

## آموزش کامل اسیلوسکوپ

**اسیلوسکوپ ( Oscilloscope )** یک دستگاه اندازه گیری است که از آن برای مشاهده شکل موج ها و اندازه گیری ولتاژ ، زمان تناوب ، اختلاف فاز و همچنین مشاهده منحنی مشخصه ولت – آمپر عناصر نیمه هادی مانند دیود و ترانزیستور استفاده می شود . اسیلوسکوپ یک ولت متر دقیق است ولی توانایی اندازه گیری جریان را به طور مستقیم ندارد و برای اندازه گیری جریان باید از روش های غیر مستقیم مانند قانون اهم استفاده کرد . یکی از مزایای اسیلوسکوپ این است که بر خلاف مولتی مترهای معمولی ، در فرکانس های بالا نیز به خوبی کار می کند . اندازه گیری و مشاهده شکل موج ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر ( DC ) شروع و به فرکانس مشخصی ختم می گردد که معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس مشخص می کنند . مثلاً اسیلوسکوپ ۴۰ مگاهرتز ، یعنی اسیلوسکوپ می تواند ولتاژهای DC و AC تا ۴۰MHZ را نمایش دهد .

اسیلوسکوپ ها در نوع آنالوگ و دیجیتال ساخته می شوند که ما در اینجا به بررسی نوع آنالوگ آن می پردازیم و در ادامه هر جا کلمه اسیلوسکوپ را به کار ببریم منظورمان اسیلوسکوپ آنالوگ است . ما قصد نداریم به بررسی ساختمان داخلی اسیلوسکوپ پردازیم بلکه هدف ، آشنایی با قابلیت های اسیلوسکوپ و نحوه استفاده از آن می باشد . به دلیل اینکه طرز کار همه اسیلوسکوپ ها شبیه یکدیگر است و کلیدها و ولوم های آنها تقریباً یکی است ما برای آموزش بهتر مطلب ، از یک اسیلوسکوپ Instek مدل GOS – 630 در امر آموزش استفاده می کنیم که تصویر این اسیلوسکوپ قابل مشاهده است .



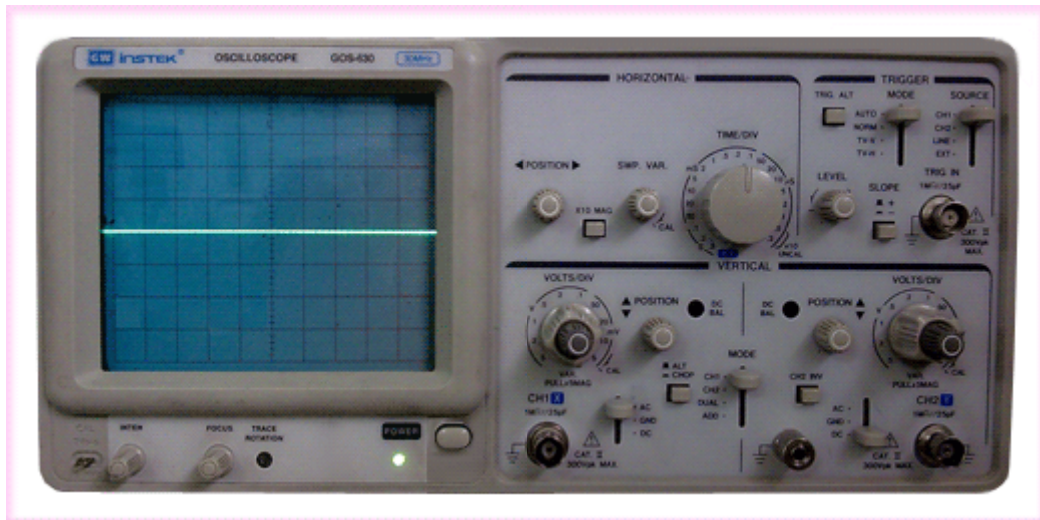
اسیلوسکوپ ها ممکن است یک کاناله و یا چند کاناله باشند . اسیلوسکوپ های یک کاناله در هر لحظه فقط می توانند یک سیگنال را روی صفحه نمایش خود نمایش دهند . اما اسیلوسکوپ های چند کاناله ، همزمان می توانند چند سیگنال را روی صفحه نمایش خود ، نمایش دهند . اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۱) ، یک اسیلوسکوپ دو کاناله می باشد یعنی همزمان قادر به نمایش دادن دو سیگنال روی صفحه نمایش خود می باشد . اما سیگنال های الکتریکی چگونه به اسیلوسکوپ منتقل می شوند ؟ برای انتقال سیگنال های الکتریکی به اسیلوسکوپ ، از پروب استفاده می شود که در ادامه به بررسی آن می پردازیم .

**پروب ( Probe ) :** برای انتقال سیگنال های الکتریکی به اسیلوسکوپ ، از پروب که به آن پراب نیز می گویند استفاده می شود . یک نمونه پروب در شکل زیر مشاهده می کنید .



سیم رابط پروب معمولاً از جنس کابل کواکسیال می باشد تا میزان نویز به حداقل برسد . نوک پروب به صورت گیره ای فتری است که می توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد . اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم ، نوک آن به صورت سوزنی می شود که در بعضی مواقع از آن استفاده می گردد . انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می شود BNC نام دارد . BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل می کنیم و ۹۰ درجه در جهت عقربه های ساعت می چرخانیم این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می شود . همچنین روی پروب کلیدی با دو حالت  $\times 1$  و  $\times 10$  وجود دارد که در حالت  $\times 1$  ، سیگنال بدون هیچ گونه تضعیفی از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می گردد و در حالت  $\times 10$  ، ابتدا سیگنال در داخل پروب ۱۰ برابر تضعیف شده و سپس به اسیلوسکوپ اعمال می گردد . باید توجه داشت که اگر از حالت  $\times 10$  پروب ، برای اندازه گیری استفاده شود مقادیر قرائت شده دامنه را باید در عدد ۱۰ ضرب نمود تا مقدار واقعی دامنه سیگنال بدست آید . موارد کاربرد  $\times 10$  برای سیگنال های با دامنه زیاد می باشد .

