فصل ۴

آشنایی با اسیلوسکوپ و کاربرد آن

هدف کلّی

آشنایی با ساختمان و قسمت‌های اصلی یک اسیلوسکوپ

و نحوهٔ اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی

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

- ساختمان و قسمت‌های اصلی یک اسیلوسکوپ را به‌طور خلاصه شرح دهد.
- کلیدهای کنترل روی قاب جلوی دستگاه (پانل) اسیلوسکوپ را از یک دیگر تمیز دهد.
- وظیفهٔ هر یک از کلیدهای کنترل را شرح دهد.
- نحوهٔ اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی (مانند دامنهٔ ولتاژ، زمان تناوب، فرکانس و اختلاف فاز) را با استفاده از اسیلوسکوپ بیان کند.
- مقدار کمیت‌های قابل اندازه‌گیری در صفحهٔ نمایش اسیلوسکوپ را بخواند.
- مقدار اندازه‌گیری شده از روی صفحهٔ 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 هنرجویان حساس و فعال باشد.
- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

قابل توجه هنرآموزان محترم

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

ــ یک نمونه اسیلوسکوپ واقعی را به کلاس درس بیاورید و نحوهٔ کار آن را آموزش دهید.

ــ با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم، اسیلوسکوپ آزمایشگاه مجازی و نحوهٔ کاربرد آن را برای هنرجویان به نمایش درآورید.

ــ 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

ساختمان، طرز کار و کاربرد اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ یک دستگاه اندازه‌گیری است که از آن برای مشاهدهٔ شکل موج‌ها و اندازه‌گیری ولتاژ، زمان تناوب، اختلاف فاز، و همچنین مشخصه‌های ولت ــ آمپرِ 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 (حتّی چند صدمگاهرتز) اندازه‌گیری نماید، حال آن‌که، ولت‌مترهای ساخته شدهٔ امروزی قادر به اندازه‌گیری ولتاژهای کم در این فرکانس نیستند.

اندازه‌گیری و مشاهدهٔ شکل موج‌ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر (DC) شروع و به فرکانس مشخّصی (به خاطر محدودیت پهنای باند تقویت کننده‌ها) ختم می‌گردد که معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس، مشخّص می‌نماید. مثلاً اسیلوسکوپ ۲۰ مگاهرتز، یعنی اسیلوسکوپی که می‌تواند ولتاژهای DC و AC تا ۲۰MHz را نمایش دهد.

شکل ۱ــ۴ یک نمونه اسیلوسکوپ معمولی را نشان می‌دهد.

شکل ۱ــ۴ــ یک نمونه اسیلوسکوپ معمولی

ساختمان اسیلوسکوپ از دو قسمت اصلی تشکیل شده است :

الف : لامپ اشعهٔ کاتدیک (CRT)[1]

ب : مدارهای آماده‌سازی لامپ و سیگنال

در زیر توضیح مختصری راجع به هر کدام داده می‌شود.

۱ـ۴ـ لامپ اشعهٔ کاتدیک

لامپ اشعهٔ کاتدیک امروزه قسمت اصلی مونیتورهای کامپیوتر، تلویزیون، دستگاه‌های کنترل کنندهٔ وضعیت ضربان قلب در پزشکی و مواردی مانند آن را تشکیل می‌دهد. در حقیقت با اعمال هر سیگنال الکتریکی به دستگاه‌های نامبرده، آن سیگنال روی صفحهٔ حسّاس لامپ اشعهٔ کاتدیک نقش می‌بندد. لامپ اشعهٔ کاتدیک که در اسیلوسکوپ‌ها کاربرد دارد در صفحات بعد مورد بحث قرار خواهد گرفت. البته اساس کار همهٔ لامپ‌ها تقریباً یکسان بوده، فقط تفاوت جزئی دارند.

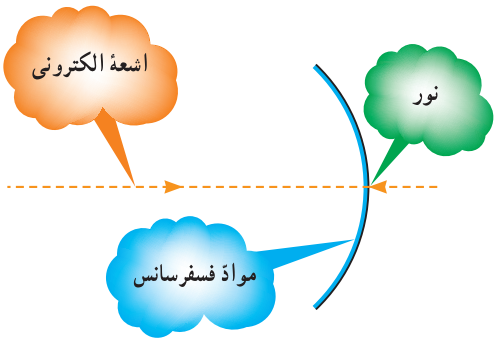
شکل ۲ـ۴ نمای ظاهری یک لامپ اشعهٔ کاتدیک را نشان می‌دهد.

شکل ۲ـ۴ـ نمای ظاهری یک لامپ اشعهٔ کاتدیک

اساس کار لامپ اشعهٔ کاتدیک، بمباران یک صفحهٔ حسّاس با یک دسته اشعهٔ الکترونی می‌باشد. بر اثر بمباران صفحهٔ حسّاس، آن قسمت از صفحه که بمباران شده است از خود نور ساطع می‌کند. **منظور از اشعهٔ الکترونی تعداد زیادی الکترون می‌باشد که به صورت یک اشعهٔ فوق‌العاده باریک درآمده و با سرعت بسیار زیاد (چند هزار کیلومتر در ثانیه) در حرکت است.**

مقدار نور ایجاد شده روی صفحهٔ حسّاس به دو عامل، **سرعت الکترون‌ها و تعداد الکترون‌ها**، بستگی دارد؛ به‌عبارتی هر قدر تعداد الکترون‌های اشعهٔ الکترونی و سرعت الکترون‌ها زیادتر باشد نور ایجاد شده بیشتر خواهد بود. درعمل برای کنترل مقدار نور ایجاد شده تعداد الکترون‌های اشعه را تغییر می‌دهند، زیرا این عمل به سهولت امکان‌پذیر است.

صفحهٔ حسّاس که شکل موج روی آن نقش می‌بندد، از یک شیشهٔ معمولی که پشت آن از موادّ فسفرسانس (ترکیب روی و فسفر) پوشیده شده تشکیل می‌گردد. شکل ۳ـ۴، صفحهٔ حسّاس لامپ اشعهٔ کاتدیک را نشان می‌دهد.



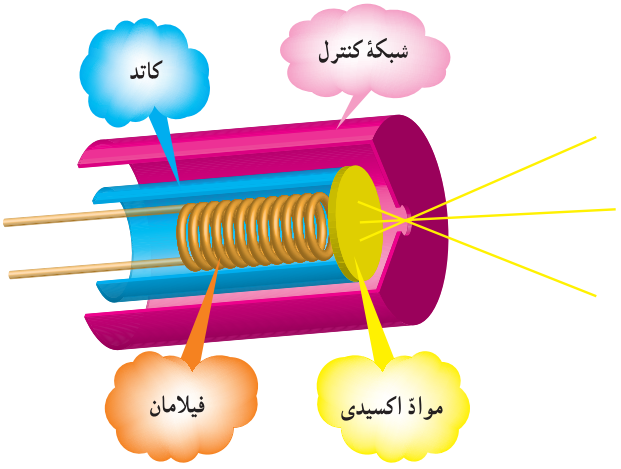
شکل ۳ـ۴ـ صفحهٔ حسّاس لامپ اشعهٔ کاتدیک

رنگ نور ایجاد شده بستگی به درصد ترکیب روی و فسفر دارد.

تولید اشعهٔ الکترونی به‌وسیلهٔ گرم کردن یک استوانهٔ فلزی که قسمت جلوی آن از مواد اکسیدی (معمولاً ۵۰٪ اکسید باریم و ۵۰٪ اکسید استرانسیوم) پوشانده شده است، صورت می‌گیرد. نحوهٔ کار بدین صورت است که ابتدا فیلامان داخل استوانه را با عبور جریان الکتریکی از آن گرم می‌کنند. گرمای فیلامان منجر به گرم شدن استوانه شده در نتیجه موادّ اکسیدی گرم می‌شوند و بر اثر این گرما از خود الکترون ساطع می‌کنند. در جلوی این استوانه یک شبکه که دارای روزنهٔ بسیار کوچکی است (حدود

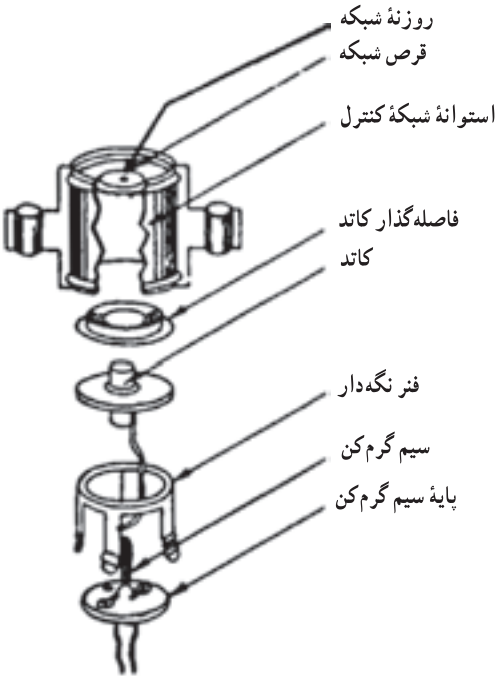
1ـ Cathode Ray Tube

کسری از میلی‌متر) قرار گرفته است. این کار مقدّمهٔ تولید اشعه به‌صورت باریک می‌باشد. شبکهٔ جلوی این استوانه، شبکهٔ کنترل و استوانه‌ای که مواد اکسیدی، صفحهٔ جلوی آن را پوشانده است کاتد نام دارد. شکل ۴ــ۴ این مجموعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۴ــ تولید اشعهٔ اولیه

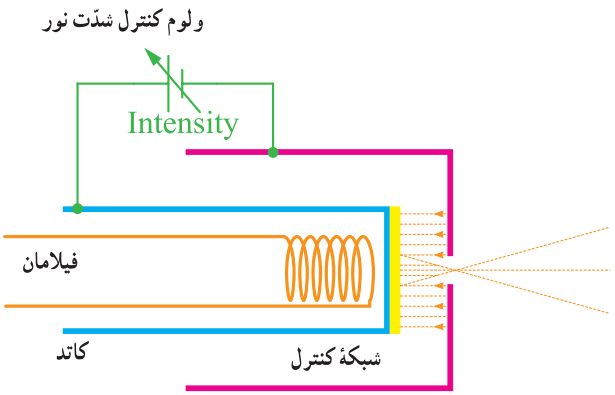
شکل واقعی مجموعهٔ فوق، که **استوانهٔ وهنلت** نام دارد، همراه با اجزای آن در شکل ۵ ــ۴ نشان داده شده است.



