آزمایش شمارهٔ ۵

زمان اجرا : ۱۲ ساعت آموزشی

اندازه‌گیری اختلاف فاز با اسیلوسکوپ

هدف کلی آزمایش

استفاده از اسیلوسکوپ جهت اندازه گیری اختلاف فاز دو سیگنال سینوسی

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این آزمایش از فراگیرنده انتظار می‌رود که بتواند :

۱ــ اهمیت استفاده از اسیلوسکوپ را توضیح دهد

۲ــ اهمیت تنظیم INTEN – Focus را در اسیلوسکوپ تشریح کند

۳ــ نحوه تنظیم دکمه‌های Focus و INTEN را در اسیلوسکوپ تشریح کند

۴ــ دکمه‌های Focus و INTEN را به‌طور عملی تنظیم کند

۵ــ براب را با استفاده از موج مربعی اسیلوسکوپ تنظیم کند

۶ــ دامنه ی ولتاژ DC و AC را اندازه بگیرد

۷ــ کلید زمان‌بر تقسیمات (Time/Div) را روی اسیلوسکوپ تشخیص دهد

۸ ــ زمان تناوب را به‌طور عملی اندازه بگیرد

۹ــ مؤلفه DC سوار بر ولتاژ AC را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرد

۱۰ــ اصول اندازه‌گیری اختلاف فاز را با اسیلوسکوپ توضیح دهد

۱۱ــ اسیلوسکوپ را جهت اندازه‌گیری اختلاف فاز به مدار اتصال دهد

۱۲ــ با استفاده از اسیلوسکوپ دوکاناله اختلاف فاز دو سیگنال را به‌دست آورد

۱۳ــ منحنی لیساژور را ترسیم کند

۱۴ــ با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم کاربرد اسیلوسکوپ را شبیه‌سازی کند

۱۵ــ گزارش کار را به‌طور کامل، دقیق و مستند بنویسید

۱۶ــ هدف‌های رفتاری در حیطهٔ عاطفی را که در آزمایش اول آمده است در این آزمایش نیز اجرا کند

۱ــ۵ــ اطلاعات اولیه

۱ــ۱ــ۵ــ اسیلوسکوپ یا نوسان‌نما (Oscilloscope):

اسیلوسکوپ دستگاهی است که می‌تواند شکل موج یک سیگنال الکتریکی را به ما نشان دهد. اسیلوسکوپ، سیگنال الکتریکی را در حوزهٔ زمان به ما نشان می‌دهد. از اسیلوسکوپ در دستگاه‌های پزشکی برای نشان دادن نوسان‌های مربوط به ضربان قلب، در خودرو و برای مشاهدهٔ عملکرد دقیق سیستم سوخت رسانی و جرقه‌زنی و در بسیاری از موارد دیگر به‌کار می‌رود. هر اسیلوسکوپ دارای یک لامپ تصویر است که سیگنال موردنظر روی آن به نمایش درمی‌آید.

در داخل اسیلوسکوپ مدارهایی وجود دارد که سیگنال‌های مورد آزمون را پردازش می‌کند و آن را به لامپ تصویر می‌رساند. هم‌چنین، در داخل آن مدارهایی برای همزمانی و جلوگیری از به‌هم ریختگی سیگنال درنظر گرفته می‌شود.

روی صفحهٔ جلوی اسیلوسکوپ (پَنِل Panel) سلکتورهایی وجود دارد که توسط آن‌ها می‌توان سیگنال الکتریکی موردنظر را در حد دل‌خواه تنظیم نمود.

اسیلوسکوپ در دو نوع آنالوگ و دیجیتال ساخته می‌شود.

در شکل ۱ــ ۵ یک نمونه اسیلوسکوپ را ملاحظه می‌کنید. با استفاده از اسیلوسکوپ می‌توانید علاوه بر مشاهدهٔ شکل موج، مقادیر ولتاژ، فرکانس و اختلاف فاز را اندازه بگیرید.

الف

ب

شکل ۱ــ۵ــ یک نمونه اسیلوسکوپ

۲ــ۱ــ ۵ ــ ساختمان داخلی اسیلوسکوپ :

اسیلوسکوپ از دو قسمت اصلی به شرح زیر تشکیل شده است :

ــ لامپ اشعهٔ کاتدیک

ــ مدارهای سادهٔ آماده‌سازی سیگنال

● **لامپ اشعهٔ کاتدیک (Cathode Ray Tube) :**

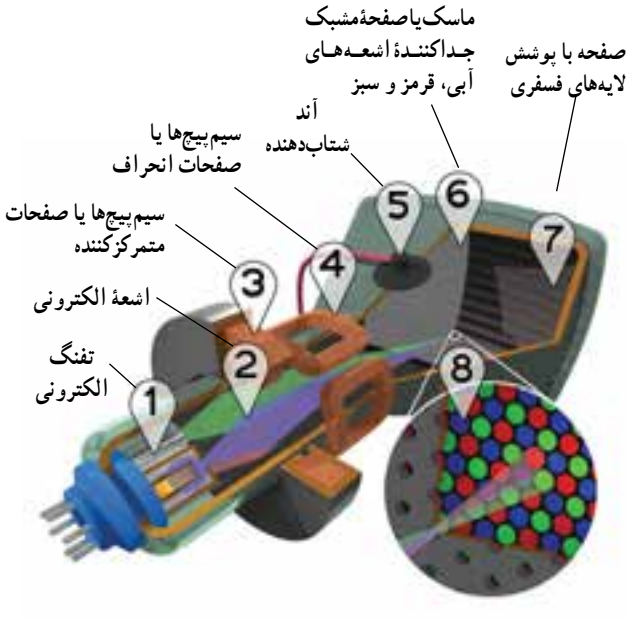
لامپ اشعهٔ کاتدیک یکی از قسمت‌های اصلی در اسیلوسکوپ است. از این لامپ در وسایلی مانند تلویزیون، دستگاه‌های اندازه‌گیری، آزمایش و تنظیم خودرو، رادیولوژی و نمایشگرهای کامپیوتر و لوازم خانگی استفاده می‌شود. در دستگاه‌های جدید به‌جای لامپ اشعهٔ کاتدیک از LCD استفاده می‌کنند. مفهوم Cathode Ray Tube به شرح زیر است :

منفی Cathode

اشعه Ray

لوله، لامپ Tube

لامپ اشعهٔ کاتدیک را اصطلاحاً CRT می‌نامند. دلیل اختصاص این نام، لوله‌ای است که برای نمایش شکل موج، اشعهٔ الکترونی که دارای بار منفی است تولید می‌کند. لامپ اشعهٔ کاتدیک را به‌صورت سیاه و سفید و رنگی می‌سازند. در شکل ۲ــ۵ یک نمونه لامپ اشعهٔ کاتدیک رنگی را با عناصر جانبی آن مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ــ۵ــ ساختمان یک نمونه لامپ اشعهٔ کاتدیک رنگی

اجزای داخلی لامپ اشعهٔ کاتدیک به شرح زیر است :

۱ و ۲ ***تفنگ الکترونی :*** در این قسمت الکترون‌ها آزاد و به صورت یک اشعه با شتاب بسیار زیاد از تفنگ خارج می‌شوند. شمارهٔ ۱ در شکل تفنگ الکترونی و شمارهٔ ۲ اشعهٔ الکترونی است.

۳ ***سیم‌پیچ‌ها یا صفحات متمرکزکننده :*** کار سیم‌پیچ شمارهٔ ۳، متمرکز کردن اشعهٔ الکترونی روی صفحهٔ لامپ است. در اسیلوسکوپ به‌جای سیم‌پیچ از صفحات یا استوانه‌های متمرکز کننده استفاده می‌شود.

۴ ***صفحات یا سیم‌پیچ‌های انحراف :*** کار صفحات یا سیم‌پیچ‌های انحراف منحرف کردن اشعه با توجه به سیگنال مورد اندازه‌گیری، در جهات افقی و عمودی است. این سیم‌پیچ‌ها با شمارهٔ ۴ مشخص شده‌اند.

۵ ***آند شتاب‌دهنده :*** کار آند (Anode) شتاب‌دهنده،

سرعت دادن به اشعهٔ الکترونی و هدایت آن به سمت صفحهٔ لامپ است. برای ایجاد شتاب زیاد در اشعه به ولتاژ زیاد نیاز داریم. این ولتاژ از طریق اتصال شمارهٔ ۵ به آند می‌رسد.

۶ ماسک هدایت اشعه : شمارهٔ ۶ یک صفحهٔ مشبک است که اشعه‌های آبی، قرمز و سبز را به نقاط مربوط به آن روی صفحهٔ لامپ هدایت می‌کند.

۷ و ۸ صفحه با پوشش لایه‌های فسفری : صفحهٔ جلوی لامپ که برای نمایش سیگنال به‌کار می‌رود، به‌وسیلهٔ مواد فسفری با رنگ‌های قرمز و سبز و آبی پوشیده شده است. این قسمت صفحهٔ اصلی لامپ را تشکیل می‌دهد (شمارهٔ ۷)، این صفحه را صفحهٔ حساس می‌نامند، زیرا نقاط فسفری حساس به رنگ‌های قرمز، سبز و آبی به‌صورت منظم روی صفحهٔ لامپ را پوشانده‌اند. نمای نزدیک این نقاط در شمارهٔ ۸ نشان داده شده است. در شکل ۳ــ۵ یک نمونهٔ دیگر از لامپ اشعهٔ کاتدیک را آورده‌ایم.

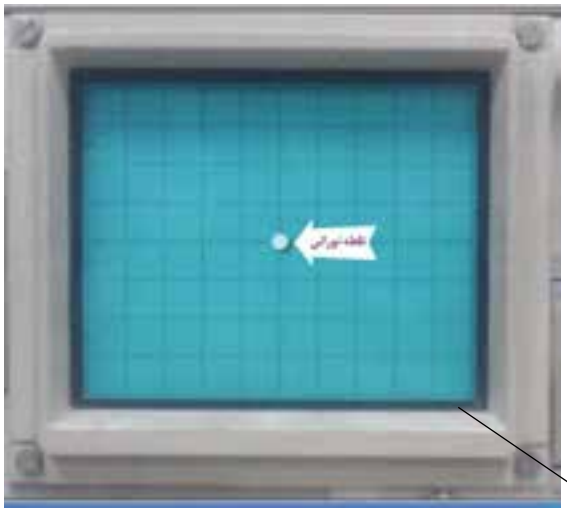
این لامپ به‌جای سیم‌پیچ انحراف، دارای صفحات انحراف است و در اسیلوسکوپ به‌کار می‌رود.

شکل ۳ــ۵ــ نمونهٔ دیگری از لامپ اشعه کاتدیک

۳ــ۱ــ۵ــ تولید اشعهٔ الکترونی : به‌طور کلی اشعه توسط تفنگ تولید می‌شود. در شکل ۴ــ۵ شکل ظاهری و واقعی یک نمونه تفنگ الکترونی را که در لامپ‌های اشعهٔ کاتدیک به کار می‌رود ملاحظه می‌کنید.

اشعهٔ الکترونی تولید شده توسط قسمت‌های شتاب‌دهنده و متمرکز کننده، ضمن حرکت به سمت صفحهٔ پوشیده شده از فسفر، آن را بمب‌باران می‌کند. در اثر این بمب‌باران، یک نقطهٔ نورانی تولید می‌شود (شکل ۵ــ۵) توجه داشته باشید به محض قطع شدن اشعه، نقطهٔ نورانی نیز از بین می‌رود.

