

آشنایی با اسیلوسکوپ و کاربرد آن

هدف کلی

آشنایی با ساختمان و قسمت‌های اصلی یک اسیلوسکوپ

و نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ساختمان و قسمت‌های اصلی یک اسیلوسکوپ را به طور خلاصه شرح دهد.
- کلیدهای کنترل روی قاب جلوی دستگاه (پانل) اسیلوسکوپ را از یک دیگر تمیز دهد.
- وظیفه هر یک از کلیدهای کنترل را شرح دهد.
- نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی (مانند دامنه ولتاژ، زمان تناوب، فرکانس و اختلاف فاز) را با استفاده از اسیلوسکوپ بیان کند.
- مقدار کمیت‌های قابل اندازه‌گیری در صفحه نمایش اسیلوسکوپ را بخواند.
- مقدار اندازه‌گیری شده از روی صفحه اسیلوسکوپ را محاسبه کند.
- فعالیت‌های کلاسی را با اعتماد به نفس و به طور دقیق انجام دهد.
- نظم و ترتیب و حضور به موقع در کلاس را رعایت کند.
- مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
- در موقعیت‌های مناسب از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
- از امکانات فراهم شده به خوبی حفاظت و نگهداری کند.
- ابهامات و سؤالات خود را در زمان مقتضی بپرسد.
- به سؤالات مطرح شده در زمان مقتضی پاسخ دهد.
- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
- توانمندی‌های خود را در موقعیت‌های مناسب بروز دهد.
- در کارگروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- نسبت به حل مشکلات سایر هنجاریان حساس و فعال باشد.
- سایر هنجاریان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

قابل توجه هنرآموزان محترم

● به منظور افزایش کارایی و تسهیل در آموزش توصیه می‌شود، هنگام آموزش اسیلوسکوپ موارد زیر را در صورت امکان اجرا کنید :

- یک نمونه اسیلوسکوپ واقعی را به کلاس درس بیاورید و نحوه کار آن را آموزش دهید.
- با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی و نحوه کاربرد آن را برای هنرجویان به نمایش درآورید.
- هنرجویان را در یک جلسه به آزمایشگاه ببرید و کاربرد اسیلوسکوپ را برای آنان نمایش دهید.

* نکته مهم اجرایی

برای آموزش اسیلوسکوپ لازم است هنرآموزان محترم یک نمونه اسیلوسکوپ را عملاً در کلاس مورد استفاده قرار داده و ضمن معرفی کلیدها شکل موج‌ها را نشان دهند.



مقدمه

معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس، مشخص می‌نمایند. مثلاً اسیلوسکوپ 20° مگاهرتز، یعنی اسیلوسکویی که می‌تواند ولتاژهای DC و AC تا 20 MHz را نمایش دهد.

شکل ۱-۴ یک نمونه اسیلوسکوپ معمولی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴ یک نمونه اسیلوسکوپ معمولی

ساختمان، طرز کار و کاربرد اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ یک دستگاه اندازه‌گیری است که از آن برای مشاهده شکل موج‌ها و اندازه‌گیری ولتاژ، زمان تناوب، اختلاف فاز، و همچنین مشخصه‌های ولت-آمپر عناصر نیمه هادی، مانند دیودها، ترانزیستورها و ...، استفاده می‌شود.

اسیلوسکوپ یک ولت‌متر بسیار دقیق است که می‌تواند ولتاژهای تا حدود یک هزارم ولت (mV) متناوب را در فرکانس‌های خیلی بالا (حتی چند صد مگاهرتز) اندازه‌گیری نماید، حال آن‌که، ولت‌مترهای ساخته شده امروزی قادر به اندازه‌گیری ولتاژهای کم در این فرکانس نیستند.

اندازه‌گیری و مشاهده شکل موج‌ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر (DC) شروع و به فرکانس مشخصی (به خاطر محدودیت پهنای باند تقویت‌کننده‌ها) ختم می‌گردد که

ساختمان اسیلوسکوپ از دو قسمت اصلی تشکیل شده

است :

الف : لامپ اشعه کاتدیک (CRT)^۱

ب : مدارهای آماده سازی لامپ و سیگنال

در زیر توضیح مختصری راجع به هر کدام داده می شود.

۴-۱- لامپ اشعه کاتدیک

لامپ اشعه کاتدیک امروزه قسمت اصلی مونیتورهای کامپیوتر، تلویزیون، دستگاه های کنترل کننده وضعیت ضربان قلب در پزشکی و مواردی مانند آن را تشکیل می دهد. در حقیقت با اعمال هر سیگنال الکتریکی به دستگاه های نامبرده، آن سیگنال روی صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک نقش می بندد. لامپ اشعه کاتدیک که در اسیلوسکوپ ها کاربرد دارد در صفحات بعد مورد بحث قرار خواهد گرفت. البته اساس کار همه لامپ ها تقریباً یکسان بوده، فقط تفاوت جزئی دارند.

شکل ۴-۲ نمای ظاهری یک لامپ اشعه کاتدیک را

نشان می دهد.



شکل ۴-۲- نمای ظاهری یک لامپ اشعه کاتدیک

در حرکت است.

مقدار نور ایجاد شده روی صفحه حساس به دو عامل،

سرعت الکترون ها و تعداد الکترون ها، بستگی دارد؛ به عبارتی

هر قدر تعداد الکترون های اشعه الکترونی و سرعت الکترون ها

زیادتر باشد نور ایجاد شده بیشتر خواهد بود. در عمل برای کنترل

مقدار نور ایجاد شده تعداد الکترون های اشعه را تغییر می دهند،

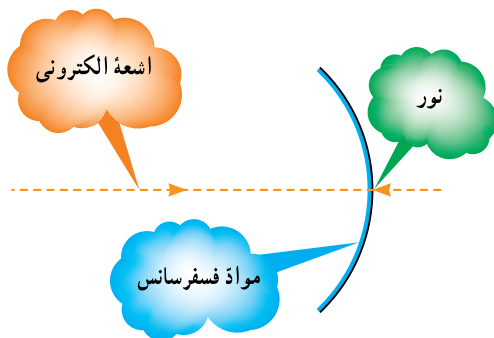
زیرا این عمل به سهولت امکان پذیر است.

صفحه حساس که شکل موج روی آن نقش می بندد، از یک

شیشه معمولی که پشت آن از مواد فسفرساز (ترکیب روی و

فسفر) پوشیده شده تشکیل می گردد. شکل ۳-۴، صفحه حساس

لامپ اشعه کاتدیک را نشان می دهد.



شکل ۳-۴- صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک

رنگ نور ایجاد شده بستگی به درصد ترکیب روی

و فسفر دارد.

تولید اشعه الکترونی به وسیله گرم کردن یک استوانه فلزی

که قسمت جلوی آن از مواد اکسیدی (معمولاً ۵۰٪ اکسید باریم

و ۵۰٪ اکسید استرانسیوم) پوشانده شده است، صورت می گیرد.

نحوه کار بدین صورت است که ابتدا فیلامان داخل استوانه را با

عبور جریان الکتریکی از آن گرم می کنند. گرمای فیلامان منجر

به گرم شدن استوانه شده در نتیجه مواد اکسیدی گرم می شوند

و بر اثر این گرما از خود الکترون ساطع می کنند. در جلوی این

استوانه یک شبکه که دارای روزنه بسیار کوچکی است (حدود

اساس کار لامپ اشعه کاتدیک، بمباران یک صفحه

حساس با یک دسته اشعه الکترونی می باشد. بر اثر بمباران صفحه

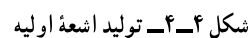
حساس، آن قسمت از صفحه که بمباران شده است از خود

نور ساطع می کند. منظور از اشعه الکترونی تعداد زیادی

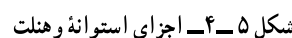
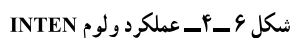
الکترون می باشد که به صورت یک اشعه فوق العاده باریک

در آمده و با سرعت بسیار زیاد (چند هزار کیلومتر در ثانیه)

اگر بین شبکه کنترل و کاتد، یک منبع ولتاژ با پلاریته شبکه منفی تراز کاتد قرار دهیم، ولتاژ منفی شبکه باعث دفع الکترون ها شده در نتیجه الکترون های کمتری از روزنه خارج می گردند؛ هر قدر این ولتاژ بیشتر باشد، تعداد الکترون های خارج شده کمتر می شود.

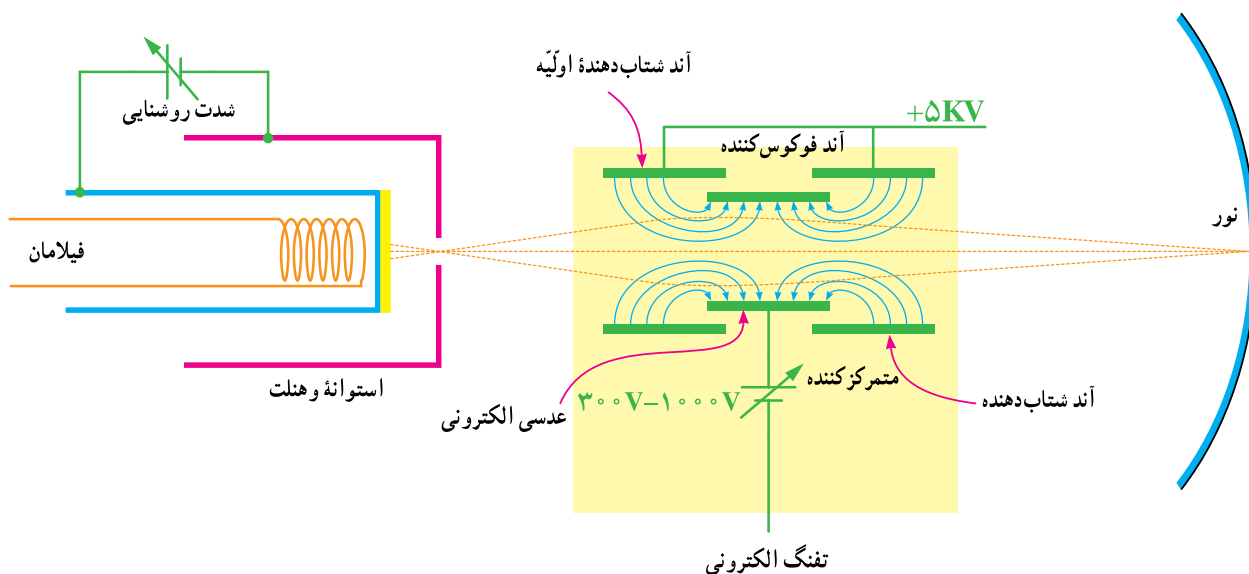


همان‌طور که قبلاً گفته شد، مقدار نور ایجاد شده به دو عامل سرعت و تعداد الکترون‌ها بستگی دارد. در عمل برای تنظیم مقدار نور از تغییر تعداد الکترون‌ها استفاده می‌کنند، لذا برای کنترل مقدار نور ایجاد شده در روی صفحه حسّاس (شدت نور) می‌توان بین شبکه کنترل و کاتد یک پتانسیل قرار داد و آن را کنترل نمود. به همین منظور در روی صفحه جلوی اسیلوسکوپ ولومی تعبیه شده که با تغییر آن در حقیقت پتانسیل بین شبکه کنترل و کاتد تغییر نموده و در نتیجه شدت نور روی صفحه حسّاس تغییر می‌کند. این ولوم با کلمه (INTEN) روی اسیلوسکوپ مشخص می‌شود. عملکرد ولوم INTEN در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.



