

## اندازه‌گیری اختلاف فاز با اسیلوسکوپ

### هدف کلی آزمایش

استفاده از اسیلوسکوپ جهت اندازه‌گیری اختلاف فاز دو سیگنال سینوسی

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

- ۱- اهمیت استفاده از اسیلوسکوپ را توضیح دهد.
- ۲- اهمیت تنظیم INTEN - Focus را در اسیلوسکوپ تشریح کند.
- ۳- نحوه تنظیم دکمه‌های Focus و INTEN را در اسیلوسکوپ تشریح کند.
- ۴- دکمه‌های Focus و INTEN را به‌طور عملی تنظیم کند.
- ۵- برابری با استفاده از موج مربعی اسیلوسکوپ تنظیم کند.
- ۶- دامنه‌ی ولتاژ DC و AC را اندازه بگیرد.
- ۷- کلید زمان بر تقسیمات (Time/Div) را روی اسیلوسکوپ

تشخیص دهد.

- ۸- زمان تناوب را به‌طور عملی اندازه بگیرد.
- ۹- مؤلفه DC سوار بر ولتاژ AC را با استفاده از اسیلوسکوپ اندازه بگیرد.
- ۱۰- اصول اندازه‌گیری اختلاف فاز را با اسیلوسکوپ توضیح دهد.
- ۱۱- اسیلوسکوپ را جهت اندازه‌گیری اختلاف فاز به مدار اتصال دهد.
- ۱۲- با استفاده از اسیلوسکوپ دوکاناله اختلاف فاز دو سیگنال را به‌دست آورد.
- ۱۳- منحنی لیسازور را ترسیم کند.
- ۱۴- با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم کاربرد اسیلوسکوپ را شبیه‌سازی کند.
- ۱۵- گزارش کار را به‌طور کامل، دقیق و مستند بنویسد.
- ۱۶- هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی را که در آزمایش اول آمده است در این آزمایش نیز اجرا کند.

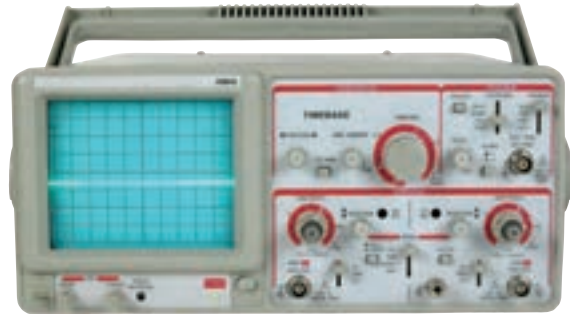
### ۱-۵-۱ اطلاعات اولیه

۱-۵-۱-۱ اسیلوسکوپ یا نوسان‌نما (Oscilloscope): اسیلوسکوپ دستگاهی است که می‌تواند شکل موج یک سیگنال الکتریکی را به ما نشان دهد. اسیلوسکوپ، سیگنال الکتریکی را در حوزه‌ی زمان به ما نشان می‌دهد. از اسیلوسکوپ در دستگاه‌های پزشکی برای نشان دادن نوسان‌های مربوط به ضربان قلب، در خودرو و برای مشاهده 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 به هم ریختگی سیگنال در نظر گرفته می‌شود. روی صفحه‌ی جلوی اسیلوسکوپ (پنل Panel) سلکتورهای 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 ۱-۵ یک نمونه اسیلوسکوپ را ملاحظه می کنید. با استفاده از اسیلوسکوپ می توانید علاوه بر مشاهده شکل موج، مقادیر ولتاژ، فرکانس و اختلاف فاز را اندازه بگیرید.



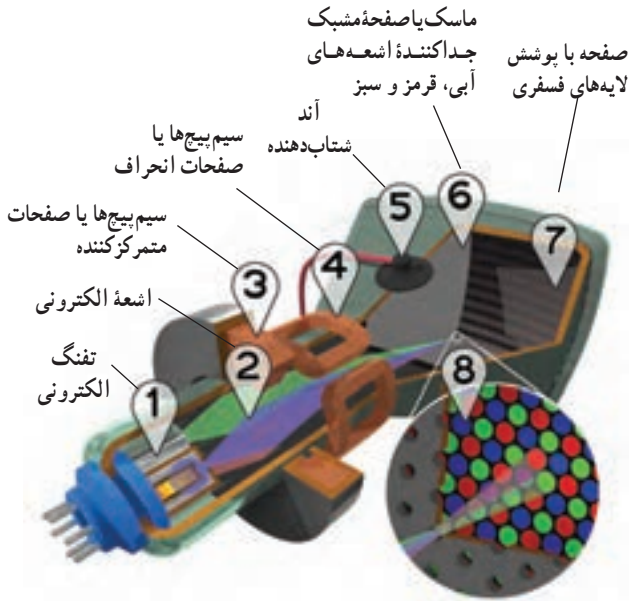
الف



ب

شکل ۱-۵- یک نمونه اسیلوسکوپ

اختصاص این نام، لوله ای است که برای نمایش شکل موج، اشعه الکترونی که دارای بار منفی است تولید می کند. لامپ اشعه کاتدیک را به صورت سیاه و سفید و رنگی می سازند. در شکل ۲-۵ یک نمونه لامپ اشعه کاتدیک رنگی را با عناصر جانبی آن مشاهده می کنید.



شکل ۲-۵- ساختمان یک نمونه لامپ اشعه کاتدیک رنگی

## ۱-۲- ۵- ساختمان داخلی اسیلوسکوپ:

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

- لامپ اشعه کاتدیک

- مدارهای ساده آماده سازی سیگنال

### ● لامپ اشعه کاتدیک (Cathode Ray Tube):

لامپ اشعه کاتدیک یکی از قسمت های اصلی در اسیلوسکوپ است. از این لامپ در وسایلی مانند تلویزیون، دستگاه های اندازه گیری، آزمایش و تنظیم خودرو، رادیولوژی و نمایشگرهای کامپیوتر و لوازم خانگی استفاده می شود. در دستگاه های جدید به جای لامپ اشعه کاتدیک از LCD استفاده می کنند. مفهوم

Cathode Ray Tube به شرح زیر است:

Cathode = منفی

Ray = اشعه

Tube = لوله، لامپ

لامپ اشعه کاتدیک را اصطلاحاً CRT می نامند. دلیل

اجزای داخلی لامپ اشعه کاتدیک به شرح زیر است:

۱ و ۲ **تفنگ الکترونی**: در این قسمت الکترون ها

آزاد و به صورت یک اشعه با شتاب بسیار زیاد از تفنگ خارج می شوند. شماره ۱ در شکل تفنگ الکترونی و شماره ۲ اشعه الکترونی است.

۳ **سیم پیچ ها یا صفحات متمرکز کننده**: کار سیم پیچ شماره ۳، متمرکز کردن اشعه الکترونی روی صفحه لامپ است. در اسیلوسکوپ به جای سیم پیچ از صفحات یا استوانه های متمرکز کننده استفاده می شود.

۴ **صفحات یا سیم پیچ های انحراف**: کار صفحات یا سیم پیچ های انحراف منحرف کردن اشعه به سیگنال مورد اندازه گیری، در جهات افقی و عمودی است. این سیم پیچ ها با شماره ۴ مشخص شده اند.

۵ **آند شتاب دهنده**: کار آند (Anode) شتاب دهنده،

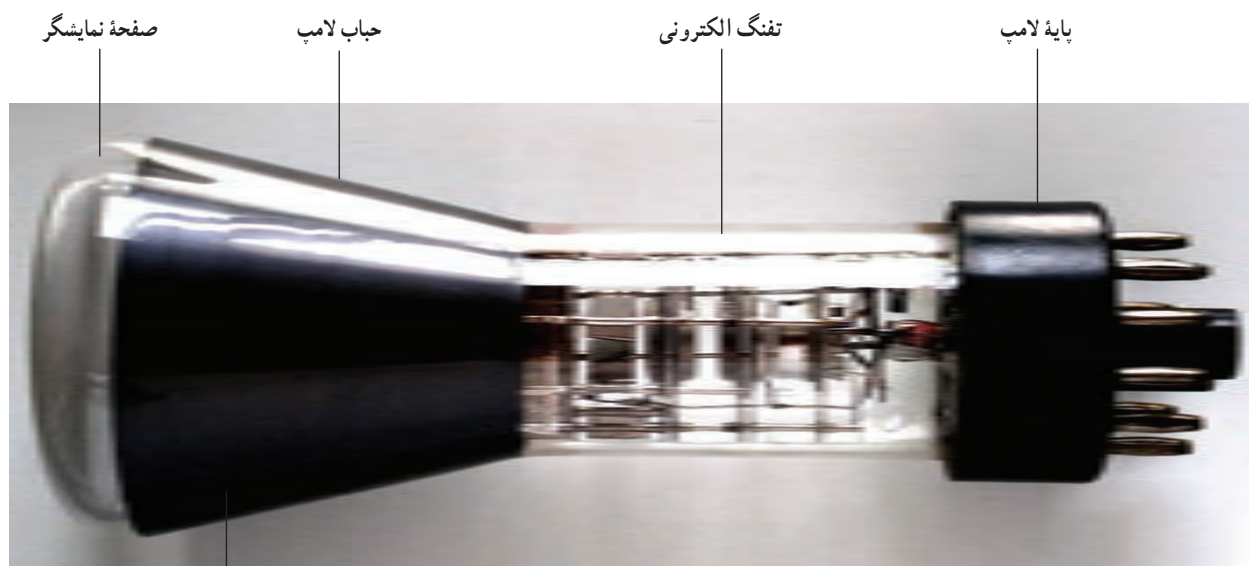
قسمت صفحه اصلی لامپ را تشکیل می دهد (شماره ۷)، این صفحه را صفحه حساس می نامند، زیرا نقاط فسفری حساس به رنگ های قرمز، سبز و آبی به صورت منظم روی صفحه لامپ را پوشانده اند. نمای نزدیک این نقاط در شماره ۸ نشان داده شده است. در شکل ۳-۵ یک نمونه دیگر از لامپ اشعه کاتدیک را آورده ایم.

