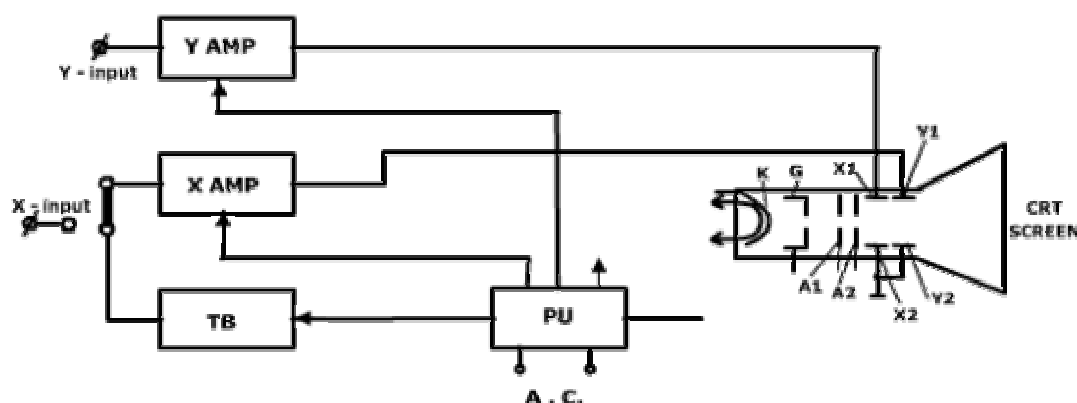


## اسیلوسکوپ ها

### کلیات

اسیلوسکوپ اشعه کاتدی يك دستگاه نمایش دهنده است. در صورتی که دیگر دستگاههای نمایش دهنده فقط مقدار ولتاژ یا مقادیر دیگر الکتریکی را نمایش می دهند اما اسیلوسکوپ اشعه کاتدی قادر است مقدار، فاز، فرکانس موج و روابط بین مقادیر آنها را نمایش دهد. خلاصه اطلاعات بسیار زیادی از نظر کمی و کیفی در مورد کارهای اندازه گیری الکترونیک به اسیلوسکوپ داده شده است و با قسمت های متعلق به دستگاه هر اندازه گیری با ردیف فرکانسهای زیاد با اسیلوسکوپ امکان پذیر است.

طرح ساده طبقاتی يك اسیلوسکوپ اشعه کاتدی در شکل (۱-۷) نشان داده شده است. طبقات این اسیلوسکوپ شامل لامپ اشعه کاتدی CRT، تقویت کننده مرور X-Amp و قسمت منبع تغذیه PU می باشد.



شکل ۱ طرح طبقاتی اسیلوسکوپ ساده و طرح ساده لامپ اشعه کاتدی

### لامپ اشعه کاتدی

لامپ اشعه کاتدی در واقع يك لامپ خلاء است که الکترونهای آن از يك کاتد گرم منتشر شده و برای رساندن به سرعت کافی ابتداء شتاب داده می شوند،

سپس به شکل اشعه در آمده و در پایان به يك پرده نیمه شفاف پوشیده از فسفر رسانس برخورد می نماید. محلی که الکترونها به صورت اشعه در می آیند لوله پرتاب الکترون (ELECTRON GUN) گفته می شود. ساختمان ساده لامپ در شکل ۱ نشان داده شده، لوله پرتاب مرکب از يك کاتد K، يك شبکه G (الکترو دکنترل) و آندهای شماره ۱ و ۲ ( $A_1, A_2$ ) است. شدت اشعه الکترون توسط شبکه ای به همان شکل لامپ الکترون معمولی، کنترل می شود. آند اول  $A_1$  در پتانسیل مثبت نسبت به کاتد کار می کند. از این رو الکترونها هنگام عبور از این شبکه شتاب می گیرند و با شکاف کوچکی در وسط آن اشعه الکترونی تهیه می گردد. الکترونهای بیرون آمده از آند اول عملاً در مسیر خط مستقیمی حرکت می کنند، لیکن نیروی دافعه بین الکترونها دور شدن اشعه را از هم به وجود می آورند. این تمایل توسط میدانهای الکترواستاتیکی با قرار دادن پتانسیل در آند اول و دوم لامپ کنترل می شود، از این رو تقارب اشعه الکترونی لامپ توسط آندهای اول و دوم نسبت به محور خود يك عدسی الکترونی تشکیل می دهند. معمولاً پتانسیل آند دوم ثابت است و پتانسیل آند اول برای تمرکز اشعه متغیر می باشد، به همین دلیل آند اول را الکترو دکنترل می گویند.

منحرف شدن اشعه الکترونی به روی پرده به طور الکترواستاتیکی انجام می گیرد. انحراف الکترواستاتیکی توسط صفحات انحراف تهیه می گردند و به صورت دو وضع افقی (یا X) و عمودی (یا Y) با زاویه قائمه نسبت به هم قرار دارند. میدانهای انحراف دهنده با اعمال ولتاژ مناسب بین هر دو جفت صفحات انجام می پذیرد.

وقتی که ولتاژهای مختلفی به طور تناوبی به دو جفت صفحات انحراف دهنده وارد می شوند اشعه الکترونی به طرف بالا و پایین و همچنین در عرض پرده به ترتیب با تغییر مقدار و قطبین ولتاژ حرکت می نمایند. در

لامپ اشعه کاتدي وارد نمودن سيگنال مورد نظر به صفحات Y و اعمال يك ولتاژ استاندارد به صفحات X مرسوم است، به طوري كه تركيب آنها محورهاي مختصات را پديد مي آورند. در تجزيه مدار الكتريكي معمولاً يك چيز در مورد تغييرات مقادير نسبت به زمان جلب نظر مي كند، بنابراين سيگنال مجهول به صفحات عمودي وارد شده و حركت عرضي(مروري) در پرده مستقيماً متناسب با زمان است و اين زمان توسط صفحات افقي با استفاده از ولتاژي كه آن را ولتاژ مرور

(TIME BASE) مي گويند ساخته مي شود.

در اين صورت مقداري كه نقطه نوراني روي پرده حركت كرده مربوط به دامنه ولتاژ وارد به صفحات انحراف دهنده مي باشد و اين پارامتر حساسيت انحراف لامپ اشعه کاتدي ناميده مي شود، آن را مي توان به صورت ولتاژ(يا جريان) لازم براي حركت نقطه نوراني در فاصله مشخصي روي پرده لامپ اشعه کاتدي تعريف نمود. معمولاً حساسيت انحراف(به طور جداگانه براي هر جفت صفحات) به ميلي متر بر ولت(يا بر ميلي آمپر) بيان مي شود. حساسيت انحراف از نظر مقدار مربوط به طرح اشعه کاتدي و شرايط كار آن مي باشد. براي يك جفت صفحات انحراف دهنده موازي، حساسيت انحراف تقريباً با رابطه زير به دست مي آيد.

$$S = bm/2dV_{A^2}$$

كه در آن:

b = طول صفحات انحراف

M = فاصله وسط صفحات تا پرده

D = فاصله بين صفحات

$V_{A^2}$  = پتانسيل آند دوم

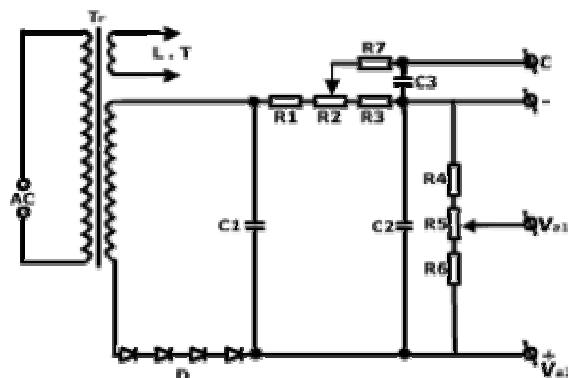
است. معمولاً حساسيت انحراف لامپهاي اشعه

کاتدي از ۰/۱ تا ۰/۵ ميلي متر بر ولت است

## يك سو كننده ولتاژ زياد و مرور

مسئله بسيار ويژه در اسيلوسكپ هاي اشعه كاتدي تهيه ولتاژ زياد يا ولتاژ فوق العاده زياد (E.H.T) براي تغذيه آندهاي آن مي باشد اين ولتاژ از يك تا ۲۰ كيلو ولت متغير است. معمولاً اين مسئله با يك سو كننده ولتاژ زياد مشابه آنچه در شكل ۲ نشان داده شده است انجام مي گيرد.

