



# 2021

西安交通大学 信通学院

## 电子技术实验2

张翠翠

[zhangcuicui@mail.xjtu.edu.cn](mailto:zhangcuicui@mail.xjtu.edu.cn)

### 1 仪器的基础使用



- 16学时，2学时/周，共8周
- 考核方式：签到 + 实验验收 + 实验报告

1. 签到——**课前**班长负责签到
2. 验收——根据实验过程和实验记录进行验收评分
3. 报告——提交**电子版和打印版**，课前提交上次实验报告，以班级为单位由学委收齐统一提交。



## ● 注意事项

1. 实验装置：共31套
2. 实验结束：整理实验桌，关电脑
3. 文件拷贝：为避免病毒传播，可用邮件，禁用U盘
4. 爱惜实验室仪器

示波器探头不能随意丢

示波器、信号源、电源3个仪器的接口线不能乱拔、乱接

所有电源线不能随意拔出或插接

所有仪器使用出现问题问老师，不要自己随意处置，以免损坏仪器或伤到自己



序号	实验内容	考核内容和方式	分类
1	仪器的基础使用	实验室里学生操作仪器	组合逻辑电路设计
2	竞争与险象的分析与观测	搭建电路观测竞争与险象	
3	译码器电路设计与应用	用Quartus工具实现译码器	
4	双稳态元件功能测试	时序电路的基本器件的特性测试	时序逻辑电路设计
5	计数器	用Quartus工具实现计数器	
6	时序逻辑电路设计	开放选题、自主完成系统设计和验证	
7	数字系统设计1	开放选题，自主完成系统设计和验证	数字系统设计
8	数字系统设计2		



● 上课时间安排

	周一	周二	周三	周四	周五
12 节					信息 02
34 节					
56 节			信息 05		
78 节			信息 01	信息 03	
910 节			信息 04	信息 06	

上课地点：西一楼 506

上课周次：7、8、9、10、12、13、14、16



# C 目录

## CONTENTS

忠 果 敦 精  
恕 毅 笃 勤  
任 力 励 求  
事 行 志 学

01

示波器基础使用

02

信号源基础使用

03

实验内容

04

实验报告要求

05

下一次实验内容

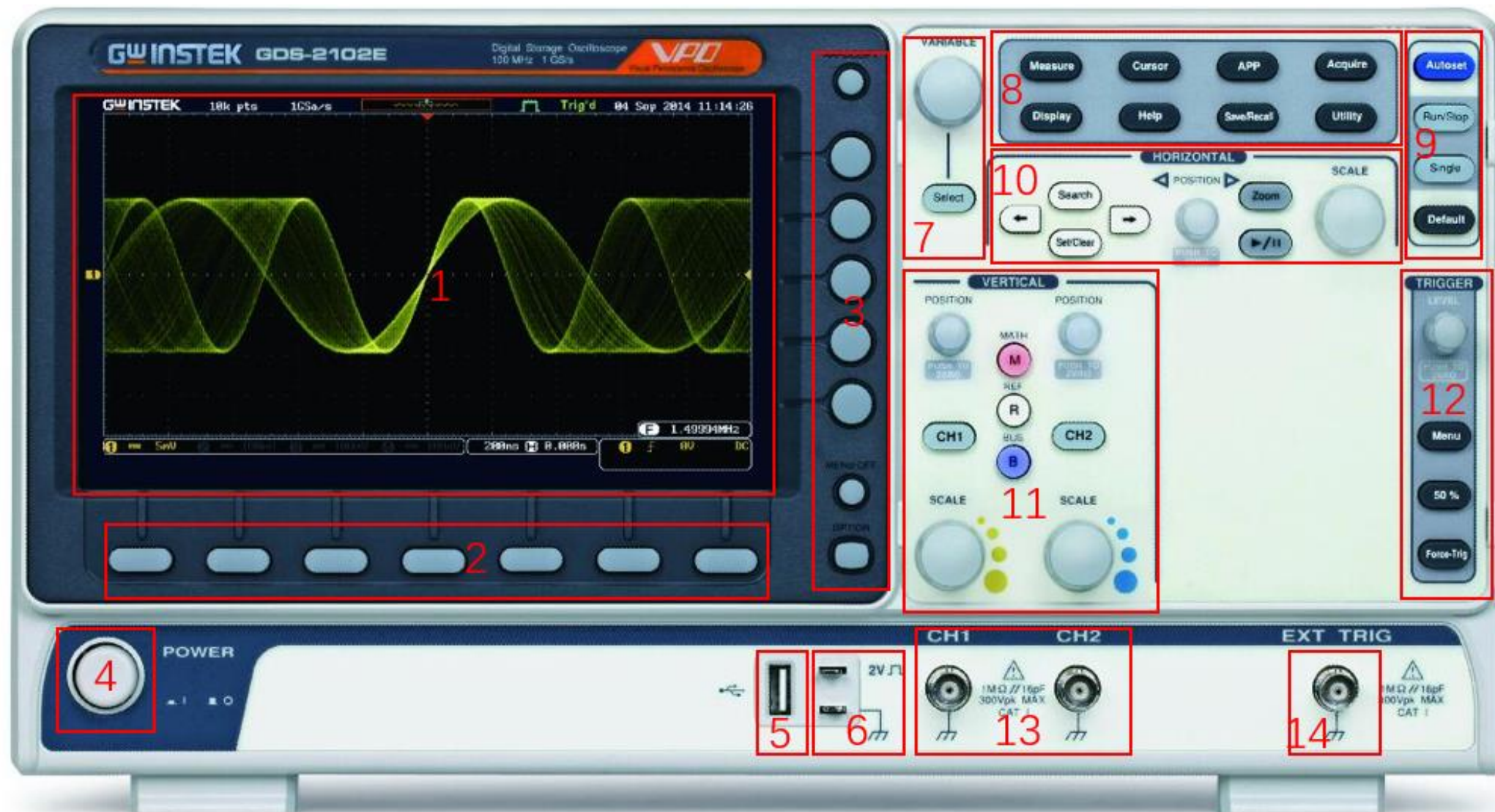


# Part 01

## 示波器基础使用

- 面板逻辑
- 信号接入
- 垂直控制
- 水平控制
- 触发控制



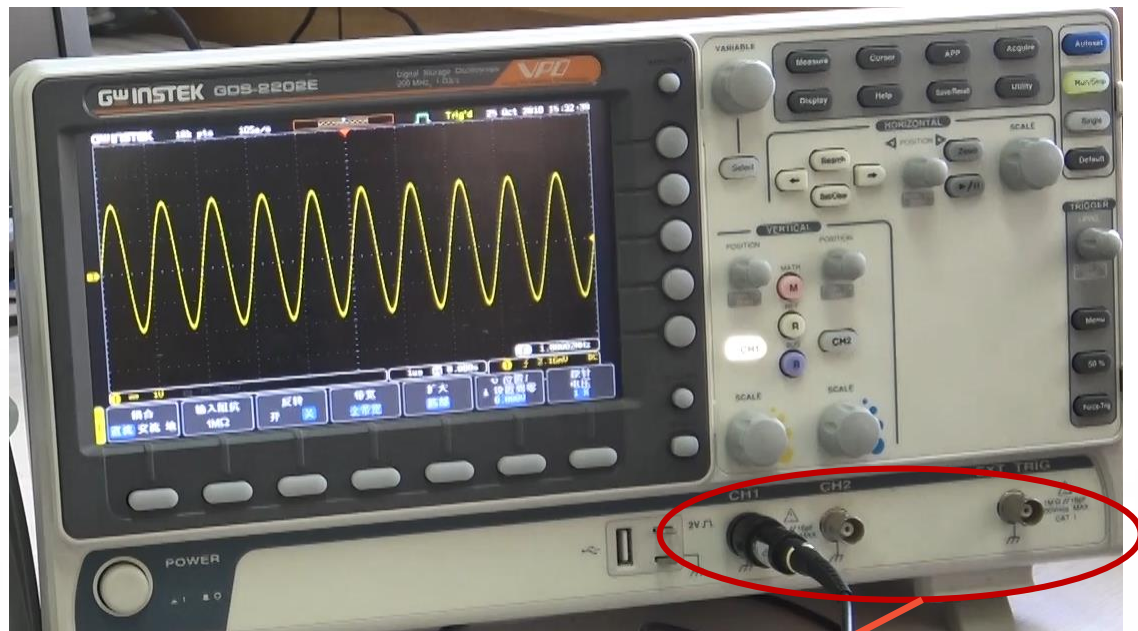




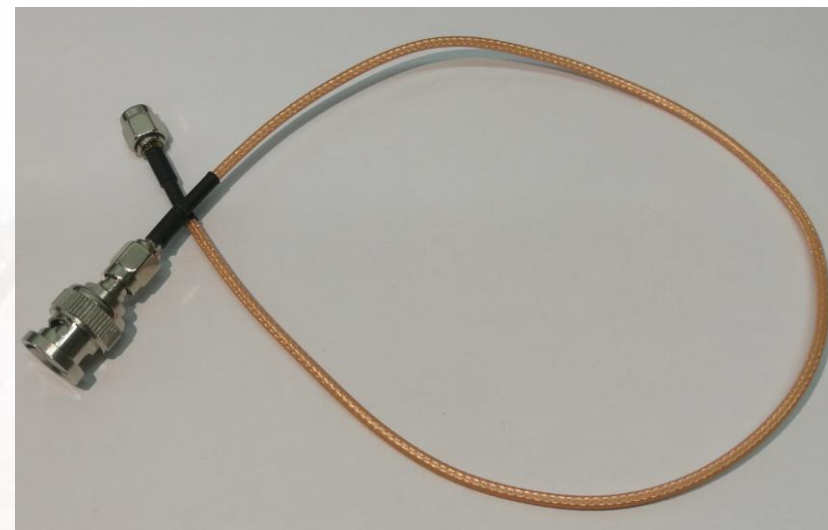
编号	名称	说明
1	LCD显示屏	波形显示区域
2	显示屏下方菜单键	用于选择显示屏上出现的底部菜单
3	显示屏右方菜单键	用于选择显示屏上出现的右侧菜单
4	电源开关	按下打开电源，再次按下弹起状态为关闭电源
5	USB接口	可连接USB存储设备
6	探头补偿信号输出端子	输出方波信号，用于调整示波器探头的容抗
7	可调旋钮	用于增加/减少数值或选择参数
8	功能键区	含测量和光标等功能测量键区
9	自动设置区	含自动设置、运行停止、单次触发、恢复出厂设置键。
10	水平控制区	控制水平方向上即时间轴上的波形缩放与显示
11	垂直控制区	控制垂直方向上即纵轴上的波形缩放与显示
12	触发控制区	触发控制键区，含触发电平设置、触发菜单等。
13	输入接入	BNC接口，两个输入通道
14	外部触发接入	若使用外部信号作为触发源，可从此接口接入

# 1.2

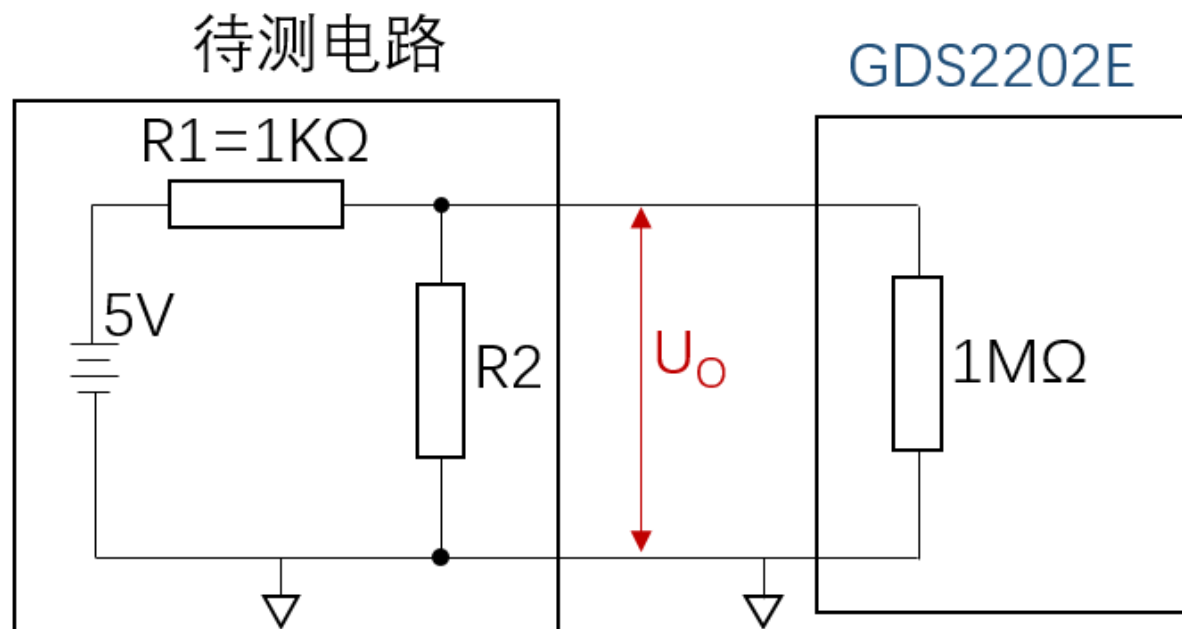
## 信号接入



示波器探头



BNC转SMA 线缆

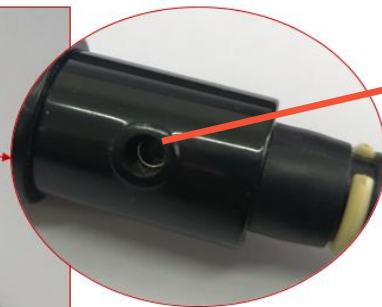


$$U_o(\text{实际}) = 5 * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_o(\text{测量}) = 5 * \frac{R_2}{R_1 + R_2 // 1\text{M}}$$