این لامپ به جای سیم پیچ انحراف، دارای صفحات انحراف است و در اسیلوسکوپ به کار می رود.

سرعت دادن به اشعه الکترونی و هدایت آن به سمت صفحه لامپ است. برای ایجاد شتاب زیاد در اشعه به ولتاژ زیاد نیاز داریم. این ولتاژ از طریق اتصال شماره ۵ به آند می رسد.

**۶ ماسک هدایت/اشعه**: شماره ۶ یک صفحه مشبک است که اشعه های آبی، قرمز و سبز را به نقاط مربوط به آن روی صفحه لامپ هدایت می کند.

**۷ و ۸ صفحه با پوشش لایه های فسفری**: صفحه جلوی لامپ که برای نمایش سیگنال به کار می رود، به وسیله مواد فسفری با رنگ های قرمز و سبز و آبی پوشیده شده است. این



در حباب لامپ آند شتاب دهنده و صفحات انحراف قرار دارند

شکل ۳-۵. نمونه دیگری از لامپ اشعه کاتدیک



شکل ۴-۵. ساختمان داخلی تفنگ الکترونی

**۳-۱-۵- تولید اشعه الکترونی**: به طور کلی اشعه توسط تفنگ تولید می شود. در شکل ۴-۵ شکل ظاهری و واقعی یک نمونه تفنگ الکترونی را که در لامپ های اشعه کاتدیک به کار می رود ملاحظه می کنید.

اشعه الکترونی تولید شده توسط قسمت های شتاب دهنده و متمرکز کننده، ضمن حرکت به سمت صفحه پوشیده شده از فسفر، آن را بمب باران می کند. در اثر این بمب باران، یک نقطه نورانی تولید می شود (شکل ۵-۵) توجه داشته باشید به محض قطع شدن اشعه، نقطه نورانی نیز از بین می رود.



شکل ۵-۶ ولوم‌های تنظیم شدت نور و تمرکز اشعه



صفحه حساس

شکل ۵-۵ تولید نقطه نورانی به وسیله اشعه کاتدیک

که بتوان امواج را روی صفحه اسیلوسکوپ به نمایش درآورد، لازم است در داخل اسیلوسکوپ مدارهای خاصی در نظر گرفته شود. به طور کلی مدارهای داخلی دستگاه اسیلوسکوپ را می‌توان به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

- مدارهای قائم یا vertical
- مدارهای افقی یا Horizontal
- مدارهای تحریک Trigger
- مدارهای جانبی

برای هر یک از سامانه‌های ذکر شده روی صفحه جلوی اسیلوسکوپ کنترل‌هایی وجود دارد. کاربر توسط این کنترل‌ها می‌تواند تنظیم‌های مورد نیاز را برای به دست آوردن بهترین شکل موج انجام دهد (شکل ۵-۷). اسیلوسکوپ‌ها در انواع یک کاناله و دوکاناله ساخته می‌شوند. امروزه اغلب اسیلوسکوپ‌ها دوکاناله هستند.



شکل ۵-۷ مدارهای داخلی اسیلوسکوپ

روی صفحه جلویی اسیلوسکوپ (پنل Panel) یک ولوم به نام اینتن (Inten) وجود دارد که به وسیله آن می‌توانید نور نقطه 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 به طور دقیق متمرکز کنید. این ولوم قطر اشعه را تغییر می‌دهد. در اثر حرکت نقطه نورانی روی صفحه حساس اسیلوسکوپ شکل موج روی صفحه ظاهر می‌شود. حرکت اشعه، بر اثر ولتاژهای داده شده به صفحات انحراف، به صورت افقی و عمودی صورت می‌گیرد. در شکل ۵-۶ 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 پیچ گوه‌تی قابل تنظیم است، این ولوم چرخش اشعه Trace Rotation نام دارد. توسط این ولوم می‌توانید زاویه اشعه را هنگامی که به صورت خط در می‌آید تنظیم کنید.

**نکته 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.

۴-۱-۵ مدارهای داخلی اسیلوسکوپ: برای این

## ۵-۲ نکات ایمنی

### ۵-۲-۱ کلیه نکات ایمنی عمومی که در آزمایش شماره

۱ بیان شده است را در این آزمایش نیز رعایت کنید.

### ۵-۲-۲ قبل از کار با هر دستگاهی راهنمای کاربرد

آن را مطالعه کنید. برای اسیلوسکوپ نیز دفترچه راهنمای کاربرد وجود دارد.

### ۵-۲-۳ نکات ایمنی بیان شده در آزمایش شماره ۴ را

در این آزمایش نیز به کار ببرید.

### ۵-۲-۴ 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.

## ۵-۳ کار با نرم افزار

قبل از اجرای آزمایش هر مرحله را با استفاده از کتاب

آزمایشگاه مجازی جلد اول کد ۳۵۸/۳ شبیه سازی کنید. کلیه فایل های شبیه سازی شده را تحویل مری آزمایشگاه بدهید.

## ۵-۴ قطعات ابزار، تجهیزات و مواد مورد نیاز

تجهیزات و ابزار عمومی: کیف ابزار معرفی شده در

آزمایش شماره ۱

تجهیزات و ابزار خاص

– سیگنال ژنراتور AF یک دستگاه

– سیم رابط یک سر BNC یک سر سوسماری

– سیم رابط دوسر سوسماری

– سیم رابط یک سر BNC و یک سر بنانا

– سیم رابط دوسر بنانا (موزی)

– سیم رابط یک سر سوسماری و یک سر بنانا از هر کدام

حداقل یک سری

– اسیلوسکوپ

– پرِد بُرد

– مقاومت  $10\text{K}\Omega$  دو عدد

– سیم تلفنی به مقدار کافی

## ۵-۵ مراحل اجرای آزمایش

آزمایش شماره ۱: کار با اسیلوسکوپ

**توجه:** نتایج مربوط به قسمت هایی که ستاره دار

است را در کتاب گزارش کار (جلد دوم) بنویسید.

\* ۵-۵-۱ هدف کلی آزمایش را در کتاب گزارش کار

و فعالیت های آزمایشگاهی بنویسید.

۵-۵-۲ در شکل ۵-۸ یک نمونه دستگاه اسیلوسکوپ

را مشاهده می کنید.



شکل ۵-۸ تصویر کامل اسیلوسکوپ

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 به صورت 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



شکل ۱۰-۵- 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 ۱۰-۵ شرح دهید.

هر اسیلوسکوپ دارای یک کلید خاموش-روشن است. هر کارخانه‌سازنده اسیلوسکوپ، کلید خاموش روشن (ON/Off) را به دلخواه در محلی روی پیل اسیلوسکوپ قرار می‌دهد. شکل ۹-۵ کلید ON/Off اسیلوسکوپ نشان داده شده در شکل ۸-۵ را نمایش می‌دهد. کلید ON/Off می‌تواند در بالا، پایین، وسط، سمت راست و سمت چپ دستگاه قرار گیرد، 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 ۹-۵- کلید خاموش و روشن اسیلوسکوپ

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

\* ۳-۵-۵- با استفاده از دفترچه راهنمای اسیلوسکوپ موجود در کارگاه و مشاهده 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.

\* ۴-۵-۵- سایر کلیدها و سلکتورهای روی صفحه 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

\* ۵-۵-۵- چگونه اتصال پروب به اسیلوسکوپ : برای اتصال سیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ از پروب‌های مخصوص اسیلوسکوپ استفاده می‌کنند. در شکل ۱۰-۵ یک

دقیق شکل موج مربعی تنظیم کرد. برای تنظیم پروب، یک شکل موج مربعی را به اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم. باید شکل موج ظاهر شده روی صفحه اسیلوسکوپ دقیقاً مربعی باشد. در صورتی که لبه‌های بالارونده یا پایین رونده موج، کاملاً صاف نباشد، با تنظیم پیچ توسط پیچ گوشتی مخصوص می‌توانید شکل موج صحیح را به دست بیاورید. شکل ۵-۱۳ چگونه تنظیم پروب را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۳ نحوه تنظیم پروب برای مشاهده موج مربعی

#### نکته ایمنی مهم: هرگز قبل از کسب مهارت کافی

پیچ تنظیم پروب را دست نزنید. در صورت نیاز از مربی آزمایشگاه کمک بخواهید. کوچک‌ترین بی احتیاطی و وارد کردن فشار بیش از حد، پیچ پروب را معیوب می‌کند. توجه داشته باشید که پروب از نوع وسایل گران قیمت آزمایشگاهی است.

\* ۵-۵-۸ پروب اسیلوسکوپ را مورد بررسی قرار دهید. آیا پیچ تنظیم دارد؟ آیا کلید ۱× و ۱۰× دارد؟ به طور خلاصه توضیح دهید.

