

实验五 示波器的使用

示波器（oscilloscope, OSC）是精确显示电压对时间的波形和测量电压信号的通用电子仪器。一切可以转化为电压的电学量和非电学量（诸如压力、振动、声音、光、热等非电信号）及它们随时间作周期性变化的过程都可以用示波器进行直接观察和定量分析, 不仅能像电流表、电压表那样测量信号的大小, 而且可以测量信号的周期、频率、相位等多种参数。

示波器的种类较多, 一般可分为模拟示波器（ART）和数字示波器（DSO）两类。

数字示波器有别于模拟示波器的一个主要区别在于它能够存储波形信息, 这使得它在研究低重复率的现象或者研究完全不重复的现象即所谓单次信号的工作中具有特别宝贵的价值。比如: 冲击电流、破坏性试验的捕捉和测量, 对欠幅脉冲、单脉冲、毛刺、电源中断、电压击穿、开关特性等瞬态信号和非重复信号进行捕捉和分析。数字示波器又可分为数字存储示波器、数字荧光示波器、混合信号示波器和数字采样示波器。

示波器具有十分广泛的用途。如在电工、无线电技术中, 常利用示波器来观察李萨如图形, 并用以测定频率或相位差, 例如测量各种滤波器、移相器和放大器等双口网络的频率特性时, 对输入信号与输出信号之间的相位差进行测量; 在数字通信中, 通常用示波器观察接收信号波形的方法来分析码间串扰和噪声对系统性能的影响（眼图分析法）; 利用傅里叶变换（FFT），可以分析电源线中的谐波, 测量系统中的谐波含量和失真, 表征直流电源中的噪声特性, 测试过滤器和系统的脉冲响应, 分析振动等。因此, 示波器的熟练使用是大学生必须掌握的一个基本操作技能。通过本实验, 要掌握示波器的基本原理, 学会利用示波器测量信号参数、周期信号频谱分析; 通过对李萨如图形的观察, 加深对两个垂直振动合成规律的理解, 学会利用李萨如图形测量信号的频率和相位差; 通过观察拍现象, 加深对两个同方向、不同频率简谐振动的合成的理解。

一、实验目的

- 1) 了解示波器的结构和工作原理。
- 2) 熟练掌握示波器的基本操作。
- 3) 学会用示波器测量电压、频率和相位差的方法。
- 4) 学会周期信号的频谱分析。
- 5) 观察李萨如图形、拍现象, 加深对振动合成的理解。

二、实验仪器

KEYSIGHT EDUX1052A 型数字存储示波器。



三、实验原理

本实验学习 Keysight 型 数字示波器，它的面板如图：

前面板上的按钮分为菜单按钮和动作按钮。对于菜单按钮，每按一次，都会在显示屏的右侧显示相应的菜单，通过每个菜单框边上的选项按钮，可以更换菜单框中的内容或交替选中其中的内容。对于动作按钮，每按一次，示波器会根据该按钮的功能，在其内部进行一些列的设置。另外，还有几个旋钮可以对显示屏上的波形直接调节。



前面板可分为 6 个功能区，即：①信号连接区；②总体控制功能区；③垂直控制功能区；④水平控制功能区；⑤触发控制功能区；⑥显示区。

1. 信号连接区

信号连接区由 3 个外接信号输入连接器和一个探头补偿器组成，其中通道 1 “CH1” 和通道 2 “CH2” 是显示信号波形的输入连接座（见图）。“EXT TRIG” 是外部触发信号的输入连接端。“探头补偿 5V” 是示波器提供的一个内部信号源，常用于使探头与示波器电路相互匹配。

2. 总体功能控制区（见图）

“自动设置按钮”：自动设置示波器控制状态，以产生适于屏幕显示的信号图形。当“CH1” 和 “CH2” 两通道信号都显示时，自动设置优先稳定显示 “CH1” 信号。想显示或关闭 “CH1” 的信号，可以按垂直控制区中 “CH1 菜单” 按钮一次或连续两次；对 “CH2” 相同。

