



示波器的应用实验实验报告

实验名称: 示波器的应用

系 别: 计算机科学与技术

实验者姓名: 陈 瑾

学 号: 37220222203552

实验日期: 2023年10月25日

实验报告完成日期: 2023 年 10 月 30 日

指导老师意见: _____

一、 实验目的

- 1、了解示波器的基本工作原理和主要技术指标。
- 2、掌握示波器的使用方法。
- 3、应用示波器测量各种信号的波形参数。

二、实验原理

（一）、数字示波器显示波形原理

示波器是将输入的周期性电信号以图象形式展现在显示器上，以便对电信号进行观察和测量的仪器；可以将被测电信号随时间的变化规律展现成波形图。

示波器显示器是一种电压控制器件，根据电压有无以及电压大小分别控制屏幕亮灭及光点在屏幕上的位置。

示波器根据输入被测信号的电压大小，经处理控制显示器光点在屏幕上进行垂直方向的位置，如果示波器仅由被测连续电信号控制，那么仅能显示出一条垂直光线，而无法显示该信号的形状；为了显示被测信号随时间变化的规律，控制显示器在屏幕上进行水平方向的扫描，示波器显示屏必须加有幅度随时间线性增长的周期性锯齿波电压，才能让显示屏的光点反复自左端移向右端，屏幕上就出现一条水平光线，称为扫描线或时间基线，线性的锯齿波作为水平轴的时间坐标，故称它为时基信号（或扫描信号）；这样，当显示屏同时加上被测信号和时基信号时，显示屏将显示出被测信号的波形。

为了在显示屏上观察到稳定的波形，须使锯齿波的周期 T_x 和被测信号的周期 T_y 相等或成整数倍关系，即： $T_x = nT_y$ （ n 为正整数）。否则，所显示波形将出现向左或向右移动现象，即显示的波形不能同步。

（二）、数字存储示波器内部结构



- 信号调理部分：由衰减器和放大器组成；
- 采集和存储部分：由模数转换器ADC、内存控制器和存储器组成；
- 触发部分：触发电路构成；
- 软件处理部分：处理器组成；

1. 信号调理部分：

由测试笔、通道开关、耦合电路、衰减器、前置放大器组成；其主要是对被测输入信号进行预处理，对被测信号接地、直通、隔直（示波器耦合选择），对大幅度信号进行衰减、小幅度信号进行放大（示波器垂直灵敏度旋钮），达到较理想的信号幅度让ADC进行模数转换；使信号波形在显示器达到2 / 3以上幅度；

2. 采集、存储部分：

由数 / 模转换、内存控制器、存储器组成；主要将预处理后的被测信号各点经采集转换为对应数字信号，通过内存控制器将各点数字信号存储在存储器，当存储器存满了，再把样点信号传递到微处理器进行处理；

3. 触发部分：

由触发选择、触发放大器、触发脉冲形成器、扫描发生器组成；主要通过触发选择器选择输入信号或同系统电路中边沿最小的信号（外触发）作为触发信号，并将该信号经触发放大器放大达到合适的幅度，经触发脉冲形成器形成适当的脉冲信号，控制扫描发生器形成锯齿信号，通过内存控制器将各点数字信号存储在存储器，当存储器存满了，再把样点信号传递到微处理器进行处理；

