

آزمایش ۷: اسیلوسکوپ

بخش ۱

شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱
نام مربی: استاد صداقت جلیل‌آبادی

نام و نام خانوادگی: دانیال حمدي
روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰

هدف آزمایش: آشنایی با اسیلوسکوپ

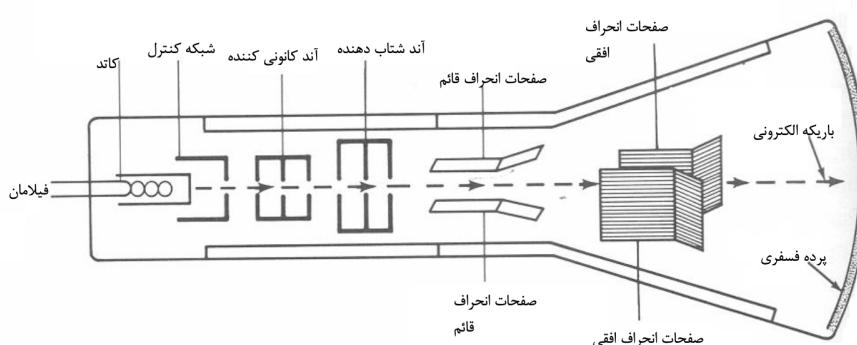
وسایل آزمایش: اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور، جعبه مقاومت، خازن، باتری، سیم کواکسیال

تعريف کمیت مورد اندازه‌گیری و تعیین واحد آن: ولتاژ منبع DC و AC با واحد ولت، زمان تناب و فرکانس سیگنال دلخواه با واحدهای ثانیه و هرتز، اختلاف فاز در مدار RC بدون واحد

تئوری آزمایش (با تشریح لامپ پرتو کاتدی):

اسیلوسکوپ دستگاهی برای نمایش، اندازه‌گیری و تحلیل شکل موج کمیت‌های مدارهای الکتریکی و الکترونیکی است. اساس کار اسیلوسکوپ حرکت الکترون‌ها و ولتاژ است، اما به کمک مبدل‌ها (ترانزیستورها) می‌توان کمیت‌های دیگر فیزیکی را هم به ولتاژ تبدیل و با اسیلوسکوپ بررسی کرد.

اسیلوسکوپ از یک لامپ پرتو کاتدی و تعدادی مدار تشکیل شده است. در شکل زیر اجزای لامپ پرتو کاتدی آورده شده، در ادامه این اجزاء را بررسی می‌کنیم.



لامپ پرتو کاتدی از بخش‌های زیر تشکیل می‌شود.
تفنگ الکترونی: برای ایجاد باریکه‌ای متتمرکز از الکترون‌های شتابدار استفاده می‌شود. این باریکه به صفحه‌ی فلورسان برخورد، و لکه‌ای رنگی می‌سازد.
صفحات انحراف دهنده: از دو دسته صفحه، برای ایجاد انحراف افقی و عمودی در مسیر باریکه‌ی الکترون‌ها استفاده می‌شود.

صفحه‌ی فلوئورسان: یک صفحه‌ی فسفری که برخورد الکترون‌ها به آن، لکه‌های نورانی ایجاد می‌کند. انرژی نورانی از انرژی جنبشی الکترون‌ها گرفته می‌شود.

کلیدهای اسیلوسکوپ به ۴ گروه تقسیم می‌شوند.
گروه کنترل

۱. کلید خاموش و روشن (POWER (ON/OFF)

۲. کلید شدت (INTENSITY): برای تنظیم میزان روشنایی نقطه‌ی نورانی

۳. کلید تمرکز اشعه (FOCUS): برای تنظیم رزولوشن نقطه‌ی نورانی

گروه کنترل عمودی

۴. کلید INPUT (ورودی کanal ۱): یک سوکت BNC که سیگنال ورودی را دریافت می‌کند.

۵. کلید انتخاب نوع ورودی (AC/DC/GND): گرفتن بخش AC یا DC سیگنال، یا اتصال به زمین

۶. موقعیت عمودی Y-POSITION: تنظیم موقعیت عمودی باریکه‌ی الکترونی

۷. کلید سلکتور VOLT/DIV (سلکتور ولتاژ کanal ۱): با تنظیم این کلید، مقدار ولتاژ هر قسمت از محور قائم به دست می‌آید.

