

XINSHIJI DIANGONG DIANZI SHIYAN XILIE GUIHUA JIAOCAI

新世纪电工电子实验系列规划教材

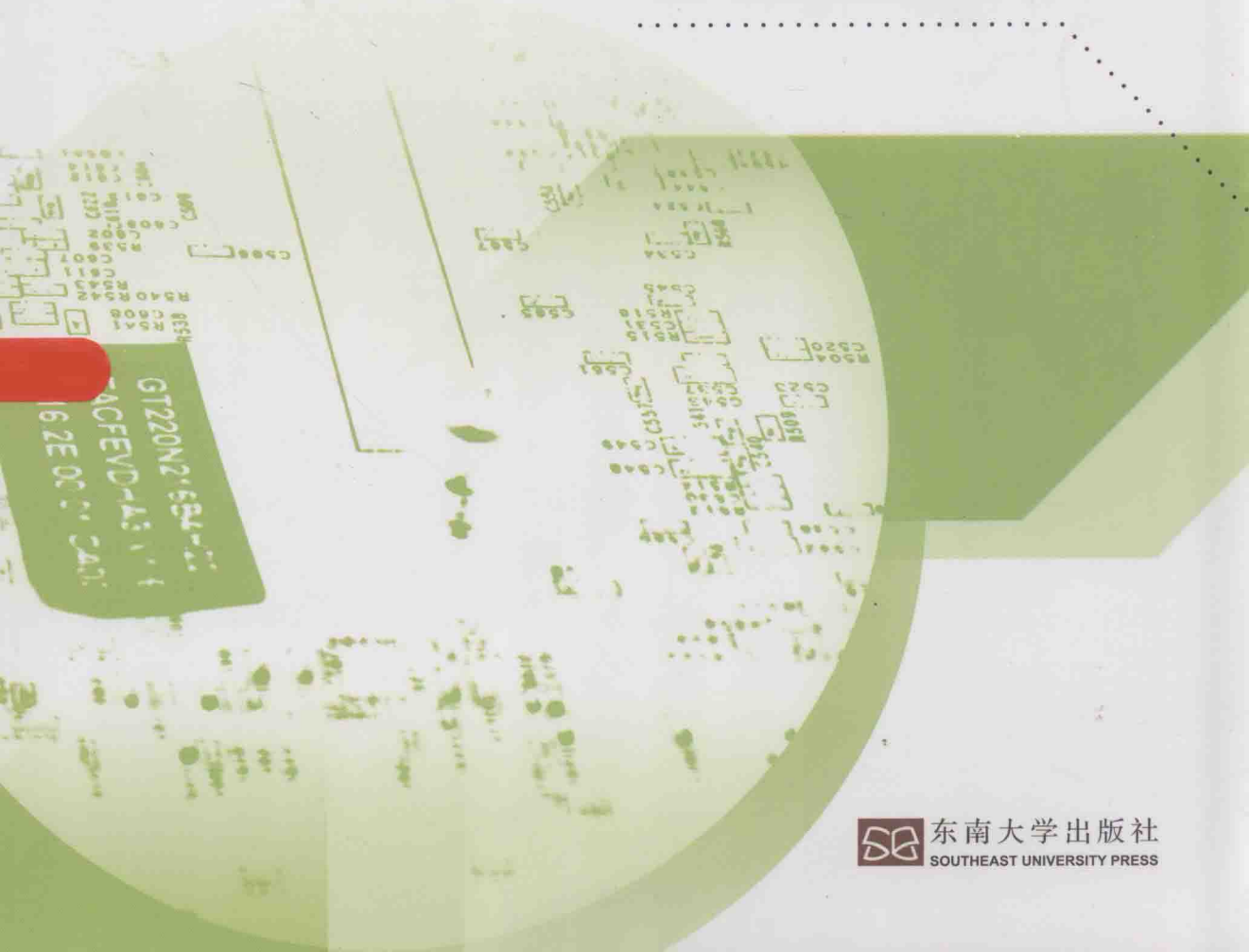
(第2版)

SHUZI DIANZI JISHU SHIYAN YU KECHENG SHEJI ZHIDAO

数字电子技术实验与课程设计指导

主 编◎许小军

副主编◎龚克西 王 玫



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

新世纪电工电子实验系列规划书

数字电子技术实验与 课程设计指导

(第2版)

主 编 许小军
副主编 龚克西 王 玫

东南大学出版社
· 南 京 ·

内 容 简 介

本书在总结数字逻辑实验与课程设计方面的教学经验基础之上,阐述了常用的基于SSI通用集成芯片进行数字逻辑系统设计的传统方法,以及基于可编程逻辑器件(CPLD/FPGA)的EDA现代数字逻辑系统的设计方法。深入浅出地介绍了传统数字逻辑系统的设计实例,典型的EDA技术开发工具(Max+plus II、Quartus II)及其设计实例。本书的特色是力求使传统的实验设计、计算机仿真实验设计与基于EDA技术的实验设计相结合,软件仿真与硬件设计实现相结合,形成数字逻辑系统的系列设计方法。同时实验与课程设计要求按验证、综合、创新不同层次设立,使读者可由浅至深地掌握不同的数字逻辑系统的设计方法。

本书可作为工科专业电子技术基础课程的实验教学指导用书,也可供相关工程技术人员作参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术实验与课程设计指导/许小军主编.