45

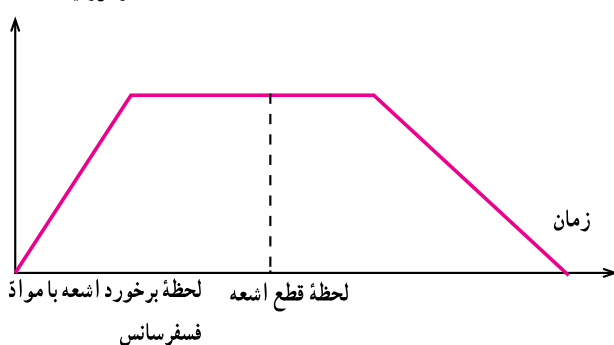
اطلاق می‌گردد. شکل ۷-۴ عدسی الکترونی را نشان می‌دهد. شده است به صورت یک ولوم در پانل اسیلوسکوپ به نام FOCUS و معمولاً در کنار ولوم INTEN قرار دارد. منبع ولتاژ ۱۰۰۰-۳۰۰ ولتی که در شکل ۷-۴ نشان داده



شکل ۷-۴ عدسی الکترونی همراه با تولید اشعه اولیه (تفنگ الکترونی)

می‌کشد تا نور ایجاد شود، همچنین لحظه قطع اشعه و مدت زمان روشن ماندن نقطه بمباران شده، بعد از قطع اشعه را، نشان می‌دهد.

مقدار نور ایجاد شده



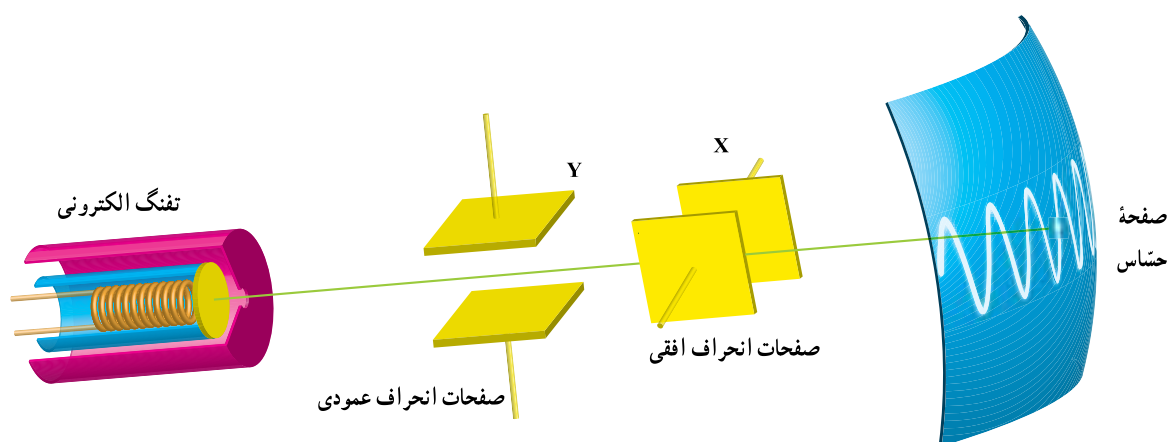
شکل ۸-۴ منحنی نور ایجاد شده به صورت تابعی از زمان (زمان قطع و برخورد اشعه روی مواد فسفرسانس صفحه حساس)

شکل موجی که روی صفحه حساس نقش می‌بندد ناشی از برخورد اشعه الکترونی به صفحه حساس و حرکت آن در جهات مختلف (متناسب با نوع سیگنال) می‌باشد. به عنوان مثال وقتی

مجموعه عدسی الکترونی و استوانه و هنت را تفنگ الکترونی (Electron Gun) می‌نامند. بنابراین وظیفه تفنگ الکترونی ایجاد یک اشعه الکترونی با قابلیت تنظیم نقطه کانونی (فوکوس) روی صفحه حساس، و همچنین تنظیم شدت نور می‌باشد. تا زمانی که اشعه بر روی مواد فسفرسانس می‌تابد، در آن نقطه نور وجود خواهد داشت و زمانی که اشعه قطع می‌شود (یا به نقطه دیگری می‌تابد) نور نقطه قبلی محو می‌شود (یا به نقطه جدید منتقل می‌گردد) به عبارت دیگر در هر لحظه، اشعه به هر نقطه‌ای بتابد، فقط در آن نقطه نور ایجاد می‌شود. پس بر روی صفحه حساس، فقط یک نقطه نورانی ظاهر می‌گردد. در این جا باید به یک نکته اشاره کرد و آن این که به محض برخورد اشعه به مواد فسفرسانس، نور ایجاد نمی‌شود، بلکه حدود چند نانو و یا میکرو ثانیه طول می‌کشد و از طرفی بعد از قطع اشعه، نقطه نورانی محو نمی‌گردد بلکه مدت زمان کوتاهی طول می‌کشد، این مدت بستگی به نوع فسفرسانس به کار رفته در لامپ دارد. شکل ۸-۴ منحنی لحظه برخورد اشعه را با مواد فسفرسانس، و مدت زمانی که طول

هر نقطه از صفحه حساس اسیلوسکوپ، دارای مختصات عمودی و افقی است و با توجه به این که کلیه موج‌ها به صورت دوبعدی نشان داده می‌شوند پس هر نقطه از شکل موج را می‌توان به دو مؤلفه فوق تجزیه کرد. بنابراین هر نقطه از شکل موج در اثر حرکت اشعه، در مختصاتی که دارای دو جهت افقی و عمودی است قرار می‌گیرد. برای حرکت اشعه در جهت عمودی، بعد از تفنگ الکترونی دو صفحه قرار می‌دهند. هنگامی که اشعه از میان این دو صفحه عبور می‌کند، اگر هر یک از صفحات نسبت به دیگری مثبت تر گردد، اشعه در جهت آن صفحه منحرف می‌شود. این صفحات را صفحات انحراف عمودی می‌نامند. بعد از این صفحات، دو صفحه دیگر جهت انحراف اشعه، در جهت افقی قرار می‌دهند که به صفحات انحراف افقی موسوم‌اند. شکل ۹-۴ صفحات انحراف افقی و عمودی را نشان می‌دهد.

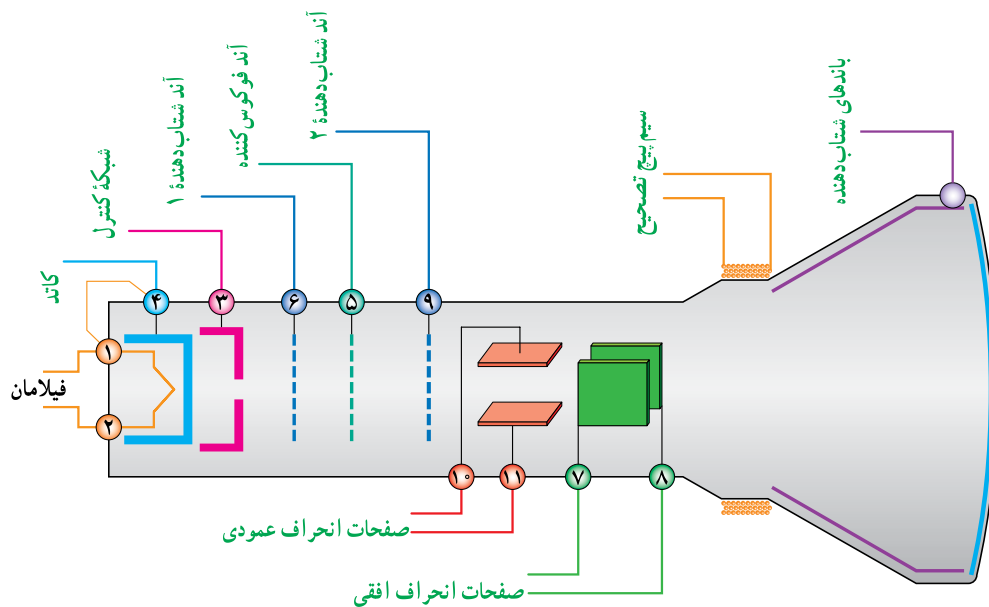
شکل موجی سینوسی را روی صفحه حساس می‌بینیم، حرکت اشعه حتماً به صورت سینوسی بوده است. سؤالی که در اینجا پیش می‌آید این است که با توجه به این که در هر لحظه فقط یک نقطه از صفحه حساس بمباران می‌شود و در این صورت ما باید فقط یک نقطه را روی صفحه حساس ببینیم چرا یک موج سینوسی یا موج دیگر را به صورت پیوسته روی صفحه حساس می‌بینیم؟ پاسخ این است که اولاً اشعه زمانی که از یک نقطه به نقطه مجاور حرکت می‌کند، اثر آن تا مدت زمان کوتاهی در چشم ما باقی می‌ماند، ثانیاً همان طور که قبلاً گفته شده بعد از قطع اشعه، نور تولید شده فوراً قطع نمی‌گردد و از طرف دیگر باید در زمان‌های مساوی این عمل (جاروب موج روی صفحه حساس) تکرار گردد. از این روست که اسیلوسکوپ‌های معمولی فقط شکل موج‌های متناوب را می‌توانند نشان دهند.



شکل ۹-۴ نحوه قرار گرفتن صفحات انحراف افقی و عمودی بین تفنگ الکترونی و صفحه حساس

نقش این باندها، دادن سرعت بیشتر به الکترون‌ها و جمع‌آوری الکترون‌های آزاد شده مواد فوسفورسانسی در اثر بمباران اشعه می‌باشد. در شکل ۱-۴ ساختمان داخلی لامپ اشعه کاتدیک نشان داده شده است.