۸. کلید VERT MODE: شامل کلیدهای ADD, CH1, CH2 و DUAL

۹. کلید سلکتور VOLT/DIV (سلکتور ولتاژ کanal ۲)

۱۰. ورنیه VOLT/DIV: جهت کالبیره کردن محور قائم به کار می‌رود.

۱۱. INPUT (ورودی کanal ۲): ورودی ولتاژ کanal ۲

گروه کنترل افقی

۱۲. کلید سلکتور Time/DIV: مشخص کننده مقياس زمانی سیگنال‌ها (محور افقی)

۱۳. موقعیت افقی: تنظیم موقعیت افقی باریکه‌ی الکترونی

گروه تریگر

۱۴. HOLD OFF: کلید هم‌زمان کننده موج جاروب و ولتاژ اندازه‌گیری شونده

۱۵. AUTO: حتی اگر سیگنال ورودی وصل نباشد، اعمال ولتاژ جاروب به طور خودکار انجام می‌شود.

۱۶. کلید SOURCE: در حالت‌های Ch1 و Ch2 نوع جاروب دندان اره‌ای، در LINE نوع موج

سینوسی و در حالت EXT موج خروجی برای جاروب کردن استفاده می‌شود.

۱۷. X-Y: کلید ترکیب موج کanal (1 و 2) و MAIN: کلید اعمال ولتاژ دندان اره‌ای (روشن)

۱۸. TRIG LEVEL: کلید هم‌زمان کننده موج جاروب و ولتاژ اندازه‌گیری شونده

روش انجام آزمایش:
در ادامه آورده شده است.

آزمایش ۷: اسیلوسکوپ

بخش ۲

نام و نام خانوادگی: دانیال حمدى	شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱
روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰	نام موبی: استاد صداقت جلیل ابادی

الف) اندازه‌گیری پتانسیل منبع-DC

- کلید شماره ۱۷ را در حالت X-Y قرار دهید تا موج جاروب حذف شود.
- کلید انتخاب نوع ورودی (کلید ۵) را در حالت GND قرار داده و با استفاده از کلید position، باریکه را بر مبدأ مختصات منطبق کنید.
- دو سر پیلی را که در اختیار دارید به ورودی کانال مربوطه اتصال دهید.
- با قرار دادن کلید انتخاب نوع ورودی (کلید ۵) در حالت DC و انتخاب ضریب مناسب volt/div (کلید ۷) مقدار ولتاژ پیل را یادداشت کنید.
- مقدار ولتاژ دو سر باتری را تعیین و به صورت $V \pm \Delta V$ گزارش کنید، که در آن ΔV خطای اندازه‌گیری مربوط به ولتاژ می‌باشد.

$$\Delta V = 0.2_{cm} \times \frac{Volt}{Div}$$

ضریب سلکتور

$$VoltDiv = 0.5 \text{ (v)} \rightarrow$$

$$V = 2 \times 0.5 = 1$$

$$\Delta V = 0.2_{cm} \times 0.5 = 0.1 \text{ (v)}$$

$$V \pm \Delta V = 1 \pm 0.1 \text{ (v)}$$

ب) اندازه‌گیری دامنه و مقدار ولتاژ مؤثر (V_{rms}) - منبع AC

- سیگنال ژنراتور را روشن کنید و آن را در حالت ۵۰۰ Hz قرار دهید.
- پروب ورودی اسیلوسکوپ را به ترمینال خروجی سیگنال ژنراتور وصل کنید. از کالیبره بودن سیستم مطمئن شوید (کلید شماره ۱۰ بسته باشد).
- کلید شماره ۱۷ را در حالت main قرار دهید.
- کلید AC/GND/DC (شماره ۵) را در حالت AC قرار دهید.
- با تغییر کلید Time/Div و Volt/Div شکل موج مناسب را تشکیل دهید.
- مقدار ولتاژ مؤثر موج سینوسی ($V_{rms} + \Delta V_{rms}$) را محاسبه و گزارش کنید.