شکل ۵ ــ۴ــ اجزای استوانهٔ وهنلت

اگر بین شبکهٔ کنترل و کاتد، یک منبع ولتاژ با پلاریتهٔ شبکهٔ منفی‌تر از کاتد قرار دهیم، ولتاژ منفی شبکه باعث دفع الکترون‌ها شده در نتیجه الکترون‌های کم‌تری از روزنه خارج می‌گردند؛ هرقدر این ولتاژبیشتر باشد، تعداد الکترون‌های خارج شده کمتر می‌شود.

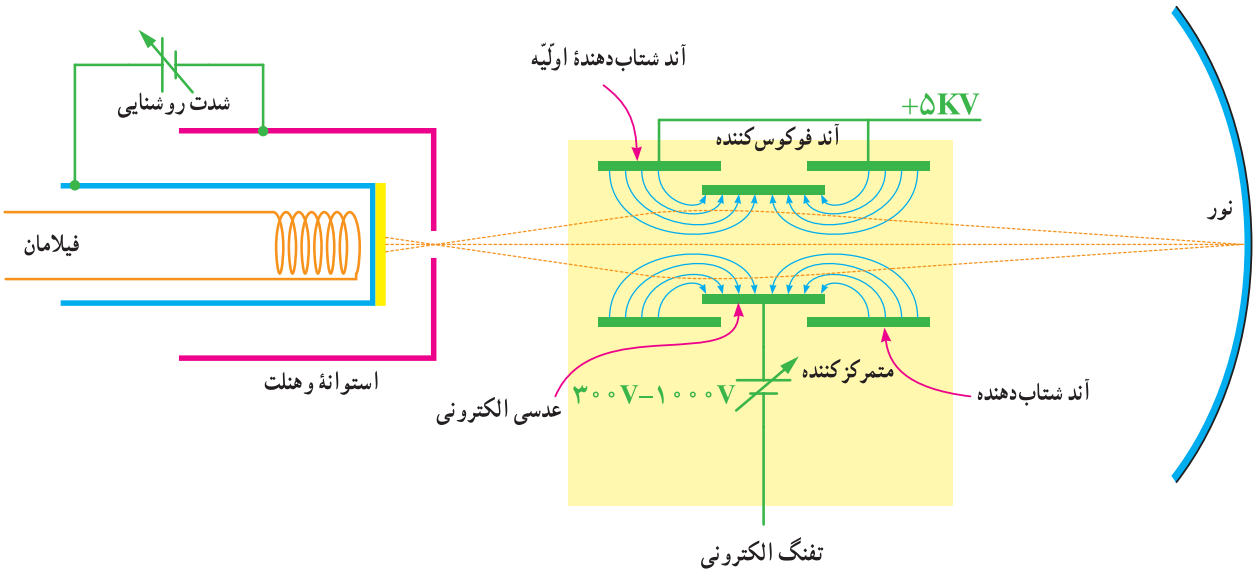
همان‌طور که قبلاً گفته شد، مقدار نور ایجاد شده به دو عامل سرعت و تعداد الکترون‌ها بستگی دارد. در عمل برای تنظیم مقدار نور از تغییر تعداد الکترون‌ها استفاده می‌کنند، لذا برای کنترل مقدار نور ایجاد شده در روی صفحهٔ حسّاس (شدت نور) می‌توان بین شبکهٔ کنترل و کاتد یک پتانسیل قرار داد و آن را کنترل نمود. به همین منظور در روی صفحهٔ جلوی اسیلوسکوپ ولومی تعبیه شده که با تغییر آن در حقیقت پتانسیل بین شبکهٔ کنترل و کاتد تغییر نموده و در نتیجه شدّت نور روی صفحهٔ حسّاس تغییر می‌کند. این ولوم با کلمهٔ (INTEN) روی اسیلوسکوپ مشخّص می‌شود. عملکرد ولوم INTEN در شکل ۶ــ۴ نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۴ــ عملکرد ولوم INTEN

بعد از تولید اشعهٔ اولیه باید این اشعه را روی صفحهٔ حسّاس متمرکز کرد و به آن چنان شتابی داد که سرعت لازم را جهت برخورد با موادّ فسفرسانس و ایجاد نور در روی آن به دست آورد. برای این کار از سه استوانهٔ فلزی که به ولتاژ زیاد وصل شده‌اند استفاده می‌شود. این مجموعه، ضمن این که به الکترون‌ها (اشعه) سرعت لازم را می‌دهد، در عین حال اشعه را روی صفحهٔ حسّاس متمرکز می‌کند، به این جهت به این مجموعه، عدسی الکترونی

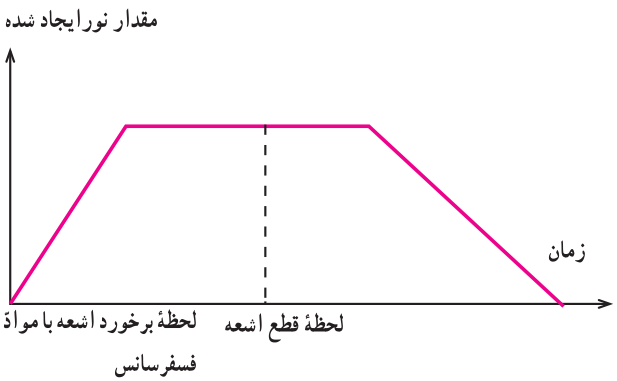
اطلاق می‌گردد. شکل ۷ــ۴ عدسی الکترونی را نشان می‌دهد. منبع ولتاژ ۱۰۰۰ــ۳۰۰ ولتی که در شکل ۷ــ۴ نشان داده شده است به‌صورت یک ولوم در پانل اسیلوسکوپ به نام FOCUS و معمولاً در کنار ولوم INTEN قرار دارد.



شکل ۷ــ۴ــ عدسی الکترونی همراه با تولید اشعهٔ اولّیه (تفنگ الکترونی)

مجموعهٔ عدسی الکترونی و استوانهٔ وهنلت را تفنگ الکترونی (Electron Gun) می‌نامند. بنابراین وظیفهٔ تفنگ الکترونی ایجاد یک اشعهٔ الکترونی با قابلیّت تنظیم نقطهٔ کانونی (فوکوس) روی صفحهٔ حسّاس، و همچنین تنظیم شدّت نور می‌باشد.

تا زمانی که اشعه بر روی موادّ فسفرسانس می‌تابد، در آن نقطه نور وجود خواهد داشت و زمانی که اشعه قطع می‌شود (یا به نقطهٔ دیگری می‌تابد) نور نقطهٔ قبلی محو می‌شود (یا به نقطهٔ جدید منتقل می‌گردد) به عبارت دیگر در هر لحظه، اشعه به هر نقطه‌ای بتابد، فقط در آن نقطه نور ایجاد می‌شود. پس بر روی صفحهٔ حسّاس، فقط یک نقطهٔ نورانی ظاهر می‌گردد. در این‌جا باید به یک نکته اشاره کرد و آن این که به محض برخورد اشعه به موادّ فسفرسانس، نور ایجاد نمی‌شود، بلکه حدود چند نانو و یا میکرو ثانیه طول می‌کشد و از طرفی بعد از قطع اشعه، نقطهٔ نورانی محو نمی‌گردد بلکه مدّت زمان کوتاهی طول می‌کشد، این مدّت بستگی به نوع فسفرسانس به‌کار رفته در لامپ دارد. شکل ۸ــ۴ منحنی لحظهٔ برخورد اشعه را با مواد فسفرسانس، و مدت زمانی که طول می‌کشد تا نور ایجاد شود، همچنین لحظهٔ قطع اشعه و مدّت زمان روشن ماندن نقطهٔ بمباران شده، بعد از قطع اشعه را، نشان می‌دهد.

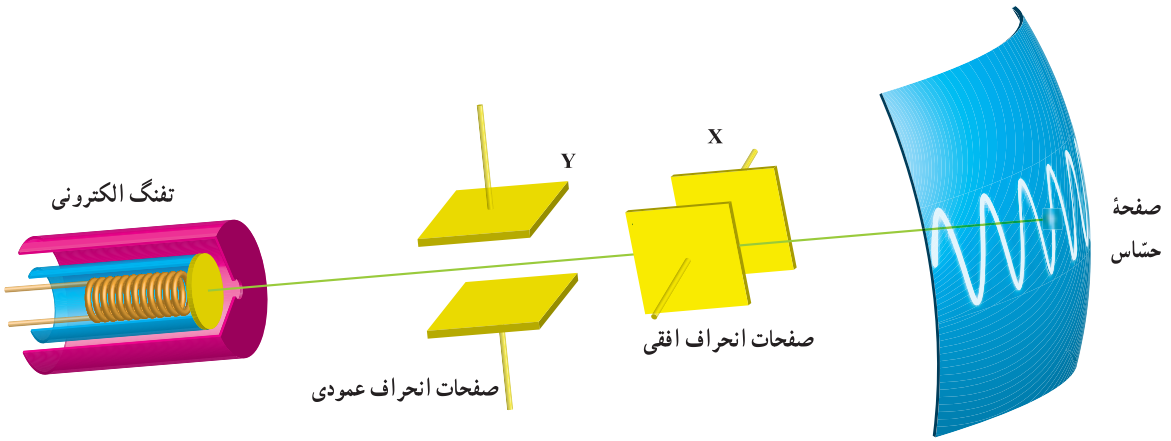


شکل ۸ــ۴ــ منحنی نور ایجاد شده به صورت تابعی از زمان (زمان قطع و برخورد اشعه روی موادّ فسفرسانس صفحهٔ حسّاس)

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

شکل موجی سینوسی را روی صفحهٔ حسّاس می‌بینیم، حرکت اشعه حتماً به‌صورت سینوسی بوده است. سؤالی که در اینجا پیش می‌آید این است که با توجه به این که در هر لحظه فقط یک نقطه از صفحهٔ حسّاس بمباران می‌شود و در این صورت ما باید فقط یک نقطه را روی صفحهٔ حسّاس ببینیم چرا یک موج سینوسی یا موج دیگر را به‌صورت پیوسته روی صفحهٔ حساس می‌بینیم؟ پاسخ این است که اولاً اشعه زمانی که از یک نقطه به نقطهٔ مجاور حرکت می‌کند، اثر آن تا مدّت زمان کوتاهی در چشم ما باقی می‌ماند، ثانیاً همان‌طور 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 صفحهٔ حسّاس) تکرارگردد. از این روست که اسیلوسکوپ‌های معمولی فقط شکل موج‌های متناوب را می‌توانند نشان دهند.