شکل ۴ــ۵ــ ساختمان داخلی تفنگ الکترونی



صفحهٔ حساس

شکل ۵ ــ ۵ ــ تولید نقطهٔ نورانی به وسیلهٔ اشعهٔ کاتدیک

روی صفحهٔ جلویی اسیلوسکوپ (پَنِل Panel) یک ولوم به نام اینتن (Inten) وجود دارد که به وسیلهٔ آن می‌توانید نور نقطهٔ نورانی را کم یا زیاد کنید. Inten مخفف Intensity به معنی شدت است. هم‌چنین ولوم دیگری به نام فوکوس (focus) نیز وجود دارد که توسط آن می‌توانید اشعه را به‌طور دقیق متمرکز کنید. این ولوم قطر اشعه را تغییر می‌دهد. در اثر حرکت نقطهٔ نورانی روی صفحهٔ حساس اسیلوسکوپ شکل موج روی صفحه ظاهر می‌شود. حرکت اشعه، بر اثر ولتاژهای داده شده به صفحات انحراف، به‌صورت افقی و عمودی صورت می‌گیرد. در شکل ۶ــ۵ ولوم‌های Inten و Focus را برای یک نمونه اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید. علاوه بر دو ولوم ذکر شده یک ولوم دیگر نیز در کنار این ولوم‌ها وجود دارد که با پیچ‌گوشتی قابل تنظیم است، این ولوم چرخش اشعه Trace Rotation نام دارد. توسط این ولوم می‌توانید زاویه اشعه را هنگامی که به‌صورت خط درمی‌آید تنظیم کنید.

نکتهٔ مهم: هنگام کار با اسیلوسکوپ، این ولوم را تنظیم نکنید. در صورت نیاز از مربی خود کمک بگیرید.

روی اسیلوسکوپ ولوم‌ها و سلکتورهای متعددی وجود دارد که در مراحل اجرای آزمایش به آن می‌پردازیم.

۴ــ۱ــ۵ــ مدارهای داخلی اسیلوسکوپ : برای این

شکل ۶ــ۵ــ ولوم‌های تنظیم شدت نور و تمرکز اشعه

که بتوان امواج را روی صفحهٔ اسیلوسکوپ به‌نمایش درآورد، لازم است در داخل اسیلوسکوپ مدارهای خاصی درنظر گرفته شود. به‌طور کلی مدارهای داخلی دستگاه اسیلوسکوپ را می‌توان به چهار دستهٔ زیر تقسیم کرد :

ــ مدارهای قائم یا vertical

ــ مدارهای افقی یا Horizontal

ــ مدارهای تحریک Trigger

ــ مدارهای جانبی

برای هریک از سامانه‌های ذکر شده روی صفحه جلوی اسیلوسکوپ کنترل‌هایی وجود دارد. کاربر توسط این کنترل‌ها می‌تواند تنظیم‌های موردنیاز را برای به‌دست آوردن بهترین شکل موج انجام دهد (شکل ۷ــ۵). اسیلوسکوپ‌ها در انواع یک کاناله و دوکاناله ساخته می‌شوند. امروزه اغلب اسیلوسکوپ‌ها دوکاناله هستند.

شکل ۷ــ۵ــ مدارهای داخلی اسیلوسکوپ

۲ــ۵ــ نکات ایمنی

۱ــ۲ــ۵ــ کلیهٔ نکات ایمنی عمومی که در آزمایش شمارهٔ ۱ بیان شده است را در این آزمایش نیز رعایت کنید.

۲ــ۲ــ۵ــ قبل از کار با هر دستگاهی راهنمای کاربرد آن را مطالعه کنید. برای اسیلوسکوپ نیز دفترچهٔ راهنمای کاربرد وجود دارد.

۳ــ۲ــ۵ــ نکات ایمنی بیان شده در آزمایش شمارهٔ ۴ را در این آزمایش نیز به‌کار ببرید.

۴ــ۲ــ۵ــ پروب اسیلوسکوپ نیز مانند فانکشن ژنراتور از نوع BNC است، ضرورت دارد که تمام نکات ایمنی مربوط به BNC را در این آزمایش نیز رعایت کنید.

۳ــ۵ــ کار با نرم‌افزار

قبل از اجرای آزمایش هر مرحله را با استفاده از کتاب آزمایشگاه مجازی جلد اول کد ۳۵۸/۳ شبیه‌سازی کنید. کلیهٔ فایل‌های شبیه‌سازی شده را تحویل مربی آزمایشگاه بدهید.

۴ــ۵ــ قطعات ابزار، تجهیزات و مواد مورد نیاز

تجهیزات و ابزار عمومی : کیف ابزار معرفی شده در آزمایش شمارهٔ ۱

تجهیزات و ابزار خاص

ــ سیگنال ژنراتور AF یک دستگاه

ــ سیم رابط یک سر BNC یک سر سوسماری

ــ سیم رابط دوسر سوسماری

ــ سیم رابط یک‌سر BNC و یک سر بنانا

ــ سیم رابط دوسر بنانا (موزی)

ــ سیم رابط یک سر سوسماری و یک سر بنانا از هرکدام حداقل یک سری

ــ اسیلوسکوپ

ــ بِرد بُرد

ــ مقاومت ۱۰KΩ دو عدد

ــ سیم تلفنی به مقدار کافی

۵ــ۵ــ مراحل اجرای آزمایش

آزمایش شماره ۱ : کار با اسیلوسکوپ

توجه : نتایج مربوط به قسمت‌هایی که ستاره‌دار است را در کتاب گزارش کار (جلد دوم) بنویسید.

* **۱ــ۵ــ۵ــ** هدف کلی آزمایش را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

۲ــ۵ــ۵ــ در شکل ۸ــ۵ یک نمونه دستگاه اسیلوسکوپ را مشاهده می‌کنید.

شکل ۸ــ۵ــ تصویر کامل اسیلوسکوپ

هر اسیلوسکوپ دارای یک کلید خاموش ــ روشن است. هر کارخانهٔ سازندهٔ اسیلوسکوپ، کلید خاموش روشن (ON/Off) را به‌دلخواه در محلی روی پَنِل اسیلوسکوپ قرار می‌دهد.

شکل ۹ــ۵ کلید ON/Off اسیلوسکوپ نشان داده شده در شکل ۸ ــ۵ را نمایش می‌دهد. کلید ON/Off می‌تواند در بالا، پایین، وسط، سمت راست و سمت چپ دستگاه قرارگیرد، معمولاً روی کلید ON/Off یا در کنار آن یک لامپ کوچک قرار دارد که وقتی دستگاه را روشن می‌کنیم آن لامپ روشن می‌شود.

شکل ۹ــ۵ــ کلید خاموش و روشن اسیلوسکوپ

همان‌طور که از شکل مشاهده می‌شود، اگر کلید بیرون باشد (حالت صفر ۰) دستگاه خاموش و اگر کلید فشرده شود (حالت یک ۱) دستگاه روشن است.

* **۳ــ۵ــ۵ــ** با استفاده از دفترچهٔ راهنمای اسیلوسکوپ موجود در کارگاه و مشاهدهٔ پنل اسیلوسکوپ، کلید ON/Off اسیلوسکوپ را شناسایی کنید و محل آن را در کادر ترسیم شده در کتاب گزارش کار رسم نمایید. نوشته‌های روی کلید را بنویسید.

* **۴ــ۵ــ۵ــ** سایر کلیدها و سلکتورهای روی صفحهٔ اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را شناسایی کنید و آن را در کادر نشان داده شده در کتاب گزارش کار ترسیم کنید. نوشته‌های مربوط به کلید را بنویسید.

پروب اسیلوسکوپ

* **۵ــ۵ــ۵ــ** چگونگی اتصال پروب به اسیلوسکوپ :

برای اتصال سیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ از پروب‌های مخصوص اسیلوسکوپ استفاده می‌کنند. در شکل ۱۰ــ۵ یک نمونه از این نوع پروب‌ها را ملاحظه می‌کنید. سیم رابط پروب از کابل کوآکسیال (هم‌محور) است، لذا تأثیر پارازیت و نویز را روی پروب کاهش می‌دهد. نوک پروب به‌صورت گیره‌ای و فنری است، به طوری که می‌توانید آن را، به هر نقطه از مدار، که زایده دارد، متصل کنید. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم نوک سوزنی آن ظاهر می‌شود که در صورت نیاز می‌توان از این نوک سوزنی استفاده کرد. در طرف دیگر پروب اتصال BNC است.

الف

ب

شکل ۱۰ــ۵ــ پروب اسیلوسکوپ و اجزای آن

یک عدد پروب BNC را در اختیار بگیرید و اجزاء آن را شناسایی کنید تفاوت پروب موجود در آزمایشگاه را با پروب شکل ۱۰ــ۵ شرح دهید.

۶ــ۵ــ۵ــ همان‌طور که قبلاً اشاره شد در حفرهٔ بی ان‌سی دو فرورفتگی وجود دارد که به یک شیار مورب ختم می‌شود. لذا هنگام اتصال به ترمینال مادگی اسیلوسکوپ باید فرورفتگی‌های آن در مسیر برجستگی‌های ترمینال اسیلوسکوپ قرار گیرد و با وارد کردن کمی فشار، به اندازهٔ ۹۰ درجه چرخانده شود تا در محل خود محکم قرار گیرد. در شکل ۱۱ــ۵ یک نمونه بی‌ان سی و شیار و فرورفتگی روی آن نشان داده شده است.

ب الف

شکل ۱۱ــ۵ــ فرورفتگی و شیار در BNC

* **۷ــ۵ــ۵ــ** طرف BNC پروب را در دست بگیرید و آن را با دقت و احتیاط کامل به ورودی‌های مادگی BNC که روی اسیلوسکوپ قرار دارد طبق شکل ۱۲ــ۵ متصل کنید. در مورد این تجربه به‌طور خلاصه توضیح دهید.

شکل ۱۲ــ۵ــ چگونگی اتصال BNC به اسیلوسکوپ

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در نزدیکی بی‌ان‌سی، یک پیچ تنظیم وجود دارد که توسط آن می‌توان پروب را برای مشاهدهٔ دقیق شکل موج مربعی تنظیم کرد. برای تنظیم پروب، یک شکل موج مربعی را به اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم. باید شکل موج ظاهر شده روی صفحهٔ اسیلوسکوپ دقیقاً مربعی باشد. در صورتی که لبه‌های بالارونده یا پایین روندهٔ موج، کاملاً صاف نباشد، با تنظیم پیچ توسط پیچ گوشتی مخصوص می‌توانید شکل موج صحیح را به‌دست بیاورید. شکل ۱۳ــ۵ چگونگی تنظیم پروب را نشان می‌دهد.

شکل ۱۳ــ۵ــ نحوهٔ تنظیم پروب برای مشاهدهٔ موج مربعی

نکتهٔ ایمنی مهم: هرگز قبل از کسب مهارت کافی پیچ تنظیم پروب را دست نزنید. در صورت نیاز از مربی آزمایشگاه کمک بخواهید. کوچک‌ترین بی‌احتیاطی و وارد کردن فشار بیش از حد، پیچ پروب را معیوب می‌کند. توجه داشته باشید که پروب از نوع وسایل گران‌قیمت آزمایشگاهی است.

* **۸ــ۵ــ۵ــ** پروب اسیلوسکوپ را مورد بررسی قرار دهید. آیا پیچ تنظیم دارد؟ آیا کلید ۱× و ۱۰× دارد؟ به‌طور خلاصه توضیح دهید.

آشنایی با سایر کلیدها، ولوم‌ها، ترمینال‌ها و سلکتورها و آماده‌سازی اسیلوسکوپ برای اندازه‌گیری

۹ــ ۵ ــ۵ــ اسیلوسکوپ دارای ترمینال‌های ورودی

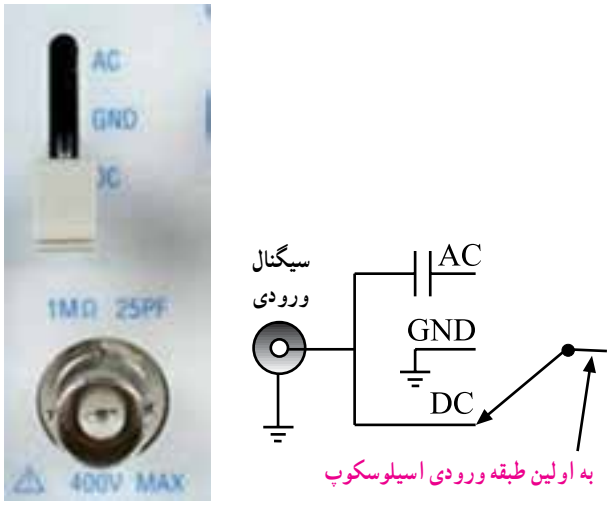
است که سیگنال مورد اندازه‌گیری به آن وصل می‌شود. در شکل ۱۴ــ۵ ولوم‌ها، سلکتورها و ترمینال‌های ورودی کانال ۱ اسیلوسکوپ شکل ۹ــ۵ را ملاحظه می‌کنید. کانال یک را با X نیز نشان می‌دهند.