با مراجعه به شكل ۲، يك سو كننده ژرمانيومي يا سلنيومي ميله اي شكل مي باشد، مقاومت هاي  $R_1$  تا  $R_6$  مقسم ولتاژ را مي سازد و اين ولتاژهاي تغذيه به الكترودهاي لامپ اشعه كاتدي اعمال مي گردد. مقاومت  $R_2$  يك پتانسيومتر است كه ولتاژ وارده را براي بياس منفي شبكه و مقاومت روشنائي برقرار مي كند، مقاومت هاي  $R_3$  و  $R_1$  يك صافي را مي سازد و مقاومت  $R_7$  و خازن  $C_3$  با هم صافي دكوپلاژ مي باشند. مقاومت  $R_5$  نيز يك پتانسيومتر براي كنترل پتانسيل آند اول براي تمرکز (ROUSE) و  $R_6$  براي كنترل پتانسيل آند دوم به كار رفته اند. خازن هاي  $C_1$  و  $C_2$  براي صاف كردن ضربانات استفاده شده اند. سيم پيچ L.T ترانسفورماتور- Tr ولتاژ تغذيه گرمكن لامپ اشعه كاتدي را (كه ۶/۳ ولت مي باشد) تهيه نمايد.



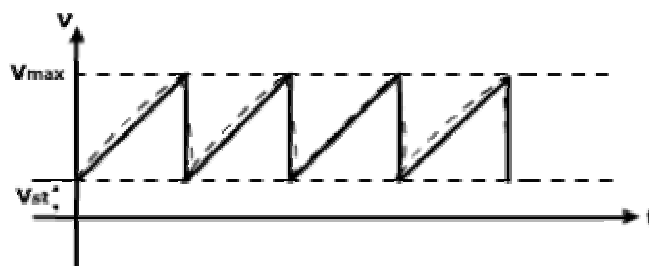
شكل ۲ - طرح مدار يك يكسو كننده ولتاژ زياد

قبلاً يادآوري شده است، طرح نمايش تغييرات كميت مجهول نسبت به زمان روي پرده لامپ اشعه كاتدي با

وارد نمودن سیگنال مورد نظر به صفحات انحراف عمودی و اعمال يك ولتاژ مرور به صفحات انحراف افقی صورت می گیرد، ولتاژ مرور باید خطی باشد زیرا انحراف در جهت افقی مستقیماً با زمان متناسب است. پس نقطه نورانی توسط مرور در جهت افقی با يك سرعت ثابت کشیده می شود و این نقطه نیز به طور عمودی توسط تغییرات سیکل ولتاژ وارده منحرف می گردد. در نتیجه نقطه نورانی روی پرده شکل موج را به همان طریقی که معمولاً به صورت ترسیمی می کشند به معرض نمایش در می آورد.

اگر دوره تناوب ولتاژ متناوب وارد به صفحات عمودی برابر با دوره تناوب مرور باشد بدیهی است که هر دو موج در همان صفحات در همان لحظه از زمان، مرور را شروع خواهند کرد و طرح نمایش داده شده دقیقاً بر مبنای همان تصویر واقعی قرار می گیرد. چیزی که دیده می شود شکل ساکنی خواهد بود که می توان از آن عکس برداری نمود.

برای اینکه مرور بتواند به طور دوره ای تکرار شود باید ولتاژ مرور همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است شکل موج دندانه اری داشته باشد. ولتاژ به طور خطی تا  $V_{max}$  بالا می رود و سپس سریعاً به ولتاژ شروع  $V_{ST}$  بر می گردد. بنابراین در پایان مرور عرضی پرده نقطه نورانی به سمت چپ برای مرور بعدی آماده می شود. به این عمل، برگشت اشعه (FLY - BACK) می گویند و زمان مربوط به آن، زمان برگشت اشعه FLY- BACK TIME گفته می شود.



شکل ۳ ولتاژ دندانه اری مرور

ملزومات ولتاژ مرور عبارتند از:

- هنگام مرور به طرف جلو این ولتاژ باید خطی بوده تا مستقیماً با زمان متناسب باشد.

- زمان برگشت اشعه فقط باید کسر خیلی کوچکی از مدت زمان و مرور به طرف جلو باشد.

- این ولتاژ باید به قدر کافی قوي باشد تا مرور در تمام طول افقی پرده انجام گیرد.

مدارهای مختلفی در مولدهای مرور به کار می روند. لیکن اصول اساسی همگی آنها یکسان است. مثلاً یک خازن به تدریج شارژ شده و سپس وقتی به یک ولتاژ معینی می رسد به طور ناگهانی تخلیه می شود، در هر صورت ولتاژ دو سر خازن به طور تناوبی دائماً افزایش یکنواخت و در یک لحظه کاهش دارد.

شکل (V-5) مولد مرور ساده ای را با استفاده از یک لامپ گازی نئون نشان می دهد، خازن C از طریق منبع ولتاژ ثابت V و مقاومت متغیر R1 شارژ می گردد.

ولتاژ خازن C در دو سر لامپ گازی و مقاومت R2 قرار گرفته است. وقتی ولتاژ دوسر خازن C برابر با ولتاژ شکست لامپ گازی ( $V_{max}$ ) در شکل (V-5) می شود، شکست هدایتی لامپ گازی و تخلیه ناگهانی خازن از طریق آن طوری انجام میگیرد تا ولتاژ خازن به میزانی معادل ولتاژ تهیج لامپ تنزل یابد. در این لحظه لامپ گازی قطع کرده و عبور جریان تخلیه متوقف می شود و خازن سیکل جدید شارژ خود را شروع می کند، در نتیجه ولتاژ دو سر خازن شکل موج دنداناره ای شبیه خط چین نشان داده شده در شکل (V-5) دارد. زمان تخلیه بایستی فقط کسری از زمان شارژ که با حاصل ضرب RICI (ثابت زمانی) تعیین می شود باشد.

مدار مرور تشریح شده در فوق کمتر برای تولید مرور نقطه نورانی در مدار افقی پرده اسیلوسکوپ به کار می

رود، از این رو از مولد مرور به کمک لامپ تیراترون استفاده می شود. در این مولد مرور تا مادامی که ولتاژ خازن پایین تر از ولتاژ شکست لامپ است آند تیراترون جریان خیلی کمی می کشد، وقتی ولتاژ خازن به مقدار ولتاژ شکست می رسد ناگهان هدایت تیراترون شکسته شده و خازن سریعاً در لامپ تخلیه می کند و جریان هدایتی مدار به حداکثر می رسد، ولتاژ خازن تقریباً به طور آنی به ولتاژ تهیج لامپ تنزل می یابد، ولتاژی که به خازن اجازه تخلیه می دهد توسط پتانسیونر  $R$  و  $RO$  مقاومت محدود کننده جریان شبکه لامپ قابل تنظیم است. بنابراین دامنه ولتاژ دندانه ای می تواند با آن تنظیم شود، مقاومت  $R_{lim}$  محدود کننده جریان آند لامپ می باشد (شکل ۶-۷)

نحوه مروری که در بالا اشاره شده است یکی مرور ثابتی در پرده لامپ اشعه کاتدی به وجود می آورد و فرکانس ولتاژ مرور فقط برابر یا چند برابر فرکانس سیگنال ورودی می باشد، در وضعیت های دیگری که فرکانس یک کم تغییر می کند مرور «دوندگی» و یا تبدیل به لکه روشنی روی پرده خواهد شد.