هر نقطه از صفحهٔ حسّاس اسیلوسکوپ، دارای مختصات عمودی و افقی است و با توجه به این که کلیهٔ موج‌ها به‌صورت دوبعدی نشان داده می‌شوند پس هر نقطه از شکل موج را می‌توان به دو مؤلّفهٔ 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 مثبت‌تر گردد، اشعه در جهت آن صفحه منحرف می‌شود. این صفحات را صفحات انحراف عمودی می‌نامند. بعد از این صفحات، دو صفحهٔ دیگر جهت انحراف اشعه، در جهت افقی قرار می‌دهند که به صفحات انحراف افقی موسوم‌اند. شکل **۹ــ۴** صفحات انحراف افقی و عمودی را نشان می‌دهد.

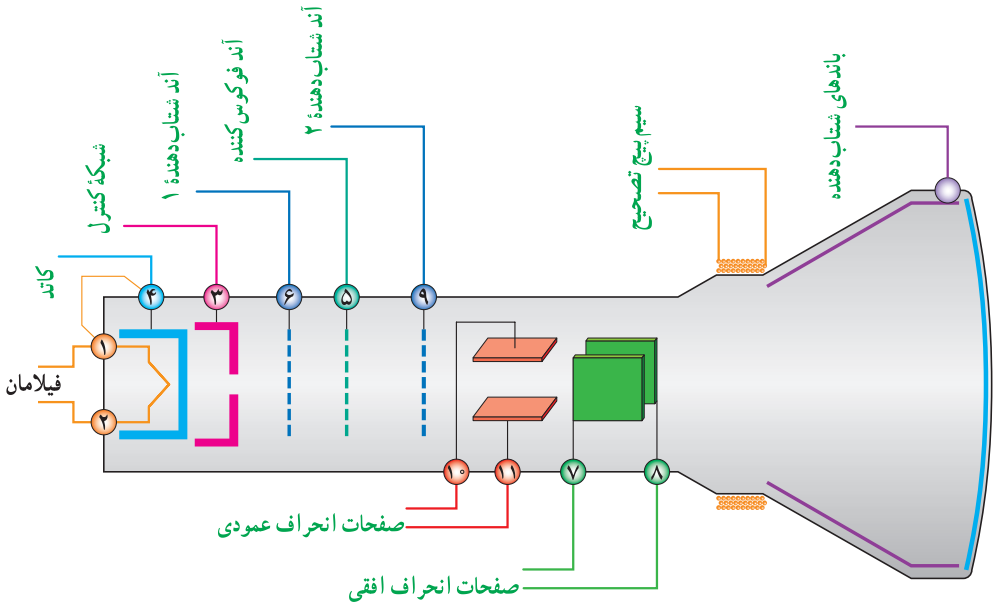


شکل ۹ــ۴ــ نحوهٔ قرار گرفتن صفحات انحراف افقی و عمودی بین تفنگ الکترونی و صفحهٔ حسّاس

برای بالا بردن حسّاسیت، صفحات انحراف عمودی لامپ اشعهٔ کاتدیک را قبل از صفحات انحراف افقی آن قرار می‌دهند.

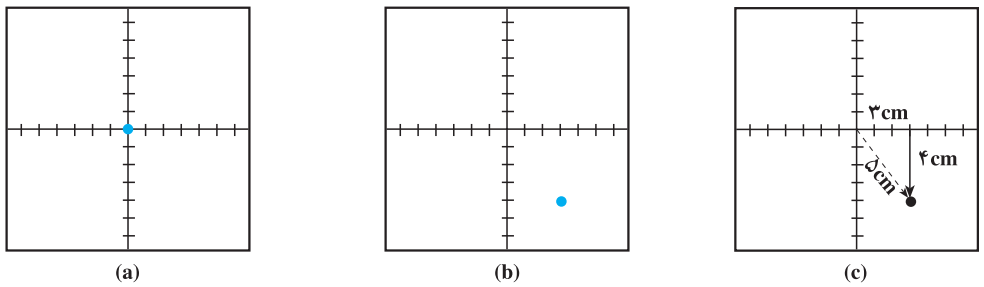
بعد از صفحات انحراف عمودی و افقی، یک سری باندهای شتاب‌دهنده در لامپ قرار دارد. این باندها معمولاً به صورت اندودی از گرافیت بوده و به ولتاژ زیاد وصل می‌شوند.

نقش این باندها، دادنِ سرعت بیشتر به الکترون‌ها و جمع‌آوری الکترون‌های آزاد شدهٔ مواد فسفرسانسی در اثر بمباران اشعه می‌باشد. در شکل **۱۰ــ۴** ساختمان داخلی لامپ اشعهٔ کاتدیک نشان داده شده است.



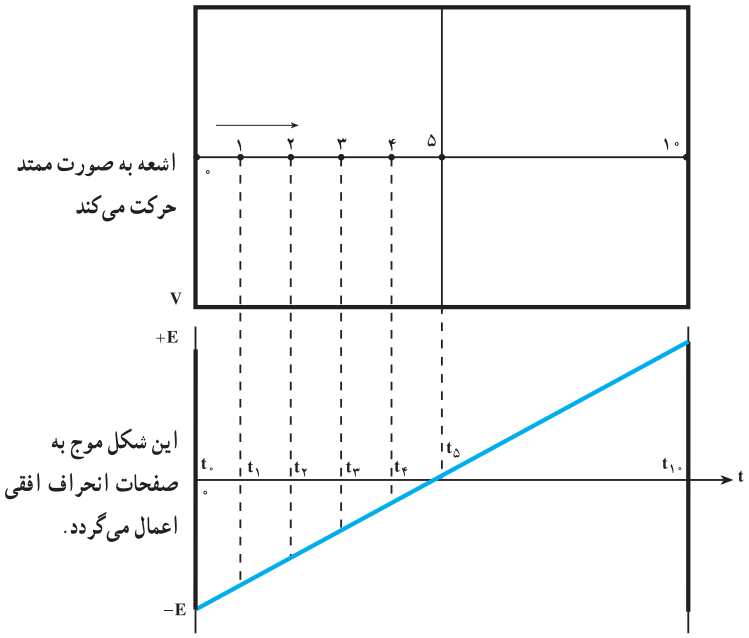
شکل ۱۰ــ۴ــ ساختمان داخلی لامپ اشعهٔ کاتدیک

همان‌طور که قبلاً بیان شد، شکل موج نقش بسته بر روی صفحهٔ حسّاس لامپ اشعهٔ کاتدیک، در واقع حرکت نقطه به نقطهٔ اشعهٔ الکترونی بر روی آن است. همچنین گفته شد که هر نقطه از شکل موج روی صفحه، به دو مؤلّفهٔ افقی و عمودی قابل تجزیه است (در حقیقت طول و عرض یک نقطه روی صفحه در مختصّات دکارتی) به عبارت دیگر با دو حرکت، در جهت افقی و عمودی، اشعه را به هر نقطه از صفحه می‌توان منتقل کرد. اگر به هر دو صفحهٔ انحراف افقی و عمودی ولتاژ صفر ولت را وصل کنیم، اشعه درست به مرکز صفحهٔ حسّاس تابیده و نقطهٔ نورانی در مرکز صفحه قرار خواهد گرفت (شکل a ــ۱۱ــ۴)، و اگر به صفحات به عنوان مثال به انحراف عمودی ۴- ولت و به صفحات انحراف افقی ۳+ ولت وصل کنیم، اشعه در نقطه‌ای به مختصات ۴- و ۳ ظاهر خواهد شد. شکل c ــ۱۱ــ۴ و b ــ۱۱ــ۴ مکان این اشعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ــ۴ــ ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف افقی و عمودی (۰ و ۰) a و (۴- و ۳) b و (۴- و ۳) c

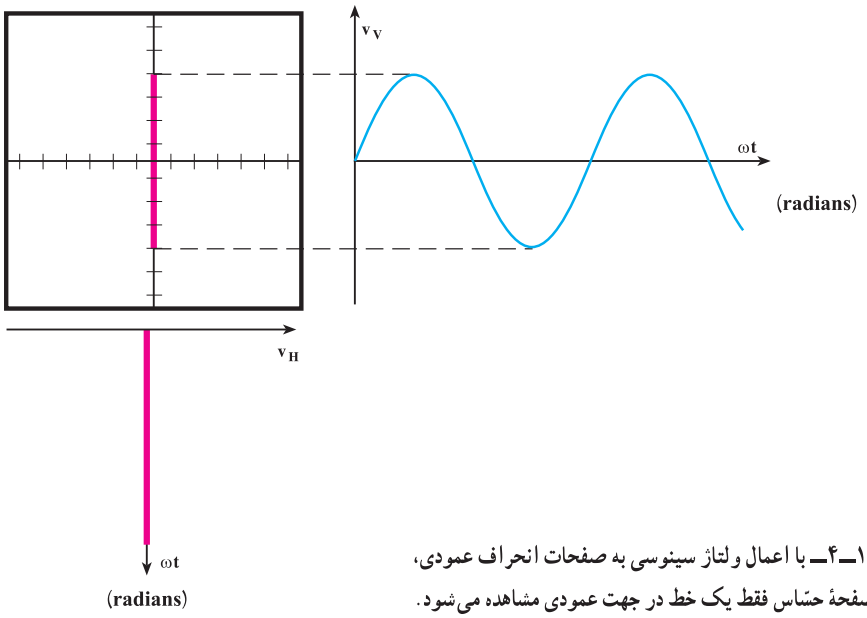
اگر یک شکل موج با تغییرات خطی مانند شکل ۱۲ــ۴ را به صفحات انحراف افقی اعمال نماییم، اشعه از منتهی‌الیه سمت چپ به منتهی‌الیه سمت راست منحرف خواهد شد. یعنی در زمان $t=t_0$ اشعه در نقطهٔ ۰، در زمان $t=t_1$ اشعه در نقطهٔ ۱، در زمان $t=t_2$ اشعه در نقطهٔ ۲ و...، در زمان $t=t_5$ اشعه در نقطهٔ ۵ و بالاخره در زمان $t=t_{10}$ اشعه در نقطهٔ ۱۰ قرار خواهد گرفت. چون موج اعمال شده به صفحات انحراف افقی کاملاً خطّی است لذا حرکت اشعه کاملاً یکنواخت می‌باشد.



شکل ۱۲ــ۴ــ اعمال یک موج خطّی به صفحات انحراف افقی باعث حرکت اشعه از سمت چپ به سمت راست می‌شود.