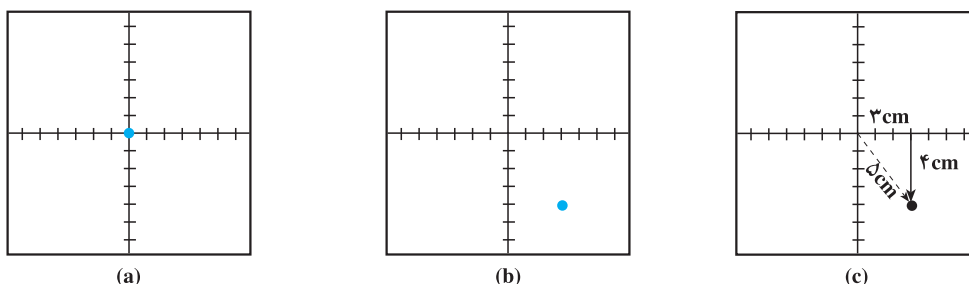
برای بالا بردن حساسیت، صفحات انحراف عمودی لامپ اشعه کاتدیک را قبل از صفحات انحراف افقی آن قرار می‌دهند. بعد از صفحات انحراف عمودی و افقی، یک سری باندهای شتاب‌دهنده در لامپ قرار دارد. این باندها معمولاً به صورت اندودی از گرافیت بوده و به ولتاژ زیاد وصل می‌شوند.



شکل ۱۰-۴- ساختمان داخلی لامپ اشعه کاتدیک

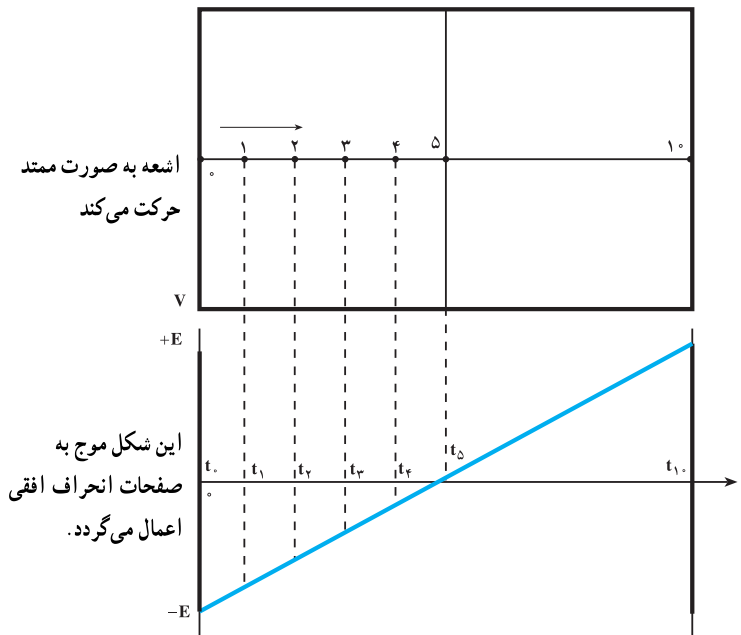
همان طور که قبلاً بیان شد، شکل موج نقش بسته بر روی صفحه حساس لامپ اشعه کاتدیک، در واقع حرکت نقطه به نقطه اشعه الکترونی بر روی آن است. همچنین گفته شد که هر نقطه از شکل موج روی صفحه، به دو مؤلفه افقی و عمودی قابل تجزیه است (در حقیقت طول و عرض یک نقطه روی صفحه در مختصات دکارتی) به عبارت دیگر با دو حرکت، در جهت افقی و عمودی، اشعه را به هر نقطه از صفحه می توان منتقل کرد. اگر به

هر دو صفحه انحراف افقی و عمودی ولتاژ صفر ولت را وصل کنیم، اشعه درست به مرکز صفحه حساس تابیده و نقطه نورانی در مرکز صفحه قرار خواهد گرفت (شکل a-۱۱-۴)، و اگر به صفحات به عنوان مثال به انحراف عمودی ۴- ولت و به صفحات انحراف افقی ۳+ ولت وصل کنیم، اشعه در نقطه ای به مختصات ۴-۳ ظاهر خواهد شد. شکل c-۱۱-۴ و b-۱۱-۴ مکان این اشعه را نشان می دهد.



شکل ۱۱-۴- ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف افقی و عمودی (۰ و ۰) a و (۳- و ۴-) b و (۳- و ۴-) c

اگر یک شکل موج با تغییرات خطی مانند شکل ۱۲-۴ را به صفحات انحراف افقی اعمال نماییم، اشعه از منتهی الیه سمت چپ به منتهی الیه سمت راست منحرف خواهد شد. یعنی در زمان $t = t_0$ اشعه در نقطه ۰، در زمان $t = t_1$ اشعه در نقطه ۱، در زمان $t = t_2$ اشعه در نقطه ۲ و... در زمان $t = t_5$ اشعه در نقطه ۵ و بالاخره در زمان $t = t_1$ اشعه در نقطه ۱ قرار خواهد گرفت. چون موج اعمال شده به صفحات انحراف افقی کاملاً خطی است لذا حرکت اشعه کاملاً یکنواخت می باشد.

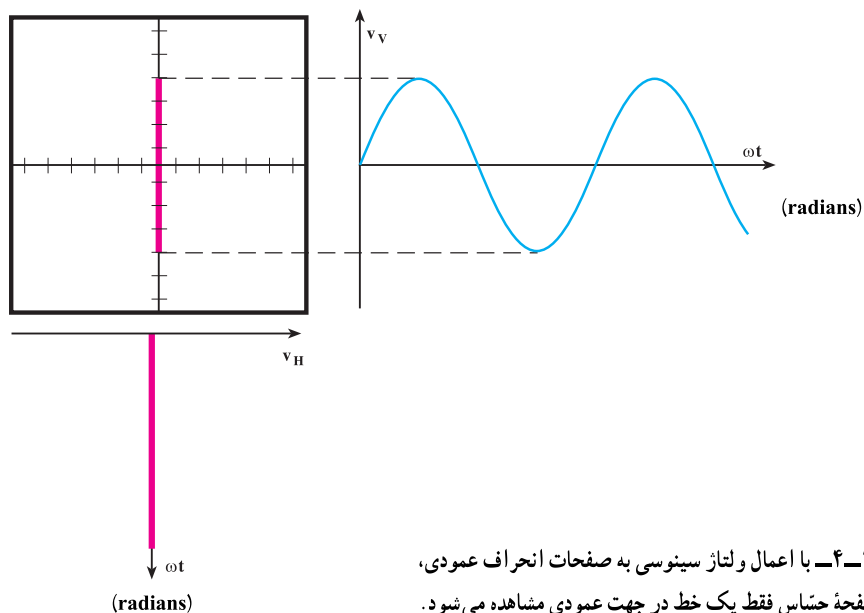


شکل ۴-۱۲- اعمال یک موج خطی به صفحات انحراف افقی باعث حرکت اشعه از سمت چپ به سمت راست می شود.

عمودی مشاهده خواهد شد. زیرا ولتاژ سینوسی اعمال شده به این صفحات فقط باعث به حرکت درآوردن اشعه در جهت عمودی می شود. یعنی مثل این است که در هر لحظه یک ولتاژ به صفحات انحراف عمودی اعمال نماییم. بنابراین اشعه فقط در جهت عمودی حرکت خواهد داشت. شکل ۴-۱۳ حرکت اشعه را به ازای اعمال ولتاژ سینوسی به صفحات انحراف عمودی نشان می دهد.

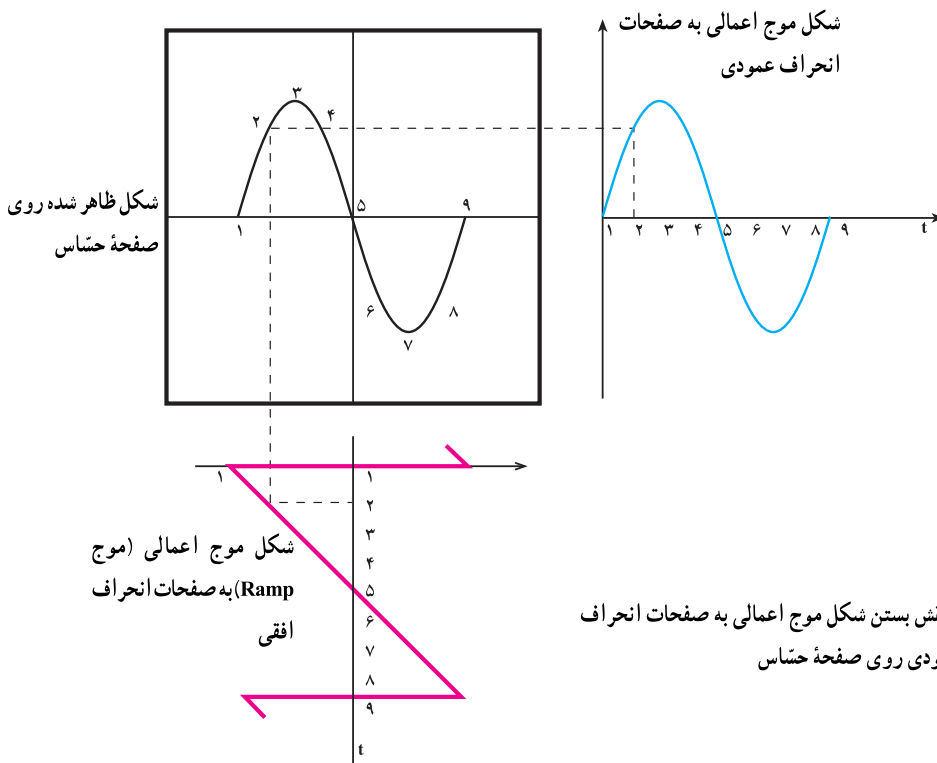
اگر یک موج متناوب خطی با فرکانس بالای ۴۰ هرتز را به صفحات انحراف افقی اعمال نماییم، حرکت اشعه به صورت پیوسته مشاهده شده، در نتیجه روی صفحه حساس، یک خط راست افقی می بینیم.

اگر به صفحات انحراف عمودی، موجی سینوسی اعمال کرده و به صفحات انحراف افقی ولتاژی را اعمال نکنیم، روی صفحه حساس، فقط یک خط مستقیم در جهت



شکل ۴-۱۳- با اعمال ولتاژ سینوسی به صفحات انحراف عمودی، روی صفحه حساس فقط یک خط در جهت عمودی مشاهده می شود.

می‌کنیم. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع که چگونه با اعمال یک موج به صفحات انحراف عمودی و اعمال موج Ramp به صفحات انحراف افقی، شکل موج اعمال شده روی صفحه حساس نمایان می‌شود، به شکل ۴-۱۴ توجه نمایید.