حال که مولد مرور نمی تواند عملاً ثبات کافی را تأمین نماید و نمی تواند دقیقاً در زمان درستی مرور را شروع کند، نمی توان انتظار داشت فرکانس سیگنال تحت نمایش کاملاً ثابت باشد. بنابراین احتیاج به سنکرون یا همزمانی بین مرور اسیلوسکپ و سیگنال ورودی می باشد، به طریقه معمولی با رساندن قسمتی از سیگنال ورودی به مولد مرور که به آن همزمانی داخلی گفته می شود همزمانی نمایش تأمین می گردد.

محدودیت استفاده لامپهای خلاء زیاد را در مولد مرور لازم می سازد.

چنین مولد مروري با استفاده از مولتي ويبراتور با کوپلاژ کاتد در شکل نشان داده شده است. فید بک مدار توسط مقاومت مشترک واقع در کاتد دو لامپ تهیه می شود. مقاومت R5 بار آند است. فرکانس ولتاژ دندانه اری ای با شبکه R4 R3 C1 تعیین می گردد. کنترل فرکانس با R4 فراهم شده است. ردیف فرکانس با تعویض خازنهای C1 و C2 به دست می آید. دامنه ولتاژ دندانه اری ای با مقاومت R6 تنظیم می شود.

### اسیلوسکپ کامل

علاوه بر لامپ کاتدی (CRT) و قسمت های تشریح شده در بخش قبلی، کار عادی اسیلوسکپ اشعه کاتدی مستلزم اجزاء کمکی معینی است، عمل متقابل بین اجزاء با لامپ اشعه کاتدی با مراجعه به شکل (۸-۷) ملاحظه خواهد شد.

برای اینکه نقطه نورانی به قدر کافی روی پرده لامپ اشعه کاتدی انحراف داشته باشد بایستی به صفحات انحراف پتانسیلهای چندین ده یا چند صد ولت وارد شود، با اینکه ممکن است سیگنالهای مخصوص ورودی اسیلوسکپ ولتاژ کم داشته باشد، وظیفه تولید ولتاژ کافی برای انحراف توسط افقی (X-) و تقویت کننده عمودی (Y-) انجام می گیرد.

مقدار صحیح تقویت توسط تقویت کنند افقی با پتانسیومتر R2 انتخاب می شود. این موضوع در تقویت کننده عمودی با پتانسیومتر دیگری یعنی R1 صورت می گیرد، تا پهنا و ارتفاع نمایش پرده به طور رضایت بخشی قابل کنترل باشد.

در مولد مرور تیراترون شکل (۶-۷) سیگنال همزمانی با پالس سنکرون Vsync، از طریق تقویت کننده عمودی به صورت یک پالس مثبت به شبکه می رسد و این پالس

سبب هدایت تیراترون در لحظه صحیح هر سیکل می گردد، به طوری که ولتاژ سیگنال ورودی از لحظه ای که سیکل خود را آغاز می کند شروع مرور نقطه نورانی روی پرده لامپ اشعه کاتدی در همان لحظه خواهد بود. اگر لازم باشد نقطه نورانی دو بار پرده را مرور می کند و سیکل نمایش داده خواهد شد و پالس همزمانی در هر ثانیه یک بار اعمال می گردد. پالسهای همزمانی به جای قسمتی از سیگنال ورودی ممکن است از یک مدار خارجی به دست آید. این مدار همزمانی خارجی (external sync) گفته می شود و نحوه کار آن به همان صورت همزمانی داخلی است.

به دلیل تأخیر زمانی مربوط به دیوهای گازی و لامپهای با تخلیه گاز (تیراترون) تولید مرور با استفاده از آنها در مولدهای مرور، فرکانس مرور تا ۲۰ یا ۲۵ کیلو سیکل محدود می شود. به بیان دیگر بعضی اندازه گیری ها با اسیلوسکپ فرکانسهای بسیار زیاد (تا چندین مگا سیکل) لازم دارد.

بیشتر اسیلوسکپ ها پیش بینی هایی برای اتصال مستقیم ولتاژ ورودی به صفحات انحراف دهنده ( $x - x'$ ) و ( $y - y'$ ) به جای تقویت کننده های ورودی دارند. این موضوع مخصوصاً انجام شده تا اینکه سیگنالهای با فرکانس بیشتر از پهنای باند تقویت کننده عمودی قابل نمایش باشند.

مولد مرور TB با اعمال پالس سنکرون از: الف) منبع داخلی، ب) برق ۵۰ سیکل شبکه یا پ) یک منبع خارجی توسط قرار دادن کلید سنکرون (SYNC.SWITCH) اسیلوسکوپ روی هر یک از آنها هماهنگ یا همزمان می

شود. مقدار شدت پالس همزمانی یا سنکرون می تواند با پتانسیومتر R5 کنترل گردد.

تقویت کننده های به کار رفته در اسیلوسکوپ بایستی دارای باند پهن مختلف با پاسخ فرکانس خطی باشند تا اینکه شکل موجهای بدون اعوجاج در روی پرده لامپ اشعه کاتدی به دست آید.

یکی از تقویت کننده های باند پهن مناسب برای اسیلوسکوپ در شکل (۷-۹) نشان داده شده است. این تقویت کننده یک تقویت کننده کوپلاژ R5 با استفاده از لامپ پنتود با شیب زیاد و باند پهن می باشد. سیم پیچ فرکانس رادیویی RFC به صورت سری با مقاومت بار R4 آند برای گسترش پهنای باند در جهت فرکانسهای بالاتر اتصال یافته است. برای فرکانسهای پایین تر این موضوع توسط شبکه R5 C5 واقع در آند انجام می گیرد.

ولتاژ وارده به تقویت کننده عمودی با پتانسیومتر ورودی R1 کنترل می شود و امپدانس ورودی اسیلوسکوپ را تعیین می کند. این امپدانس کمتر از ۵۰۰ کیلو اهم نیست. اگر امپدانس ورودی اسیلوسکوپ زیاد باشد تقویت کننده جریانی نمی کشد و برای این منظور یک شبکه بایاس سرخود متشکل از R2C2 در مدار کاتد قرار داده شده است. تقویت کننده دارای تقویت بدون اعوجاجی با ردیف فرکانس ۳۰-۵۰ سیکل تا ۱۰-۳۰ کیلو سیکل و بهره ای در حدود ۱۰۰ است، برای پهنای باند بیشتر از مقدار یاد شده بهره تقویت کاهش می یابد.

تقویت کننده های کوپلاژ RC مورد استفاده در اسیلوسکوپ های موجود پهنای باندی از ۵۰ سیکل تا ۲۰ مگا سیکل دارند. تقویت کننده های لامپ T.W.T در

دستگاه‌های اندازه گیری مخصوص تا پهنای باند چند صد مگا سیکل به کار می روند.

### **اسیلوسکپ اشعه کاتدی**

#### **C1-1(30-70)**

یکی از متداول ترین اسیلوسکپ های اسیلوسکپ C1-1 می باشد. در این اسیلوسکپ از یک لامپ اشعه کاتدی با پرده ۱۲۵ میلی متری استفاده شده است. حساسیت انحراف عمودی آن ۰/۲۵ سانتی متر بر میلی ولت و حساسیت انحراف افقی آن ۴/۵ سانتی متر بر میلی ولت می باشد. بهره تقویت کننده عمودی ۱۸۰۰ و بهره تقویت کننده افقی آن ۲۵ است. امپدانس ورودی تقویت کننده عمودی ۲ مگا اهم و کاپاسیتانس آن ۳۰ پیکوفاراد است. ردیفهای فرکانس مولد مرور با نوسان آزاد ۲-۷ ، ۷-۳۰ ، ۳۰-۱۳۰ ، ۵۰۰-۱۳۰ سیکل و ۰/۵-۲ ، ۲-۷ ، ۲۵-۷ و ۵۰ - ۲۵ کیلو سیکل است.