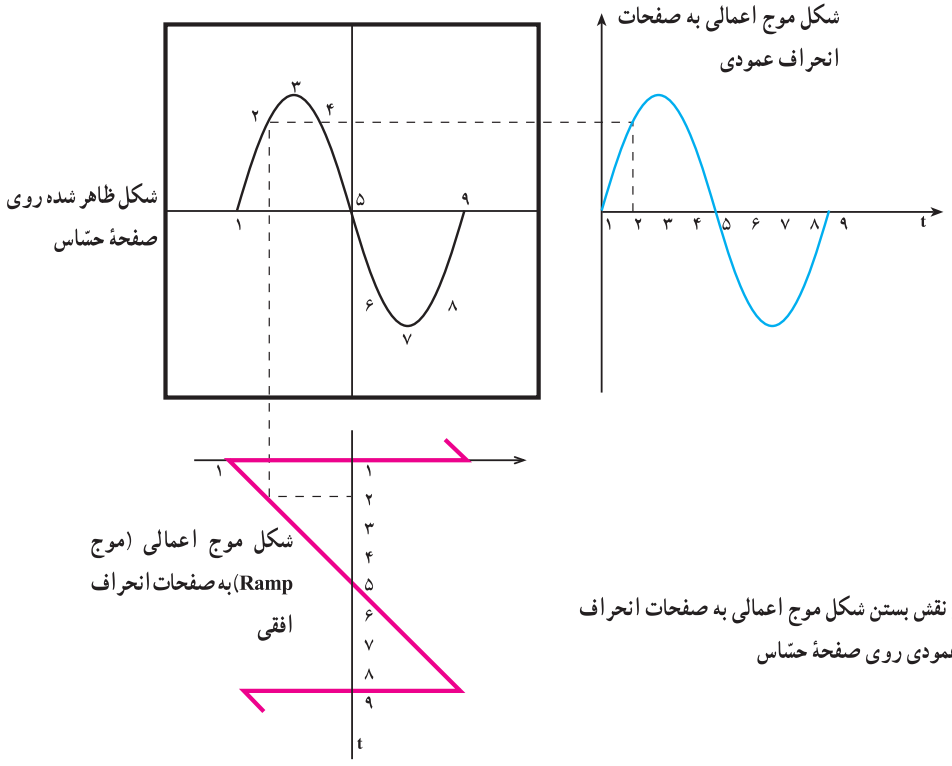
اگر یک موج متناوب خطّی با فرکانس بالای ۴۰ هرتز را به صفحات انحراف افقی اعمال نماییم، حرکت اشعه به صورت پیوسته مشاهده شده، در نتیجه روی صفحهٔ حسّاس، یک خطّ راست افقی می‌بینیم.

اگر به صفحات انحراف عمودی، موجی سینوسی اعمال کرده و به صفحات انحراف افقی ولتاژی را اعمال نکنیم، روی صفحهٔ حسّاس، فقط یک خطّ مستقیم در جهت عمودی مشاهده خواهد شد. زیرا ولتاژ سینوسی اعمال شده به این صفحات فقط باعث به حرکت درآوردن اشعه در جهت عمودی می‌شود. 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 ۱۳ــ۴ حرکت اشعه را به ازای اعمال ولتاژ سینوسی به صفحات انحراف عمودی نشان می‌دهد.



شکل ۱۳ــ۴ــ با اعمال ولتاژ سینوسی به صفحات انحراف عمودی، روی صفحهٔ حسّاس فقط یک خط در جهت عمودی مشاهده می‌شود.

درعمل وقتی بخواهیم شکل موج اعمال شده را روی صفحهٔ حسّاس مشاهده کنیم، حرکت افقی اشعه را توسّط یک موج با تغییرات خطّی (Ramp) و حرکت عمودی اشعه را با شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی لامپ ایجاد 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 صفحهٔ حسّاس نمایان می‌شود، به شکل ۱۴ــ۴ توجّه نمایید.

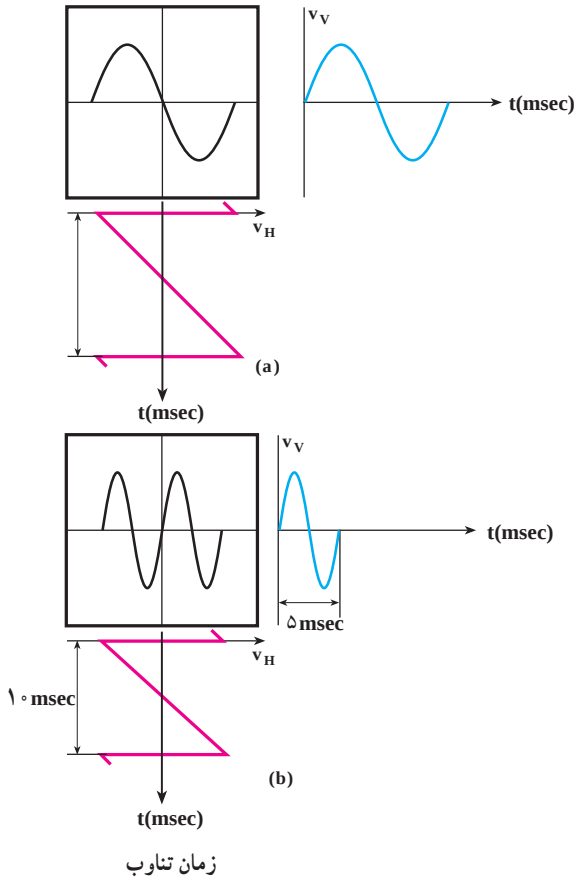


شکل ۱۴ــ۴ــ چگونگی نقش بستن شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی صفحهٔ حسّاس

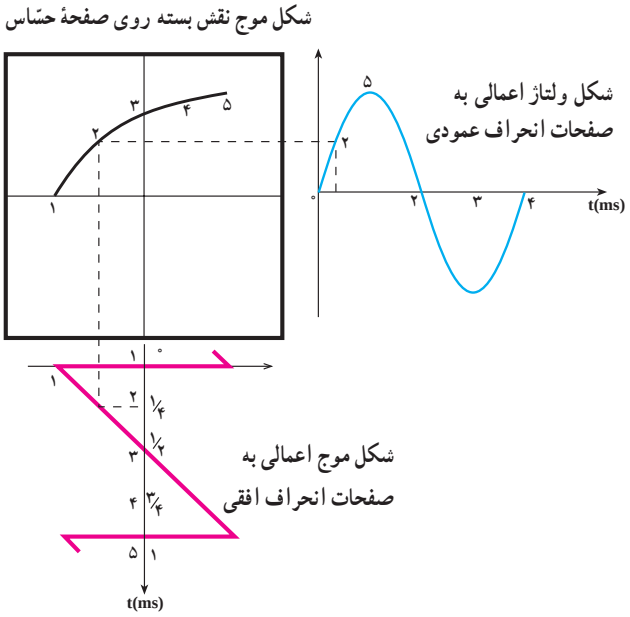
در زمان ۱، اشعه در منتهی‌الیه سمت چپ قرار دارد (ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی صفر و به صفحات انحراف افقی برابر ماکزیمم و منفی است). در زمان ۲، ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف افقی باعث حرکت اشعه به سمت راست شده و همزمان با آن ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی باعث حرکت اشعه در راستای قائم می‌گردد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

این عمل برای بقیّهٔ 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 صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد.

اگر بخواهیم روی صفحهٔ نمایش فقط یک سیکل مشاهده شود، کافی است که زمان تناوب موجِ Ramp با زمان تناوب موج اعمالی به صفحاتِ انحرافِ 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 a ــ۱۵ــ۴ زمان تناوب موج Ramp و زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی برابر است، لذا فقط یک سیکل را روی صفحهٔ حسّاس مشاهده می‌کنیم. در شکل b ــ۱۵ــ۴ زمان تناوب موج Ramp دو برابر زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی است، لذا دو سیکل کامل روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد.



شکل ۱۵ــ۴ــ تناسب زمان تناوب موج Ramp با زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف افقی و در نتیجه ظاهرشدن تعداد سیکل‌ها در روی صفحهٔ حسّاس



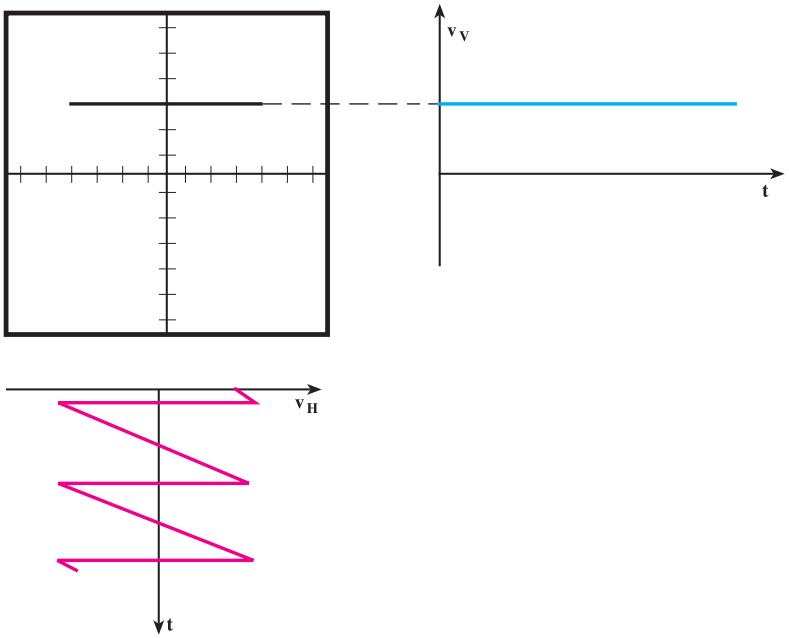
شکل ۱۶ــ۴ــ زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی چهار برابر زمان تناوب موج Ramp است لذا فقط یک چهارم از سیکل روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد.

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 صفحهٔ حسّاس آشکار می‌شود. شکل ۱۶ــ۴، حالتی را نشان می‌دهد که زمان تناوب موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی، چهار برابر زمان تناوب موج Ramp می‌باشد که در این صورت فقط یک چهارم از سیکل روی صفحهٔ حسّاس نقش بسته است.

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.

همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد شرط آن که بتوانیم شکل موجی را روی صفحهٔ حسّاس ببینیم آن است که موج متناوب باشد، یعنی در فواصل زمانی معیّنی تکرار گردد. در غیر این صورت، اسیلوسکوپ‌های معمولی قادر به نمایش آن نخواهند بود. در ضمن اگر ولتاژ اعمال شده به صفحاتِ انحرافِ عمودی 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 صفحهٔ حسّاس یک خطّ مستقیم خواهیم دید. شکل ۱۷ــ۴ این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷ــ۴ــ ولتاژ DC به صورت یک خطّ مستقیم روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد.

