

实验十二 连续信号和瞬态信号的测量

在信号测量中，常用的方法是将被测物理量通过传感器转换成电信号再测量，在这些信号中有很多是随时间变化的，对于这类信号，用示波器测量是比较合适的。

示波器是一种常用的电子仪器，用于观察和测量电信号，由于电子的惯性很小，因此示波器可以在很宽的频率范围内工作。

示波器的种类很多，随着数字技术的发展，数字存储示波器的使用越来越广泛，它能把观测信号存储起来，在信号消失后仍能使原信号重现，在观测单次信号（诸如爆炸、冲击、闪光等瞬态过程）、低频脉冲信号或与以前观察的波形进行比较时，选用具有存储功能的示波器是合适的，它可以代替一般的摄影技术来记录波形。

示波器的具体电路比较复杂，需要具备一定的电子学知识，不在本实验的讨论范围，本实验仅限于学习示波器的基本使用方法。

【实验目的】

1. 学习数字存储示波器的基本使用；
2. 利用数字存储示波器观察和测量连续电信号；
3. 利用数字存储示波器观察和测量闪光灯瞬态信号。

【实验仪器】

TDS210 数字存储示波器，DF1631 功率函数信号发生器，闪光发生器，数字万用表和光电传感器及配套元件等

【实验内容】

1. 观察和测量连续信号的参数

测量信号发生器输出的交流波形，波形有：正弦波、方波，脉冲波和 TTL 电平的波形。分别用示波器的交直流输入档测量。粗略描绘波形，记录其峰-峰值、周期或频率。

2. 相位差的测量

按图 1 连接 RC 移相电路，利用示波器的光标（**CURSOR**）旋钮测出输入信号电压和电容两端电压之间的相位差图 2 所示，寻找 3 个频率，分别使得相位差接近 0 度、等于 45 度和接近 90 度。画出矢量图（图 3 所示的任意相位差的矢量图）。

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta T}{T}$$

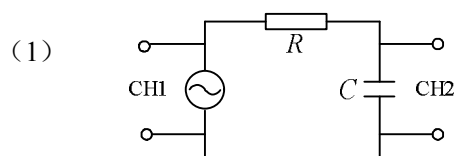


图 1 RC 移相电路

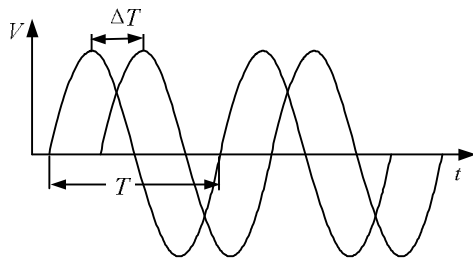


图2 经过移相电路的两列正弦波

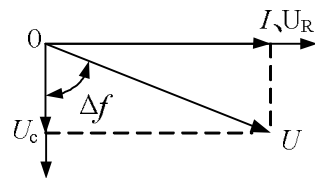


图3 U_c 、 U_R 矢量图

3. 瞬态信号的测量

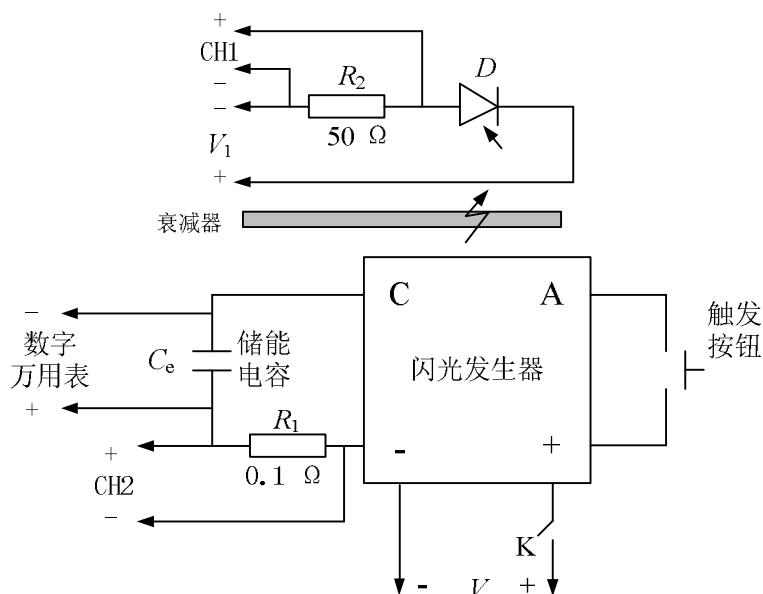


图4 瞬态信号测量接线图

参见图4，闪光灯属气体放电灯，内充有高压氙气，在两端加有高压的情况下，气体迅速电离，形成电弧，此时电阻急剧下降，在灯管中流过很大的电流，储能电容用来维持放电状态初始的电离，由外加的一个高压脉冲引起。由于在放电过程中，储能电容的能量迅速下降，电容两端的电压也迅速下降，当放电过程不能维持时，闪光就终止了。如果储能电容的容量较小时，这个过程非常短，在微秒量级，要观察其放电过程，较好的方法是用存储示波器。