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

۵-۵-۹ اسیلوسکوپ دارای ترمینال‌های ورودی

۵-۵-۶ همان‌طور که قبلاً اشاره شد در حفرة بی‌ان‌سی 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 اندازه ۹۰ درجه چرخانده شود تا در محل خود محکم قرار گیرد. در شکل ۵-۱۱ یک نمونه بی‌ان‌سی و شیار و فرورفتگی روی آن نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۱ فرورفتگی و شیار در BNC

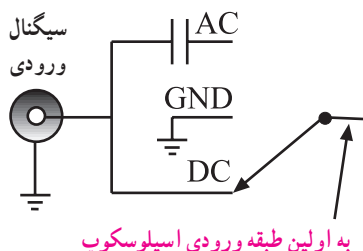
\* ۵-۵-۷ طرف BNC پروب را در دست بگیرید و آن را با دقت و احتیاط کامل به ورودی‌های مادگی BNC که روی اسیلوسکوپ قرار دارد طبق شکل ۵-۱۲ متصل کنید. در مورد این تجربه به‌طور خلاصه توضیح دهید.



شکل ۵-۱۲ چگونه اتصال BNC به اسیلوسکوپ

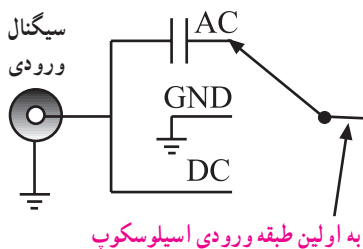
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در نزدیکی بی‌ان‌سی، یک پیچ تنظیم وجود دارد که توسط آن می‌توان پروب را برای مشاهده

است که سیگنال مورد اندازه‌گیری به آن وصل می‌شود. در شکل ۱۴-۵ ولوم‌ها، سلکتورها، سلیکتورها و ترمینال‌های ورودی کانال ۱ اسیلوسکوپ شکل ۹-۵ را ملاحظه می‌کنید. کانال یک را با X نیز نشان می‌دهند.



شکل ۱۵-۵- اتصال سیگنال DC

در صورتی که کلید AC-GND-DC طبق شکل ۱۶-۵ 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 صفحه نمایشگر ظاهر می‌گردد.



شکل ۱۶-۵- اتصال سیگنال AC به ورودی اسیلوسکوپ

چنانچه کلید سه حالت 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. به عبارت دیگر، ورودی اسیلوسکوپ به زمین دستگاه متصل می‌شود (شکل ۱۷-۵). GND مخفف Ground به معنی سیم مشترک زمین است.



شکل ۱۴-۵- سلکتورها، ولوم‌ها و ترمینال‌های ورودی اسیلوسکوپ

• توضیح مختصر هر یک از موارد نشان داده شده در شکل ۱۴-۵ به شرح زیر است.

\* ۱۰-۵-۵-۱ ترمینال ۱ BNC مادگی برای اتصال سیگنال ورودی است. ترمینال می‌تواند تا ولتاژ  $V_{max} = 400$  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.

\* ۱۱-۵-۵-۲ کلید ۲ را کلید AC-GND-DC می‌نامند. این کلید مسیر اتصال سیگنال ورودی را به مدارهای اسیلوسکوپ تعیین می‌کند. اگر کلید در حالت DC قرار داده شود، سیگنال ورودی به‌طور مستقیم وارد اسیلوسکوپ می‌شود. به عبارت دیگر اگر سیگنال ورودی DC باشد یا جزء DC داشته باشد مستقیماً وارد اسیلوسکوپ می‌شود و ورودی صفحه نمایشگر ظاهر می‌گردد (شکل ۱۵-۵).



کنار Volt/Div قرار دارد.

ترمینال ۶ اتصال زمین یا سیم مشترک برای اسیلوسکوپ است.

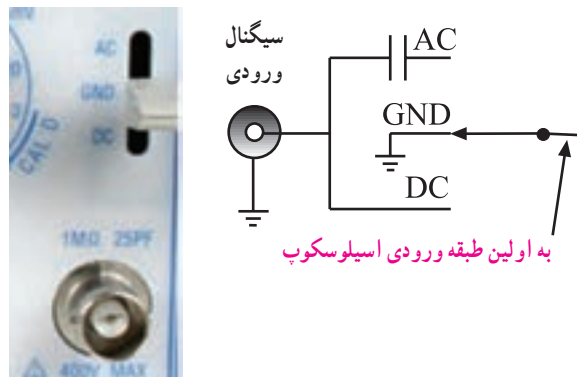
\*۱۴-۵-۵- برای انتخاب کانال یک، دو، هر دو کانال (Dual) یا جمع کردن (Add) سیگنال‌های هر دو کانال، سلکتور حالت قائم (Vertical Mode) وجود دارد. مجموعه کانال‌های CH1 و CH2 را قسمت عمودی یا Vertical اسیلوسکوپ می‌گویند. در شکل ۱۸-۵ قسمت‌های مشترک بین Vertical کانال یک و دو را مشاهده می‌کنید. با ولوم موقعیت Position می‌توانید محل اشعه را در جهت عمودی تنظیم کنید.



شکل ۱۸-۵- قسمت‌های مشترک و سایر تنظیم‌کننده‌های قسمت عمودی

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

\*۱۵-۵-۵- در پایین و سمت راست شکل ۱۸-۵ بین فلزی (زایده) وجود دارد که از طریق این ترمینال می‌توانید ولتاژ مربعی کالیبره شده با دامنه ۲Vpp و معمولاً با فرکانس



شکل ۱۷-۵- ترمینال ورودی اسیلوسکوپ به زمین متصل شده است.

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

\*۱۲-۵-۵- 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 تقسیم‌بندی روی صفحه نمایش به منزله ۵ میلی‌ولت است. سلکتور Volt/Div اسیلوسکوپ موجود در کارگاه را رسم کنید و تقسیم‌بندی‌های آن را مشخص نمایید.

\*۱۳-۵-۵- ولوم شماره ۴ برای کالیبره کردن دستگاه به کار می‌رود یعنی اگر آن را در خلاف حرکت عقربه‌های 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 (۵ pull×۵MaG) 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 مشاهده شکل موج مناسب به کار می‌رود.

دکمه 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

هنگامی که سلکتور Time/Div روی یکی از تقسیمات مثلاً ۵/۰ میلی ثانیه قرار می‌گیرد، هر یک از تقسیمات صفحه نمایش معادل ۵/۰ میلی ثانیه می‌شود. یعنی اگر اشعه ۴ خانه در جهت افقی منحرف شود، زمان تناوب موج  $4 \times 0.5 = 2 \text{ ms}$  است.

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

ترمینال EXT/Trig برای تحریک خارجی جهت تثبیت موج روی صفحه نمایش به کار می‌رود که بعداً درباره آن بحث خواهیم کرد.

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

\* ۱۷-۵-۵ یکی از قسمت‌های مهم اسیلوسکوپ هم‌زمانی قسمت عمودی (ولتاژ ورودی) و افقی (مدار پایه زمان Time Base) است. مدار هم‌زمانی را اصطلاحاً تریگر Trigger می‌نامند.

در شکل ۲۰-۵ کلیدها و ولوم‌های مدار هم‌زمانی را ملاحظه می‌کنید. با استفاده از کلیدها و ولوم‌ها، می‌توانید موج ورودی را به گونه‌ای تنظیم کنید که روی صفحه اسیلوسکوپ ثابت بماند.

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

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

\* ۱۶-۵-۵ در شکل ۱۹-۵ 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 بر حسب ثانیه، میلی ثانیه و میکروثانیه درجه بندی شده است.



شکل ۱۹-۵ قسمت افقی اسیلوسکوپ



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 تثبیت‌کننده موج  
 کلید انتخاب x-x یعنی از کار انداختن مدار هم‌زمانی و فعال شدن x و y  
 جابه‌جایی افقی و توسعه حوزه کار با Time/Div ضرب ۱۰

شکل ۲۰-۵ ولوم‌ها و کلیدهای هم‌زمانی

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

۱۸-۵-۵- قبل از شروع آزمایش به یاد داشته باشید که کلیه 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 چایی 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 صفحات انحراف افقی قطع می‌شود و روی صفحه حساس فقط یک نقطه نقش می‌بندد. در این حالت اشعه به طور مداوم به صفحه می‌تابد و مواد فسفرسانس آن نقطه را خراب می‌کند. این خرابی منجر به ایجاد یک لکه سیاه روی صفحه می‌شود.

● کلیدهای فشاری روی پانل اسیلوسکوپ را هنگام تغییر حالت به آرامی فشار دهید.

● اسیلوسکوپ را در مکانی قرار دهید که امکان افتادن آن به طور 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  $\times 10$  (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 صفحه حساس ظاهر نشد از مریب آزمایشگاه کمک بخواهید.

آزمایش ۱ مشاهده موج مربعی کالیبره شده اسیلوسکوپ

۱۹-۵-۵- 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.

\* ۲۰-۵-۵- اسیلوسکوپ را روشن کنید. بعد از مدت کوتاهی روی صفحه حساس اسیلوسکوپ یک خط ظاهر می‌شود. ولوم‌های INTEN و FOCUS را طوری تغییر دهید که خط ظاهر شده در روی صفحه حساس دارای شدت نور کافی و کم‌ترین ضخامت باشد. در صورتی که خط مشاهده شده دقیقاً موازی با خط افقی مدرج روی صفحه حساس نیست از مریب 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 ۱-۵ با مقیاس مناسب رسم کنید.

مقادیر Volt/Div ، Time/Div را بنویسید.

\* ۲۱-۵-۵- در حالی که اسیلوسکوپ روشن است. کلید سلکتور Time/Div را روی ۱S قرار دهید. آن‌چه را که روی صفحه حساس می‌بینید در نمودار ۲-۵ رسم کنید.