شکل ۱۴ــ۵ــ سلکتورها، ولوم‌ها و ترمینال‌های ورودی اسیلوسکوپ

● توضیح مختصر هر یک از موارد نشان‌داده شده در شکل ۱۴ــ۵ به شرح زیر است.

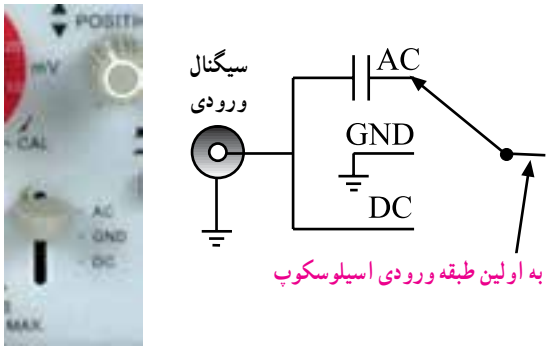
*۱۰ــ۵ــ۵ــ ترمینال ۱ BNC مادگی برای اتصال سیگنال ورودی است. ترمینال می‌تواند تا ولتاژ ۴۰۰Vmax را تحمل کند و امپدانس ورودی آن یک مگا اهم و ظرفیت خازنی ورودی آن ۲۵pf است. مشخصات ترمینال ورودی اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را بنویسید.

*۱۱ــ۵ــ۵ــ کلید ۲ را کلید AC GND DC می‌نامند. این کلید مسیر اتصال سیگنال ورودی را به‌مدارهای اسیلوسکوپ تعیین می‌کند. اگر کلید در حالت DC قرار داده شود، سیگنال ورودی به‌طور مستقیم وارد اسیلوسکوپ می‌شود. به‌عبارت دیگر اگر سیگنال ورودی DC باشد یا جزءِ DC داشته باشد مستقیماً وارد اسیلوسکوپ می‌شود ورودی صفحهٔ نمایشگر ظاهر می‌گردد (شکل ۱۵ــ۵).



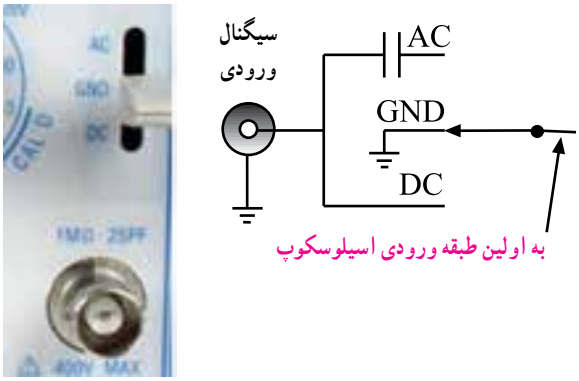
شکل ۱۵ــ۵ــ اتصال سیگنال DC

درصورتی که کلید AC GND DC طبق شکل ۱۶ــ۵ در وضعیت AC قرار گیرد، در مسیر ورودی مدار اسیلوسکوپ، یک خازن قرار می‌گیرد. این خازن مانع عبور جریان DC و ورود آن به اسیلوسکوپ می‌شود، در این حالت فقط سیگنال AC وارد مدار اسیلوسکوپ می‌شود و روی صفحهٔ نمایشگر ظاهر می‌گردد.



شکل ۱۶ــ۵ــ اتصال سیگنال AC به ورودی اسیلوسکوپ

چنان‌چه کلید سه حالتهٔ AC GND DC در وضعیت مشترک با زمین (GND) قرار گیرد. ارتباط ترمینال ورودی با مدار داخلی اسیلوسکوپ قطع می‌شود و سیگنال ورودی نمی‌تواند وارد مدار داخلی اسیلوسکوپ شود. به‌عبارت دیگر، ورودی اسیلوسکوپ به زمین دستگاه متصل می‌شود (شکل ۱۷ــ۵). GND مخفف Ground به معنی سیم مشترک زمین است.



شکل ۱۷ــ۵ــ ترمینال ورودی اسیلوسکوپ به زمین متصل شده است.

دربارهٔ محل قرار گرفتن کلید AC GND DC مربوط به کانال یک اسیلوسکوپ موجود در کارگاه توضیح دهید و شکل آن را رسم کنید.

*۱۲ــ۵ــ۵ــ سلکتور شماره ۳ مربوط به تقسیم‌بندی ولتاژ در جهت قائم است و آن را با Volt/Div نشان می‌دهند. هنگامی که این سلکتور روی یکی از تقسیمات مثلاً ۵۰mv/Div (mv/Division) قرار می‌گیرد، هر یک از خانه‌های تقسیم‌بندی روی صفحهٔ نمایش به منزله ۵۰ میلی‌ولت است. سلکتور Volt/Div اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را رسم کنید و تقسیم‌بندی‌های آن را مشخص نمایید.

*۱۳ــ۵ــ۵ــ ولوم شمارهٔ ۴ برای کالیبره کردن دستگاه به‌کار می‌رود یعنی اگر آن را در خلاف حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانیم، دستگاه از حالت کالیبره شده خارج می‌شود. جهت فلش که با Cal D مشخص شده است حالتی را نشان می‌دهد که اسیلوسکوپ کالیبره است. همچنین اگر این ولوم به بیرون کشیده شود (pull×۵MaG ۵) مقدار ولتاژ مورد اندازه‌گیری با ضریب پنج برابر افزایش می‌یابد. یعنی مقدار ولتاژ خوانده شده روی دستگاه را باید بر عدد ۵ تقسیم کنیم. این دکمه را با Var که مخفف Variable است نشان می‌دهند. حالت Cal D فقط برای مشاهدهٔ شکل موج مناسب به‌کار می‌رود.

دکمهٔ Variable اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را شناسایی کنید. شکل آن را بکشید و مشخصات آن را بنویسید. در بسیاری از اسیلوسکوپ‌ها، این ولوم به‌طور جداگانه و در کنار Volt/Div قرار دارد.

ترمینال ۶ اتصال زمین یا سیم مشترک برای اسیلوسکوپ است.

*۱۴ــ۵ــ۵ــ برای انتخاب کانال یک، دو، هر دو کانال (Dual) یا جمع کردن (Add) سیگنال‌های هر دو کانال، سلکتور حالت قائم (Vertical Mode) وجود دارد. مجموعهٔ کانال‌های CH۱ و CH۲ را قسمت عمودی یا Vertical اسیلوسکوپ می‌گویند. در شکل ۱۸ــ۵ قسمت‌های مشترک بین Vertical کانال یک و دو را مشاهده می‌کنید. با ولوم موقعیت Position می‌توانید محل اشعه را در جهت عمودی تنظیم کنید.

شکل ۱۸ــ۵ــ قسمت‌های مشترک و سایر تنظیم‌کننده‌های قسمت عمودی

قسمت‌های مشترک اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را رسم کنید و مشخصات آن‌ها را بنویسید.

*۱۵ــ۵ــ۵ــ در پایین و سمت راست شکل ۱۸ــ۵ پین فلزی (زایده) وجود دارد که از طریق این ترمینال می‌توانید ولتاژ مربعی کالیبر شده با دامنهٔ ۲Vpp و معمولاً با فرکانس

۱KHz را دریافت کنید. روی این ترمینال کلمهٔ Cal و ۲Vpp نوشته شده است. محل خروجی سیگنال کالیبراسیون مربعی (Cal) را روی اسیلوسکوپ موجود در کارگاه مشخص کنید و پارامترهای آن را بنویسید.

* **۱۶ــ ۵ ــ ۵ ــ** در شکل ۱۹ــ ۵ قسمت افقی (Horizontal) اسیلوسکوپ را ملاحظه می‌کنید. این قسمت محور زمان را می‌سازد. لذا آن را زمان پایه یا Time Base می‌نامند. روی قسمت افقی، یک سلکتور زمان بر قسمت وجود دارد که برحسب ثانیه، میلی ثانیه و میکروثانیه درجه‌بندی شده است.

شکل ۱۹ــ۵ــ قسمت افقی اسیلوسکوپ

هنگامی که سلکتور Time/Div روی یکی از تقسیمات مثلاً ۰/۵ میلی ثانیه قرار می‌گیرد، هر یک از تقسیمات صفحه نمایش معادل ۰/۵ میلی ثانیه می‌شود. یعنی اگر اشعه ۴ خانه در جهت افقی منحرف شود، زمان تناوب موج ۲ms ۰/۵×۴ است.

ولوم Var Sweep مشابه ولوم Volt/ Div (Var) است و با تغییر آن دستگاه از حالت کالیبره خارج می‌شود، در این حالت نمی‌توان اندازه‌گیری دقیقی را به‌دست آورد و فقط شکل موج قابل رؤیت است.

ترمینال EXT/Trig برای تحریک خارجی جهت تثبیت موج روی صفحهٔ نمایش به‌کار می‌رود که بعداً دربارهٔ آن بحث خواهیم کرد.

سلکتورها، ولوم‌ها و ترمینال‌های Time Base اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را با درج تقسیمات ترسیم کنید.

* **۱۷ــ۵ــ۵ــ** یکی از قسمت‌های مهم اسیلوسکوپ هم‌زمانی قسمت عمودی (ولتاژ ورودی) و افقی (مدار پایهٔ زمان Time Base) است. مدار هم‌زمانی را اصطلاحاً تریگر Trigger می‌نامند.

در شکل ۲۰ــ۵ کلیدها و ولوم‌های مدار هم زمانی را ملاحظه می‌کنید. با استفاده از کلیدها و ولوم‌ها، می‌توانید موج ورودی را به‌گونه‌ای تنظیم کنید که روی صفحهٔ اسیلوسکوپ ثابت بماند.

عملکرد این کلیدها و ولوم‌ها را به کمک مربی خود و با استفاده از دفترچهٔ راهنمای کاربرد اسیلوسکوپ یاد بگیرید.

سطح ولتاژ هم‌زمانی یا تریگر و شیب (Slope) شروع سیگنال ورودی

چگونگی و نوع انتقال سیگنال تریگر به مدار

انتخاب منبع هم‌زمانی یا تریگر

ولوم تنبیت‌کنندهٔ موج

کلید انتخاب x یا y یعنی از کار انداختن مدار هم‌زمانی و فعال شدن x و y

جابه‌جایی افقی و توسعهٔ حوزهٔ کار Time/Div با ضریب ۱۰

شکل ۲۰ــ۵ــ ولوم‌ها و کلیدهای هم‌زمانی

نام کلیدها و ولوم‌های مربوط به قسمت هم‌زمانی (Trigger) اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را بنویسید.

۱۸ــ۵ــ۵ــ قبل از شروع آزمایش به یاد داشته باشید که کلیهٔ دستگاه‌های اندازه‌گیری از جمله اسیلوسکوپ بسیار حساس هستند؛ لذا هنگام کارکردن با اسیلوسکوپ به نکات زیر دقیقاً توجه کنید.

- هنگام تغییر رنج کلید سلکتورها، به آرامی و با دقت، رنج‌ها را عوض کنید، زیرا کنتاکت ثابت اکثر این کلید سلکتورها از نوع مدار چاپی است و احتمال خراب‌شدن آن‌ها زیاد است.
- شدت نور را، مخصوصاً هنگامی که اسیلوسکوپ روی X Y قرار دارد، بیش از اندازه زیاد نکنید؛ در این حالت موج جاروب صفحاتِ انحرافِ افقی قطع می‌شود و روی صفحهٔ حساس فقط یک نقطه نقش می‌بندد. در این حالت اشعه به‌طور مداوم به صفحه می‌تابد و مواد فسفرسانس آن نقطه را خراب می‌کند. این خرابی منجر به ایجاد یک لکهٔ سیاه روی صفحه می‌شود.
- کلیدهای فشاری روی پانل اسیلوسکوپ را هنگام تغییر حالت به‌آرامی فشار دهید.
- اسیلوسکوپ را در مکانی قرار دهید که امکان افتادن آن به‌طور مطلق وجود نداشته باشد.
- اسیلوسکوپ را در مکانی که اطراف آن حرارت زیاد (مانند بخاری) وجود دارد یا نور خورشید مستقیماً به آن می‌تابد قرار ندهید.
- سیم پروب را هیچ‌گاه نکشید.
- چنانچه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در ابتدا مشخص نیست از حالت ۱۰× (ضربدر ده) پروب استفاده کنید و رنج کلید سلکتور Volt/Div را در بیش‌ترین مقدار خود قرار دهید.
- اگر بعد از روشن کردن اسیلوسکوپ اشعه روی صفحهٔ حساس ظاهر نشد از مربی آزمایشگاه کمک بخواهید.

