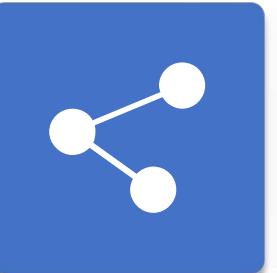




示波器的使用

浙江大学 物理实验教学中心



目录

CONTENTS

实验背景

EXPERIMENT BACKGROUNDS

实验目的

EXPERIMENT OBJECTIVE

实验原理

EXPERIMENT PRINCIPLE

1

2

3

4

5

6

实验装置

EXPERIMENTAL DEVICE

实验内容

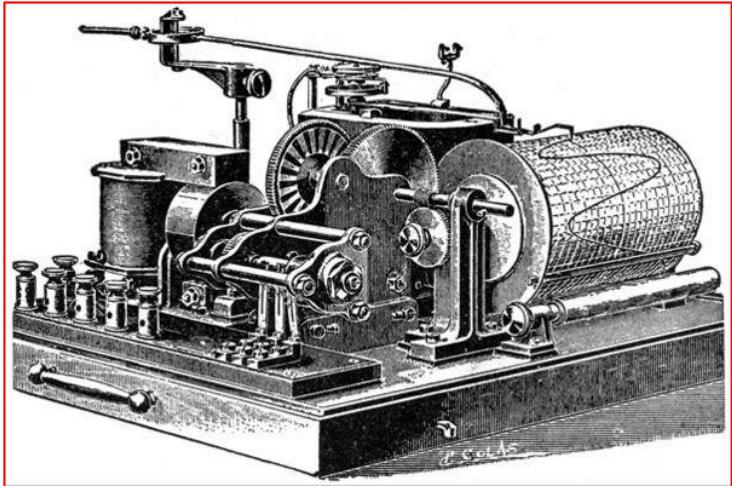
EXPERIMENT CONTENT

思考题

EXERCISES

1

EXPERIMENT BACKGROUNDS 实验背景



Hospitalier Ondograph
波形记录器



(Braun KF, 1850-1918)

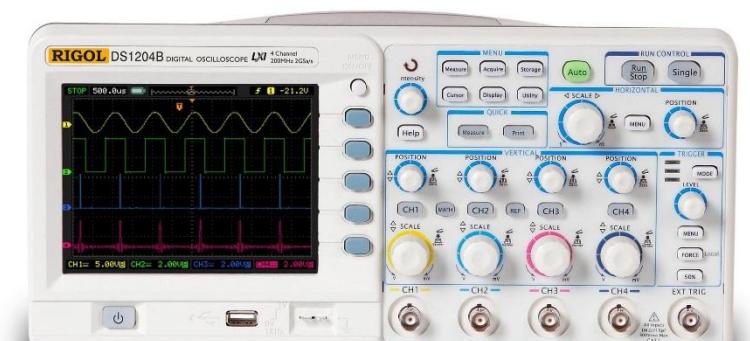
诺贝尔奖获得者、
德国物理学家K.F.布劳恩



ART- Analog Real Time Oscilloscopes



CRT (Cathode Ray Tube) 示波器, 1950年



DSO-Digital Storage Oscilloscopes

2

EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的



- 从物理学角度了解示波器的结构和工作原理，了解示波器的扫描原理。
- 熟悉示波器面板旋钮的功能，掌握示波器的调节和使用方法。
- 学习用示波器观察信号波形，并测量其幅度大小、周期（或频率）、相位。
- 掌握用李萨如图形测量正弦信号频率的原理和方法。

3

EXPERIMENT PRINCIPLE 实验原理

3.1 示波器原理

示波器能将振荡信号以波形（正弦波、方波、锯齿波）显示在荧光屏上。它由示波管、放大器（包括X轴放大和Y轴放大）、扫描与触发同步系统和电源四个基本部分组成。

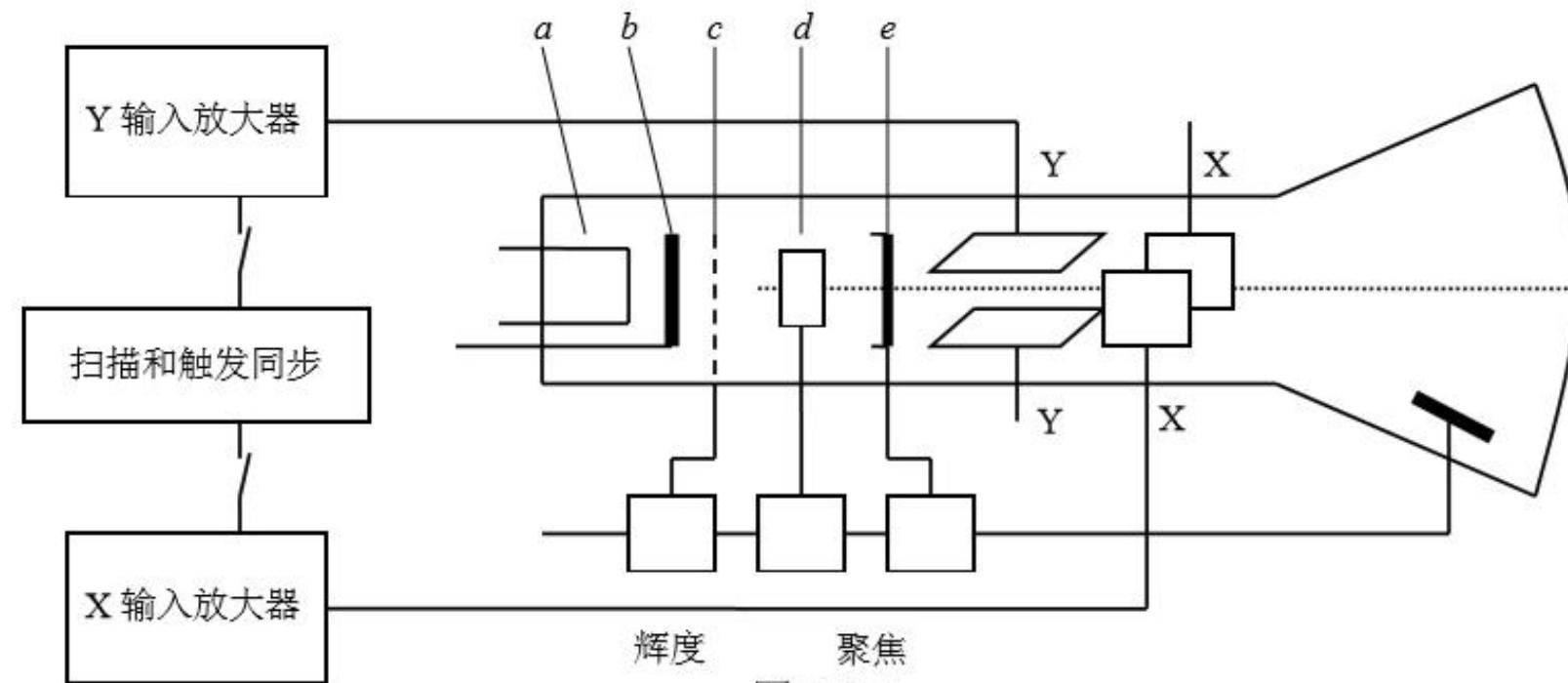
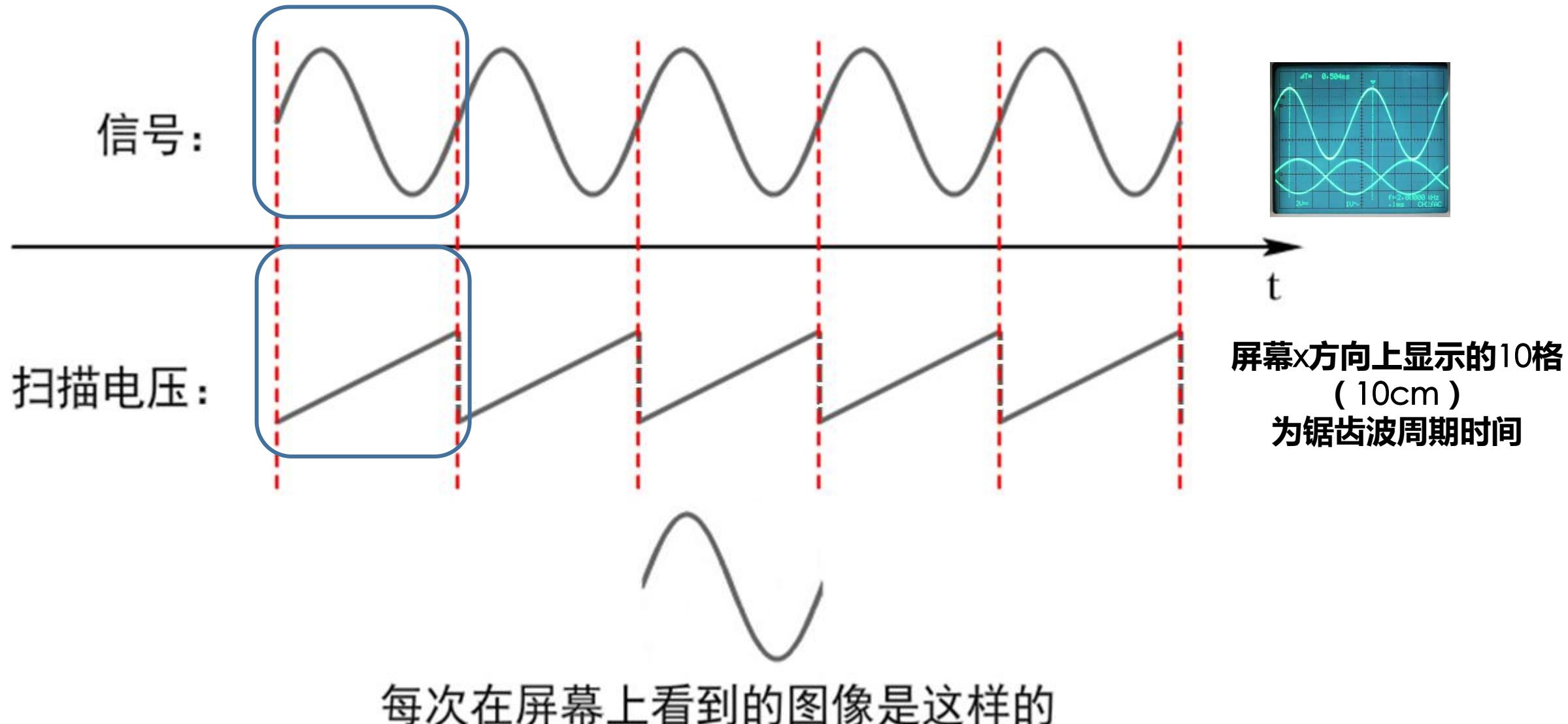