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

سؤال ۲: 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 صفحه حساس ببینید. در این حالت، ولوم Time Variable را برعکس عقربه‌های ساعت بچرخانید



شکل ۵-۲۲- اتصال کانال یک اسیلوسکوپ به ترمینال خروجی مولد موج مربعی

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

سؤال ۳: نقش ولوم Time Variable را شرح دهید.

۵-۵-۲۲- برای اعمال سیگنال به اسیلوسکوپ از

پروب استفاده می‌کنند. همچنین در روی پانل اسیلوسکوپ پینی وجود دارد که از روی این پین ولتاژ مربعی با دامنه ۵/۰ ولت تا ۲ ولت پیک توییک و فرکانس ۱ KHZ 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 به کار می‌رود. در شکل ۵-۲۱ این ترمینال خروجی اسیلوسکوپ را مشاهده می‌کنید.

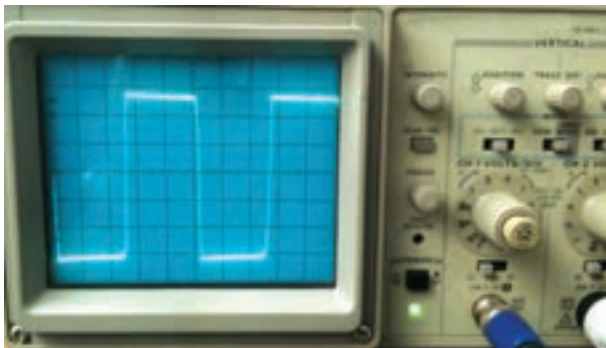
\* ۵-۵-۲۴- کلید سلکتور Volt/Div را روی

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



شکل ۵-۲۱- ترمینال خروجی موج مربعی

**نکته 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 ۵-۲۳- نمایش موج مربعی روی اسیلوسکوپ

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

پس از انجام تغییرات روی کلید سلکتورها، شکل موج مربعی را در نمودار ۵-۳ رسم کنید. در صورتی که موج مربعی ظاهر شده مطابق شکل ۵-۲۴ کاملاً مربعی نباشد. باید با استفاده از پیچ تنظیم پروب آن را تنظیم کنید. این مرحله توسط معلم

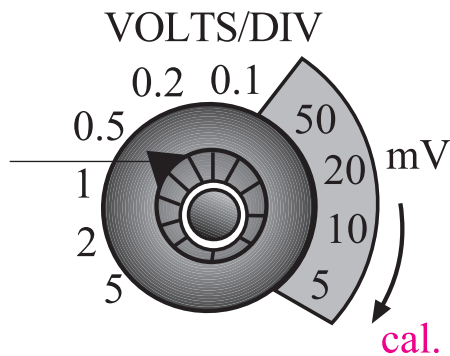
۵-۵-۲۳- برای مشاهده موج مربعی، طبق شکل

۵-۲۲، BNC پروب را به ورودی کانال ۱ و طرف دیگر آن را به ترمینال مولد موج مربعی اسیلوسکوپ وصل کنید. پروب را روی حالت  $\times 1$  بگذارید.

آزمایشگاه صورت می‌گیرد.

اشعه معمولاً به صورت یک خط افقی دیده می‌شود. به کمک ولوم جابه‌جا کننده اشعه در جهت عمودی (Y) می‌توان طبق شکل ۵-۲۵ محل اشعه را تنظیم کرد. بهتر است مکان صفر درست در وسط صفحه حساس قرار گیرد. طبق مرحله ۱۸-۵-۵ اشعه را روی صفحه بیاورید و صفر آن را تنظیم کنید.

۵-۵-۲۶ همان‌طور که قبلاً ذکر شد در صفحه جلوی اسیلوسکوپ (پنل اسیلوسکوپ) کلید سلکتوری به نام Volt/Div (شکل ۲۶-۵) وجود دارد. نقش این کلید سلکتور مانند نقش کلید رنج ولت متر یا مولتی متر است. عددی که نشانک این کلید سلکتور به آن اشاره می‌کند، مقدار ولتاژ را برای انحراف اشعه به اندازه یک خانه مشخص می‌کند.



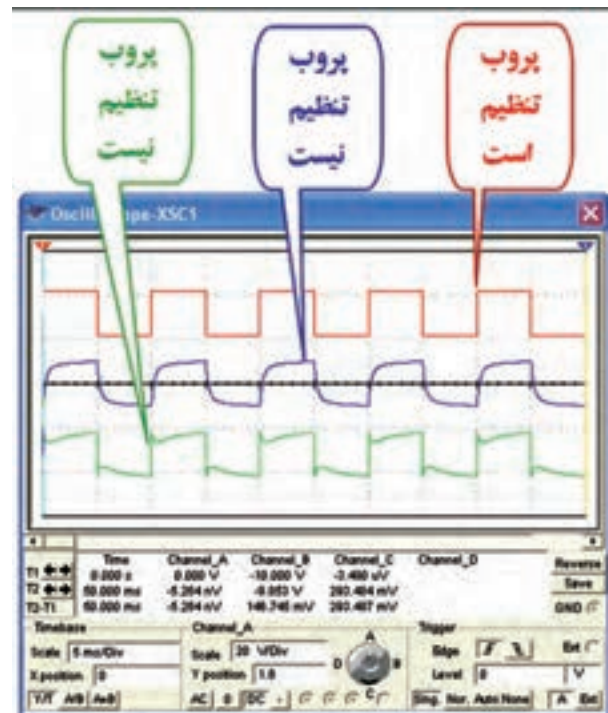
شکل ۲۶-۵ انتخاب حوزه کار (رنج) مربوط به Volt/Div

برای مثال اگر نشانک کلید سلکتور به عدد ۲ اشاره کند یعنی در مقابل عدد ۲ قرار گیرد به ازای اعمال ۲ ولت ولتاژ ورودی (DC یا AC)، اشعه به اندازه یک خانه در جهت عمودی منحرف می‌شود. متناسب با مثبت یا منفی بودن ولتاژ ورودی، اشعه از مرکز یا نقطه تنظیم شده به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند (شکل ۲۷-۵).

در شکل ۲۷-۵، اشعه به اندازه یک خانه منحرف شده است و کلید سلکتور Volt/Div روی ۲V قرار دارد. میزان ولتاژ اندازه‌گیری شده برابر با دو ولت است زیرا

$$\text{ولتاژ اندازه‌گیری شده} = \text{تعداد خانه} \times \text{Volt/Div}$$

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



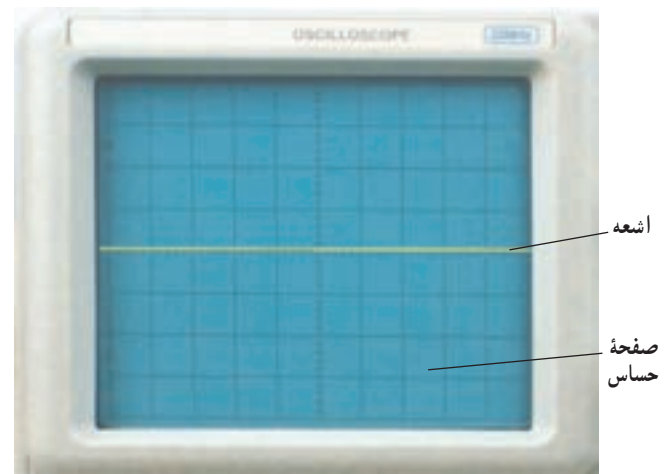
شکل ۲۴-۵ حالت‌های تنظیم و غیرتنظیم پروب

خواندن مقادیر ولتاژ DC با استفاده از

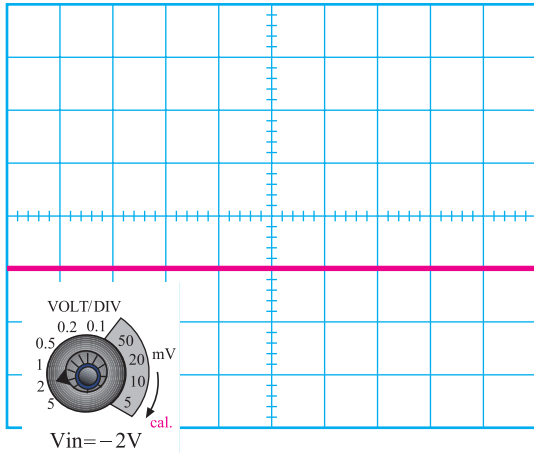
اسیلوسکوپ:

۵-۵-۲۵ اسیلوسکوپ را روشن کنید و یک

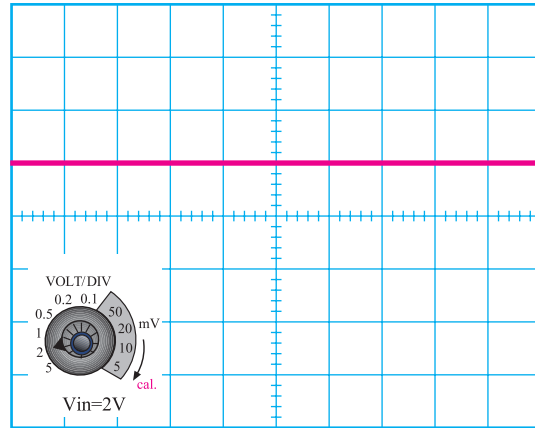
دقیقه صبر کنید تا پایدار شود. قبل از اعمال سیگنال به ورودی اسیلوسکوپ، باید کلید (AC-GND-DC) در حالت GND (زمین) قرار گیرد و مکان صفر اشعه تنظیم شود. در این حالت



