

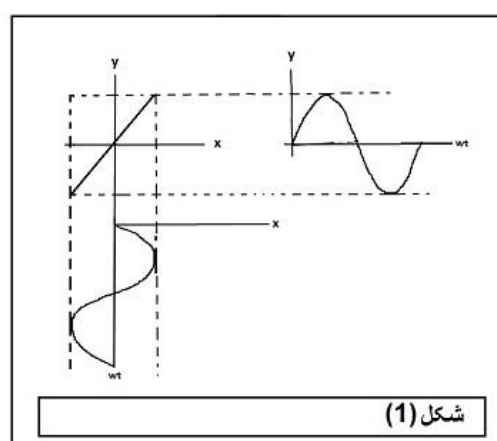
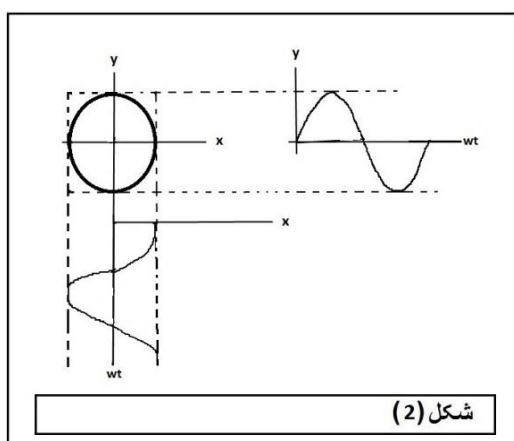
## آزمایشگاه فیزیک 2-آزمایش 4 : مشاهده اختلاف فاز و تعیین فرکانس مجهول با استفاده از اشکال لیسازو

### تئوری آزمایش :

می‌دانیم که معادله ترکیب دو موج هم فرکانس عمود بر هم به معادلات  $x = a \sin \omega t$  و  $y = b \sin(\omega t + \varphi)$  که اختلاف فاز آنها  $\varphi$  می‌باشد عبارتند از :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{a.b} \cos \varphi - \sin^2 \varphi = 0 \quad (1)$$

هنگامی که دو موج سینوسی  $x = a \sin \omega t$  و  $y = b \sin(\omega t + \varphi)$  را به ورودی‌های اسیلوسکوپ داده و کلید Time/div را در حالت X-Y قرار می‌دهیم، دستگاه دو موج را با هم ترکیب می‌کند. در این صورت تحت شرایط خاص، تصاویری که به اشکال لیسازو معروفند، بر روی صفحه نمایش دستگاه قابل رویت است. در حقیقت اشکال لیسازو ترکیب دو موج عمود بر هم هستند که پارامتر زمان بین آنها حذف شده است؛ در نتیجه آنچه که مشاهده می‌شود تغییرات پارامتر X نسبت به Y است. در شکل (1) و (2) به ترتیب ترکیب دو موج هم فرکانس و هم دامنه در حالت  $\varphi = 0$  و  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  نشان داده شده است.



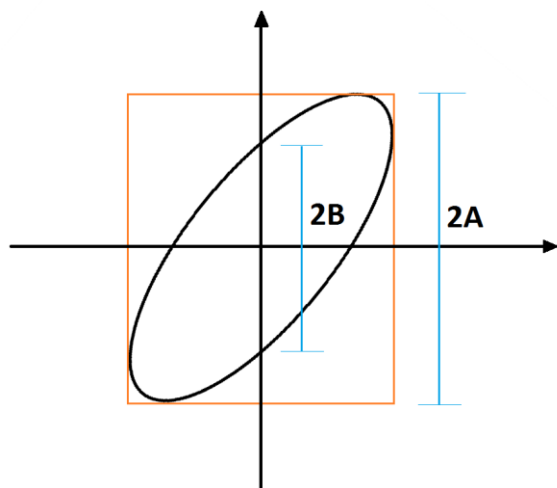
### اندازه‌گیری فرکانس با استفاده از اشکال لیسازو:

بدین منظور فرکانس متغیر معلوم را به یکی از ورودی‌های اسیلوسکوپ، و فرکانس مجهول را به ورودی دیگر آن می‌دهیم. در این صورت هنگامی یک شکل ثابت روی صفحه اسیلوسکوپ دیده می‌شود که فرکانس یکی از آنها مضرب صحیحی از فرکانس دیگر باشد. تحت این شرایط نسبت دو فرکانس از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{بیشترین تعداد نقاط برخورد شکل با محوری به موازات محور Y}}{\text{بیشترین تعداد نقاط برخورد شکل با محوری به موازات محور X}} \quad (2)$$

### اندازه‌گیری اختلاف فاز دو موج هم‌فرکانس:

چنانچه دو موج سینوسی هم‌فرکانس که با هم اختلاف فاز  $\varphi$  دارند به ورودی‌های اسیلوسکوپ وصل شود، مطابق شکل یک بیضی که در یک مربع محاط است، روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می‌شود. در این صورت اختلاف فاز  $\varphi$  از رابطه زیر بدست می‌آید:



$$\sin \varphi = B / A \quad (3)$$

به عنوان نتیجه‌ای از رابطه بالا، اگر دو موج هم دامنه و هم فرکانس با اختلاف فاز صفر به ورودی‌های اسیلوسکوپ داده شود، از ترکیب آن دو موج یک خط راست (با زاویه 45 درجه) روی صفحه اسیلوسکوپ دیده می‌شود. در شکل زیر چند نمونه از اشکال لیسازو در شرایط مختلف نشان داده شده است.

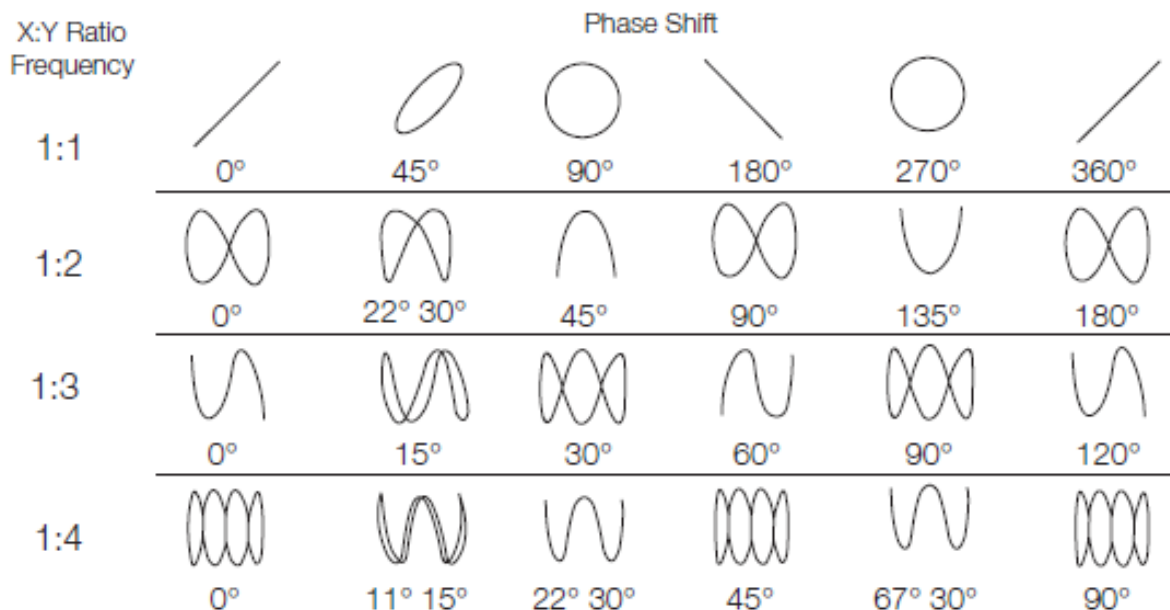
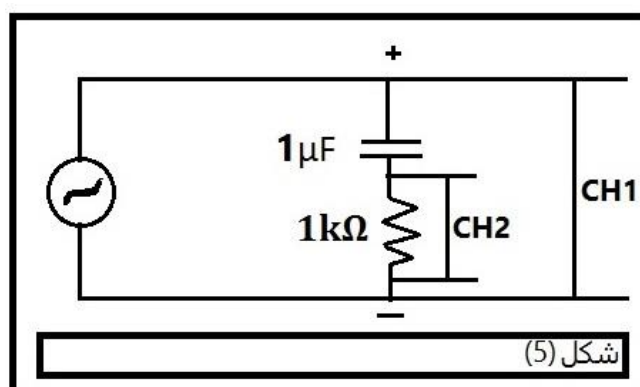