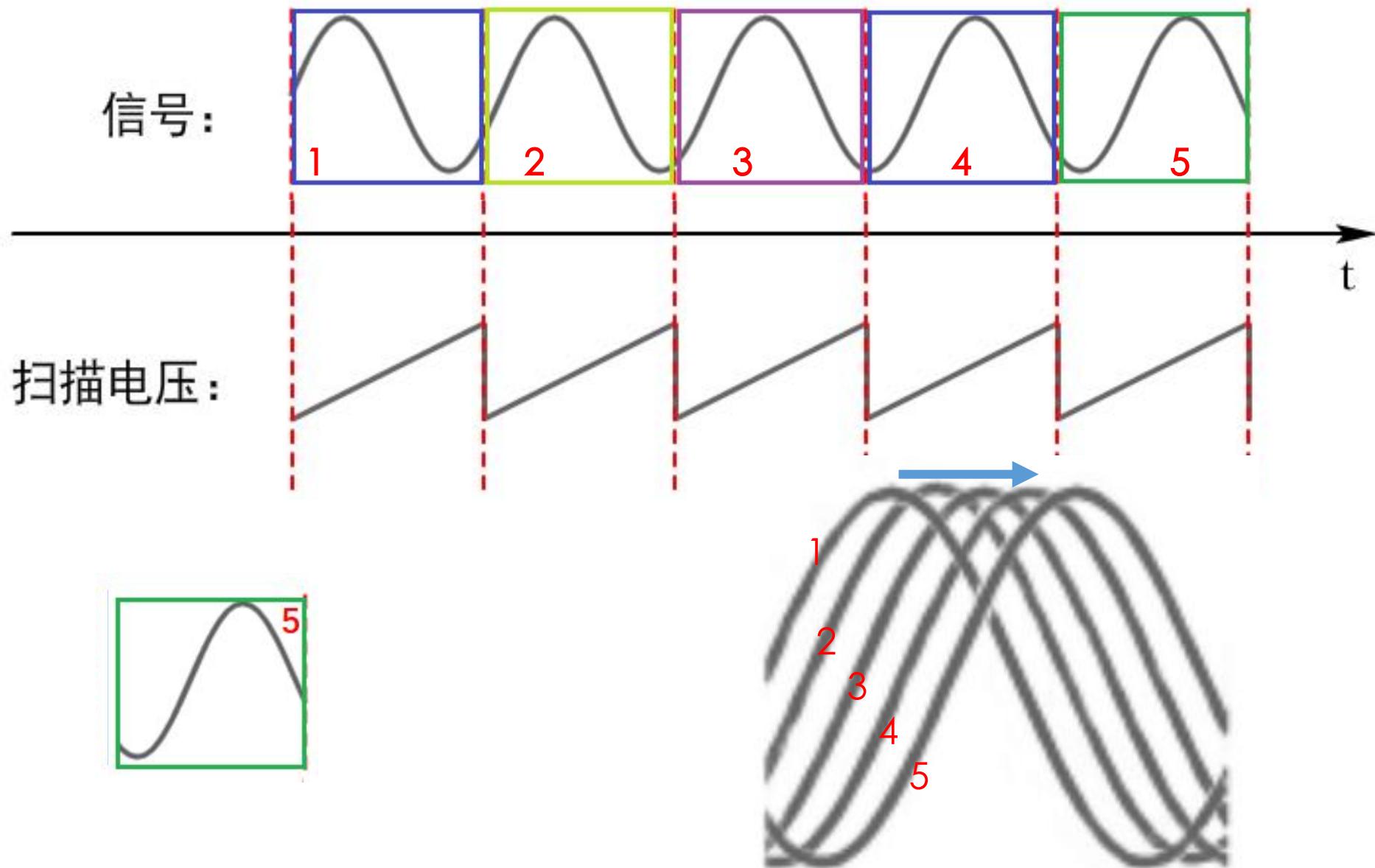
图 4-1-1

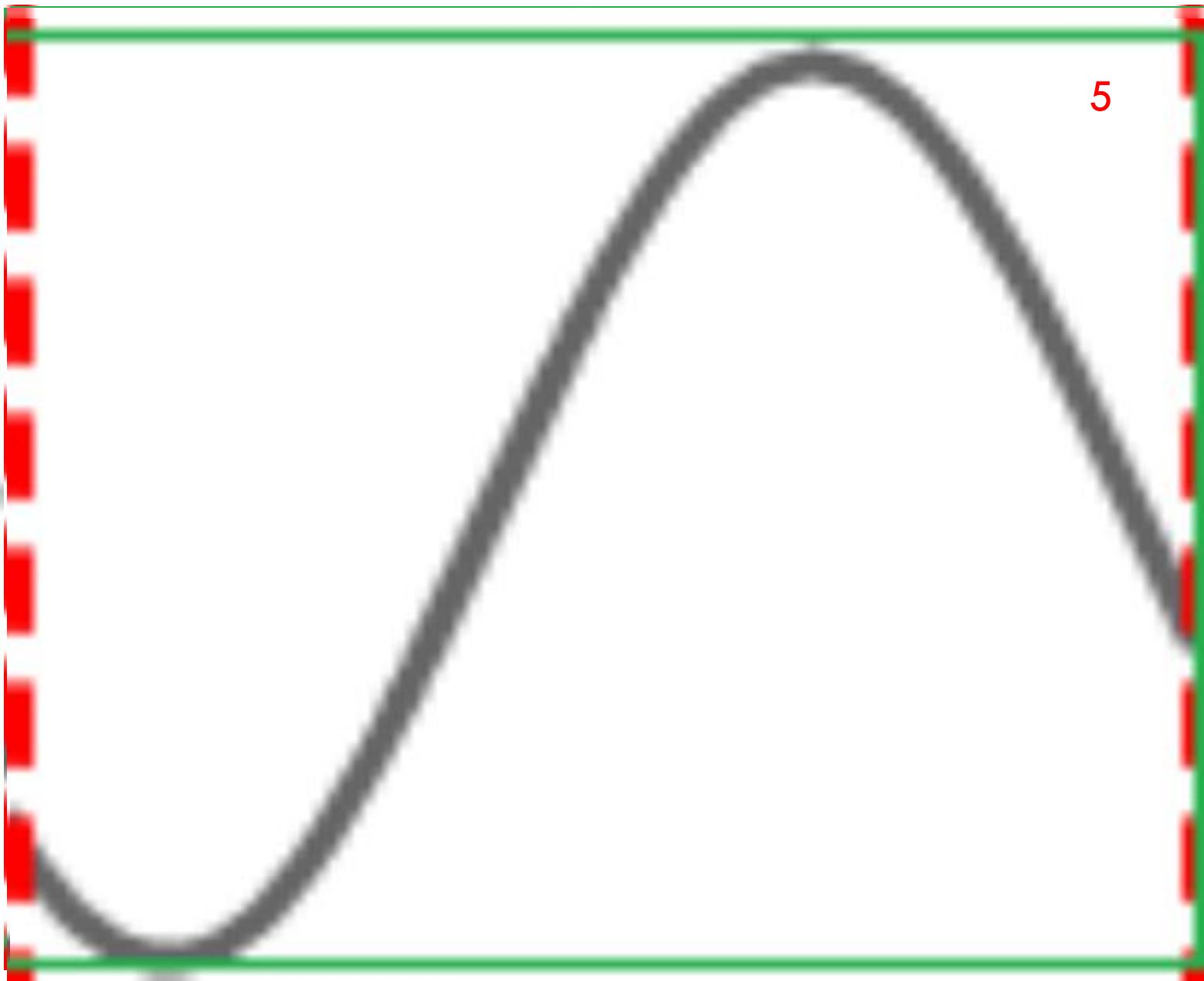
(a-灯丝, b-阴极, c-栅极, d-聚焦阳极, e-加速极)