示波器测量的简化等效电路

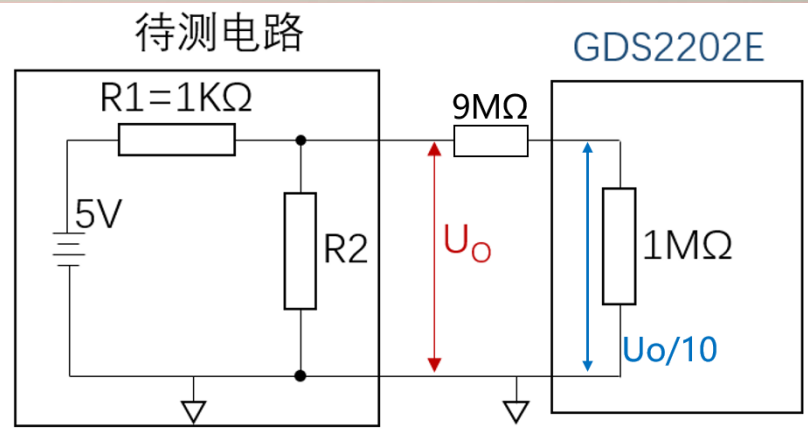
# 1.2 信号接入



探头补偿电容调整位置

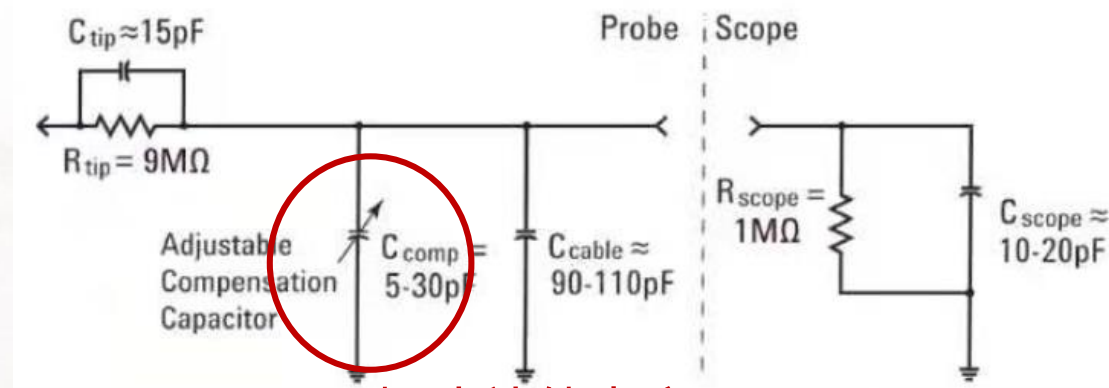


x1、x10档位选择滑块



X10挡位下等效电路

X10档位

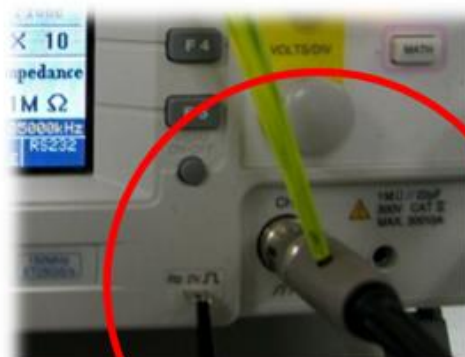


探头补偿电容



# 1.2

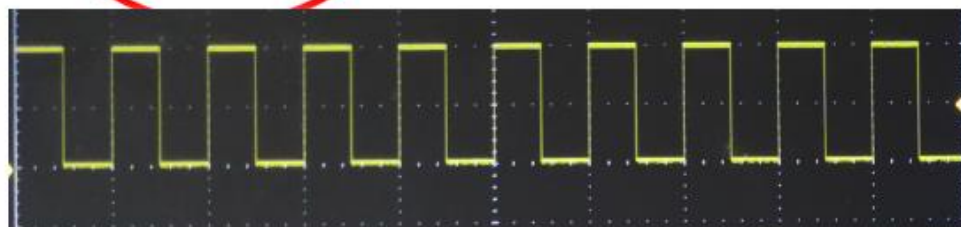
## 信号接入



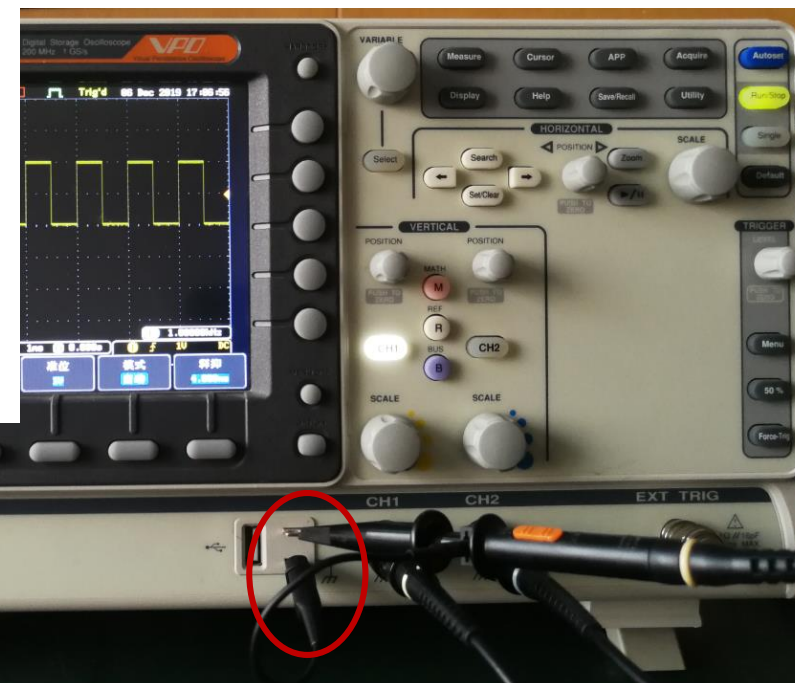
高频补偿不足



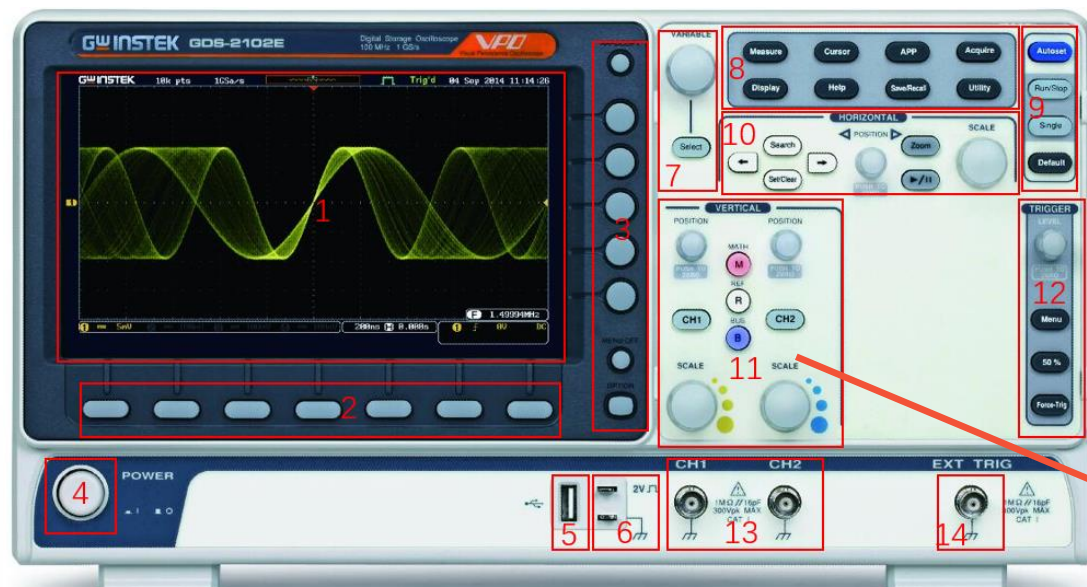
高频过度补偿



较好的补偿效果



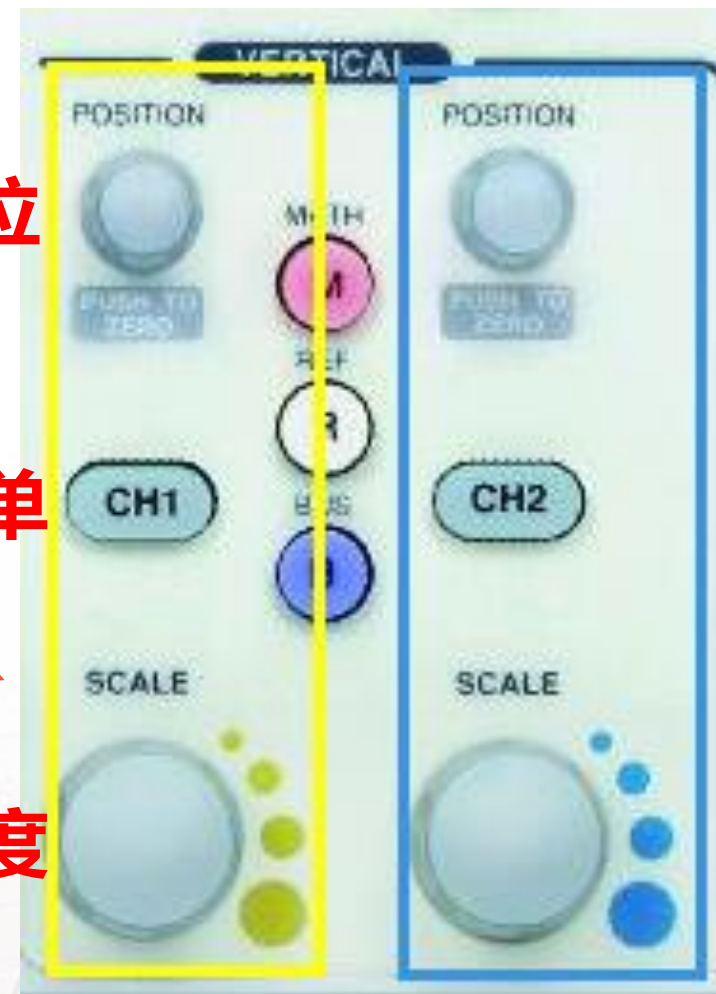
探头补偿信号输出端子



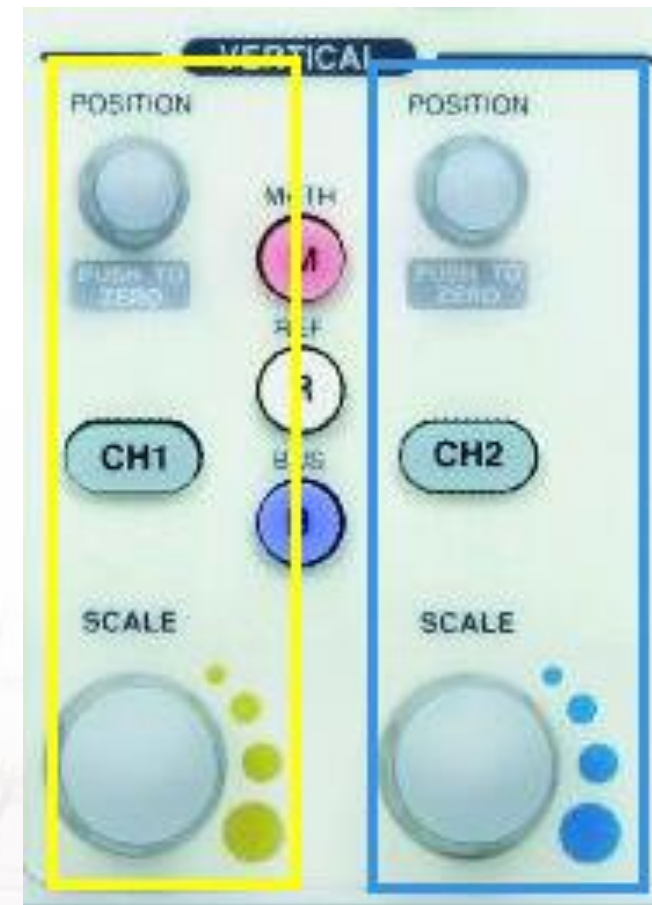
垂直地准位

通道菜单

垂直刻度



- 垂直地准位
- 垂直刻度
- 通道菜单
- 通道的颜色标记



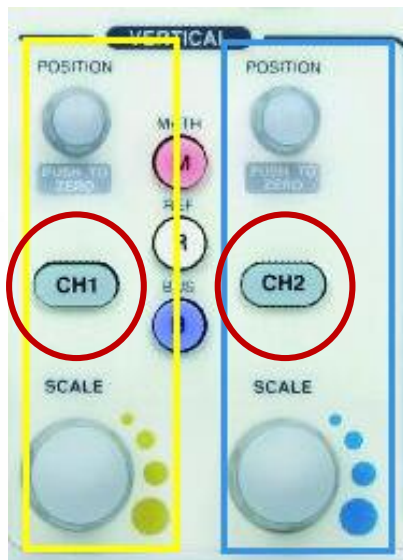


- 垂直地准位  
0V(GND)在屏幕上的对应的具体位置
- 垂直刻度  
屏幕上垂直方向上一大格表示的幅度  
1V/div、2V/div、5V/div  
以波形占据屏幕的2/3为最佳
- 通道的颜色标记  
探头的色环、屏幕上的波形和参数、  
垂直刻度大旋钮边 三者颜色一致。  
CH1 黄色; CH2 蓝色

