

常用电子仪器的使用

院 系: 自动化系

班 级: 自 02 班

学生姓名: 彭程

学 号: 2020011075

目录

1 实验目的	2
2 预习任务	2
3 实验任务	4
3.1 用示波器通道 1 测量 Demo2 波形	4
3.2 用示波器通道 1 测量信号发生器产生的矩形脉冲波	4
3.3 测量 3.2 中矩形脉冲波的上升/下降时间	4
3.4 用示波器通道 2 观察并测量产生波形的直流偏移	5
3.5 示波器的 YT 和 XY 模式	6
3.6 研究示波器探头 $\times 1$ 和 $\times 10$ 档对于测量结果的影响	7
3.7 测量正弦交流电压的相位差	7
4 实验总结	9
5 思考题	11
6 原始数据	12

1 实验目的

1. 了解示波器、函数信号发生器、数字万用表等常用电子仪器的基本功能和主要技术指标。
2. 熟悉 DSO-X 2012A 示波器使用方法。
3. 掌握 TFG6920A 型函数信号发生器的使用方法。

2 预习任务

1. 阅读《数字示波器用户指南》和《函数发生器用户指南》，完成以下内容：
 - (1) 了解示波器、信号发生器的基本功能与用途。
 - (2) 阅读《数字示波器用户指南》P27 和 P35，熟悉示波器的前面板和屏幕显示信息定义。
 - (3) 阅读《数字示波器用户指南》P43 P44，了解示波器 XY 模式测量相位差的方法。
2. 阅读网络学堂中《几种函数波形的主要电参数及其测量方法》，完成以下内容：
 - (1) 了解函数波形的幅度、周期、相位差等主要电参数的测试点及其测量方法。
 - (2) 画出矩形脉冲波、锯齿波和正弦波，并根据实验任务要求在波形上标注待测电参数的测试点。