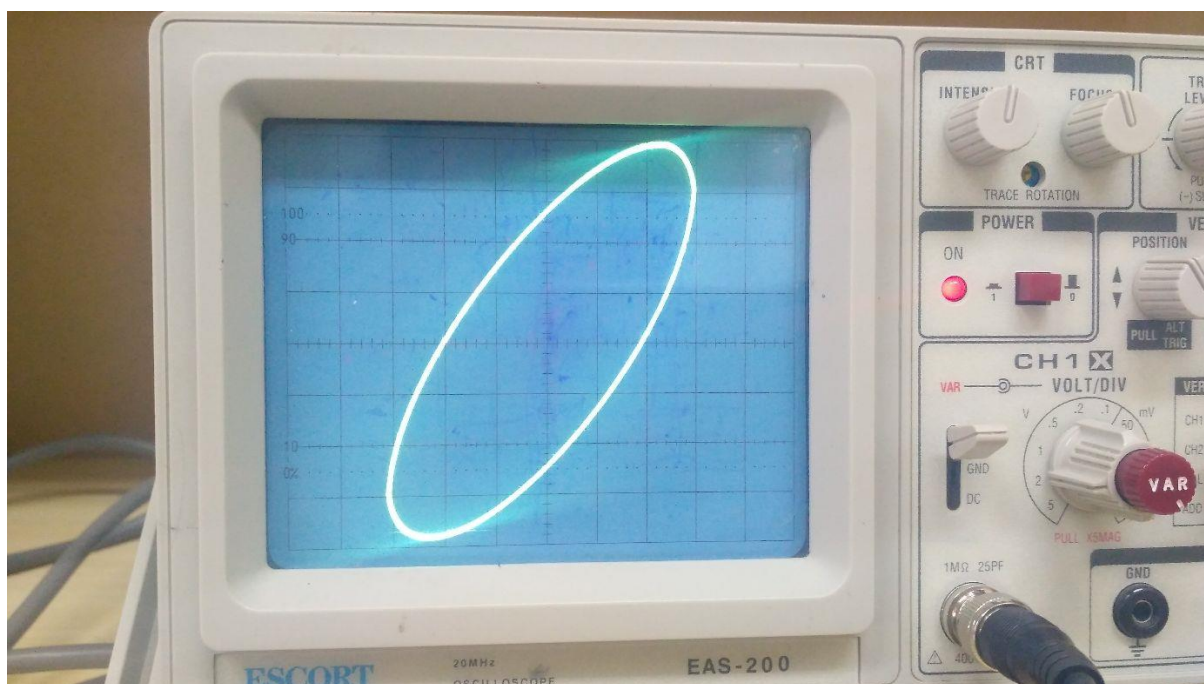
Figure 70. Lissajous patterns.

## اجرای آزمایش

### الف) مشاهده اختلاف فاز

مدار را مطابق شکل زیر می بندیم. به ورودی‌های اسیلوسکوپ دو موج سینوسی با فرکانس 1KHz می دهیم. سپس اسیلوسکوپ را بر روی مد XY قرار داده تا از ترکیب دو موج بر روی صفحه یک بیضی ایجاد شود. نتیجه حاصل به شکل زیر می باشد. با توجه به رابطه (3) اختلاف فاز بین دو موج را به دست آورید. روش محاسبه و شکل نمودار را در گزارش کار خود ذکر کنید.