信号周期为扫描周期的整数倍时，例如信号周期等于扫描周期时

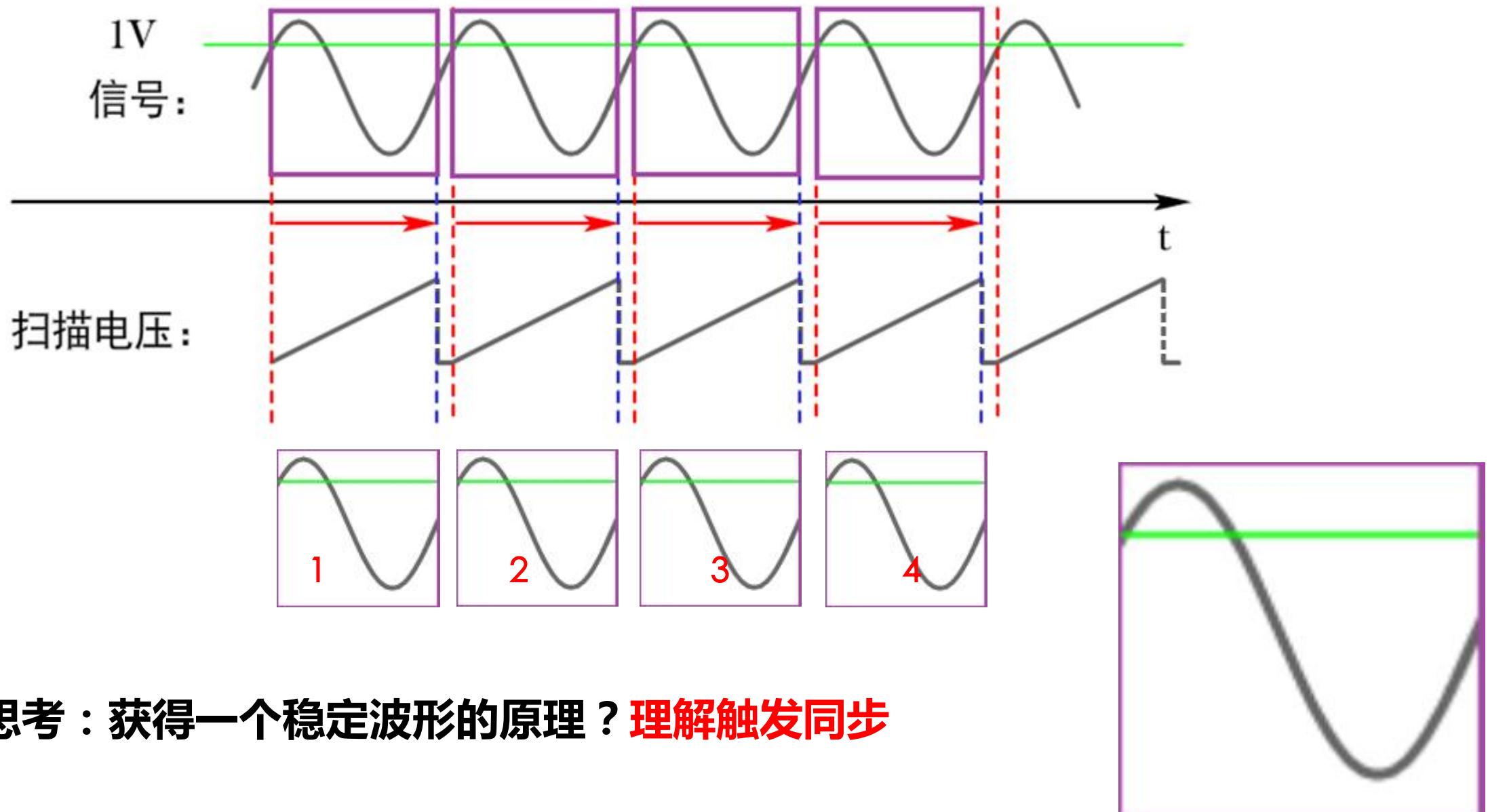


信号周期略大于扫描周期时，波形右移





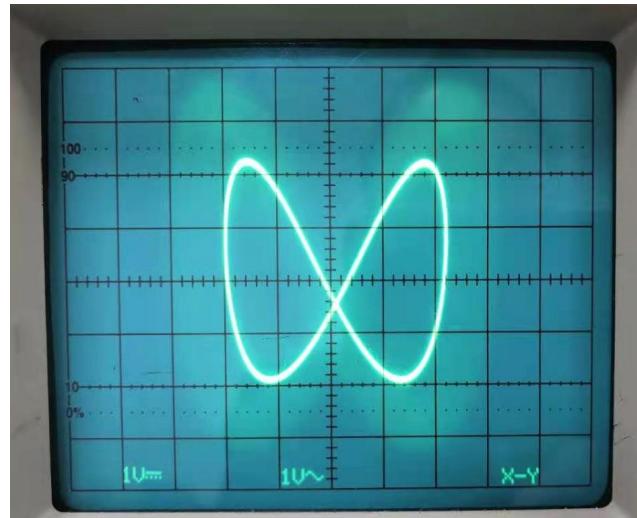
触发扫描同步，可获得稳定的波形



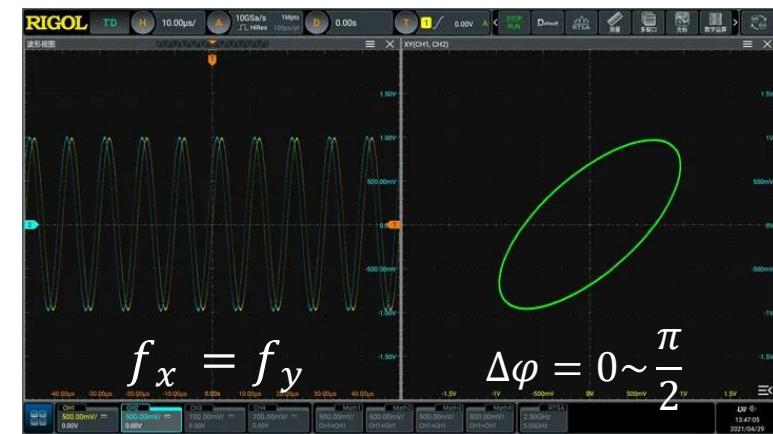
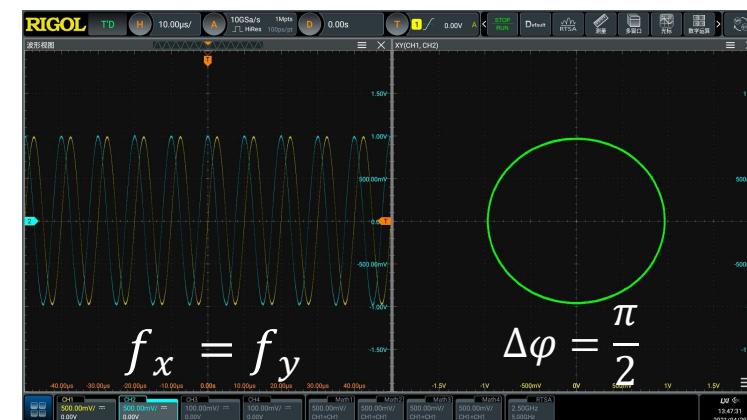
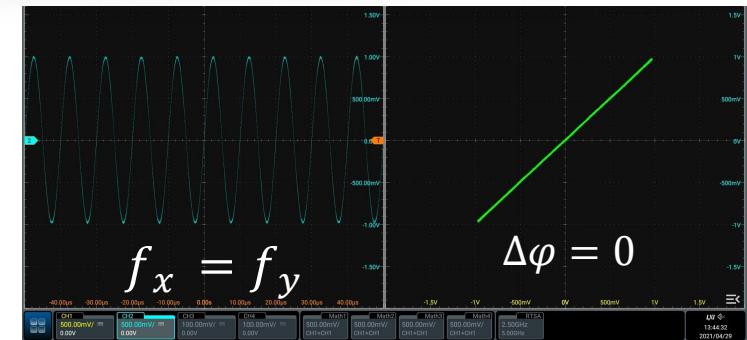
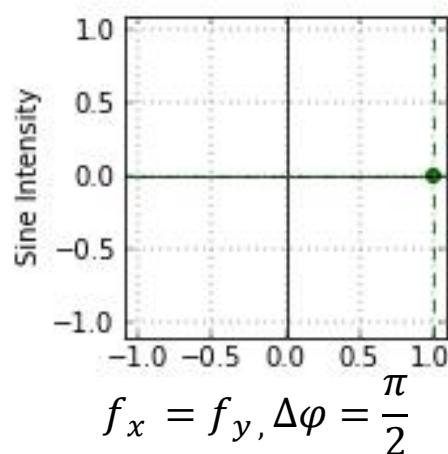
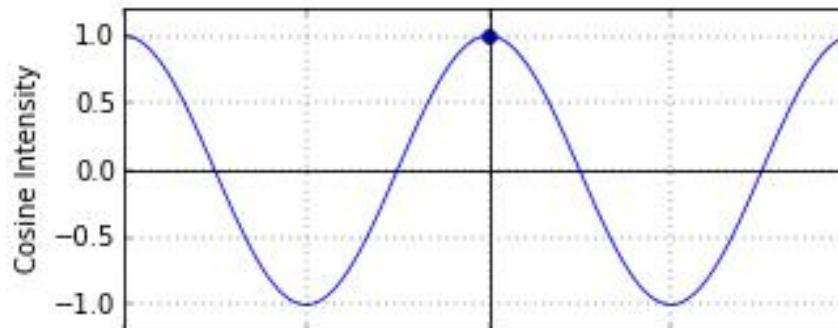
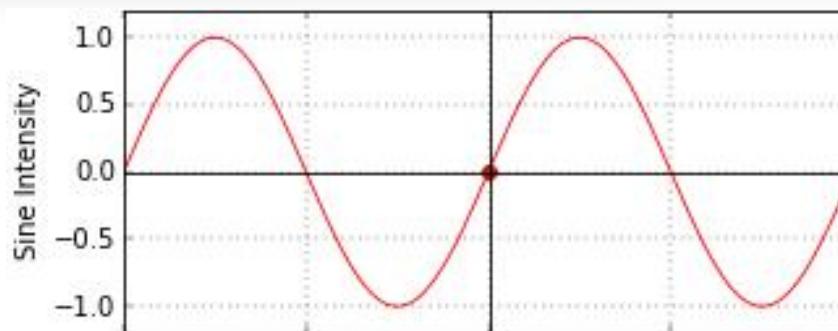
思考：获得一个稳定波形的原理？**理解触发同步**