آزمایش ۱ مشاهدهٔ موج مربعی کالیبره شدهٔ اسیلوسکوپ

۱۹ــ۵ــ۵ــ قبل از روشن کردن دستگاه مراحل زیر را اجرا کنید.

- کلید سلکتور Time/Div را روی عدد ۱ms بگذارید.
- کلید سلکتور Volt/Div را روی عدد ۵ ولت قرار دهید.
- ولوم تغییر وضعیت افقی (Horizontal Position ←→) و عمودی (Vertical Position ↕) را در وسط بگذارید.
- کلید AC GND DC را در حالت GND قرار دهید.
- کلید Vertical mode را در حالت CH۱ بگذارید.
- کلید Source Trig را در حالت INT یا CH۱ قرار دهید.

* **۲۰ــ۵ــ۵ــ** اسیلوسکوپ را روشن کنید. بعد از مدت کوتاهی روی صفحهٔ حساس اسیلوسکوپ یک خط ظاهر می‌شود. ولوم‌های INTEN و FOCUS را طوری تغییر دهید که خط ظاهر شده در روی صفحهٔ حساس دارای شدت نور کافی و کم‌ترین ضخامت باشد. در صورتی که خط مشاهده شده دقیقاً موازی با خط افقی مدرج روی صفحهٔ حساس نیست از مربّی آزمایشگاه بخواهید با تغییر پتانسیومتر (Trace Rotation) به کمک یک پیچ‌گوشتی ظریف کوچک، خط را دقیقاً موازی با درجه‌بندی محور افقی تنظیم کند. حال خط مشاهده شده را در نمودار ۱ــ۵ با مقیاس مناسب رسم کنید.

مقادیر Volt/Div ، Time/Div را بنویسید.

* **۲۱ــ۵ــ۵ــ** در حالی که اسیلوسکوپ روشن است. کلید سلکتور Time/Div را روی ۰/۱S قرار دهید. آن‌چه را که روی صفحهٔ حساس می‌بینید در نمودار ۲ــ۵ رسم کنید.

سؤال ۱ : چرا وقتی کلید سلکتور Time/Div روی حالت ۱ms است، شکل موج ظاهر شده روی صفحهٔ حساس در مقایسه با حالات ۰/۱ ms تغییر می‌کند؟

سؤال۲ : نقش کلید Time/Div و ضرایب آن را روی شکل موج خروجی شرح دهید.

حال کلید سلکتور Time/Div را روی عدد ۵۰ms قرار دهید و اثرهای اشعه را روی صفحهٔ حساس ببینید. در این حالت، ولوم Time Variable را برعکس عقربه‌های ساعت بچرخانید

و همزمان با چرخاندن ولوم اثرهای آن را روی صفحهٔ حساس مشاهده کنید.

سؤال۳ : نقش ولوم Time Variable را شرح دهید.

۲۲ــ۵ــ۵ــ برای اِعمال سیگنال به اسیلوسکوپ از پروب استفاده می‌کنند. همچنین در روی پانل اسیلوسکوپ پینی وجود دارد که از روی این پین ولتاژ مربعی با دامنهٔ ۰/۵ ولت تا ۲ ولت پیک توپیک و فرکانس ۱KHZ که در داخل اسیلوسکوپ تولید می‌شود، قابل دریافت است. این ولتاژ مربعی برای تنظیم پروب و آزمایش صحت کار اسیلوسکوپ در اندازه‌گیری ولتاژ و فرکانس به‌کار می‌رود. در شکل ۲۱ــ۵ این ترمینال خروجی اسیلوسکوپ را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۱ــ۵ــ ترمینال خروجی موج مربعی

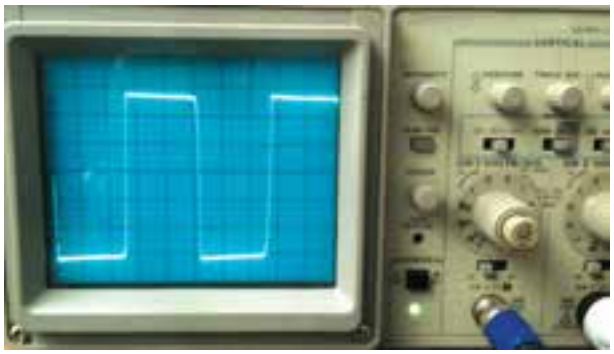
نکتهٔ مهم : مقدار دامنه و فرکانس موج مربعی تولید شده در داخل اسیلوسکوپ ممکن است برای دستگاه‌های مختلف متفاوت باشد.

۲۳ــ۵ــ۵ــ برای مشاهدهٔ موج مربعی، طبق شکل ۲۲ــ۵، BNC پروب را به ورودی کانال ۱ و طرف دیگر آن را به ترمینال مولد موج مربعی اسیلوسکوپ وصل کنید. پروب را روی حالت ×۱ بگذارید.

شکل ۲۲ــ۵ــ اتصال کانال یک اسیلوسکوپ به ترمینال خروجی مولد موج مربعی

* **۲۴ــ۵ــ۵ــ** کلید سلکتور Volt/Div را روی ۰/۵ ولت و کلید سلکتور Time/Div را روی ۱ms بگذارید باید روی نمایشگر اسیلوسکوپ شکل موج مربعی مشابه شکل ۲۳ــ۵ ظاهر شود.

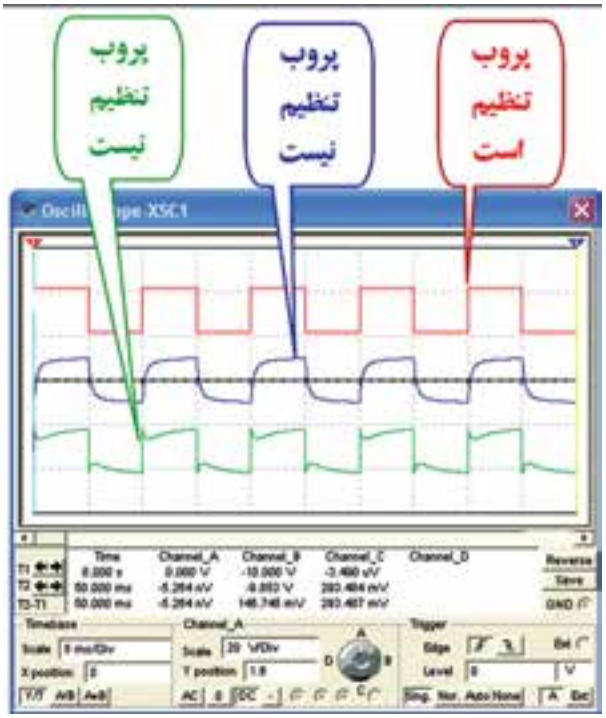
نکتهٔ مهم: با توجه به مقدار دامنه و فرکانس موج مربعی تولید شده در داخل اسیلوسکوپ، ممکن است نیاز به تغییراتی در کلید سلکتورها باشد.



شکل ۲۳ــ۵ــ نمایش موج مربعی روی اسیلوسکوپ

پس از انجام تغییرات روی کلید سلکتورها، شکل موج مربعی را در نمودار ۳ــ۵ رسم کنید. در صورتی که موج مربعی ظاهر شده مطابق شکل ۲۴ــ۵ کاملاً مربعی نباشد. باید با استفاده از پیچ تنظیم پروب آن را تنظیم کنید. این مرحله توسط معلم

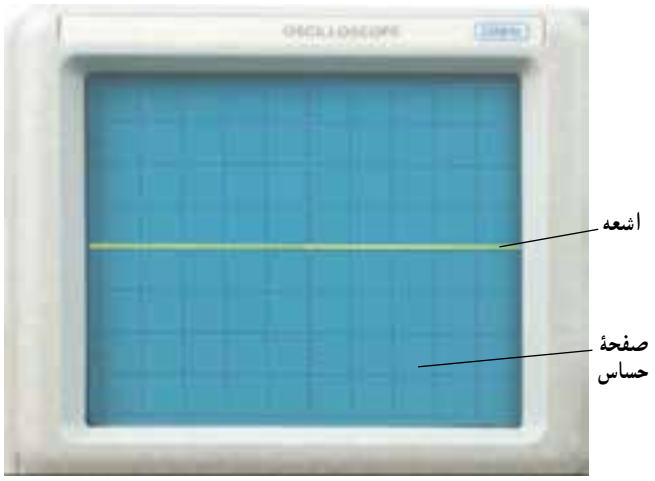
آزمایشگاه صورت می‌گیرد.



شکل ۲۴ــ۵ــ حالت‌های تنظیم و غیرتنظیم پروب

خواندن مقادیر ولتاژ DC با استفاده از اسیلوسکوپ:

۲۵ــ۵ــ۵ــ اسیلوسکوپ را روشن کنید و یک دقیقه صبر کنید تا پایدار شود. قبل از اعمال سیگنال به ورودی اسیلوسکوپ، باید کلید (AC GND DC) در حالت GND (زمین) قرار گیرد و مکان صفر اشعه تنظیم شود. در این حالت

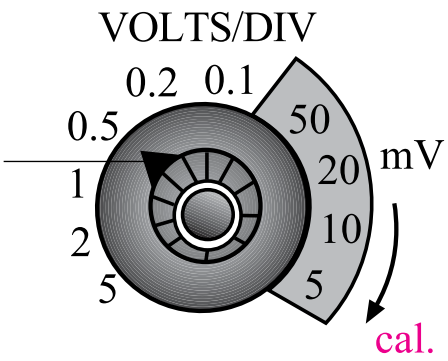


شکل ۲۵ــ۵ــ تنظیم محل اشعه روی صفحهٔ حساس

اشعه معمولاً به‌صورت یک خط افقی دیده می‌شود. به کمک ولوم جابه‌جا کننده اشعه در جهت عمودی (y) می‌توان طبق شکل ۲۵ــ۵ محل اشعه را تنظیم کرد. بهتر است مکان صفر درست در وسط صفحه حساس قرار گیرد.

طبق مرحلهٔ ۱۸ــ۵ــ۵ اشعه را روی صفحه بیاورید و صفر آن را تنظیم کنید.

۲۶ــ۵ــ۵ــ همان‌طور که قبلاً ذکر شد در صفحه جلوی اسیلوسکوپ (پنل اسیلوسکوپ) کلید سلکتوری به نام Volt/Div (شکل ۲۶ــ۵) وجود دارد. نقش این کلید سلکتور مانند نقش کلید رنج ولت‌متر یا مولتی‌متر است. عددی که نشانک این کلید سلکتور به آن اشاره می‌کند، مقدار ولتاژ را برای انحراف اشعه به اندازه یک خانه مشخص می‌کند.



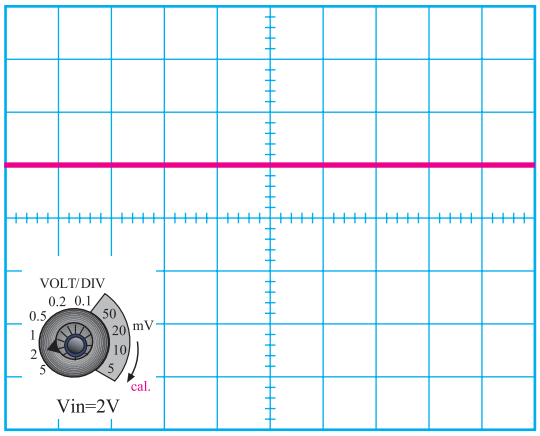
شکل ۲۶ــ۵ــ انتخاب حوزهٔ کار (رنج) مربوط به Volt/Div

برای مثال اگر نشانک کلید سلکتور به عدد ۲ اشاره کند یعنی در مقابل عدد ۲ قرارگیرد به ازای اعمال ۲ ولت ولتاژ ورودی (DC یا AC)، اشعه به اندازه یک خانه در جهت عمودی منحرف می‌شود. متناسب با مثبت یا منفی‌بودن ولتاژ ورودی، اشعه از مرکز یا نقطه تنظیم شده به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند (شکل ۲۷ــ۵).