تضعیف کننده پله ای ورودی با مقاومت و خازن ساخته شده است و با کلید انتخاب تضعیف ۰ ، ۲۰ و ۴۰ دسی بل را تهیه می کند.

سیگنال ورودی از طریق تضعیف کننده ابتداء به تقویت کننده عمودی وارد می شود و از آنجا به تقویت کننده پوش - پول خروجی و سپس به صفحات انحراف عمودی لامپ اشعه کاتدی می رود.

مولد مرور به کار رفته در اسیلوسکپ C1-1 از لامپ تیراترون ساخته شده است. بانده های مختلف فرکانس مولد مرور با تعویض خازن انجام می گیرد. فرکانس مرور در هر باند فرکانس می تواند با یک پتانسیومتر اصلی کنترل شود.

تقویت کننده عمودی می تواند با محل شکل موج تحت نمایش (همزمانی داخلی)، و یا از طریق برق متناوب ۵۰ سیکل (همزمان با برق) و یا از طریق یکی منبع

خارجي (همزمانی خارجی) همزمان شود، همزمانی مختلف را می توان با کلید سنکرون انتخاب نمود. ولتاژ مرور به تقویت کننده افقی و سپس به تقویت کننده پوش - پول خروجی آن می رود. با تغییر ولتاژهای تحریک لامپهای پوش - پول محل نقطه نورانی در طول محور افقی (کنترل تغییر مکان عمودی) نیز تغییر نماید. این اسیلوسکپ دارای اتصالاتی برای وارد نمودن مستقیم سیگنال ورودی به صفحات انحراف افقی و عمودی می باشد.

### نمایش دادن پالس

اسیلوسکپ معمولی با مرور نوسان آزاد (تکراری) برای نمایش پدیده های پالس حتی پالس با کیفیت پایین با مشکل مواجه می شود. در بعضی از مدارات الکترونیک پالسهایی به کار می روند که مدت دوام آنها بسیار کوتاه (کمتر از چند میکرو ثانیه) و میزان تکرار سریع (صدها برابر بزرگتر) دارند. حال اگر مدت دوام یک پالس فقط چند صدم زمان مرور اسیلوسکپ باشد این پالس به صورت یک نوک تیز روی پرده کمی ظاهر شده و برای ارزیابی یا مطالعه اطلاعات چندانی را به دست نخواهد داد.

بنابراین باید پهنای تصویر با به کار بردن فرکانس مروری چندی برابر میزان تکرار پالس زیاد شود. در این وضعیت هم اثر اشعه روی پرده در طول منحنی پالس به صورت یک ضربه یا اینکه در طول خط افقی اثر چندین ضربه را خواهد داشت و به هر حال تصویر پالس نیز برای مطالعه یا عکس برداری غیر واضح خواهد بود.

در عوض از نوعی مدار به نام مرور تریگر در اسیلوسکپ برای نمایش دادن پالس استفاده می شود. مرور تریگر برای مطالعه پالسهای با دوام کوتاه و هم جریانهای گذرا با فواصل زمانی نا منظم به طور یکسان رضایت بخش است.

در اسیلوسکپ با مرور تریگر در غیاب پالس تحت نمایش، مرور قطع و در حال تریگر می باشد یعنی با ورود یک پالس مناسب مرور افقی اسیلوسکپ شروع می شود. پالس تریگر ممکن است به دو صورت یا از یک منبع داخلی یا از پدیده تحت مطالعه گرفته شده و به مولد مرور وارد شود. در حقیقت مولد مرور توسط پالس تریگر یک ولتاژ دندانه اری به صفحات عمودی اعمال می نماید. در زمان  $T_1$  (شکل ۷-۱۰) اشعه، مرور رو به جلو را انجام میدهد و در زمان  $T_3$  اشعه برگشت می کند. درست در لحظه ای که مولد از کار می ایستد تا زمان  $T_3$  به حال توقف می ماند تا اینکه پالس تریگر بعدی وارد شود. مجموع  $T_1, T_2, T_3$  برابر با  $T_{ts}$  است که آن را تناوب (زمان) مرور با تریگر می نامند.

حال نحوه کار مولد مرور تریگر با تفصیل بیشتری مورد مطالعه قرار میگیرد. همانطور که ترکیب مدار شکل (۷-۱۱) نشان میدهد این مدار با مدار مرور آزاد تفاوتی ندارد بجز اینکه لامپ مدار تا یک پالس تریگر نرسد به کار نمی افتد. وقتی که مدار در وضعیت ساکن (بدون سیگنال) قرار دارد بایاس مثبتی از طریق  $r_3$  به شبکه لامپ وارد شده و لامپ در حال هدایت است، خازن  $C_2$  به علت مقاومت کم لامپ در حال هدایت عملاً تخلیه شده است. درست در لحظه ای که سیگنال مورد نظر به صفحات عمودی اسیلوسکپ وارد می شود یک تریگر مربع شکل منفی هم از طریق شبکه دیفرانشیتور متشکل از خازن و مقاومت کم  $R_1C_1$  به شبکه لامپ اعمال می گردد. دامنه پالس تریگر به اندازه ای است که لامپ را به نقطه قطع می برد. همچنان که لامپ قطع شد خازن  $C_2$  از طریق مقاومت  $R_2$  شارژ می شود و با از بین رفتن پالس تریگر

مجددا لامپ شروع به هدایت کرده و خازن C2 سریعاً تخلیه می شود ولتاژ دندانه اری ای تهیه شده به صفحات افقی اسیلوسکپ می رود. ولتاژ دندانه اری ای پالس برای حرکت اشعه در طول یک مرور کافی است. بدیهی است که مدت دوام پالس تریگر باید برابر با زمان مرور باشد. مسئله مهم دیگر در مورد پالس تریگر این است که پالس باید فقط برای شروع نوسان مولد مرور به کار رود و هیچ گونه اثری در کار مدار مرور نداشته باشد.

شکل موج ولتاژ آند لامپ (دو سر خازن C2) در شکل b (۱۱-۷) نشان داده شده است. زمان افزایش اکسیونانسیل ولتاژ (منحنی AB) در مدت مرور اشعه t1 است که با رابطه زیر بیان می شود:

$$VC2 = Ea(1 - e^{-t/R2C2})$$

در نقطه B داریم: t=t1 که از آنجا دامنه ولتاژ دندانه اری اری ای:

$$V = Ea(1 - e^{-t1/R2C2})$$

است. ضریب غیر خطی ولتاژ دندانه اری ای از دیفرانسیل معادله VC2 به دست می آید، یعنی:

$$\beta = \frac{|dV_{C2}/dt|_{t=0} - |dV_{C2}/dt|_{t=t1}}{|dV_{C2}/dt|_{t=0}} = 1 - e^{t1/R2C2}$$

که از آنجا:

$$R2C2 = -t1/\ln(1 - \beta)$$

با مراجعه به معادله  $V$  ملاحظه می گردد که دامنه ولتاژ دندانه آره ای می تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$V = Ea.\beta$$

در مدت زمان برگشت اشعه (منحنی BC) خازن  $C2$  از طریق مقاومت  $RO$  یعنی مقاومت هدایتی لامپ تخلیه می شود، در مدارهای عملی ثابت زمانی تخلیه یک دوم تا یک سوم زمان برگشت اشعه انتخاب می گردد، در مدت برگشت اشعه ولتاژ دو سر خازن  $C2$  به صورت اکسپونانسیل کاهش می یابد:

$$VC2 = V.e^{-t/ROC2}$$

با قرار دادن ولتاژ  $VC2 = 0.05V$  ثابت زمانی برگشت اشعه از معادله فوق:

$$ROC2 = t2/3$$

خواهد بود که در آن  $RO$  مقاومت هدایتی لامپ و  $C2$  ظرفیت خازن مدار می باشد، از آنجا:  $t2 = 3ROC2$  می باشد البته چون  $RO \gg R2$  است، بنابراین  $t1 \gg t2$  خواهد بود.