3.2 李萨如图原理

- 相互垂直的两个振动的叠加；
- 当相位差恒定，振动频率是质数比，可以形成稳定的李萨如图；
- 可作于测量未知信号的频率。



X-ch1信号输入
Y-ch2信号输入



信号频率和该轴上交点的数量成反比

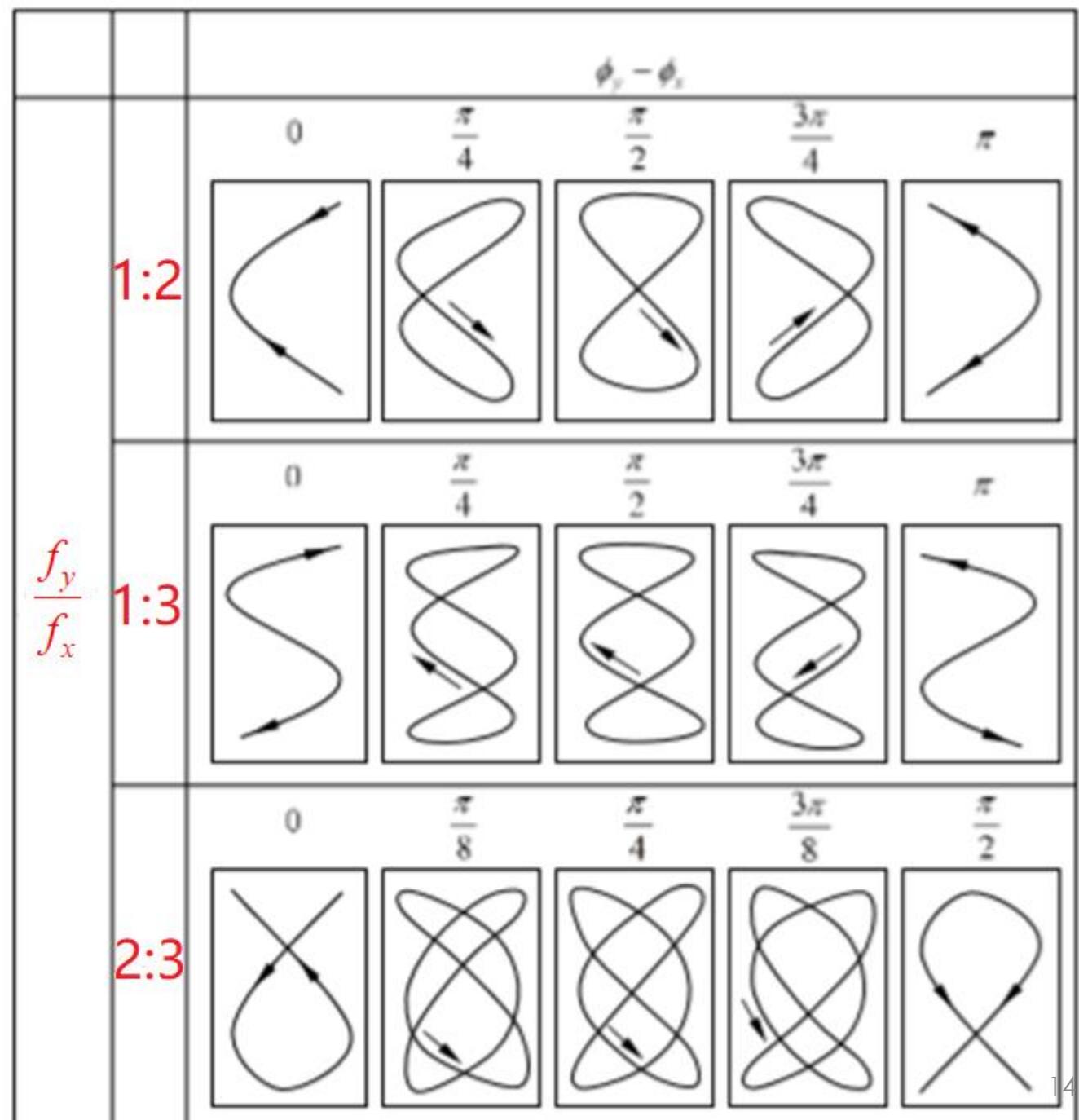
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{T_x}{T_y} = \frac{N_x}{N_y}$$