در ادامه ابتدا به بررسی صفحه نمایش و کلیدها و ولوم های روی پانل اسیلوسکوپ می پردازیم و سپس به بررسی کاربردهای اسیلوسکوپ می پردازیم . برای نمایش بهتر پانل اسیلوسکوپ ، تصویری از نمای روبه روی اسیلوسکوپ نمایش داده شده است.



۱- **صفحه نمایش اسیلوسکوپ :** اسیلوسکوپ ها دارای یک صفحه نمایش هستند که این صفحه نمایش در راستای افقی به ۱۰ قسمت و در راستای عمودی به ۸ قسمت تقسیم می شود که برای دقت بیشتر در اندازه گیری ، در راستاهای افقی و عمودی ، خطوط وسط دارای تقسیمات ریزتری نیز می باشند به طوری که هر خانه به ۵ قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل ۰.۲ خانه است .

۲- **کلید روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ :** در هر اسیلوسکوپ کلیدی برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ وجود دارد که آن را با کلمه **POWER** و یا **ON/OFF** نمایش می دهند . در نزدیکی این کلید ، معمولاً یک **LED** جهت نمایش روشن و یا خاموش بودن اسیلوسکوپ وجود دارد . این کلید در زیر و سمت راست صفحه نمایش قابل مشاهده است .

۳- **ولوم Intensity :** این ولوم شدت نور سیگنال نمایش داده شده را کم و زیاد می کند . این ولوم باید در حالتی قرار گیرد که شدت نور برای رؤیت سیگنال کافی باشد . این ولوم ممکن است به اختصار با **Inten** نمایش داده شود . در شکل بالا در زیر صفحه نمایش دو ولوم وجود دارد . از این دو ولوم ، ولوم سمت چپی ، ولوم **Inten** می باشد .

۴- **ولوم Focus :** کلمه **Focus** به معنای کانونی و یا تمرکز است و این ولوم ضخامت موج رسم شده بر روی صفحه اسیلوسکوپ را کم و زیاد می کند . این ولوم باید در حالتی قرار داده شود که خطوط شکل موج ، حداقل ضخامت را داشته باشند . در شکل بالا ، از بین دو ولوم زیر صفحه اسیلوسکوپ ، ولوم سمت راست ولوم **Focus** می باشد .

۵- **بین تنظیمات یا کالیبراسیون :** این قسمت برای تست و تنظیم سلکتورهای **Volt/Div** و **Time/Div** و نیز برای بررسی سالم و یا معیوب بودن پروب مورد استفاده قرار می گیرد .

اسیلوسکوپ یک سیگنال مرجع با دامنه و فرکانس معین برای تست و تنظیم خود ایجاد می کند و به این بین انتقال می دهد . اگر سیگنال مزبور به ورودی اسیلوسکوپ داده شود می توان شکل موج آن را مشاهده کرد . در عین حال چون دامنه و فرکانس سیگنال مزبور معین است ، می توان صحت تنظیمات سلکتورهای Volt/Div و Time/Div را تحقیق کرد . همچنین اگر در اثر تماس نوک پروب با این پین ، سیگنال موجود بر روی پین ، در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر شود و زمانی که گیره زمین پروب را همزمان با نوک پروب به این پین متصل می کنیم یک خط افقی و یا به عبارتی ولتاژ صفر ، روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر شود پروب سالم است . در شکل (۲) این پین در زیر صفحه نمایش اسیلوسکوپ و در منتهی الیه سمت چپ قابل مشاهده است .

۶- **پیچ آستیگمات** : این پیچ به همراه ولوم تنظیم نقطه کانونی برای ایجاد واضح ترین نقطه گرد استفاده می شود و معمولاً با عبارت Astig مشخص می شود . بعضی از اسیلوسکوپ ها مثل اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۳) این ولوم را ندارند .

۷- **پیچ چرخش محور افقی** : توسط این پیچ کجی محور افقی کاملاً در وضعیت افقی تصحیح می گردد . این ولوم با عبارت Trace Rotation مشخص می شود . در اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۳) ، این ولوم در سمت راست ولوم Focus قرار دارد . برای بررسی بقیه ولوم ها و کلیدهای اسیلوسکوپ ، تصویر واضح تری از نیمه سمت راست اسیلوسکوپ نمایش داده شده است .



۸- **کلید Time/Div** : این کلید دارای ضرایبی بر حسب ثانیه ، میلی ثانیه و میکروثانیه است و این ضرایب نشان دهنده این هستند که چقدر زمان لازم است تا اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جا به جا شود . مثلاً در شکل (۴) ضریب Time/Div برابر است با ۰.۲ میلی ثانیه و این یعنی اینکه در این حالت برای اینکه اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جا به جا شود ۰.۲ میلی ثانیه یا ۲۰۰ میکروثانیه زمان لازم است .

۹- **ولوم Time Variable** : این ولوم برای فشرده و باز کردن شکل موج در راستای افقی استفاده می شود . برای اندازه گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ باید حتماً این ولوم تا آخر در جهت حرکت عقربه های ساعت چرخانده شده و روی علامت Cal قرار گیرد . اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود ضرایب Time/Div دیگر معتبر نبوده و نمی توان زمان تناوب را محاسبه نمود .

از این ولوم زمانی استفاده می شود که صحت ضرایب Time/Div اهمیتی نداشته باشد مثل زمانی که می خواهیم اختلاف فاز دو موج هم فرکانس را محاسبه کنیم .