$$V_{p-p} = 7 \times 0.5 = 3.5 \text{ (v)} \rightarrow V_{rms} = \frac{3.5}{2\sqrt{2}} = 1.23 \text{ (v)}$$

$$\Delta V_{p-p} = 0.2 \times 0.5 = 0.1 (v)$$

$$V_{rms} \pm \Delta V_{rms} = 1.2 \pm 0.1 (v)$$

ج) اندازه‌گیری زمان تناوب و فرکانس

- به کمک اسیلوسکوپ می‌توان زمان تناوب (مدت زمان یک سیکل کامل) سیگنال را محاسبه کرد. شکل موج در حالت قبل را در نظر بگیرید. زمان تناوب سیگنال ورودی به کمک رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$T = 0.2_{cm} \times \frac{Time}{Div}$$

ضریب سلکتور

زمان تناوب را به صورت $(T + \Delta T)$ گزارش نمایید.

فرکانس منبع $(f \pm \Delta f)$ را با استفاده از روابط زیر گزارش کنید.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\Delta f = f \left| \frac{\Delta T}{T} \right|$$

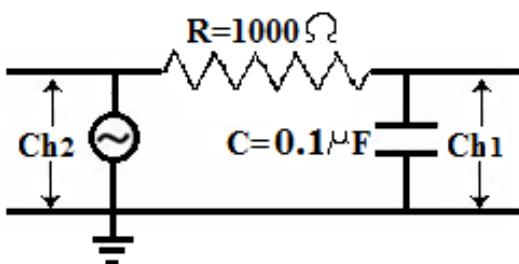
$$T = 6.5 \times 0.2_{ms} = 1.3_{ms} \rightarrow f = \frac{1}{1.3 \times 10^{-3}} = 769 (Hz)$$

$$\Delta T = 0.2_{cm} \times 0.2_{ms} = 0.04 (ms) \rightarrow \Delta f = 769 \times \frac{0.04}{1.3} = 23 (Hz)$$

$$\begin{cases} T \pm \Delta T = 1.3 \pm 0.04 (ms) \\ f \pm \Delta f = 769 \pm 23 (Hz) \end{cases}$$

د) محاسبه اختلاف فاز بر حسب فرکانس در مدار RC

- ابتدا مدار زیر را با مقاومت 1000Ω و خازن $0.1\mu F$ و منبع سینوسی به طور سری بیندید.



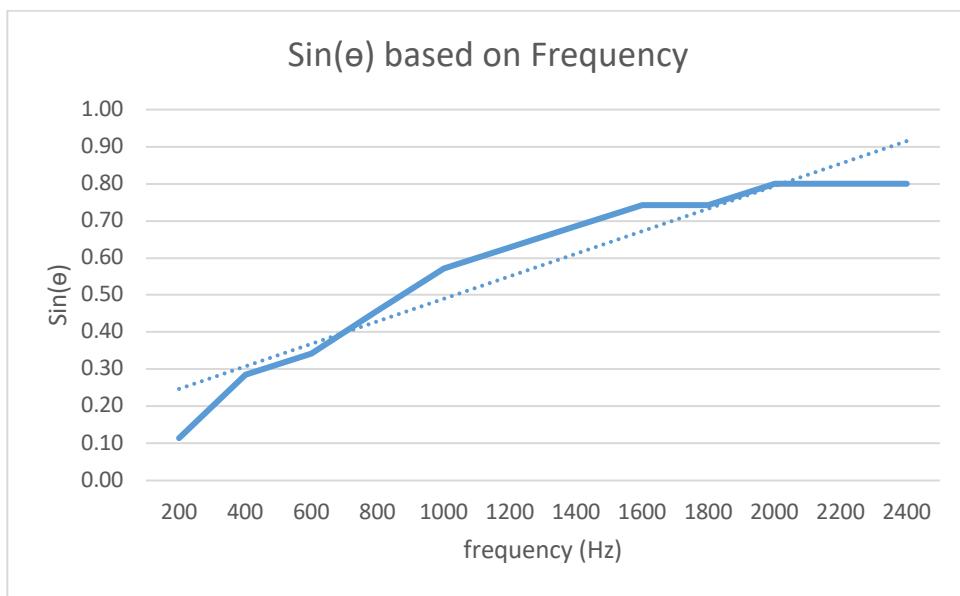
- دو سر خازن را به ورودی عمودی (Ch2) و دو سر نوسانگر (سیگنال ژنراتور) را به ورودی افقی (Ch1) وصل کنید.