$$f_y = \frac{N_x}{N_y} f_x$$

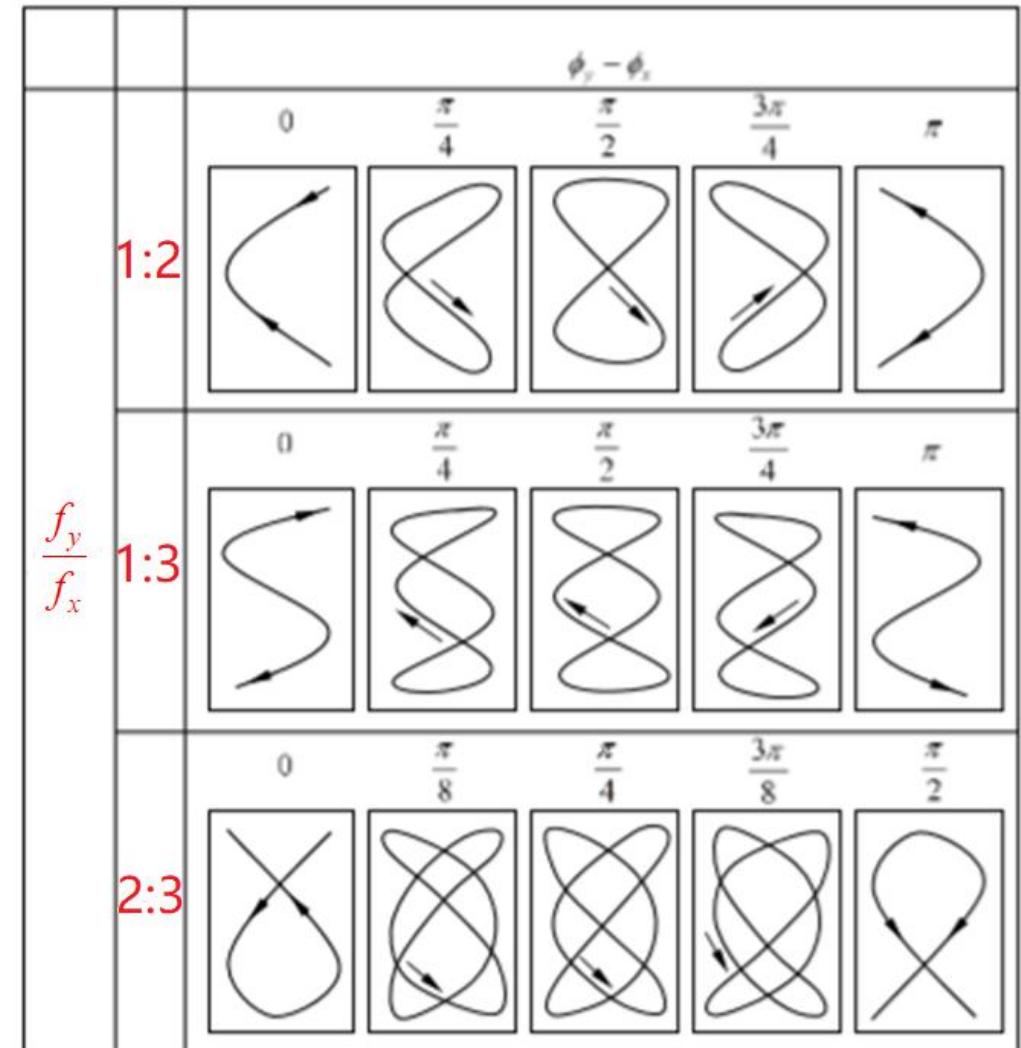
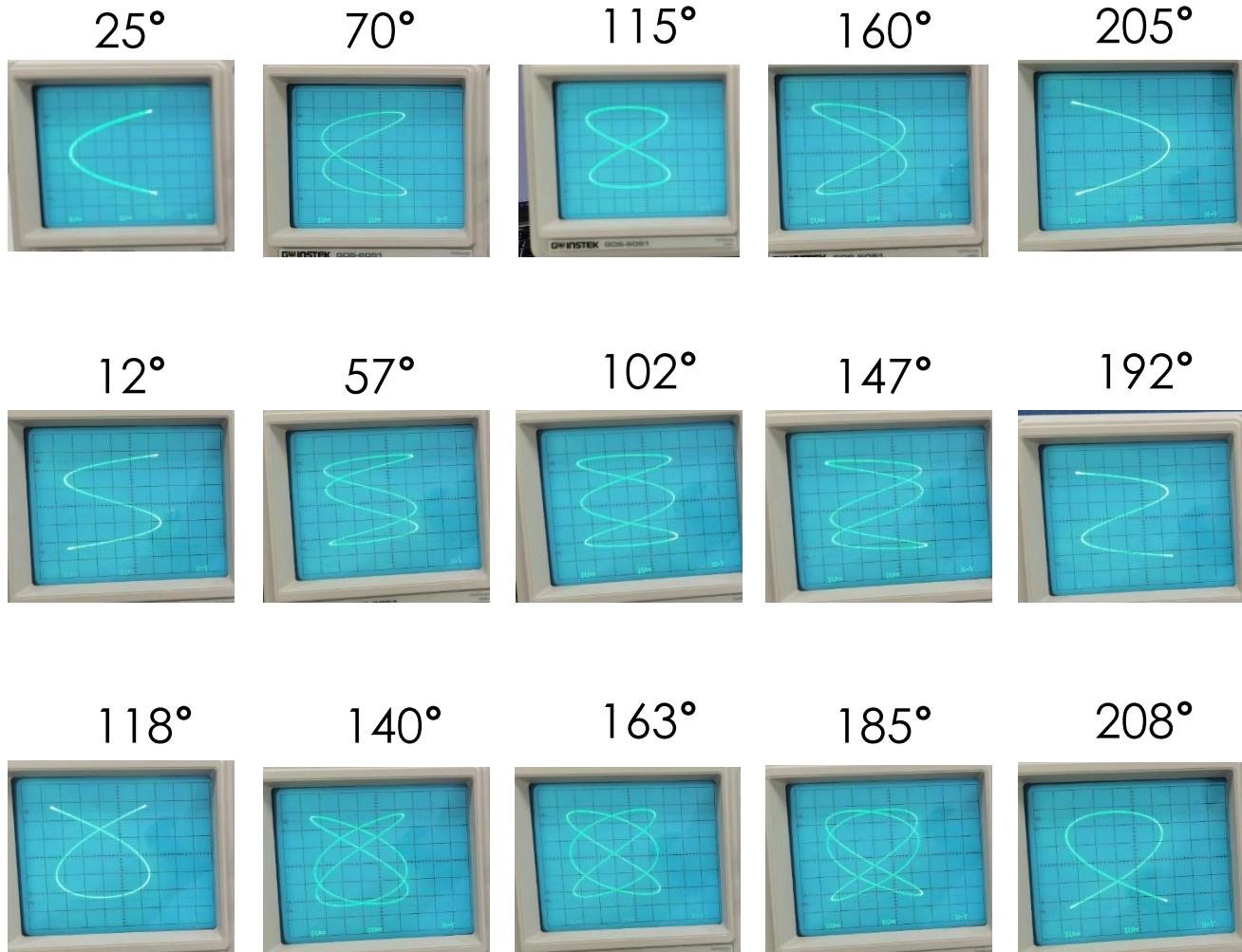
已知一通道信号 (Ch1-X) 频率



可测量未知信号 (Ch2-Y) 的频率 (或相位差)



不同频率比、相位差下的李萨如图形



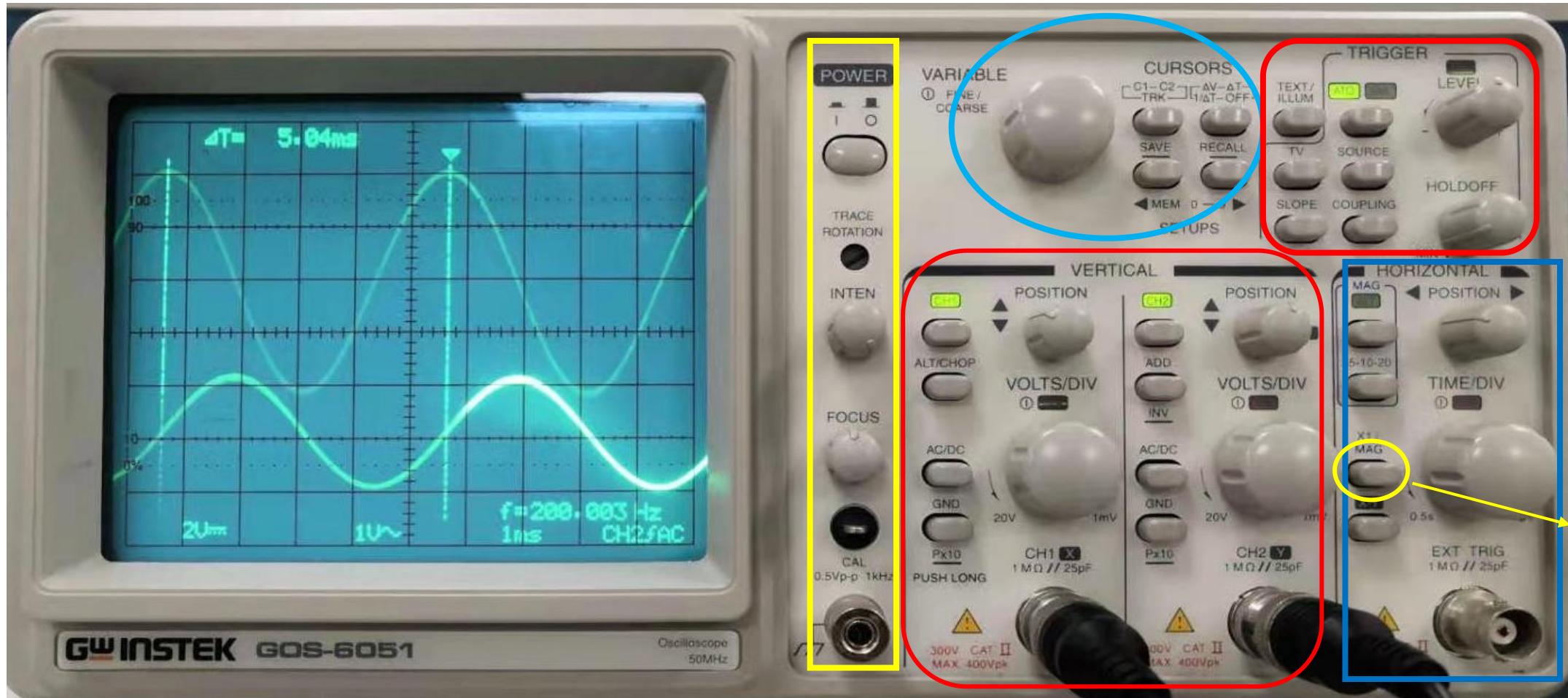
4

EXPERIMENTAL DEVICE

实验装置



4.1 示波器



长横线：长按按钮后的功能，一般用不到

ALT/CHOP: (两个通道) 断续显示/交替显示

AC/DC: 交流/直流 耦合

GND: 将该通道信号接地

Px10: 放大10倍 (MAG也表示放大)

ADD: 两个信号相加
并在屏幕上出现 “+”

X轴和Y轴分别施加外接ch1、ch2信号
(李萨如图形)



TRIGGER(触发) :
获得稳定波形的操作步骤

依次调节

Auto

**SOURCE (触发源) --选CH1/CH2
COUPLING (触发耦合方式) --选AC
LEVEL (触发电平) -至黄灯亮(在信号电压的范围内)**

➤ SOURCE (触发源)