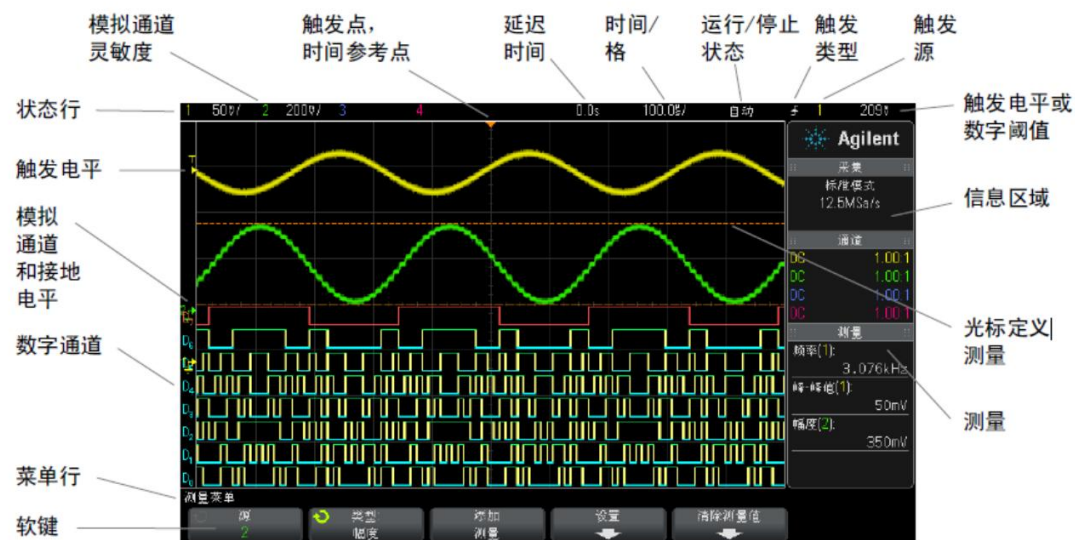
4. 软件部分：

主要由微处理器和相应软件组成；采集的数据传递到微处理器后，先要进行 $\sin(x)/x$ 正弦内插，或线性内插进行波形的重建，重建后的波形可以进行各种各样的参数测量、信号运算和分析等。最终的结果或原始的样点都可以直接显示到屏幕上。

（三）、数字存储示波器的主要技术指标

1. 模拟带宽：有前置放大器的带宽决定；
2. 采样速率：由模数转换电路决定；
3. 存储深度：由存储器决定；
4. 触发能力：由触发电路类型决定。

(四)、示波器的面板介绍



(五) 示波器的基本使用方法及操作介绍

1. 用示波器观测待测信号步骤如下：

- (1)、打开电源，预热（模拟）或者静待其启动完毕(数字)；
- (2)、选择模拟输入通道，将该通道探头的信号拾取端（通常为钩子）和待测信号相连，探头的公共端和待测信号地端相连；
- (3)、正确选择探头的衰减比率（如果有需要选择的话），对于固定衰减 33 率的探头，无法在探头上改动，只需设置示波器各个通道的内置衰减率，与示波器探头的实际衰减率想匹配；
- (4)、在示波器面板上选择对应的通道和该通道的耦合方式；
- (5)、根据选择的通道设置触发源；
- (6)、配合调整水平、垂直灵敏度和水平、垂直位移旋钮，使得示波器屏幕上显示待测波形（通常此时待测波形无法稳定显示）；

(7)、调整触发电平在波形显示区域内，使待测波形稳定。

2. 光标测量法

- 按下Cursors键，调出光标菜单。首先选择源（要测量的信号），然后选择光标标尺（共 四条，选中的标尺颜色略浅）；
- 自动跟踪或手动模式下使用Cursors旋钮调节 选中标尺的位置；
- 屏幕右下有标尺数值显示和差值显示。

3. 自动测量

- 按下Meas键，调出测量菜单；
- 使用屏幕菜单或复用旋钮，选择需 要测量的项目；
- 屏幕右侧可显示最多四项测量值；
- 全部快照可显示所有测量项目。

三、 实验仪器

1、双踪示波器	1 台
2、函数信号发生器	1 台
3、“四位半”数字多用表	1 台

四、实验内容

1、校验示波器的灵敏度：

对于首次接触的示波器，必须对其灵敏度进行参数校验。具体方法为在示波器正常显示状态下，将探头接示波器本身提供的校准方波信号源（demo2端子，如果是口袋实验仪器，则需手动从信号发生器输出 $f=1\text{KHz}$ ， $V_{p-p}=2.5\text{V}$ 的方波）。