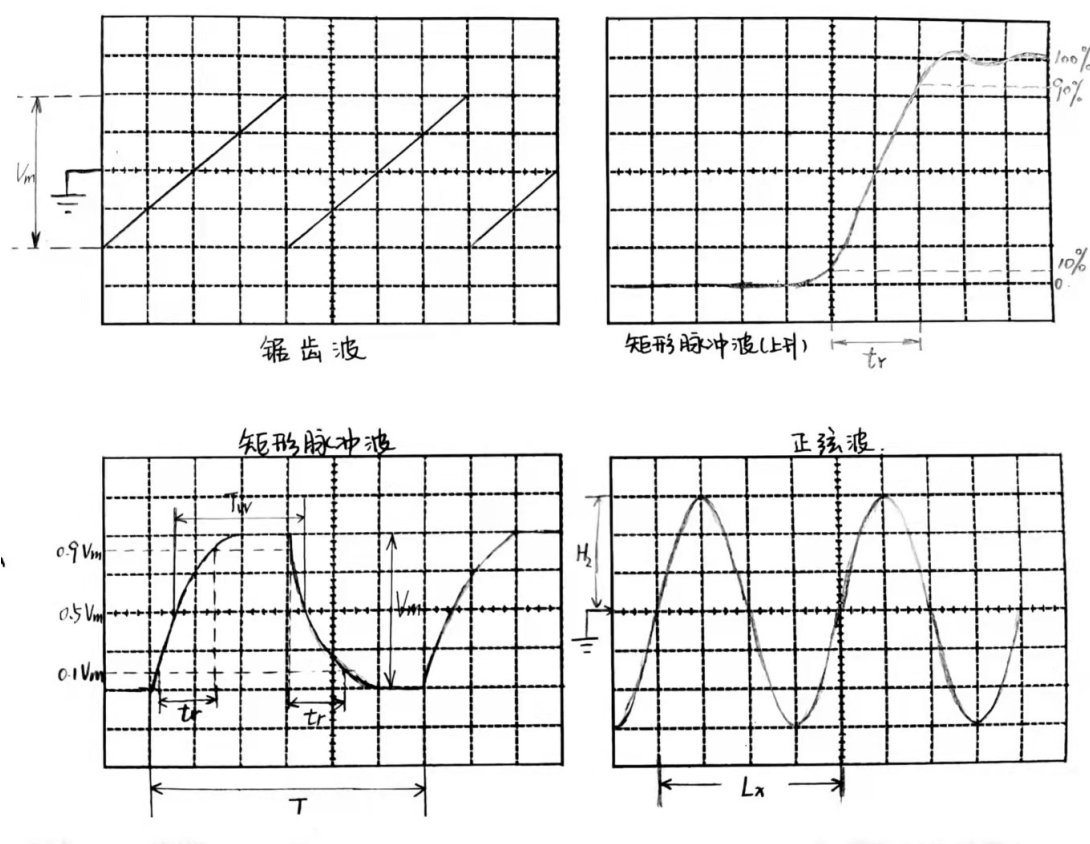


图 1: 绘图

3. 写出选做任务 1 输入信号 v_{I1} 和 v_{I2} 的类型、幅度和频率，并设计数据记录表格。

	类型	幅度/V	频率/Hz
v_{I1}	正弦交流波	1	1×10^5
v_{I2}	正弦交流波	1	5×10^5

实验记录表格设计如下：

输入信号	探头	输出信号测量结果		
		V_O	周期 T	频率 f
v_{I1}	$\times 1$ 档			
	$\times 10$ 档			
v_{I2}	$\times 1$ 档			
	$\times 10$ 档			

4. 写出选做任务 2 输入信号 v_I 的类型、幅度和频率，计算图 7 电路中 v_I 与 v_O 的相位差及 v_O 的幅度。

	类型	幅度/V	频率/Hz
v_I	正弦交流波	2	1×10^4

下计算图 7 中 v_I 和 v_O 的相位差以及 v_O 的幅度：

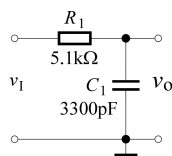


图 2: 选做任务 2 电路

$$\begin{aligned}
 \dot{U} &= \sqrt{2} \angle 0^\circ \\
 \dot{I} &= \frac{\dot{U}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{\sqrt{2} \angle 0^\circ}{5100 + \frac{1}{i \times 10^4 \times 3300 \times 10^{-12}}} \\
 &= 2.01 \times 10^{-4} \angle 43.4^\circ \\
 \dot{U}_O &= \dot{I} \cdot X_{C1} \\
 &= 2.01 \times 10^{-4} \angle 43.4^\circ \times \frac{1}{i \times 10^4 \times 3300 \times 10^{-12}} \\
 &= 0.97 \angle -46.6^\circ \\
 \Delta\varphi &= \varphi_1 - \varphi_0 = 46.6^\circ \\
 U_{0max} &= \sqrt{2} U_m = \sqrt{2} \times 0.97 = 1.37V
 \end{aligned}$$

即 v_I 和 v_O 的相位差为 46.6° , v_O 的幅度为 $1.37V$ 。

3 实验任务

3.1 用示波器通道 1 测量 Demo2 波形

数据记录：

示波器的触发源	CH1
示波器的水平定标	$500.1\mu\text{s}/\text{DIV}$
Demo2 的周期 T	0.9989 ms
Demo2 的脉宽 t_w	0.5001 ms
示波器的垂直定标	0.500 V/DIV
Demo2 的幅度 V_m	2.51 V