“运行/停止” 按钮：连续或停止采集波形。

“SAVE/RECALL” 按钮：显示设置和波形的保存/调出菜单。一般 “REF A” 和 “REF B” 都关闭。

“UTILITY” 按钮：显示辅助功能菜单。

“MEASURE” 按钮：按下测量按钮，即可进入 “自动测量” 工作模式。

“DISPIAY” 按钮：显示功能菜单。其中，“类型” 有 “点” 和 “矢量” 选项，“点” 是逐点显示信号，相邻点之间可能有空隙，而 “矢量” 是将可能的空隙用短线填补，使波形连续没有间断；“格式” 菜单框的可选择波形的显示方式有 “YT” 和 “XY” 方式，“YT” 方式用来观察随时间变化的电压信号，此时，垂直轴 Y 表示电压，水平轴 T 代表时间，“XY” 方式表示 CH1 信号作为水平轴 X 的信号，垂直轴 Y 上加的是 CH2 的信号所合成得到的图形，例如观察李萨如图形。

“硬拷贝” 按钮：适用于带有扩展模块的示波器。

“CURSOR” 按钮：显示光标菜单。使用光标可快速对波形进行时间和电压的精准测量。

“ACQUIRE” 按钮：显示采集菜单，有 “采样”、“峰值检测”、“平均值” 三种不同的数据采集方式。

3. 垂直控制功能区

对 “CH1” 和 “CH2” 两个通道上的信号波形的垂直分量进行控制。（如图）

旋转 “位置” 旋钮，信号波形及参考电平（相应通道的零电压）的箭头（屏幕左边）将整体上下移动。

旋转 “伏/格” 旋钮时，波形在垂直方向的标尺系数（垂直方向上一大格表示多少伏，伏特数显示在屏幕下方）将跟着变化。

“CH1 菜单” 按钮，除上所述的可以显示或关闭 CH1 信号的功能外，还可显示 CH1 菜单选择项，如 “耦合” 有三个选项：“交流”、“直流” 和 “接地”。若选交流，则信号中的直流部分被隔绝，只有交流部分可以被显示；若显示直流，则信号中的交流和直流都显示；若选接地，则输入信号不能显示，只能看到零电压直线；这是一般示波器的约定。“探头” 有几个选项，例如选 $\times 10$ ，则读书放大 10 倍。“MATH 菜单” 可以将两通道信号进行相加或相减合成后显示。

4. 水平控制功能区

如图所示，旋转“水平位置”旋钮，将同时调整两个通道波形的水平位置。旋转“秒/格”旋钮，可调整主时基或窗口时基的水平标尺系数“水平方向上一大格表示多少秒”。

“HORIZONTAL 菜单”选择主时基。

5. 触发控制功能区

“触发电平”旋钮：可以调节屏幕右边的箭头位置（电压门槛值，即触发电平或电压）。当输入的触发信号电压上升或下降达到这个电平值时，示波器就被触发，开始在接下来的一段时间内，对信号采集一组数据。

“TRIGGER 菜单”：该按钮可引出一个触发功能菜单，选择触发信号来源或类型，例如选择上升沿或下降沿。

“设为 50%”：该按钮可将触发电平设定在待测信号的幅值的 50%处，使波形稳定。

示波器可以重复显示周期信号波形，也可以显示一段时间内的任意波形。

对周期信号，一般要观测周期（频率）和峰—峰值电压等。采用“自动设置”按钮来得到稳定波形最为方便。

如果要用手动设置来得到稳定波形，一般选择“TRIGGER 菜单”中带观测的“信源”CH1 或 CH2 作为触发信号（也可以用其他信号作触发信号）；调节“触发电平”旋钮，一般使屏幕右边的电平箭头位置略高于零电压直线；若电平箭头位置高于波峰或低于波谷，并且“触发方式”为“自动”，则示波器一组一组地连续采集数据，并一组一组地显示数据（波形），每组的时间相等，但不等于信号周期的整数倍，这样，每组的显示不能都重合，显示波形混乱。