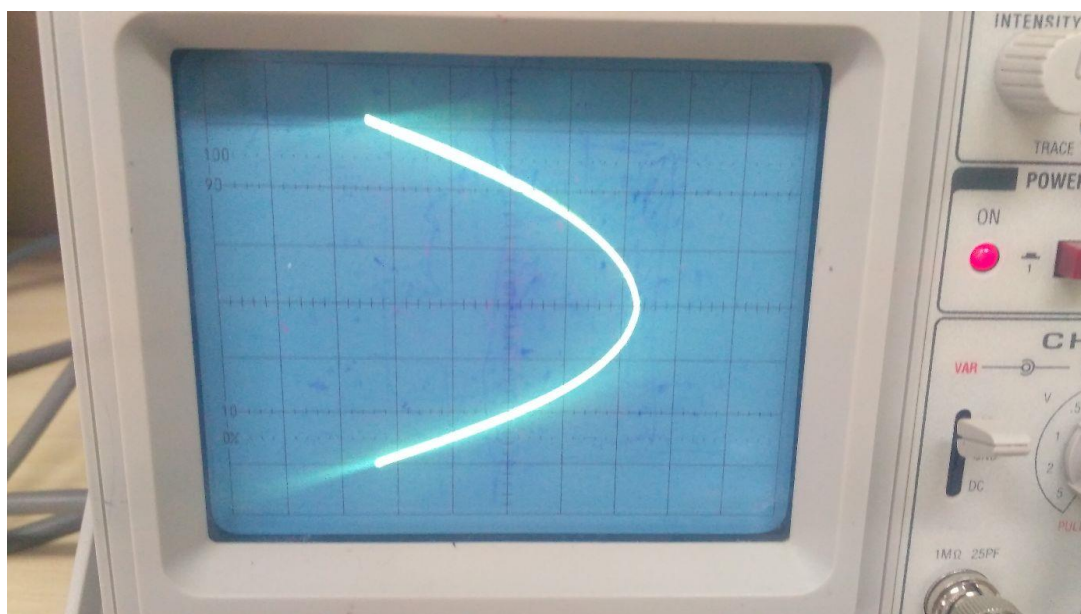




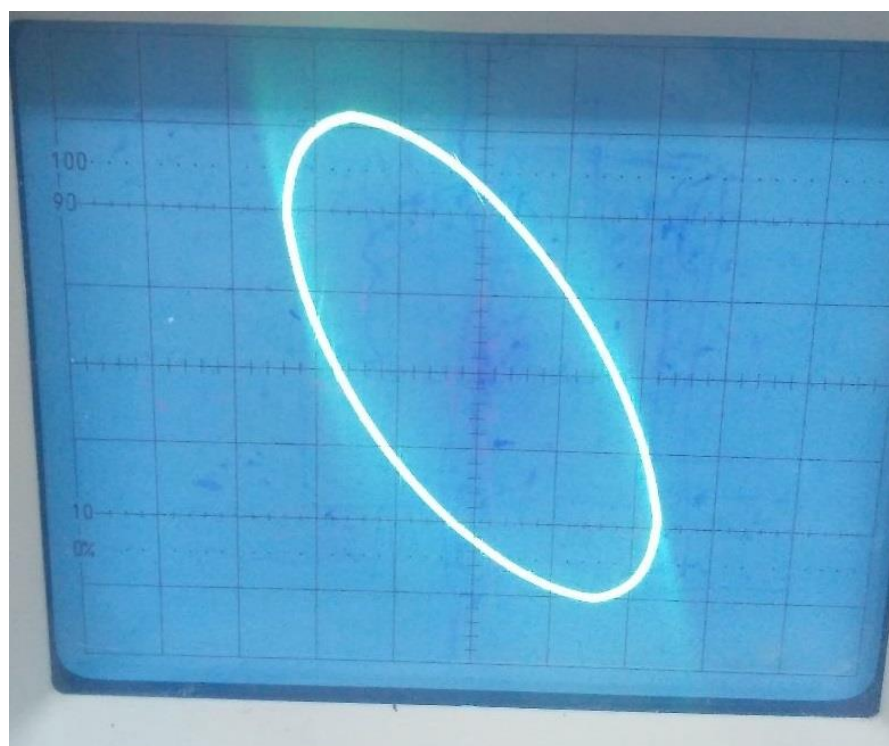
## ب) تعیین فرکانس مجهول

ابتدا هر یک از ورودی‌های 1 و 2 اسیلوسکوپ را به طور جداگانه به دو سیگنال ژنراتوری که بر روی میز قرار دارد متصل می‌کنیم. اسیلوسکوپ را در مد  $X-Y$  قرار می‌دهیم. ابتدا فرکانس فانکشن ورودی 1 (فرکانس ثابت) را بر روی 100 Hz قرار می‌دهیم. سپس فرکانس فانکشن 2 را تغییر دهیم، تا اشکال مختلفی را بر روی صفحه نمایش مشاهده می‌کنیم. با استفاده از دکمه‌های Volt/DIV مربوط به کانال 1 و 2، شکل موج را به طور کامل داخل نمایشگر اسیلوسکوپ قرار می‌دهیم. فرکانس ورودی 2 را آنقدر تغییر داده تا یک شکل تقریباً