- CH1: 参考通道一信号
- CH2: 参考通道二信号
- VERT: 参考全部信号 (的频率)
- LINE: 参考市电~50Hz/60Hz (的频率)
- EXT: 参考外部输入信号 (的频率)

➤ COUPLING (触发方 式)

- AC: 交流耦合
 - LFR: 过滤低频
 - HFR: 过滤高频
- **Slop:** 上升沿触发 f
下降沿触发 t



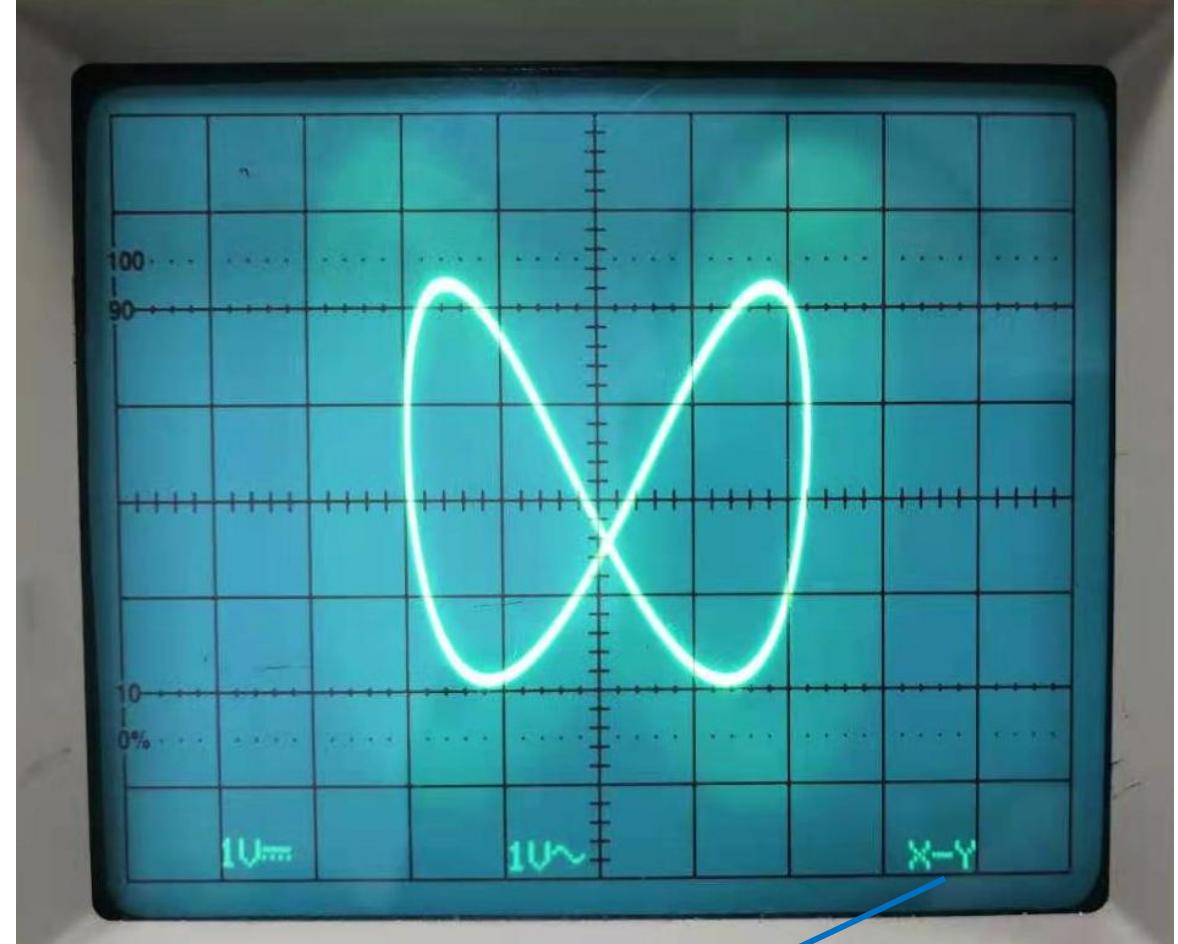


CH1: DC/ D=2V/DIV

$Q=0.1\text{ms/div}$

CH2: AC/ D=1V/DIV

A模式（扫描模式，触发源CH2）



X-Y模式 (李萨如图模式)

4.2 信号发生器



输出函数信号
函数：正弦、频率、幅度、偏置 (0mV)



输出屏幕上设定参数的信号
作为已知信号



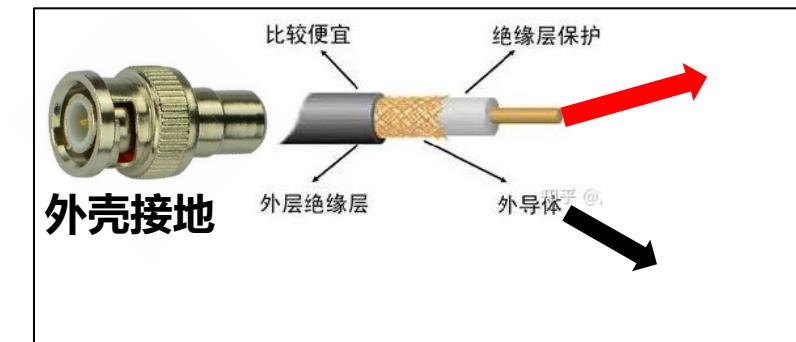
选择位数



选择单位

背后还有一根线（输出~50Hz正弦交流信号）当作未知信号

同轴电缆 BNC接头，全称是Bayonet Nut Connector（刺刀螺母连接器）。主要用于串行数字接口视频信号、业余无线电天线、航空电子、测试设备等。这种同轴接头，可以使信号串扰减少。



直接按数字也行

5

EXPERIMENT CONTENT

实验内容



5.1 用比较法验证: $f_y = nf_x$

选择扫描时基信号: 0.5ms/div, 相当于扫描频率为 $f_x = 200Hz$ 。

细心调节信号发生器的输出频率, 使示波器全屏显示1个、2个。。。完整周期的波形。

| 波形个数n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|
| 测量 f_y (Hz) | (调节并记录至最小单位为小数点后一位 (0.1HZ) 即可) | | | | | |
| 计算 f_x (Hz) | | | | | | |

$$\text{结果: } \bar{f}_x = \frac{\sum f_{xi}}{6} = \dots \text{ 和 } E = \frac{|\bar{f}_x - 200|}{200} = \dots$$

理解: 用信号发生器检验示波器扫描时基 (时基是一个时间显示的基本单位, 时间基准) 的精度, 注意 f_y 的有效位数和百分误差的位数选取。

5.2 用李萨如图测量未知信号的频率

- 1、用信号发生器背后一根待测信号线(约为 50Hz)，输入示波器“CH2”通道，作为Y轴；
- 2、用信号发生器的CH1输出信号作为已知频率信号，输入示波器“CH1”通道，作为X轴信号；
- 3、示波器调节X-Y模式，调节信号发生器的输出频率 f_x ，仔细调节(调到三位小数)直到出现稳定的李萨如图形，画出图形，并按比例得到相应的 f_y 。

| $f_y : f_x$ | 1:1 | 1:2 | 1:3 | 2:1 | 3:1 | 2:3 |
|-------------|-----------------------------------|-----|-----|--|-----|-----|
| 图形 | | | | | | |
| 垂直交点数 N_y | | | | | | |
| 水平交点数 N_x | | | | | | |
| f_x (Hz) | | | | | | |
| f_y (Hz) | | | | | | |
| 结论 | $\bar{f}_y = \sum_{i=1}^6 f_{yi}$ | | | $E = \frac{\bar{f}_y - 50\text{Hz}}{50\text{ Hz}}$ | | |