توجه داشته باشید که زمانی سیگنال روی صفحهٔ 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 حسّاس 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 صفحهٔ حسّاس 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 صفحهٔ حساس شروع شود، امکان‌پذیر می‌شود.

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.

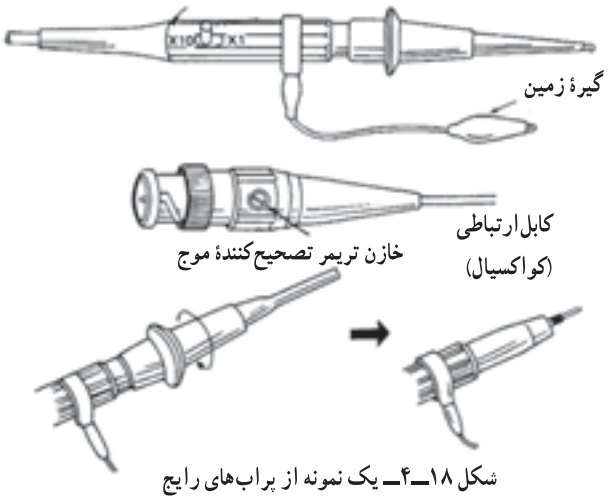
Line.Trig : با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید از برق شهر برای همزمانی استفاده کنید.

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 حسّاس نقش می‌بندد که اولاً سیگنال ورودی وجود داشته باشد و ثانیاً موج جاروب سنکرون باشد، در غیر این صورت هیچ شکل موجی روی صفحه حسّاس ظاهر نمی‌شود.

۲ــ۴ــ مدارهای آماده‌سازی

۱ــ۲ــ۴ــ ساختمان پراب (Probe) : برای اعمال سیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پراب استفاده می‌شود. شکل ۱۸ــ۴ یک نمونه از پراب‌های رایج را نشان می‌دهد. سیم رابط پراب معمولاً از کابل کواکسیال می‌باشد تا میزان نویز به حدّاقل برسد.

مدار الکتریکی ورودی اسیلوسکوپ به صورت شکل ۱۹ــ۴ می‌باشد.

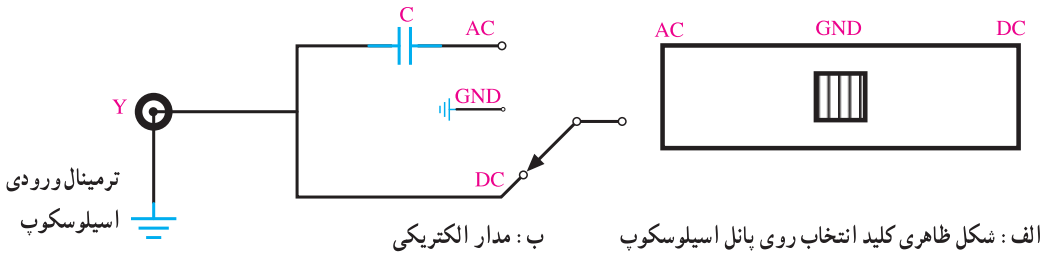


شکل ۱۸ــ۴ــ یک نمونه از پراب‌های رایج

نوک پراب به صورت گیره‌ای فنری است که می‌توان 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 می‌شود. در شکل ۱۸ــ۴ این موارد نشان داده شده است. انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌شود BNC[1] نام دارد. BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل کنیم و تقریباً ۹۰ درجه بچرخانیم این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متّصل می‌گردد.

همچنین روی پراب کلید ۱× و ۱۰× قرار دارد که در حالت ۱× سیگنال از طریق پراب، بدون تضعیف به اسیلوسکوپ، اعمال می‌شود. اما درحالت ۱۰×، ابتدا سیگنال در داخل پراب، ۱۰ برابر تضعیف شده سپس به اسیلوسکوپ اعمال می‌گردد. باید توجّه داشته باشید که اگر از حالت ۱۰× پراب برای اندازه‌گیری استفاده می‌کنید مقادیر قرائت شدهٔ دامنه را در عدد ۱۰ ضرب کنید. موارد کاربرد ۱۰× برای سیگنال‌های با دامنهٔ زیاد می‌باشد.

۲ــ۲ــ۴ــ کلیدانتخاب‌ورودی : بعد از ترمینال ورودی اسیلوسکوپ مطابق شکل ۱۹ــ۴ یک کلید انتخاب وجود دارد.



الف : شکل ظاهری کلید انتخاب روی پانل اسیلوسکوپ

ب : مدار الکتریکی

شکل ۱۹ــ۴

۱ــ با مراجعه به منابع مختلف فرهنگ لغت بابیلون، Webpedia برای علامت اختصاری BNC موارد زیر تعریف شده است :

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

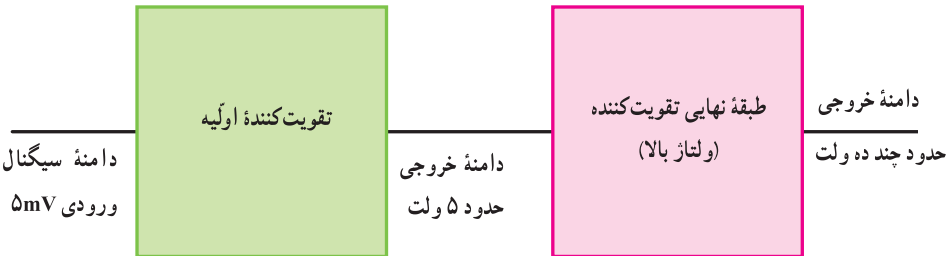
BNC ⟶ Bayonet Neill–concelman (نام دو دانشمند به نام Carl Concelman و Paul Neill)

BNC ⟶ Baseband Network Cable اتصال کابل مخصوص شبکه

اگر کلید انتخاب روی حالت AC قرار گیرد فقط سیگنال‌های متناوب وارد مدار اسیلوسکوپ می‌شوند و از ورود ولتاژ DC (یا مؤلّفهٔ DC یک موج) به اسیلوسکوپ جلوگیری به عمل می‌آید.

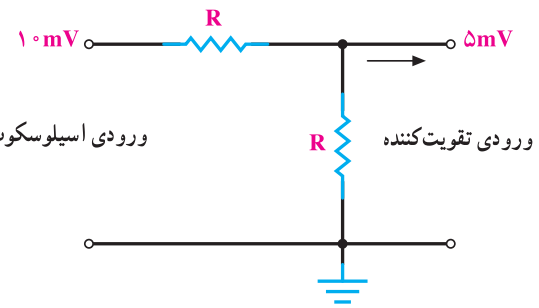
اگر کلید انتخاب روی GND قرار گیرد، ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل شده و ارتباط الکتریکی بین پراب واسیلوسکوپ قطع می‌گردد، این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد. اما اگر کلید انتخاب روی حالت DC قرار گیرد، سیگنال ورودی هرچه باشد (اعمّ از DC و یا AC و یا ترکیبی از این دو) به مدارهای ورودی اسیلوسکوپ رسیده و سپس روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد.

۳ــ۲ــ۴ــ مدارهای تضعیف‌کننده: صفحات انحراف عمودی برای ایجاد انحراف در اشعه، نیاز به ولتاژ زیادی دارند، (حدوداً ۲۰ ولت برای انحراف یک سانتی‌متر روی صفحهٔ حسّاس) از طرفی، دامنهٔ سیگنال ورودی گاهی حدود میلی‌ولت بوده و ممکن است به ده‌ها ولت برسد، لذا زمانی که دامنهٔ سیگنال ورودی حدود میلی‌ولت است باید این سیگنال جهت اعمال به صفحات انحراف عمودی تقویت گردد و زمانی که دامنهٔ آن حدود چند ده ولت است باید تضعیف شود. بنابراین ما تقویت‌کننده‌ای لازم داریم که دامنهٔ ورودی را تشخیص داده، عمل تضعیف و یا تقویت را انجام دهد ولی **این امر درعمل غیرممکن است** لذا برای این که بتوانیم هم سیگنال‌های حدود mV و هم سیگنال‌های حدود ده‌ها ولت را مشاهده کنیم، ابتدا تقویت‌کننده‌ای می‌سازیم که مثلاً سیگنال ۵mV را تبدیل به سیگنال مورد نیاز صفحات انحراف عمودی نماید. شکل ۲۰ــ۴ بلوک دیاگرام این تقویت‌کننده را نشان می‌دهد.



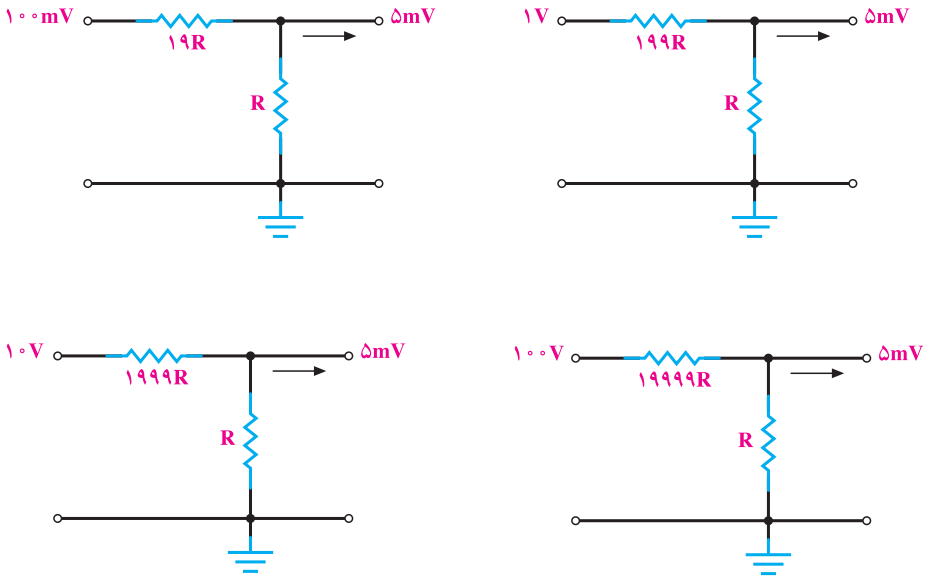
شکل ۲۰ــ۴ــ تقویت‌کننده‌های اسیلوسکوپ

حال اگر دامنهٔ سیگنال، ۵mV یا کم‌تر بود مستقیماً آن را به ورودی تقویت‌کنندهٔ اولیه وصل می‌کنیم. دامنهٔ سیگنال ۱۰mV را توسّط دو مقاومت مساوی مطابق شکل ۲۱ــ۴ نصف می‌کنیم تا به ورودی تقویت‌کننده فقط ۵mV اعمال شود.