در عمل وقتی بخواهیم شکل موج اعمال شده را روی صفحه حساس مشاهده کنیم، حرکت افقی اشعه را توسط یک موج با تغییرات خطی (Ramp) و حرکت عمودی اشعه را با شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی لامپ ایجاد

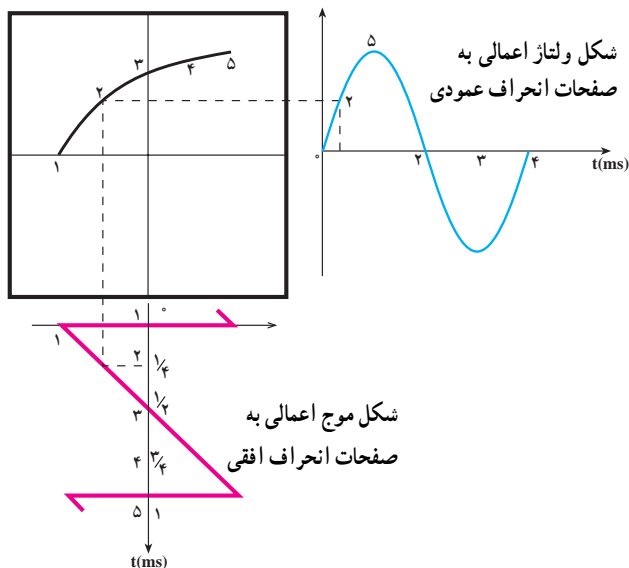
شکل ۴-۱۴- چگونگی نقش بستن شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی صفحه حساس

صفحه حساس ظاهر می‌گردد. اگر بخواهیم روی صفحه نمایش فقط یک سیکل مشاهده شود، کافی است که زمان تناوب موج Ramp با زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر باشد، و اگر بخواهیم n سیکل را مشاهده کنیم باید زمان تناوب Ramp، n برابر زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی باشد. در شکل ۴-۱۵-a زمان تناوب موج Ramp و زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر است، لذا فقط یک سیکل را روی صفحه حساس مشاهده می‌کنیم. در شکل ۴-۱۵-b زمان تناوب موج Ramp دو برابر زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی است، لذا دو سیکل کامل روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد.

در زمان ۱، اشعه در منتهی‌الیه سمت چپ قرار دارد (ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی صفر و به صفحات انحراف افقی برابر ماکزیمم و منفی است). در زمان ۲، ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف افقی باعث حرکت اشعه به سمت راست شده و همزمان با آن ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی باعث حرکت اشعه در راستای قائم می‌گردد تا این که اشعه روی صفحه حساس در نقطه ۲ قرار می‌گیرد.

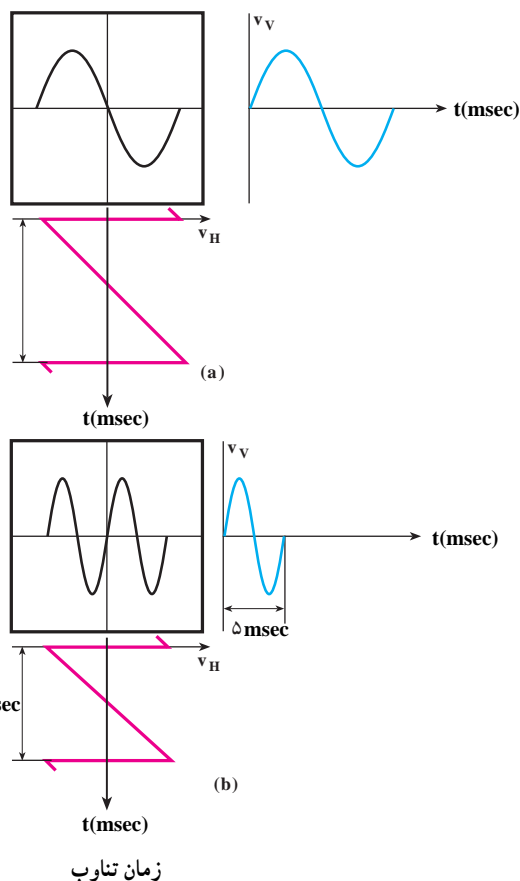
این عمل برای بقیه لحظات نیز صادق است، یعنی ضمن این که موج Ramp حرکت افقی اشعه را به عهده دارد، موج اعمال شده به صفحات انحراف عمودی باعث حرکت عمودی اشعه شده و در نهایت شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی

شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس



شکل ۴-۱۶ زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی چهار برابر زمان تناوب موج Ramp است لذا فقط یک چهارم از سیکل روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد.

به صفحات انحراف عمودی، چهار برابر زمان تناوب موج Ramp می‌باشد که در این صورت فقط یک چهارم از سیکل روی صفحه حساس نقش بسته است.



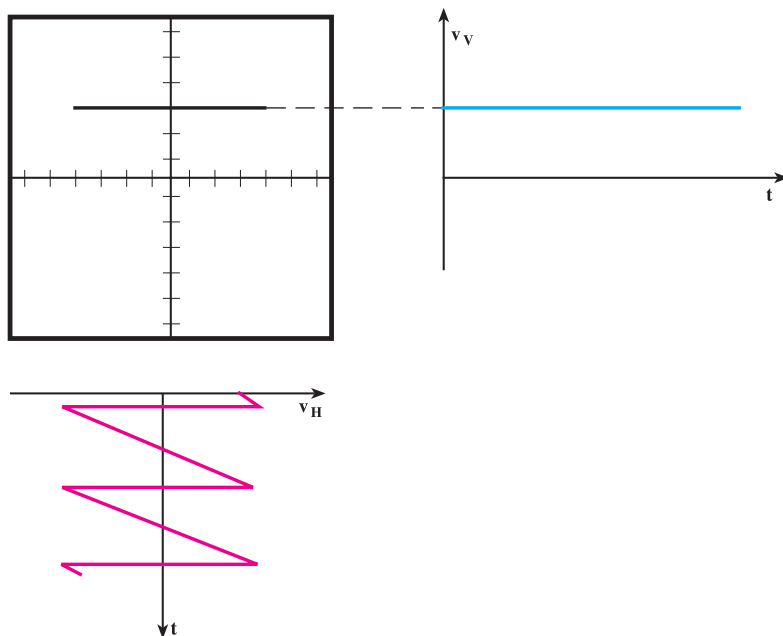
شکل ۴-۱۵ تناسب زمان تناوب موج Ramp با زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف افقی و در نتیجه ظاهر شدن تعداد سیکل‌ها در روی صفحه حساس

اگر زمان تناوب شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی بیشتر از زمان تناوب موج Ramp باشد، در این صورت فقط قسمتی از شکل موج، روی صفحه حساس آشکار می‌شود. شکل ۴-۱۶، حالتی را نشان می‌دهد که زمان تناوب موج اعمالی

دقت کنید

چنانچه به صفحات انحراف افقی و قائم هیچگونه سیگنالی داده نشود، در قسمت وسط صفحه اسیلوسکوپ یک نقطه نورانی پر رنگ ظاهر می‌شود. وجود این نقطه برای مدت طولانی پوشش فسفری داخل حباب لامپ اسیلوسکوپ را می‌سوزاند و یک نقطه سیاه در وسط صفحه ظاهر می‌شود. هرگز اسیلوسکوپ را به مدت بیش از ۲۰ ثانیه در این حالت قرار ندهید.

DC باشد، اشعه در جهت عمودی تغییر مکان خواهد داد. حال اگر در این حالت موج Ramp را نیز به صفحات انحراف افقی وصل کنیم، روی صفحه حساس یک خط مستقیم خواهیم دید. شکل ۱۷-۴ این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷-۴: ولتاژ DC به صورت یک خط مستقیم روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد.

کلید Source Trig: در دو حالت Ext.Trig و یا Line.Trig است.

Ext.Trig: با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید همزمانی را با منبع خارجی انجام دهید.

Line.Trig: با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید از برق شهر برای همزمانی استفاده کنید.

AUTO/NORM: در مدارهای الکتریکی اسیلوسکوپ، قسمتی وجود دارد که می‌تواند وجود و یا عدم وجود سیگنال ورودی را تشخیص دهد. اگر این کلید در حالت AUTO باشد، همواره سیگنال روی صفحه وجود دارد. اگر کلید روی حالت NORM قرار گیرد، زمانی سیگنال روی صفحه حساس نقش می‌بندد که اولاً سیگنال ورودی وجود داشته باشد و ثانیاً موج جاروب سنکرون باشد، در غیر این صورت هیچ شکل موجی روی صفحه حساس ظاهر نمی‌شود.

همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد شرط آن که بتوانیم شکل موجی را روی صفحه حساس ببینیم آن است که موج متناوب باشد، یعنی در فواصل زمانی معینی تکرار گردد. در غیر این صورت، اسیلوسکوپ‌های معمولی قادر به نمایش آن نخواهند بود. در ضمن اگر ولتاژ اعمال شده به صفحات انحراف عمودی

توجه داشته باشید که زمانی سیگنال روی صفحه اسیلوسکوپ به صورت ثابت ظاهر می‌شود که موج Ramp با موج سینوسی همزمان باشد. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که مدار همزمانی یا trigger فعال شود. عمل Trigger با استفاده از کلیدهای Level، Slope +/-، Source Trig و Auto/NORM انجام می‌شود.

آشنایی با کلیدهای منابع Trigger:

ولوم Level: با تغییرات این ولوم می‌توان لحظه شروع موج از سمت چپ صفحه حساس را تعیین کرد. این ولوم می‌تواند حول نقطه صفر، به سمت چپ یا راست تغییر کند.

ولوم Slope +/-: این کلید اگر از حالت + به حالت - درآید شیب سیگنال ظاهر شده روی صفحه حساس معکوس می‌شود. این کلید معمولاً همراه با ولوم Level کار می‌کند، بنابراین با کمک این کلید، از هر نقطه شکل موج که بخواهیم از سمت چپ صفحه حساس شروع شود، امکان پذیر می‌شود.

۴-۲- مدارهای آماده سازی

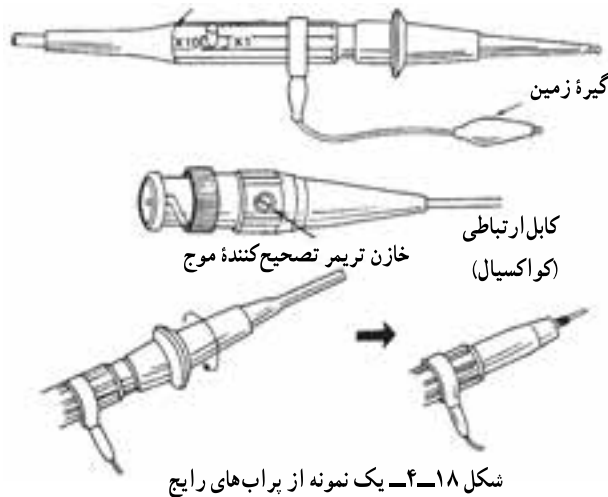
۴-۲-۱- ساختمان پراب (Probe): برای اعمال

سیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پراب استفاده می شود.

شکل ۴-۱۸ یک نمونه از پراب های رایج را نشان می دهد. سیم

رابط پراب معمولاً از کابل کوکسیال می باشد تا میزان نویز به حد اقل برسد.