ثابت بر روی صفحه اسیلوسکوپ دیده شود و فرکانس فانکشن 2 را قرائت می‌کنیم. این کار را بدون دست زدن به فرکانس فانکشن 1، سه مرتبه با فرکانس فانکشن 2 تکرار می‌کنیم. نتایج در شکل‌های زیر آمده و فرکانس ثابت ورودی 1 به همراه فرکانس ورودی 2 در بالای هر شکل نوشته شده است. تمام مراحل گفته شده را برای فرکانس‌های ثابت 150 و 200 هرتز تکرار می‌کنیم. با استفاده از این داده‌ها فرکانس ورودی 1 را بدست آورده، جدول زیر را کامل کرده و در گزارش کار خود ثبت نمایید.

فرکانس ثابت ورودی 1: 100 هرتز، فرکانس ورودی 2: 47 هرتز



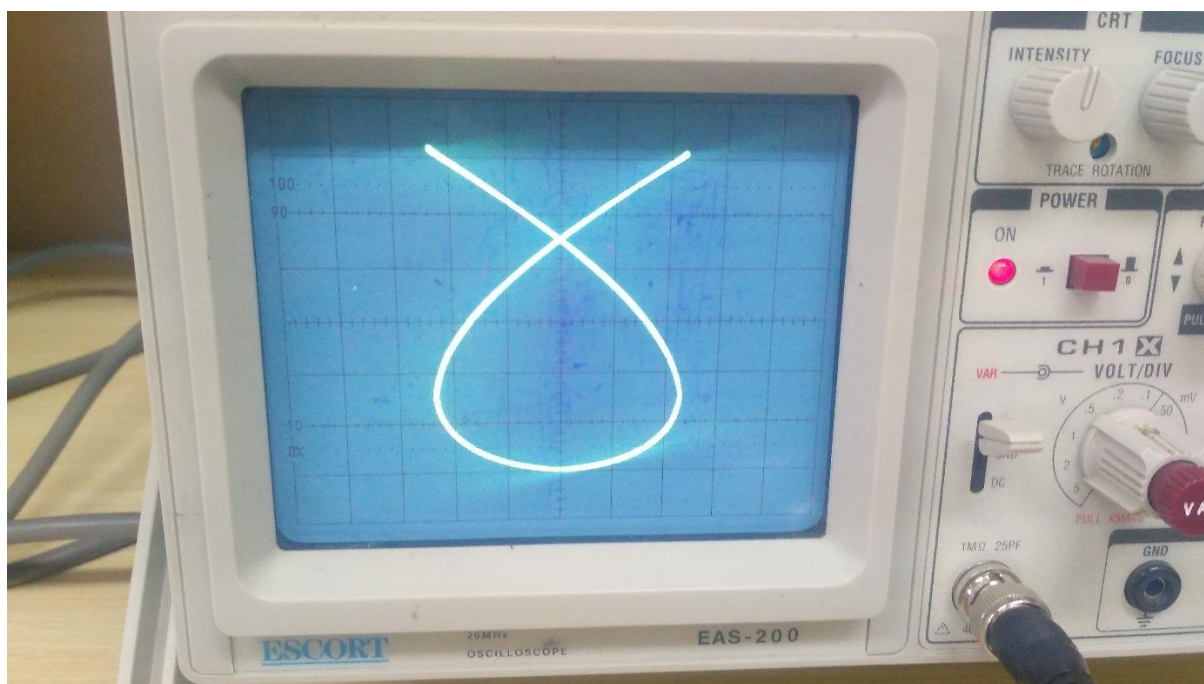
فرکانس ثابت ورودی 1: 100 هرتز، فرکانس ورودی 2: 97 هرتز