对于极短的闪光过程，要选用合适的光电传感器，响应时间要短。这里我们给出了两种光电传感器，一种是较小面积的PIN型硅光电二极管，这种二极管在PN结中间夹了一层本征材料层，在反向偏置使用时有更小的电容更快的响应和更好的线性。它的有光照变化下的伏-安特性曲线见图5。

同时我们给出另一种CdS光敏电阻。CdS光敏电阻的响应时间比较长，不适应作快速测量，在这里我们给出是为了作一个比较，在快速测量中取样电阻也要小，以减少高频损

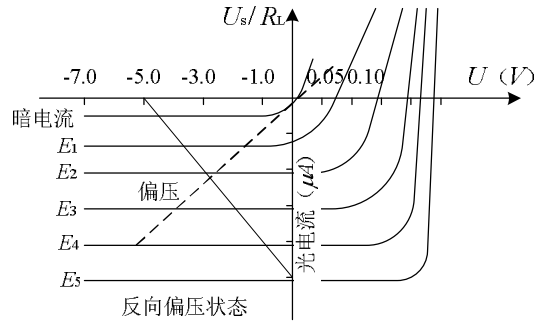


图5 有光照条件下结型硅光电二极管的伏-安特性曲线

失。

图4中 C_e 为储能电容， R_1 为放电时的电流取样电阻， R_2 为光电传感器 D 的光电流取样电阻， C_e 与闪光灯并联用这个电路，我们可以同时测量出闪光信号和储能电容 C_e 的放电电流

如果 C_e 两端的电压在放电前后分别为 $V_{充}$ 、 $V_{放}$ ，那么 C_e 输出的总能量为

$$E_c = \frac{1}{2} C_e (V_{充}^2 - V_{放}^2) \quad (2)$$

我们还可以估算闪光灯输入的电功率 P_F ，可以将光电流波形的半宽度为时间间隔，闪光灯输出的光功率取决于闪光灯的转换效率。

通过取样电阻 R_1 ，我们能测量出 C_e 放电的峰值电流 I_p ，从而取样电阻 R_1 的峰值功率 P_{R1} 为

$$P_{R1} = I_p^2 R_1 \quad (3)$$

以信号峰值的 10% ~ 90% 变化量作为基准，可计算出电流的上升速率 di/dt 。

按图4在插件板上连线，检查无误后接通电源，当闪光发生器上的指示灯亮后，按下触发按钮，此时应有闪光发出。然后调整示波器的触发模式，使其处于单次触发状态，适当调节触发电平和通道灵敏度，就能在荧屏上看到两个取样波形，如图6所示；

更换光电传感器，比较两者的差别；

用两个储能电容，以串联、单个和并联的方式改变 C_e 的容量，测量它们的波形，并计算 E_c 、 P_{R1} 和 di/dt ；

为了能正确测量 C_e 放电的剩余电压，在接触发按钮前，应把电源开关 K 断开。在更换储能电容时不要碰电容的电极，要确保电容已经放电。

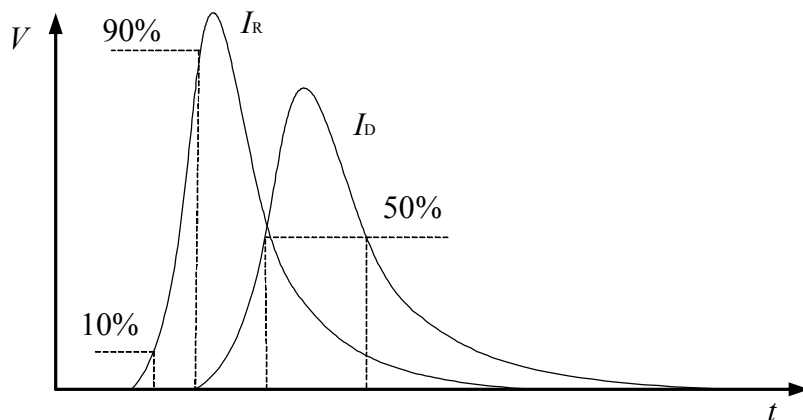


图6 两个取样电阻上信号波形

为了保证硅光电二极管 D 始终保持反向偏置，要适当调整 D 与闪光灯的位置，使 D 上的最低电压在 3V 左右。

【注意事项】

1. 示波器上所有开关及按钮在调节时要用力度适中。
2. 在拔插连接线和元件时，要垂直用力，速度不要过快，以免造成损坏。
3. 更换电容时，必须对电容进行放电，以免遭到电击。