波形绘制：

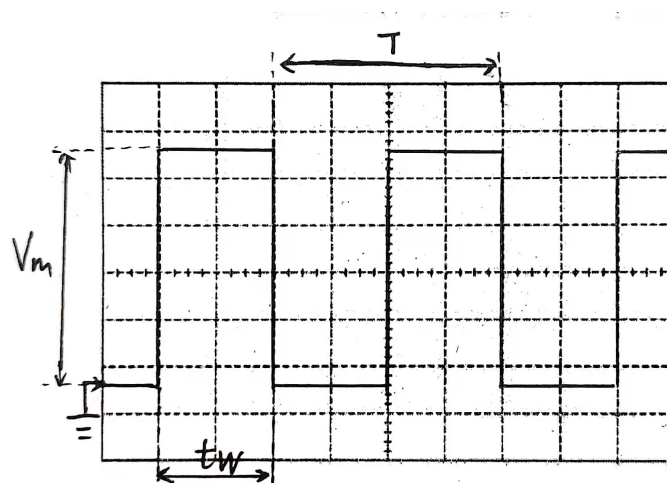


图 3: Demo2 波形

3.2 用示波器通道 1 测量信号发生器产生的矩形脉冲波

数据记录：

信号源设置	示波器设置	示波器测量波形参数			
偏移 / 低电平	通道 1 菜单: 耦合方式	幅度 V_m	周期 T	脉宽 t_w	占空比 q
0.0 mVdc / -2.50 Vdc	直流 DC	5.03 V	1.00 ms	$200.1\mu\text{s}$	20.01 %

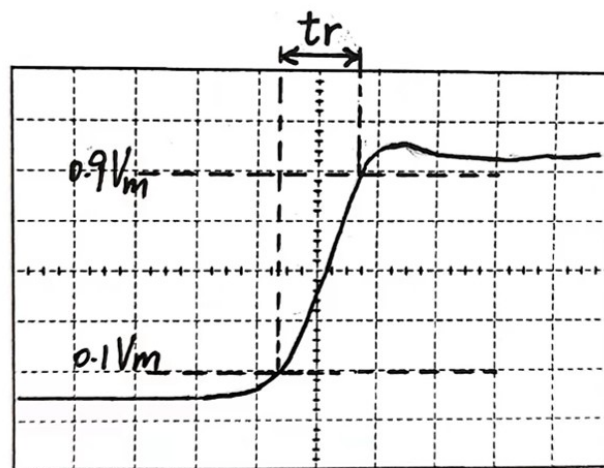
3.3 测量 3.2 中矩形脉冲波的上升/下降时间

数据记录：

(1) 测量 V_{m1} 信号的上升时间 t_r ：

示波器的水平定标	上升时间 t_r	触发源	触发斜率
14.5 ns/DIV	18.8 ns	CH2	上升沿

(2) 测量上升时间时的波形：

图 4: V_{m1} 上升时间测量波形

(3) 测量 V_{m1} 信号的下降时间 t_f :

示波器的水平定标	下降时间 t_f	触发源	触发斜率
14.5 ns/DIV	18.1 ns	CH2	下降沿

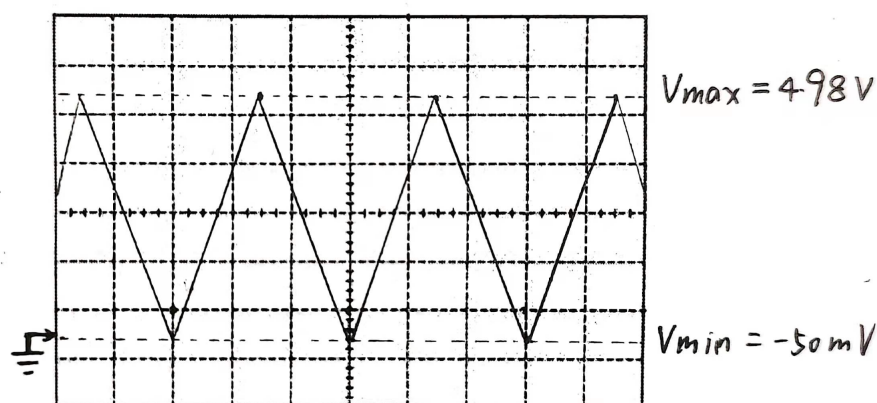
3.4 用示波器通道 2 观察并测量产生波形的直流偏移

数据记录:

(1) 示波器观测 V_{m2}

V_{m2} 的高电平	4.98 V
V_{m2} 的低电平	-50mV
示波器的输入耦合方式	直流 DC
示波器的触发源	CH2

(2) 绘制 V_{m2} 波形

图 5: 锯齿波 V_{m2} 波形

(3) 改变耦合方式为 AC，观察实验现象。

波形并未发生明显改变，但是零电平点位置从波形最低值点移动至波形中部，波形关于零电平点对称，电压最大值变为 2.41V，电压最低值变为 -2.49V，峰-峰值几乎没有改变，说明直流偏置被阻碍。