## اسیلوسکپ اشعه کاتدی

### C1-5(SI-1)

اسیلوسکپ اشعه کاتدی (C1-5 (SI-1 برای مشاهده پدیده های پالس با مدت دوامی از ۰/۱ تا ۳۰۰۰ میکروثانیه و پدیده های گذرا با میزان تکرار بالاتر از یک مگا سیکل در نظر گرفته شده است.

لامپ اشعه کاتدی آن دارای حساسیت عمودی ۲۵ میلی متر بر ۰/۳ ولت برای باند پهن (۱۰ مگا سیکل) و ۲۵ میلی متر بر ۰/۱ ولت برای باند باریک (۰/۵ مگا سیکل) است. امپدانس ورودی آن تقریباً ۰/۵ مگا اهم و کاپاسیتانس ورودی حدود ۵۰ پیکو فاراد می باشد.

حساسیت افقی لامپ ۲۵ میلی متر بر ۰/۳ ولت و  
امپدانس ورودی تقویت کننده افقی آن تقریباً ۸۰ کیلو اهم  
است.

اسیلوسکپ دو نوع مرور آماده می کند:  
\* مرور تریگر با ردیفهای زمانی ثابت ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۳۰،  
۱۰۰، ۳۰۰، ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ میکرو ثانیه با ابعاد مطالعه (۴۰ تا  
۶۰ میلی متر) برای پدیده های پالس.  
\* مرور نوسان آزاد با ۹ باند فرکانس که می تواند از  
۲۰ سیکل تا ۲۰۰ کیلو سیکل به طور مداوم تغییر می  
کند.

طرح طبقاتی اسیلوسکپ در شکل (۷-۱۲) نشان داده  
شده است. تضعیف کننده ATT پله ای ورودی نوع RC  
بوده و جمعاً تضعیف ۴۰ دسی بل را به صورت قابل  
انتخاب در سه مرحله ۱۰ دسی بل با کمک کلید به وجود  
می آورد، سیگنال از طریق تضعیف کننده به تقویت کننده  
عمودی می رود.

تقویت کننده عمودی متشکل از یک طبق کاتد  
فالوور CF1، یک خط تاخیر DL، یک طبقه معکوس کننده  
فاز PIT و طبقه پوش - پول PP می باشد کاتد فالوور CF1  
به خط تاخیر سیم پیچ و خازن DL متصل شده و سیگنال  
هنگام عبور از آن از نظر زمانی ۰/۲ میکرو ثانیه تاخیر پیدا  
می کند، ولتاژ ظاهر شده در آندهای طبقه پوش - پول PP  
به صورت فاز مخالف به صفحات انحراف عمودی لامپ  
اشعه کاتیو وارد می شود.

وظایف تقویت کننده همزمانی و تقویت کننده افقی  
همان طور که از نام این طبقات ملاحظه می شود معلوم

است. مولد مرور از يك مولتي ويبراتور تشكيل شده است. ولتاژ دندانه اره اي توليد شده با مولتي ويبراتور از طريق يك كليد به مدار كاتد فالوور CF2 مي رود و سپس از طريق معكوس كننده فاز PI2 به صفحات انحراف افقي لامپ اشعه كاتدي اعمال مي گردد، باندهاي فرکانس مرور با تعويض خازنهابي صورت مي گيرد. در فاصله هر باند فرکانس مرور مي تواند به طور پيوسته تنظيم شود. معكوس كننده فاز PT2 ولتاژ دندانه اره اي وارد به صفحات افقي را به طور متقارن تامين مي كند.

در طبقه مرور TM يك مولد علامت گذاري زمان TIME MARKET - كه نقاط كوچكي را براي تنظيم زمان مرور اسيلوسكپ توليد مي كند وجود دارد. اين مولد از يك نوسان ساز، شش مدار هماهنگ براي تطبيق فرکانسهاي موج سينوسي با تناوب ۰/۰۵، ۰/۲، ۱، ۲۰ و ۱۰۰ ميكرو ثانيه و يك كليد به منظور قرار دادن هماهنگها در مدار تشكيل شده است. ولتاژ توليد شده توسط مولد علامت گذار به كاتد لامپ اشعه كاتدي وارد مي شود و به موجب آن اشعه روشني تصوير را براي اين فرکانس تغيير ميدهد و نقاط كوچك روشني روي مرور توليد مي نمايد. اشاره مي شود به كمك وضعيت هاي كليد علامت گذار زمان و شمارش تعداد علامات به سهولت مي توان دوام پالس تحت مطالعه را تعيين نمود.

دامنه سيگنال تحت نمايش مي تواند با مقايسه آن به كمك يك شكل موج ولتاژ آزمايش (TEST VOLTAGE) ۵۰ سيكل كه توسط يك ثابت كننده مناسب در اسيلوسكپ تهيه مي گردد اندازه گيري شود.

اکنون نحوه کار با اسيلوسكپ C1-5 شرح داده مي شود. ابتدا كليد روشن و خاموش اصلي اسيلوسكپ روي "ON" قرار ميگيرد. دستگاه پس از دو تا سه دقيقه گرم شده و نقطه نوراني روي پرده از نظر روشنايي (به طوريكه ملايم روشن و به وضوح نمايان باشد) و تمرکز آن تا آنجا كه ممكن است با ابعاد كوچك تنظيم مي شود و

سپس با کنترل هاي تغيير مكان افقي (X-SHIFT) و تغيير مكان عمودي (Y-SHIFT) نقطه نوراني در مركز پرده قرار مي گيرد.

حال نوع مرور، فرکانس يا مدت آن نوع همزمانی و قرار گرفتن تضعیف کننده ورودی، انتخاب می شوند، تمام این پارامترهای با نوع اندازه گیری و مقدار پدیده تحت مطالعه تعیین می گردد.

برای نمایش پدیده های پالس با دوام بیشتر از ۳۰۰۰ میکرو ثانیه، مرور تریگر انتخاب می گردد. برای پدیده های تناوبی با جریانات با دوام زیر ۳۰۰۰ میکرو ثانیه مرور نوسان آزاد انتخاب می شود. مرور مورد نظر با کلید "TIME-BASE SELECTOR" قابل انتخاب است.

سرعت مرور (ردیف زمان) طوری انتخاب خواهد شد که تمام پالس یا سیکل کامل سیگنال بتواند نمایش داده شود و تصویر حاصل قسمت بزرگی از پرده را اشغال نماید. سرعت مرور زیاد تصویر را در جهت افقی بیشتر باز یا گسترده می کند.

در مورد نمایش پدیده های پالس کلید ردیف زمان "TIME RANGE" از نظر زمانی در حدود دوام پالس تحت نمایش گذارده می شود با مرور نوسان آزاد ردیف فرکانسهای لازم با کلید باند فرکانس انتخاب شده و تنظیم دقیق فرکانس در حال رویت تصویر روی پرده با کنترل "FREQ. FINE" به دست می آید.

همزمانی وقتی با قسمتی از خود سیگنال انجام می شود که کلید "SYNC" روی همزمانی داخلی قرار گیرد، بنابراین اگر سیگنال ورودی نتواند همزمان شود، پالسهای همزمانی از یک منبع خارجی که به ترمینال "X-INPUT" متصل می گردد و با قرار دادن کلید "SYNC" روی وضعیت همزمانی خارجی به دست خواهد آمد. اگر سیگنال نمایشی مربوط به فرکانس برق شبکه است کلید "SYNC" روی وضعیت "MAINS" گذارده می شود.