采用自动或者手动方法观察校准信号，若测量得到的波形幅度、频率与校准信号（ $f=1\text{KHz}$ ， $V_{p-p}=2.5\text{V}$ ）相同，说明示波器准确，若否，应记下其误差。在本实验室的使用中，除非误差较大导致影响使用，否则通常不考虑较小的误差。校验的主要目的，是为了确认示波器各个部件完好，是否能正确显示波形。

• 实验结果：实验测得测量得到的波形幅度、频率与校准信号基本相同（误差极小，不影响使用，可忽略不计），说明示波器准确，各个部件完好，可正确显示波形。

2、调整、测量含有直流电平的信号

若要求信号发生器输出方波信号（ $f = 1\text{KHz}$ 、保持占空比50%的设置不变， $V_{p-p} = 4\text{V}$ 、 $V_H=3\text{V}$ 、 $V_L= -1\text{V}$ ）则，调整、测量方法为：

（1）令信号发生器输出方波，调整信号频率为1KHz，

（2）调整信号幅度为4V，偏移量为1V；或者直接通过设置高低电平的方法设置 $V_H=3\text{V}$ ， $V_L=-1\text{V}$ 。

（3）连接示波器和信号发生器，令两仪器“COM”端相接，并将示波器探头接信号发生器信号输出端。示波器置直流耦合（DC），手动或者自动观测信号发生器的输出信号。

3、正弦电压的测量

信号发生器输出正弦信号（ $f=1\text{KHz}$ ），用数字电压表和示波器测量，然后计算相应的电压有效值，并与数字表测量值相比较。

表 1：

输出值	$V_{p-p}=4\text{V}$ 、 $V_L=-1\text{V}$	$V_{p-p}=1\text{V}$ 、 $V_L= 0.25\text{V}$
数字表测量值（DC）	1.0028V	1.2526V
数字表测量值（AC）	1.4195V	0.3771V
数字表测量均方根值	1.7349V	1.3093V
示波器测量直流电平	954.0mV	247.49mV
示波器测量 V_{p-p} 值	4.1V	1.03V
计算电压有效值	1.7380V	1.3081V

计算电压有效值：

$$V_{p-p} = 4\text{V}, V_L = -1\text{V}.$$

$$U = \sqrt{1.0028^2 + 1.4195^2} = 1.7380\text{V}$$

$$V_{p-p} = 1V, V_L = 0.25V$$

$$U = \sqrt{1.2526^2 + 0.3771^2} = 1.3081 V$$

计算得到的电压有效值，与相应数字表测量值相比较相差不大，基本符合。

4、正弦信号周期和频率的测量

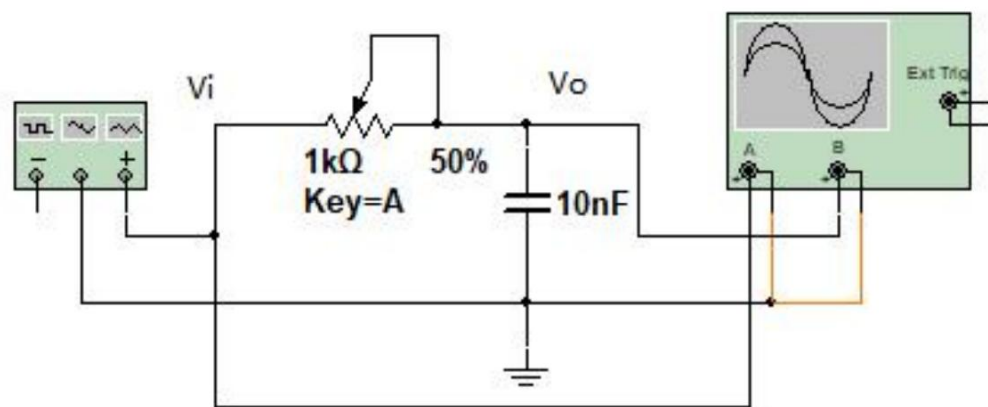
改变上一步骤所用信号的频率并保持其他参数不变，测量其周期，并换算成频率，并与信号发生器的频率显示值相比较。