—2版. —南京:东南大学出版社,2014.1

新世纪电工电子实验系列规划教材

ISBN 978-7-5641-4727-3

I. ①数… II. ①许… III. ①数字电路-电子技术-
实验-高等学校-教学参考资料 ②数字电路-电子技术-课程
设计-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第320143号

数字电子技术实验与课程设计指导(第2版)

出版发行 东南大学出版社

出版人 江建中

社 址 南京市四牌楼2号

邮 编 210096

经 销 全国各地新华书店

印 刷 兴化印刷有限责任公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 12.5

字 数 320千字

版 次 2007年10月第1版 2014年1月第2版

印 次 2014年1月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-4727-3

印 数 1—3500册

定 价 28.00元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

第 2 版前言

“数字电路”、“数字逻辑”等专业基础课是高等学校电子、电气信息类的主干课程,具有理论性与工程实践性的特点,因此,实验与课程设计是十分重要的实践环节,对培养学生理论联系实际的实际动手能力、严谨的实验作风有重要的作用。

本书基于课程教学的要求与多年讲授“数字逻辑”课程的经验,根据学生掌握知识的规律,循序渐进,由浅入深,阐述了数字电子技术实验的常用仪器使用、典型集成芯片使用、EWB 仿真、EDA 软件系统开发工具(Max+plus II、Quartus II)及基于可编程逻辑器件(CPLD/FPGA)的 EDA 设计实例等多方面内容。编写了有助于学生理解与巩固基础知识的验证型实验,提高综合应用能力的综合设计型实验,发挥创新思维能力的创新、自选实验,希望以此训练学生数字电路及系统设计与调试的实践技能。本书的特色是力求使传统实验设计、计算机仿真实验设计与 EDA 技术实验设计相结合,硬件设计与软件仿真相结合。本次修订除了更正原书的错误,增加了 EWB 软件的升级版:Multisim 软件、增加了实验内容、课程设计相关课题,提高对学生的训练广度与深度。

本书实验与课程设计内容适应面广,且针对性强,便于教师与学生根据实际情况实施。

本次再版,全书仍分为 6 章,第 1、2 章是常用电子仪器与实验,由王玫、周芸编写;第 3、4 章为 EWB 简介与计算机仿真实验,由龚克西、许其清编写;第 5、6 章为 EDA 软件开发工具与课程设计,由许小军、宋卫菊编写。全书由许小军统稿,担任主编。

由于编者的水平有限,难免有疏漏之处,恳请各位读者提出批评与改进意见。

编者

2013 年 10 月

目 录

1	常用电子仪器	(1)
1.1	DF4325 型示波器	(1)
1.1.1	面板上控制键的名称及功能说明	(1)
1.1.2	使用说明	(5)
1.2	SG1641A 型函数信号发生器	(9)
1.2.1	主要性能	(9)
1.2.2	面板上按键、旋钮的名称及功能说明	(10)
1.2.3	使用说明	(11)
1.3	DT98 型数字万用表	(11)
1.3.1	主要性能	(12)
1.3.2	安全事项	(12)
1.3.3	使用说明	(12)
1.4	数字电路实验箱	(13)
1.4.1	实验箱的结构	(13)
1.4.2	使用说明	(14)
1.4.3	实验注意事项	(15)
2	数字逻辑电路实验	(16)
2.1	基本实验	(16)
2.1.1	门电路逻辑功能测试	(16)
2.1.2	触发器逻辑及应用	(19)
2.2	设计型实验	(23)
2.2.1	一位大小比较器、全加器的设计	(23)
2.2.2	数据选择器、译码器的应用	(25)
2.2.3	集成计数器的设计	(29)
2.3	综合应用型实验	(33)
2.3.1	计数、译码和显示电路	(33)
2.3.2	移位寄存器及其应用	(36)
2.3.3	555 集成定时器及其应用	(40)
* 2.3.4	数模(D/A)和模数(A/D)转换器及其应用	(44)
3	EWB——电子电路设计仿真	(50)
3.1	概述	(50)

3.2	EWB的基本界面	(51)
3.2.1	EWB的主窗口	(51)
3.2.2	EWB的工具栏	(52)
3.2.3	EWB的元器件库	(53)
3.3	EWB的基本操作方法	(59)
3.3.1	EWB电路的创建与运行	(59)
3.3.2	EWB的基本操作方法	(60)
3.3.3	EWB软件自配仪表的使用	(72)
3.3.4	帮助功能的应用	(80)
4	数字逻辑的(EWB 仿真)实验	(81)
4.1	基础型实验	(81)
4.1.1	门电路的性能测试	(81)
4.1.2	组合逻辑电路逻辑的功能测试	(83)
4.1.3	触发器的组成及集成触发器的性能测试	(87)
4.1.4	典型时序逻辑电路的性能测试	(90)
4.1.5	波形产生和整形电路的应用	(92)
4.1.6	A/D和D/A转换器的应用	(94)
4.2	设计型实验	(98)
4.2.1	组合逻辑电路的设计	(98)
4.2.2	时序逻辑电路的设计	(100)
4.3	综合型实验	(102)
4.3.1	计数、译码、显示电路	(102)
4.3.2	汽车尾灯显示电路	(103)
4.3.3	竞赛抢答器电路	(104)
5	现代数字逻辑系统的设计方法	(106)
5.1	可编程逻辑器件简介	(107)
5.2	CPLD/FPGA 开发环境之一——Max+plus II	(107)
5.2.1	Max+plus II 概述	(107)
5.2.2	Max+plus II 的安装、设置	(108)
5.2.3	Max+plus II 的 license 设置	(109)
5.2.4	Max+plus II 的设计流程	(110)
5.2.5	图形输入法的设计过程	(111)
5.2.6	项目编译	(117)
5.2.7	项目校验	(119)
5.2.8	器件编程	(125)
5.2.9	器件编程/配置	(128)
5.2.10	单元练习	(129)
5.3	常用工具介绍	(129)