حداکثر ولتاژي که باید به ورودی اسیلوسکپ وارد شود ۲۰۰ ولت است اگر ولتاژ ورودی معلوم نباشد تضعیف کننده ورودی روی  $1 \div 100$  (۴۰ دسی بل) قرار می گیرد و کنترل "Y-AMP" تا هنگامی که ارتفاع تصویر روی پرده ۲۰ تا ۲۵ میلی متر نشده تنظیم می گردد. اگر بتوان تصویر با ارتفاع کوچکتر به دست آورد کلید تضعیف کننده روی  $1 \div 10$  (۲۰ دسی بل) یا  $1 \div 1$  (۰ دسی بل) گذارده می شود.

بعضی اوقات اندازه گیری به کمک ولتاژ انحراف افقی از یکی منبع خارجی لازم است. بنابراین کلید انتخاب مرور در وضعیت "AMP." و کلید "SYNC" در وضعیت "EXT.SYNC" گذارده خواهد شد و ولتاژ مرور بایستی به ترمینال "X-INPUT" وارد شود و دامنه تصویر به کمک کنترل "SYNC" تنظیم می شود.

برای تعیین دامنه پالس تحت مطالعه، تضعیف کننده ورودی و کنترل "AMP." به طوری که بزرگی تصویر از ۲۵ میلی متر تجاوز نکند تنظیم می شود ارتفاع از روی درجه بندی پرده قرائت خواهد شد. اکنون کنترل "AMP." رها شده و تضعیف کننده ورودی در محل "CAL." قرار می گیرد و ولتاژ آزمایش به تقویت کننده عمودی وارد خواهد شد. این ولتاژ به طوری که ارتفاع آن با ارتفاع پالس تحت نمایش برابر شود تنظیم می گردد و از درجه بندی پتانسیومتر "AMP.CAL." قرائت می شود. پس دامنه سیگنال مورد نظر:

$$V = VC.K$$

خواهد بود که در آن VC دامنه ولتاژ آزمایش به ولت و K میزان تنظیم پتانسیومتر می باشد.

وقتی فرکانس سیگنال مجهول خارج از پهنای باند تقویت کننده قرار دارد، این سیگنال مستقیماً به کمک ترمینالهای قرار داده شده در کنار اسیلوسکپ به صفحات انحراف عمودی لامپ اشعه کاتدی وارد می شود. معمولاً این ترمینالها با یک دو شاخت اتصال کوتاه شده اند

حداکثر مقدار این ولتاژ نباید از ۲۰۰ ولت تجاوز کند و پالس همزمانی باید از منبع خارجی گرفته شود. انتخاب باند پهن (۱۰ مگا سیکل) و باند باریک (۵۰۰ کیلو سیکل) برای اندازه گیری به کمک یک کلید کوچک واقع در کنار اسیلوسکپ فراهم می آید.

### اسیلوسکپ های مخصوص

گاهی اوقات مطالعه چگونگی تغییر دو کمیت الکتریکی مختلف نسبت به یکدیگر برای اندازه گیری های الکترونیکی لازم است. برای مثال در آزمایش و مطالعه تقویت کننده های با شکل موجهای مختلف نمایش همزمان دو سیگنال ورودی و خروجی تقویت کننده با هم روی یک پرده اسیلوسکپ به منظور مقایسه آنها قابل توجه است زیرا می توان اعوجاج دامنه سیگنال خروجی را دقیقاً با سیگنال ورودی مشاهده نمود.

این مطالب توسط اسیلوسکپ های مخصوصی مانند اسیلوسکپ دو شعاعی (TWO-BEAM OSCILLOSCOPE) و اسیلوسکپ با مرور دوتایی (DUAL-TRACE OSCILLOSCOPE) قابل اجرا است.

اسیلوسکپ دو شعاعی دارای یک لامپ اشعه کاتی همراه با دو لوله پرتاب الکترون است. بنابراین از لامپ اشعه کاتی این اسیلوسکپ دو شعاع الکترونی به دست می آید و دو سیستم مستقل انحراف افقی با دو جف صفحات انحراف این دو اشعه را در جهت افقی منحرف می نمایند. انحراف افقی دو شعاع هر دو لوله پرتاب الکترون به طور همزمان (یا جداگانه) با اعمال یک ولتاژ دندانه اری کنترل می شوند. کنترل انحراف عمودی دو اشعه جدا از هم می باشد و شکل موجها به صفحات انحراف عمودی جداگانه اعمال می گردند.

اسیلوسکپ با مرور دوتایی دارای یک لامپ اشعه کاتی و یک لوله پرتاب الکترون (مانند اسیلوسکپهای معمولی) و دو سیستم انحراف جداگانه است.

اسیلوسکپ از طریق دو کانال سیگنالهای ورودی را به طور تناوبی به صفحات انحراف اعمال می نماید. بنابراین با مرور سرعت زیاد دو تصویر مختلف همزمان روی پرده مشاهده خواهند شد. دو کانال معمولاً با A و B علامت گذاری شده و دارای یک مدار کلید الکترونیکی برای هدایت به نوبت سیگنالهای قسمت مطالعه به صفحات انحراف عمودی است. هر دو کانال اسیلوسکپ شامل یک تضعیف کننده، یک مدار امیتر فالوور (کاتد فالوور)، یک پیش تقویت کننده و یک معکوس کننده فاز پوش - پول برای انتقال دادن سیگنالهای ورودی نامتقارن می باشد. معکوس کننده های فاز هر دو کانال به کلید الکترونیک که دارای خط تاخیر دهنده و تقویت کننده انتهایی (اصلی) هست کوپلاژ می شوند. خروجی تقویت کننده انتهایی به صفحات انحراف عمودی اعمال می گردد و در نتیجه اسیلوسکپ با مرور دوتایی دارای چهار حالت قابل انتخاب برای اندازه گیری می شود.

- حالت انتخاب کانال A و کانال B هر یک به تنهایی برای اندازه گیری جداگانه.

- حالت یک در میان بین دو کانال (ALTERNATE) که در پایان هر مرور دیگری شروع می شود.

- حالت شکسته (chop.) مثلاً در فاصله زمانی یک مرور فرکانس آن از ۵۰۰ کیلو سیکل به یک مگا سیکل تغییر می یابد.

- حالت جمع و یا تفاضل کانالهای A و B به صورت A-B یا A+B

در اسیلوسکپ با مرور دوتایی از دو مرور اصلی (A) و تاخیری (B) استفاده می شود. این دو مرور از دو مولد و یک مدار مقایسه ساخته شده که مرور A برای مطالعات معمولی به کار می رود و مرور B برای باز کردن قسمت های شکل موج تحت نمایش به وسیله مرور A استفاده می شود.

تمرکز اشعه در اسیلوسکپ با مرور دوتایی دقیق تر از اسیلوسکپ دو شعاعی است، البته روشنایی تصویر این اسیلوسکپ به علت تناوب نمایش کمتر از اسیلوسکپ دو شعاعی می باشد. به هر حال اسیلوسکپ با مرور دوتایی به علت ساختمان ساده تر نسبتاً ارزان تر بوده و انجام کار بهتری را نشان می دهد.

طرح طبقاتی ساده یک اسیلوسکپ با مرور دوتایی در شکل (۷-۱۳) نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود این اسیلوسکپ دارای دو کانال A و B برای ورود سیگنال است. کانالها هر یک شامل تضعیف کننده، پیش تقویت کننده و خط تاخیر دهنده متشکل از مدارهای با خازنها و سیم پیچهای زیاد برای تاخیر می باشد. مدار کلید الکترونیک در واقع یک تقویت کننده دیفرانسیل است که سیگنالهای ورودی دو کانال توسط کلید انتخاب مناسب در ورودی این طبقه را به حالت چهارگانه به تقویت کننده اصلی عمودی میدهد. پالسهای تریگر از طبقه پیش تقویت گرفته شده و از آنجا برای همزمانی سیگنالهای ورودی با مرور به مدار مولد مرور می رود. ولتاژ دندانه اری ای مولد مرور به تقویت کننده اصلی افقی و از آنجا به صورت متقارن به صفحات افقی اعمال می شود. شکل (۷-۱۴) نمایش همزمان دو پالس در حالت های الف به طور جداگانه ب مجموع دو پالس و پ تفاضل آنها روی پرده اسیلوسکپ، نشان میدهد.