表 2:

频率显示值	100Hz	1kHz	10kHz	50kHz
测量周期	10.002ms	1.004ms	100.02 μs	20.004 μs
计算频率	99.98Hz	996.016Hz	9.998kHz	49.99kHz

由频率与周期关系式 $f=1/T$, 计算得到相应周期下的频率如上表所示，与信号发生器的频率显示值有较小误差，基本符合。

5、示波器的双踪显示:



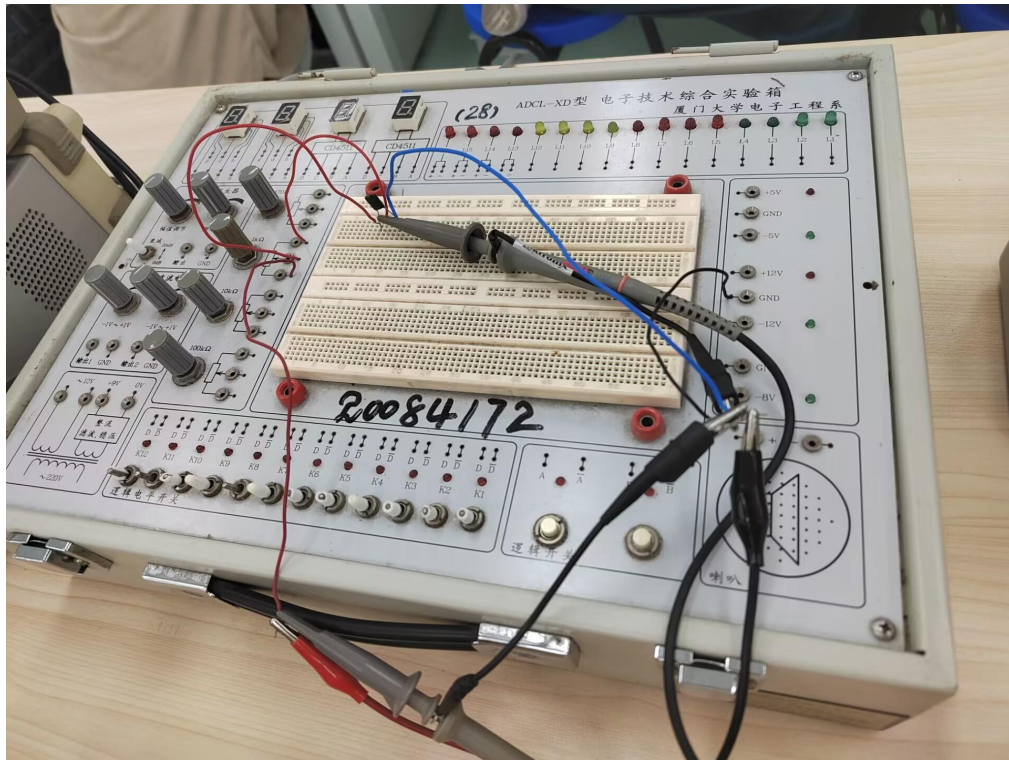
(1) 按上图搭接电路;

(2) 信号为 $V_{ip-p}=4V$ 、 $f_i=50KHz$, 示波器采用双通道工作, 分别调节 CH1 和 CH2 的 Y 灵敏度和上下位移, 使显示波形高度和位置适中, 调节 X 灵敏度, 使波形显示 1~2 个周期, 用光标法测出 t_ϕ , 则 V_o 滞后于 V_i 的相位差 $\Phi=360^\circ * t_\phi / T$ 。