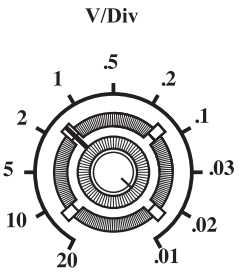
شکل ۲۱ــ۴ــ مدار تضعیف‌کننده

اگر دامنهٔ سیگنال ورودی ۱۰۰mV، یک ولت، ۱۰ ولت و یا ۱۰۰ ولت باشد به‌ترتیب مدارهای شکل ۲۲ــ۴ را به کار می‌بریم.



شکل ۲۲ــ۴ــ مدارهای تضعیف‌کننده ولتاژ

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 صفحهٔ حسّاس با حداکثر اندازه (به‌طوری‌که هر سیگنال ورودی تمامی صفحهٔ حسّاس را در برگیرد تا مشاهده و اندازه‌گیری لازم به روی سیگنال با دقت بیشتری انجام شود) مشاهده نمایند. عمل تضعیف کردن به‌وسیلهٔ کلید Volt/Div که روی پانل اسیلوسکوپ قرار دارد انجام می‌شود. شکل ۲۳ــ۴ نمای ظاهری این کلید را روی پانل اسیلوسکوپ نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۴ــ نمای ظاهری کلید تضعیف‌کننده

ضرایب کلید Volt/Div با توجّه به مقدار تضعیف و تقویت سیگنال، بیان‌کنندهٔ مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به اندازهٔ یک خانه می‌باشد. معمولاً بر روی این سلکتور (Volt/Div) و یا در کنار آن، ولومی به نام Volt Variable قرار دارد که این ولوم معمولاً قادر است بهرهٔ 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 اشعهٔ روی صفحهٔ حسّاس، به اندازهٔ یک خانه می‌رساند؛ حال آن که اگر این ولوم را از حالت Cal. خارج کنیم دیگر این ضرایب بیان‌کنندهٔ مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به‌طور دقیق نیستند. تضعیف به کمک این ولوم، در انواع اسیلوسکوپ‌ها فرق می‌کند ولی همهٔ اسیلوسکوپ‌ها به‌طور متوسّط قادرند تا ۲/۵ برابر عمل تضعیف را انجام دهند. کاربرد این ولوم بیشتر در مواردی است که اندازه‌گیری دامنه مدنظر نباشد بلکه هدف فقط مشاهدهٔ شکل موج باشد. فرض کنید می‌خواهیم شکل یک ولتاژ را دقیقاً در ۶ خانه ببینیم، ابتدا اگر نتوانیم با کلید Volt/Div این

شکل موج را در ۶ خانه تنظیم کنیم، با کم کردن رنج Volt /Div سعی می‌کنیم شکل موج بیش از ۶ خانه را در برگیرد و آن‌گاه با ولوم Volt Variable شکل موج ورودی را در ۶ خانه روی صفحهٔ نمایش تنظیم می‌کنیم.

۳ـ۴ـ اسیلوسکوپ دوکاناله

اسیلوسکوپ دو کاناله، اسیلوسکوپی است که می‌تواند دو شکل موج را به‌طور همزمان نشان دهد. شکل ۲۴ـ۴ یک اسیلوسکوپ دو کاناله را که به‌طور همزمان دو شکل موج روی صفحهٔ حسّاس آن نقش بسته است نشان می‌دهد.

شکل ۲۴ـ۴ـ یک اسیلوسکوپ دو کاناله که به طور همزمان دو شکل موج را روی صفحهٔ حسّاس خود نشان می‌دهد.

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

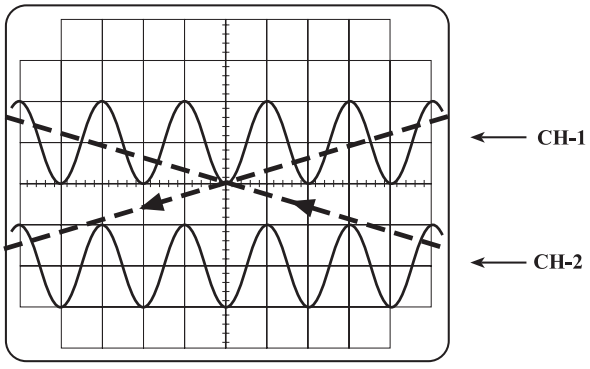
با مشاهدهٔ دو شکل موج در یک اسیلوسکوپ دوکاناله می‌توان این دو موج را از نظر شکل، دامنه یا اختلاف فاز به‌طور همزمان با یکدیگر مقایسه نمود.

در اسیلوسکوپ‌های دو کاناله، کنترل فوکوس، شدّت نور و Time /Div هر دو کانال یکی است. فقط قسمت کنترل و تقویت کنندهٔ اوّلیهٔ عمودی سیگنال‌های ورودی دو کانال با یکدیگر تفاوت دارد.

همان‌طور که می‌دانیم، لامپ اشعهٔ کاتدیک، فقط یک اشعه تولید می‌کند، برای مشاهدهٔ دو شکل موج نیاز به دو اشعه داریم. اسیلوسکوپ‌های قدیمی‌تر، دو اشعه تولید می‌کردند و هر اشعه مربوط به یک کانال می‌شد. این نوع اسیلوسکوپ‌ها را Dual Beam می‌نامیدند. امّا در حال حاضر، همان یک اشعه دو سیگنال را نشان می‌دهد. به این نوع اسیلوسکوپ‌ها Dual Trace می‌گویند.

اگر فرکانس سیگنال زیاد باشد (حدود ۱KHz 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 می‌دهد و پس از آن به‌طور متناوب کانال ۱ و ۲ را نشان می‌دهد. چون فرکانس کار زیاد است، زمانی که کانال۱ نشان داده می‌شود کانال ۲ قطع است و ما به دلیل سرعت قطع و وصل زیاد این مورد را احساس نمی‌کنیم لذا دو شکل موج را به‌طور همزمان می‌بینیم.

شکل ۲۵ـ۴ سیگنال کانال ۱ را در تناوب اول و در تناوب بعد، سیگنال کانال ۲ را نشان می‌دهد.

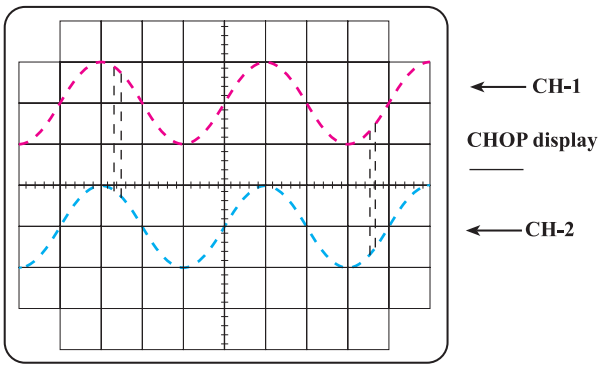


شکل ۲۵ـ۴ـ نمایش دو سیگنال در اسیلوسکوپ دو کاناله، به صورت متناوب

در روی اسیلوسکوپ، کلیدی به نام ALT وجود دارد؛ چنانچه فرکانس سیگنال‌های دو کانال، بیشتر از ۱kHz باشد با استفاده از این کلید، می‌توانیم دو شکل موج را به‌طور همزمان ببینیم.

اگر فرکانس سیگنال کم باشد، مشاهدهٔ دو شکل موج به‌طور همزمان با استفاده از کلید (ALT) امکان‌پذیر نخواهد بود. زیرا اسیلوسکوپ، وقتی سیگنال کانال ۱ را نمایش می‌دهد، (چون

فرکانس کم و زمان تناوب زیاد است) سیگنال کانال ۲ از دید محو می‌شود و دو موج به صورت چشمک‌زن، روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردند. برای نمایش سیگنال‌های با فرکانس کم، از روش دیگری به نام Chopping استفاده می‌کنند. در این روش، یک نقطهٔ کوچک از سیگنال کانال ۱ و یک نقطهٔ 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 به‌صورت پیوسته می‌بینیم. شکل ۲۶ــ۴ دو شکل موج سینوسی هم فرکانس را به‌صورت Chopping نشان می‌دهد.



شکل ۲۶ــ۴ــ نمایش دو سیگنال روی صفحهٔ حسّاس 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 به‌عهده 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 ــ CH1 : اگر کلید، در این حالت باشد، فقط سیگنال اعمالی به کانال ۱ روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد (کانال دوّم قطع است).

ب ــ CH2 : در صورت قرار داشتن کلید، در این حالت فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحهٔ حسّاس ظاهر می‌گردد (کانال اوّل قطع است).

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

د ــ CHOP : اگر کلید در حالت CHOP باشد، سیگنال کانال ۱ و سیگنال کانال ۲ به‌طور همزمان به‌صورت شکل موج‌های قطعه قطعه شده یا Chopping روی صفحهٔ حساس ظاهر می‌شوند (کم‌تر از ۱kHz).

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

و ــ ADD : با قرار دادن کلید در این حالت، دو سیگنال کانال ۱ و ۲ که روی صفحهٔ حسّاس نقش بسته‌اند با یکدیگر جمعِ لحظه‌ای می‌شوند.

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

ح ــ 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.

۴ــ۴ــ کاربردهای عمومی اسیلوسکوپ

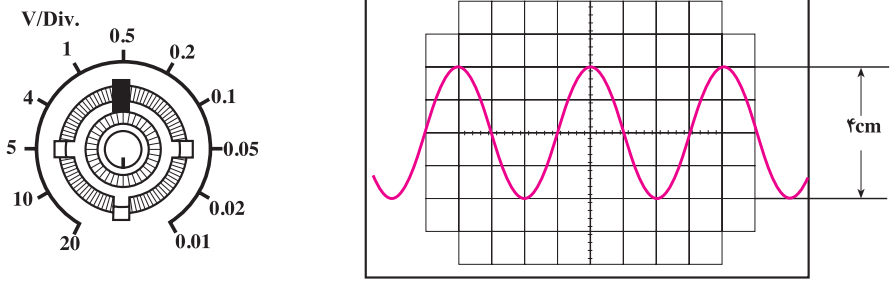
حال که طرز کار اسیلوسکوپ را تا حدودی یاد گرفتیم جای آن دارد که اشاره‌ای مختصر به بعضی ازکاربردهای آن داشته باشیم.