۱۰- **کلید بزرگنمایی در راستای افقی** : توسط این کلید می توان مقیاس افقی را به میزان ۵ و یا ۱۰ برابر بزرگ نمود . به این ترتیب که در حالت عادی مقیاس افقی همان است که سلکتور Time/Div نشان می دهد اما در حالت انتخاب این کلید ، شکل موج در جهت افقی ۵ و یا ۱۰ برابر باز می شود و این معادل این است که عدد نشان داده شده توسط سلکتور Time/Div به ۵ و یا ۱۰ تقسیم شده باشد . در بعضی از اسیلوسکوپ ها کلید بزرگنمایی افقی جزئی از همان ولوم تغییر مکان افقی ( Horizontal Position ) می باشد . به این صورت که وقتی این ولوم داخل است ، بزرگنمایی غیر فعال بوده و وقتی این ولوم بیرون کشیده می شود ، بزرگنمایی فعال می شود . مورد استفاده کلید بزرگنمایی افقی در مورد نمایش امواج با فرکانس زیاد است . این کلید با MAG به همراه  $\times 5$  و یا  $\times 10$  نمایش داده می شود .

۱۱- **کلید بزرگنمایی در راستای افقی** : این کلید نیز همانند کلید بزرگنمایی در راستای عمودی است و در مواقعی که دامنه ولتاژ خیلی کم است مورد استفاده قرار می گیرد . در این صورت میزان ولتاژ اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ باید بر ضریب کلید بزرگنمایی تقسیم شود .

۱۲- **ولوم تغییر مکان افقی ( Horizontal Position )** : این ولوم شکل موج را در جهت افقی جا به جا می کند . این ولوم ممکن است به اختصار با Hor.Pos و یا با علامت  $\blacktriangleleft$   $\blacktriangleright$  نشان داده می شود .

۱۳- **کلید Volt/Div** : این کلید نیز همانند کلید Time/Div دارای ضرایبی است که این ضرایب بر حسب ولت و میلی ولت می باشند و هر ضریب بیان کننده این است که هر خانه در راستای عمودی چند ولت می باشد . این کلید برای اندازه گیری دامنه ولتاژ به کار می رود . با تغییر این کلید ، شکل موج در راستای عمودی باز و جمع می شود . مثلاً در شکل (۴) ، ضریب کلید Volt/Div کانال ۲ برابر با ۰.۵ ولت می باشد که این امر نشان دهنده این است که به ازای انتخاب کانال ۲ ، در صفحه نمایش اسیلوسکوپ هر خانه در راستای عمودی برابر با ۰.۵ ولت می باشد .

۱۴- **ولوم Volt Variable** : این ولوم شکل موج را در راستای عمودی فشرده و باز می کند . اما اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود دیگر مقادیر Volt/Div معتبر نبوده و نمی توان اندازه ولتاژ را محاسبه نمود . بنابراین این ولوم هنگام اندازه گیری ولتاژ باید روی علامت Cal باشد .

۱۵- ولوم **Vertical Position** : این ولوم شکل موج را در راستای عمودی جا به جا می کند و ممکن است به اختصار با Ver.Pos و یا با استفاده از علامت های ▼ و ▲ نمایش داده شود .

۱۶- پیچ بالانس **DC** : به دلیل استفاده از اسیلوسکوپ در مناطق و حرارت های متفاوت می بایست سلکتورهای Volt/Div هر یک از دو کانال ، از نظر DC بالانس شوند . با تنظیم این پیچ ها باید حالتی را انتخاب نمود که در آن حالت با تغییر سلکتور Volt/Div ، خط افقی هیچ تغییر مکانی در جهت عمودی نداشته باشد . این پیچ ها معمولاً با DC-Bal مشخص می شوند .

۱۷- کلید **AC-GND-DC** : اگر این کلید در حالت AC باشد یک خازن در مسیر ورودی اسیلوسکوپ قرار می گیرد که سبب حذف مؤلفه DC شکل موج می گردد . یعنی در این حالت فقط سیگنال های AC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شوند و سیگنال های DC حذف می شوند . اما اگر این کلید در حالت DC باشد هر چه در ورودی باشد بدون تغییر در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شود . یعنی در این حالت مؤلفه های AC و DC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شوند و در صورتی که این کلید در حالت GND باشد ورودی اسیلوسکوپ به صفحات انحراف عمودی که در ادامه در رابطه با آنها صحبت می کنیم منتقل نخواهد شد بلکه این صفحات به اختلاف پتانسیل صفر ولت متصل می شوند . بنابراین در این حالت روی صفحه اسیلوسکوپ یک خط افقی دیده می شود که از آن برای تعیین خط مبنای عمودی و یا ولتاژ صفر ولت استفاده می شود .

۱۸- کلید **ADD-DUAL-CH2-CH1** : اگر این کلید در حالت CH1 باشد فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۱ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود و اگر این کلید در حالت CH2 باشد فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود . در صورتی که DUAL را انتخاب کنیم شکل موج های هر دو کانال همزمان روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شوند و در صورت انتخاب ADD حاصل جمع لحظه ای دو شکل موج روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود .

۱۹- کلید **CHOP-ALT** : اگر فرکانس سیگنال های ورودی بیشتر از ۱ KHZ باشد با استفاده از حالت ALT می توانیم دو شکل موج را به طور همزمان در صفحه نمایش اسیلوسکوپ مشاهده کنیم . در این حالت در یک دوره تناوب موج Ramp ( در ادامه در رابطه با موج Ramp صحبت خواهیم کرد ) ، سیگنال اعمال شده به کانال ۱ و در دوره تناوب بعدی این موج ، سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شود اما به دلیل فرکانس بالای موج Ramp و سیگنال های ورودی ، سیگنال های هر دو کانال به طور همزمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند . اما اگر فرکانس سیگنال های ورودی کم باشد مشاهده دو شکل موج به طور همزمان در حالت انتخاب ALT امکان پذیر خواهد بود . زیرا در این صورت وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال ۱ را نمایش می دهد سیگنال کانال ۲ از دید محو می شود و وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال ۲ را نمایش می دهد سیگنال کانال ۱ از دید محو می شود و بنابراین دو موج به صورت چشمک زن روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شوند . برای نمایش سیگنال های با فرکانس کم از حالت CHOP استفاده می کنیم . در این حالت یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۱ و سپس یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۲ و به همین ترتیب تا آخر نمایش داده می شود . در این روش لحظه ای که سیگنال کانال ۱ نمایش داده می شود کانال ۲ قطع است و برعکس در لحظه ای که سیگنال کانال ۲ نمایش داده می شود کانال ۱ قطع است اما چون این نقاط فوق العاده

کوچک هستند ما آنها را کنار هم و به صورت پیوسته مشاهده می کنیم و در نتیجه دو شکل موج به طور همزمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند .

**۲۰- کلید CH2INV :** زمانی که این کلید انتخاب می شود شکل موج کانال ۲ به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز پیدا می کند .

**۲۱- کلید X-Y :** اگر این کلید فعال شود ارتباط موج Ramp با صفحات انحراف افقی قطع شده و هر یک از سیگنال های ورودی به یکی از صفحات انحراف افقی یا عمودی اعمال می شود . مثلاً در اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۴) ، همانطور که مشاهده می کنید در کنار ترمینال ورودی کانال ۱ حرف X و در کنار ترمینال ورودی کانال ۲ حرف Y درج شده است . بنابراین در این اسیلوسکوپ ، در حالت انتخاب کلید X-Y ، سیگنال ورودی کانال ۱ به صفحات انحراف افقی و سیگنال ورودی کانال ۲ به صفحات انحراف عمودی اعمال می شود . این کلید برای مشاهده منحنی مشخصه ولت - آمپر عناصر نیمه هادی و نیز مشاهده اشکال لیسازور کاربرد دارد .

در هر اسیلوسکوپ قسمتی مربوط به کنترل تریگر وجود دارد که در ادامه می خواهیم به بررسی آن بپردازیم اما قبل از معرفی کلیدها و ولوم های این قسمت به سؤالی که ممکن است برای بعضی ها مطرح شود پاسخ می دهیم و آن سؤال این است که منظور از تریگر چیست ؟ برای پاسخ به این سؤال باید مطالبی را در مورد ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بدانید . در اسیلوسکوپ در ابتدا یک اشعه الکترونی تولید می شود . منظور از اشعه الکترونی تعداد زیادی الکترون می باشد که به صورت یک اشعه فوق العاده باریک درآمده و با سرعت بسیار زیاد ( چند هزار کیلومتر در ثانیه ) در حرکت است . زمانی که این اشعه الکترونی با سرعت زیاد با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش اسیلوسکوپ برخورد می کند مواد فسفرسانس از خود نور تولید می کنند . برای اینکه این اشعه الکترونی شکل موج ها را روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش دهد لازم است در دو جهت عمودی و افقی حرکت کند و بر این اساس دو سری صفحه به نام های صفحات انحراف عمودی و صفحات انحراف افقی را در مسیر حرکت اشعه الکترونی قرار می دهند . هر سری از این صفحات ، خود شامل دو صفحه موازی می باشد . در اثر ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو صفحه موازی ، اشعه الکترونی به سمت صفحه دارای پتانسیل بیشتر متمایل می شود و به این ترتیب محل برخورد اشعه الکترونی با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش تغییر می کند و در نتیجه محل تولید نور روی صفحه نمایش تغییر می کند . سیگنالی که ما می خواهیم روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود به صفحات انحراف عمودی اعمال می شود و متناسب با تغییرات دامنه این سیگنال ، اشعه الکترونی در راستای عمودی جا به جا می شود . اما برای اینکه شکل موج به طور صحیح روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود باید همزمان با جا به جا شدن اشعه در راستای عمودی ، اشعه در راستای افقی نیز جا به جا شود . مثلاً اگر هدف ، نمایش یک موج سینوسی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد با رسیدن موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی ، اشعه الکترونی متناسب با دامنه موج سینوسی در راستای عمودی جا به جا می شود و اگر هیچ موجی به صفحات انحراف افقی اعمال نشود ، روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ به جای یک موج سینوسی فقط یک خط عمودی دیده می شود . بنابراین همیشه باید همزمان با سیگنال ورودی ، یک موج به صفحات انحراف افقی اعمال شود تا شکل موج ورودی به درستی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود . این موج را موج Ramp می گویند که یک موج دندانه اریه ای است . اگر فرکانس موج Ramp با فرکانس سیگنال ورودی یکی باشد یک سیکل کامل از موج ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود و اگر فرکانس موج Ramp بیش از فرکانس سیگنال

ورودی باشد چند سیکل از سیگنال ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود . برای اینکه شکل موج ساکنی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ داشته باشیم لازم است تا حرکت افقی اشعه الکترونی هر بار از محل مشخصی از سیگنال ورودی شروع شود که این وظیفه بر عهده قسمت تریگر اسیلوسکوپ می باشد . اگر عمل تریگر انجام نشود ممکن است سیگنال ورودی در صفحه نمایش اسیلوسکوپ حرکت کند . برای عمل تریگر روش های مختلفی وجود دارد و بر این اساس کلیدهایی بر روی پانل اسیلوسکوپ تعبیه شده است که به وسیله آنها می توان نوع تریگر را انتخاب نمود . این کلیدها عبارتند از :

**۲۲- کلید Auto-Normal :** اگر این کلید در حالت Auto باشد حتی اگر به ورودی اسیلوسکوپ سیگنالی اعمال نشود مدار داخلی اسیلوسکوپ یک موج دنداناره اریه ای به صفحات انحراف افقی اعمال می کند و بنابراین خطی افقی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شود که نشان دهنده آماده به کار بودن اسیلوسکوپ است . اما در صورتی که این کلید در حالت Normal باشد عمل تریگر فقط به کمک موج ورودی انجام می شود و لذا در صورتی که ورودی نداشته باشیم هیچ گونه خطی و یا موجی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر نخواهد شد . این کلید در حالت عادی باید بر روی Auto باشد .