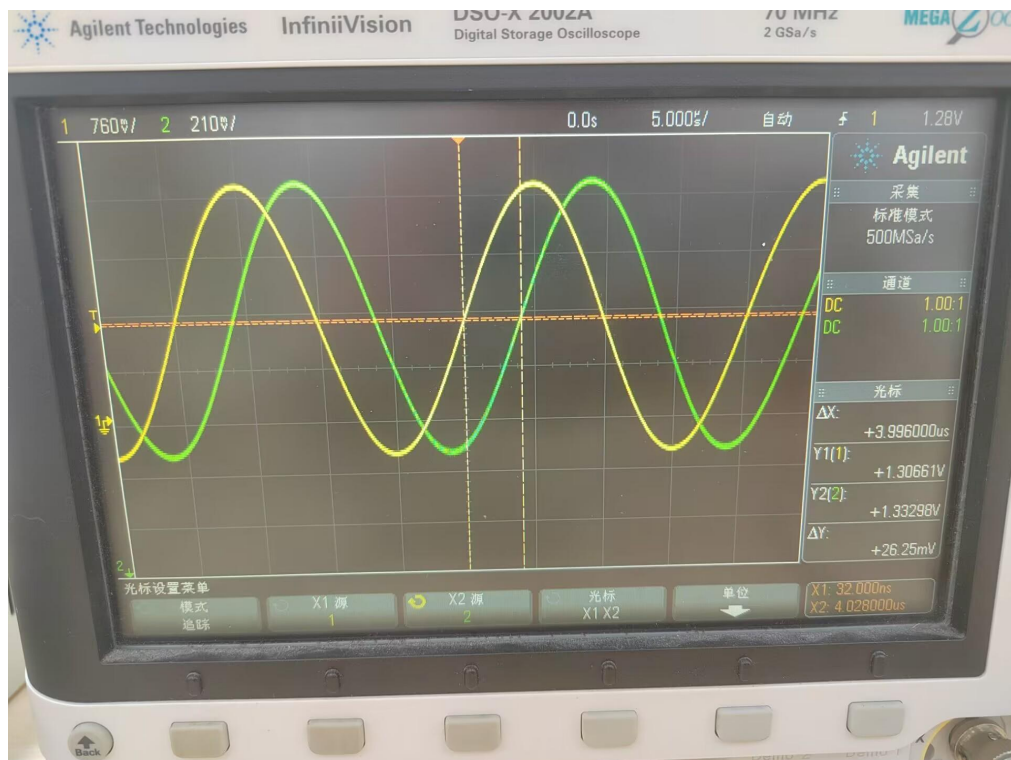
调整电位器，测出 t_{ϕ} 最大值，并计算出 Φ 值；

(3) 使用自动测量方法，直接测量延迟量，该延迟量即为 t_{ϕ} ，则 V_0 滞后于 V_i 的相位差 Φ 也可以算出；

(1) 实验搭接电路图如下：



(2) 调节后示波器图形显示：

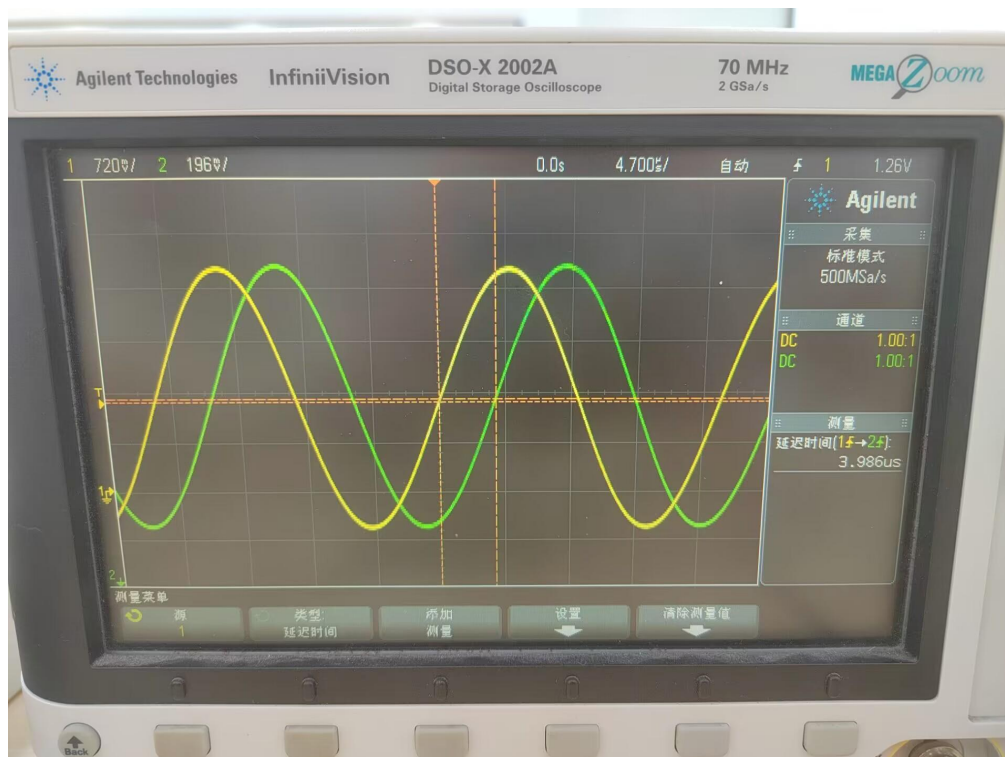


调整电位器，测出 t_{ϕ} 最大值 $t_{\phi \max} = 3.996000 \mu s$

而 $T = 1/f = 20 \mu s$