(4) 恢复耦合方式为 DC，调节信号源波形对称度，观察波形变化。

随着对称度的调节，锯齿波幅度周期均未改变，而同一周期内电压上升时间和下降时间的比例改变，即占空比发生改变。

3.5 示波器的 YT 和 XY 模式

测试电路图如图所示， v_I 是由函数信号发生器输出 100Hz、0.5V、对称性 50% 的锯齿波。将示波器通道一接入 v_I ，通道二接入 v_O 。

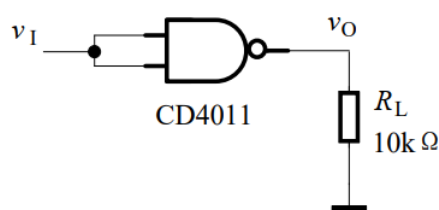


图 6: 实验五电路

数据记录:

(1) 时基模式为“标准”(YT)模式下的波形

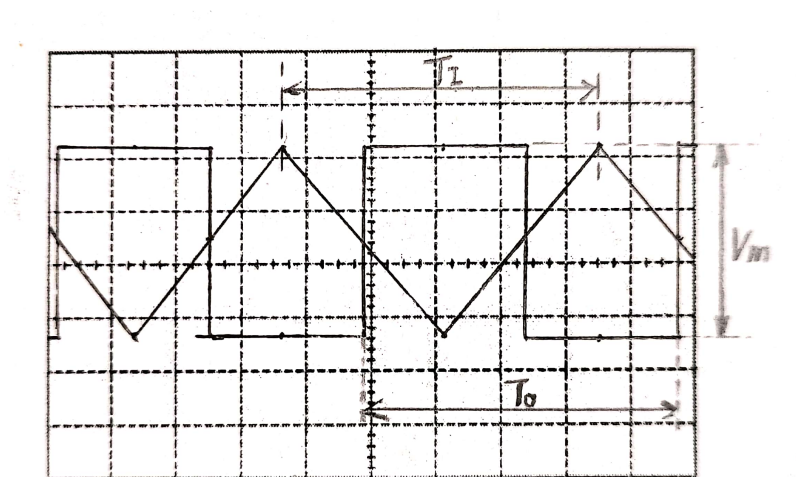


图 7: YT 波形

(2) 时基模式为“XY”模式下的波形

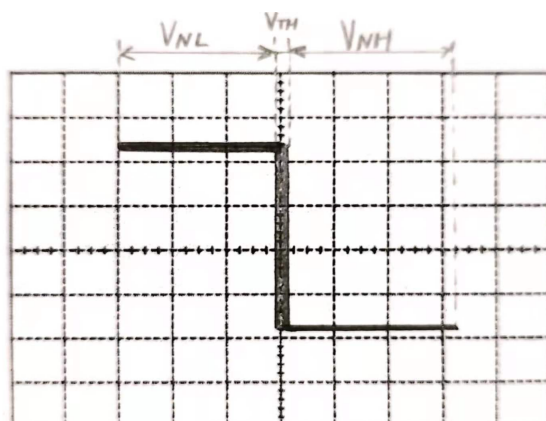


图 8: XY 波形

(3) 对照两种波形分析对应关系

XY 模式下 V_{NL} 区域对应着 YT 模式下输出信号的低电平, V_{NH} 区域对应着 YT 模式下输出信号的低电平; 中间 V_{th} 表示阈值电压; 输入噪声容限为 V_{NL} 和 V_{NH} ; V_{NL} 表示当 $V_I \leq 2.5V$ 时, 输出高电平, V_{NH} 表示当 $V_I \geq 2.5V$ 时, 输出低电平, 这与 YT 模式的波形以及与非门特性相符合。

3.6 研究示波器探头 $\times 1$ 和 $\times 10$ 档对于测量结果的影响

数据记录:

输入信号	探头	输出信号测量结果		
		V_O	周期 T	频率 f
v_{I1}	$\times 1$ 档	478mV	9.9950 μs	100.05kHz
	$\times 10$ 档	519mV	10.008 μs	99.92kHz
v_{I2}	$\times 1$ 档	267mV	1.9995 μs	500.1kHz
	$\times 10$ 档	482mV	2.0020 μs	499.5kHz