- کلیدهای دستگاه را در وضعیت y - X قرار دهید. از کالیبره بودن اسیلوسکوپ مطمئن شوید (کلید شماره 10 بسته باشد).

- فرکانس نوسانگر را مطابق جدول زیر تغییر دهید. با استفاده از شکل بیضی که روی صفحه‌ی نمایش ظاهر شده است، می‌توانید مقادیر A و B را یادداشت کرده و اختلاف فاز دو موج سینوسی را از طریق رابطه (4) محاسبه نمایید.

f (Hz)	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
2A	0.8	2	2.4	3.2	4	4.4	4.8	5.2	5.2	5.6	5.6	5.6
2B	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
$\sin(\theta) = \frac{A}{B}$	0.11	0.29	0.34	0.46	0.57	0.63	0.69	0.74	0.74	0.80	0.80	0.80

- نمودار $\sin(\theta)$ بر حسب فرکانس را رسم کنید.



- اختلاف فاز (تجربی θ) مربوط به فرکانس 1500Hz را از روی نمودار به دست آورید.

با گذراندن یک خط صاف از نمودار بالا (نقطه‌چین)، مقدار اختلاف فاز را برای فرکانس 1500Hz پیش‌بینی می‌کنیم:
 $\sin(\theta) = 0.64$
 $\theta_{تجربی} = \sin^{-1}(0.64) \approx 0.69^{Rad}$

- مقدار اختلاف فاز ($\theta_{تئوری}$) را از رابطه $\tan\theta = \frac{V_C}{V_R} = \frac{1}{RC\omega}$ ، به ازای فرکانس 1500 هرتز به دست آورید و درصد خطای نسبی آن‌ها را محاسبه کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{تجربی} = 0.69^{Rad} \\ \theta_{تئوری} = \tan^{-1}\left(\frac{1}{10^3 \times 10^{-7} \times 2 \times 3.14 \times 1500}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{100}{2 \times 3.14 \times 15}\right) = 0.81^{Rad} \\ \frac{|\theta_{تئوری} - \theta_{تجربی}|}{\theta_{تئوری}} \times 100 = 14\% \end{array} \right.$$

۵) نحوه محاسبه فرکانس مجھول با استفاده از اشکال لیساژو

- کلید SOURCE را در حالت Line قرار دهید.
- اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
- منبع موج سینوسی ۱ (سیگنال ژنراتور ۱) را به ورودی کanal ۱ متصل کنید.
- منبع موج سینوسی ۲ (سیگنال ژنراتور ۲) را به ورودی کanal ۲ متصل کنید.

رابطه $(\frac{f_v}{f_h}) = \frac{N_2}{N_1}$ را برای یکی از اشکالی که در آزمایشگاه ایجاد کردید، تحقیق کنید.

$$\frac{f_v}{f_h} = \frac{49}{100} \approx \frac{1}{2}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

در نتیجه رابطه‌ی داده شده بر قرار است.

جواب به سؤالات:

۱. آیا می‌توان از اسیلوسکوپ برای اندازه‌گیری مستقیم شدت جریان استفاده نمود؟ چرا؟

خیر، اساس کار اسیلوسکوپ، نگاشت تغییرات جهت باریکه‌ی الکترونی بنا بر تغییرات ولتاژ ورودی می‌باشد. بنا بر این ورودی باید از جنس تغییرات ولتاژ باشد. برای اندازه‌گیری و تحلیل شدت جریان، می‌توانیم به طور غیر مستقیم، با استفاده از ترانزیستورها یا مدارهای مبدل دیگر، مقدار شدت جریان را به ولتاژ تبدیل کنیم.