شکل ۲۵-۵ تنظیم محل اشعه روی صفحه حساس



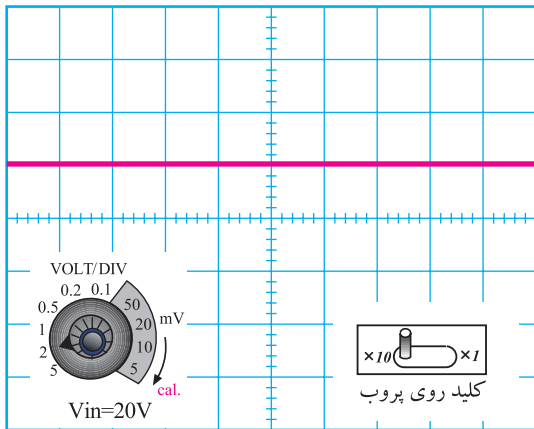
شکل ۲۹-۵ اندازه‌گیری ولتاژ منفی



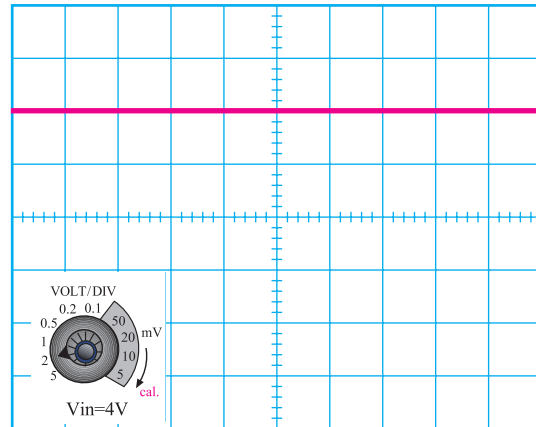
شکل ۲۷-۵ میزان انحراف اشعه با توجه به حوزه کار Volt/Div

۲۷-۵-۵ در صورتی که کلید  $(\times 1)$  و  $(\times 10)$  پروب در حالت  $\times 10$  باشد و نشانک کلید Volt/Div به عدد ۲ ولت اشاره کند، به ازای  $20$  ولت ولتاژ ورودی، اشعه به اندازه یک خانه منحرف می‌شود (شکل ۳۰-۵).

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 ۲۸-۵).



شکل ۳۰-۵ ولتاژ مورد اندازه‌گیری  $20$  ولت است



شکل ۲۸-۵ ولتاژ مورد اندازه‌گیری ۴ 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 ۳۱-۵، اشعه به اندازه  $1/6$  خانه منحرف شده است و نشانک کلید سلکتور Volt/Div روی عدد  $100$  mV قرار دارد. بنابراین ولتاژ اعمالی به اسیلوسکوپ برابر  $100 \text{ mV} \times 1/6 = 1/6 \text{ V}$  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 ۲۹-۵).

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 کننده عمودی، اشعه را در مرکز

صفحه حساس تنظیم کنید. در این حالت اشعه باید به صورت یک خط صاف دیده شود.

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

■ ولوم Volt Variable را در جهت عقربه‌های

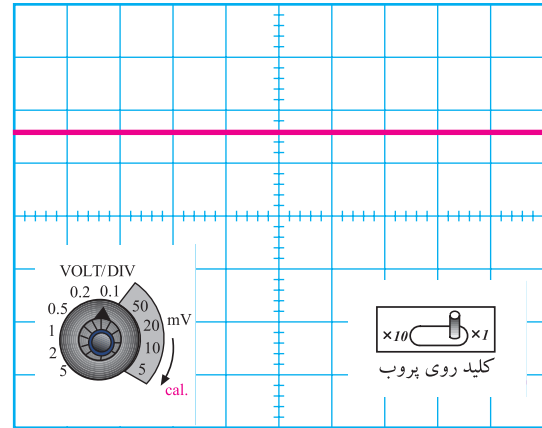
ساعت تا آخر بچرخانید به طوری که نشانک آن مقابل Cal قرار گیرد.

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

■ کلید AC-GND-DC را در حالت DC بگذارید.

○ مدار شکل ۳-۵ را ببینید. با استفاده

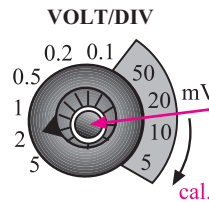
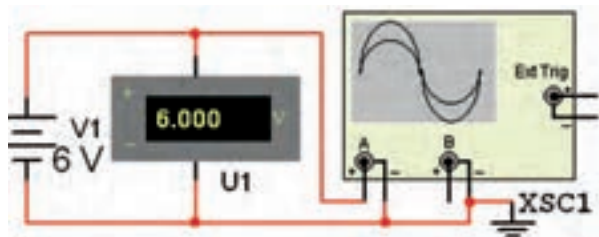
از این مدار می‌خواهیم ولتاژ DC را توسط مولتی‌متر دیجیتال و اسیلوسکوپ اندازه بگیریم.



شکل ۳۱-۵- ولتاژ مورد اندازه‌گیری ۱/۶ ولت است

۲۸-۵-۵- 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 ۳۲-۵).



هنگام اندازه‌گیری ولتاژ این ولوم را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید تا روی Cal قرار گیرد.

شکل ۳۲-۵- تنظیم ولوم Cal

آزمایش شماره ۲: اندازه‌گیری ولتاژ DC با استفاده

از اسیلوسکوپ

۲۹-۵-۵- قبل از شروع آزمایش مراحل زیر را دوباره

انجام دهید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید، حدود یک دقیقه صبر کنید

تا اسیلوسکوپ کاملاً گرم شود.

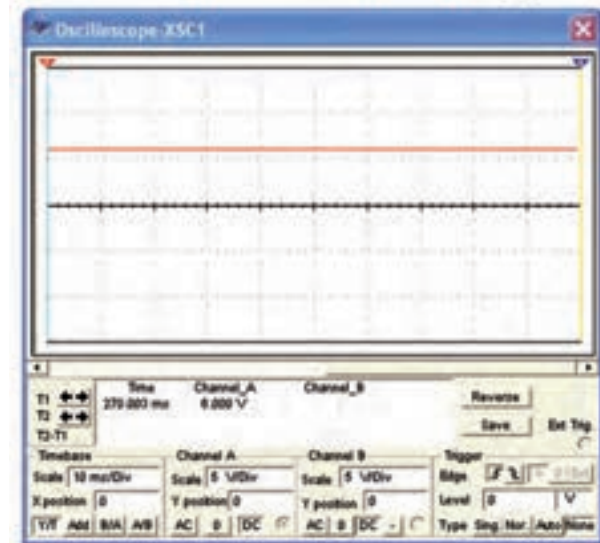
■ به کمک ولوم INTEN، نور اشعه را طوری تنظیم کنید

که به راحتی 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



شکل ۳۳-۵- اندازه‌گیری ولتاژ DC

۳۱-۵-۵- 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.

\* ۳۲-۵-۵- شکل موج ولتاژ مشاهده شده روی صفحه حساس را روی نمودار ۵-۴ رسم کنید.

\* ۳۳-۵-۵- مقدار ولتاژ DC را از روی نمودار ۵-۴ محاسبه و با مقداری که ولت متر DC نشان می دهد مقایسه کنید. آیا با هم برابر است؟ توضیح دهید.

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

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

۳۵-۵-۵- ولتاژ منبع تغذیه را به ورودی کانال CH۲ اسیلوسکوپ مطابق شکل ۵-۳۴ وصل کنید و تنظیمات زیر را انجام دهید:

- کلید Mode را در حالت CH۲ بگذارید.
- کلید Time/Div را روی ۵ ms قرار دهید.
- کلید Volt/Div کانال ۲ را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.

■ کلید AC-GND-DC را در حالت GND بگذارید.

■ کلید Volt/Variable کانال CH۲ را در جهت حرکت عقربه های ساعت تا آخر بچرخانید تا نشانک این ولوم مقابل Cal قرار گیرد.

■ به کمک کلید جابه جاکننده اشعه در جهت عمودی، مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.

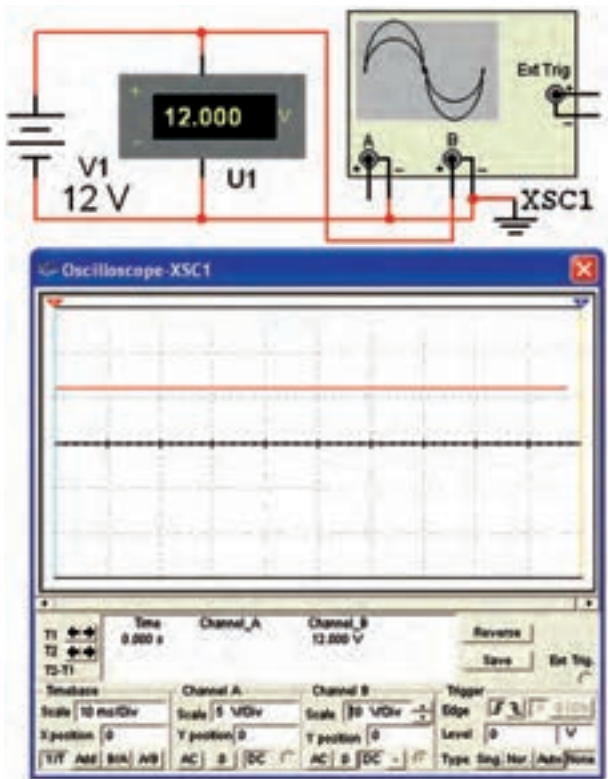
■ منبع تغذیه را روی صفر ولت قرار دهید و کلید AC-GND-DC را در حالت DC بگذارید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را تا سقف ۶ ولت به آرامی زیاد کنید و

حرکت اشعه را روی صفحه حساس مشاهده کنید.