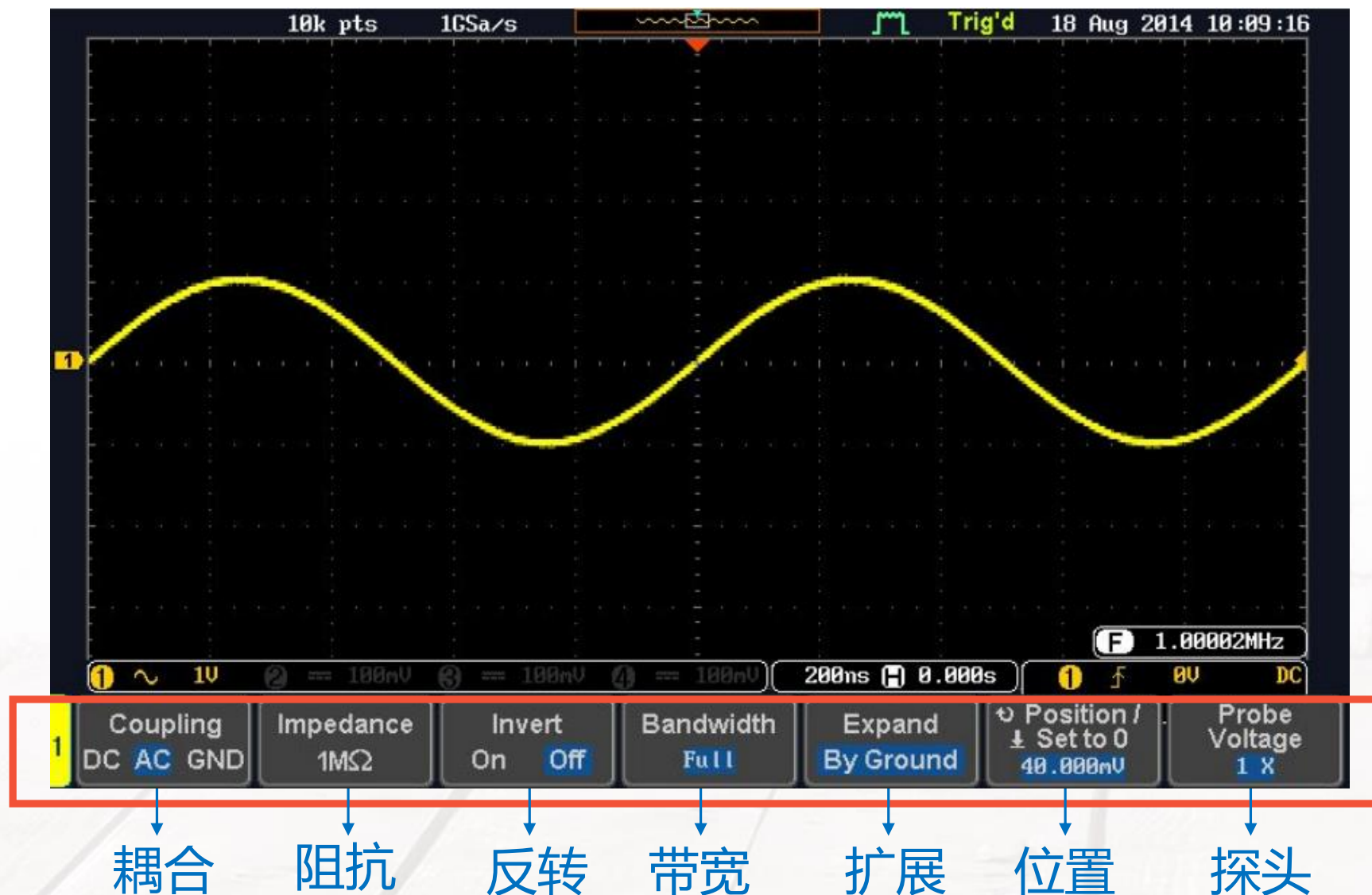


✓ 思考：根据垂直刻度，如何粗估信号的幅度信息？

- 通道菜单



➤ 按下通道开关  
打开通道菜单





Bandwidth带宽 子菜单



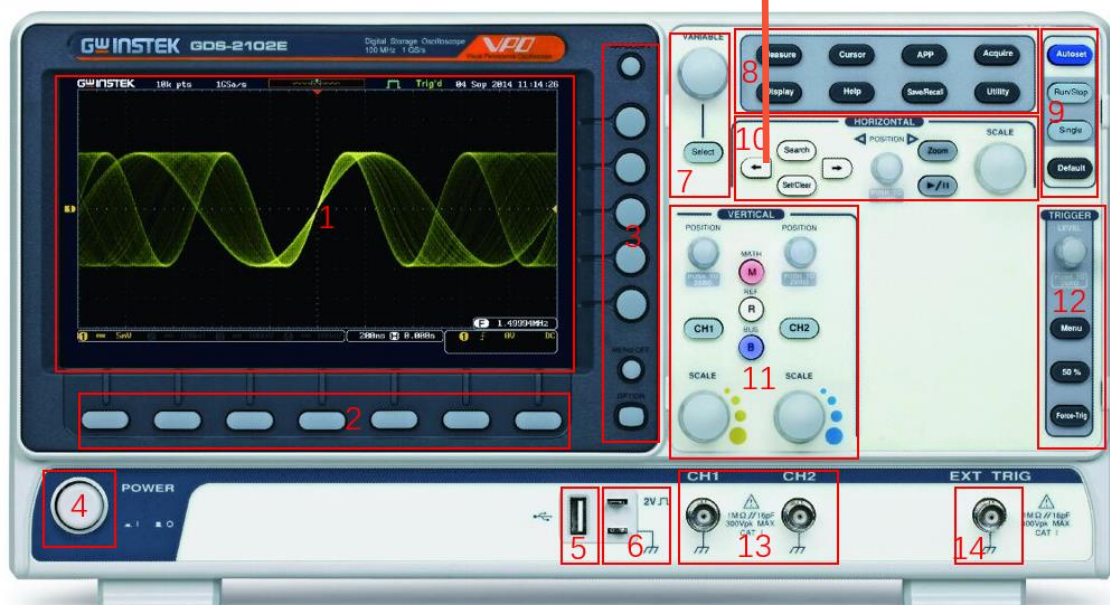
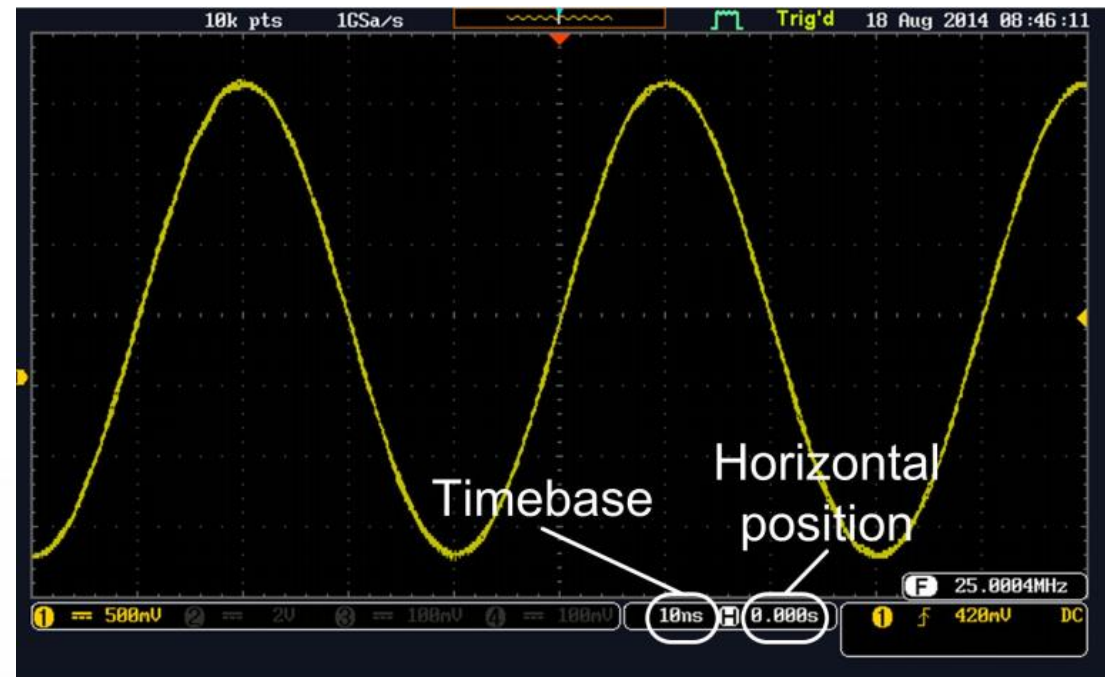
Probe探头 子菜单



# 1.4 水平控制

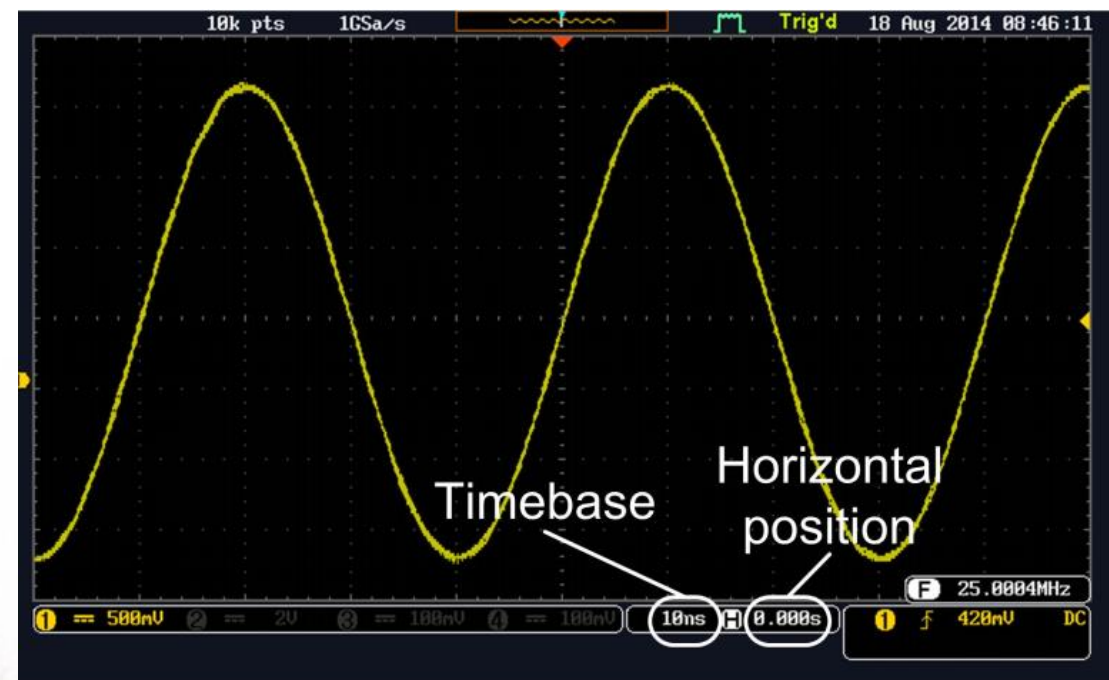
水平位置

时基



- 时基和水平位置
- 采样率和存储深度
- 信号混叠

- 水平位置Horizontal position  
在水平方向上触发点相对中心位置的偏移
- 时基Timebase  
水平方向上一格对应的时间  
10ns/div、20ns/div、50ns/div  
以屏幕上显示2~3个周期为最佳
- 水平控制颜色标记  
屏幕上水平控制相关参数标记为白色  
所有通道公用一个水平控制区