总结示波器输入电容对测量结果的影响以及如何正确使用探头 $\times 1$ 档和 $\times 10$ 档:

电容的容抗公式为: $X_c = \frac{1}{j\omega C}$, 我们知道示波器存在输入电阻和电容, 当频率增大时, 电容的容抗明显减小, 电容和电阻并联电路的分压降低, 而 $\times 1$ 档电容大于 $\times 10$ 档, 所以 $\times 1$ 档分压降低得更多导致测得的电压幅度减小。

因此在测量时, 当测量不是很小的信号时使用 $\times 10$ 探头为宜, 可使结果更准确。当信号的频率和幅值均较小时使用 $\times 1$ 探头进行测量。

3.7 测量正弦交流电压的相位差

输入信号 $v_I = 2\sin(2\pi \times 10 \times 10^3 t)V$

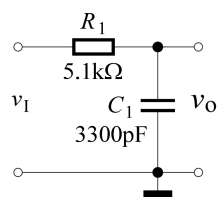


图 9: 选做任务 2 电路

(1) 时基模式为“标准”(YT)模式下的数据以及波形

$$\Delta x = 12.40\mu s$$

$$T = 99.96\mu s$$

$$\Delta\phi = \frac{\Delta x}{T} \times 360^\circ = 44.66^\circ$$

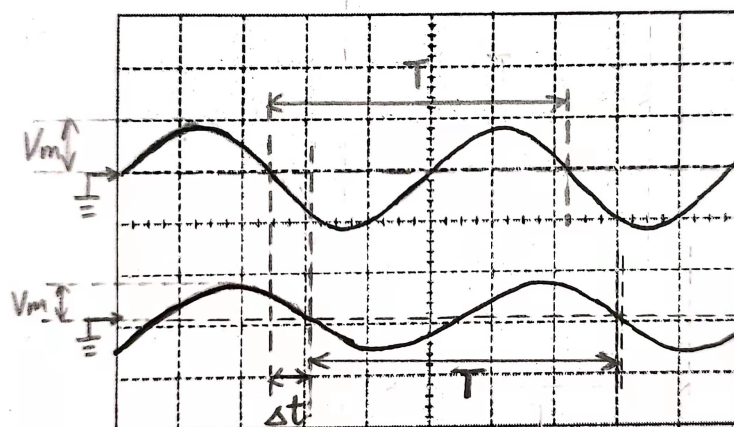


图 10: YT 波形

v_I 幅度	v_O 幅度	相位差 $\Delta\phi$
2.05	1.49	44.66°

(2) 时基模式为“XY”模式下的数据以及波形

$$D = 1.52V$$

$$C = 1.06V$$

$$\Delta\phi = \arcsin \frac{C}{D} = 44.22^\circ$$

v_I 幅度	v_O 幅度	相位差 $\Delta\phi$
2.10	1.52	44.22°

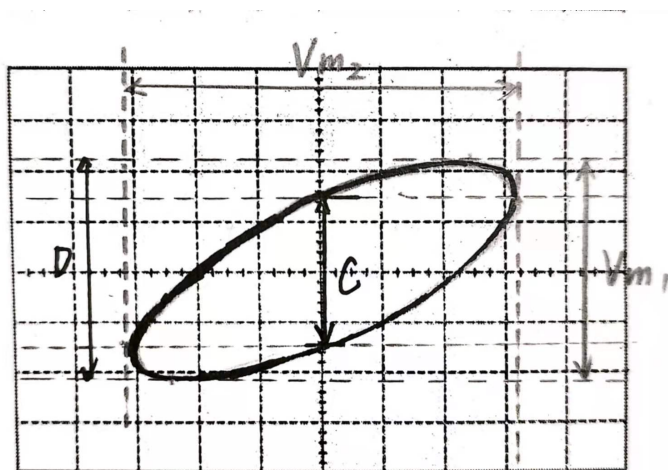


图 11: XY 波形

4 实验总结

1. 示波器测量各波形参数的方法:

电压测量:

S_Y 表示示波器垂直定标旋钮的位置; k 表示示波器探头的倍增系数; H 表示待测电压在屏幕上 y 方向占据的格数; 那么有 $V = S_Y \times H \times k$ 。

对于正余弦交流电或者带直流偏量的正余弦交流电, 我们可以利用上述方法测得电压幅度和直流偏置。要注意的是, 测量无偏置正余弦交流电时耦合方式选择 AC, 测量有偏置正余弦交流电时耦合方式选择 DC, 否则直流偏置会消失。同理, 在测量有直流分量的锯齿波时也要采用 DC 的耦合方式。

周期测量:

W 表示示波器水平定标旋钮的位置, L_X 表示两个方向相同的过零点之间的距离, 则有: $T = W \times L_X$ 。

对于比较特别的脉冲波, 我们需要测量他的以下参数: 脉冲周期 T : 两个相邻脉冲之间的时间间隔; 脉冲幅度 V_m : 脉冲电压的最大变化幅度; 脉冲宽度 t_w : 从脉冲前沿到达 $0.5V_m$ 起, 到脉冲后沿到达 $0.5V_m$ 止的一段时间; 上升时间 t_r : 脉冲上升沿从 $0.1V_m$ 上升到 $0.9V_m$ 所需的时间; 下降时间 t_f : 脉冲下降沿从 $0.9V_m$ 下降到 $0.1V_m$ 所需的时间; 占空比 q : 脉冲宽度与脉冲周期的比值, 亦即 $q = t_w/T$ 。

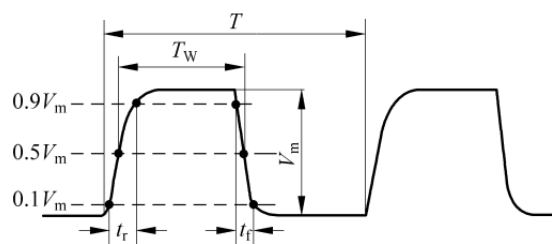


图 12: 脉冲波参数测量位置

其中比较特殊的是上升时间和下降时间的测量：首先调节垂直定标旋钮，使脉冲波形占满整数大格之间；触发斜率选择上升沿触发；调节水平定标旋钮展开波形；读取上升沿从 10% V_m 上升到 90% V_m 所需时间。同理，将触发斜率改为下降沿触发，读取下降时间。

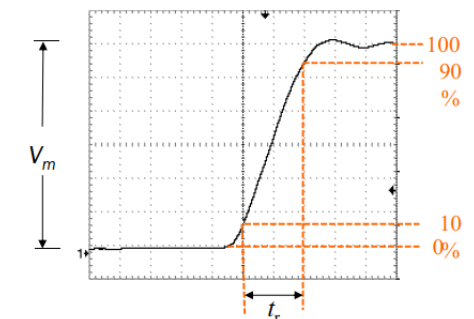


图 13: 上升时间的测量

相位测量:

在示波器的 YT 模式下，若 ϕ 表示相位差， L_x 表示两信号同一相位点之间的距离，则有： $\phi = \frac{L_x}{T} \times 360^\circ$ 。

也可以采用示波器的 XY 模式测量相位差，XY 模式图形如下，则有 $\sin\theta = \frac{C}{D} = \frac{A}{B}$ 。

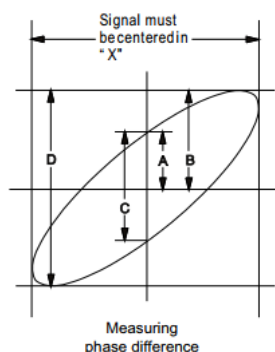


图 14: XY 模式测量相位差所需参数

2. 根据必做任务 4，归纳总结选取示波器“通道菜单”中输入耦合方式 (DC/AC) 的原则。

纯直流信号，输入耦合方式选择 DC；纯交流信号，输入耦合方式选择 AC。有直流偏移的交流信号，可先用 AC 分离出交流信号分量，再用 DC 观察整体信号从而得到直流偏置。