\* ۳۶-۵-۵- شکل موج ولتاژ را در نمودار ۵-۶ رسم کنید.

\* ۳۷-۵-۵- با استفاده از نمودار ۵-۶ و روابط داده شده مقدار ولتاژ را محاسبه و با مقداری که ولت متر DC نشان می دهد مقایسه کنید.



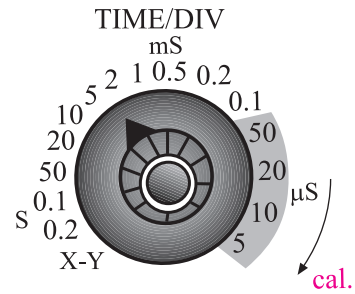
شکل ۳۴-۵- استفاده از کانال ۲- CH۲

خواندن زمان تناوب با استفاده از اسیلوسکوپ:

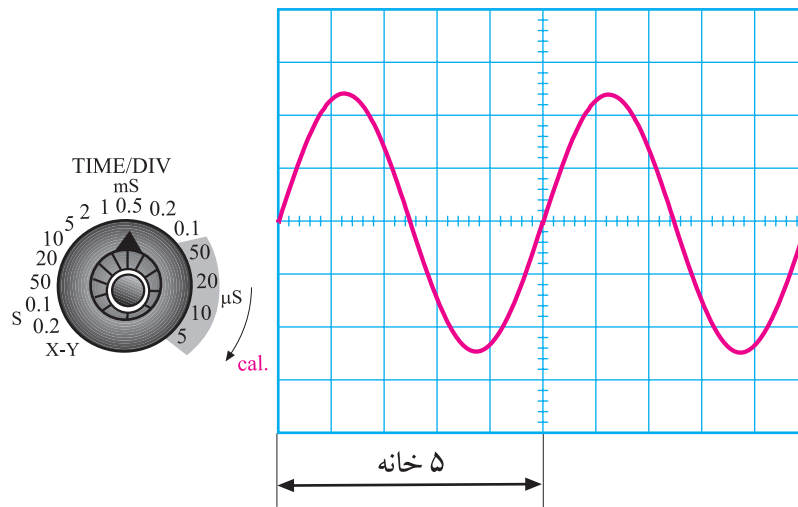
۳۸-۵-۵- همان طور که قبلاً آشناء شد کلید سلکتور دیگری به نام Time/Div نیز روی اسیلوسکوپ وجود دارد. عددی که نشانک این کلید به آن اشاره می کند، مدت زمانی است که طول می کشد تا اشعه در جهت افقی مسیر یک خانه را طی کند. این کلید سلکتور برای اندازه گیری زمان تناوب شکل موج های متناوب به کار می رود. در شکل ۵-۳۵ این کلید سلکتور نشان داده شده است.



۳۹-۵-۵- 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. به عنوان مثال در شکل ۳۶-۵ نشانک کلید سلکتور Time/Div روی عدد 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  $T = 5 \times 0.5 = 2.5 \text{ ms}$  است.



شکل ۳۵-۵- کلید سلکتور Time/Div



شکل ۳۶-۵- اندازه‌گیری زمان تناوب

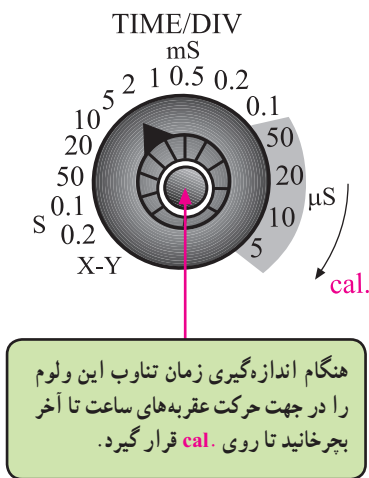
باید این ولوم را در جهت فلش تا آخر بچرخانید تا نشانک آن در مقابل Cal قرار گیرد. در غیر این صورت نمی‌توان زمان تناوب را به دقت اندازه گرفت (شکل ۳۷-۵).

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

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

$$f = \frac{1}{2.5 \text{ ms}} = 400 \text{ Hz}$$

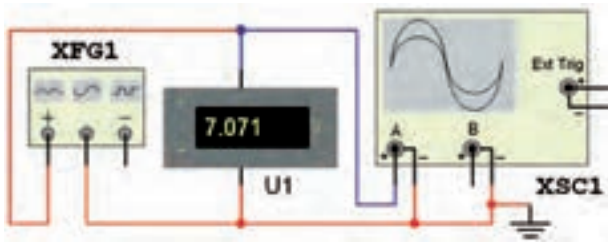
بنابراین با اسیلوسکوپ نمی‌توان به طور مستقیم فرکانس را اندازه گرفت.



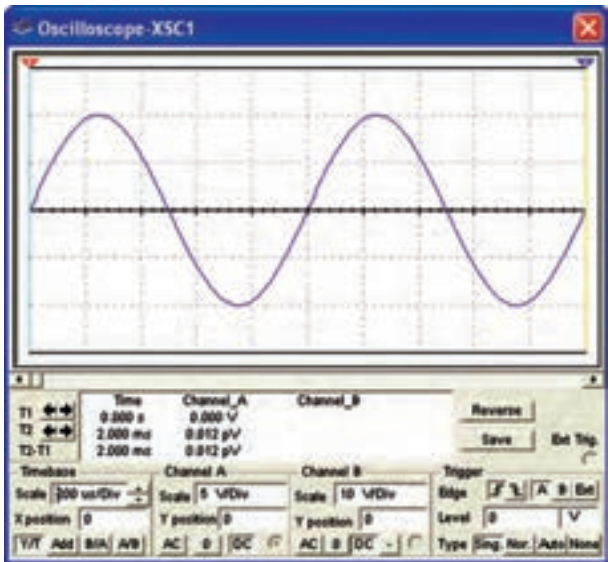
شکل ۳۷-۵- تنظیم ولوم Time Variable

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

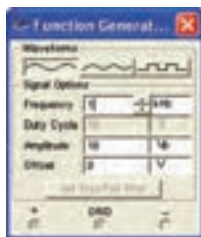
۴۰-۵-۵- روی پنل اسیلوسکوپ ولوم دیگری به نام Time Variable وجود دارد. هنگام اندازه‌گیری زمان تناوب



الف



ب



ج

شکل ۵-۳۸- کاربرد اسیلوسکوپ در اندازه‌گیری زمان تناوب

\* ۵-۵-۴۳- شکل موج ظاهر شده روی صفحه اسیلوسکوپ را با مقیاس مناسب در نمودار ۵-۷ رسم کنید.

\* ۵-۵-۴۴- مقدار دامنه یک توپیک موج رسم شده در نمودار ۵-۷ را محاسبه کنید.

\* ۵-۵-۴۵- زمان تناوب را از روی شکل موج ترسیم شده در نمودار ۵-۷ به دست آورید و مقدار فرکانس موج را محاسبه کنید.

\* ۵-۵-۴۶- کلید AC-GND-DC را در حالت

آزمایش شماره ۳: اندازه‌گیری زمان تناوب  
۴۱-۵-۵- قبل از شروع کار، تنظیم‌های زیر را انجام دهید.

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱ KHz تنظیم کنید.

■ موج سینوسی را انتخاب کنید و دامنه آن را روی ۵ ولت

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.

۴۲-۵-۵- مدار شکل ۵-۳۸ را ببندید و سیگنال

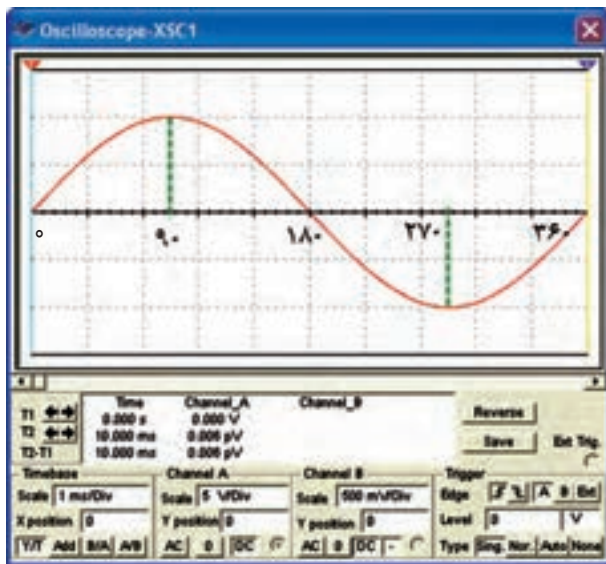
ژنراتور را روشن کنید.

■ 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.

۵-۳۹ یک سیکل کامل از یک موج سینوسی نشان داده شده است.



شکل ۵-۳۹- نمایش یک موج سینوسی

در شکل موج نشان داده شده، نقطه  $O$  مبدأ حرکت و نقطه  $90^\circ$  درجه نقطه ماکزیم شکل موج در جهت مثبت است. در نقطه  $180^\circ$  درجه مقدار دامنه به صفر می‌رسد. در نقطه  $270^\circ$  درجه مقدار ولتاژ در جهت منفی ماکزیم می‌شود و در زاویه  $360^\circ$  درجه یا  $2\pi$  رادیان مقدار دامنه به صفر می‌رسد.