**۲۳- کلید Source Trigger :** این کلید ممکن است دارای حالت های زیر باشد .

الف ( AC ) : در این حالت عمل تریگر با مؤلفه AC انجام می شود .

ب ( DC ) : در این حالت عمل تریگر با خود موج به اضافه مؤلفه DC انجام می شود .

پ ( CH1 ) : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال ۱ انجام می شود .

ت ( CH2 ) : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ انجام می شود .

ث ( Line ) : در این حالت عمل تریگر با فرکانس برق شهر انجام می شود .

ج ( Ext ) : در این حالت باید موجی را که می خواهیم توسط آن عمل تریگر انجام شود از خارج اسیلوسکوپ و توسط ترمینال مخصوص آن به اسیلوسکوپ اعمال کنیم .

چ ( TV ) : در این حالت یک فیلتر پایین گذر مؤلفه های فرکانس بالای موج ورودی را حذف نموده و سپس عمل تریگر انجام می شود . این کلید در حالتی استفاده می شود که یک موج مزاحم بر روی موج اصلی ، مانع عمل تریگر شود .



ح) TV-H : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال های افقی تلویزیون انجام می شود .

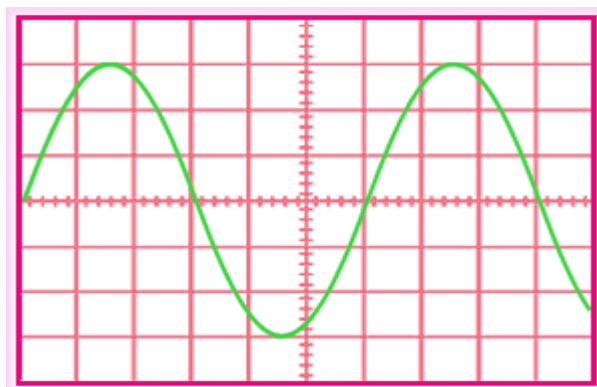
خ) TV-L : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال های عمودی تلویزیون انجام می شود .

۲۴- ولوم Level : این ولوم نقطه شروع موج نشان داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را معین می کند . همچنین اگر موج نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، در جهت افقی حرکت کند و ثابت نباشد باید به کمک این ولوم شکل موج را ثابت نگهداشت .

۲۵- کلید Slope : این کلید مشخص کننده این است که اولین نیم سیکل موج نشان داده شده مثبت و یا منفی می باشد . در حالت عادی باید علامت مثبت ( + ) انتخاب شود . در واقع علامت مثبت ( + ) به معنای شیب مثبت و علامت منفی ( - ) به معنای شیب منفی در نقطه شروع موج می باشد .

حال که با کلیدها و ولوم های پانل اسیلوسکوپ آشنا شدید در ادامه به بررسی نحوه اندازه گیری ولتاژ ، زمان تناوب ، فرکانس ، اختلاف فاز و نیز مشاهده منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود توسط اسیلوسکوپ می پردازیم .

اندازه گیری ولتاژ : توسط اسیلوسکوپ می توان ولتاژهای AC و DC را با دقت خیلی زیاد اندازه گیری کرد . برای این منظور ابتدا ولوم Volt Variable را تا انتها در جهت حرکت عقربه های ساعت می چرخانیم و آن را در حالت Cal قرار می دهیم . سپس با قرار دادن کلید AC-GND- روی حالت DC اشعه را ترجیحاً در وسط صفحه نمایش اسیلوسکوپ و یا در هر نقطه دلخواه دیگری از صفحه نمایش تنظیم می کنیم و سپس کلید فوق را در حالت DC قرار می دهیم تا سیگنال اعمال شده به اسیلوسکوپ بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر شود . حال در صورتی که سیگنال ورودی ، یک سیگنال AC باشد برای بدست آوردن ولتاژ پیک آن ، تعداد خانه های اشغال شده بین محل تنظیم اشعه در حالت GND و پیک سیگنال AC را شمرده و در ضرب Volt/Div ضرب می کنیم و برای بدست آوردن ولتاژ مؤثر این سیگنال ، مقدار ولتاژ پیک بدست آمده را بر ۱.۴۱۴ تقسیم می کنیم . به عنوان مثال در شکل (۵) یک سیگنال سینوسی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شده است . اگر ضرب Volt/Div برابر با ۵ ولت باشد مقدار ولتاژ پیک و مؤثر این سیگنال را بدست آورید .



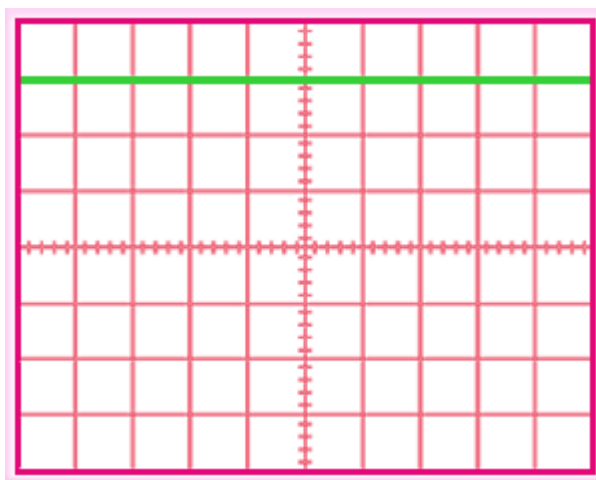
فاصله قله سیگنال سینوسی نمایش داده شده در شکل (۵) تا محور Xها برابر است با فاصله دره این سیگنال سینوسی تا محور Xها . بنابراین محور Xها را به عنوان ولتاژ صفر ولت در نظر می گیریم . حال برای بدست آوردن ولتاژ پیک سیگنال سینوسی ابتدا تعداد خانه های بین پیک سیگنال سینوسی و محور Xها را می شماریم که با توجه به شکل (۵) تعداد این خانه ها ۳ عدد می باشد و سپس با ضرب کردن تعداد خانه های شمارش شده در ضریب Volt/Div مقدار ولتاژ پیک سیگنال سینوسی بدست می آید . یعنی در این مثال مقدار ولتاژ پیک سیگنال سینوسی برابر است با :