۱ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری دامنه : صفحهٔ حسّاس اسیلوسکوپ، در جهت افقی به ۱۰ قسمت و در جهت عمودی

به ۸ قسمت تقسیم شده است. در برخی از اسیلوسکوپ‌ها اندازهٔ هر قسمت یک سانتی‌متر و در بعضی دیگر حدود ۹ میلی‌متر است. خط افقی و عمودی وسط، علاوه بر تقسیمات ۸ و ۱۰ قسمتی دارای درجه‌بندی ریزتری نیز می‌باشد، به‌طوری‌که هر خانه به پنج قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل ۰/۲ cm و یا ۰/۲ خانه می‌باشد.

برای اندازه‌گیری دامنه، ابتدا ولوم Volt Variable را تا انتها در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم، 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 می‌دهیم تا شکل موجِ اعمالی به اسیلوسکوپ روی صفحهٔ حسّاس ظاهر شود (با تنظیم سلکتور Time /Div می‌توان حدوداً یک یا دو سیکل کامل را روی صفحهٔ حسّاس نشان داد). سپس با شمارش تعداد خانه‌هایی 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 به‌دست می‌آید.

مثال ۱ : در شکل ۲۷ــ۴ دامنهٔ پیک تا پیک ولتاژ برابر ۲V=Volt /Div×۰/۵(۴خانه) یا (۲cm) می‌شود.



شکل ۲۷ــ۴ــ اندازه‌گیری دامنه

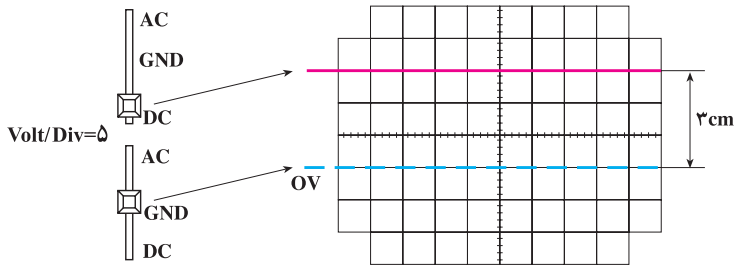
اگر مقدار پیک ولتاژی را خواسته باشیم، باید مقدار پیک تا پیک را محاسبه کرده آن را بر دو تقسیم نماییم و اگر مقدار مؤثر ولتاژ مدنظر باشد، چون موج سینوسی است، می‌توان برای این منظور مقدار پیک را بر $\sqrt{۲}$ تقسیم نمود.

$$V_p = \frac{V_{p-p}}{۲} = ۱ \text{ ولت}$$

(به خاطر سینوسی بودن) ولت

$$V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{۲}} = \frac{۱}{\sqrt{۲}} = ۰/۷۰۷$$

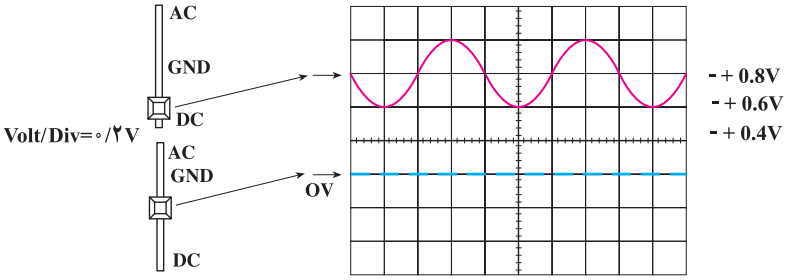
مثال ۲ : مقدار ولتاژ DC شکل ۲۸ــ۴ برابر ۱۵V=Volt /Div×۵ (۳خانه) می‌باشد.



شکل ۲۸ــ۴ــ اندازه‌گیری ولتاژ DC

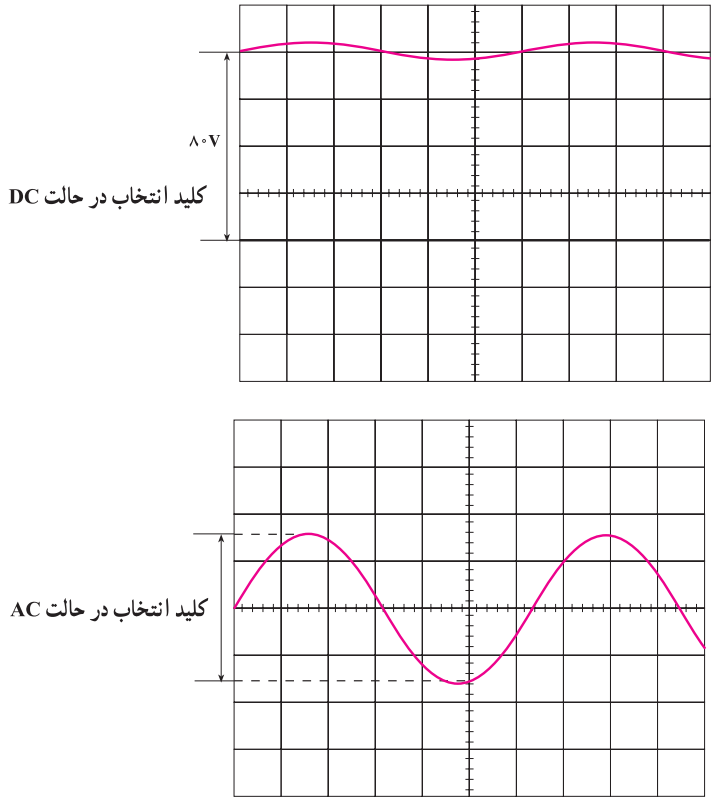
اگر ولتاژ مورد اندازه‌گیری ترکیب DC با AC بوده (AC سوار بر DC) و در ضمن دامنهٔ AC به‌راحتی قابل اندازه‌گیری باشد، دامنهٔ AC مطابق آنچه که گفته شد و دامنهٔ DC با شمارش خانه‌ها، از خطّ صفر تا نقطهٔ صفر موج AC، اندازه‌گیری می‌شود.

مثال ۳ : در شکل **۲۹ــ۴** دامنهٔ DC برابر ۰/۶ ولت و دامنهٔ پیک AC برابر ۰/۲ ولت می‌باشد.



شکل ۲۹ــ۴ــ اندازه‌گیری دامنه‌های AC و DC (AC سوار بر DC)

اگر در اندازه‌گیری ولتاژ مرکب از AC و DC نتوان دامنهٔ AC را درست اندازه گرفت، در این حالت، ابتدا با قرار دادن کلید در حالت GND اشعه را در مرکز صفحهٔ حسّاس تنظیم نموده، سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار می‌دهیم و ضریب Volt /Div را کم می‌کنیم، در این حالت به راحتی مقدار AC قابل اندازه‌گیری خواهد بود. با قرار دادن کلید انتخاب در حالت DC، می‌توان مقدار DC را نیز اندازه گرفت. شکل ۳۰ــ۴ اسیلوسکوپ یک موج با پیک تا پیک ۳/۱ ولتی را، که بر روی یک ولتاژ ۸۰ ولتی سوار است، نشان می‌دهد.

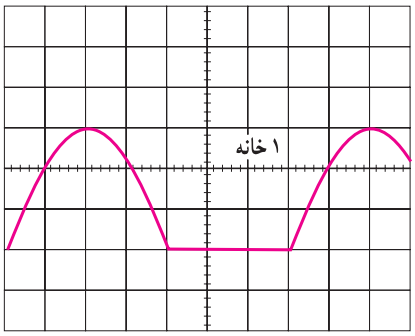


شکل ۳۰ــ۴ــ نحوهٔ اندازه‌گیری ولتاژ AC سوار بر DC

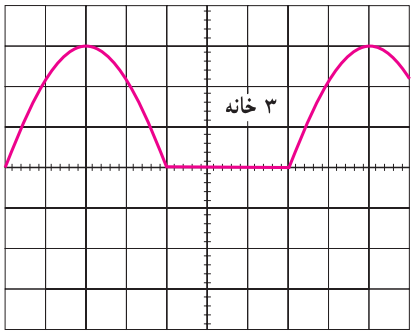
برای اندازه‌گیری مقدار متوسّط یک شکل موج، ابتدا کلید انتخاب را در حالت DC قرار داده، مکان آن را روی صفحهٔ حسّاس به خاطر می‌سپاریم، سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار می‌دهیم، در این صورت شکل موج نقش بسته روی صفحهٔ حسّاس جابه‌جا شده و مقدار DC (متوسّط) آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

رنج کلید V/Div×
تعداد خانه‌های جابه جا شده
در حالت AC و DC
= مقدار متوسط

شکل ۳۱ــ۴ اندازه‌گیری مقدار متوسّط یک شکل موج یکسو شدهٔ سینوسی را نشان می‌دهد.



کلید انتخاب در حالت AC



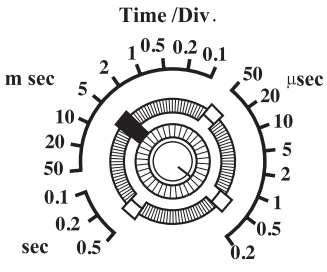
کلید انتخاب درحالت DC

شکل ۳۱ــ۴ــ ۵Volt /Div=۱۰V ×(۲خانه) شکل جابه جا شده است = مقدار متوسط ولتاژ

۲ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری زمان تناوب : ضرایب کلید Time /Div، نشان‌دهندهٔ مدّت زمان لازم جهت حرکت اشعه به اندازهٔ یک خانه (≈۱cm) می‌باشد مثلاً اگر سلکتور Time /Div بر روی ۵۰µs/Div باشد، ۵۰µs طول می کشد تا اشعه مسیر یک خانه را بپیماید. با استفاده از این ضرایب می توان زمان تناوب شکل موج‌ها را مطابق ذیل محاسبه نمود :

زمان تناوب یک شکل موجِ نقش بسته روی صفحهٔ حسّاس برابر است با :

رنج سلکتور Time /Div× تعداد خانه‌های در برگرفته شده توسط یک سیکل

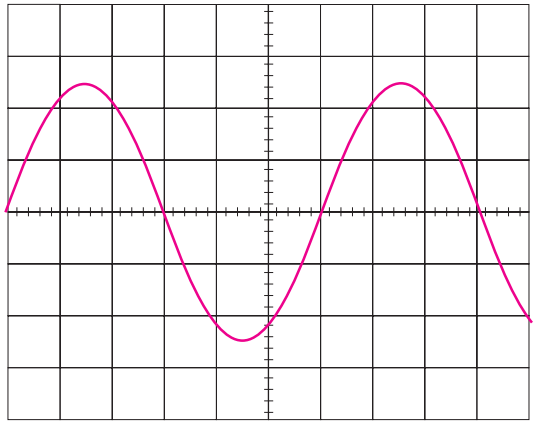


شکل ۳۲ــ۴

مثلاً زمان تناوب شکل ۳۲ــ۴ برابر ۳۰ms می‌باشد زیرا :

زمان تناوب =۶Div ×۵ms/Div =۳۰ms

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 حتّی‌الامکان یک سیکل از شکل، خانه‌های بیشتری را در بر بگیرد.