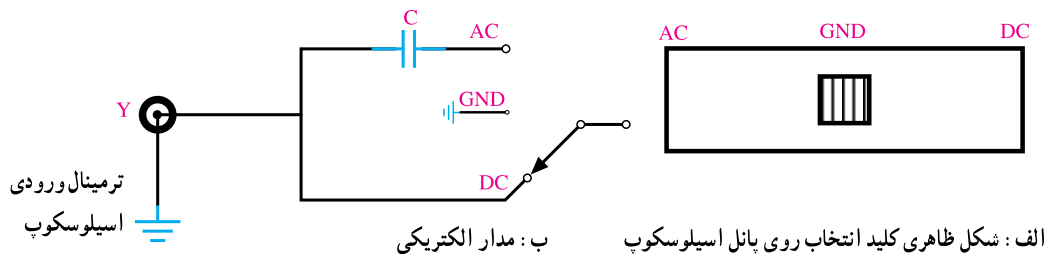
مدار الکتریکی ورودی اسیلوسکوپ به صورت شکل ۴-۱۹ می باشد.



حالت $\times 1$ سیگنال از طریق پراب، بدون تضعیف به اسیلوسکوپ، اعمال می شود. اما در حالت $\times 10$ ، ابتدا سیگنال در داخل پراب، 10° برابر تضعیف شده سپس به اسیلوسکوپ اعمال می گردد. باید توجه داشته باشید که اگر از حالت $\times 1$ پراب برای اندازه گیری استفاده می کنید مقادیر قرائت شده دامنه را در عدد 10° ضرب کنید. موارد کاربرد $\times 10$ برای سیگنال های با دامنه زیاد می باشد.

۴-۲-۲- کلید انتخاب ورودی: بعد از ترمینال ورودی اسیلوسکوپ مطابق شکل ۴-۱۹ یک کلید انتخاب وجود دارد.

نوک پراب به صورت گیره ای فتری است که می توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پراب را برداریم، نوک آن به صورت سوزنی بوده که در بعضی مواقع از آن استفاده می شود. در شکل ۴-۱۸ این موارد نشان داده شده است. انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می شود BNC^۱ نام دارد. BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل کنیم و تقریباً 90° درجه بچرخانیم این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می گردد. همچنین روی پراب کلید $\times 1$ و $\times 10$ قرار دارد که در



شکل ۴-۱۹

۱- با مراجعه به منابع مختلف فرهنگ لغت بایبلون، Wikipedia برای علامت اختصاری BNC موارد زیر تعریف شده است:

BNC → British Naval Connector اتصال الکترونیکی وابسته به نیروی دریایی انگلیس

BNC → Bayonet Neill-concelman (Paul Neill و Carl Concelman نام دو دانشمند به نام)

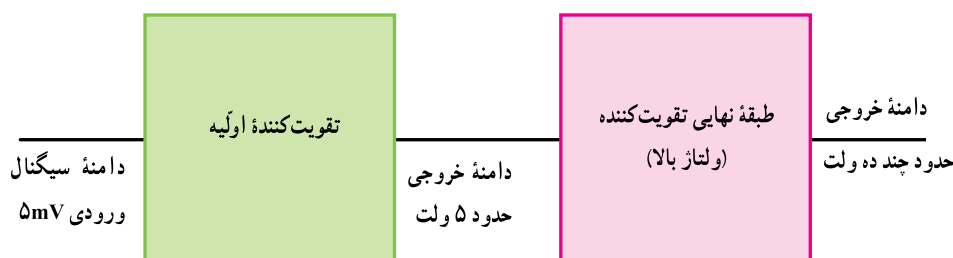
BNC → Baseband Network Cable اتصال کابل مخصوص شبکه

(حدوداً ۲۰ ولت برای انحراف یک سانتی متر روی صفحه حساس) از طرفی، دامنه سیگنال ورودی گاهی حدود میلی ولت بوده و ممکن است به ده ها ولت برسد، لذا زمانی که دامنه سیگنال ورودی حدود میلی ولت است باید این سیگنال جهت اعمال به صفحات انحراف عمودی تقویت گردد و زمانی که دامنه آن حدود چند ده ولت است باید تضعیف شود. بنابراین ما تقویت کننده ای لازم داریم که دامنه ورودی را تشخیص داده، عمل تضعیف و یا تقویت را انجام دهد ولی این امر در عمل غیر ممکن است لذا برای این که بتوانیم هم سیگنال های حدود mV و هم سیگنال های حدود ده ها ولت را مشاهده کنیم، ابتدا تقویت کننده ای می سازیم که مثلاً سیگنال $5mV$ را تبدیل به سیگنال مورد نیاز صفحات انحراف عمودی نماید. شکل ۲۰-۴ بلوک دیاگرام این تقویت کننده را نشان می دهد.

اگر کلید انتخاب روی حالت AC قرار گیرد فقط سیگنال های متناوب وارد مدار اسیلوسکوپ می شوند و از ورود ولتاژ DC (یا مؤلفه DC یک موج) به اسیلوسکوپ جلوگیری به عمل می آید.

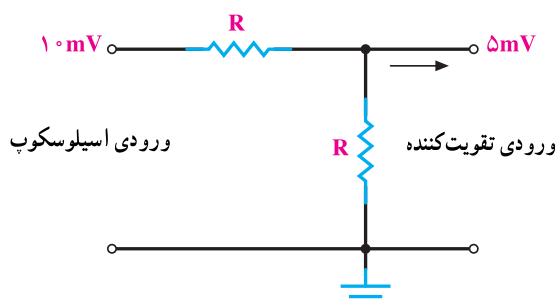
اگر کلید انتخاب روی GND قرار گیرد، ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل شده و ارتباط الکتریکی بین پراب و اسیلوسکوپ قطع می گردد، این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد. اما اگر کلید انتخاب روی حالت DC قرار گیرد، سیگنال ورودی هر چه باشد (اعم از DC و یا AC و یا ترکیبی از این دو) به مدارهای ورودی اسیلوسکوپ رسیده و سپس روی صفحه حساس ظاهر می گردد.

۳-۲-۴ مدارهای تضعیف کننده: صفحات انحراف عمودی برای ایجاد انحراف در اشعه، نیاز به ولتاژ زیادی دارند،



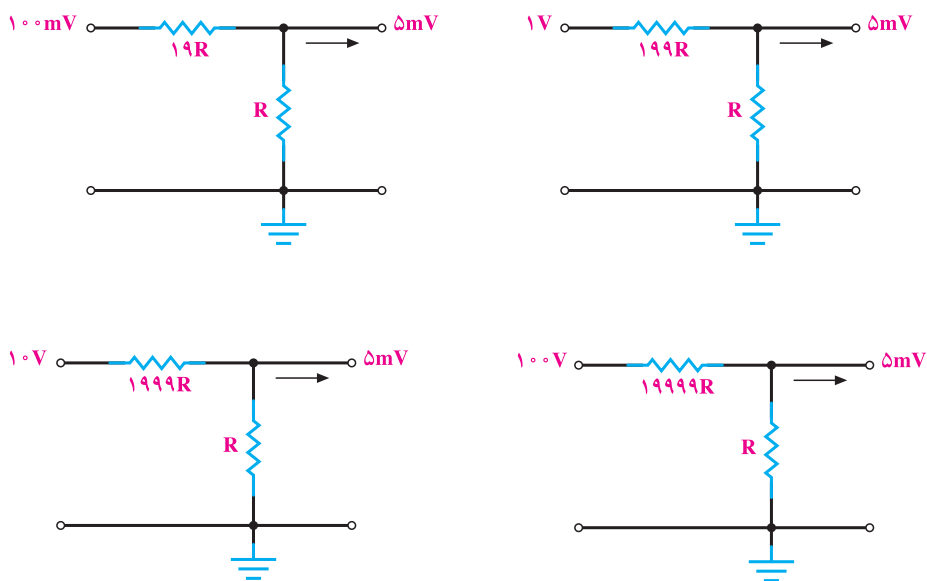
شکل ۲۰-۴ تقویت کننده های اسیلوسکوپ

حال اگر دامنه سیگنال، $5mV$ یا کم تر بود مستقیماً آن را به ورودی تقویت کننده اولیه وصل می کنیم. دامنه سیگنال $10mV$ تا به ورودی تقویت کننده فقط $5mV$ اعمال شود.



شکل ۲۱-۴ مدار تضعیف کننده

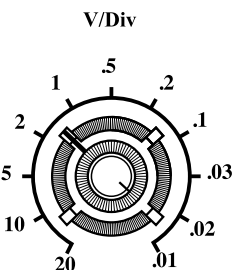
اگر دامنه سیگنال ورودی 100 mV ، یک ولت، 10 ولت و یا 100 ولت باشد به ترتیب مدارهای شکل ۲۲-۴ را به کار می‌بریم.



شکل ۲۲-۴ مدارهای تضعیف‌کننده ولتاژ

ضرایب کلید Volt/Div با توجه به مقدار تضعیف و تقویت سیگنال، بیان‌کننده مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به اندازه یک خانه می‌باشد. معمولاً بر روی این سلکتور (Volt/Div) و با در کنار آن، ولومی به نام Volt Variable قرار دارد که این ولوم معمولاً قادر است بهره تقویت‌کننده را تضعیف کند. اگر این ولوم را تا آخر در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانیم (در حالت Cal. قرار دهیم) ضرایب کلید Volt/Div دقیقاً، مقدار ولتاژ لازم را، جهت انحراف اشعه روی صفحه حساس، به اندازه یک خانه می‌رساند؛ حال آن که اگر این ولوم را از حالت Cal. خارج کنیم دیگر این ضرایب بیان‌کننده مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به طور دقیق نیستند. تضعیف به کمک این ولوم، در انواع اسیلوسکوپ‌ها فرق می‌کند ولی همه اسیلوسکوپ‌ها به طور متوسط قادرند تا $2/5$ برابر عمل تضعیف را انجام دهند. کاربرد این ولوم بیشتر در مواردی است که اندازه‌گیری دامنه مدنظر نباشد بلکه هدف فقط مشاهده شکل موج باشد. فرض کنید می‌خواهیم شکل یک ولتاژ را دقیقاً در ۶ خانه ببینیم، ابتدا اگر توانیم با کلید Volt/Div این

بنابراین سیگنال‌های اعمالی به اسیلوسکوپ را به دلایلی که گفته شد ابتدا تضعیف و سپس تقویت می‌کنند تا بتوانند تمامی سیگنال‌ها (اعم از دامنه‌های mV تا چند ده ولت) را روی صفحه حساس با حداکثر اندازه (به‌طوری که هر سیگنال ورودی تمامی صفحه حساس را در برگیرد تا مشاهده و اندازه‌گیری لازم به روی سیگنال با دقت بیشتری انجام شود) مشاهده نمایند. عمل تضعیف کردن به وسیله کلید Volt/Div که روی پانل اسیلوسکوپ قرار دارد انجام می‌شود. شکل ۲۳-۴ نمای ظاهری این کلید را روی پانل اسیلوسکوپ نشان می‌دهد.