در شکل ۲۷ــ۵، اشعه به اندازهٔ یک خانه منحرف شده است و کلید سلکتور Volt/Div روی ۲V قرار دارد. میزان ولتاژ اندازه‌گیری شده برابر با دو ولت است زیرا

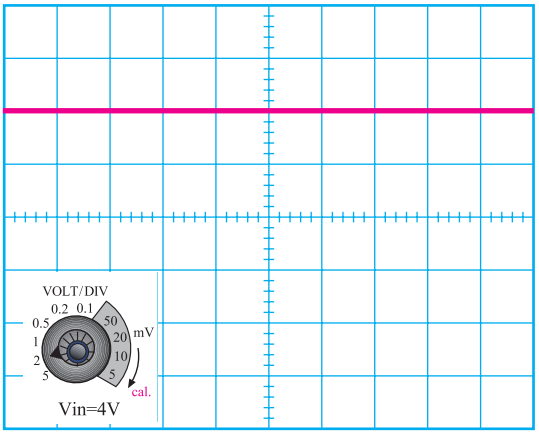
ولتاژ اندازه‌گیری شده = تعداد خانه × Volt/Div

۲V = ۱ × ۲V



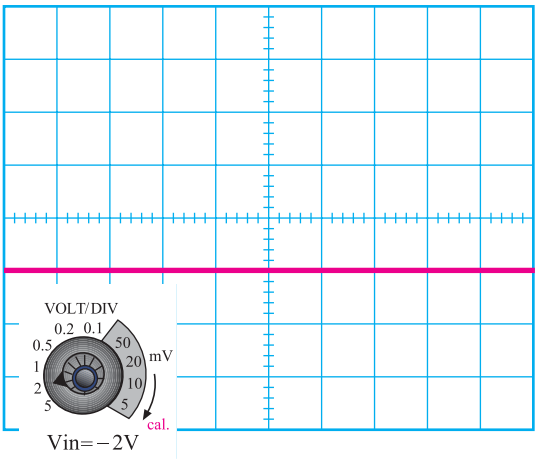
شکل ۲۷ــ۵ــ میزان انحراف اشعه با توجه به حوزهٔ کار Volt/Div

اگر ولتاژ ورودی ۴ ولت باشد و نشانک کلید سلکتور Volt/Div روی عدد دو قرار گیرد، اشعه به اندازه دو خانه منحرف می‌شود (شکل ۲۸ــ۵).



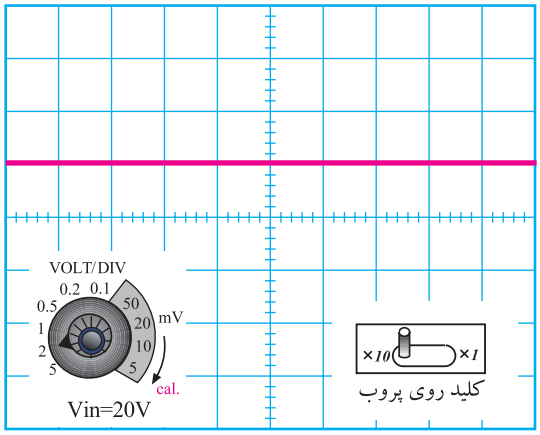
شکل ۲۸ــ۵ــ ولتاژ مورد اندازه‌گیری ۴ ولت است.

اگر ولتاژ ورودی منفی باشد یعنی قطب مثبت به زمین (مشترک) اسیلوسکوپ و قطب منفی به ورودی اسیلوسکوپ وصل شود، اشعه از نقطه تنظیم شده به سمت پایین حرکت می‌کند (شکل ۲۹ــ۵).



شکل ۲۹ــ۵ــ اندازه‌گیری ولتاژ منفی

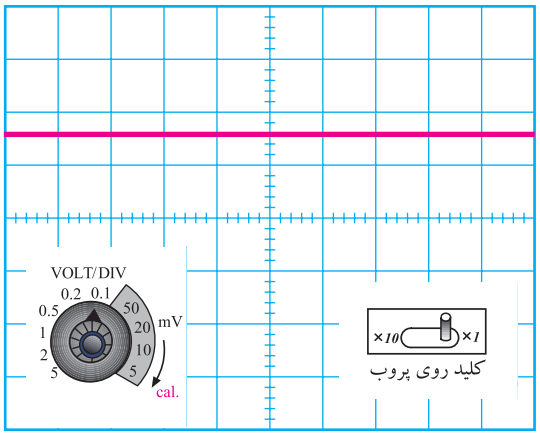
۲۷ــ۵ــ۵ــ در صورتی که کلید (×۱ و ×۱۰) پروب در حالت ×۱۰ باشد و نشانک کلید Volt/Div به عدد ۲ ولت اشاره کند، به ازای ۲۰ ولت ولتاژ ورودی، اشعه به اندازه یک خانه منحرف می‌شود (شکل ۳۰ــ۵).



شکل ۳۰ــ۵ــ ولتاژ مورد اندازه‌گیری ۲۰ ولت است

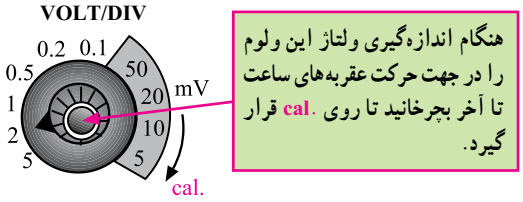
با اندازه گرفتن میزان انحراف اشعه و عددی که نشانک کلید Volt/Div به آن اشاره می‌کند می‌توانید مقدار ولتاژ اعمال شده به اسیلوسکوپ را اندازه بگیرید.

برای مثال در شکل ۳۱ــ۵، اشعه به اندازه ۱/۶ خانه منحرف شده است و نشانک کلید سلکتور Volt/Div روی عدد ۱۰۰mV قرار دارد. بنابراین ولتاژ اعمالی به اسیلوسکوپ برابر ۱/۶ V ۱/۶ × ۱۰۰mV است.



شکل ۳۱ــ۵ــ ولتاژ مورد اندازه‌گیری ۱/۶ولت است

۲۸ــ۵ــ۵ــ در روی پانل اسیلوسکوپ ولومی به نام Volt Variable وجود دارد که هنگام اندازه‌گیری ولتاژ باید در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخانده شود تا نشانک آن مقابل Cal(Calibration) قرار گیرد. چنان‌چه ولوم از این حالت خارج شود مقدار اندازه‌گیری شده دقیق نخواهد بود (شکل ۳۲ــ۵).



شکل ۳۲ــ۵ــ تنظیم ولوم Cal

آزمایش شمارهٔ ۲ : اندازه‌گیری ولتاژ DC با استفاده از اسیلوسکوپ

۲۹ــ۵ــ۵ــ قبل از شروع آزمایش مراحل زیر را دوباره انجام دهید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید، حدود یک دقیقه صبر کنید تا اسیلوسکوپ کاملاً گرم شود.

■ به کمک ولوم INTEN، نور اشعه را طوری تنظیم کنید که به‌راحتی قابل مشاهده باشد.

■ به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن کانونی کنید (اشعه باید فوق‌العاده باریک و تیز Sharp باشد).

■ بعد از تنظیم اشعه از نظر نور و ضخامت، تنظیم‌های زیر را روی اسیلوسکوپ و کانال CH1 انجام دهید.

■ کلید Mode را در حالت CH1 قرار دهید.

■ کلید AC GND DC را در حالت GND بگذارید.

■ به کمک کلید جابه‌جا کنندهٔ عمودی، اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید. در این حالت اشعه باید به‌صورت یک خط صاف دیده شود.

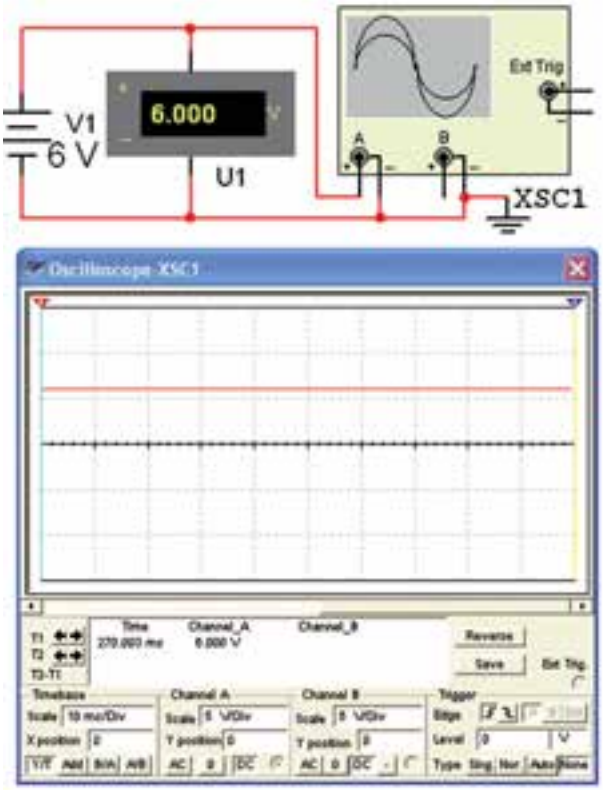
■ کلید Volts/Div را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.

■ ولوم Volt Variable را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید به‌طوری که نشانک آن مقابل Cal قرار گیرد.

■ کلید Time/Div را روی ۰/۵ ms قرار دهید.

■ کلید AC GND DC را در حالت DC بگذارید.

۳۰ــ۵ــ۵ــ مدار شکل ۳۳ــ۵ رابندید. با استفاده از این مدار می‌خواهیم ولتاژ DC را توسط مولتی‌متر دیجیتال و اسیلوسکوپ اندازه بگیریم.



شکل ۳۳ــ۵ــ اندازه‌گیری ولتاژ DC

۳۱ــ۵ــ۵ــ ولتاژ منبع تغذیه را از صفر به آرامی زیاد کنید. هنگام زیاد کردن ولتاژ منبع تغذیه به حرکت اشعه در جهت عمودی روی صفحه حساس نیز توجه داشته باشید. ولتاژ تغذیه را به ۶ ولت برسانید.

* **۳۲ــ۵ــ۵ــ** شکل موج ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس را روی نمودار ۴ــ۵ رسم کنید.

* **۳۳ــ۵ــ۵ــ** مقدار ولتاژ DC را از روی نمودار ۴ــ۵ محاسبه و با مقداری که ولت‌متر DC نشان می‌دهد مقایسه کنید. آیا با هم برابر است؟ توضیح دهید.

* **۳۴ــ۵ــ۵ــ** در شرایطی که منبع تغذیه به اسیلوسکوپ وصل است کلید DC GND AC را در حالت AC قرار دهید و شکل موج مشاهده شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۵ــ۵ رسم کنید.

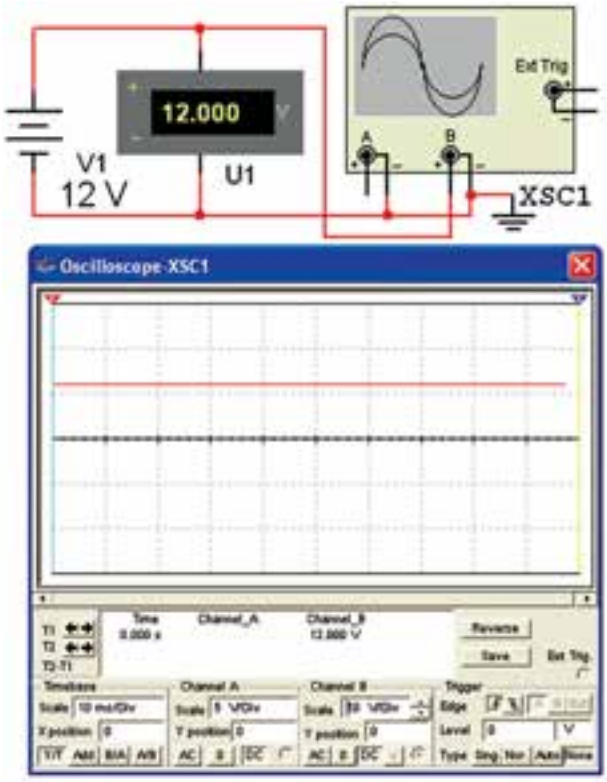
سؤال ۴ : چرا هنگامی که کلید DC GND AC در حالت AC قرار دارد، اشعه در جهت عمودی جابه‌جا نمی‌شود؟ توضیح دهید. با تغییر ولتاژ DC منبع تغذیه این موضوع را تجربه کنید.