$$V_p = 3 \times 5V = 15V$$

برای بدست آوردن ولتاژ مؤثر سیگنال سینوسی فقط کافی است مقدار ولتاژ پیک سیگنال سینوسی را بر ۱.۴۱۴ تقسیم کنیم . یعنی در این مثال مقدار ولتاژ مؤثر سیگنال سینوسی برابر است با :

$$V_{\text{eff}} = \frac{1.5V}{1.414} = 1.06V$$

حال اگر ولتاژ مورد اندازه گیری یک ولتاژ DC باشد تعداد خانه های اشغال شده بین محل تنظیم اشعه در حالت GND و ولتاژ DC را شمرده و در ضریب Volt/Div ضرب می کنیم تا مقدار ولتاژ DC بدست آید . به عنوان مثال در شکل (۶) یک ولتاژ DC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شده است . اگر ضریب Volt/Div برابر با ۲ ولت باشد مقدار این ولتاژ DC را بدست آورید .



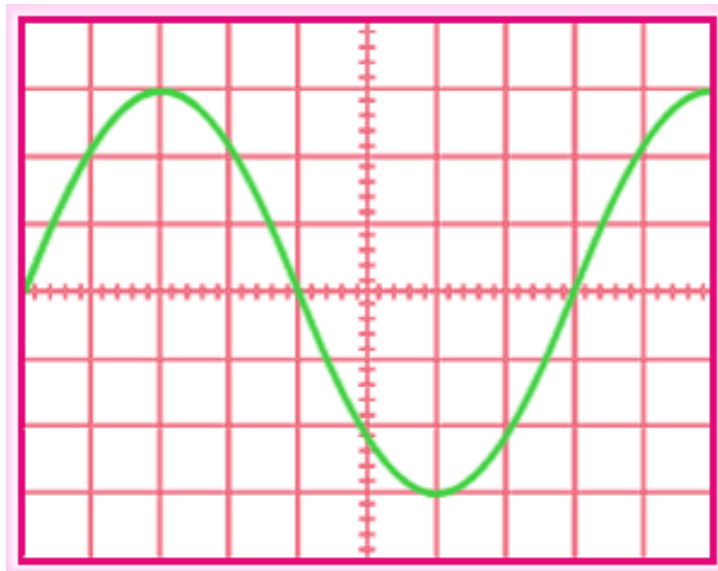
با فرض اینکه محل تنظیم اشعه در حالت GND ، محور Xها بوده است تعداد خانه های بین ولتاژ DC و محور Xها را می شماریم که با توجه به شکل (۶) تعداد این خانه ها ۳ عدد می باشد . حال از ضرب تعداد خانه های شمارش شده در ضریب Volt/Div ، مقدار ولتاژ DC بدست می آید .

بنابراین در این مثال مقدار ولتاژ DC برابر است با :

$$V_{DC} = 2 \times 3V = 6V$$

اندازه گیری زمان تناوب و فرکانس : برای اندازه گیری زمان تناوب یک موج متناوب باید ابتدا ولوم Variable Volt را در حالت Cal قرار داده و سپس تعداد خانه های در بر گرفته شده توسط یک موج متناوب را در ضرب Time/Div ضرب نمود .

به عنوان مثال با فرض اینکه ضرب Time/Div برابر با ۰.۵ میلی ثانیه و ولوم Volt Variable در حالت Cal باشد زمان تناوب شکل موج نمایش داده شده در شکل (۷) را بدست آورید



همطور که در شکل (۷) مشاهده می کنید تعداد خانه های در بر گرفته شده توسط یک سیکل برابر با ۸ خانه می باشد . بنابراین زمان تناوب برابر است با :

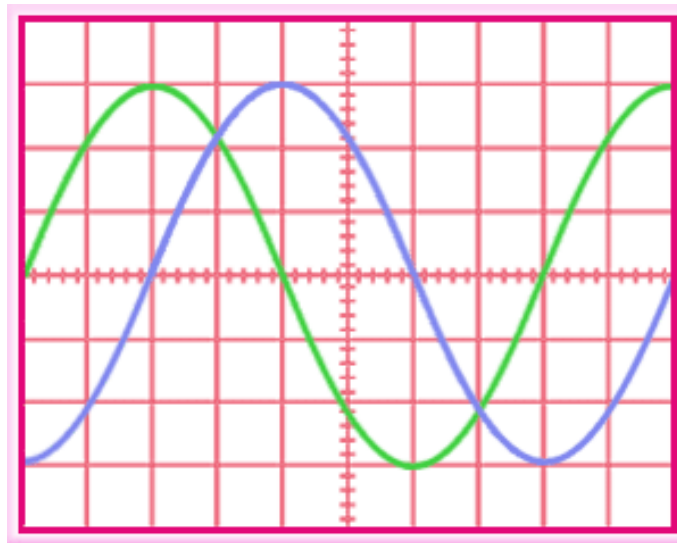
$$T = 8 \times 0.5 \text{ ms} = 4 \text{ ms}$$

اگر بخواهیم فرکانس یک سیگنال متناوب را بدست آوریم تنها کافی است عدد یک را بر زمان تناوب آن سیگنال تقسیم کنیم . به عنوان مثال فرکانس موج سینوسی نمایش داده شده در شکل (۷) برابر است با :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \text{ ms}} = 250 \text{ Hz}$$