✓ 思考：根据时基，如何粗略信号的周期/频率信息？

- 存储深度  
对应一屏波形，示波器存储的样点个数  
1000pts、10Kpts、100Kpts、1Mpts、10Mpts  
由用户设置决定

- 实时采样率  
示波器1秒采集的样点个数



- ◆ 实时采样率、存储深度、时基的关系  
 $\text{存储深度} / (\text{时基} \times 10) = \text{实时采样率}$

存储深度/(时基\*10) = 实时采样率

实时采样率 ≤ 1G Samples/s

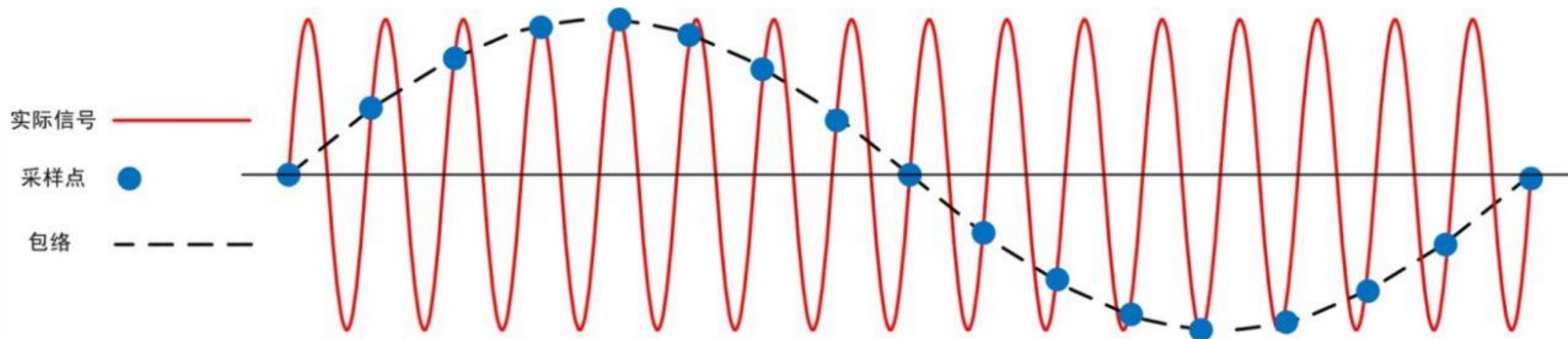
- ◆ 存储深度设定后是固定不变的
- ◆ 实时采样率是会随时基变化的
- ◆ 改变时基就会改变实时采样率

存储深度 (points)	时基 (time/div)	实时采样率 (Samples/s)
1K	10ms/div	10K
	1ms/div	100K
	1us/div	100M
	≤100ns/div	1G
10K	10ms/div	100K
	1ms/div	1M
	≤1us/div	1G
100K	10ms/div	1M
	1ms/div	10M
	≤10us/div	1G
1M	10ms/div	10M
	1ms/div	100M
	500us/div	200M
	200us/div	500M
	≤100us/div	1G
10M	10ms/div	100M
	≤1ms/div	1G