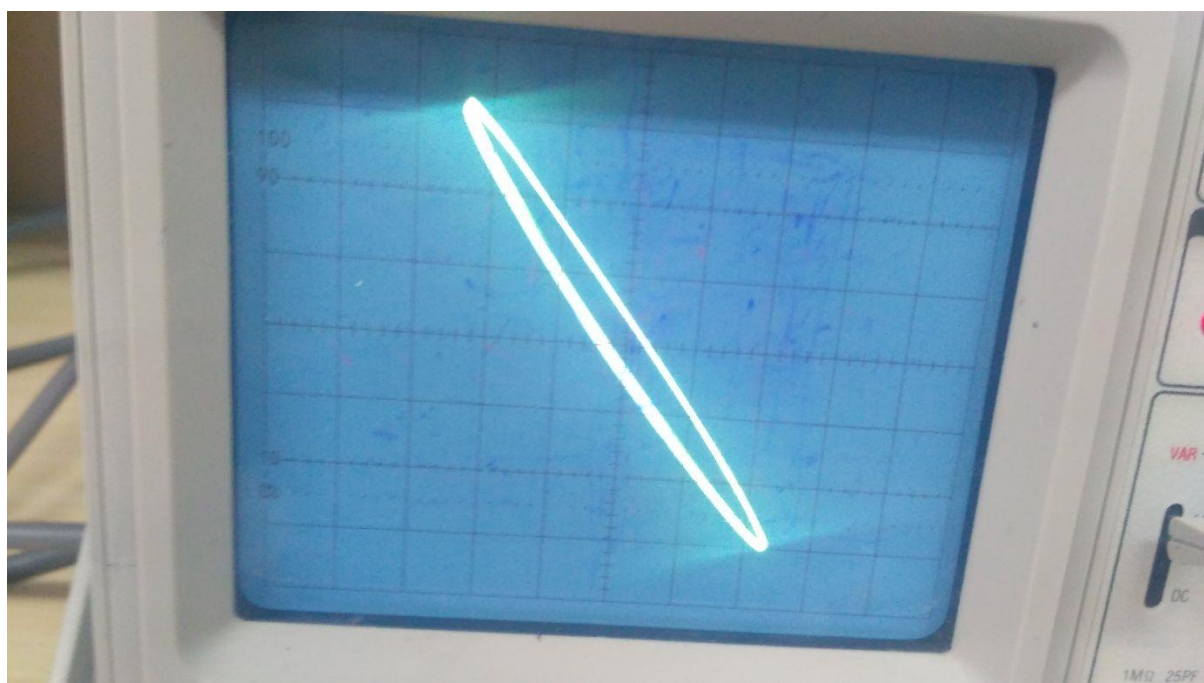


A photograph of a vintage oscilloscope. The screen shows a white figure-eight waveform on a blue grid. The grid has vertical axis markings at 0%, 10, 90, and 100. The oscilloscope has several control knobs and switches on the right side. The top section has 'CRT' controls: 'INTENSITY' and 'FOCUS' knobs, and a 'TRACE ROTATION' switch. Below that is the 'POWER' section with an 'ON' indicator light and a red switch. The bottom section has 'CH1' controls: a 'VOLTS/DIV' knob set to 1V, a 'VAR' knob, and a 'PULL' switch. There are also 'GND' and 'DC' labels near the bottom controls.