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 رابطهٔ $f = \frac{1}{T}$ مقدار فرکانس را محاسبه نمود. در اسیلوسکوپ‌های پیشرفته‌تر، مقدار فرکانس روی صفحهٔ حسّاس نوشته می‌شود.

مقدار فرکانس سیگنال شکل ۳۲ــ۴ برابر ۳۳/۳ Hz می‌باشد زیرا :

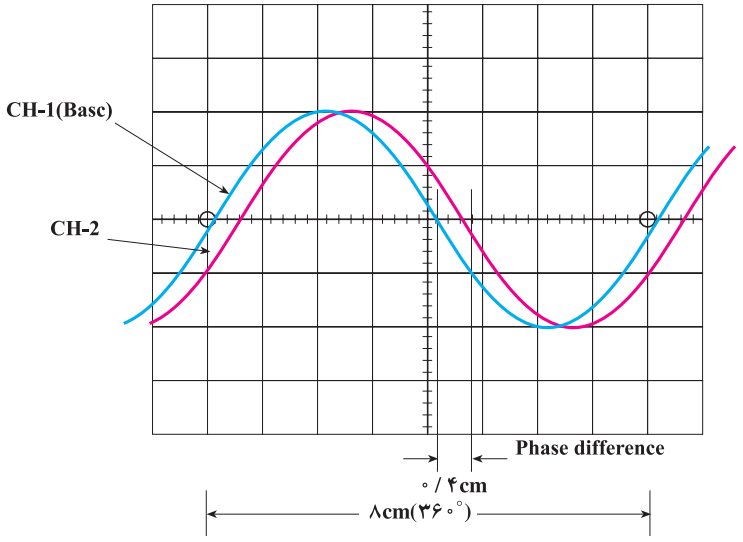
$$f = \frac{1}{30 \times 10^{-3}} = \frac{1000}{30} = 33/3\,Hz$$

۳ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری اختلاف فاز : با توجه به این که اسیلوسکوپ‌های دو کاناله قادرند به‌طور همزمان دو شکل موج را نمایش دهند، اندازه‌گیری اختلاف فاز میان دو سیگنال امکان‌پذیر خواهد بود. بدین صورت که ابتدا سعی می‌کنیم به کمک سلکتور Time /Div و ولوم Time Variable یک سیکل از شکل موج، تعداد خانه‌های زیادی را در بربگیرد (در اندازه‌گیری اختلاف فاز، نیازی به تنظیم زمان موج جاروب نیست یعنی می‌توان ولوم Time Variable را از حالت Cal. خارج کرد). سپس عدد ۳۶۰ را بر تعداد خانه‌های در برگرفته شدهٔ یک سیکل تقسیم می‌کنیم تا مقدار زاویهٔ هر خانه مشخّص شود (Div / درجه). سپس تعداد خانه‌های اختلاف فاز را در این عدد ضرب می‌نماییم.

مثلاً در شکل ۳۳ــ۴ اختلاف فاز برابر ۱۸° می‌باشد زیرا :

$$\text{درجه / Div} = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$$

اختلاف فاز دو سیگنال $18^\circ = 45^\circ \times 0/4$ (تعداد خانه‌های اختلاف فاز)



شکل ۳۳ــ۴ــ اختلاف فاز دو سیگنال برابر ۱۸ درجه باشد.

۵ــ۴ــ الگوی پرسش

۱ــ اشعهٔ الکترونی چیست؟

۲ــ تولید اشعهٔ الکترونی چگونه صورت می گیرد؟

۳ــ صفحهٔ حسّاس چیست؟

۴ــ شکل موج چگونه بر روی صفحهٔ حسّاس نقش می‌بندد؟

۵ــ نقش عدسی الکترونی در لامپ اشعهٔ کاتدیک چیست؟

۶ــ فوکوس کردن چه مفهومی دارد؟

۷ــ چگونه مقدار نور را روی صفحهٔ حسّاس تنظیم می کنند؟

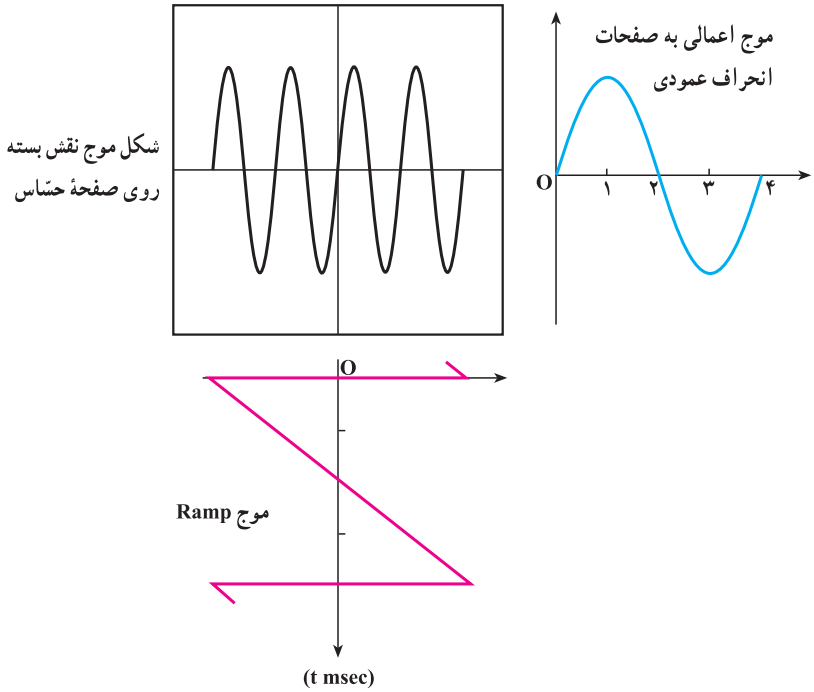
۸ــ نقش صفحات انحراف افقی و عمودی در لامپ اشعهٔ کاتدیک چیست؟

۹ــ اگر یک شکل موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی و یک ولتاژ DC به صفحات انحراف افقی وصل کنیم روی صفحهٔ حسّاس شکل موج چگونه ظاهر می‌شود؟

۱۰ــ 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 صفحهٔ حسّاس چگونه است؟

۱۱ــ در شکل ۳۴ــ۴ زمان تناوب موج جاروب چقدر باید باشد تا شکل موج نشان داده شده، روی صفحهٔ حسّاس ظاهر شود؟

۱۲ــ به‌طورکلی تشریح کنید که وقتی یک موج را به صفحات انحراف عمودی و یک موج جاروب با زمان تناوب مناسب به صفحات انحراف افقی می‌دهیم، چگونه شکل موج اعمالی به صفحات انحراف عمودی روی صفحهٔ حساس آشکار می‌شود؟



شکل ۳۴ ــ۴ــ رابطهٔ بین زمان تناوب موج جاروب و موج سینوسی ورودی

۱۳ــ اسیلوسکوپ چه نوع دستگاهی است؟

۱۴ــ منظور از اسیلوسکوپ ۱۰۰MHz چیست؟

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

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

۱۷ــ ضرایب کلید Volt /Div، بیان کنندهٔ چیست؟

۱۸ــ ولوم Volt Variable چه عملی انجام می‌دهد؟

۱۹ــ چرا در تقویت کنندهٔ نهایی از ولتاژهای بالا استفاده می کنند؟

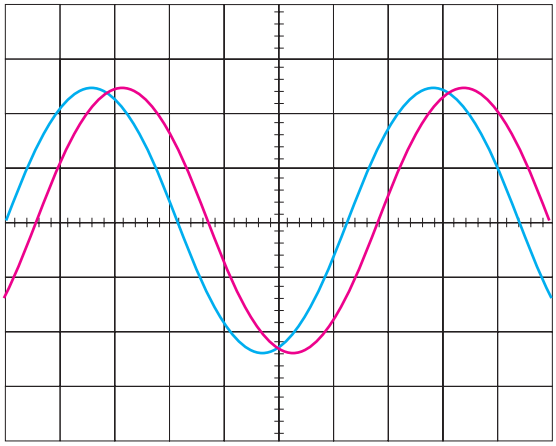
۲۰ــ نقش ولوم Level روی پانل اسیلوسکوپ کدام است؟

۲۱ــ ضرایب سلکتور Time /Div بیان کنندهٔ چیست؟

۲۲ــ اسیلوسکوپ دو کاناله چگونه دو شکل موج را به طور همزمان نشان می‌دهد (سیستم ALT و CHOP را به‌طور کامل توضیح دهید)؟

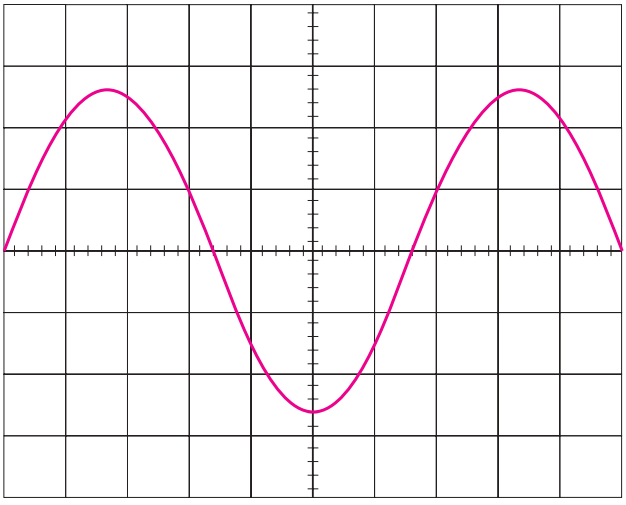
۲۳ــ چگونه می توان با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ AC و DC یک موج AC سوار بر DC را با دقت اندازه گرفت؟

۲۴ــ اختلاف فاز بین دو سیگنال نمایش داده شده روی صفحهٔ حساس شکل ۳۵ــ۴ چند درجه است؟



شکل ۳۵ ــ۴ــ اندازه‌گیری اختلاف فاز بین دو سیگنال

۲۵ــ در شکل ۳۶ــ۴ مقدار ماکزیمم ولتاژ و فرکانس سیگنال را به‌دست آورید.



$\text{Time}/\text{Div} = ۱۰\,\text{ms}/\text{Div}$

$\text{Volt}/\text{Div} = ۵\text{V}/\text{Div}$

شکل ۳۶ ــ۴ــ اندازه‌گیری ماکزیمم ولتاژ و فرکانس سیگنال