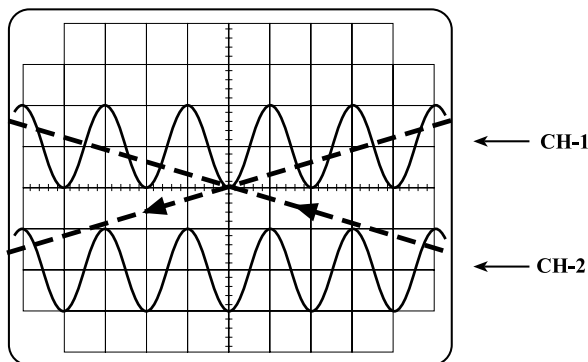


شکل ۲۳-۴ نمای ظاهری کلید تضعیف‌کننده

همان طور که می دانیم، لامپ اشعه کاتدیک، فقط یک اشعه تولید می کند، برای مشاهده دو شکل موج نیاز به دو اشعه داریم. اسیلوسکوپ های قدیمی تر، دو اشعه تولید می کردند و هر اشعه مربوط به یک کانال می شد. این نوع اسیلوسکوپ ها را Dual Beam می نامیدند. اما در حال حاضر، همان یک اشعه دو سیگنال را نشان می دهد. به این نوع اسیلوسکوپ ها Dual Trace می گویند.

اگر فرکانس سیگنال زیاد باشد (حدود 1 KHz به بالا) اسیلوسکوپ ابتدا سیگنال کانال ۱ (در یک تناوب) را نشان داده و سپس در تناوب دیگر سیگنال، کانال ۲ را به همین صورت نمایش می دهد و پس از آن به طور متناوب کانال ۱ و ۲ را نشان می دهد. چون فرکانس کار زیاد است، زمانی که کانال ۱ نشان داده می شود کانال ۲ قطع است و ما به دلیل سرعت قطع و وصل زیاد این مورد را احساس نمی کنیم لذا دو شکل موج را به طور همزمان می بینیم.

شکل ۲۵-۴ سیگنال کانال ۱ را در تناوب اول و در تناوب بعد، سیگنال کانال ۲ را نشان می دهد.



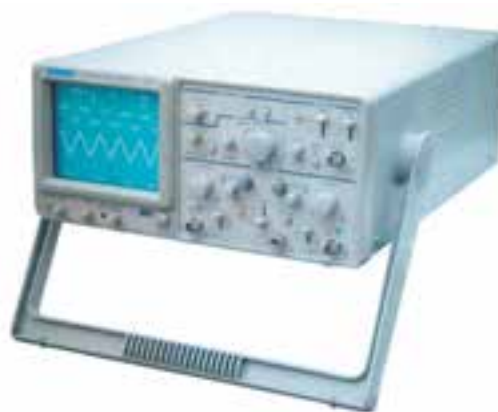
شکل ۲۵-۴ نمایش دو سیگنال در اسیلوسکوپ دو کاناله، به صورت متناوب

در روی اسیلوسکوپ، کلیدی به نام ALT وجود دارد؛ چنانچه فرکانس سیگنال های دو کانال، بیشتر از 1 kHz باشد با استفاده از این کلید، می توانیم دو شکل موج را به طور همزمان ببینیم. اگر فرکانس سیگنال کم باشد، مشاهده دو شکل موج به طور همزمان با استفاده از کلید (ALT) امکان پذیر نخواهد بود. زیرا اسیلوسکوپ، وقتی سیگنال کانال ۱ را نمایش می دهد، (چون

شکل موج را در ۶ خانه تنظیم کنیم، با کم کردن رنج Volt/Div سعی می کنیم شکل موج بیش از ۶ خانه را در برگیرد و آن گاه با ولوم Volt Variable شکل موج ورودی را در ۶ خانه روی صفحه نمایش تنظیم می کنیم.

۴-۳- اسیلوسکوپ دو کاناله

اسیلوسکوپ دو کاناله، اسیلوسکوپی است که می تواند دو شکل موج را به طور همزمان نشان دهد. شکل ۲۴-۴ یک اسیلوسکوپ دو کاناله را که به طور همزمان دو شکل موج روی صفحه حساس آن نقش بسته است نشان می دهد.



شکل ۲۴-۴ یک اسیلوسکوپ دو کاناله که به طور همزمان دو شکل موج را روی صفحه حساس خود نشان می دهد.

اگر بخواهیم دو سیگنال را به طور همزمان با اسیلوسکوپ دو کاناله مشاهده کنیم باید این دو سیگنال، هم فرکانس باشند و یا فرکانس آن ها مضرب صحیحی از یکدیگر باشد.

با مشاهده دو شکل موج در یک اسیلوسکوپ دو کاناله می توان این دو موج را از نظر شکل، دامنه یا اختلاف فاز به طور همزمان با یکدیگر مقایسه نمود.

در اسیلوسکوپ های دو کاناله، کنترل فوکوس، شدت نور و Time/Div هر دو کانال یکی است. فقط قسمت کنترل تقویت کننده اولیه عمودی سیگنال های ورودی دو کانال با یکدیگر تفاوت دارد.

ب — CH2 : در صورت قرار داشتن کلید، در این حالت فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد (کانال اول قطع است).

ج — ALT : در این حالت از کلید، سیگنال کانال ۱ و سیگنال کانال ۲ به‌طور همزمان به روش تناوبی یا Alternation روی صفحه حساس ظاهر می‌شوند (برای فرکانس‌های بالاتر از ۱kHz).

د — CHOP : اگر کلید در حالت CHOP باشد، سیگنال کانال ۱ و سیگنال کانال ۲ به‌طور همزمان به صورت شکل موج‌های قطعه‌قطعه شده یا Chopping روی صفحه حساس ظاهر می‌شوند (کم‌تر از ۱kHz).

ه — Dual : در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها به جای کلیدهای ALT و CHOP کلید Dual وجود دارد که هر دو سیگنال اعمالی به کانال ۱ و ۲ را به‌طور همزمان نشان می‌دهد.

و — ADD : با قرار دادن کلید در این حالت، دو سیگنال کانال ۱ و ۲ که روی صفحه حساس نقش بسته‌اند با یکدیگر جمع لحظه‌ای می‌شوند.

ز — DIFF : این کلید فقط در بعضی از اسیلوسکوپ‌های دوکاناله وجود دارد. در این حالت دو سیگنال کانال ۱ و کانال ۲ که روی صفحه حساس نقش بسته‌اند با یکدیگر تفریق لحظه‌ای شده و روی صفحه حساس نمایان می‌شوند.

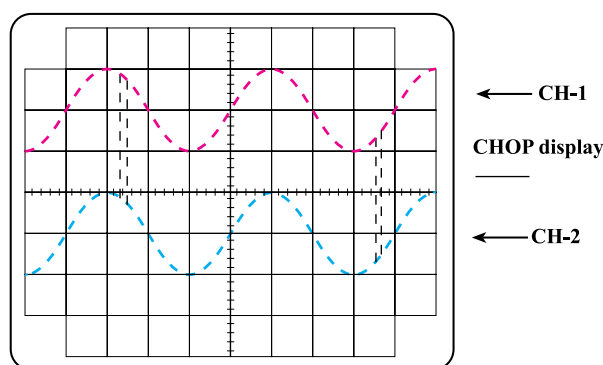
ح — CH2INV : این کلید، سیگنال مربوط به کانال ۲ را ۱۸۰ درجه تغییر فاز می‌دهد. همچنین بعضی دگمه‌های خاص روی اسیلوسکوپ وجود دارند که در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد.

۴-۴ کاربردهای عمومی اسیلوسکوپ

حال که طرز کار اسیلوسکوپ را تا حدودی یاد گرفتیم جای آن دارد که اشاره‌ای مختصر به بعضی از کاربردهای آن داشته باشیم.

۴-۴-۱ — اندازه‌گیری دامنه : صفحه حساس اسیلوسکوپ، در جهت افقی به ۱۰ قسمت و در جهت عمودی

فرکانس کم و زمان تناوب زیاد است) سیگنال کانال ۲ از دید محو می‌شود و دو موج به صورت چشمک‌زن، روی صفحه حساس ظاهر می‌گردند. برای نمایش سیگنال‌های با فرکانس کم، از روش دیگری به نام Chopping استفاده می‌کنند. در این روش، یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۱ و یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۲ و به همین ترتیب تا آخر، نمایش داده می‌شود. در این روش، لحظه‌ای که سیگنال کانال ۱ نمایش داده می‌شود کانال ۲ قطع است و برعکس؛ چون این نقاط، فوق‌العاده کوچک‌اند ما آن‌ها را کنار هم و به صورت پیوسته می‌بینیم. شکل ۲۶-۴ دو شکل موج سینوسی هم فرکانس را به صورت Chopping نشان می‌دهد.



شکل ۲۶-۴ — نمایش دو سیگنال روی صفحه حساس به صورت Chopping

روی اکثر اسیلوسکوپ‌ها، کلیدی به همین نام (CHOP) وجود دارد که برای نمایش دو سیگنال به‌طور همزمان در فرکانس کم، از این کلید استفاده می‌شود.

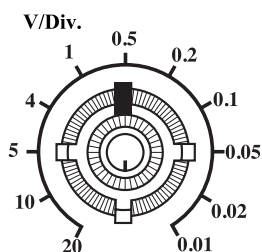
در اسیلوسکوپ‌های دو کاناله در حالت X-Y، یکی از کانال‌ها کنترل محور عمودی (Y) و کانال دیگر کنترل محور افقی (X) را به عهده دارد.

روی پانل اسیلوسکوپ‌های دو کاناله کلیدهایی برای نمایش سیگنال یک کانال یا سیگنال دو کانال به‌طور همزمان وجود دارد که در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

الف — CH1 : اگر کلید، در این حالت باشد، فقط سیگنال اعمالی به کانال ۱ روی صفحه حساس ظاهر می‌گردد (کانال دوم قطع است).

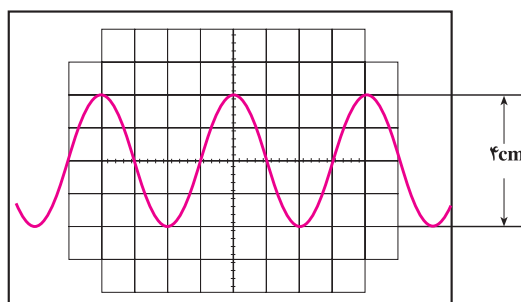
تا شکل موج اعمالی به اسیلوسکوپ روی صفحه حساس ظاهر شود (با تنظیم سلکتور Time/Div می توان حدوداً یک یا دو سیکل کامل را روی صفحه حساس نشان داد). سپس با شمارش تعداد خانه هایی که پیک تا پیک، یا پیک یک ولتاژ AC، و یا مقدار ولتاژ DC موج در برگرفته و از ضرب این تعداد خانه در رنج سلکتور Volt/Div، مقدار ولتاژ پیک تا پیک، یا پیک AC یا DC به دست می آید.