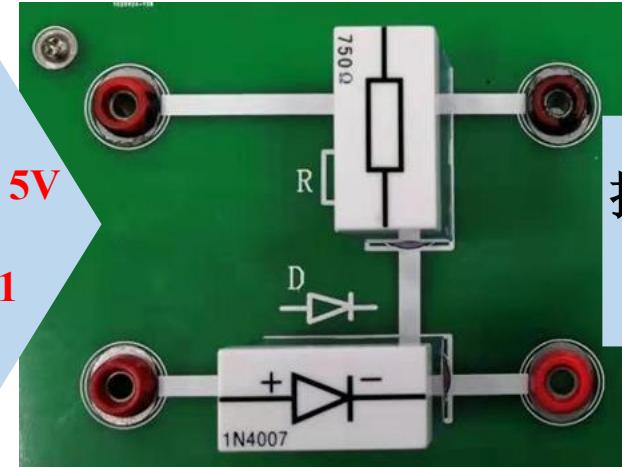
$$f_y = \frac{N_x}{N_y} f_x$$

$$\bar{f}_y = \sum_{i=1}^6 f_{yi}$$

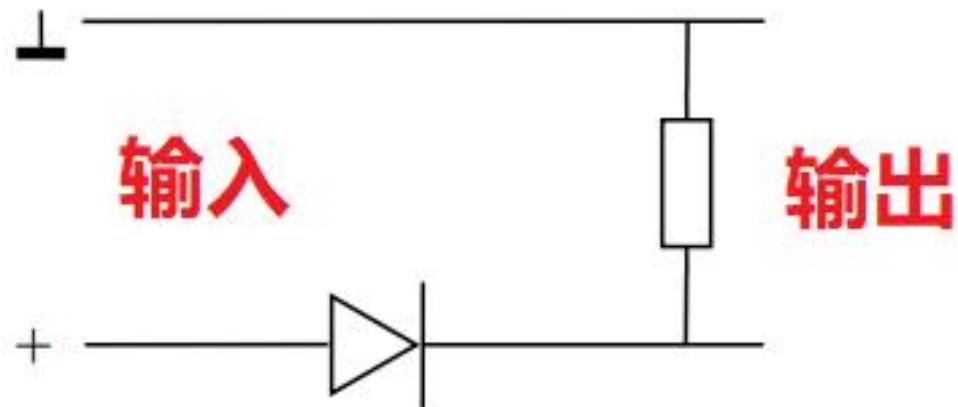
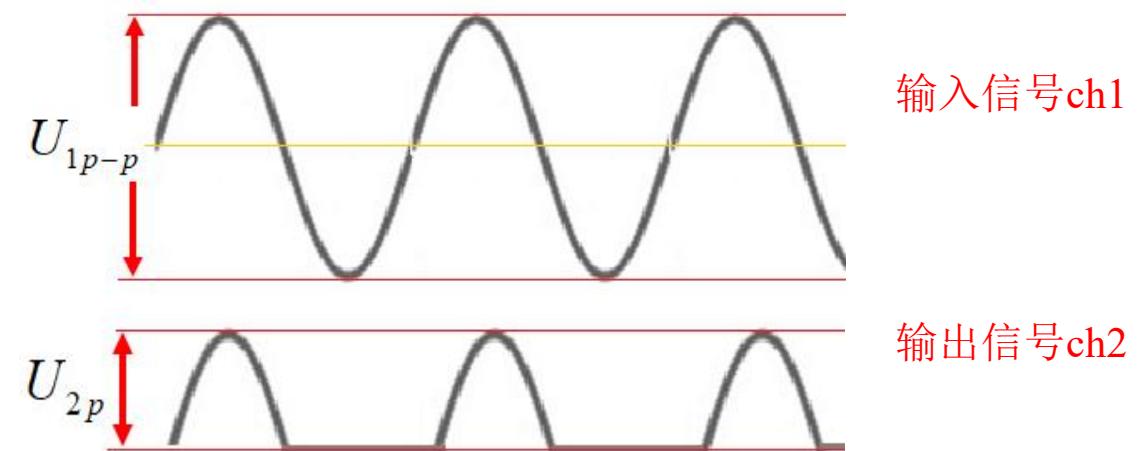
$$E = \frac{\bar{f}_y - 50\text{Hz}}{50\text{ Hz}}$$