若电平箭头位置处于波峰和波谷之间，则显示器每采集完一组数据，都要等待信号电压再次上升或下降，达到触发电平值时，才能开始下一组数据的采集，这样，所采集的每一组数据的第一个点的位置都相同，每组的显示都重合，可以得到单线稳定的波形。

按“TRIGGER 菜单”按钮，选择“触发方式”为“单次触发”（只采集一组数据，以后不再采集数据）；此时输入信号，可以显示一段时间内的波形，并固定显示出来。这主要用于观测单次信号，或等待捕捉瞬间信号。**对于未知信号，TDS210 不能自动调整好各按钮旋钮的设置，得到适合屏幕显示的波形。**

6. 显示区

显示区除了显示待测信号的波形外，还包括有关波形和测量的各种参数指示。各参数的意义见图（6--8）

(1)表示示波器当前的采样获取方式。

(2)指示当前触发状态，不同符号和字母表示不同的触发状态。

(3)指针“箭头”所指位置表示触发开始的时间（水平位置旋钮可调整其位置）。

(4)该处的数值表示当前触发水平位置与屏幕中心线之间的时间偏差。

指针表示触发电平的大小。其大小可通过“触发电平”旋钮来改变。

使用屏幕标记（1、2 箭头）表明显示波形的接地参考点（零电压）。如没有标记，则该通道的波形将不会被显示。

(5)和(8)表示通道 1 和通道 2 上的波形在垂直方向上每一大格对应多少伏特(V/div)。

(9) Bw 图标表示通道时带宽限制的。

(10) 该处读书表示主时基的设定值，即在水平方向上每一大格对应多少秒。

(11) 该处读数表示扩展视窗的时间设定值。

(12) 该处表示当前的触发信号源来自通道 1 (CH1)。

(13) 该处用从左至右上升（下降）的图形来表示当前触发斜率为上升（下降）。

(14) 用读书表示“边沿”触发方式的电平值。

(15) 显示区显示某些有用信息。

四、实验内容与测量

1. 使用“自动设置”观察信号波形

将函数信号发生器的输出端 CHA 接示波器的输入通道 CH1, 按下“1”(通道 1 菜单)按钮, 依次选择“探头”、“电压”、“衰减”、1X。(探头有不同的衰减系数, 它影响信号的垂直刻度, “衰减”选项的默认设置为 10X), 然后按“Autoset”键, 改变信号发生器的输出波形, 分别在示波器上观察稳定的正弦、方波、三角波(锯齿波对称度 Symmetry 为 50%时)信号波形。

2. 刻度法测量正弦信号的参数

调节信号发生器, 使 A 路输出 50Hz 正弦信号, 采用刻度法测量信号的峰-峰电压、周期, 数据记入表 4.10-2 中, 计算频率、有效值。

3. 双踪示波法测量正弦信号的相位差

将函数信号发生器的输出端 CHB 接示波器的输入通道 CH2, 按下“2”(通道 2 菜单)按钮, 依次选择“探头”、“电压”、“衰减”、1X, 调节信号发生器, 使 B 路输出 50Hz 正弦信号, 分别调节 A 路信号的输出相位为 0° 、B 路信号的输出相位为 45° , 然后调节示波器的垂直位置旋钮, 得到如图 4.10-14 所示的波形图, 从示波器屏幕上读出 $L(T)$ 和 $L(\Delta t)$ 的值, 数据记入表 4.10-3 中, 计算相位差。