3. 通过此次实验，其他需要总结的测试方法、注意事项或解决方案等。

1. 观察输出波形时触发源通道一定要与输入电压通道对应，否则会出现如实验四时遇到的脉冲上升曲线变为直线的奇怪情况；
2. 记录波形时将波形移动至屏幕中央，调节适当的高度和周期数后再做记录；
3. 示波器探头倍增系数调整时，要记得在面板上做相应的设置调整，否则测量值会和实际值出现倍数差异；

4. 搭建面包板时，接线要简洁美观实用，杜绝导线相压的情况发生；
5. CMOS 集成电路芯片不用的输入端不能悬空，而应该接地（或者接低电平）；
6. 通过使用 measure 按键提供的快照功能可以准确迅速的读出绝大多数待测量值；
7. 所有实验仪器和电路要共地。

5 思考题

1. 能否用带宽为 100MHz 的示波器准确观测到 100MHz 的矩形脉冲信号？如不行，请推荐所用示波器的带宽。

根据方波的傅里叶展开可知，方波实际上是由无数奇数次谐波叠加而成，而除了第一项以外，奇数次谐波的频率均大于脉冲信号频率 100MHz，故会被同样带宽的示波器过滤掉。根据查阅，了解到示波器的“五倍法则”，即为保证测试精度，建议示波器带宽至少为正弦波的 5 倍。同时根据下图，我们可以发现，在 $n=5$ 时波形大致拟合成功，故可以采用带宽为 500MHz 的示波器，当然带宽更高的示波器效果可能更好。

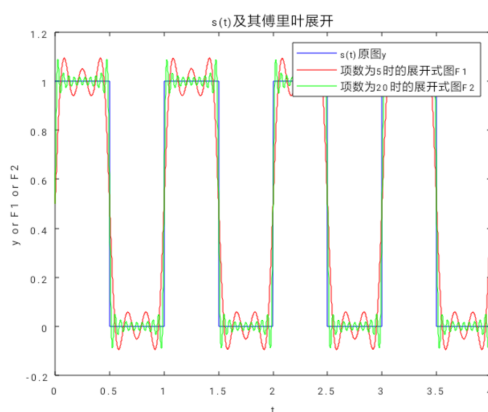


图 15: 方波的拟合

2. 在电子电路实验中，为什么电子仪器要与被测电路共地？

电子仪器要与被测电路共地，使得他们有公共的电势基准点，减小测量误差，同时将基准点与大地相连可以减少外界干扰，并起到保护作用。

3. 示波器“通道菜单”的输入耦合方式分为直流 (DC) 耦合和交流 (AC) 耦合。试写出如测量图 (a)、(b)、(c) 三种波形，各应选择哪种输入耦合方式？

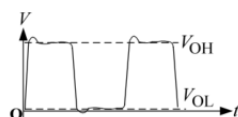


图 8 (a) 矩形脉冲波形

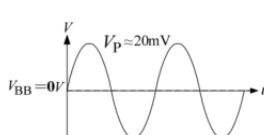


图 8 (b) 正弦波

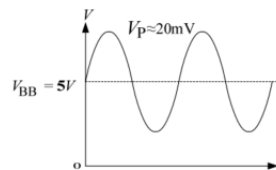


图 8 (c) 交直流叠加波形

(a) 图采用直流耦合输入 (DC); (b) 图采用交流耦合输入 (AC); (c) 图中若想观测完整波形采用直流耦合 (DC), 若只观测交流分量则采用交流耦合 (AC)。

6 原始数据

1. 用示波器通道 1 测量 Demo2 波形

(1) 观测波形并记录以下数据。

示波器的水平定标 500.0 $\mu\text{S}/\text{DIV}$
 Demo2 的周期 T 0.9989 mS
 Demo2 的脉宽 t_w 0.5001 mS
 示波器的垂直定标 0.500 V/DIV
 Demo2 的幅度 V_m 2.51 V
 示波器的触发源 CH1 通道