- 信号混叠

采样率过低（欠采样）导致观测到的信号比实际信号频率低但波形形状一致

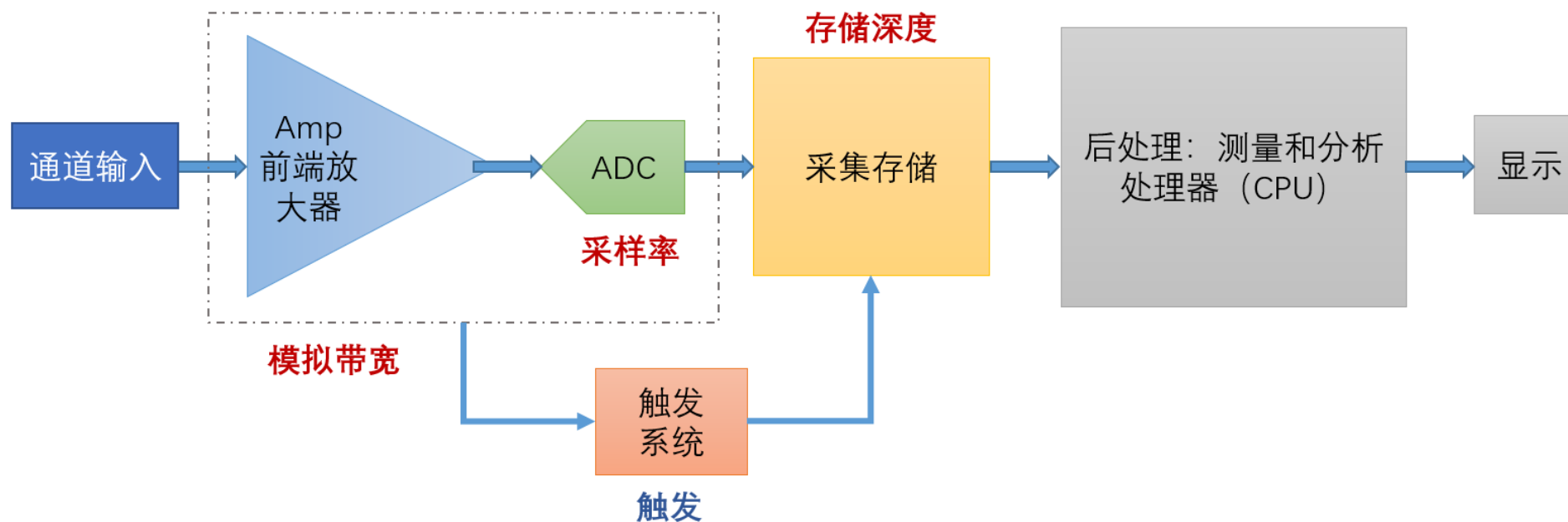


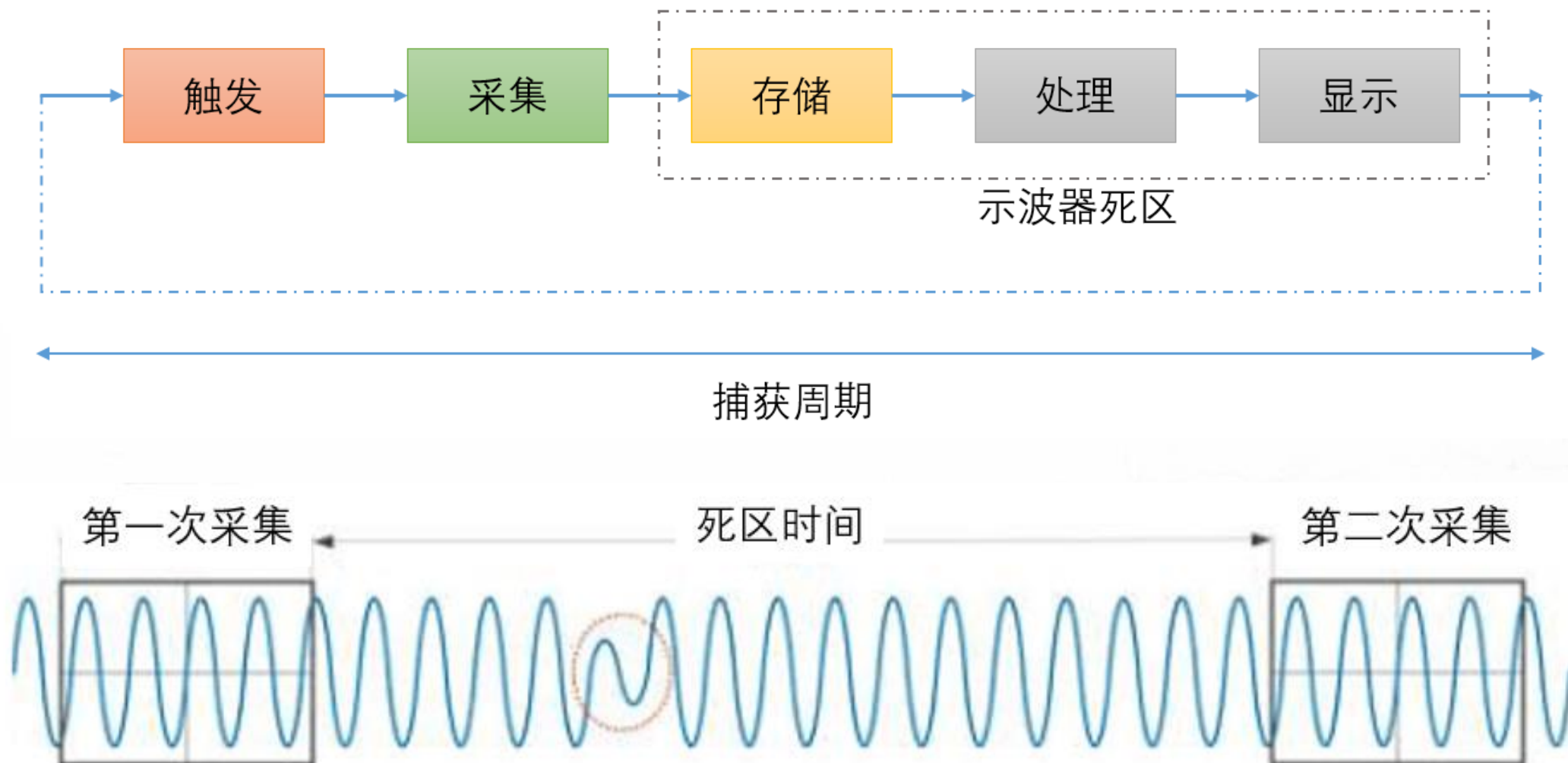
✓ 思考：如何避免混叠的发生？ 设置合适的时基

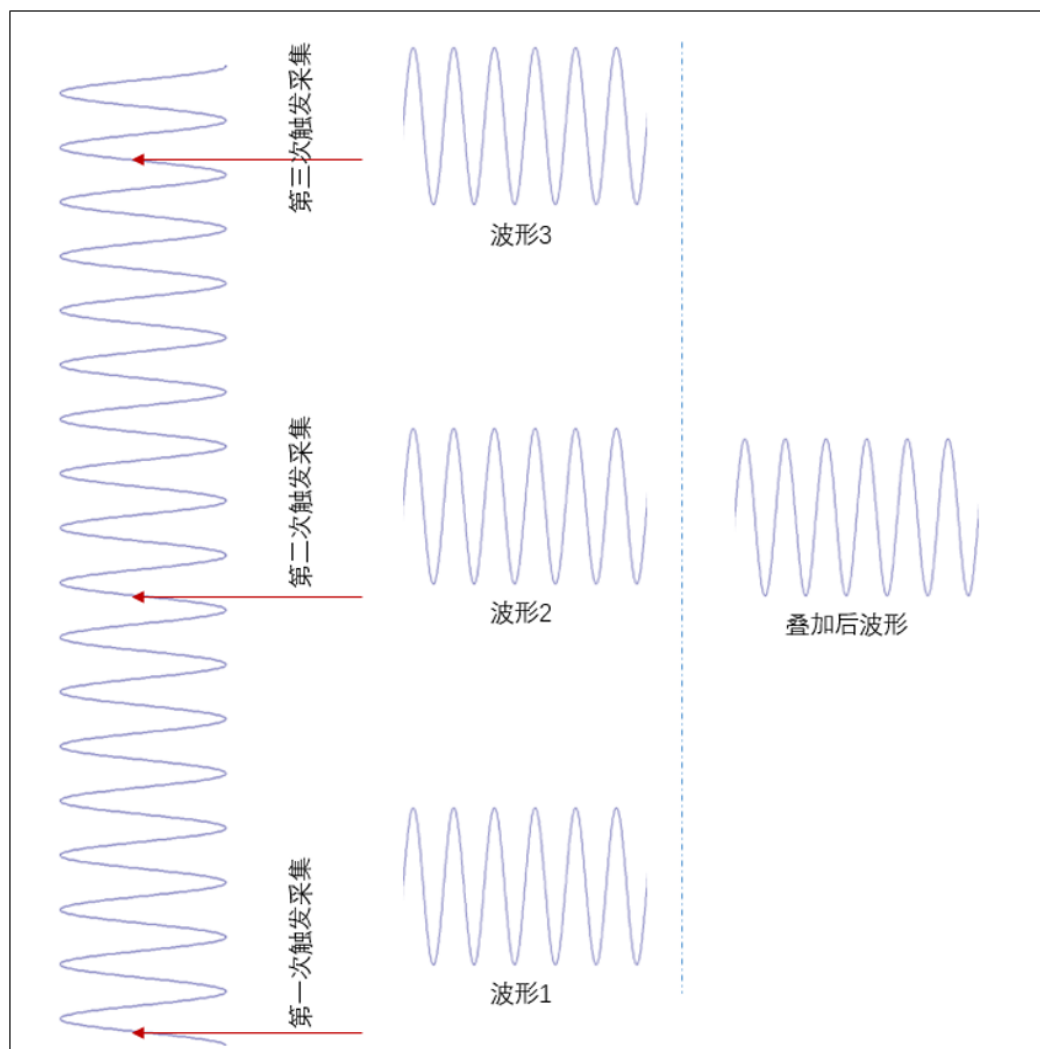


- 示波器采集触发原理
- 边沿触发
- 触发设置
- 触发设置举例

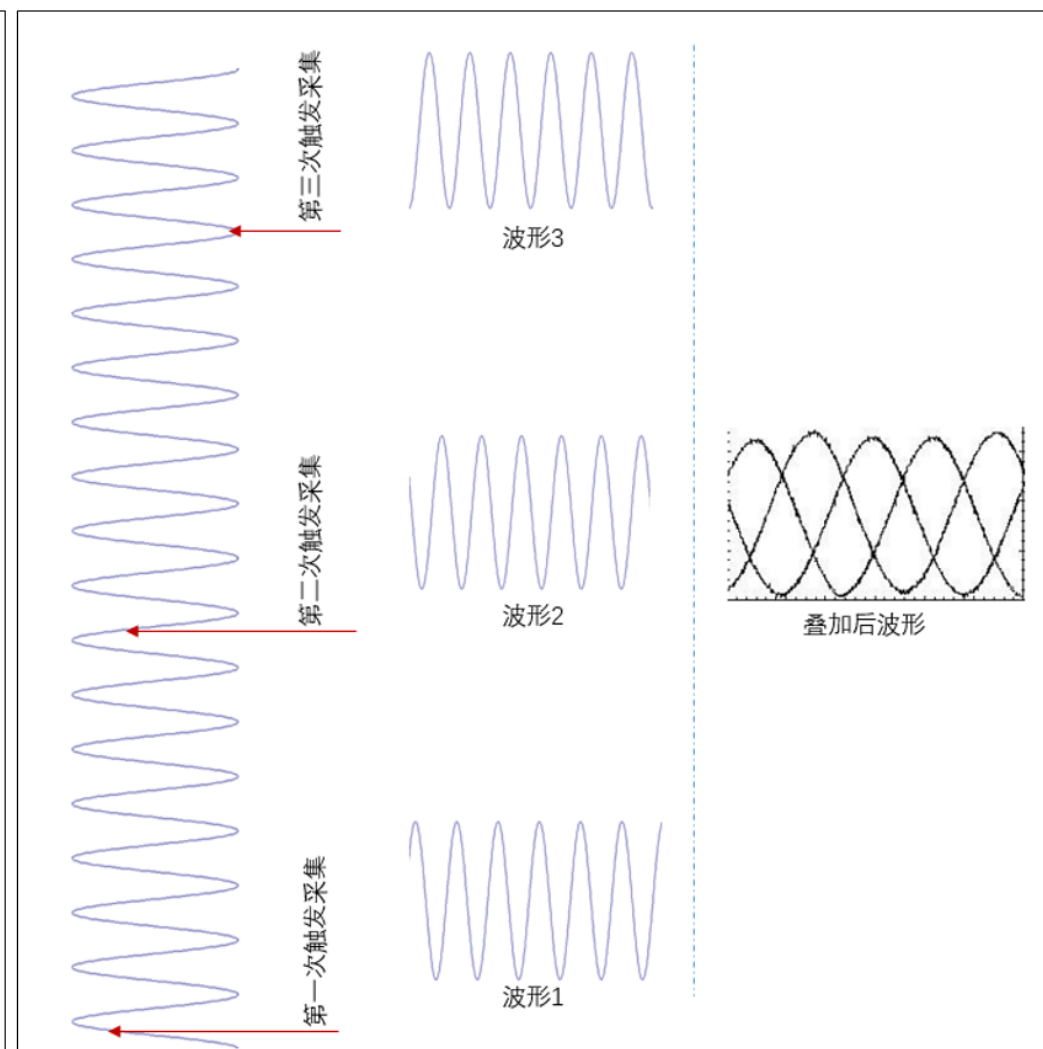
- 示波器采集触发原理





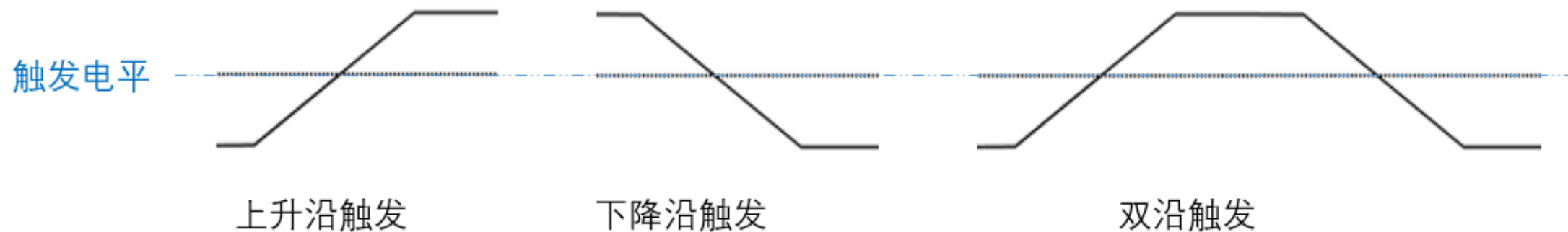


(a) 正常触发



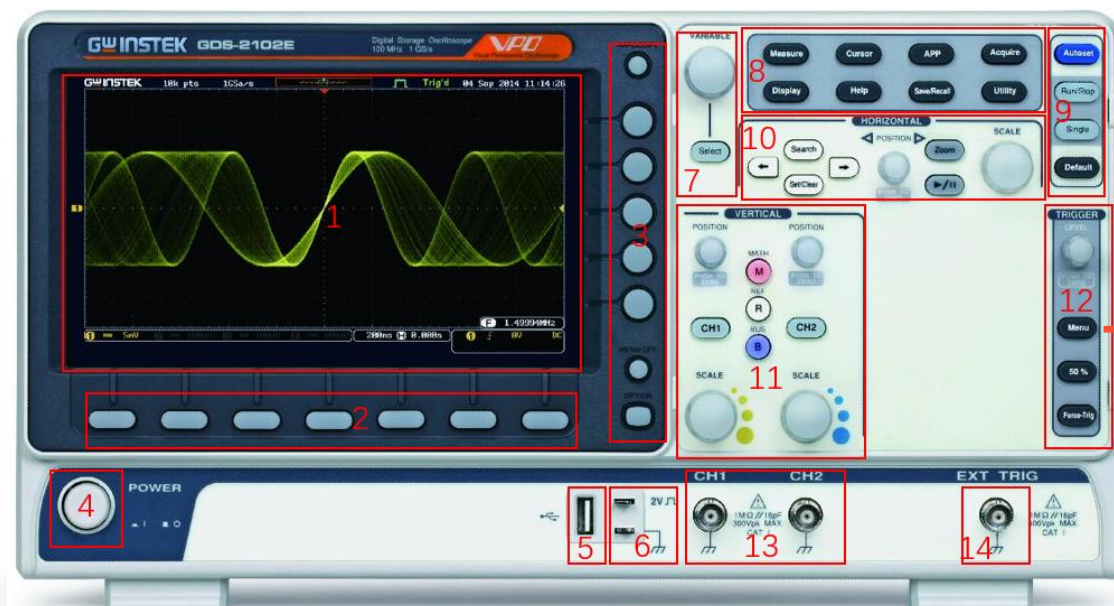
(b) 随机触发

- 边沿触发





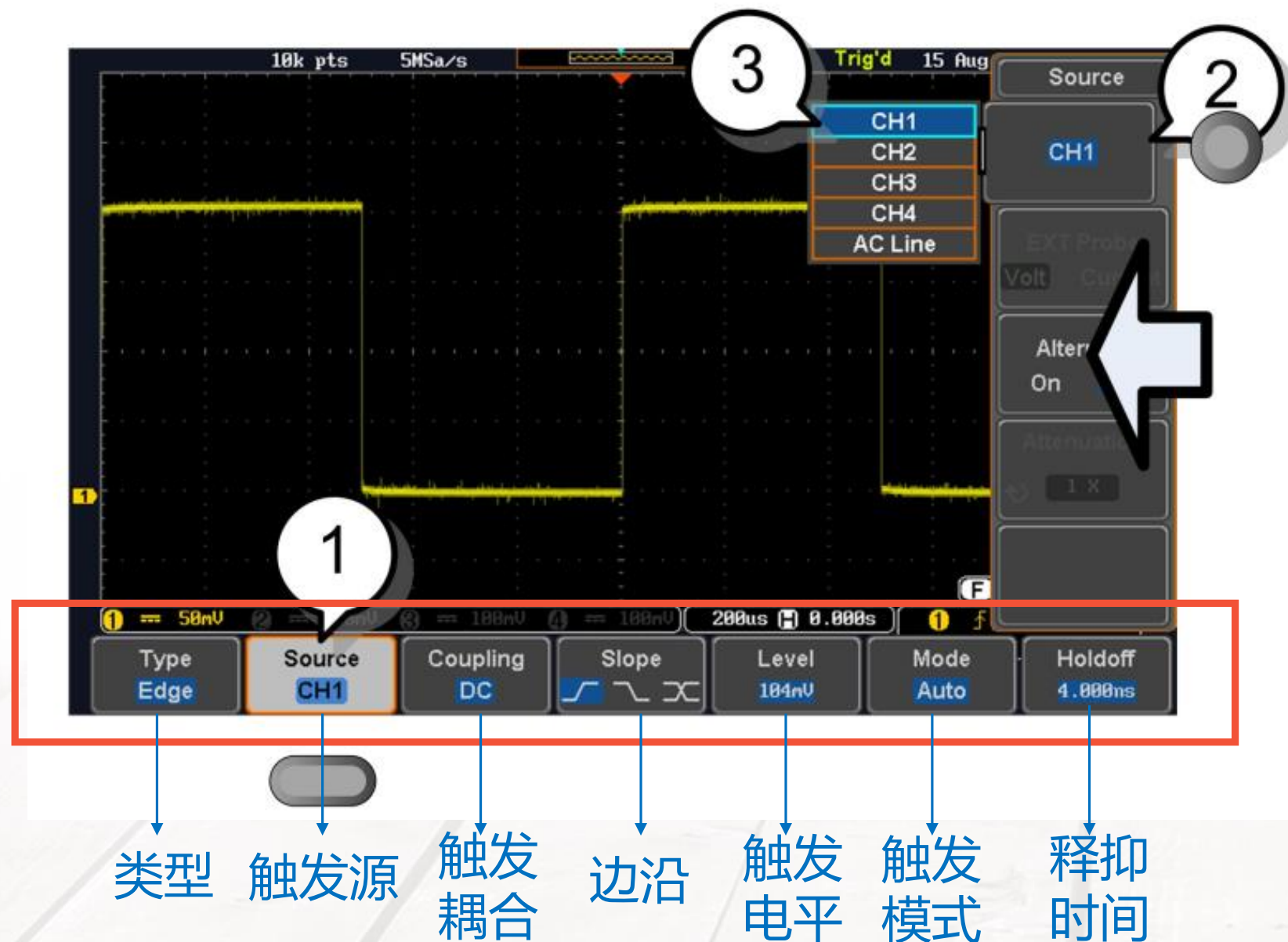
- 触发设置



触发电平

触发菜单





- **类型Type:** 有多种选择, 常用的为边沿触发 (Edge)。
- **触发源Source:** 是指选择哪个信号作为触发信号。一般使用待测信号自己作为触发源。
- **触发源耦合方式Coupling:** 触发源的耦合方式。
- **边沿选择Slope:** 可选择上升沿、下降沿、双沿触发。
- **触发电平Level:** 这里显示的是当前的触发电平。



触发类型选择



触发源选择



耦合方式选择



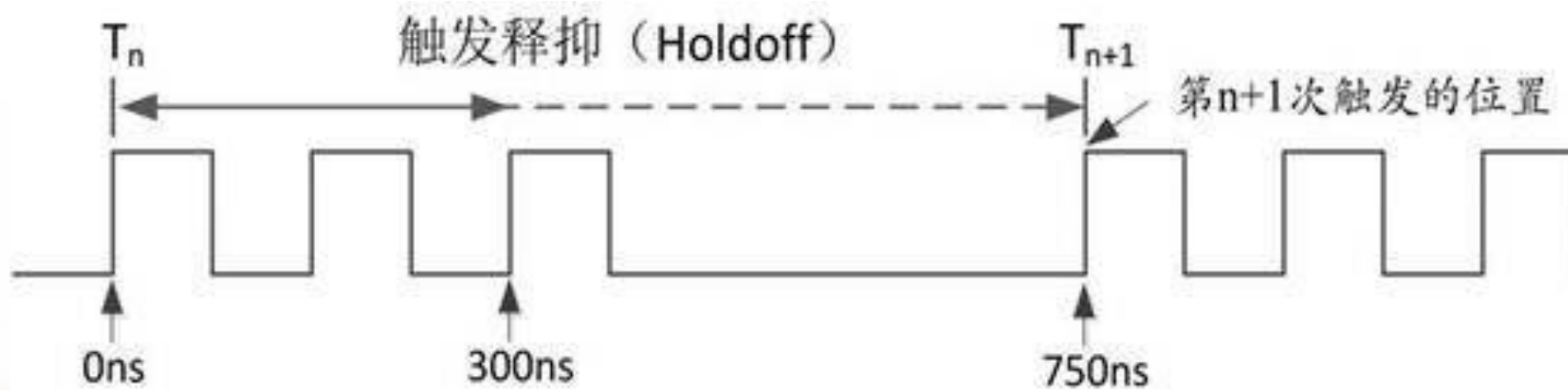
- 触发模式 **Mode**：自动（Auto）、正常（normal）和单次（single）三种触发模式。