4. 光标法测量方波信号的幅度、脉冲宽度

调节信号发生器, 使 A 路输出 5kHz 方波信号, 调节示波器垂直、水平标度旋钮, 在屏上显示大小适当、3 ~ 4 个周期的稳定波形, 按下“Cursor”按钮查看“光标”菜单, 按下“类型”侧面菜单右边空白按钮, 将出现弹出菜单, 显示可用光标类型的可滚动列表, 旋转“通用”旋钮加亮显示“幅度”, 按下“通用”旋钮选择“幅度”, 按下“信源”侧面菜单按钮, 将出现弹出菜单, 显示可用信源的可滚动列表, 旋转“通用”旋钮加亮显示 CH1, 按下“通用”旋钮选择 CH1, 按下“光标 1”选项按钮, 旋转“通用”旋钮, 将光标置于方波的最高点, 按下“光标 2”选项按钮, 旋转“通用”旋钮, 将光标 2 置于方波的最低点, 在“Cursor”菜单中显示方波的幅度 ΔV 。

同上, 选择光标类型为“时间”, 光标 1 置于脉冲的上升边沿, 光标 2 置于脉冲的下降边沿, 可得到光标 1 处相对于触发的时间、光标 2 处相对于触发的时间、脉冲宽度 Δ , 数据记入表 4.10-4 中。

设置方波信号的占空比为 25%, 采用相同方法测量脉冲宽度 Δ , 数据记入表 4.10-4 中, 观察波形的变化, 加深对占空比概念的理解。

5. 李萨如图形观察与测量

(1) 频率测量将函数信号发生器的输出端 CHA、CHB 分别接示波器的输入通道 CH1(X 轴)、CH2(Y 轴), 调节信号发生器使 A 路输出 50Hz 正弦信号, B 路分别输出 25Hz、75Hz、100Hz、200Hz 正弦信号。按“Mility”按钮以查看“辅助功能菜单”, 按下与“显示”对应的右边空白按钮, 在“显示”子菜单中按下与“格式”对应的右侧空白按钮, 在左侧显示“格式”菜单, 旋转“通用”旋钮加亮显示所需操作“XY”模式, 按旋钮确认, 观察李萨如图形, 调节示波器通道 1、2 的垂直标度按钮、位置旋钮, 水平标度旋钮, 使李萨如图形在屏上大小、位置适当, 数据记入表 4.10-9 中。

(2) 相位差测量将函数信号发生器的输出端 CHA、CHB 分别接示波器的输入通道 CH1(X 轴)、CH2(Y 轴), 调节信号发生器使 A、B 路分别输出 50Hz 正弦信号, 分别调节 A 路信号的输出相位为 0° 、B 路信号的输出相位为 45° , 得到如图 4.

10-23 所示的李萨如图形，从示波器屏幕上读出 A 和 B 的值，数据记入表 4. 10-10 中，计算相位差。

数据表格

表 5.1-2 刻度法测正弦信号参数（50Hz）

Hpp/格	S1/V/格	L/格	S2/S/格

【数据表格】

实验者信息：专业班级： 学号： 姓名：

表 4.10-2 刻度法测正弦信号参数（50Hz）

$H_{pp}/格$	$S_1/(V/格)$	$L/格$	$S_2/(s/格)$

表 4.10-3 双踪示波法测相位差

频率/Hz	$L(\Delta t)/格$	$L(T)/格$

表 4.10-4 光标法测方波信号参数（5kHz）

占空比	$\Delta U/V$	Δ/s
50%		
25%		

表 4.10-5 方波频谱观察与测量（f=10kHz）

方波谱线	1	2	3	4	5
谱频率					
谱幅度					
方波频谱图形					

表 4.10-6 正弦波频谱观察与测量（f=10kHz）

正弦波谱线	1
谱频率	
谱幅度	
正弦波频谱图形	

表 4. 10-9 李萨如图形观察与频率测量 (CHA 信号频率 $f_A = 50\text{Hz}$)

CHB 信号频率 f_B/Hz	25	75	100	200
李萨如图形				
X 轴交点数 N_x				
Y 轴交点数 N_y				
CHB 信号计算频率 f'_B/Hz				

表 4. 10-10 李萨如图形测量相位差

频率/ Hz	A/格	B/格