وقتی شکل موج سینوسی نسبت به شکل موج مبدأ به سمت چپ یا راست جابه‌جا شود، فاز به وجود می‌آید. در شکل  $5-40$  شکل موج سینوسی  $B$  به اندازه  $90^\circ$  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  $90^\circ$  درجه به وجود آمده است.

در این شکل موج چون پیک ولتاژ (حداکثر دامنه ولتاژ) موج سینوسی  $B$ ، بعد از پیک ولتاژ شکل موج سینوسی  $A$  به وجود آمده است لذا می‌توان گفت که شکل موج سینوسی  $B$ ، نسبت به شکل موج سینوسی  $A$   $90^\circ$  درجه تأخیر فاز دارد یا شکل موج  $A$  نسبت به  $B$ ،  $90^\circ$  درجه تقدم فاز دارد.

DC قرار دهید و شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس را در نمودار ۵-۸ رسم کنید. شکل موج‌های نمودارهای ۵-۷ و ۵-۸ 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.

\* ۵-۵-۴۷ کلید AC-GND-DC را در حالت AC قرار دهید و کلید انتخاب شکل موج سیگنال زراتور را در حالت موجی مربعی (PULSE) بگذارید.

شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار ۵-۹ رسم کنید و مقدار دامنه پیک توپیک، زمان تناوب و فرکانس آن را محاسبه کنید.

\* ۵-۵-۴۸ 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 ۵-۱۰ رسم کنید. نمودارهای ۵-۹ و ۵-۱۰ را با هم مقایسه کنید و در باره 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.

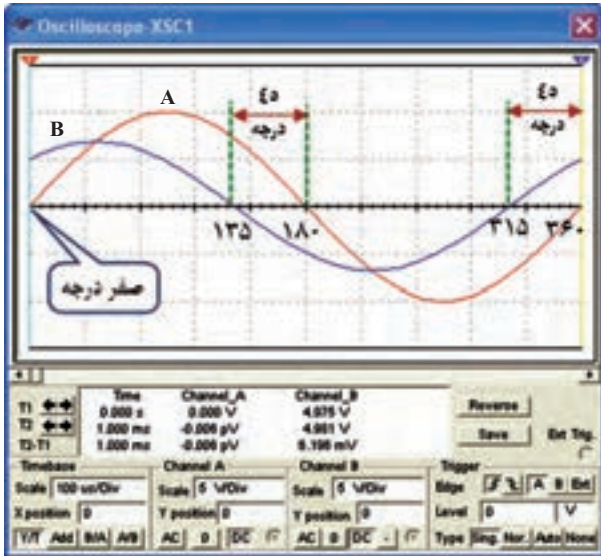
\* ۵-۵-۴۹ پروب را به خروجی مولد موج مربعی داخلی اسیلوسکوپ اتصال دهید. تنظیم‌ها را به گونه‌ای انجام دهید که دامنه پیک توپیک موج مربعی در جهت قائم حدود ۶ خانه و زمان تناوب موج در جهت افقی دو سیکل را پوشش دهد. شکل موج ظاهر شده را در نمودار ۵-۱۱ رسم کنید و مقدار دامنه پیک توپیک و زمان تناوب را اندازه بگیرید. فرکانس موج مربعی را محاسبه کنید.

### مفهوم فاز و اختلاف فاز

۵-۵-۵۰ 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

در شکل ۴۲-۵ 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 ۴۲-۵ موج B نسبت به موج A به اندازه ۴۵ درجه تقدم فاز دارد (جلوتر است)

**نکته 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

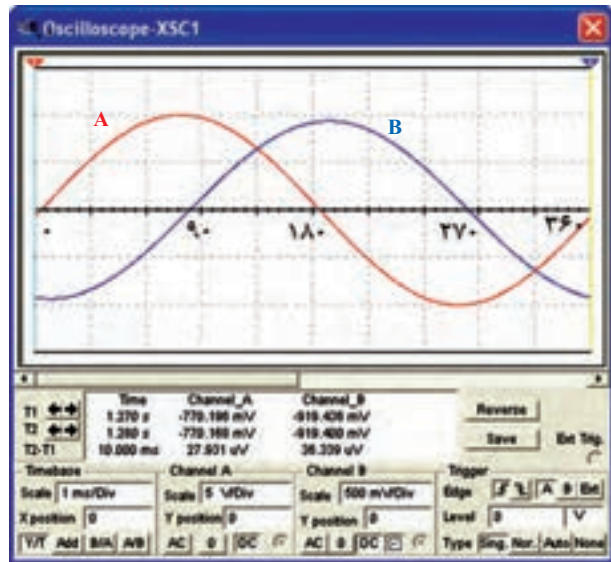
۵-۵-۵-۵ قبل از شروع کار، تنظیم‌های زیر را انجام دهید.

■ 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.

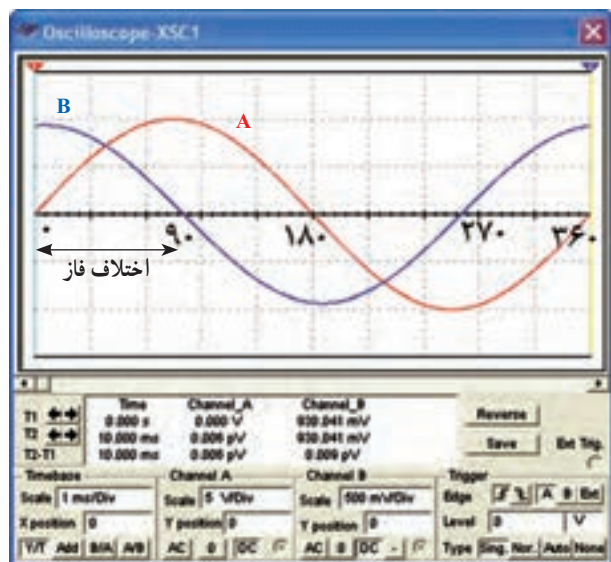
■ کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را روی حالت GND قرار دهید.

■ مکان صفر را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.



شکل ۴۰-۵ بین موج سینوسی A و B به اندازه  $\frac{\pi}{2}$  رادیان یا ۹۰ درجه اختلاف فاز وجود دارد.

در شکل ۴۱-۵ شکل موج سینوسی B، به اندازه ۹۰ درجه ( $\frac{\pi}{2}$  رادیان) به سمت چپ شیفت پیدا کرده و دامنه شکل موج سینوسی B، زودتر از دامنه شکل موج سینوسی A به ماکزیمم رسیده است، لذا شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A به اندازه ۹۰ درجه یا  $\frac{\pi}{2}$  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 ۴۱-۵ موج سینوسی B نسبت به موج A تقدم فاز دارد (جلوتر است).

■ Time/Div را در حالت 1 ms / 1° بگذارید.

■ کلید Source را در حالت CH1 یا CH2 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

1 KHz بگذارید.

■ شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور را روی سینوسی

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

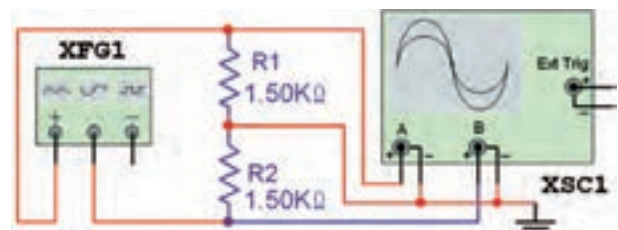
حالت AC قرار دهید و به کمک ولوم Fine یا در بعضی از سیگنال

ژنراتورها ولوم Attenuator dB دامنه موج سینوسی (پیک) را

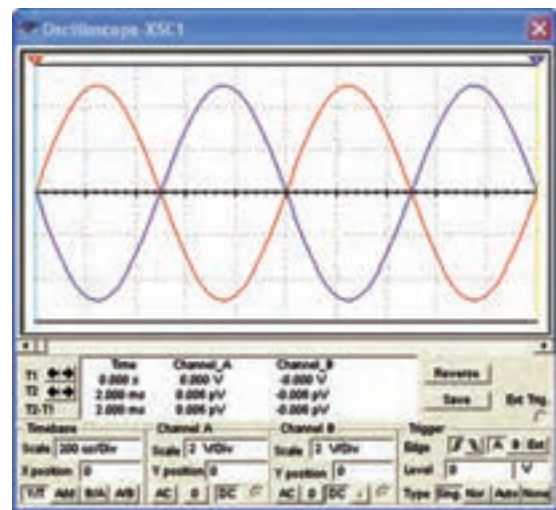
طوری تنظیم کنید که سه خانه کامل را در بر بگیرد.

۵-۵-۵۲ پس از انجام تنظیمات مدار شکل ۴۳-۵

را روی برد بیندید.



الف



ب شکل ۴۳-۵ اندازه‌گیری اختلاف فاز

به دلیل 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.

\*۵۳-۵-۵ شکل موج نشان داده شده روی صفحه

هر دو کانال اسیلوسکوپ را در نمودار ۱۲-۵ رسم کنید و با استفاده

از نمودار، اختلاف فاز بین دو سیگنال را به دست آورید.

برای به دست آوردن اختلاف فاز به ترتیب زیر عمل کنید.

● تعداد خانه‌های یک سیکل در جهت افقی را بشمارید و آن

را M بنامید. مثلاً اگر تعداد خانه‌ها ۶ باشد M=۶ می‌شود.

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

$$\text{درجه } N = \frac{360}{M} = \frac{360}{6} = 60$$

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  $p = 1/2$  باشد.

