

復旦大學

数字示波器的使用 实验报告

姓名: _____

学号: _____

座位号: _____

指导教师: _____

报告箱号: _____

实验日期: _____年____月____日星期____第____节

数字示波器的使用

预习提示：完整地学习使用某一仪器的最好方法一般是对照着用户手册，按照提示一步一步地操作，并观察记录实验现象和结果，思考自己所完成的仪器操作的作用。但初次接触像示波器这样的通用仪器，一方面，我们不可能在短时间内学会其所有的操作；另一方面，通用仪器的各种功能之间并不一定有直接的相互关联，我们可以选择其中的部分功能进行学习，其他功能可以留到以后用到时再参考用户手册来学习和实践。实验预习时，学生可以粗读用户手册中与实验内容相关的章节（第一章和第二章），知道有关功能/操作大致是哪些步骤、可以得到哪些结果。千万不要尝试去“背诵”用户手册的某个章节甚至整本用户手册。

预习作业：

1. 本实验所用数字示波器的电压测量范围 V_{pp} 是_____；若待测量信号的 V_{pp} 小于此值，则可将信号直接接到数字示波器的信号输入端（CH1/CH2）；若待测量信号的 V_{pp} 大于此值，则需用示波器 10:1 衰减探头，且在探头线_____开关打开的情况下才能将信号接入示波器。
2. 信号接入示波器之后，如果发现信号幅度纵向只占屏幕的很小部分或上下均超出屏幕显示范围，应调节响应通道的_____旋钮；若信号纵向偏离屏幕中心位置，则应调节响应通道的_____旋钮。若屏幕上显示的信号周期数太少或太多，则应调节_____旋钮。
3. 若屏幕上显示的信号一直在左右移动，很可能是因为_____源/模式选择或_____电平设置不当。
4. （本题可在实验过程中完成）纵向幅度档位显示在液晶屏的_____位置，时基档位显示在液晶屏的_____位置，触发源和触发模式选择显示在液晶屏的_____位置。
5. （本题可在实验过程中完成）屏幕上，信号电压的零点由显示屏_____位置的_____符号来指示。信号以直流耦合方式输入时的指示符号是_____；信号以交流耦合方式输入时的指示符号是_____。

实验目的：

请依照自己的理解画出数字示波器的工作原理框图：

实验内容：

提醒：实验开始前请按示波器面板上的【DEFAULT SETUP】键，使示波器恢复出厂设置。

1. 自动测量——【AUTO】

待测信号：示波器自带校正信号（方波、1kHz、3V）

将示波器探头上的衰减开关设定到 **1X** 并将探头与示波器的通道 1（CH1）连接（参阅“用户手册”（以下简称“手册”）图 1-6）。操作时，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，按下后向右旋转以拧紧探头。探头的接地鳄鱼夹与“探头元件”接地端“⊥”相连，探头信号端连接校正信号“⌏”（参阅“手册”图 1-1）。

按下【AUTO】按钮可得到如表 1 所列各量的自动测量结果，请记录结果。

表 1：自动测量【AUTO】所显示的各个量

参数名称	屏幕显示结果	意义
Vpp		峰峰值。峰位电压与谷位电压的差。
Mean		平均值。整个记录内的测得电压的算术平均值。
Prd		周期。
Freq		频率。
电压档位		垂直轴上每大格所代表的电压大小。
水平时基 M		水平轴上每大格所代表的时间长度。

- 1) 调节电压档位调节旋钮“VOLTS/DIV”(伏/格)，观测并记录电压档位及波形的变化情况。注意观测“手册”图 1-2 中位置 8 所示**电压档位**的变化。

现象描述：

- 2) 调节水平时基调节旋钮“SEC/DIV”(秒/格)，观测并记录水平时基及波形的变化情况。注意观测“手册”图 1-2 中位置 10 所示**水平时基**的变化。

现象描述：

- 3) 调节垂直控制区 CH1 的“POSITION”(上下)旋钮，观测并记录波形的变化情况：

现象描述：

思考：“手册”图 1-2 中位置 6 所指通道标志后面的水平小**箭头 1**→表示什么？

- 4) 调节水平控制区的“POSITION”(左右)旋钮，观测并记录波形的变化情况。注意观测“手册”图 1-2 中位置 11 所指**触发时刻**的变化。

现象描述：

- 5) 按下【Trig Menu】按钮，确认当前的触发设置是：边沿触发、CH1 为触发源、上升沿触发。然后调节“LEVEL”旋钮，观测并记录波形的变化情况。注意观测“手册”图 1-2 中位置 13 处所示触发电平的变化；以及位置 6 处附近 T→ 所示触发电平标志线的移动。
现象描述：