5.4 层次化设计及总线	(132)
5.4.1 Max+plus II 层次化设计	(132)
5.4.2 BUS(总线)	(135)
5.4.3 其他输入法	(136)
5.5 CPLD/FPGA 开发软件之二——Quartus II	(138)
5.5.1 Quartus II 简介	(138)
5.5.2 Quartus II 使用方法	(141)
5.5.3 Max+plus II 与 Quartus II 的功能比较与转换	(148)
6 数字电路课程设计任务	(151)
6.1 功能扩展型设计任务	(153)
6.1.1 声光显示智力抢答器电路的设计	(153)
6.1.2 彩灯循环显示控制电路的设计	(154)
6.2 综合型设计任务	(155)
6.2.1 交通灯控制电路	(156)
6.2.2 多功能数字钟	(160)
6.3 创新设计电路	(162)
6.3.1 电子密码锁的设计(一)	(162)
6.3.2 电子密码锁的设计(二)	(163)
6.3.3 出租车自动计费电路	(164)
6.3.4 汽车尾灯控制器	(165)
6.4 自行选题	(167)
6.4.1 拔河游戏机	(167)
6.4.2 电话键显示电路	(167)
6.4.3 量程可变的频率计	(168)
6.4.4 洗衣机控制电路	(168)
6.4.5 电梯控制器	(169)
附录	(170)
附录 1 Multisim 软件使用简介	(170)
附录 2 SE-5M 型 EDA 实验开发系统	(181)
附录 3 伟福公司开发的 EDA 实验系统	(185)
附录 4 常用逻辑符号对照表	(189)
附录 5 常用集成电路的型号及引脚排列图	(190)
参考文献	(192)

1.1 DF4325 型示波器

DF4325 型示波器是便携式双通道示波器,不仅可以进行单踪显示,也可以在屏幕上同时显示两个不同电信号的瞬时过程,还可以显示两个信号叠加后的波形。其垂直系统最小垂直偏转因数为 1 mV/div ,水平系统具有 $0.2 \mu\text{s/div} \sim 0.2 \text{ s/div}$ 的扫描速度,并设有扩展 $\times 10$,可将扫速提高到 20 ns/div 。本示波器具有以下特点:

- (1) 便携式稳定可靠。
- (2) 偏置输出功能。可以方便地观察幅度较大波形的任何部分。
- (3) 具有电视信号同步功能。
- (4) 交替触发功能可以观察两个频率不相关的信号波形。
- (5) CRT 游标测量,数字读出功能等。

基于上述功能、性能特点,该示波器被广泛使用在脉冲数字电路的实验中,用以对单通道或双通道的信号进行各种物理量的测量或对此。

1.1.1 面板上控制键的名称及功能说明

DF4325 型双踪示波器前面板和后面板结构示意图如图 1.1.1 和图 1.1.2 所示。其上分布着许多按键、旋钮,为了使读者易学易记,将它们归纳于表 1.1.1 中,并扼要说明它们的功能。