مثال ۱: در شکل ۲۷-۴ دامنه پیک تا پیک ولتاژ برابر $2V = 5V/Div \times (4 \text{ خانه})$ یا (2 cm) می شود.



به ۸ قسمت تقسیم شده است. در برخی از اسیلوسکوپ ها اندازه هر قسمت یک سانتی متر و در بعضی دیگر حدود ۹ میلی متر است. خط افقی و عمودی وسط، علاوه بر تقسیمات ۸ و ۱۰ قسمتی دارای درجه بندی ریزتری نیز می باشد، به طوری که هر خانه به پنج قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل $2/5 \text{ cm}$ و یا $2/5^\circ$ خانه می باشد.

برای اندازه گیری دامنه، ابتدا ولوم Volt Variable را تا انتها در جهت عقربه های ساعت می چرخانیم، آنگاه با قرار دادن کلید AC-GND-DC، روی حالت GND اشعه را ترجیحاً در وسط صفحه تنظیم کرده و کلید فوق را در حالت DC قرار می دهیم



شکل ۲۷-۴ اندازه گیری دامنه

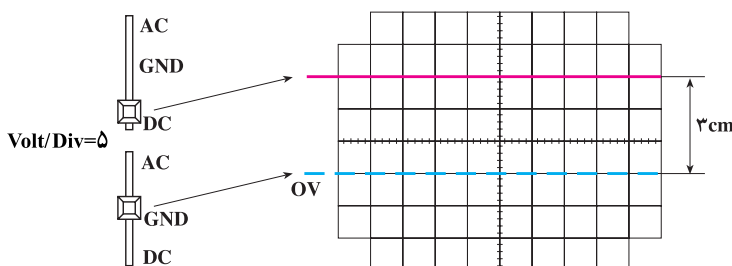
(به خاطر سینوسی بودن) ولت

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

مثال ۲: مقدار ولتاژ DC شکل ۲۸-۴ برابر $15V = 5V/Div \times (3 \text{ خانه})$ می باشد.

اگر مقدار پیک ولتاژی را خواسته باشیم، باید مقدار پیک تا پیک را محاسبه کرده آن را بر دو تقسیم نماییم و اگر مقدار مؤثر ولتاژ مدنظر باشد، چون موج سینوسی است، می توان برای این منظور مقدار پیک را بر $\sqrt{2}$ تقسیم نمود.

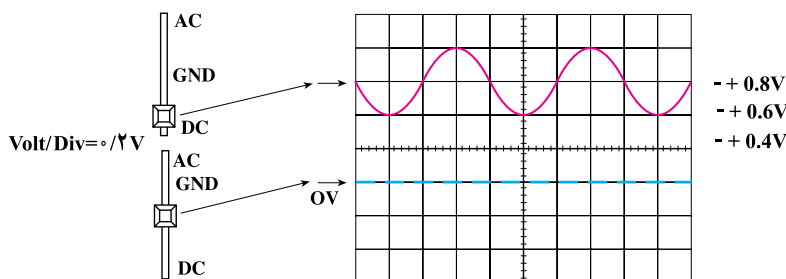
$$V_p = \frac{V_{p-p}}{2} = 1 \text{ ولت}$$



شکل ۲۸-۴ اندازه گیری ولتاژ DC

خانه‌ها، از خط صفر تا نقطه صفر موج AC، اندازه‌گیری می‌شود.
مثال ۳: در شکل ۲۹-۴ دامنه DC برابر ۶/۰ ولت و دامنه پیک AC برابر ۲/۰ ولت می‌باشد.

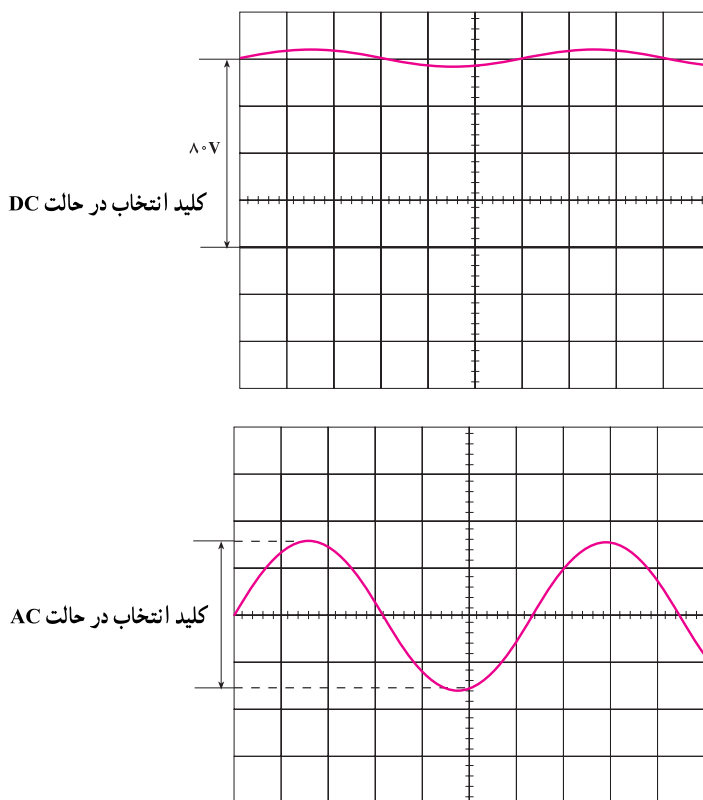
اگر ولتاژ مورد اندازه‌گیری ترکیب DC با AC بوده (AC سوار بر DC) و در ضمن دامنه AC به راحتی قابل اندازه‌گیری باشد، دامنه AC مطابق آنچه که گفته شد و دامنه DC با شمارش



شکل ۲۹-۴ اندازه‌گیری دامنه‌های AC و DC (AC سوار بر DC)

خواهد بود. با قرار دادن کلید انتخاب در حالت DC، می‌توان مقدار DC را نیز اندازه گرفت. شکل ۳۰-۴ اسیلوسکوپ یک موج با پیک تا پیک ۳/۱ ولتی را، که بر روی یک ولتاژ ۸۰ ولتی سوار است، نشان می‌دهد.

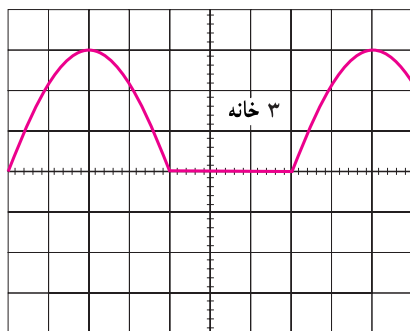
اگر در اندازه‌گیری ولتاژ مرکب از AC و DC نتوان دامنه AC را درست اندازه گرفت، در این حالت، ابتدا با قرار دادن کلید در حالت GND اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم نموده، سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار می‌دهیم و ضرب Volt/Div را کم می‌کنیم، در این حالت به راحتی مقدار AC قابل اندازه‌گیری



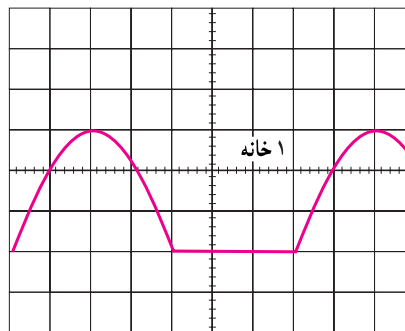
شکل ۳۰-۴ نحوه اندازه‌گیری ولتاژ AC سوار بر DC

رنج کلید $\times V/Div$
تعداد خانه‌های جابه‌جا شده
در حالت AC و DC
= مقدار متوسط

شکل ۴-۳۱ اندازه‌گیری مقدار متوسط یک شکل موج
یکسو شده سینوسی را نشان می‌دهد.



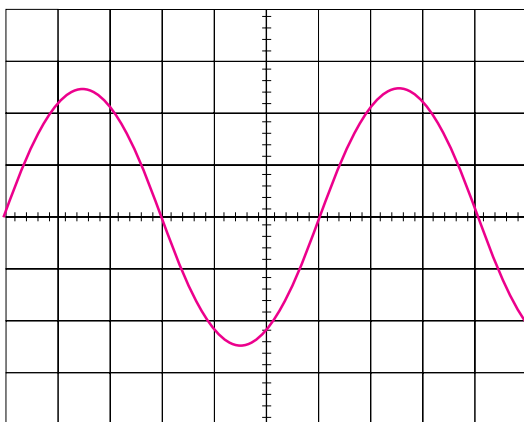
کلید انتخاب در حالت DC



کلید انتخاب در حالت AC

شکل ۴-۳۱ $1V = 5V/Div \times (2 \text{ خانه})$ شکل جابه‌جا شده است = مقدار متوسط ولتاژ

مثلاً زمان تناوب شکل ۴-۳۲ برابر $3ms$ می‌باشد زیرا :
 $3ms = 6Div \times 5ms/Div$ = زمان تناوب
برای اندازه‌گیری زمان تناوب یک شکل موج باید ولوم
Time Variable در حالت Cal. باشد (در جهت عقربه‌های
ساعت تا آخر پیچانده شده باشد). برای دقت بیشتر باید سعی
کنیم حتی الامکان یک سیکل از شکل، خانه‌های بیشتری را در
بر بگیرد.

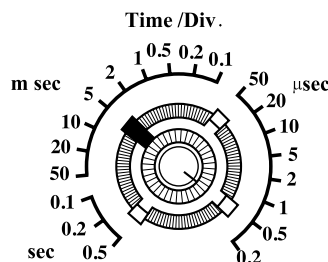


برای اندازه‌گیری مقدار متوسط یک شکل موج، ابتدا کلید
انتخاب را در حالت DC قرار داده، مکان آن را روی صفحه
حساس به خاطر می‌سپاریم، سپس کلید انتخاب را در حالت
AC قرار می‌دهیم، در این صورت شکل موج نقش بسته روی
صفحه حساس جابه‌جا شده و مقدار DC (متوسط) آن از رابطه
زیر به دست می‌آید.