- 6) 以上旋钮均可按下，通过实际操作推断“按下旋钮”的具体作用：
描述：

2. 数据和图像的存储：

数据保存：

把 U 盘插入示波器前面板上的 USB 接口，等待示波器完成对 U 盘初始化，并提示“USB 存储设备连接成功”。

按【SAVE/RECALL】进入存储系统功能菜单；

按【类型】选择【CSV】；

按【数据长度】选择【内存】；

按【参数保存】选择【开启】；

按【储存】选择【新建文件】；

输入文件名后，按【确定】。

说明：CSV 格式的文件将数据以文本的方式保存，可用 EXCEL 或 Origin 等软件打开并进行后续处理。

图像保存：

类似于上述保存数据的操作，在【类型】选择时选【图像储存】；可将波形以图片格式保存在 U 盘中。快捷键——示波器前面板“PRINT”键。

说明：示波器将整个屏幕上显示的波形和有关设置转换为“.jpg”格式的图形文件保存到 U 盘或内存（由用户选择决定）。

建议：同学可尝试用自己的电脑读取保存下来的数据和图像文件，学习用电脑进行数据处理，如画图、函数拟合等。（选做）

3. 利用屏幕刻度进行测量：

继续使用示波器自带的校准信号，使得屏幕上有稳定的波形显示（如按下【AUTO】键），随后按下【Run/Stop】。调节“VOLTS/DIV”、“SEC/DIV”、水平和垂直两个方向的“Position”旋钮，直至屏幕上留下一到两个完整波形。示意图见图 1。

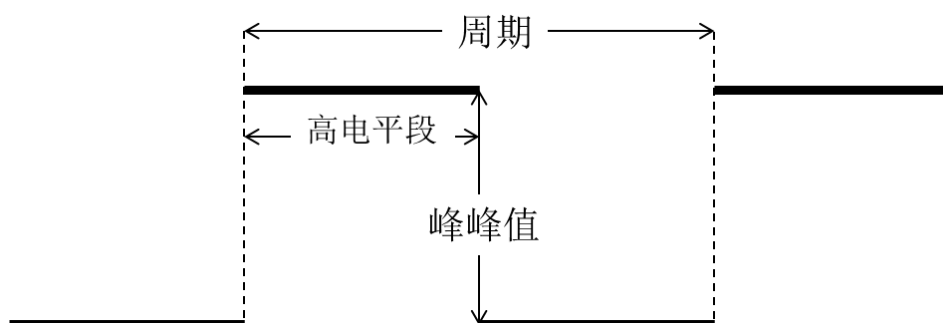


图 1：方波信号

公式：时间=格数×水平时基

电压=格数×电压档位

1) 读取一个高电平段所占时间：

一个高电平段所占格数：_____；

示波器读数要求：估读到最小分度格的下一位，采用五分之一估读，估读精度为 0.04Div。读取的格数应为 0.04 的整数倍。下同。

水平时基 SEC/DIV 的设置：_____；（请勿遗漏单位）

高电平段所占时间：_____。（请勿遗漏单位，下同。）

2) 读取方波的周期，并计算频率：

一个周期所占格数：_____；

水平时基 SEC/DIV 的设置：_____；

方波信号的周期：_____；

信号的频率：_____。

3) 读取信号的峰峰值：

方波信号从低电平到高电平的格数：_____；

电压档位 VOLTS/DIV 设置：_____；

信号电压的峰峰值 V_{pp} ：_____。

4. 光标测量——【CURSORS】

使用示波器光标手动测量方式测量**两列信号的相位差**。

用两条 BNC 同轴电缆将函数信号发生器的两“电压输出”端口分别与示波器的信号输入端“CH1”和“CH2”连接起来。信号发生器的两路输出信号分别设为：**50Hz、10V、相位“0°”**；**50Hz、10V、相位“60°”**的两正弦信号。