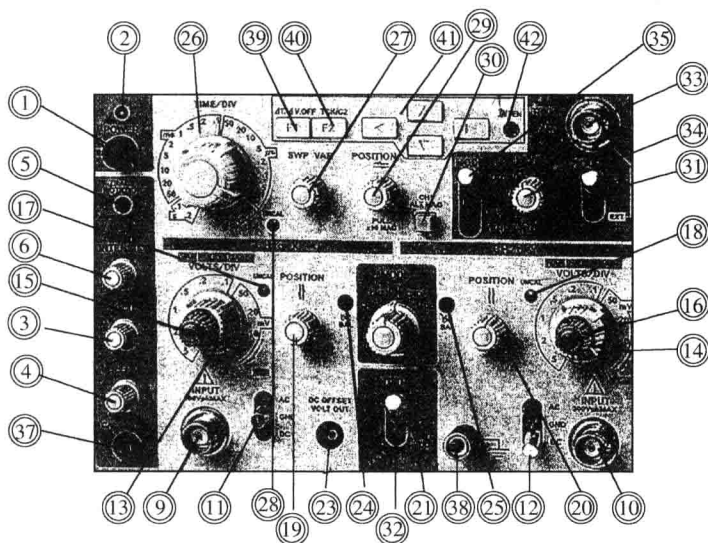


图 1.1.1 DF4325 型示波器前面板示意图

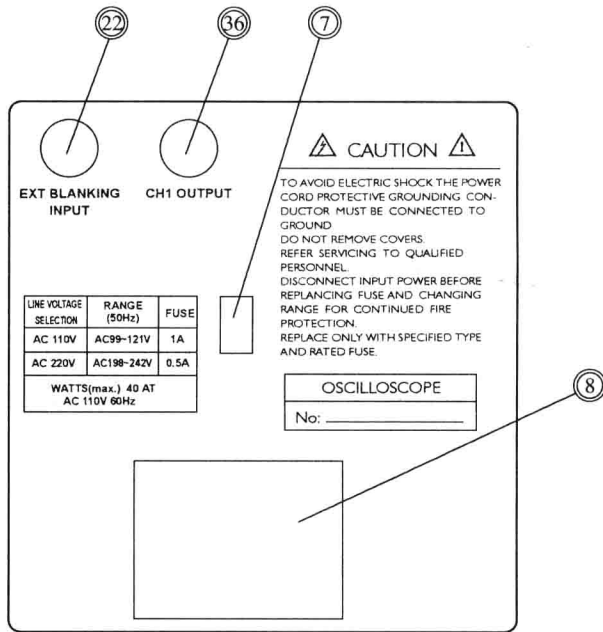


图 1.1.2 DF4325 型示波器后面板示意图

表 1.1.1 控制键的名称和作用

序号	面板标志	名称	作用
①	POWER	电源开关	按下时电源接通,弹出时关闭
②	POWER LAMP	电源指示灯	当电源在“ON”状态时,指示灯亮
③	FOCUS	聚焦控制	调节光点的清晰度,使其圆又小
④	SCALE ILLUM	刻度照明控制	在黑暗的环境或照明刻度线时调此旋钮
⑤	TRACE ROTATION	轨迹旋转控制	用来调节扫描线和水平刻度线的平行
⑥	INTEN SITY	亮度控制	轨迹亮度调节
⑦	POWER SOURCE SELECT	电源选择开关	110 V 或 220 V 电源设置
⑧	AC INLET	电源插座	交流电源输入插座
⑨	CH1 INPUT	通道 1 输入	被测信号的输入端口,当仪器工作在 X - Y 方式时,此端输入的信号变为 X 轴信号
⑩	CH2 INPUT	通道 2 输入	与 CH1 相同,但当仪器工作在 X - Y 方式时,此端输入的信号变为 Y 轴信号
⑪	AC - GND - DC	输入耦合开关	开关用于选择输入信号馈至 Y 轴放大器之间的耦合方式。AC:输入信号通过电容器与垂直轴放大器连接,输入信号的 DC 成分被截止,且仅有 AC 成分显示。GND:垂直放大器的输入接地。DC:输入信号直接连接到垂直放大器,包括 DC 和 AC 成分
⑫			
⑬	VOLTS/DIV	选择开关	CH1 和 CH2 通道灵敏度调节,当 10 : 1 的探头与仪器组合使用时,读数倍乘 10
⑭			

(续表 1.1.1)

序号	面板标志	名称	作用
⑮	VAR PULL×5	微调扩展控制 开关	当旋转此旋钮时,可小范围的改变垂直偏转灵敏度,当逆时针旋转到底时,其变化范围应大于 2.5 倍,通常将此旋钮顺时针旋到底。当旋钮位于 PULL 位置时(拉出状态),垂直轴的增益扩展 5 倍,且最大灵敏度为 1 mV/div
⑰	UNCAL	衰减不校正灯	灯亮表示微调旋钮没有处于在校准位置
⑲	POSITION PUL DC OFFSET	旋钮	此旋钮用于调节垂直方向位移。当旋钮拉出时,垂直轴的轨迹调节范围可通过 DC 偏置功能扩展,可测量大幅度的波形
⑳	POSITION PULL INVERT	旋钮	位移功能与 CH1 相同,但当旋钮处于 PULL 位置时(拉出状态)用来倒置 CH2 上的输入信号极性。此控制键方便地用于比较不同极性的两个波形,利用 ADD 功能键还可获得(CH1)-(CH2)的信号差
㉑	MODE	工作方式选择 开关	此开关用于选择垂直偏转系统的工作方式。CH1:只有加到 CH1 的信号出现在屏幕上。CH2:只有加到 CH2 的信号出现在屏幕上。ALT:加到 CH1 和 CH2 通道的信号能交替显示在屏幕上,这个工作方式通常用于观察加到两个通道上信号频率较高的情况。CHOP:在这个工作方式时,加到 CH1 和 CH2 的信号受 250 kHz 自激振荡电子开关的控制,同时显示在屏幕上。这个方式用于观察两通道信号频率较低的情况。ADD:加到 CH1 和 CH2 输入信号的代数和出现在屏幕上
㉒	CH1 OUTPUT	通道 1 输出插口	输出 CH1 通道信号的取样信号
㉓	DC OFFSET VOLT OUT	直流平衡调控 控制件	当仪器设置为 DC 偏置方式时,该插口可配接数字万用表,读出被测量电压值
㉔	DC	直流平衡调控	用于直流平衡调节
㉕	BAL	控制件	
㉖	TIME/DIV	扫速选择开关	扫描时间为 19 档,从 0.2 μ s/div~0.2 s/div。X-Y:此位置用于仪器工作在 X-Y 状态,在此位置时,X 轴的信号连接到 CH1 输入,Y 轴信号加到 CH2 输入,并且偏转范围从 1 mV/div~5 V/div
㉗	SWP	扫描微调 控制	(当开关不在校正位置时)扫描因数可连续改变。当开关按箭头的方向顺时针旋到底时,为校正状态,此时扫描时间由 TIME/DIV 开关准确读出。逆时针旋到底扫描时间扩大 2.5 倍
㉘	SWEEP UNCAL LAPM	扫描不校正灯	灯亮表示扫描因数不校正