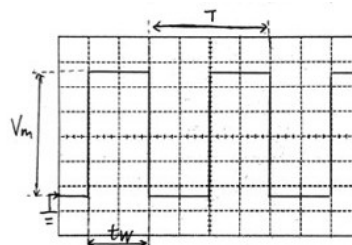


图 1 Demo2 波形

(2) 记录 Demo2 波形于图 1 中, 并标出所测 V_m 、 T 、 t_w 的测试点和零电平指示的位置。

2. 用示波器通道 1 测量信号发生器产生的矩形脉冲波

调节信号发生器 (以下简称信号源), 使其输出矩形脉冲波 V_{m1} , 幅度为 5V、频率为 1kHz。用示波器测量波形参数, 记录仪器菜单的设置和数据于表 1 中。测试中注意观察零电平位置及示波器的相关设置。

表 1 矩形脉冲波 V_{m1}

信号源设置	示波器设置	示波器测量波形参数			
偏移 / 低电平	通道 1 菜单: 耦合方式	幅度 V_m	周期 T	脉宽 t_w	占空比 q
<u>2.50V / 0V</u>	<u>DC</u>	<u>5.03V</u>	<u>1.00mS</u>	<u>200.1μS</u>	<u>20.01%</u>

3. 测量 2. 中矩形脉冲波的上升/下降时间

(1) 用示波器测量 V_{m1} 信号的上升时间 t_r , 记录以下数据及单位。

水平定标 14.50 ns/DIV
 上升时间 t_r 18.8ns
 触发源 CH2 (trigger 菜单)
 触发斜率 上升沿 (trigger 菜单)

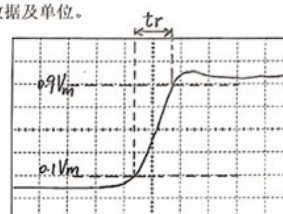


图 2 V_{m1} 上升时间 t_r 的测试

(2) 记录测量 t_r 时的波形于图 2 中, 标出 t_r 的测量点。

(3) 测量 V_{m1} 信号的下降时间 t_f

下降时间 t_f 18.1ns
 触发斜率 下降沿 (trigger 菜单)

4. 用示波器通道 2 观察并测量波形的直流偏移

调节信号源使之产生 100Hz、0~5V (即低电平 0V、高电平 5V) 锯齿波 V_{m2} 。

(1) 用示波器观测 V_{m2} , 记录以下数据及单位。

V_{m2} 的高电平 4.98V
 V_{m2} 的低电平 -50mV
 输入耦合方式 DC (通道 2 菜单)
 触发源 2 (trigger 菜单)

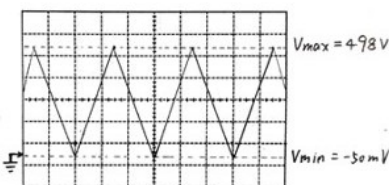


图 3 V_{m2} 的波形

(2) 绘制 V_{m2} 波形于图 3 中, 标出波形的最高值、最低值和零电平指示的位置。

(3) 改变示波器通道 2 菜单中的输入耦合方式为“AC”, 观察实验现象。以文字说明或图片形式记录实验现象。

(4) 恢复“DC”耦合方式之后, 调节信号源的输出波形【对称度】, 观察波形的变化。以文字说明或图片形式记录实验现象。

选做任务 1:

输入信号	探头	输出信号测量结果		
		V_O	周期 T	频率 f
v_{I1}	$\times 1$ 档	478 mV	9.9950 μ s	100.05 kHz
	$\times 10$ 档	519 mV	10.008 μ s	99.92 kHz
v_{I2}	$\times 1$ 档	267 mV	1.9995 μ s	500.1 kHz
	$\times 10$ 档	482 mV	2.0020 μ s	499.5 kHz

选做任务 2:

v_I 幅值	v_O 幅值	相位差 $\Delta\phi$
2.05 V	1.49 V	44.66°

$$\Delta x = 12.40 \mu s$$

$$T = 99.96 \mu s$$

$$\Delta\phi = \frac{\Delta x}{T} \times 360^\circ = 44.66^\circ$$

v_I 幅值	v_O 幅值	相位差 $\Delta\phi$
2.10 V	1.52 V	44.22°

$$D = 1.52 V$$

$$C = 1.06 V$$

$$\Delta\phi = \arcsin \frac{C}{D} = 44.22^\circ$$