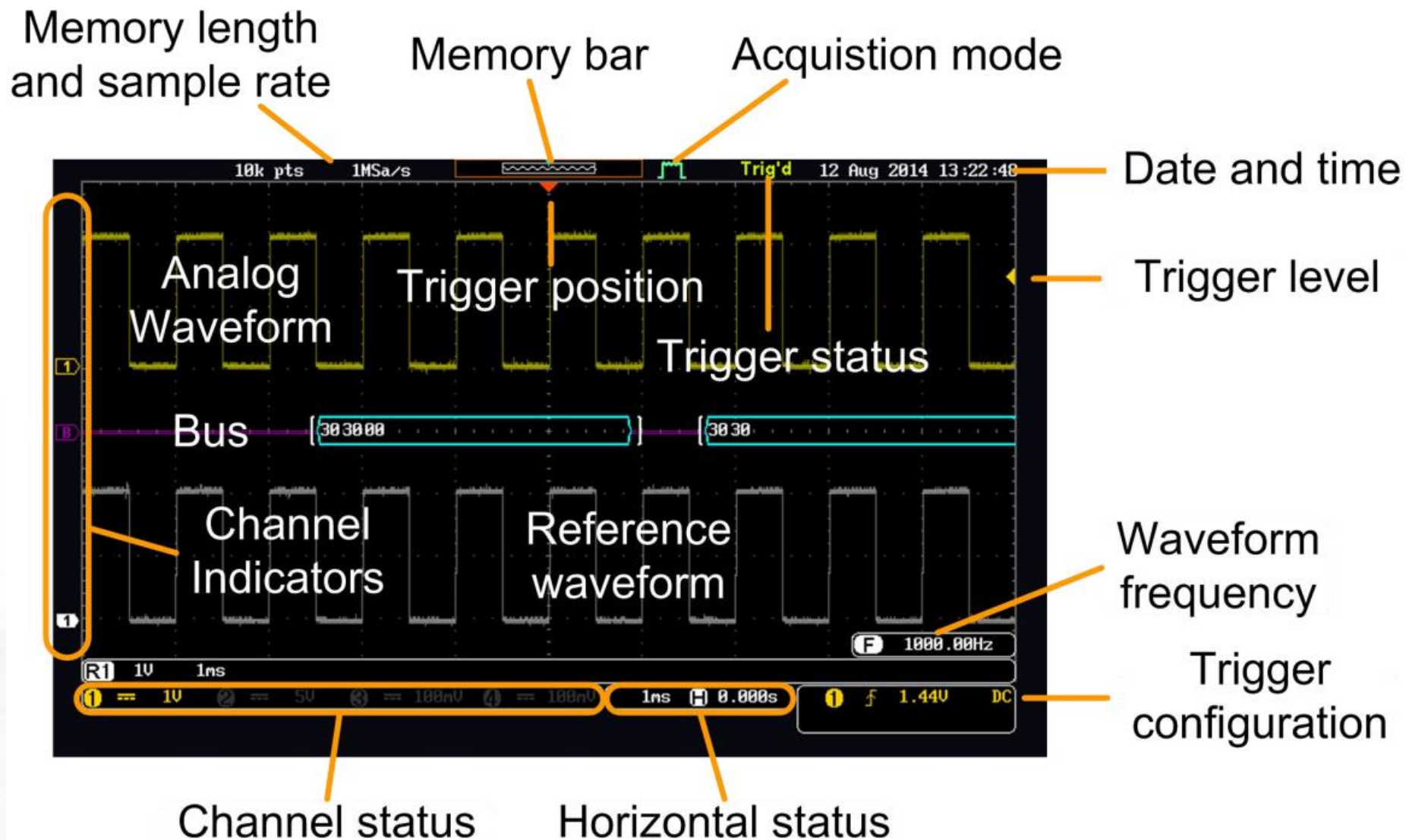
- ✓ 正常和单次仅当满足触发条件时触发并更新波形显示。
- ✓ 单次：仅触发一次。需按下Run/Stop键开启下一次触发。
- ✓ 正常：只要满足触发条件就会一直保持触发和波形更新。
- ✓ 自动：示波器内部自动触发。
- ✓ 自动触发模式下，满足触发条件时触发；若较长时间未满足触发条件，则启动内部自动触发。



触发模式选择

- **释抑时间Holdoff**: 暂时将示波器的触发电路封闭一段时间。  
在这段时间内, 即使有满足触发条件的信号波形点示波器也不会触发。









## ● 触发设置举例

→例1：待测波形是正弦波，频率1kHz，幅度5Vpp，无直流分量，从CH1通道接入。如何设置触发得到稳定显示的波形？

- 1) 按下触发控制区的菜单键（menu），调出屏幕下方的触发菜单；
  - 2) 设置类型为边沿触发；
  - 3) 设置触发源为CH1；
  - 4) 设置触发边沿为上升沿或下降沿触发；
  - 5) 设置触发模式为自动（auto）或正常（normal）；
  - 6) 调整触发控制区的触发电平旋钮，设置触发电平为-2.5V到+2.5V之间（0V最佳）；
  - 7) 调整时基到合适的位置，如1ms/div。
- 按以上设置，可得到稳定显示的波形。

## ● 触发设置举例

→例2：待测信号是方波，频率1MHz，幅度5Vpp，2.5V直流分量，从CH2接入。如何设置可测到方波上升沿的上升时间？

1) 设置触发源为CH2，触发边沿为上升沿，触发电平为2.5V，触发模式为normal或singal（singal模式下，按下面板右上方的singal按键，开启一次捕获）；

2) 调整时基为1us/div，按下一次singal键，得到一次波形显示。

根据波形显示观测方波的上升时间。





# Part 02

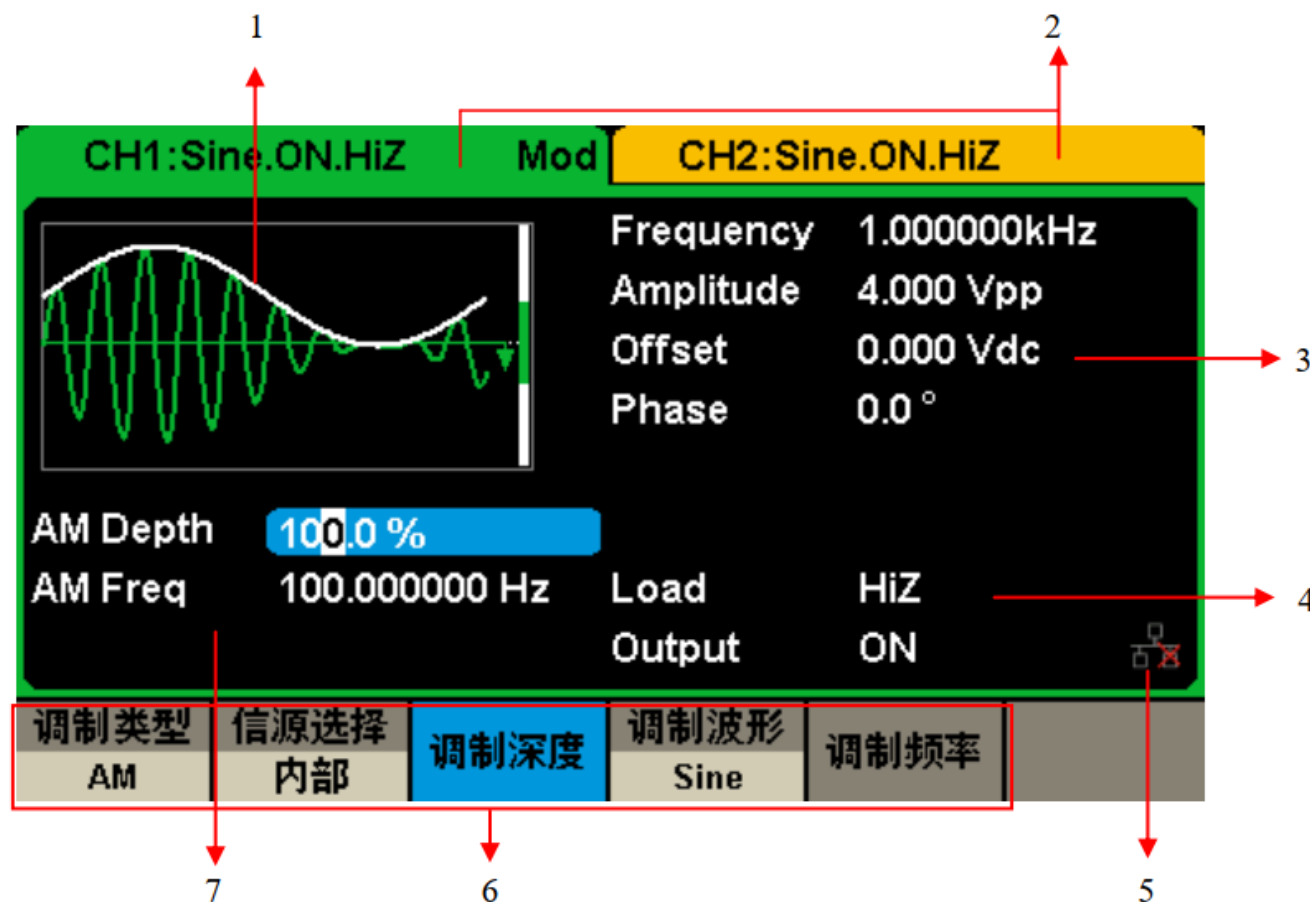
## 信号源基础使用

- 面板介绍
- 基础设置
- 信号输出



## 2.1

## 面板介绍

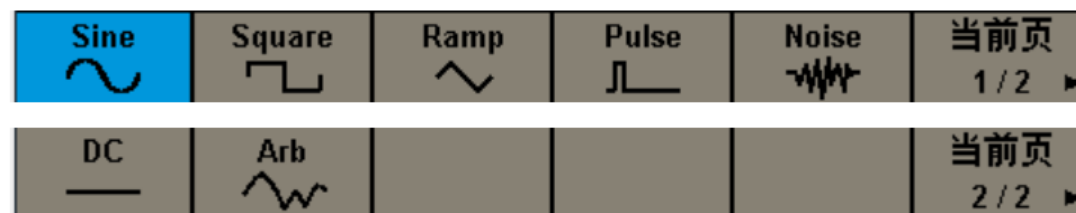
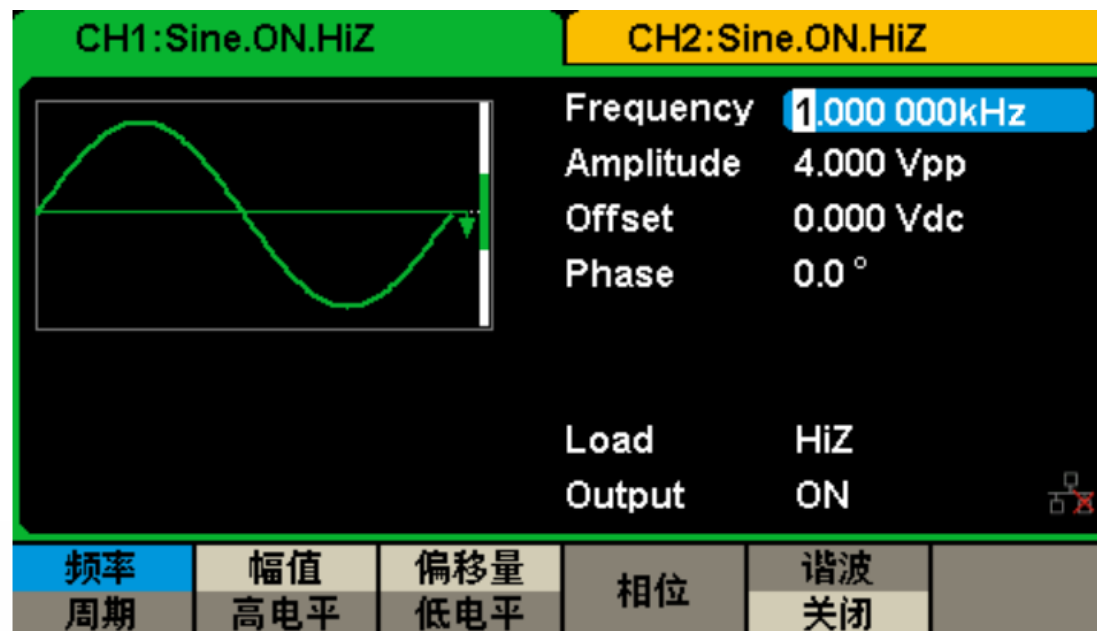