(续表 1.1.1)

序号	面板标志	名称	作用
②9	POSITION PUL×10MAG	控制旋钮	此旋钮用于水平方面移动扫描线,在测量波形的时间时适用。当旋钮顺时针旋转,扫描线向右移动,逆时针向左移动。拉出此旋钮,扫速倍乘 10
③0	CH1 ALT MAG	通道 1 交替扩展 开关	CH1 输入信号能以×1(常态)和×10(扩展)两种状态交替显示
③1	INT LINE EXT	触发源选择开关	内(INT):取加到 CH1 和 CH2 上的输入信号为触发源。电源(LINE):取电源信号为触发源。外(EXT):取加到 TRIG INPUT 上的外接触发器为触发源,用于垂直方向上特殊的信号触发
③2	INT TRIG	内触发选择开关	此开关用来选择不同的内部触发源。CH1:取加到 CH1 上的输入信号为出发源。CH2:取加到 CH2 上的输入信号为触发源。组合方式 $\overset{\text{VERT}}{\text{MODE}}$ 用于同时观察两个不同频率的波形,同步触发信号交替取自于 CH1 和 CH2
③3	TRIG INPUT	外触发输入连接器	输入端用于外接触发信号
③4	TRIG LEVEL	触发电平控制 旋钮	通过调节本旋钮控制触发电平的起始点,且能控制触发极性。按进去(常用)是正极性,拉出来是负极性
③5	TRIG MODE	触发方式选择 开关	自动(AUTO):仪器始终自动触发,并能显示扫描线。当有触发信号存在时,同正常的触发扫描,波形能稳定显示。该功能使用方便。 常态(NORM):只有当触发信号存在时,才能触发扫描,在没信号和非同步状态情况下,没有扫描线。该工作方式,适合信号频率较低的情况(25Hz 以下)。 电视场(TV-V):本方式能观察电视信号的场信号波形。 电视行(TV-H):本方式能观察电视信号中的行信号波形。
③6	EXT BLANKING	外增辉插座	本输入端用于辉度调节。它是直流耦合,加入正信号辉度降低,加入负信号辉度增加
③7	PROBE ADJUST	校正信号	提供幅度为 0.5 V,频率为 1 kHz 的方波信号,用于调整探头的补偿和检测垂直和水平电路的基本功能
③8	GND	接地端	示波器的接地端
③9	$\Delta T - \Delta V - \text{OFF}$	电压或时间测量 选择开关	按下 $\Delta T - \Delta V - \text{OFF}$ 时,可测量 ΔV 或 ΔT ,当选中 ΔT 时可测量时间差,当选中 ΔV 时可测量电压差,当选中 OFF 时,无游标显示

(续表 1.1.1)

序号	面板标志	名称	作用
④⑩	TCK/C2	游标选择开关	每次按下 TCK/C2,可操作的游标都被切换,改变方式 C1(cursor1)→C2(cursor2) ↑← TCK(tracking)←↓
④⑪	CURSOR	游标偏移开关	被选定的游标,能按移动箭头所指的方向移动。 注:左、右箭头所指方向是改变 ΔT (时间差),上、下箭头所指方向是改变 ΔV (电压差)
④⑫	INTEN	电位器	游标和数字亮度控制,顺时针旋转增加亮度,此时,聚焦的特性可能与波形不匹配,调节 FOCUS 控制可得到最佳聚焦
④⑬	DISPIAY	显示	此开关用于选择带延迟扫描的工作方式。 NORM:主扫描出现在屏幕上,它用于正常工作状态。INTEN:屏幕上显示的扫描为主扫描,但它通过亮度调制指示延迟扫描。DELAY:亮度调制的部分被扩展
④⑭	DELAY TIME	延时	此控制用来设置带延迟扫描单时基的起始点,五种延时范 $1\sim 10\ \mu\text{s}$, $10\sim 100\ \mu\text{s}$, $100\ \mu\text{s}\sim 1\ \text{ms}$, $1\sim 10\ \text{ms}$, $10\sim 100\ \text{ms}$ 可用 DELAY VAR 电位器连续设置

1.1.2 使用说明

1) 测定前的检查

为了使本仪器能经常保持良好的状态,请进行测定前的检查。这种检查方法也适用以后的操作方法及应用测量。

使用前请先将各调整旋钮预设置到表 1.1.2 所示的位置。

表 1.1.2 基本操作

旋钮	预设状态
电源(POWER)	关
辉度(INTEN)	逆时针旋到底
聚焦(FOCUS)	居中
AC—GND—DC	GND
↑↓位移(PPOSITION)	居中(旋转按进)
垂直工作方式(V. MODE)	CH1
触发(TRIG)	自动
触发源(TRIG SOURCE)	内
内触发(INT TRIG)	CH1
TIME/DIV	0.5 ms/div
←位移(PPOSITION)	居中

在完成了所有上面的准备工作后,打开电源。15 秒后,顺指针旋转辉度旋钮,扫描线将出现。并调聚焦旋钮置扫描线最细,接着调整“TRACE ROTATION”以使扫描线与水平刻度保持平行。

如果打开电源而仪器不使用,应逆时针旋转辉度旋钮,降低亮度。

注意:在测量参数过程中,应将待校正功能的旋钮置“校正”位置,为使所测的数值正确预热时间至少应在 30 分钟以上。若仅为显示波形,则不必进行预热。

2) 操作方法

(1) 观察一个波形

当不观察两个波形的相位差或除 X - Y 工作方式以外的其他工作状态,可用 CH1 和 CH2。

① 当选用 CH1 时,控制件位置如下:

垂直工作方式(MODE)	通道 1(CH1)
触发方式(TRIG MODE)	自动(AUTO)
触发信号源(TRIG SOURCE)	内(INT)
内触发(INT TRRIG)	通道 1(CH1)

在此情况下,可同步所有加到 CH1 通道上,频率在 25 Hz 以上的重复信号。调节触发旋钮可获得稳定的波形。因为水平轴的触发方式处在自动位置,当没有信号输入或当输入耦合开关处在的(GND)位置时,亮线仍然显示。这就意味着可以测量直流电压。当观察低频信号(小于 25 Hz)时,触发方式(TRIG MODE)必须选择常态(NORM)。

② 当用 CH2 通道时,控制键位置如下:

垂直工作方式(MODE)	通道 2(CH2)
触发源(INT SOURCE)	内(INT)
内触发(INT TRIG)	通道 2(CH2)

(2) 观察两个波形

当垂直工作方式开关置交换(ALT)或断续(CHOP)时就可以很方便地观察两个波形。当两个波形的频率较高时,工作方式用交替(ALT),当两个波形频率较低时,工作方式用断续(CHOP)。

(3) 信号馈接

① 探头的使用

当高精度测量高频波形时,使用附件中探头。然而应注意到,当输入信号接到示波器输入端被接探头衰减到原来的 1/10 时,对小信号观察不利,但却扩大了信号的测量范围。

② 注意事项:

- 不要直接加大于 400 V(直接加交流峰峰值)的信号;
- 当测量高速脉冲信号或高频率信号时,探头接地点要靠近被测点,较长接地线能引起振荡和过冲之类波形的畸变。良好的测量必须使用经过选择的接地附件。
- V/DIV 读数的幅值乘 10

例如:如果 V/DIV 的读数在 50 mV/div,读出的波形是 $50 \text{ mV/div} \times 10 = 500 \text{ mV/div}$,为了避免测量误差,在测量前应按下式方法进行校正和检查以消除误差。将探头探针接到校正方波 0.5 V(1 kHz)输出端,正确的电容值将产生如图 1.1.3(a)所示的平顶波形。如果

波形出现图(b)和图(c)样波形,可调整探头上校正孔的电容补偿,直至获得平顶波形。

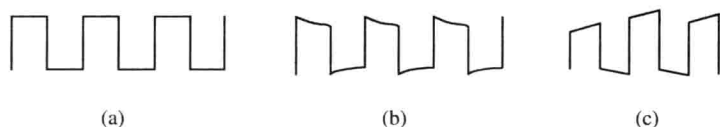


图 1.1.3 调节探头上的微调器,使方波到平顶

③ 直接馈入

当不使用探头 AT-10AK1.5(10:1)而直接将信号接到示波器时,应注意下列几点,以最大限度减少测量误差。

使用无屏蔽层连接导线时,对于低阻抗,高电平电路不会产生干扰。但应注意到,其他电路和电源线的静态寄生耦合可能引起测量误差。即使在低频范围,这种测量误差也是不能忽略的。通常为使用可靠而不采用无屏蔽导线。使用屏蔽线时将屏蔽层的一端与示波器接地连接,另一端接至被测电路的地线。最好是使用具有 BNC 连接头的同轴电缆线。

当进行宽频带测量时,必须注意下列情况:当测量快速上升波形和高频信号波形时,须使用终端阻抗匹配的电缆。特别在使用长电缆时,当终端不匹配时,将会因振荡现象导致测量误差。有些测量电路还要求端电阻等于测量的电缆特性阻抗。而 BNC 型电缆的终端电阻($50\ \Omega$)可以满足此目的。

为了对具有一定工作特性的被测电路进行测量,就需要用终端与被测电路阻抗相当的电缆。

使用较长的屏蔽线进行测量时,屏蔽线本身的分布电容要考虑在内。因为通常的屏蔽线具有 $100\ \text{pF/m}$ 的分布电容,它对被测电路的影响是不能忽略的。

当所用的屏蔽线或无终端电缆的长度达到被测信号的 $1/4$ 波长或它的倍数时,即使使用同轴电缆,在 $5\ \text{mV/div}$ (最灵敏档)范围附近也能引起振荡。这是由于外接线高 Q 值电感和仪器输入电容谐振引起的。避免的方法是降低连接线的 Q 值。可将 $100\ \Omega\sim 1\ \text{k}\Omega$ 的电阻串联到无屏蔽线或电缆中的输入端,或在其他 V/div 档进行测量。

3) 测量

(1) 测量前的准备工作

调节亮度和聚焦于适当的位置,最大可能地减少显示波形的读出误差,使用探头时应检查补偿电容。

(2) 直流电压的测量

置 AC-GND-DC 输入开关 GND 位置,确定零电平的位置。

置 V/div 开关于适当位置(避免信号过大或过小而观察不出),置 AC-GND-DC 开关于 DC 位置。这时扫描亮线随 DC 电压的大小上下移动(相对于零电平时),信号的直流电压是位移幅值与 V/div 开关标称值的乘积。当 V/div 开关指在 $50\ \text{mV/div}$ 档时,位移的幅值是 $4.2\ \text{div}$,则直流电压是 $50\ \text{mV/div}\times 4.2\ \text{div}=210\ \text{mV}$,如果使用了 $10:1$ 探头,则直流电压为上述值的 10 倍。即 $50\ \text{mV/div}\times 4.2\ \text{div}\times 10=2.1\ \text{V}$,如图 1.1.4(a)所示。

