工作周期, 相当于频率细调, 见图 1.6 序号⑨。

TTL/CMOS Selector: 按下此旋钮, 输出端⑭可输出与 TTL 兼容之波形。若拉起并旋转此旋钮, 可从 5~15V_{pp} CMOS 输出。

OFF SET: 旋转此旋钮时, 可在 -10V~+10V 之间选择任何直流准位加到信号的输出, 见图 1.6 序号⑩。顺时针旋转此旋钮, 可设定正直流准位, 逆时针旋转此旋钮, 可设定负直流准位。

AMPL: 顺时针旋转时获得其最大输出值, 反转时达到最小的输出, 见图 1.6 序号⑪。拉起此旋钮时亦可观察到 20dB 衰减后的输出, 可获得较小的输出范围。

ATT-20dB: 此按钮按下, 则使信号衰减 20dB, 用于获得较小量程的输出范围, 见图 1.6 序号⑫。

FREQUENCY: 顺时针旋转可获得频率最大值, 逆时针旋转可得频率最小值, 见图 1.6 序号⑬。

TTL/CMOS OUTPUT: 与 TTL/CMOS 兼容的信号输出端, 见图 1.6 序号⑭。

OUTPUT: 主要信号波形的输出端, 见图 1.6 序号⑮。

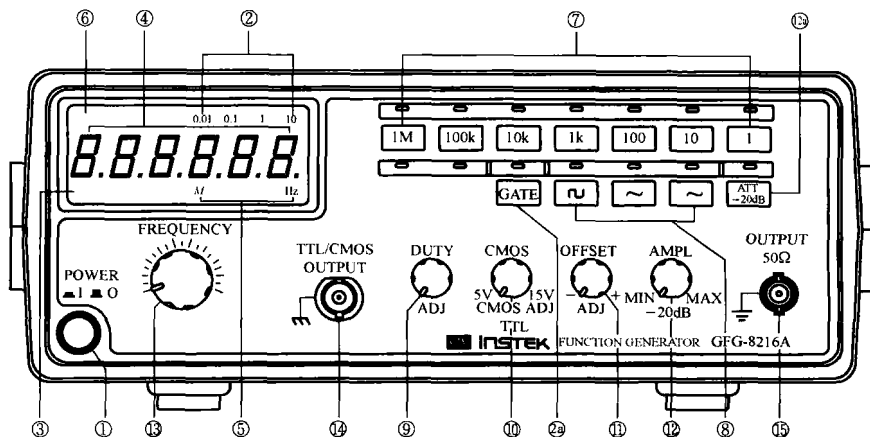


图 1.6 GFG-8216A 型低频信号发生器的前面板图

二、后面板介绍

GFG-8216A 型低频信号发生器的前面板见图 1.7。

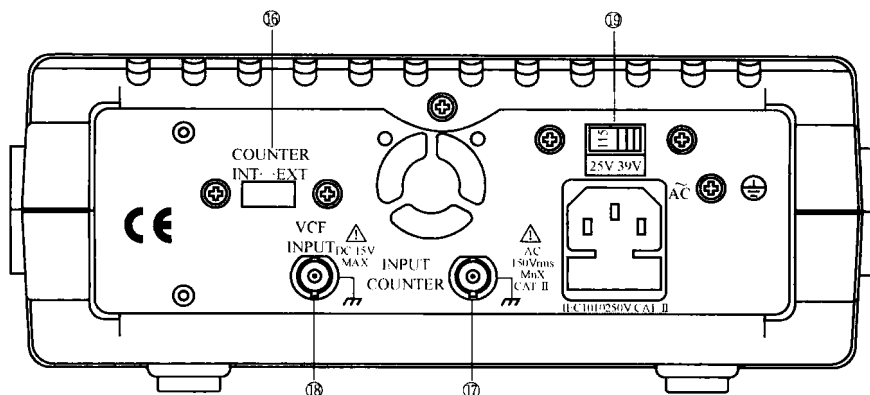


图 1.7 GFG-8216A 型低频信号发生器的后面板图

各功能按钮的介绍如下：

INT/EXT COUNTER：选择内部计数模式，或外部计数模式（待测信号由输入端①⑨输入）加以计数的选择钮，见图 1.7 序号⑮。

INPUT COUNTER：外部计数器信号输入端，见图 1.7 序号⑰。

VCF INPUT：VCF 所需的控制电压输入，见图 1.7 序号⑮。

电源电压选择开关：可选 115V 或 230V，见图 1.7 序号⑲。

第三节 DF2170A 型双路晶体管毫伏表

DF2170A 型双路晶体管毫伏表是通用型交流电压表，具有测量电压的频率范围宽，测量灵敏度和测量精度高、噪声低等特点，并具有相当好的线性度，广泛用于工厂、学校、科研单位。

DF2170A 型双路晶体管毫伏表简称交流毫伏表，采用二组相同而又独立的线路及双指针表头，在同一表面同时指示两个不同的交流信号的有效值，可方便地进行双路交流电压的同时测量和比较。具有“同步—异步”操作，为测量特别是立体声双通道的测量带来极大的方便。

一、工作原理

交流毫伏表是由输入衰减器、前置放大器、电子衰减器、主放大器、线性放大器、输出放大器、电源及控制电路组成。

前置放大器由高输入阻抗及低输出阻抗的复合放大器组成，由于采用低噪声器件及工艺措施，因此具有较小的本机噪声，输入端还具有过载保护功能。

电子衰减器由集成电路组成，受 CPU 控制，因此具有较高的可靠性及长期工作的稳定性。

主放大器由几级宽带低噪声和无相移放大电路组成，由于采用深度负反馈，因此电路稳定可靠。