编号	名称
1	波形显示区
2	输出通道配置状态栏
3	基本波形参数区
4	通道参数区
5	网络状态提示区
6	屏幕下方菜单区
7	调制参数区

- 信号参数设置
- 负载阻抗设置
- 输出通道控制

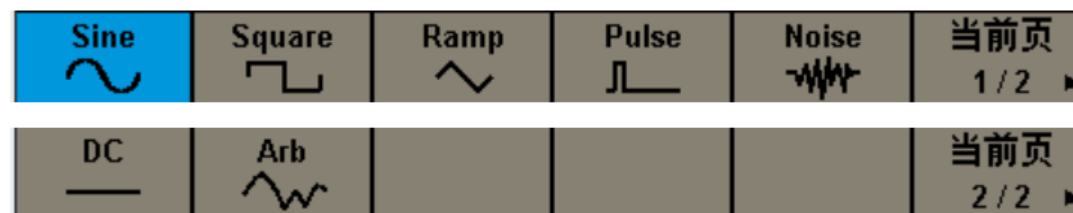
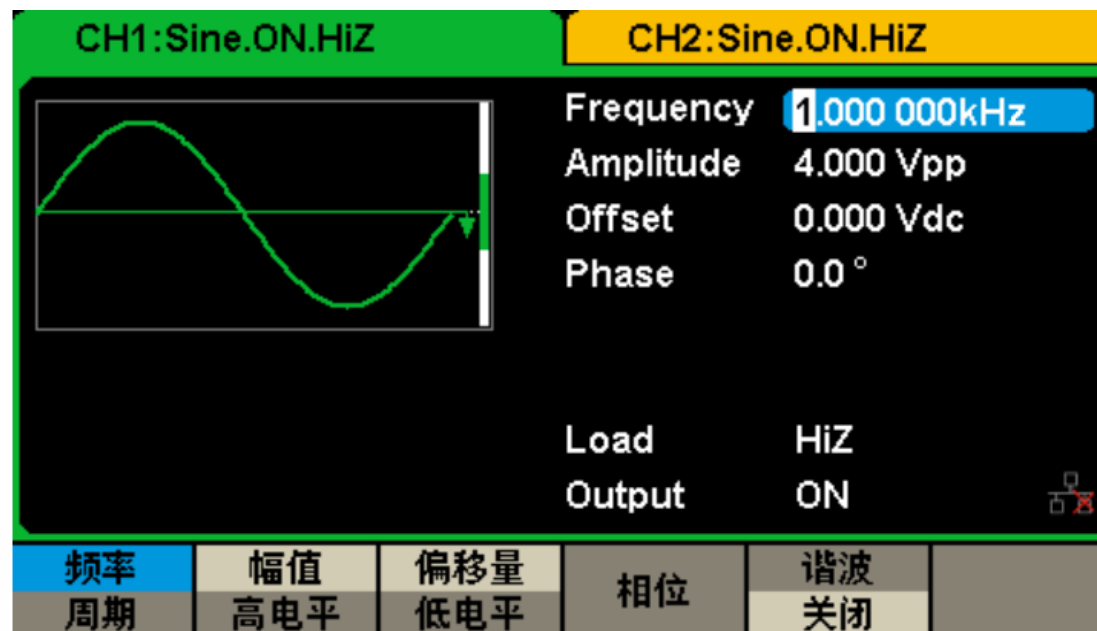
## 2.2 基础设置

- 信号参数设置
- 负载阻抗设置
- 输出通道控制



### ● 信号参数设置

波形  
频率  
幅度  
直流偏移  
相位



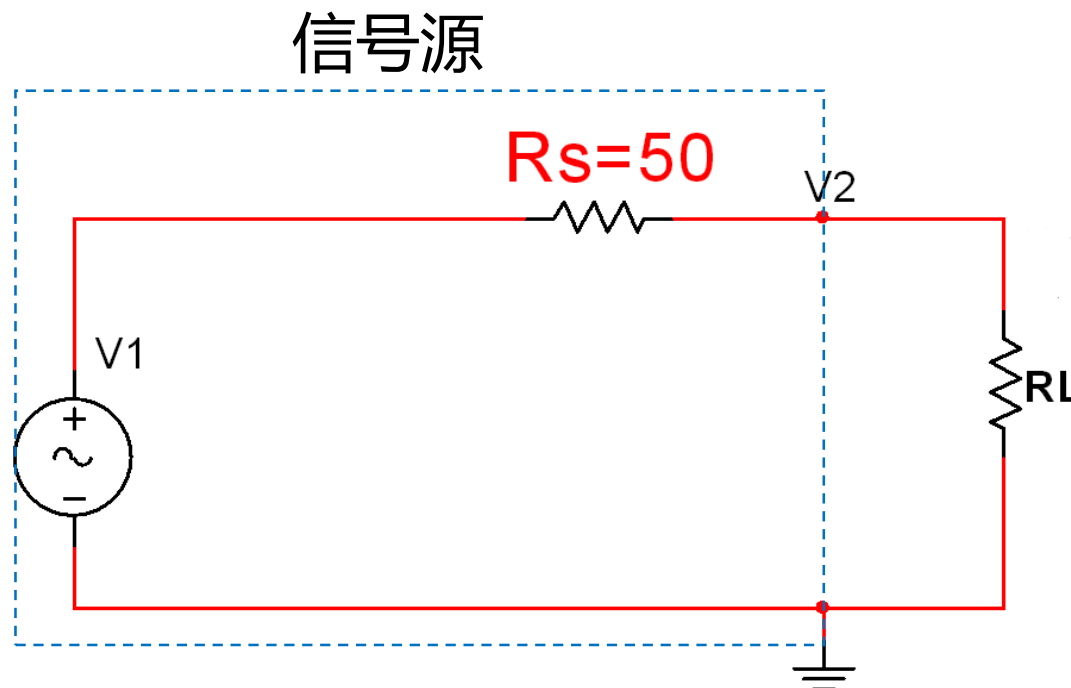


- 负载阻抗设置

信号源实际的输出是V2，但是信号源只能控制V1，不能控制V2，V2由负载阻抗RL决定。

为了让V2输出用户设置的Vpp值，信号源需要知道RL来计算V1。

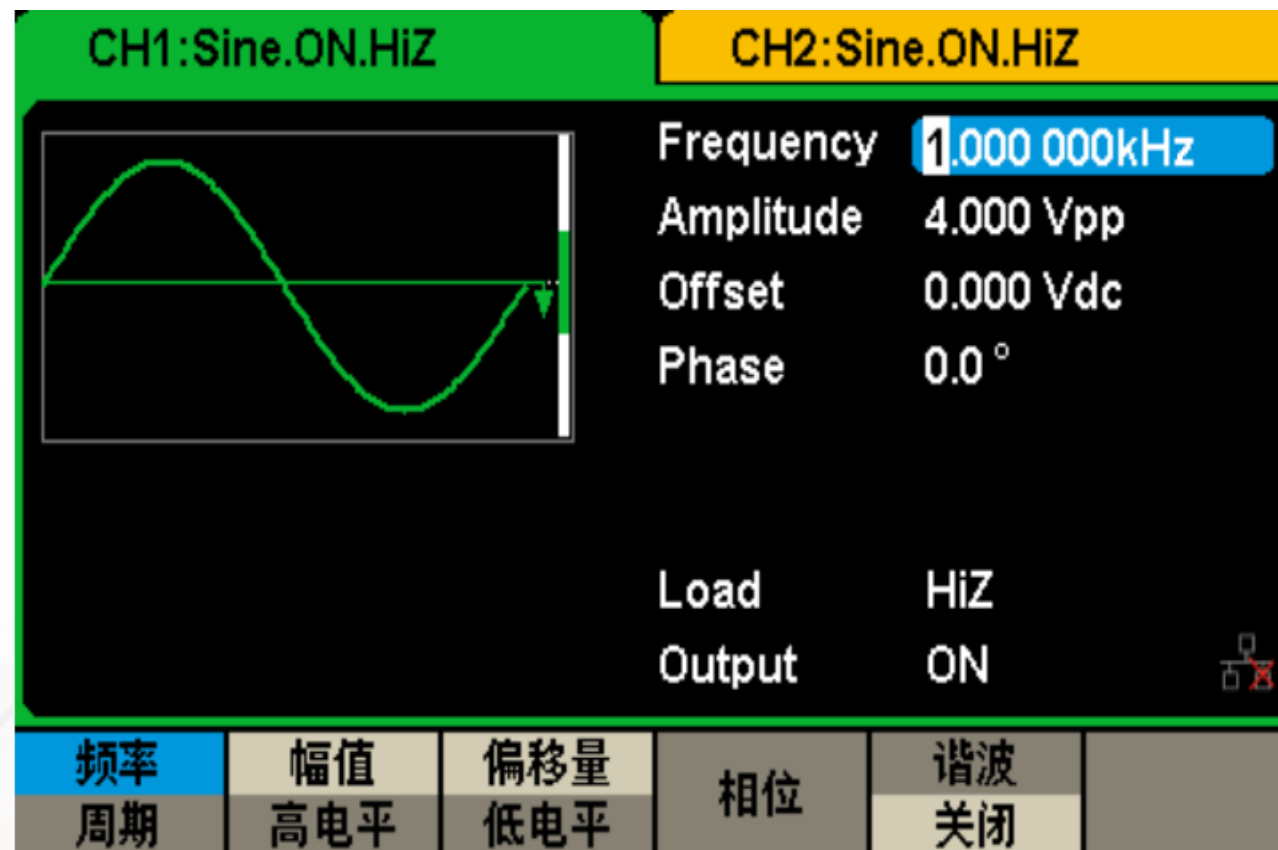
$$V1 = V2 * ((50 + RL) / RL)$$



- ✓ 思考：如果设置负载阻抗为50Ω，而实际的RL为∞，那么此时信号源的输出幅度值与设置的值一致吗？相差多少？

## 2.2 信号输出

- 通道颜色标识
- BNC连接线
- 通道输出开关



## 2.2

# 信号输出

- 通道颜色标识
- BNC连接线
- 通道输出开关



BNC转双鱼夹线

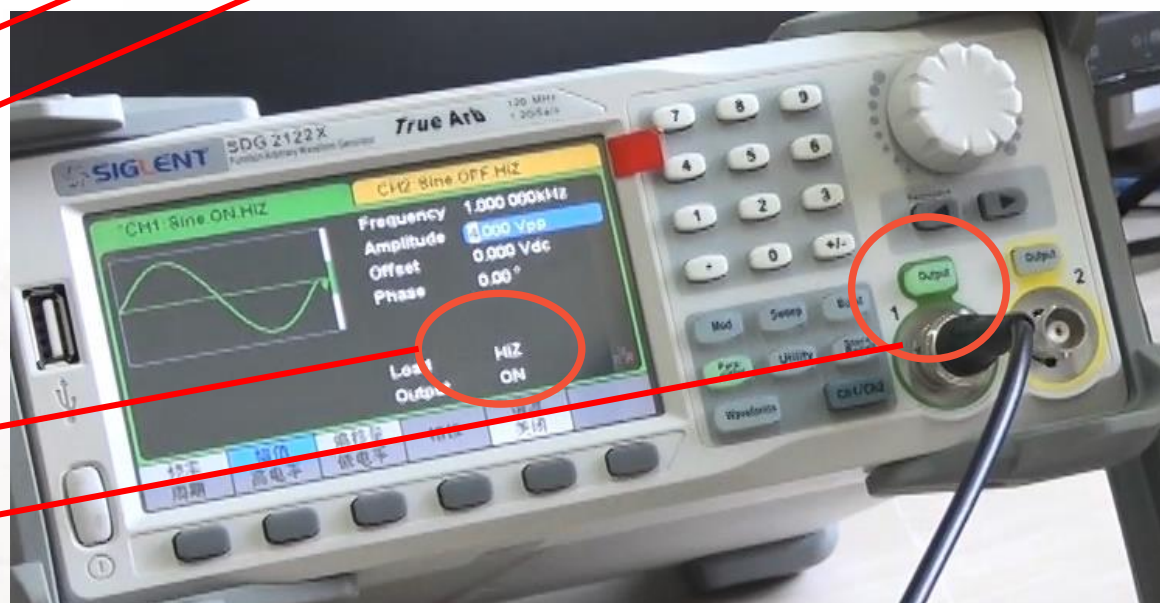
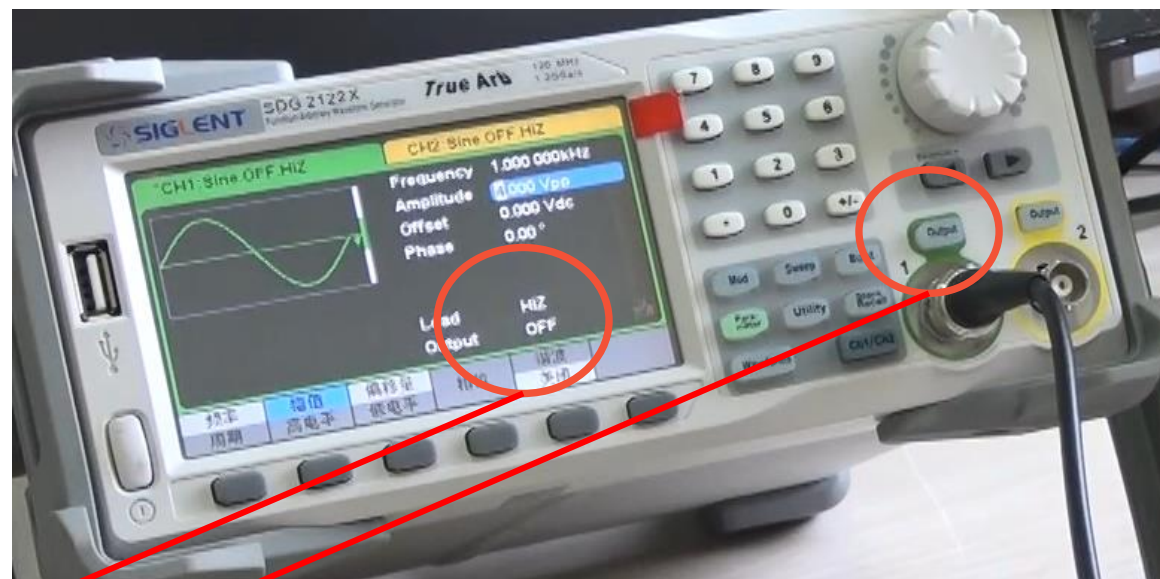