(3) 交流电压测量

与前述“直流电压的测量”相似。但在这里不必再刻度上确定电平。可以按方便观察的目的调节零电平。

如图 1.1.4(b)所示,当 V/div 开关 1 V/div,图形显示 5 div,则 $1 \text{ V/div} \times 5 \text{ div} = 5 \text{ V}_{\text{P-P}}$ (当使用 10:1 的探头测量时是 $50 \text{ V}_{\text{P-P}}$)。当观察叠加在较高直流电平上的小幅度交流信号时,置 AC-GND-DC 开关于 AC,这样就截断了直流电压。能大大提高 AC 电压的测量的灵敏度。

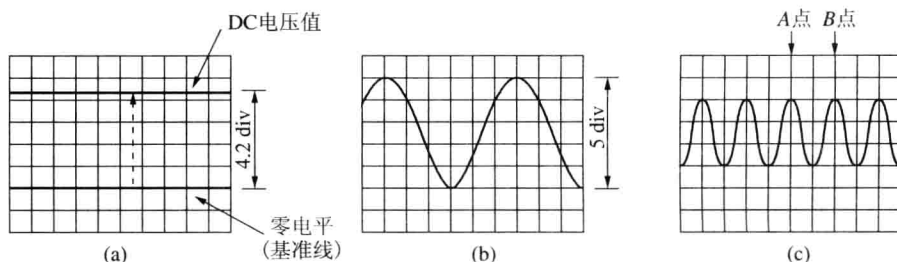


图 1.1.4 直流、交流电压和交流频率、周期测量

(4) 频率和周期的测量

一个周期的 A 点和 B 点在屏幕上的间隔为 2 div(水平方向)见图 1.1.4(c)。

当扫描时间定为 1 ms/div 时:

周期是 $1 \text{ ms/div} \times 2.0 \text{ div} = 2 \text{ ms}$

频率是 $1/2 \text{ ms} = 500 \text{ Hz}$

然而,当扩展乘 10 旋钮被拉出时,TIME/DIV 开关的读数必须乘 1/10,因为扫描扩展 10 倍。

(5) 时间差的测量

触发信号源“SOURCE”为测量两信号之间的时间差提供选择基准信号源。假如脉冲串如图 1.1.5(a)所示,则图(b)是 CH1 信号作触发信号源的波形图,则图(c)是 CH2 信号作触发信号源的波形图。

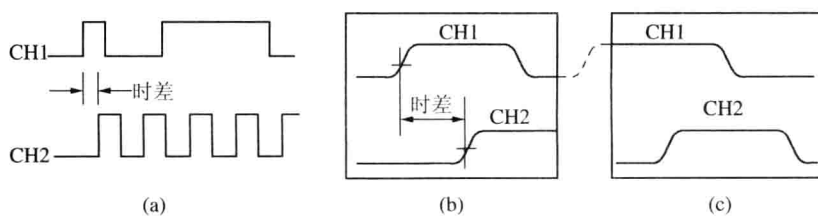


图 1.1.5 时间差测量波形图

图 1.1.5 说明当研究 CH1 信号与滞后它的 CH2 信号时间间隔时,以 CH1 信号作触发信号;反之,则以 CH2 信号作触发信号。换句话说,总是相位超前的信号作为信号源的。否则,被测部分波形有时会超出屏面外,如图(c)所示。

注意:因为脉冲波形包含有许多决定本身脉宽和周期的高频分量(高次谐波),在处理这类信号时要像对待高频信号那样,要使用探头和同轴电缆,并尽量缩短地线。

(6) 上升(下降时间的测量)

测量上升时间不仅要遵照上述方法,还要注意测量误差。

被测波形上升时间 T_{rx} ,示波器上升时间 T_{rs} 和在荧光屏上显示的上升时间 T_{ro} 存在下

列关系:

$$T_{r0}^2 = T_{rx}^2 + T_{rs}^2 \quad \text{即: } T_{r0} = \sqrt{T_{rx}^2 + T_{rs}^2}$$

当被测脉冲的上升时间比示波器的上升时间足够长时,示波器本身的上升时间在测量中可以忽略。如果两者相差不多,测量引起的误差将是不可避免的。实际的上升时间应是 $T_{r0}^2 = T_{rx}^2 + T_{rs}^2$ 。

通常在一般情况下,在无过冲和下巴类畸形波形的电路里,频宽和上升时间之间有下列关系: $f_c \times t_r = 0.35$, 这里 f_c 是频带度(单位 Hz), t_r 是上升时间(单位 s)。上升时间和下降时间均有脉冲从 10%~90% 幅度之间的宽度(时间距离)确定。示波器在内刻度面板上标有 0%、10%、90%、100% 的位置,便于测量。

1.2 SG1641A 型函数信号发生器

SG1641A 函数信号发生器,是一种多功能宽频带信号发生器。它能输出方波、TTL 电平的方波、正向脉冲波、负向脉冲波、正弦波、三角波、正向锯齿波、负向锯齿波。具有正、负向脉冲波及正、负向锯齿波的占空比连续可调的特点。具有 1 000 : 1 的电压控制频率(VCF)特性和直流偏置能力。其中的频率计可用于测试本机产生信号和外接信号的频率,所有输出波形和外测信号的频率均由六位数字数码管 LED 直接显示。由于这些功能,使得它在使用上显得方便灵活,在数字电路的教学实验中主要用作信号源和测频。