【思考题】

1. 分析实验内容 2 中引起相位差的原因。
2. 在上述瞬态信号测量中，取样电阻 R_1 消耗的能量占储能电容输出总能量的多少？如果 R_1 的阻值增大，放电曲线会有什么变化？
3. 如果在 R_1 上串一个 $1\ \mu\text{H}$ 的电感 L ，请问曲线会有什么变化？如果 di/dt 不变的话，会在 L 上感应出多大的电压？
4. 瞬态信号测量中，我们注意到观测的两个波形起点不一致，光电流波形要滞后于放电电流波形，试提出自己对这一现象的解释。

【附录】

示波器的介绍

面板分为几个功能区，有这个概念后，使用和寻找都很方便。下面概要介绍本实验所需使用的控制钮以及屏幕上显示的信息。（附图 1）

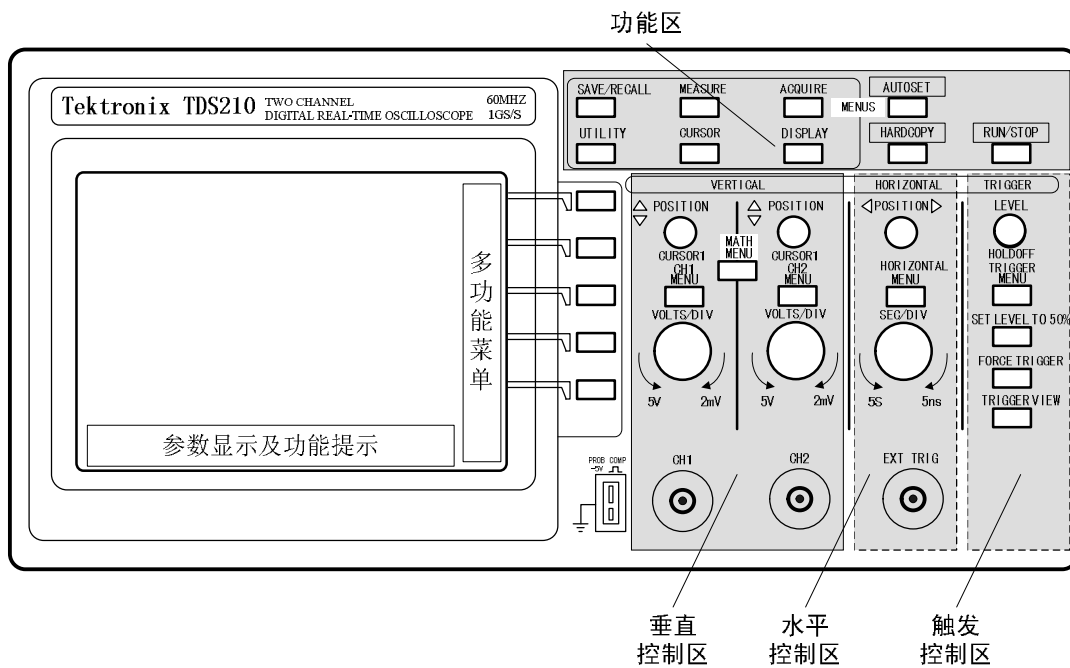
1. 显示区

显示图象中除了波形外，还包含许多有关波形和仪器控制设定值的细节。

2. VERTICAL: 垂直控制区

(1) CH 1

波形输入、放大倍数调整、垂直位置调整、屏幕菜单



附图 1 示波器面板图

(2) CH 2

同上

3. HORIZONTAL: 水平控制区

波形输入、扫描速度、水平位置调整、屏幕菜单

4. TRIGGER: 触发控制区

触发电平调整、触发菜单、触发模式常用键

5. 功能区

(1) SAVE/RECALL: 储存/调出菜单

可储存或调出波形

(2) MEASURE: 测量菜单

使多功能键进入测量模式

(3) ACQUIRE: 采样方式菜单

显示点采样方式选择

(4) CURSOR: 光标菜单

屏幕读出功能，垂直区的两个位置旋钮分别控制两个光标。

(5) DISPLAY: 显示模式菜单

(6) OUTOSET: 自动最佳参数设置

由仪器根据输入波形自动设置扫描参数，适用于多数测量情况。

(7) RUN/STOP: 启动/停止键

扫描启动、停止键。