### مرور تاخیری

اندازه گیری پدیده های پالس (یا ضربه ای) به روشهای گوناگون و با دقت های مختلف انجام می گیرد. بیشتر اندازه گیریهای مربوط به فاصله زمانی (TIME-INTERVAL) به کمک اسیلوسکپ های با مرور تاخیری نتیجه و دقت بهتری را به دست می دهد. مرور تاخیری از ترکیب دو مولد مرور ساخته می شود که نمایش مرور

توسط دومین مولد مرور صورت می گیرد. و به مولد مرور اولی مولد در حال تاخیر (مولد اصلی) و به دومین مولد تاخیری می گویند. مطابق شکل (۷-۱۵) شیب تولید شده توسط مولد در حال تاخیر با یک پالس تریگر در زمان  $t_1$  شروع می شود. تا رسیدن یک تراز مقایسه کننده به نام تقسیم تاخیر (با شکل موج مستطیلی) این شیب امتداد می یابد. در زمان  $t_1$  مولد در حال تاخیر می ایستد و مولد تاخیری دوم تازه شروع به کار می کند. بنابراین امکان دو ترکیب برای قرار گرفتن پالس تریگر در مولد تاخیری موجود است.

- مولد تاخیری فقط تا رسیدن ولتاژ تاخیر (شکل موج مستطیلی) از مقایسه کننده به طور خودکار موج دندانداره ای طبق شکل (a) ۷-۱۵ می سازد که این ترکیب در مولدهای تاخیر زمان (THME- DELAY GENERATOR) به کار می رود. طول پالسهای مستطیلی شکل (تقسیم تاخیر) می تواند با استفاده از یک پتانسیومتر ساده در مدار کنترل شود.

- مولد تاخیری با یک پالس تریگر داخلی یا خارجی در زمان  $t_b$  بعد از  $t_1$  طبق شکل (b) ۷-۱۵ شروع به کار می کند. چنین ترکیبی در مولدهای تاخیر با تریگر (TREGGER- DELAY GENERATOR) به کار می رود.

حال دقت اندازه گیری پالس توسط مرور تاخیری مورد رسیدگی قرار میگیرد. هرگاه یک پالس منفرد برای تاخیر زمان از مبداء  $t_0$  اندازه گیری شود دکه DELAY اسیلوسکپ تا موقعی که پالس در مرکز بوده قرار گیرد تنظیم، و سپس تاخیر زمان پالس محاسبه گردد. اگر مثلاً زمان مرور اصلی انتخاب ۱۰ میکرو ثانیه برای هر تقسیم روی پرده باشد و تاخیر تقسیم روی ۶/۲۱۵ تقسیم قرار گیرد تاخیر زمان پالس ۶۲/۱۵ میکرو ثانیه (برای دقت زمان مرور  $\pm 3\%$  یا ۶۲/۲ میکرو ثانیه و دقت ۱/۹ میکرو ثانیه است.

اگر مبداء پالس علامت گذار زمان همراه با پالس تحت اندازه گيري (با يك اسيلوسكپ دوكاناله) به كار رود، دقت اساسا افزايش مي يابد، مثلا فرض كنيد پالس مبداء در  $t_0 + 50$  ميكرو ثانيه رخ مي دهد. اگر زمان مرور در حال تاخير ۲ ميكرو ثانيه در هر تقسيم قرار داده شود لامپ اشعه كاتدي اسيلوسكپ دو پالس جداگانه را با ۶/۱ تقسيم نشان خواهد داد كه پس از آن اختلاف قرائت ۱۲/۲ ميكرو ثانيه مربوط به دقت زمان مرور  $\pm 3$  درصد به دست مي آيد كه  $\pm 3$  درصد مربوط به اثر غير خطي بودن انحراف مي باشد. اين نتايج در مجموع اندازه گيري ۶۲/۲ و دقت  $\pm 0.7$  ميكرو ثانيه را به دست ميدهد. همان طور كه ملاحظه مي شود دقت اندازه گيري با قبل بهبود يافته است.

## كاربردهاي ديگر اسيلوسكپ

### (الف) ترسيم مشخصه استاتيك لامپها

ترسيم منحنی های مشخصه لامپهای (یا ترانزیستورها) به روش نقطه یابی کار مشکلی است و در بعضی حالات این ترسیم به کلی خارج از دسترس می شود. چون هرگاه مقادیر بزرگ ولتاژ یا جریان در مدار زیاد ادامه یابد لامپ (یا ترانزیستور) تحت آزمایش در اثر این ولتاژ یا جریان آسیب خواهد دید. بر عکس ترسیم منحنی های مشخصه لامپ به سادگی می تواند به کمک يك اسيلوسكپ انجام شود.

يك نمونه ساده براي به دست آوردن مشخصه انتقالي شبکه فرمان لامپ در شکل (۱۶-۷) نشان داده شده است. به شبکه فرمان لامپ تريود واقع در مدار يك ولتاژ متناوب دندانه اره اي و يك باياس مستقيم منفي VS ، به طوریکه لامپ با زاویه هدایت ۱۸۰ درجه کار کند می رسد. قسمتی از ولتاژ دندانه اره اي به عنوان مرور صفحات انحراف افقي اسيلوسكپ استفاده می شود، ولتاژ دو سر R يعني مقاومت بار آند به صفحات انحراف

عمودي اسيلوسکپ که تغييرات آن متناسب با جريان آند لامپ است اعمال مي شود. در نتيجه نقطه نوراني روي پرده متناسب با ولتاژ دندانه اره اي شبکه فرمان در عرض پرده و متناسب با تغييرات جريان آند به طرف بالا يا پايين ، منحنی مشخصه لامپ را ترسيم مي نمايد. اين منحنی رابطه جريان آند به جريان شبکه را نشان مي دهد که همان مشخصه استاتيک لامپ تريود مي باشد. براي به دست آوردن مشخصه آند لامپ ولتاژ باياس فقط به شبکه فرمان وصل شده و ولتاژ دندانه اره اي به آند لامپ و صفحات انحراف افقي اسيلوسکپ وارد مي شود.

### **ب) ترسيم مشخصه اتصال PN**

براي آزمایش مشخصه ولت - آمپر اتصال PN مدار ساده اي به کمک اسيلوسکپ در شکل (۱۷-۷) نشان داده شده است، کريستالي Cr که به عنوان يك يکسو کننده نیم موج عمل مي نمايد به ثانويه ترانسفورماتور کاهنده Tr متصل شده است. براي اينکه کريستال در نقطه اتصال PN صدمه نبيند جريان ولتاژ آن کوچک گرفته مي شود. اين موضوع براي هر اندازه گيري در مورد اتصالهاي PN نيز بايد رعايت گردد.

عبور جريان اتصال PN در دو سر مقاومت R افت ولتاژي توليد مي کند که اين ولتاژ طبق قانون اهم درهر لحظه مستقيماً متناسب با جريان مدار مي باشد. ولتاژ دو سر مقاومت R به صفحات انحراف عمودي (y) اسيلوسکپ CO و ولتاژ تغذيه دو سر اتصال PN به ترمينالهاي صفحات انحراف افقي (X) وارد مي شوند.

بنابراین مرور اشعه الکترونی روی پرده لامپ اسیلوسکپ به جریان اتصال PN یا افت ولتاژ دو سر اتصال بستگی دارد. به عبارت دیگر با تنظیم صحیح اسیلوسکپ مشخصه اتصال PN، یعنی شاخه رو به جلوی منحنی روی پرده نمایش داده خواهد شد.