1.2.1 主要性能

(1) 供电系统:电压范围 220 V \pm 22 V,频率 50 Hz,功率 10 V \cdot A。

(2) 输出量

① 波形:方波、TTL 电平的方波、正向脉冲波、负向脉冲波、正弦波、三角波、正向锯齿波、负向锯齿波。其中方波上升时间 <100 ns;TTL 方波高电平 >2.4 V,低电平 <0.4 V,上升时间 <40 ns。

② 阻抗:50 Ω \pm 5 Ω 。

③ 幅度:20 V_{P-P}(开路);10 V_{P-P}(50 Ω)。

④ 衰减:20 dB、40 dB、60 dB(叠加), $f < 200$ kHz \pm 10 kHz。

(3) 频率范围

0.02 Hz~2 MHz 分七挡,并连续可调,数字 LED 直接读出。

(4) 直流偏置

0~ \pm 10 V 连续可调(开路)。

(5) 频率计

① 测量范围:1 Hz~10 MHz。

② 输入阻抗:不小于 1 M Ω /20 pF。

③ 灵敏度:50 mV。

④ 最大输入:150 V(AC+DC)(带衰减)。

(6) VCF 特性

① 输入电压:0~5 V \pm 0.5 V DC 反相。

② 最大三控比:1 000 : 1。

1.2.2 面板上按键、旋钮的名称及功能说明

SG1641A 型函数信号发生器的面板结构示意图如图 1.2.1 所示。各按键、旋钮功能说明如下:

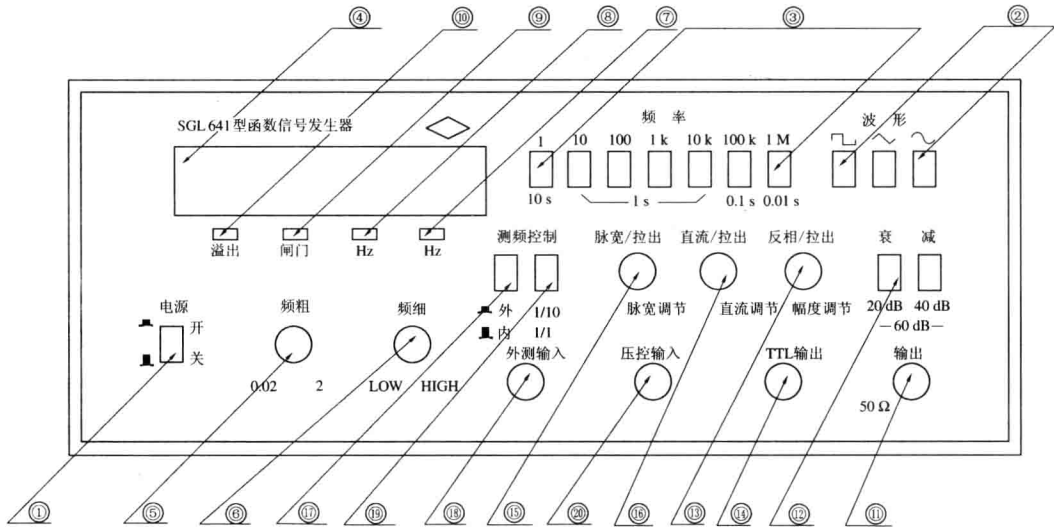


图 1.2.1 SG1641A 型函数信号发生器面板结构示意图

- ① 电源开关:按下开关则接通交流(AC)电源,同时频率计显示 LED 亮。
- ② 波形选择按键:根据三个按键上方波形图标志(方波、三角波、正弦波),按下其中任意一个,则输出与之相对应波形,如果三个按键均未按下则无信号输出,此时可精确地设定直流电平。
- ③ 频率范围按键:在 1 Hz~1 MHz 频率范围内设有七个按键,用于选择所需的频率范围,按下其中任意一个按键,频率计显示与其相对应的数值,即为信号发生器的输出频率。
- ④ 频率计显示 LED:由 6 位数码管 LED 组成,用来显示本机产生信号频率和外测信号的频率。
- ⑤ 频率粗调旋钮:旋转该旋钮在标度为 0.02~2 范围内确定一值,便可以从设定某档的频率范围内,选择所需频率,直接从 LED 读出。
- ⑥ 频率微调旋钮:旋转该旋钮可精确选择频率。
- ⑦ Hz 赫兹 ⑧ kHz 千赫兹:指示频率单位。当按下 1、10、100 频率范围内任一档按键时,则 Hz 灯亮。当按下 1 k、10 k、100 k、1 M 范围内任一档按键时,则 kHz 灯亮。
- ⑨ 闸门时基指示灯:当频率计正常工作时,闸门灯闪烁。
- ⑩ 频率溢出显示灯:当频率超过 6 位 LED 所显示范围时,溢出灯即亮。
- ⑪ 输出端:波形输出端。
- ⑫ 输出衰减按键:按下 20 dB 或 40 dB 键,输出分别衰减 20 dB 或 40 dB,当两键同时按下时输出衰减 60 dB。