i. **李萨如图形测绘。**

按下【AUTO】使得信号在屏幕上稳定显示。

分别测出两信号的峰峰值和频率填入表 2。

按【DISPLAY】进入显示系统功能菜单。

按【下一页】进入 Page2/3。

按【格式】选择【XY】模式，屏幕上显示两信号合成后形成的李萨如图。

通道 1 的【Volts/Div】和垂直【POSITION】设置图形的水平刻度和位置。

通道 2 的【Volts/Div】和垂直【POSITION】设置图形的垂直刻度和位置。

表 2：李萨如图形观测的数据记录表（注意单位）

信源	峰峰值	频率	李萨如图形
CH1			
CH2			

同学可自行尝试改变两路输出信号参数（频率、峰峰值、相位），记录不同条件下的李萨如图形。

ii. 相位差测量。

实验原理：

两个频率相同周期为 T 的交流信号相位的差叫做相位差，或者叫做相差。示意图如图 2 所示。实验中通过测量两信号达到同一相位（比如图例的峰值点 A 和 B）的时间差 ΔT ，即可测得两信号的相位差 $\Delta\theta$ 。

$$\Delta\theta = \frac{\Delta T}{T} \times 360^\circ$$

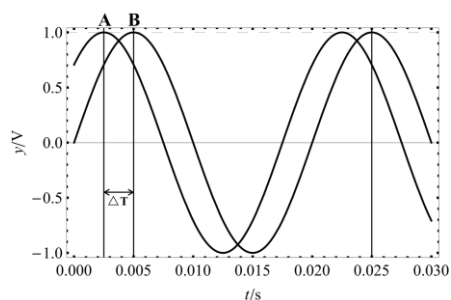


图 2：频率相同的两正弦信号

实验步骤：

按【DISPLAY】按钮，在【格式】菜单选择【YT】模式。

按【CURSORS】按钮，显示光标菜单。

按下【光标模式】选择【手动】；

按下【信源】选择待测通道；

按下【类型】选择【电压】或【时间】。

选择【CurA】，旋转【万能】旋钮调节光标 A 的位置。

选择【CurB】，旋转【万能】旋钮调节光标 B 的位置。

将光标 A 和光标 B 移动至合适位置，测量结果填入表 3，并计算两路信号的相位差。

请在图 2 中画出测量时光标所在位置。

表 3：相位差测量结果

待测量	名称	测量结果	物理意义
时间	CurA		光标 A 的值
	CurB		光标 B 的值
	ΔT		光标 A 和光标 B 间的时间增量

相位差计算：

5. 数字示波器的自动测量功能——【MEASURE】

选用外接信号：用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1（电压输出）和数字示波器 CH1。将函数信号发生器 CH1 端口输出设为：脉冲信号、频率 50Hz、 $V_{pp}10V$ 、占空比 60%。（请参阅信号发生器的操作指南）

电压参数测量：

按下示波器【AUTO】按钮，使信号在屏幕上稳定显示。

按下【MEASURE】进入自动测量功能菜单。

按下显示屏右侧任意按钮，进入全部测量菜单。

在【信源】菜单选择信号输入通道（本实验选择 CH1）。

在【电压测试】菜单选择【开启】，

此时如表 4 所列的电压参数值会同时显示在屏幕上，请在表中记录结果。

表 4: 电压测试显示结果

信号源:		
名称	测量结果	物理意义
Vpp		峰峰值
Vmax		最大值
Vmin		最小值
Vamp		幅值
Vtop		顶端值
Vbase		底端值
Vmean		周期平均值
Mean		平均值

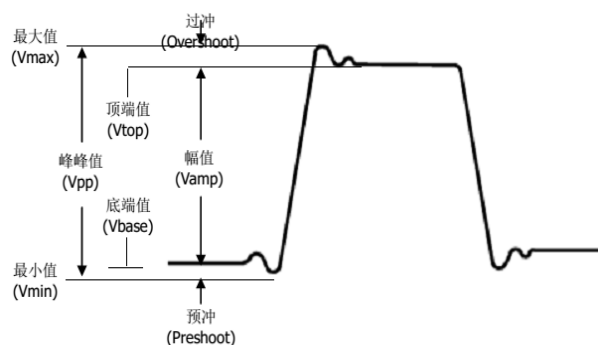


图 3: 电压测量时各物理量相应图示

6. 交直流混合信号测量

选用外接信号：用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1（电压输出）和数字示波器 CH1。设置函数信号发生器的输出信号为：**1kHz、5V、偏置为 2V 的正弦交流信号**。