فرکانس ثابت ورودی 1: 150 هرتز، فرکانس ورودی 2: 98 هرتز

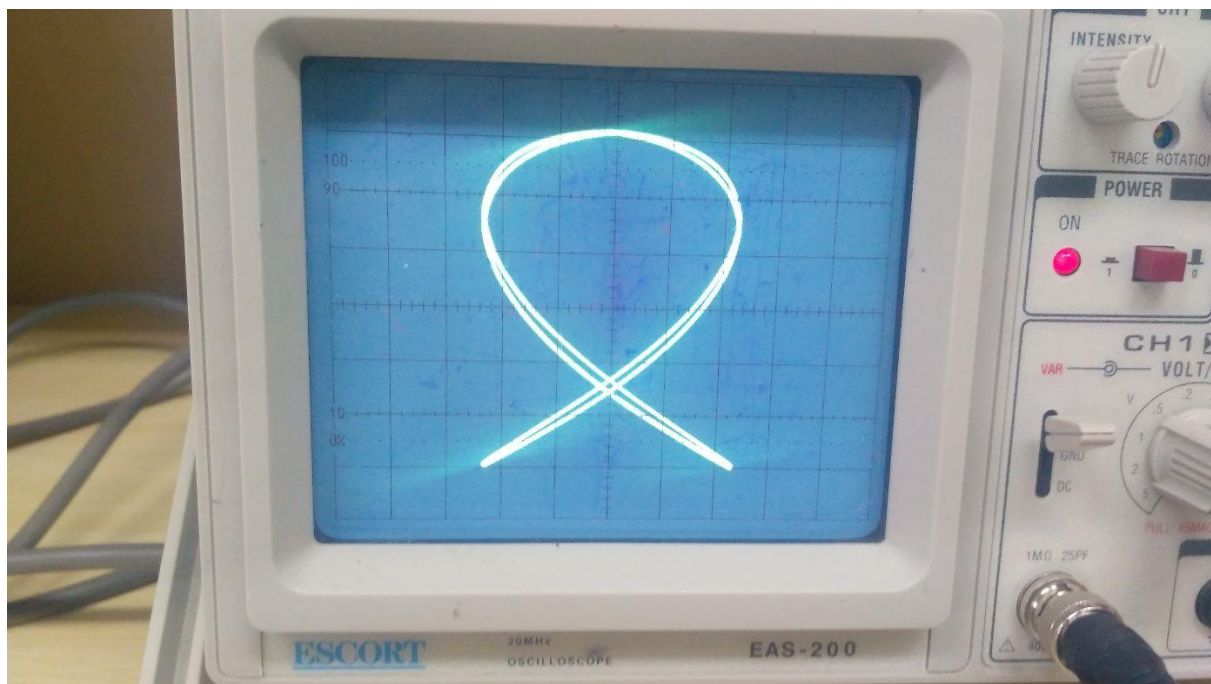


فرکانس ثابت ورودی 1: 150 هرتز، فرکانس ورودی 2: 145 هرتز

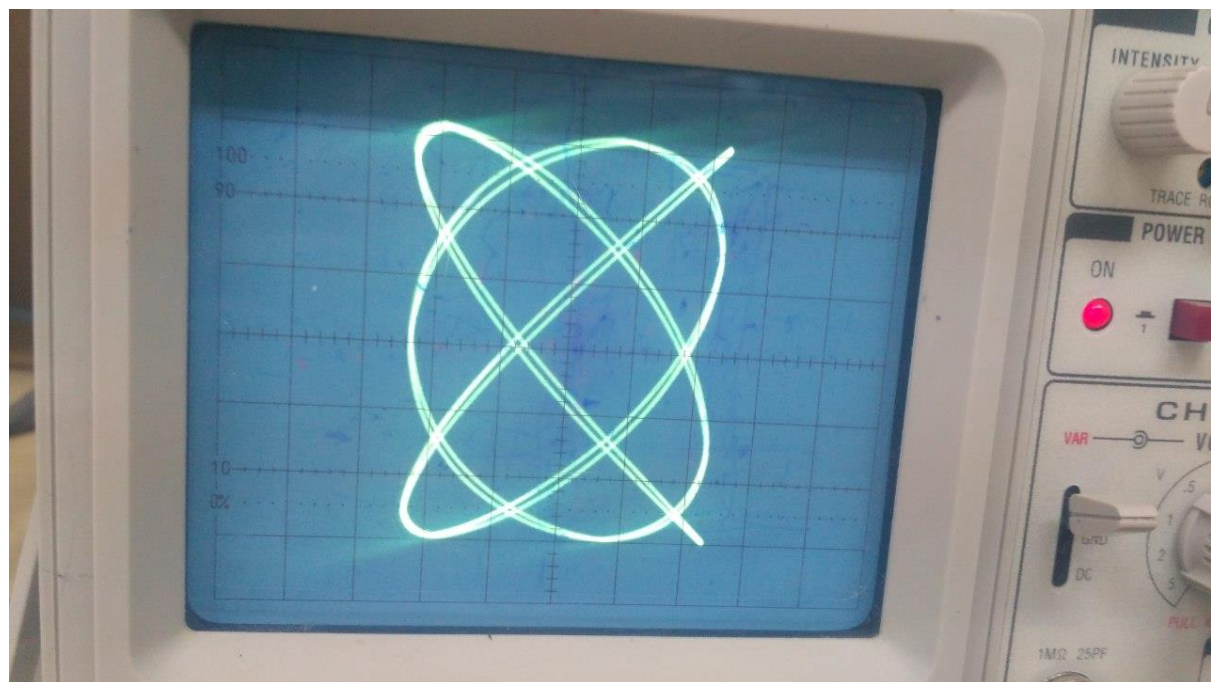




فرکانس ثابت ورودی 1: 200 هرتز، فرکانس ورودی 2: 133 هرتز

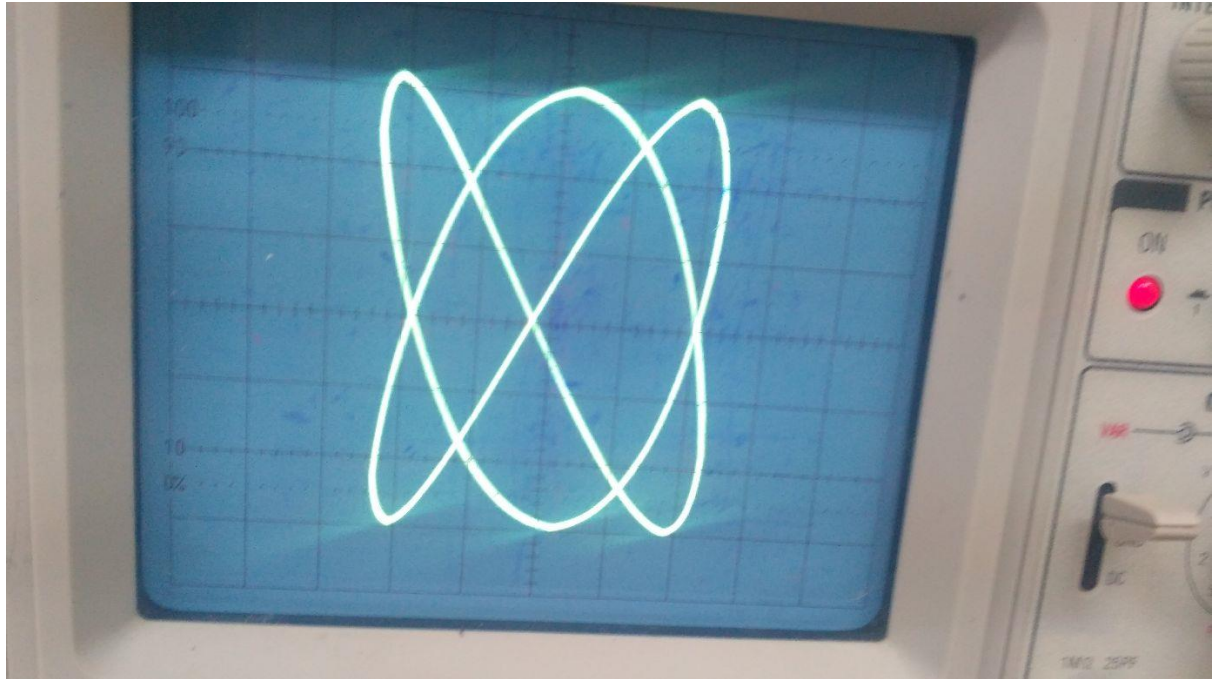


فرکانس ثابت ورودی 1: 200 هرتز، فرکانس ورودی 2: 165 هرتز





فرکانس ثابت ورودی 1: 200 هرتز، فرکانس ورودی 2: 290 هرتز



فرکانس ثابت ورودی 1	فرکانس ورودی 2	شکل لیسازو	فرکانس ورودی 1 با استفاده از شکل لیسازو	میانگین
100 Hz				
150 Hz				
فرکانس ثابت ورودی 1	فرکانس ورودی 2	شکل لیسازو	فرکانس ورودی 1 با استفاده از شکل لیسازو	میانگین
200 Hz				

- توجه شود که ما در این بخش از آزمایش، فرکانس ورودی 1 را تنها با دانستن فرکانس ورودی 2 و شکل لیسازوی حاصل تعیین می‌کنیم. بنابراین چنانچه به یکی از ورودی‌های اسیلوسکوپ فرکانسی مجهول داده شود، با این روش می‌توان آن فرکانس را اندازه گیری کرد.