**اندازه گیری اختلاف فاز :** با توجه به اینکه اسیلوسکوپ های دو کاناله می توانند همزمان دو شکل موج را نمایش دهند امکان اندازه گیری اختلاف فاز بین دو موج متناوب هم فرکانس توسط این نوع اسیلوسکوپ ها امکان پذیر است . برای این منظور دو روش وجود دارد . در روش اول ابتدا توسط کلید Time/Div و ولوم Volt Variable سعی می کنیم یک سیکل از سیگنال متناوب ، تعداد خانه های زیادی را در بر گیرد ( در اندازه گیری اختلاف فاز چون کاری با ضرایب Time/Div نداریم می توانیم ولوم Volt Variable را از حالت Cal خارج کنیم ) . سپس ۳۶۰ را بر تعداد خانه های در بر گرفته شده توسط یک سیکل تقسیم می کنیم تا مقدار اختلاف فاز به ازای هر خانه مشخص شود . سپس تعداد خانه های قرار گرفته بین دو شکل موج در راستای افقی را در مقدار اختلاف فاز

به ازای هر خانه ضرب می کنیم تا اختلاف فاز بین دو شکل موج بدست آید . اختلاف فاز را با  $\Phi$  ( فی ) نمایش می دهند . به عنوان مثال در شکل (۸) اختلاف فاز بین دو شکل موج چقدر است ؟

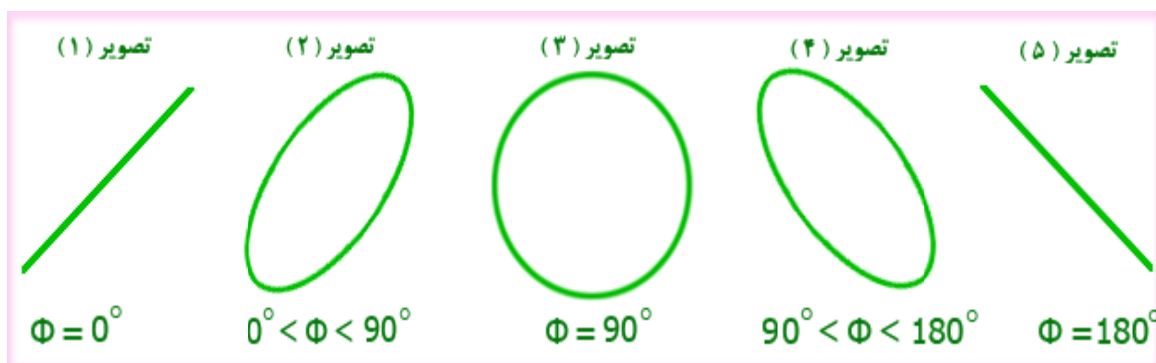


$$\text{اختلاف فاز به ازای هر خانه} = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$$

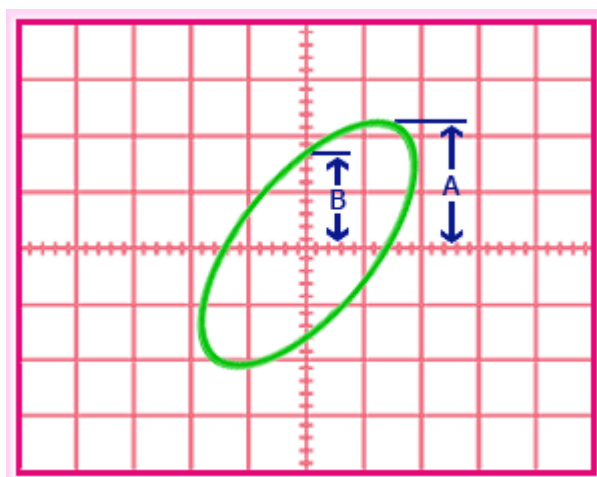
$$\Phi = 45^\circ \times 2 = 90^\circ$$

بنابراین این دو شکل موج با یکدیگر ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند .

دومین روش برای اندازه گیری اختلاف فاز بین دو شکل موج ، استفاده از اشکال لیسازور است . برای این منظور اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار داده و پس از اعمال شکل موج ها به کانال های X و Y ، توسط کلید Volt/Div و ولوم Volt Variable هر یک از دو کانال ، شکل موج ایجاد شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را طوری تنظیم می کنیم که تا حد امکان بزرگ و تماماً داخل صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد . در این صورت یکی از پنج تصویر نشان داده شده در شکل (۹) بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شود .

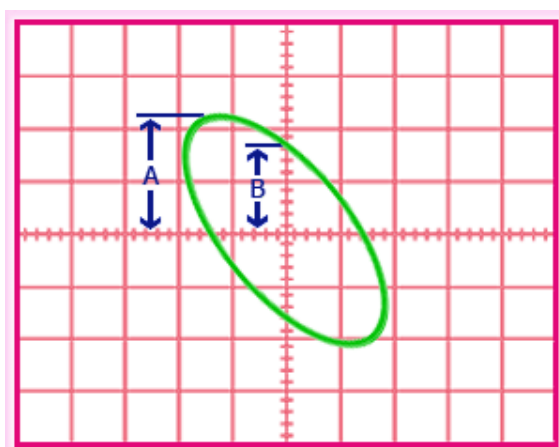


در تصویرهای ۱ و ۳ و ۵ مقدار اختلاف فاز بین دو موج مشخص است اما در تصویر ۲ برای بدست آوردن اختلاف فاز بین دو موج به طریق زیر عمل می کنیم .