则得 $\Phi = 360^\circ * t_{\phi} / T = 360^\circ * 3.996000 \mu s / 20 \mu s = 71.928^\circ$

(3) 使用自动测量法



$t_{\phi} = 3.986000 \mu s$

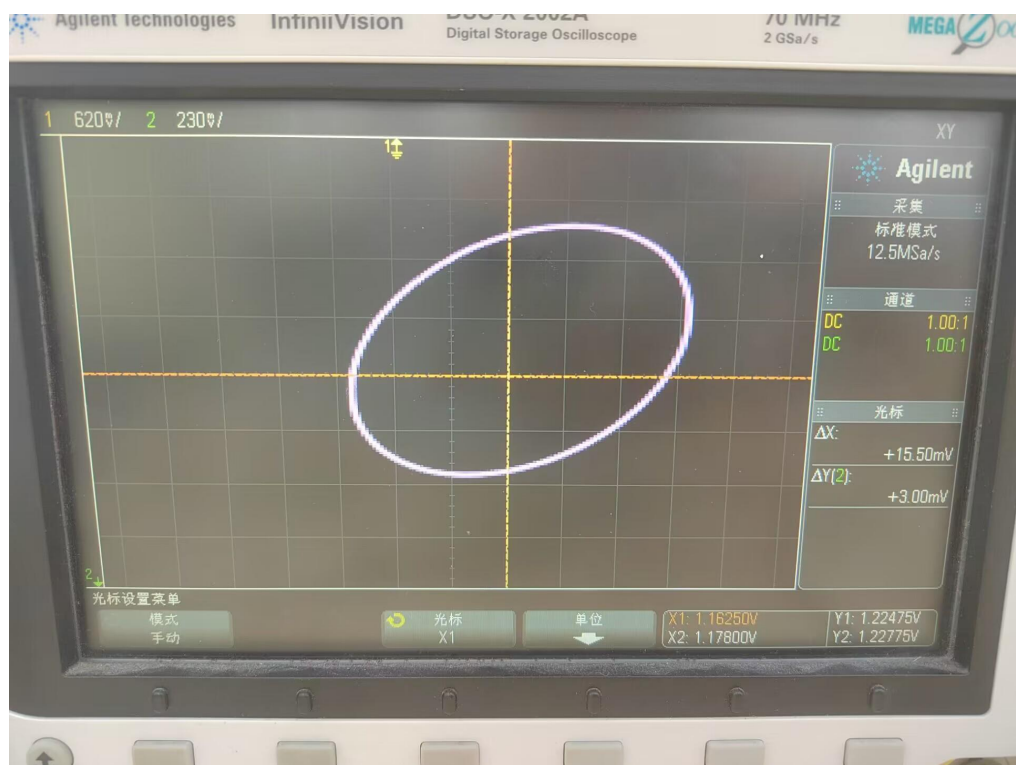
得 $\Phi = 360^\circ * t_{\phi} / T = 360^\circ * 3.986000 \mu s / 20 \mu s = 71.748^\circ$