۳۵ــ۵ــ۵ــ ولتاژ منبع تغذیه را به ورودی کانال CH۲ اسیلوسکوپ مطابق شکل ۳۴ــ۵ وصل کنید و تنظیمات زیر را انجام دهید :

- کلید Mode را در حالت CH۲ بگذارید.
- کلید Time/Div را روی ۰/۵ ms قرار دهید.
- کلید Volt/Div کانال ۲ را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.
- کلید DC GND AC را در حالت GND بگذارید.
- کلید Volt/Variable کانال CH۲ را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید تا نشانک این ولوم مقابل Cal قرار گیرد.
- به کمک کلید جابه‌جاکننده اشعه در جهت عمودی، مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
- منبع تغذیه را روی صفر ولت قرار دهید و کلید DC GND AC را در حالت DC بگذارید.
- ولتاژ منبع تغذیه را تا سقف ۶ ولت به آرامی زیاد کنید و حرکت اشعه را روی صفحه حساس مشاهده کنید.

* **۳۶ــ۵ــ۵ــ** شکل موج ولتاژ را در نمودار ۶ــ۵ رسم کنید.

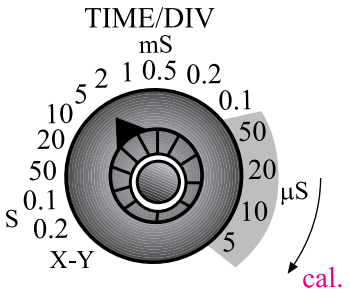
* **۳۷ــ۵ــ۵ــ** با استفاده از نمودار ۶ــ۵ و روابط داده شده مقدار ولتاژ را محاسبه و با مقداری که ولت‌متر DC نشان می‌دهد مقایسه کنید.



شکل ۳۴ــ۵ــ استفاده از کانال ۲ ـ CH۲

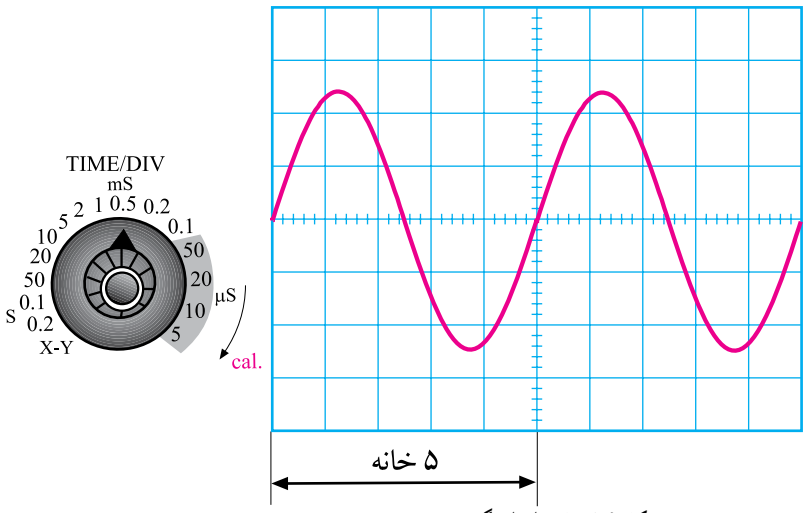
خواندن زمان تناوب با استفاده از اسیلوسکوپ :

۳۸ــ۵ــ۵ــ همان‌طور که قبلاً اشاره شد کلید سلکتور دیگری به نام Time/Div نیز روی اسیلوسکوپ وجود دارد. عددی که نشانک این کلید به آن اشاره می‌کند، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا اشعه در جهت افقی مسیر یک خانه را طی کند. این کلید سلکتور برای اندازه‌گیری زمان تناوب شکل موج‌های متناوب به‌کار می‌رود. در شکل ۳۵ــ۵ این کلید سلکتور نشان داده شده است.



شکل ۳۵ــ۵ــ کلید سلکتور Time/Div

۳۹ــ۵ــ۵ــ برای اندازه‌گیری زمان تناوب تعداد خانه‌های یک سیکل کامل روی صفحه اسیلوسکوپ را در عددی که نشانک کلید سلکتور Time/Div به آن اشاره می‌کند ضرب می‌کنیم. به‌عنوان مثال در شکل ۳۶ــ۵ نشانک کلید سلکتور Time/Div روی عدد ۰/۵ ms قرار دارد و در روی صفحه حساس یک سیکل کامل، ۵ خانه را می‌پوشاند؛ بنابراین زمان تناوب موج ظاهر شده روی صفحه حساس برابر با ۲/۵ ms ۵×۰/۵ T است.



شکل ۳۶ــ۵ــ اندازه‌گیری زمان تناوب

برای به‌دست آوردن فرکانس کافی است که از رابطه زیر استفاده کنیم.

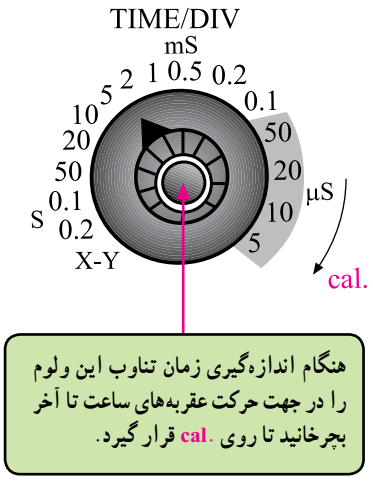
$$f = \frac{۱}{T}$$

$$f = \frac{۱}{۲/۵\text{ms}} = ۴۰۰\text{Hz}$$

بنابراین با اسیلوسکوپ نمی‌توان به‌طور مستقیم فرکانس را اندازه گرفت.

توجه : در اسیلوسکوپ های جدید امکان اندازه‌گیری زمان تناوب نیز وجود دارد. این گونه اسیلوسکوپ‌ها از نوع دیجیتال هستند.

۴۰ــ۵ــ۵ــ روی پَنل اسیلوسکوپ ولوم دیگری به نام Time Variable وجود دارد. هنگام اندازه‌گیری زمان تناوب باید این ولوم را در جهت فلش تا آخر بچرخانید تا نشانک آن در مقابل Cal قرار گیرد. در غیر این‌صورت نمی‌توان زمان تناوب را به دقت اندازه گرفت (شکل ۳۷ــ۵).



شکل ۳۷ــ۵ــ تنظیم ولوم Time Variable

آزمایش شمارهٔ ۳ : اندازه‌گیری زمان تناوب

۴۱ــ۵ــ۵ــ قبل از شروع کار، تنظیم‌های زیر را انجام دهید.

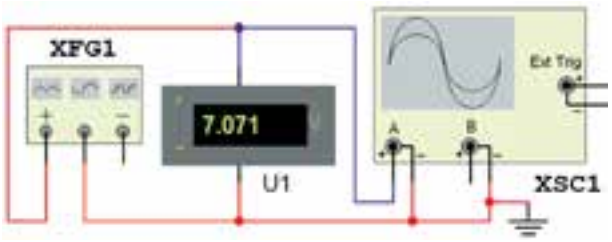
- فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱KHz تنظیم کنید.
- موج سینوسی را انتخاب کنید و دامنهٔ آن را روی ۵ولت بگذارید.

تنظیم‌های زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

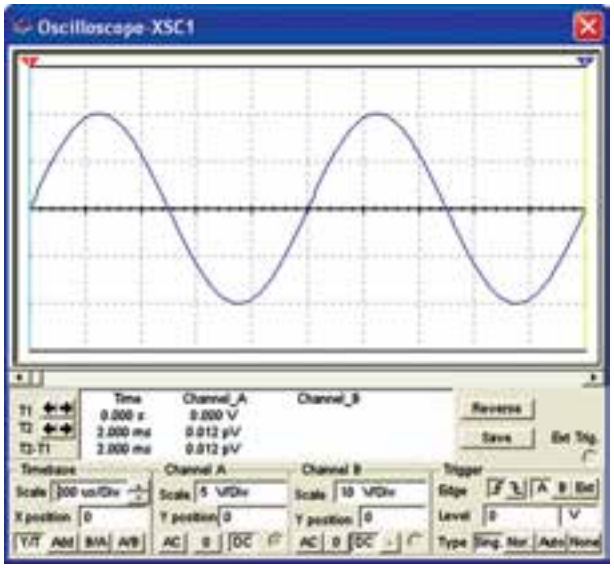
- کلید SOURCE را در حالت CH۱ قرار دهید.
- کلید Mode را روی CH۱ بگذارید.
- کلید سلکتور Time/ Div را روی عدد ۰/۲ ms قرار دهید.
- به کمک ولوم‌های INTEN و FOCUS شدت نور اشعه و ضخامت آن را در حد مطلوب تنظیم کنید.
- ولوم Time Variable را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.
- کلید Volt/Div کانال یک را روی یک ولت تنظیم کنید.
- ولوم Volt Variable کانال یک را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.
- کلید AC GND DC کانال یک را روی حالت GND قرار دهید و مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
- ولوم Level را در حالت صفر تنظیم کنید (تقریباً حالت وسط).
- کلید AC GND DC را در حالت AC بگذارید.

۴۲ــ۵ــ۵ــ مدار شکل ۳۸ــ۵ را ببندید و سیگنال ژنراتور را روشن کنید.

- ولوم Fine(در بعضی از سیگنال ژنراتورها ولوم Attenuator dB) را تغییر دهید تا دامنه شکل موج سینوسی روی صفحه حساس، سه خانه را دربر بگیرد.



الف



ب

ج

شکل ۳۸ــ۵ــ کاربرد اسیلوسکوپ در اندازه‌گیری زمان تناوب

* **۴۳ــ۵ــ۵ــ** شکل موج ظاهر شده روی صفحهٔ اسیلوسکوپ را با مقیاس مناسب در نمودار ۷ــ۵ رسم کنید.

* **۴۴ــ۵ــ۵ــ** مقدار دامنهٔ پیک توپیک موج رسم شده در نمودار ۷ــ۵ را محاسبه کنید.

* **۴۵ــ۵ــ۵ــ** زمان تناوب را از روی شکل موج ترسیم شده در نمودار ۷ــ۵ به‌دست آورید و مقدار فرکانس موج را محاسبه کنید.

* **۴۶ــ۵ــ۵ــ** کلید AC GND DC را در حالت

DC قرار دهید و شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس را در نمودار ۸ــ۵ رسم کنید. شکل موج‌های نمودارهای ۷ــ۵ و ۸ــ۵ را با هم مقایسه کنید.

سؤال ۵ : چرا در حالتی که کلید AC GND DC روی حالت AC و یا DC قرار دارد شکل موج‌های سینوسی ظاهر شده روی صفحه حساس با یکدیگر فرقی ندارند؟ توضیح دهید.

* **۴۷ــ۵ــ۵ــ** کلید AC GND DC را در حالت AC قرار دهید و کلید انتخاب شکل موج سیگنال ژنراتور را در حالت موجی مربعی (PULSE) بگذارید.

شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار ۹ــ۵ رسم کنید و مقدار دامنهٔ پیک تو پیک، زمان تناوب و فرکانس آن را محاسبه کنید.