نمایش شاخه معکوس منحنی مشخصه ولت - آمپر اتصال PN به کمک مدار نشان داده شده در شکل (۷-۱۸) انجام می گیرد. این مدار اساساً مشابه مدار قبل می باشد و اختلاف آن فقط در نوع ولتاژی است که به جای ولتاژ ۳۶ ولت به اسیلوسکپ وارد می شود. صفحات انحراف افقی اسیلوسکپ با ولتاژ دو سر مقاومت  $R_2$  شامل مقسم مقاومتی ولتاژ  $R_1R_2$  تحریک می گردد. مقدار و شکل موج این ولتاژ به همان صورتی تغییر می کند که مقدار و شکل موج ولتاژ معکوس وارد به نقاط A و B تغییر می نماید. طبق شکل (۷-۱۸) ملاحظه می شود که صفحات انحراف افقی (x) متناسب با تغییرات ولتاژ دو سر اتصال PN و صفحات انحراف عمودی (y) متناسب با جریان معکوس اتصال تغییر می کند و شکل ترسیم شده منحنی مشخصه معکوس اتصال PN خواهد بود.

به علت اینکه ولتاژ معکوس کامل به چند درصد ولت می رسد و ممکن است به اسیوسکپ خسارت وارد آورد از اعمال این ولتاژ به صفحات انحراف اجتناب می شود.

دیود D نسبت به TD یعنی اتصال PN به صورت مخالف به مدار اتصال یافته است و عملاً وقتی TD جریان می کشد دیود D مدار را قطع می کند. زیرا عبور جریان رو

به جلوي اتصال TD به علت افت ولتاژ قابل ملاحظه دو سر مقاومت R3 يعني:

$$V = I_f \cdot R_3$$

به اسيلوسکپ صدمه مي زند.  $I_f$  در معادله، جريان رو به جلوي اتصال PN است.

### **پ) اسيلوسکپ به عنوان نشان دهنده نول**

به کار بردن اسيلوسکپ به عنوان نشان دهنده نول در پلهاي جريان متناوب بسيار متناسب است. زيرا حساسيت و امپدانس ورودي زياد اسيلوسکپ دقت زياد اندازه گيري را تامين مي کند. مدار ساده شکل (۷-۱۹) اتصال اسيلوسکپ در يك پل کشوئي را به عنوان نشان دهنده نول نمايش مي دهد. ولتاژ از طريق بازوي نشان دهنده پل به تقويت کننده عمودي و از آن پس به انحراف عمودي لامپ اشعه کاتدي اسيلوسکپ وارد مي شود. وقتي پل به حالت تعادل ( $Z_1Z_3 = Z_2Z_4$ ) است ولتاژ دو سر بازوي نشان دهنده صفر بوده و مرور اشعه روي پرده به يك نقطه تبديل مي گردد. وقتي تعادل پل اختلاف پيدا مي کند نقطه روي پرده به صورت يك خط عمودي ظاهر مي شود.

نظر به اينکه اسيلوسکپ هاي داراي تقويت کننده هاي بهره زياد هستند بنا بر اين مشاهده نول توسط آنها دقيق تر از هر نوع ديگر نشان دهنده خواهد بود.

### **اندازه گيري مشخصه هاي فرکانس**

مداري براي به دست آوردن مشخصه هاي فرکانس به کمک اسيلوسکپ در شکل (۷-۲۰) نشان داده شده است. نوسان ساز OSC يك نوسان ساز مرور کننده فرکانس است که فرکانس آن به طور پيوسته متغير ميباشد و يا اشعه از طريق رديف مورد نظر مرور مي

شود. کنترل فرکانس در بعضي نوسان سازها به صورت مکانیکی (یعنی با يك موتور) کار میکند و کنترل بعضي به طور کلي الکترونیکی است.

يك نوع کنترل فرکانس نوسان ساز با اتصال يك لامپ راکتانس به صورت موازي به مدار هماهنگ نوسان ساز درست می شود. اثر لامپ راکتانس در مدار به يکی از دو حالت اندوکتیو یا کاپا سیتیو خواهد بود، از این رو لامپ راکتانس در مدار هماهنگ نوسان ساز ضریب القائي یا ظرفیت متغیری را تولید می کند. تغییرات راکتانس توسط وارد نمودن يك ولتاژ مدوله کننده به شبکه فرمان لامپ راکتانس به وجود می آید. در نتیجه سیگنال نوسان ساز فرکانسش همراه با سیگنال مدوله کننده تغییر یا مرور دارد. ردیف تغییرات مرور سیگنال نوسان ساز با پارامترهای لامپ راکتانس در حالیکه سیگنال (با هر سیگنال مدوله شده فرکانس) ثابت می ماند تعیین می شود و این موضوع برای به دست آوردن مشخصه یا پاسخ فرکانس بسیار ضروریست.

با مراجعه به مدار شکل (۲۰-۷) نوسان ساز OSC با ولتاژ دندانه اره ای از طریق مولد مرور TB اسیلوسکپ مدوله می شود به طوری که فرکانس مرور نوسان ساز با حرکت نقطه نورانی روی پرده اسیلوسکپ همزمان است، پس محور افقی لامپ اشعه کاتدی به عنوان محور فرکانس عمل می کند.

از نوسان ساز OSC سیگنال مدوله شده فرکانس به دستگاه تحت آزمایش (یعنی يك تقویت کننده) که در آن بهره تقویت با فرکانس تغییر می کند می رسد. به همین دلیل دامنه سیگنال نیز در خروجی تقویت کننده با فرکانس تغییر می نماید، حال اگر تغییرات خروجی تقویت کننده به صفحات عمودی اسیلوسکپ اعمال شود مرور اشعه مشخصه فرکانس یا منحنی پاسخ تقویت کننده را نشان خواهد داد.

دو قسمت اضافي شکل (۷-۲۰) آشکار ساز D براي به دست آوردن يك مشخصه تنها دو مولد علامت گذار MG مي باشد که در آن علامت هايي از يك فرکانس مشخص را به منحنی پاسخ نمایش داده شده در لامپ اشعه کاتدی تزریق می کند. مولد علامت گذار از ترکیب دو نوسان ساز کریستالی با فرکانسهای اصلی به ترتیب ۱ و ۵ مگا سیکل ساخته شده است. نوسان ساز از این فرکانسها و هارمونیکهای آن يك طیف فرکانس از ۱ تا ۲۰ مگا سیکل با فواصل ۱ مگا سیکلی به وجود می آورد.

طیف فرکانس به آشکار ساز می رود و در آن با فرکانس مرور کننده مخلوط می شود. وقتی که فرکانس مرور کننده با يك فرکانس مولد علامت گذار منطبق می شود در نتیجه طیف فرکانس کم دو علامت روی پرده ظاهر می گردد، علامتهای مربوط به فرکانس هايي که با ۵ مگا سیکل زیاد می شوند دامنه بزرگتر دارند.

نوع دیگر دستگاه تولید فرکانس مرور برای تجزیه و تحلیل پاسخ فرکانس، مخلوط کردن خروجي هاي يك نوسان ساز مدوله کننده و يك نوسان ساز فرکانس ثابت است که کنترل فرکانس مرور آن مانند حالت قبل با موج دنداناره ای انجام می گیرد. خروجي حاصل از مخلوط کننده را به تقویت کننده باند پهن داده و سیگنال فرکانس طیف پس از تقویت به تضعیف کننده ای با تضعیف ۰ و ۲۰ و ۴۰ دسی بل وارد می شود. خروجي دستگاه می تواند به صورت دائمی به كمك يك پتانسیومتر قبل از آن که به دستگاه تحت سنجش وارد شود تنظیم گردد.

ميلاد پوررجب

Power-st.tk