两种测量方法所得数据基本一致。

6、示波器的“外扫描”（X-Y）工作模式：

（口袋实验仪器：点击“水平”按钮，在示波器左下角界面“时基模式选择“XY”；台式示波器：按下“Horiz”按键，选择 X-Y 模式）

在外扫描模式下，CH1 的输入信号加给示波器的 X 偏转板，以代替示波器内部的锯齿波作 X 轴扫描信号，此时水平（X）轴变为 CH1 的电压轴，X 轴上各点的电压值，用 CH1 的 Y 灵敏度来测量，垂直（Y）轴仍为 CH2 的电压轴，Y 轴上各点电压值，仍用 CH2 的 Y 灵敏度来测量。用（X-Y）功能，可以观察到如图所示关于 V_i 、 V_o 的合成波形。



五、思考题

1、示波器上显示的周期数取决于什么？应如何调节？示波器上显示波形幅度的大小取决于什么？应如何调节？当示波器显示不稳定时，应如何调节？

示波器上显示的周期数取决于示波器的水平时间分度；若周期数太小，可调大水平时间分度，若周期数太大，可调小水平时间分度，应使显示屏上显示1~2个周期。

示波器上显示波形幅度的大小取决于垂直幅度，应从较小刻度开始，逐步增加到波形的垂直尺寸达到适合我们观察的范围。

保证探头接触良好，按AUTO键。

2. 已知示波器的带宽是 70MHZ, 示波器的系统上升时间是多少？若用该示波器测量上升沿为 5ns 的脉冲信号，其测量误差是多少？

示波器系统上升时间 $t = 0.35/70\text{MHZ} = 5\text{ns}$

用该示波器测量上升沿为 5ns 的脉冲信号，其测量误差为5ns。

3 . 若要观察频率为 20MHZ 的信号，应选择频带宽度为多少的示波器？

若希望测量误差小于2%，应选择频带宽度为100MHZ的示波器；若希望测量误差小于0.5%，则应选择频带宽度为200MHZ的示波器。

需根据精度要求进行选择。

六、实验小结

通过本次实验，了解了示波器的基本工作原理以及主要技术指标，并且掌握了示波器的一些基本使用方法，可将其使用步骤简单归纳为：

- （1）连接、打开电源。
- （2）连接信号源。
- （3）调整控制面板。
- （4）观察测量结果。

此外，在实验中，还应用示波器显示、观察了一些信号的波形，并测量了一些相关的波形参数。

在初次操作时，一直得不到稳定的波形，后来询问别组同学，才发现是忘记按下AUTO键，在按下AUTO键后也是顺利得出需要观察的波形。此外，在做示波器的双踪显示实验过程中，在电路搭接部分也遇到了一些小问题，因为一根导线的错误连接，导致得不出理想波形，好在和搭档一起检查出了问题，及时纠正，完成实验。在今后的实验过程中，应更加细心，避免类似错误的发生。