## 2.3 信号输出

- 通道颜色标识
- BNC连接线
- 通道输出开关

➤ 通道输出**关闭**状态：  
 屏幕上：Output Off  
 通道输出控制区：Output 灭

➤ 通道输出**打开**状态：  
 屏幕上：Output ON  
 通道输出控制区：Output 亮





# Part 03

## 实验内容

- 测量示波器的探头补偿信号
- 示波器测量信号源输出的正弦波信号
- 示波器测量信号源输出的方波信号
- 测量示波器的带宽



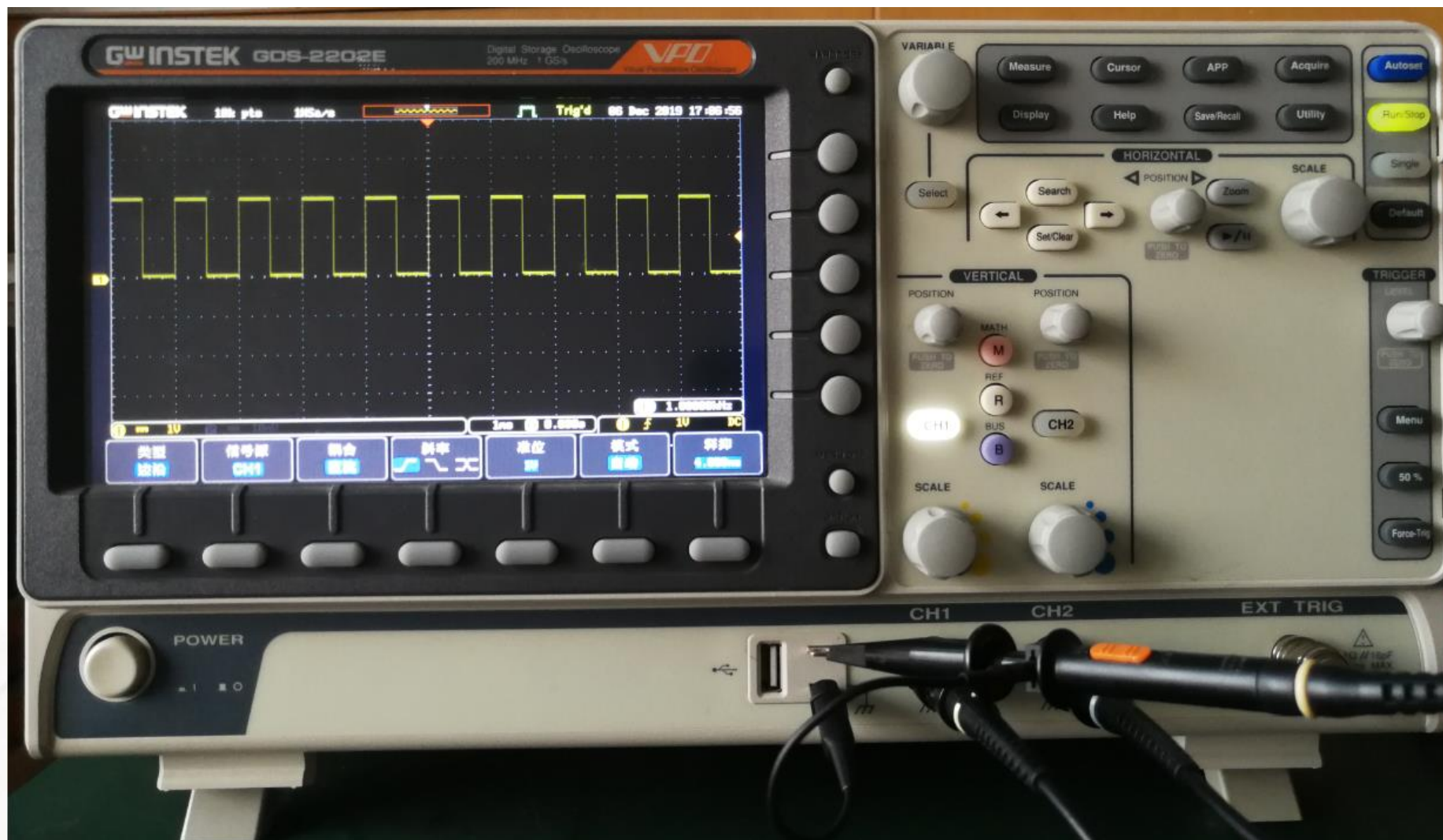


## 3.1 测量示波器的探头补偿信号

1. 打开示波器电源，CH1接上示波器探头，探头的另一侧连接探头补偿信号。按Autoset键，观察并记录波形；记录此时的时基和垂直刻度，使用数格子方法获取波形的电压峰峰值 $V_{pp}$ 和频率 $F$ 。
2. 调整时基，观察信号的变化；当时基改变时，波形的显示如何变化，波形的频率是否发生变化？
3. 调整垂直刻度，观察信号的变化；当改变垂直刻度时，波形的显示如何变化，波形的幅度是否发生变化？
4. 打开触发菜单，观察此时的触发设置。调整触发电平到信号幅度之外，观察信号的变化。

✓ 思考：若没有Autoset键，要如何设置时基和垂直刻度来保证信号的正确显示？

## 3.1 测量示波器的探头补偿信号

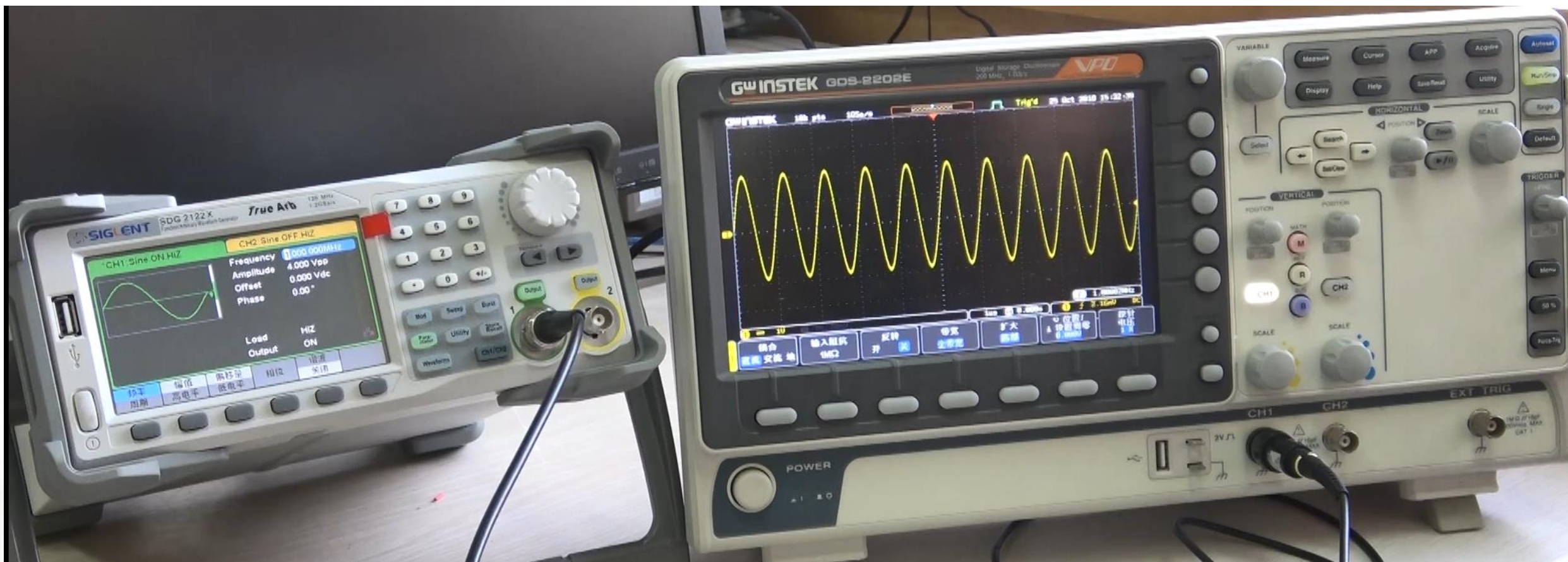




1. 设置信号源CH1输出：正弦信号，1KHz、峰峰值5V、无直流偏移、负载为高阻，双鱼夹线接到CH1通道；示波器探头接到CH1，示波器探头和双鱼夹线连接，注意黑色夹子连接到一起，红色夹子连接到一起；
2. 合理操作示波器，使波形稳定清晰的显示。  
记录时基、垂直刻度并记录波形；  
根据时基和垂直刻度估算信号的幅度和频率；  
观察示波器测得的Vpp，Vpp=5V？
3. 设置信号源，改变正弦信号频率，不改变峰峰值。  
观察示波器捕获的波形的峰峰值随频率的变化情况，分析原因。记录关键点的波形及示波器参数设置。

✓ 思考：示波器的带宽对实际测量有什么影响？







## 示波器测量信号源输出的方波信号

1. 设置信号源CH2输出1KHz、峰峰值5Vpp、无直流偏移、负载为高阻的方波信号；双鱼夹线接到CH2通道；打开CH2通道。
2. 示波器探头连接示波器的CH2通道，探头和双鱼夹线连接，打开示波器CH2通道，关闭CH1通道。
3. 调整示波器的时基、垂直刻度及触发控制，使波形稳定清晰的显示。记录此时的时基和垂直刻度以及示波器波形。
4. 改变方波频率为1MHz、10MHz、20MHz，观察并记录波形。

✓ 思考：示波器捕获的方波边沿随着频率有何变化？分析原因。





1. 信号源输出5V峰峰值、无直流分量、负载为高阻的正弦波；
2. 改变正弦波的频率，用示波器观察峰峰值降为 $5 \times 0.707 = 3.5\text{V}$ 时的正弦波的频率，该频率即为要测量的示波器的带宽。记录该频率值。

✓ 思考：分析这种测量方法存在的问题。



## 测量示波器的带宽

1. 信号源可输出的最大频率为120MHz，示波器的带宽为200MHz。
2. 测量结论：在探头X10档下，示波器测到了约100MHz的带宽，X1档下测到了约10MHz的带宽。
- ✓ **思考：示波器的带宽是200MHz，为什么仅测到了10M/100M的带宽？**
3. 原因：示波器探头本身有一定带宽限制，信号源的双鱼夹线也有自身阻抗，会影响测量结果。
4. 为避免连接线和信号源本身的带宽限制的影响，使用高频信号源，且使用BNC转BNC的短线直接连接信号源和示波器，实际测得示波器的带宽为250MHz。
5. 经和固纬的工程师确认，GDS2202E的带宽标的是200MHz，但其实留有裕量。示波器在内部采集前做了一个250MHz的滤波限制，减少250MHz以上的噪声的混叠进入，以降低测量的底噪、提高测量精度。所以在使用更正确的方法测量后，得到了250MHz的带宽。



# Part 04

## 实验报告要求

- 实验内容
- 实验原理
- 结果和分析
- 总结和思考题



### ◆ 实验报告应至少包含

1. 实验内容
2. 实验原理
3. 实验结果及分析
4. 总结和回答思考题

实验报告模板 →

## 电子技术实验 2 实验报告

学号:

班级:

姓名:

### 1 仪器基础

#### 一 实验内容

- 1.1 示波器测量探头补偿信号
- 1.2 示波器测量信号源输出的正弦波信号
- 1.3 测量示波器的带宽

#### 二 实验原理

- 2.1 示波器的基本使用  
描述示波器的 3 个面板逻辑: 垂直控制、水平控制、触发控制  
主要按钮和对显示波形的影响
- 2.2 信号源的基本使用  
描述信号源相关的基本使用方法和关键点, 如输出阻抗等
- 2.3 静态 1 险象原理分析

#### 三 实验结果及分析

#### 四 总结和回答思考题

回答实验内容中涵盖的思考题



# Part 05

## 下一次实验内容

- 竞争与险象的实验观测