按下【AUTO】波形稳定显示在屏幕上。

按【CH1】选择【耦合】为【直流】。

测量直流耦合状态下信号的“峰峰值”和“平均值”。

选择【耦合】为【交流】或【接地】。

此时需利用“MEASURE”功能测量相应电压参数，参见选做内容一。

注意观测“手册”图 1-2 中位置 7 所示耦合方式的变化。请将测量结果填入表 5。

表 5: 交直流混合信号测量结果记录表 $f = \text{_____ kHz}$

耦合模式	峰峰值 Vpp	平均值 Mean	波形示意图	观测波形，分析“直流”耦合与“交流”耦合的区别及原因。
DC（直流）				
AC（交流）				
接地				

7. 衰减信号的测量

选用外接信号：用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1（电压输出）和数字示波器 CH1。将函数信号发生器的输出信号设为：**1kHz、10V 的正弦交流信号**，依次将输出衰减分别设为 0db、20db、40db，用数字示波器测量信号的峰峰值（注意电压档位的变换），将测量结果填入表 6。

表 6: 不同衰减倍率下的信号幅值

衰减倍率	0db	20db	40db
幅值			

结合上面测量结果，尝试推导出 db 的数学表达式（选做）。

实验小结：（500 字左右）

你可以总结示波器预习或使用过程中的难点、疑点，以及你是如何解决这些问题的；也可以写下自己在本实验中的收获，或对该实验的意见和建议。

附录：选做内容

(一)数字示波器的自动测量功能——【MEASURE】

选用外接信号：用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1（电压输出）和数字示波器 CH1。将函数信号发生器 CH1 端口输出设为：脉冲信号、频率 50Hz、Vpp10V、占空比 60%。（请参阅信号发生器的操作指南）

时间测量：

类似上述操作，在【时间测试】菜单选择【开启】，此时所有的时间参数值会同时显示在屏幕上，请在表中记录结果。

表 7：时间测试显示结果

名称	测量结果	物理意义
信号源：		
Prd		周期
Freq		频率
+Wid		正脉宽
-Wid		负脉宽
Rise		上升时间
Fall		下降时间
BWid		脉宽
+Dut		正占空比
-Dut		负占空比

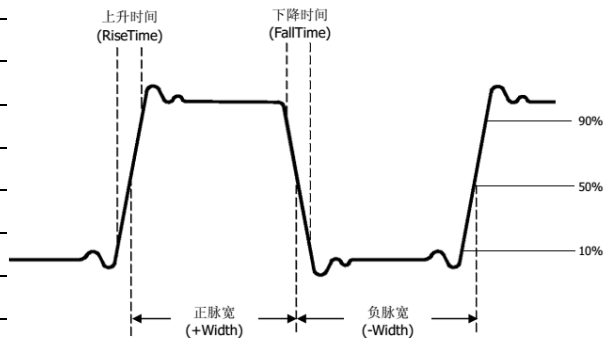


图 4：时间测量时各物理量相应图示

请参阅用户手册 P50 的内容解释“脉宽”、“占空比”、“上升时间”的物理意义。

(二)数字示波器的光标测量功能——【CURSORS】

选用外接信号：用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1（电压输出）和数字示波器 CH1。函数信号发生器输出设为 500Hz、5V 的三角波信号。

按下【AUTO】信号在屏幕上稳定显示；

按下【CURSORS】按钮，显示光标菜单；

按下【光标模式】选择【追踪】；

按【光标 A】选择追踪信号的输入通道（如 CH1）。

按【光标 B】选择追踪信号的输入通道（如 CH2）。

选择【CurA】，旋转【万能】旋钮调节光标 A 的位置。

选择【CurB】，旋转【万能】旋钮调节光标 B 的位置。

将光标 A 和光标 B 移动至合适位置，以测得该信号的频率和峰峰值。

请在空白处画出光标位置示意图。

表 8：三角波信号的测量结果

参数名称	测量结果	物理意义
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）

信号的频率计算:

信号的峰峰值计算:

(三)周围空间电磁信号测量

同轴电缆一端连接示波器信号输入端 CH1, 另一端放置在周围空间中。

按【AUTO】得到自动测量结果。

- 1) 请描述你看到的现象, 记录示波器参数设置(特别是触发相关的设置)、屏幕显示的测量结果。和同学讨论观察到的信号有什么特点? 可能的来源是什么?

- 2) 交流电源触发:

按【TRIG MENU】进入触发菜单。

按【信源】选择【AC Line】交流电源线。

描述你看到信号的特点。并解释信号的来源。

参考资料:

- [1] SDS1000CFL 系列数字存储示波器用户手册, 深圳市鼎阳科技有限公司。——实验中心网页
- [2] 20M 系列双路直接数字合成信号发生器操作指南, 江苏瑞特电子设备有限公司。——实验中心网页