* **۴۸ــ۵ــ۵ــ** با توجه به تنظیم‌های فوق، کلید AC GND DC را در حالتی که موج مربعی به اسیلوسکوپ وصل است روی وضعیت DC قرار دهید و شکل موج را روی صفحه حساس مشاهده و در نمودار ۱۰ــ۵ رسم کنید. نمودارهای ۹ــ۵ و ۱۰ــ۵ را با هم مقایسه کنید و در بارهٔ اثر تغییر کلید AC GND DC از حالت AC به DC توضیح دهید.

سؤال ۶ : آیا تغییر حالت کلید AC GND DC اثری روی شکل موج می‌گذارد؟ شرح دهید.

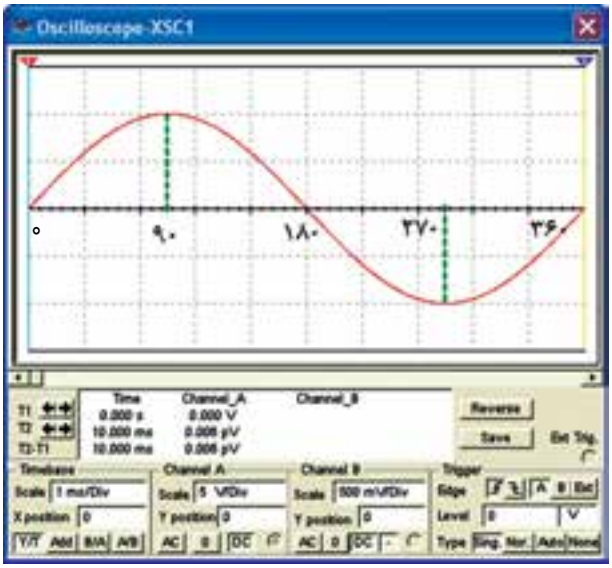
* **۴۹ــ۵ــ۵ــ** پروب را به خروجی مولد موج مربعی داخلی اسیلوسکوپ اتصال دهید. تنظیم‌ها را به‌گونه‌ای انجام دهید که دامنهٔ پیک تو پیک موج مربعی در جهت قائم حدود ۶ خانه و زمان تناوب موج در جهت افقی دو سیکل را پوشش دهد.

شکل موج ظاهر شده را در نمودار ۱۱ــ۵ رسم کنید و مقدار دامنهٔ پیک تو پیک و زمان تناوب را اندازه بگیرید. فرکانس موج مربعی را محاسبه کنید.

مفهوم فاز و اختلاف فاز

۵۰ــ۵ــ۵ــ در الکتریسیته موقعیت زمانی یک کمیت الکتریکی را نسبت به یک مبدأ فاز (Phase) می‌گویند.

فاز یک موج سینوسی، مقدار زاویه‌ای است که موقعیت یک موج سینوسی را نسبت به مبدأ مشخص می‌کند. در شکل ۳۹ــ۵ یک سیکل کامل از یک موج سینوسی نشان داده شده است.

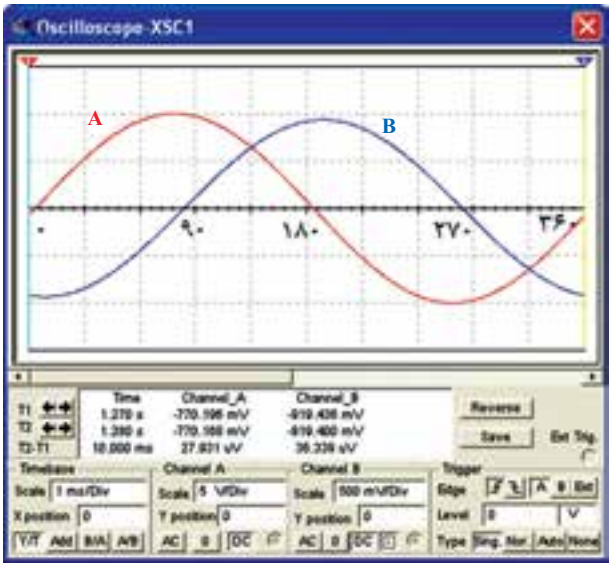


شکل ۳۹ــ۵ــ نمایش یک موج سینوسی

در شکل موج نشان داده شده، نقطه O مبدأ حرکت و نقطه ۹۰ درجه نقطه ماکزیمم دامنهٔ شکل موج در جهت مثبت است. در نقطه ۱۸۰ درجه مقدار دامنه به صفر می‌رسد. در نقطه ۲۷۰ درجه مقدار ولتاژ در جهت منفی ماکزیمم می‌شود و در زاویه ۳۶۰ درجه یا 2π رادیان مقدار دامنه به صفر می‌رسد.

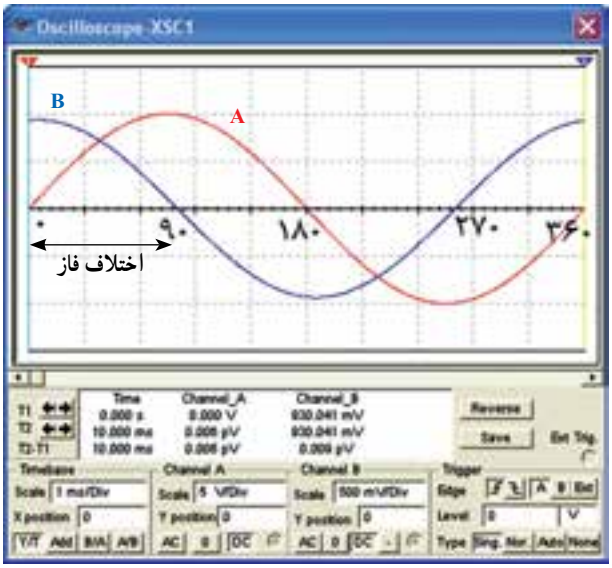
وقتی شکل موج سینوسی نسبت به شکل موج مبدأ به سمت چپ یا راست جابه‌جا شود، فاز به‌وجود می‌آید. در شکل ۴۰ــ۵ شکل موج سینوسی B به اندازه ۹۰ درجه یا $\frac{\pi}{2}$ رادیان نسبت به شکل ولتاژ مبدأ به سمت راست جابه‌جا شده است. بنابراین بین شکل موج A و شکل موج B یک زاویه فاز یا اختلاف فاز ۹۰ درجه به‌وجود آمده است.

در این شکل موج چون پیک ولتاژ (حداکثر دامنه ولتاژ) موج سینوسی B، بعد از پیک ولتاژ شکل موج سینوسی A به‌وجود آمده است لذا می‌توان گفت که شکل موج سینوسی B، نسبت به شکل موج سینوسی A ۹۰ درجه تأخیر فاز دارد یا شکل موج A نسبت به B، ۹۰ درجه تقدم فاز دارد.



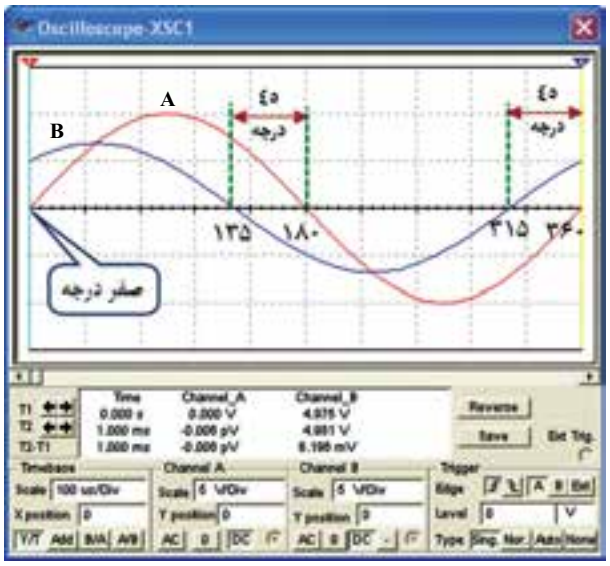
شکل ۴۰ــ۵ــ بین موج سینوسی A و B به اندازهٔ $\frac{\pi}{۲}$ رادیان یا ۹۰ درجه اختلاف فاز وجود دارد.

در شکل ۴۱ــ۵ شکل موج سینوسی B، به اندازه ۹۰ درجه ($\frac{\pi}{۲}$ رادیان) به سمت چپ شیفت پیدا کرده و دامنهٔ شکل موج سینوسی B، زودتر از دامنهٔ شکل موج سینوسی A به ماکزیمم رسیده است، لذا شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A به اندازه ۹۰ درجه یا $\frac{\pi}{۲}$ رادیان تقدم فاز دارد یا شکل موج سینوسی A نسبت به شکل موج سینوسی B، ۹۰ درجه تأخیر فاز دارد. **به مقدار فاز بین دو شکل موج سینوسی اختلاف فاز نیز می‌گویند.**



شکل ۴۱ــ۵ــ موج سینوسی B نسبت به موج A تقدم فاز دارد (جلوتر است).

در شکل ۴۲ــ۵ اختلاف فاز بین دو موج سینوسی ۴۵ درجه است. شکل موج‌های A و B، هر دو می‌توانند ولتاژ یا هر دو جریان یا یک شکل موج مربوط به ولتاژ و دیگری مربوط به جریان باشد.



شکل ۴۲ــ۵ــ موج B نسبت به موج A به اندازهٔ ۴۵ درجه تقدم فاز دارد (جلوتر است)

نکتهٔ مهم: برای این که تقدم فاز را تشخیص دهید کافی است به شکل موج‌ها نگاه کنید، موجی که زودتر به ماکزیمم رسیده است نسبت به موج بعدی تقدم فاز دارد.

اندازه‌گیری اختلاف فاز

۵۱ــ۵ــ۵ــ قبل از شروع کار، تنظیم‌های زیر را انجام دهید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و به کمک ولوم‌های INTEN و FOCUS شدت نور و ضخامت اشعه را در بهترین حالت تنظیم کنید.

■ کلید Mode (در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها نام این کلید Dual است) را در حالت ALT قرار دهید تا سیگنال‌های داده شده هر دو کانال به‌طور همزمان نشان داده شوند.

■ کلید AC GND DC مربوط به هر دو کانال را روی حالت GND قرار دهید.

■ مکان صفر را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.

■ Time/Div را در حالت ۰/۱ ms بگذارید.

■ کلید Source را در حالت CH۱ یا CH۲ قرار دهید.

■ ولوم Level روی صفر تنظیم کنید (تقریباً وسط).

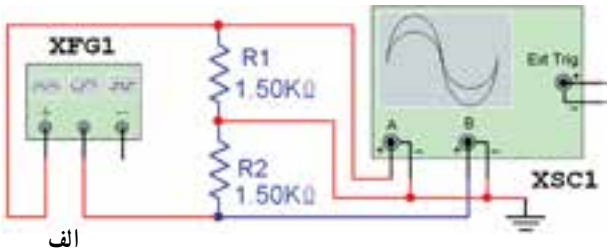
■ کلید سلکتور Volt/Div هر دو کانال را روی یک ولت تنظیم کنید.

■ ولوم‌های Volt Variable و Time Variable را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و در حالت Cal قرار دهید.

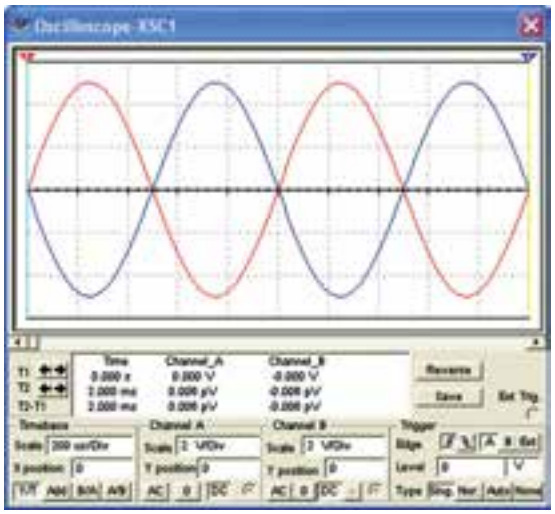
■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و فرکانس آن را روی ۱KHz بگذارید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور را روی سینوسی قرار دهید. کلید AC GND DC مربوط به هر دو کانال را روی حالت AC قرار دهید و به کمک ولوم Fine یا در بعضی از سیگنال ژنراتورها ولوم Attenuator dB دامنه موج سینوسی (پیک) را طوری تنظیم کنید که سه خانه کامل را در بر بگیرد.