۲. اشکال لیساژو را چگونه می‌توان تشکیل داد و برای اندازه‌گیری چه پارامترهایی به کار می‌روند؟

برای ایجاد منحنی لیساژو کلید LINE را در حالت SOURCE قرار می‌دهیم، اسیلوسکوپ را در حالت X-Y می‌گذاریم، موج سینوسی اول را به کanal اول، و موج سینوسی دوم را به کanal دوم متصل می‌کنیم.

از اشکال لیسازور، برای اندازه‌گیری فرکانس مجهول یک سیگنال، بر اساس فرکانس معلوم یک سیگنال دیگر استفاده می‌شود.

۳. علت اختلاف فاز θ در مدار چیست و تابع چه پارامترهایی است؟

در حل معادله‌ی مدار RC ، به دلیل وجود خازن، و مشتق‌گیری از ولتاژ ورودی نسبت به زمان، بین ولتاژ ورودی و خروجی اختلاف فاز به وجود می‌آید.

۴. علت حضور مقاومت ۱۰۰۰ اهم در مدار چیست؟

بدون مقاومت، در کسری از ثانیه، خازن همپتانسیل با منبع تغذیه خواهد شد، و اختلاف فازی نخواهد داشت.

اثبات با استفاده از رابطه‌ی قسمت قبل:

$$\theta = \tan^{-1}(RC\omega) \rightarrow R = 0 \rightarrow \theta = \tan^{-1}(0) = 0$$

۵. رابطه (۴) مربوط به اختلاف فاز را ثابت کنید.

۶. با توجه به نتایج آزمایش (۶) و این آزمایش، اثر خازن را در مدارهای ولتاژ متناوب و مستقیم با یکدیگر مقایسه کنید.

در آزمایش ۶، در مدار با ولتاژ مستقیم، ولتاژ خازن پس از گذشت مدتی از زمان، طی یک روند نمایی، برابر با ولتاژ منبع تغذیه می‌شد.

در این آزمایش، در مدار با ولتاژ متناوب، خازن پیوسته با یک اختلاف فاز، رفتار ولتاژ منبع تغذیه را تکرار می‌کند.

۷. آیا در قرائت مقادیر A و B در بیضی نیاز به ضرب Volt/Div وجود دارد یا خیر؟ چرا؟

خیر، زیرا مقدار VoltDiv هم در صورت و هم در مخرج ضرب شده، پس فارغ از مقدار، با هم ساده می‌شوند.

۸. با توجه به اشکال لیسازور چرا در یک مدار RC شکل حاصل از اسیلوسکوپ به صورت بیضی درمی‌آید؟

زیرا در مدارهای RC، اختلاف فاز بین ۰ تا $\frac{\pi}{2}$ می‌باشد، بنا بر این خواهیم داشت:

$$y = a \sin(wt)$$

$$x = a \sin(wt + \theta)$$

$$y = \frac{\sin(wt)}{\sin(wt + \theta)} x$$

که معادله‌ی به دست آمده، معادله‌ی یک بیضی است.

در مورد نتایج به دست آمده بحث کنید:

در این آزمایش، ابتدا روش خواندن ولتاژ مستقیم از دستگاه اسیلوسکوپ را آموختیم؛ سپس اندازه‌گیری دامنه و دوره‌ی تناوب موج‌های متناوب را تمرین کردیم.

در قسمت د، رفتار ولتاژ خازن را در یک مدار RC با ولتاژ ورودی سینوسی، بررسی کردیم. دیدیم که ولتاژ خازن، با یک اختلاف فاز، رفتار ولتاژ ورودی را تکرار می‌کند. در این قسمت، مقادیر سینوس اختلاف فاز (و در نتیجه خود اختلاف فاز) با افزایش فرکانس بیشتر شدند. از طرفی طبق رابطه‌ی $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{RC2\pi f}\right)$ انتظار داشتیم اختلاف فاز با افزایش فرکانس روند نزولی داشته باشد.

در نهایت با اشکال لیساژور آشنا شدیم که به کمک آن‌ها می‌توان فرکانس مجھول یک موج سینوسی را بر اساس یک موج سینوسی با فرکانس معلوم به دست آوریم.