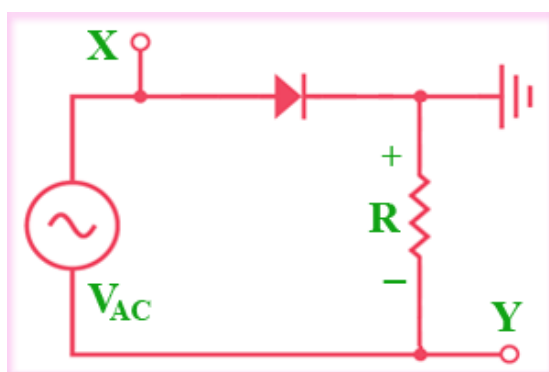
$$\Phi = \sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right)$$

در صورت ایجاد تصویر ۴ بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، از رابطه زیر برای محاسبه اختلاف فاز بین دو شکل موج استفاده می شود .

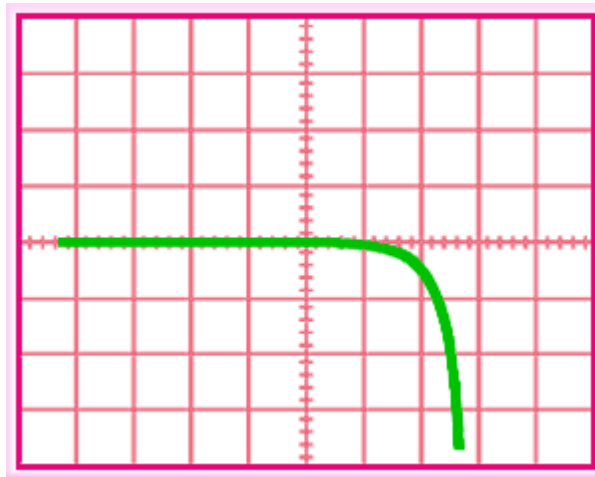


$$\Phi = 180^\circ - \sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right)$$

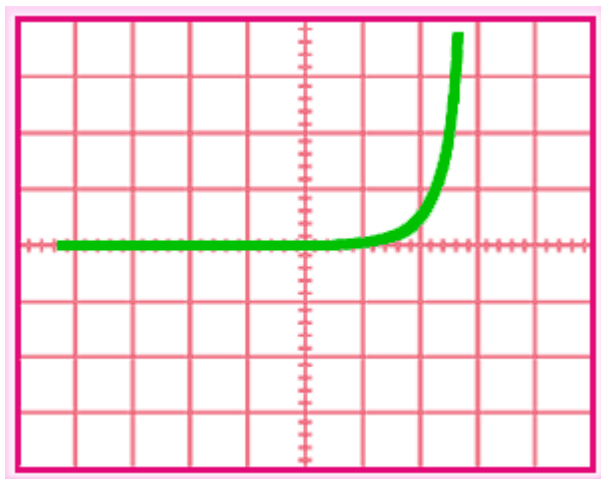
**مشاهده منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود :** برای رسم منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود باید از مدار نمایش داده شده در شکل (۱۲) استفاده کرد .



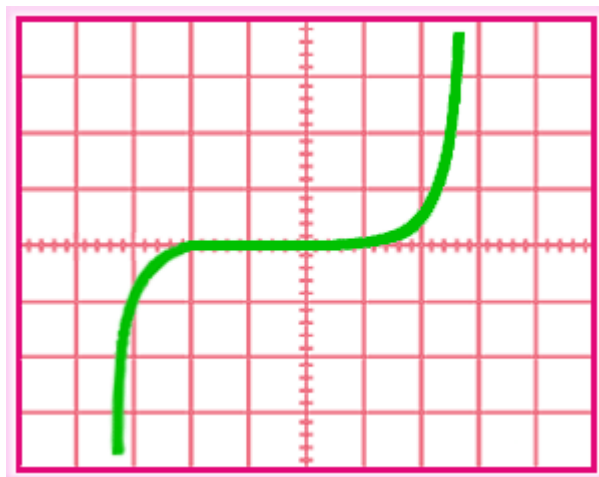
در این شکل با توجه به اینکه اسیلوسکوپ یک ولت متر است و توانایی اندازه گیری جریان را به طور مستقیم ندارد و از طرفی منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود در حقیقت جریان دیود بر حسب ولتاژ دو سر آن است لذا با عبور دادن جریان دیود از یک مقاومت ، جریان را تبدیل به ولتاژ می کنیم . حال با اندازه گیری ولتاژ مربوط به کانال Y و تقسیم آن بر مقدار مقاومت می توانیم مقدار جریان را نیز اندازه بگیریم . معمولاً برای راحتی محاسبات مقدار مقاومت را  $1\text{K}\Omega$  در نظر می گیرند . در این صورت چون به ازای هر یک میلی آمپر جریان ، ولتاژ دو سر مقاومت به اندازه یک ولت افزایش می یابد ، لذا هر یک ولت ولتاژ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ در راستای عمودی را معادل یک میلی آمپر جریان برای دیود محسوب می کنیم . برای مشاهده منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود ، ابتدا اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار می دهیم و سپس قسمت هایی از مدار فوق را که با X و Y مشخص شده اند به ورودی های X و Y اسیلوسکوپ وصل می کنیم . در ادامه با تنظیم کلید Volt/Div و قرار دادن ولوم Volt Variable روی حالت Cal ، تصویری همانند شکل (۱۳) روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شود .



دلیل اینکه منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود مطابق شکل (۱۳) ظاهر می شود این است که پروب کانال Y به طور معکوس به دو سر مقاومت وصل شده است و لذا ولتاژ دو سر مقاومت همواره منفی می باشد . برای اینکه منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود به طور صحیح بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود باید توسط کلید CH2INV ، شکل موج کانال Y را نسبت به محور Xها معکوس کنیم . در این صورت منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود همانند شکل (۱۴) بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر خواهد شد .



اگر در شکل (۱۲) به جای دیود معمولی یک دیود زنر قرار داده و سپس مراحل فوق را طی کنیم منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود زنر همانند شکل (۱۵) روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شود .



همانطور که در شکل (۱۵) مشاهده می کنید به راحتی می توان ولتاژ شکست دیود زنر را با استفاده از اسیلوسکوپ مشاهده و اندازه گیری کرد .