● از حاصل ضرب p در N مقدار زاویه اختلاف فاز

به دست می‌آید. برای مثال مورد نظر مقدار اختلاف فاز  $\phi$

(می‌خوانیم فی) برابر است با

$$\phi = N \times p = 60 \times 1/2$$

$$\phi = 72 \text{ درجه}$$

در صورت داشتن وقت اضافی آزمایش زیر را

انجام دهید.

۵۴-۵-۵ 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

قطع می‌کنند و سیگنال‌هایی را که می‌خواهند اختلاف فاز آن‌ها را

اندازه بگیرند به صفحات انحراف x و y می‌دهند. در شکل ۴۴-۵

یک نمونه از منحنی ایجاد شده در این شرایط را ملاحظه می‌کنید.

این منحنی‌ها را منحنی لیسازور می‌گویند.

را مشاهده کنیم و ..... ، ..... و ..... موج را اندازه بگیریم.

۲-۷-۵- CRT اول کلمات ..... است.

۳-۷-۵- کار ولوم Inten ..... است و ولوم

Focus اشعه را ..... می کند.

### صحیح یا غلط

۴-۷-۵- برای تنظیم زاویه اشعه هنگامی که به صورت

خط در می آید از ولوم Trace Rotation استفاده می کنیم.

غلط  صحیح

۵-۷-۵- با استفاده از اسیلوسکوپ فرکانس را

می توانیم مستقیماً اندازه بگیریم.

غلط  صحیح

۶-۷-۵- سیم رابط پروب اسیلوسکوپ از کابل

کواکسیال (هم محور) انتخاب می شود تا تأثیر پارازیت و نویز روی پروب را کاهش دهد و در محدوده وسیع فرکانسی کار کند.

غلط  صحیح

### چهارگزینه ای

۷-۷-۵- اگر کلید AC-GND-DC روی AC قرار

داشته باشد کدام گزینه صحیح است؟

۱- سیگنال مستقیماً وارد اسیلوسکوپ می شود.

۲- جزء AC موج حذف و فقط DC موج اندازه گیری

می شود.

۳- فقط سیگنال AC وارد اسیلوسکوپ می شود.

۴- موج AC و DC هر دو قابل اندازه گیری هستند.

۸-۷-۵- برای ترسیم سیگنالی با فرکانس ۵۰ هرتز

برق شهر، کلید Source Trigger بهتر است در کدام وضعیت

قرار گیرد؟

۱- CH1  ۲- CH2

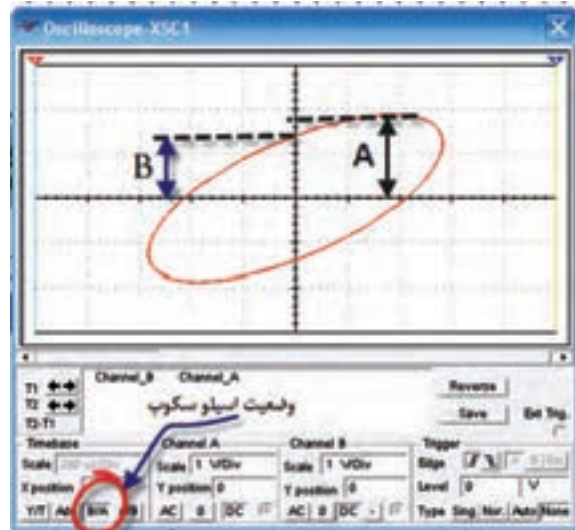
۳- LINE  ۴- EXT

۹-۷-۵- مقدار ولتاژ DC موج نشان داده شده در

شکل ۵-۴۵ چند ولت است؟

۱- ۱۲  ۲- ۱۰

۳- ۱۶  ۴- ۴



شکل ۵-۴۴- یک نمونه منحنی لیسازور

\* ۵۵-۵-۵- در مدار شکل ۵-۴۳، اسیلوسکوپ

را روی حالت XY بگذارید و منحنی لیسازور را روی نمودار

۱۳-۵ ترسیم کنید. مقدار زاویه فاز را محاسبه کنید. برای

محاسبه زاویه اختلاف فاز به ترتیب زیر عمل کنید.

• مقدار A و B را اندازه بگیرید. (A و B در شکل

۵-۴۴ نشان داده شده اند.)

• با استفاده از رابطه زیر مقدار سینوس زاویه  $\varphi$  را

به دست آورید.

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

• با استفاده از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب مقدار  $\varphi$

را به دست آورید.

### ۶-۵- جمع بندی

یک جمع بندی حداکثر در ۶ سطر درباره آن چه که در این

آزمایش انجام داده اید بنویسید.

### ۷-۵- الگوی پرسش

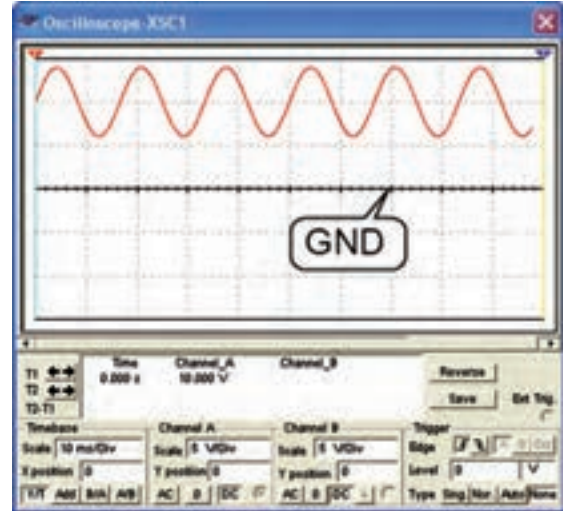
#### کامل کردنی

۱-۷-۵- با استفاده از اسیلوسکوپ می توانیم شکل موج



شکل ۵-۴۷

کانال ۲ Volt/Div  
 کانال ۱ Volt/Div  
 Time/Div  
 Focus  
 INTENSITY



شکل ۵-۴۵

### تشریحی و محاسباتی

۵-۷-۱۲- به طور کلی مدارهای داخلی دستگاه اسیلوسکوپ به چند قسمت اساسی تقسیم بندی می شود؟ قسمت ها را نام ببرید.

۵-۷-۱۳- کار هر یک از کلیدهای AC، DC و GND را در ورودی اسیلوسکوپ توضیح دهید.

۵-۷-۱۴- اگر Volt/Div اسیلوسکوپ روی ۵ V/° و Time/Div روی ۵۰ μsec باشد،

الف) دامنه پیک تا پیک موج A در شکل ۵-۴۸ را محاسبه کنید.

ب) فرکانس موج A را محاسبه کنید.

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

۵-۷-۱۰- فرکانس موج نشان داده شده در شکل

۵-۴۶ چند کیلو هرتز است؟

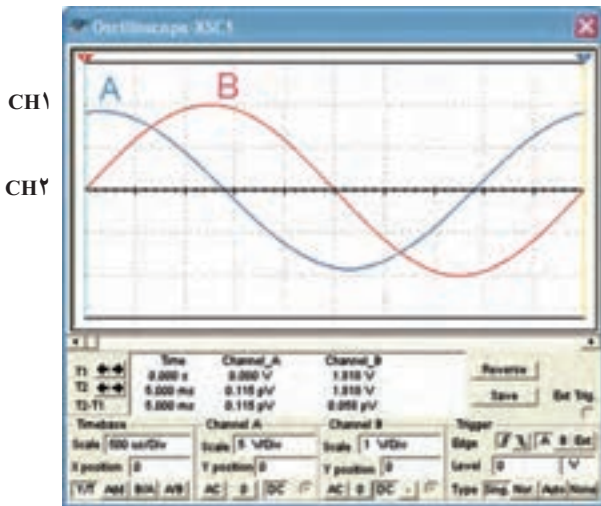
$$\text{Time/Div} = 20 \mu\text{sec}$$

۵-۲

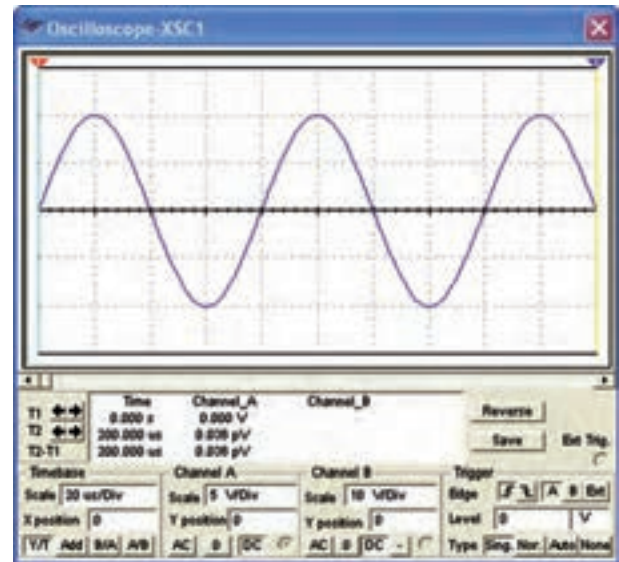
۸۰-۱

۱۲/۵-۴

۲۵-۳



شکل ۵-۴۸



شکل ۵-۴۶

### ۵-۸- ارزش یابی

پس از اتمام آزمایش و پاسخ به سؤال های الگوی پرسش و تکمیل کتاب گزارش کار و فعالیت های آزمایشگاهی، جهت ارزش یابی در زمان تعیین شده مراجعه کنید.

### جورکردنی

۵-۷-۱۱- هر یک از کلید ولوم نام برده شده را به

کلید آن روی صفحه اسیلوسکوپ شکل ۵-۴۷ با خطوط رنگی اتصال دهید.