۴-۴-۲ اندازه‌گیری زمان تناوب: ضرایب کلید
Time /Div، نشان‌دهنده مدت زمان لازم جهت حرکت اشعه به
اندازه یک خانه ($\approx 1cm$) می‌باشد مثلاً اگر سلکتور Time /Div
بر روی $5\mu s/Div$ باشد، $5\mu s$ طول می‌کشد تا اشعه مسیر یک
خانه را ببیماید. با استفاده از این ضرایب می‌توان زمان تناوب شکل
موج‌ها را مطابق ذیل محاسبه نمود :
زمان تناوب یک شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس
برابر است با :

رنج سلکتور Time /Div \times تعداد خانه‌های در

بر گرفته شده توسط یک سیکل



شکل ۴-۳۲

خواهد بود. بدین صورت که ابتدا سعی می‌کنیم به کمک سلکتور Time /Div و ولوم Time Variable یک سیگنال از شکل موج، تعداد خانه‌های زیادی را در برگیرد (در اندازه‌گیری اختلاف فاز، نیازی به تنظیم زمان موج جاروب نیست یعنی می‌توان ولوم Time Variable را از حالت Cal. خارج کرد). سپس عدد 36° را بر تعداد خانه‌های در بر گرفته شده یک سیگنال تقسیم می‌کنیم تا مقدار زاویه هر خانه مشخص شود (Div / درجه). سپس تعداد خانه‌های اختلاف فاز را در این عدد ضرب می‌نماییم.

مثلاً در شکل ۴-۳۳ اختلاف فاز برابر 18° می‌باشد زیرا:

$$\text{Div} / \text{درجه} = \frac{36^\circ}{8} = 4.5^\circ$$

اختلاف فاز دو سیگنال $18^\circ = 4.5^\circ \times 4$ (تعداد خانه‌های

اختلاف فاز)

اسیلوسکوپ‌های معمولی قادر به نشان دادن مقدار فرکانس سیگنال اعمالی نیستند؛ لذا برای اندازه‌گیری فرکانس ابتدا باید زمان تناوب آن را اندازه گرفت و سپس با استفاده از رابطه $f = \frac{1}{T}$ مقدار فرکانس را محاسبه نمود. در اسیلوسکوپ‌های پیشرفته‌تر، مقدار فرکانس روی صفحه حساس نوشته می‌شود.

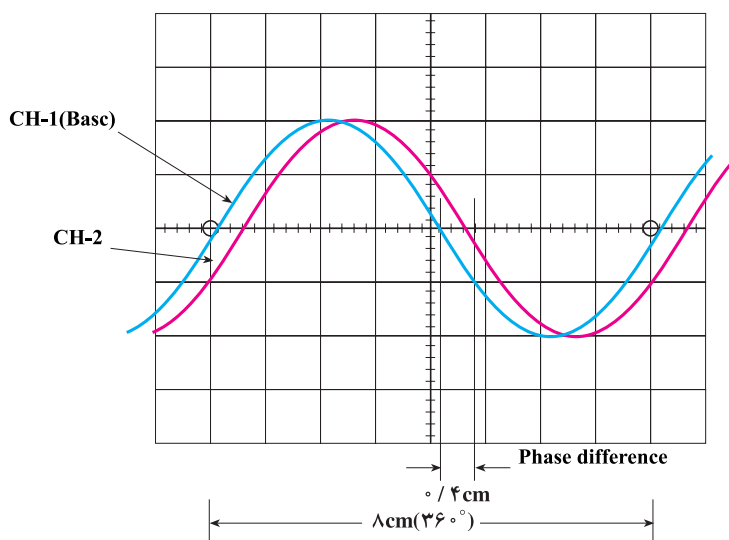
مقدار فرکانس سیگنال شکل ۴-۳۲ برابر $33/3 \text{ Hz}$

می‌باشد زیرا:

$$f = \frac{1}{3 \times 10^{-3}} = \frac{10^3}{3} = 333/3 \text{ Hz}$$

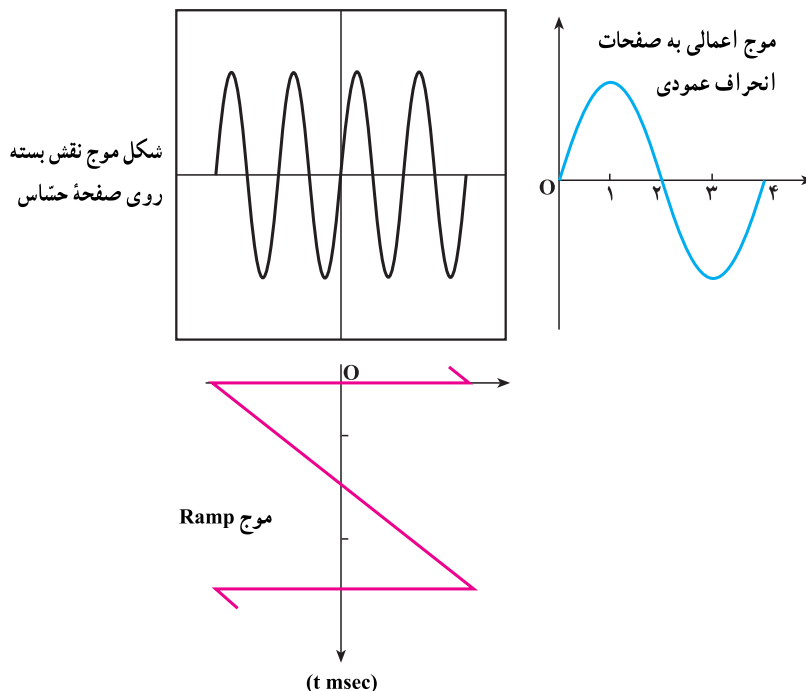
۴-۴-۳ اندازه‌گیری اختلاف فاز: با توجه به این که

اسیلوسکوپ‌های دو کاناله قادرند به طور همزمان دو شکل موج را نمایش دهند، اندازه‌گیری اختلاف فاز میان دو سیگنال امکان پذیر



شکل ۴-۳۳ اختلاف فاز دو سیگنال برابر 18° درجه باشد.

- ۱- اشعه الکترونی چیست؟
- ۲- تولید اشعه الکترونی چگونه صورت می گیرد؟
- ۳- صفحه حساس چیست؟
- ۴- شکل موج چگونه بر روی صفحه حساس نقش می بندد؟
- ۵- نقش عدسی الکترونی در لامپ اشعه کاتدیک چیست؟
- ۶- فوکوس کردن چه مفهومی دارد؟
- ۷- چگونه مقدار نور را روی صفحه حساس تنظیم می کنند؟
- ۸- نقش صفحات انحراف افقی و عمودی در لامپ اشعه کاتدیک چیست؟
- ۹- اگر یک شکل موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی و یک ولتاژ DC به صفحات انحراف افقی وصل کنیم روی صفحه حساس شکل موج چگونه ظاهر می شود؟
- ۱۰- اگر زمان تناوب موج Ramp برابر ۱۵ms و زمان تناوب موج سینوسی اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر ۱۰ms باشد، شکل موج نقش بسته روی صفحه حساس چگونه است؟
- ۱۱- در شکل ۳۴-۴ زمان تناوب موج جاروب چقدر باید باشد تا شکل موج نشان داده شده، روی صفحه حساس ظاهر شود؟
- ۱۲- به طور کلی تشریح کنید که وقتی یک موج را به صفحات انحراف عمودی و یک موج جاروب با زمان تناوب مناسب به صفحات انحراف افقی می دهیم، چگونه شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی صفحه حساس آشکار می شود؟



شکل ۳۴-۴- رابطه بین زمان تناوب موج جاروب و موج سینوسی ورودی

۱۳- اسیلوسکوپ چه نوع دستگاهی است؟

۱۴- منظور از اسیلوسکوپ 10^6 MHz چیست؟

۱۵- در کلید AC-GND-DC تفاوت حالت DC و AC را شرح دهید.

۱۶- شکل یک مدار تضعیف کننده را رسم کرده و طرز کار آن را توضیح دهید.

۱۷- ضرایب کلید Volt/Div، بیان کننده چیست؟

۱۸- ولوم Volt Variable چه عملی انجام می دهد؟

۱۹- چرا در تقویت کننده نهایی از ولتاژهای بالا استفاده می کنند؟

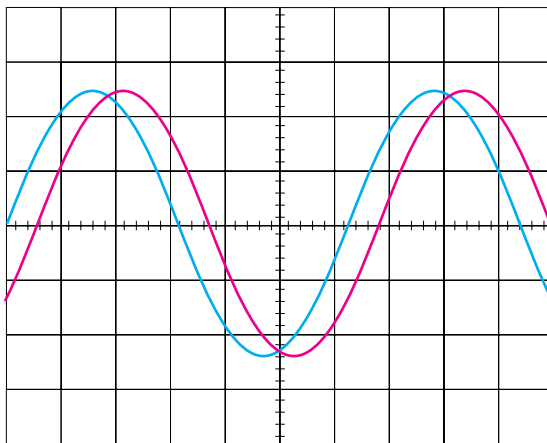
۲۰- نقش ولوم Level روی پائل اسیلوسکوپ کدام است؟

۲۱- ضرایب سلکتور Time/Div بیان کننده چیست؟

۲۲- اسیلوسکوپ دو کاناله چگونه دو شکل موج را به طور همزمان نشان می دهد (سیستم ALT و CHOP را به طور کامل توضیح دهید)؟

۲۳- چگونه می توان با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ AC و DC یک موج AC سوار بر DC را با دقت اندازه

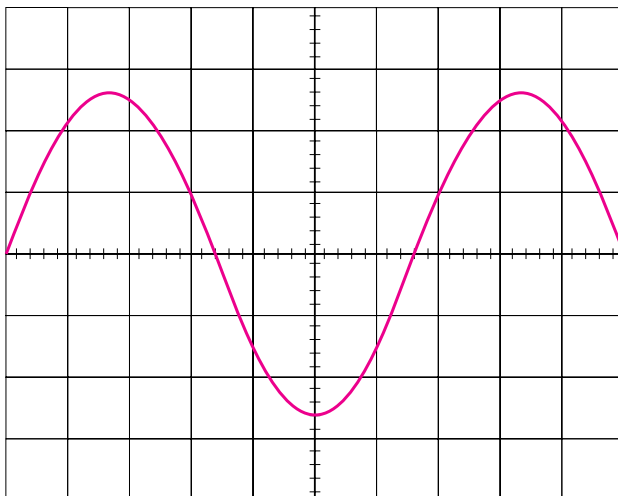
گرفت؟



۲۴- اختلاف فاز بین دو سیگنال نمایش داده شده

روی صفحه حساس شکل ۳۵-۴ چند درجه است؟

شکل ۳۵-۴ اندازه گیری اختلاف فاز بین دو سیگنال



۲۵- در شکل ۳۶-۴ مقدار ماکزیمم ولتاژ و

فرکانس سیگنال را به دست آورید.

Time/Div = 10 ms/Div

Volt/Div = 5 V/Div

شکل ۳۶-۴ اندازه گیری ماکزیمم ولتاژ و فرکانس سیگنال