۵ــ۵ــ۵۲ــ پس از انجام تنظیمات مدار شکل ۵ــ۴۳ را روی بِرد بُرد ببندید.



الف



ب

شکل ۴۳ــ۵ــ اندازه‌گیری اختلاف فاز

به‌دلیل این که تجهیزات موجود در آزمایشگاه‌های الکترونیک ممکن است با هم متفاوت باشد، در صورت نیاز، تنظیم‌ها را تغییر دهید تا شکل موج مناسب مطابق شکل روی صفحه ایجاد شود.

***۵ــ۵ــ۵۳ــ** شکل موج نشان داده شده روی صفحه هر دو کانال اسیلوسکوپ را در نمودار ۵ــ۱۲ رسم کنید و با استفاده از نمودار، اختلاف فاز بین دو سیگنال را به‌دست آورید.

برای به‌دست آوردن اختلاف فاز به‌ترتیب زیر عمل کنید.

● تعداد خانه‌های یک سیکل در جهت افقی را بشمارید و آن را M بنامید. مثلاً اگر تعداد خانه‌ها ۶ خانه باشد M ۶ می‌شود.

● ۳۶۰ درجه را بر M تقسیم کنید و آن را N بنامید.

$$N = \frac{۳۶۰}{M} = \frac{۳۶۰}{۶} = ۶۰ \text{ درجه}$$

N برای ما مشخص می‌کند که هر خانه در جهت افقی چند درجه است.

● تعداد خانه‌هایی را که دو سیگنال سینوسی با هم اختلاف فاز دارند بشمارید و آن را p بنامید. فرض می‌کنیم ۱/۲ p باشد.

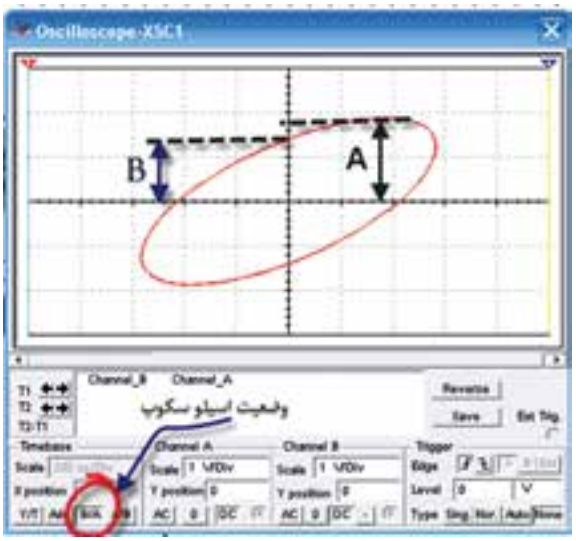
● از حاصل‌ضرب p در N مقدار زاویهٔ اختلاف فاز به‌دست می‌آید. برای مثال مورد نظر مقدار اختلاف فاز φ (می‌خوانیم فی) برابر است با

φ N×p ۶۰ × ۱/۲

φ ۷۲ درجه

در صورت داشتن وقت اضافی آزمایش زیر را انجام دهید.

۵ــ۵ــ۵۴ــ روش اندازه‌گیری اختلاف فاز توضیح داده شده، یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری اختلاف فاز است. روش دیگری نیز وجود دارد که بیش‌تر در اسیلوسکوپ‌های یک کاناله از آن استفاده می‌شود. در این روش سیستم Time base را قطع می‌کنند و سیگنال‌هایی را که می‌خواهند اختلاف فاز آن‌ها را اندازه بگیرند به صفحات انحراف x و y می‌دهند. در شکل ۵ــ۴۴ یک نمونه از منحنی ایجاد شده در این شرایط را ملاحظه می‌کنید. این منحنی‌ها را منحنی لیساژور می‌گویند.



شکل ۴۴ــ۵ــ یک نمونه منحنی لیساژور

*** ۵۵ــ۵ــ۵ــ** در مدار شکل۴۳ــ۵، اسیلوسکوپ را روی حالت xy بگذارید و منحنی لیساژور را روی نمودار ۱۳ــ۵ ترسیم کنید. مقدار زاویه فاز را محاسبه کنید. برای محاسبهٔ زاویهٔ اختلاف فاز به ترتیب زیر عمل کنید.

- مقدار A و B را اندازه بگیرید. (A و B در شکل ۴۴ــ۵ نشان داده شده‌اند.)
- با استفاده از رابطهٔ زیر مقدار سینوس زاویهٔ φ را به‌دست آورید.

$$\sin\varphi = \frac{B}{A}$$

- با استفاده از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب مقدار φ را به‌دست آورید.

۶ــ۵ــ جمع‌بندی

یک جمع‌بندی حداکثر در ۶ سطر دربارهٔ آن‌چه که در این آزمایش انجام داده‌اید بنویسید.

۷ــ۵ــ الگوی پرسش

کامل کردنی

۱ــ۷ــ۵ــ با استفاده از اسیلوسکوپ می‌توانیم شکل موج را مشاهده کنیم و ..... ، ..... و ..... موج را اندازه بگیریم.

۲ــ۷ــ۵ــ CRT اول کلمات ..... است.

۳ــ۷ــ۵ــ کار ولوم Inten ..... است و ولوم Focus اشعه را ..... می‌کند.

صحیح یا غلط

۴ــ۷ــ۵ــ برای تنظیم زاویهٔ اشعه هنگامی که به‌صورت خط در می‌آید از ولوم Trace Rotation استفاده می‌کنیم.

صحیح ☐ غلط ☐

۵ــ۷ــ۵ــ با استفاده از اسیلوسکوپ فرکانس را می‌توانیم مستقیماً اندازه بگیریم.

صحیح ☐ غلط ☐

۶ــ۷ــ۵ــ سیم رابط پروب اسیلوسکوپ از کابل کواکسیال (هم محور) انتخاب می‌شود تا تأثیر پارازیت و نویز روی پروب را کاهش دهد و در محدودهٔ وسیع فرکانسی کار کند.

صحیح ☐ غلط ☐

چهارگزینه‌ای

۷ــ۷ــ۵ــ اگر کلید DC GND AC روی AC قرار داشته باشد کدام گزینه صحیح است؟

۱ــ سیگنال مستقیماً وارد اسیلوسکوپ می‌شود.

۲ــ جزء AC موج حذف و فقط DC موج اندازه‌گیری می‌شود.

۳ــ فقط سیگنال AC وارد اسیلوسکوپ می‌شود.

۴ــ موج AC و DC هر دو قابل اندازه‌گیری هستند.

۸ــ۷ــ۵ــ برای ترسیم سیگنالی با فرکانس ۵۰ هرتز برق شهر، کلید Source Trigger بهتر است در کدام وضعیت قرار گیرد؟

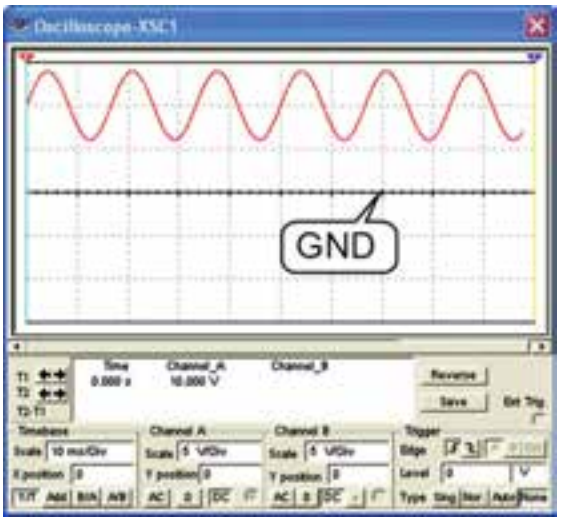
۱ــ CH۱ ۲ــ CH۲

۳ــ LINE ۴ــ EXT

۹ــ۷ــ۵ــ مقدار ولتاژ DC موج نشان داده شده در شکل ۴۵ــ۵ چند ولت است؟

۱ــ ۱۲ ۲ــ ۱۰

۳ــ ۱۶ ۴ــ ۴



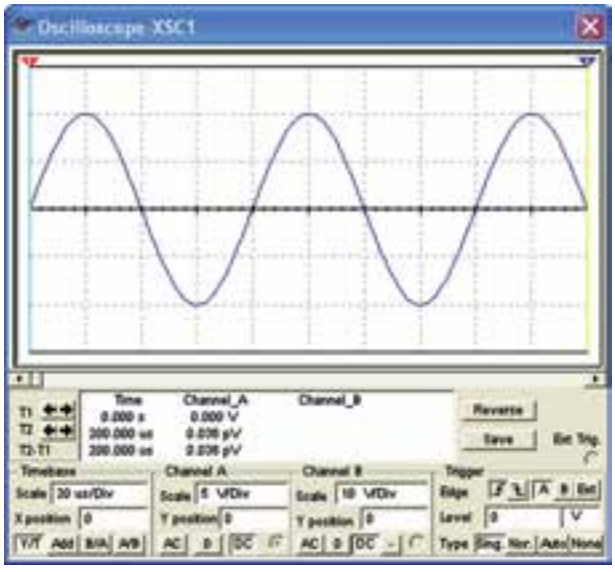
شکل ۴۵ــ۵

۱۰ــ۷ــ۵ــ فرکانس موج نشان داده شده در شکل ۴۶ــ۵ چند کیلو هرتز است؟

Time/Div ۲۰ µsec

۱ــ ۸۰ ۲ــ ۵

۳ــ ۲۵ ۴ــ ۱۲/۵



شکل ۴۶ــ۵

جورکردنی

۱۱ــ۷ــ۵ــ هر یک از کلید ولوم نام برده شده را به کلید آن روی صفحهٔ اسیلوسکوپ شکل ۴۷ــ۵ با خطوط رنگی اتصال دهید.

شکل ۴۷ــ۵

کانال ۲ Volt/Div

کانال ۱ Volt/Div

Time/Div

Focus

INTENSITY

تشریحی و محاسباتی

۱۲ــ۷ــ۵ــ به‌طور کلی مدارهای داخلی دستگاه اسیلوسکوپ به چند قسمت اساسی تقسیم‌بندی می‌شود؟ قسمت‌ها را نام ببرید.

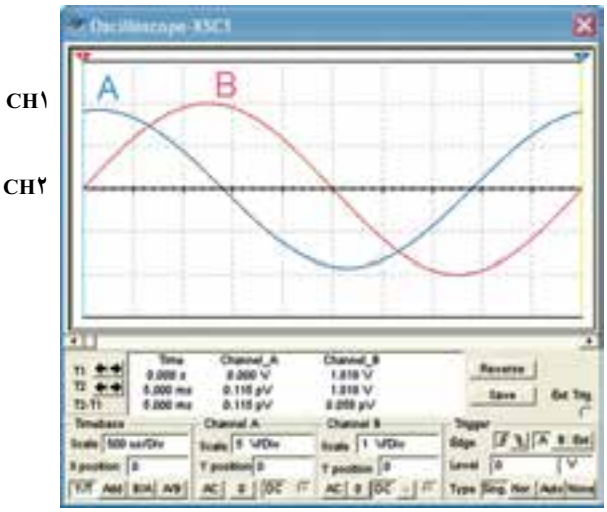
۱۳ــ۷ــ۵ــ کار هر یک از کلیدهای AC، DC و GND را در ورودی اسیلوسکوپ توضیح دهید.

۱۴ــ۷ــ۵ــ اگر Volt/Div اسیلوسکوپ روی ۰/۵ V و Time/Div روی ۵۰ µsec باشد،

الف) دامنهٔ پیک تاپیک موج A در شکل ۴۸ــ۵ را محاسبه کنید.

ب) فرکانس موج A را محاسبه کنید.

پ) اختلاف فاز بین دو موج A و Bچند درجه است؟ محاسبه کنید.



شکل ۴۸ــ۵

۸ــ۵ــ ارزش‌یابی

پس از اتمام آزمایش و پاسخ به سؤال‌های الگوی پرسش و تکمیل کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی، جهت ارزش‌یابی در زمان تعیین شده مراجعه کنید.