5.3 二极管导通电压测量

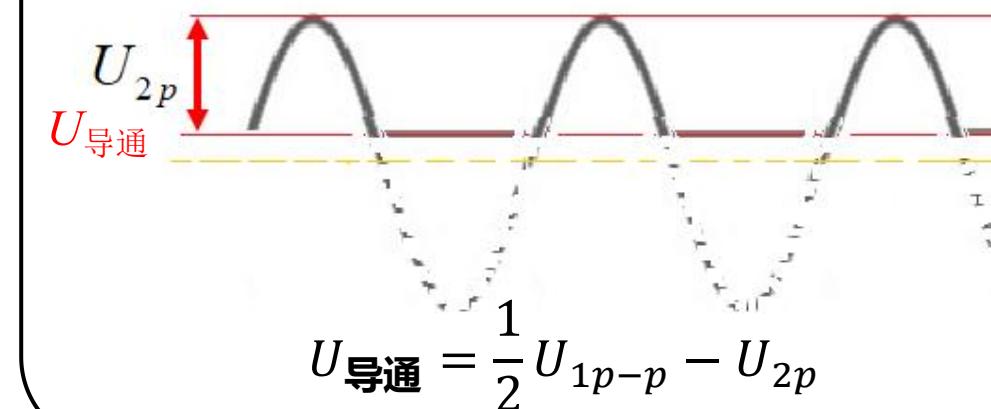
信号发生器2kHz、5V
正弦交流信号
同时接示波器的ch1

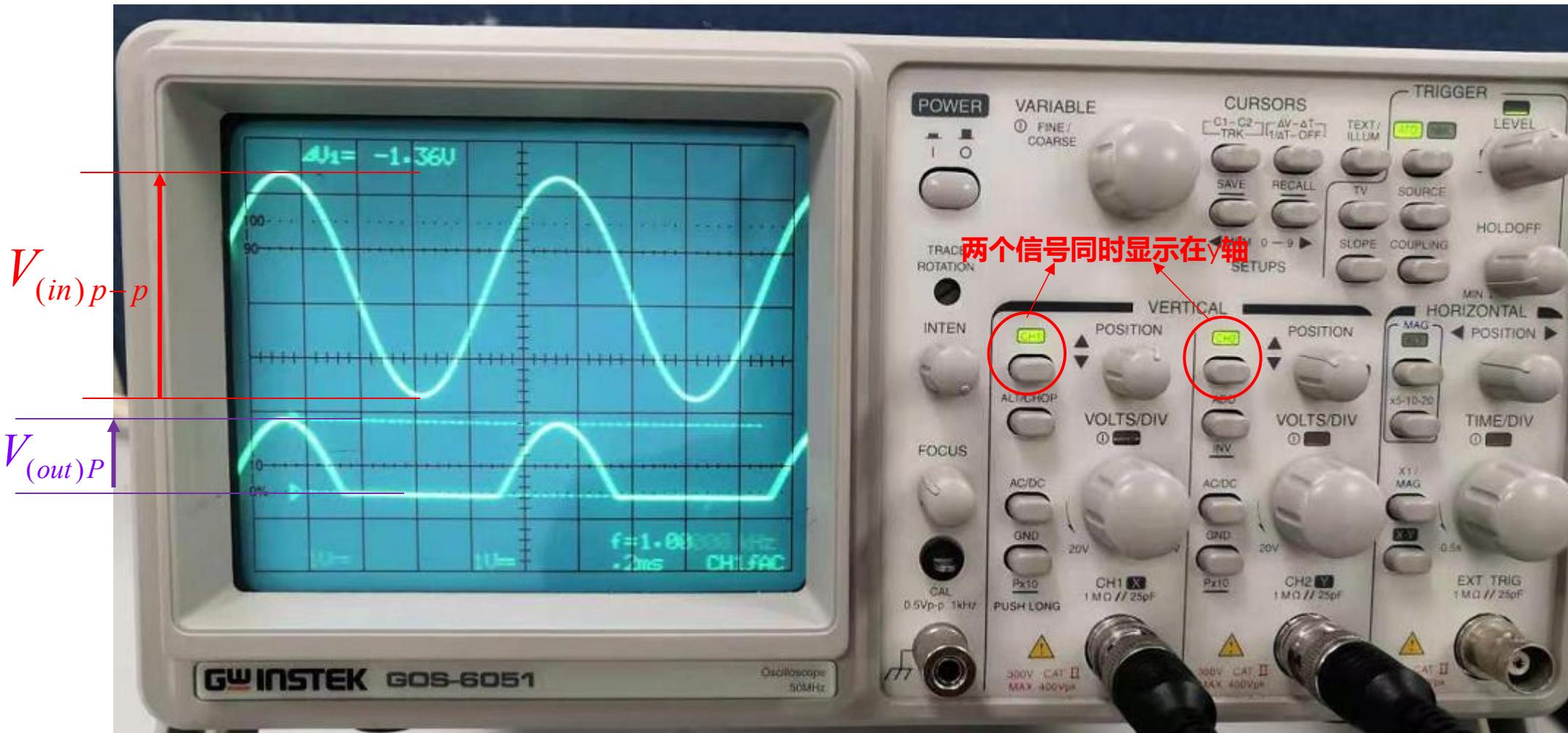


接示波器
ch2



双踪示波器同时显示ch1, ch2



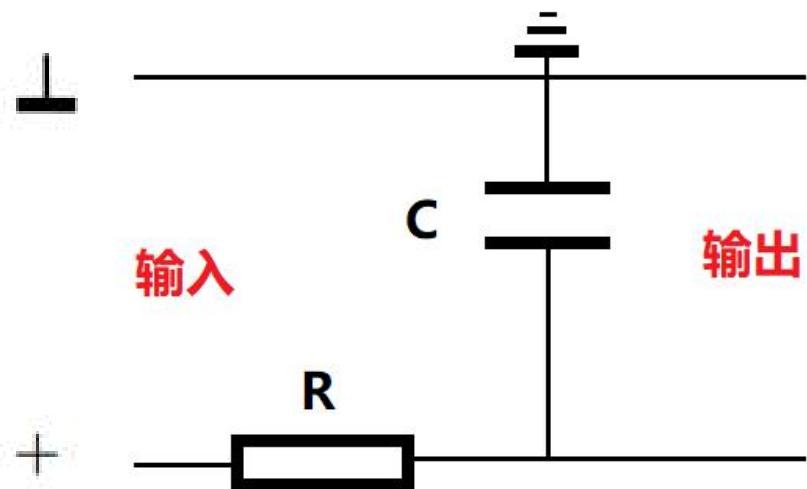
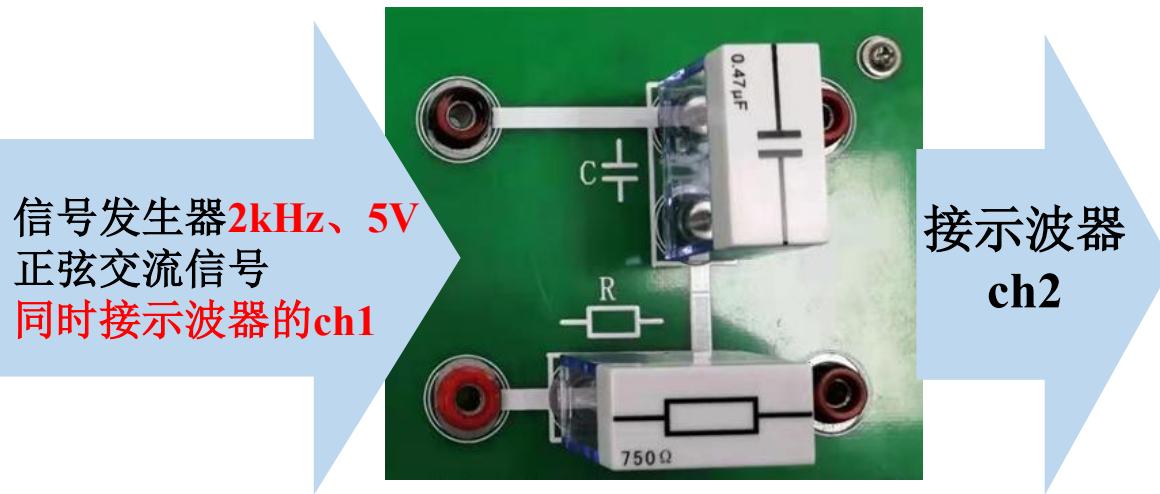


| | 光标法 | 直读法 ($D = \underline{\hspace{2cm}}$) |
|------------|-----|--|
| U_{1p-p} | | (了解即可) |
| U_{2p} | | |

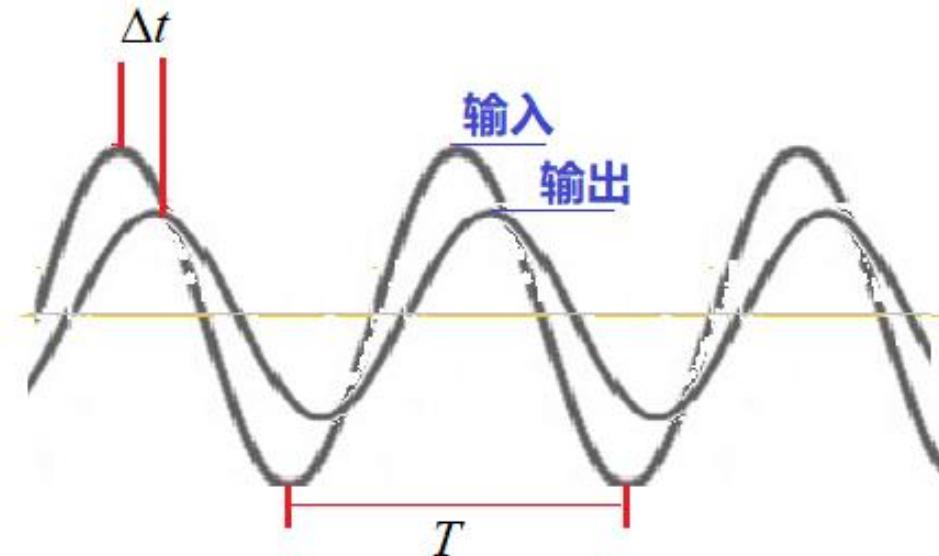
用两种方法分别读出两个电压，并计算 $U_{\text{导通}}$

$$U_{\text{导通}} = \frac{1}{2} U_{1p-p} - U_{2p}$$

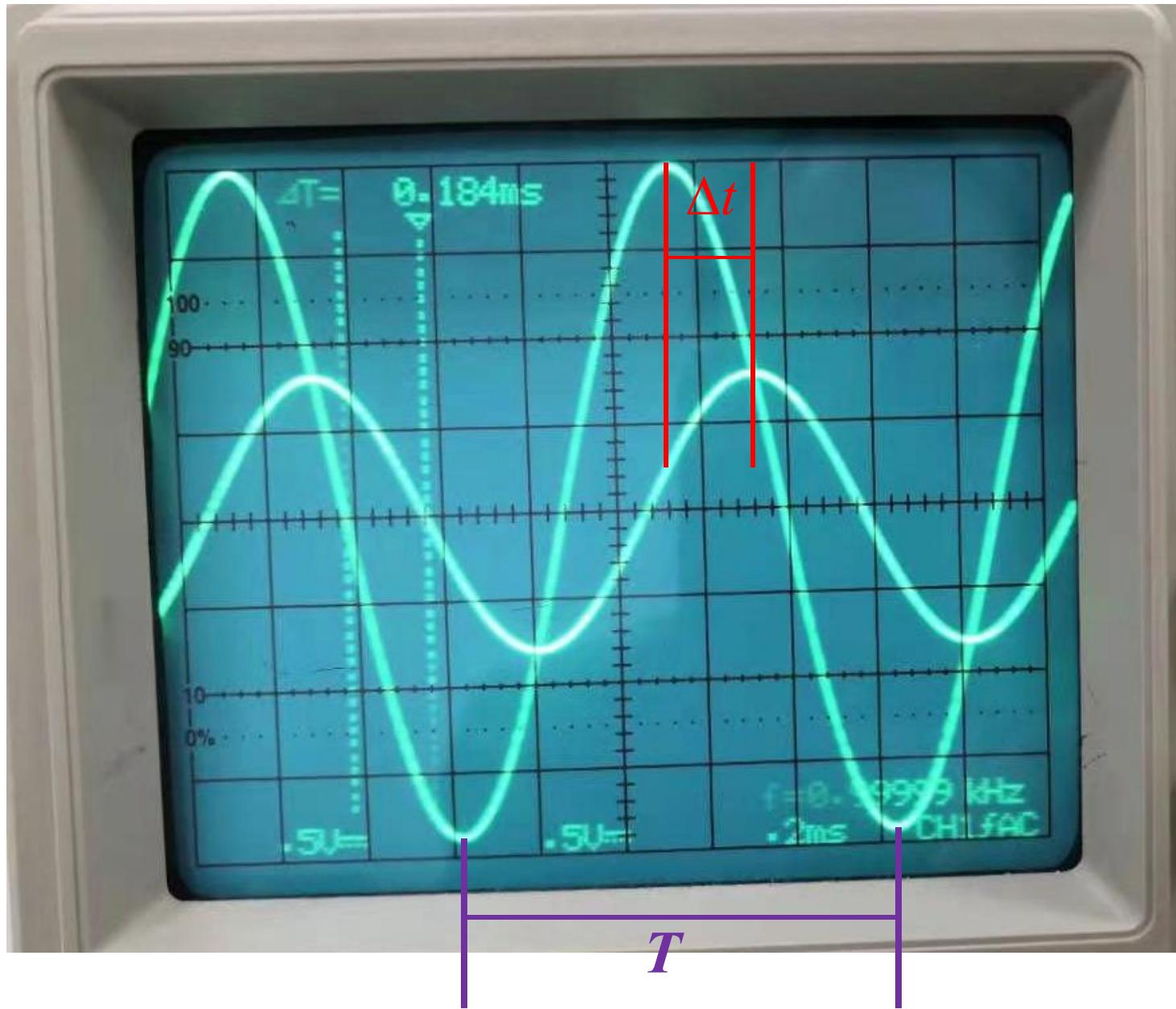
5.2 RC电路的相位差测量



$$U_{out} = U_C = \frac{1}{1 + i\omega CR} U_{in}$$



$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ$$



| 光标法 | 直读法 |
|------------|-------------------|
| Δt | Δx (了解即可) |
| T | X |

$$\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^0$$

$$\Delta\phi = \frac{\Delta x}{X} \times 360^0$$

6

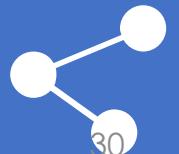
EXERCISES 思考題



- 示波器的主要结构与各部分的作用是什么？示波器为什么能显示被测信号的波形？
- 在观察李萨如图形时为什么总是不断的来回翻动，翻动的快慢是受哪种因素所影响？
- 切实理解示波器同步的概念，如果发生波形左移或右移时应该如何调整才能使其稳定下来？

谢谢

THANKS FOR LISTENING



30