



دانشگاه پیام نور

واحد تهران شمال

دستور کار آزمایشگاه مدارهای الکتریکی ۱

زینب نرگسی

Tpnu.nargesi@gmail.com

وسایل اندازه گیری الکتریکی

آمپرسنج : میدانیم جریان الکتریکی از جاری شدن بار الکتریکی حاصل می شود . یک آمپرسنج میزان این جریان را اندازه می گیرد . برای اندازه گیری جریان ، مدار را قطع و آمپرسنج را در محل قطع شدن مدار قرار دهید توجه کنید که در اندازه گیری جریان های DC جریان به سر مثبت آمپرسنج وارد شود یعنی سر مثبت آمپرسنج باید به طرف مثبت مداری که قطع شده وصل شود مقاومت داخلی یک آمپر سنج ایدآل صفر است یعنی تاثیری روی جریان مدار ندارد

ولت سنج : یک ولت سنج را برای اندازه گیری نیروی محرکه یک منبع الکتریکی و یا اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در یک مدار بکار می برند . در همه حالات ، ولتاژهایی بین دو نقطه وجود دارد ، یعنی آنچه را اندازه می گیریم ، اختلاف ولتاژ یک نقطه نسبت به نقطه دیگر است. سیم های ولت سنج را به دو نقطه ای که اختلاف پتانسیل آنها مورد نظر است وصل می کنیم ایدآل این است که مقاومت داخلی ولت سنج بینهایت باشد ، یعنی تاثیری روی ولتاژ المان نداشته باشد

اهم سنج : اهم سنج وسیله ای است که مقاومت یک مدار یا عنصر را اندازه می گیرد . قبل از اندازه گیری یک مقاومت ، منبع ولتاژ را از مدار یا عنصر مورد نظر جدا کنید تا از آسیب زدن به اهم سنج جلوگیری شود ، سپس عنصر مورد نظر را از قسمت های دیگر مدار جدا کنید (حداقل یک سر آن را جدا کنید) تا از خطای ناشی از موازی یا سری شدن با سایر قطعات جلوگیری شوید.

۱. مولتی مترها

مولتی متر دستگاهی است که به وسیله آن می توان چند کمیت مختلف را اندازه گیری کرد . تمام مولتی مترها با جزئی اختلاف مانند یکدیگر هستند . در اینجا جهت آشنایی با ساختمان و طرز کار و نحوه قراردادن آن در مدارهای الکتریکی ،

مولتی مترها از نظر ساختار بر دو نوع میباشند:

۱,۱. **مولتی مترهای عقربه ای AVO :** این وسیله از یک میلی آمپر سنج استفاده می کند وبا کمک یک جفت کلیدهای چرخان ، مقادیر جریان ولتاژ و مقاومت را در گستره های وسیعی اندازه می گیرد.

۱,۲. **مولتی مترهای دیجیتالی DMM :** برای غلبه بر مشکلات مولتی مترهای عقربه ای از جمله دقت پایین و طرز خواندن مقادیر و همچنین آسیب دیدگی قطعات مکانیکی آن در برخورد با عوامل فیزیکی مانند ضربه یا رطوبت و... از مولتی مترهای دیجیتالی استفاده شد که امروزه جایگزین مولتی مترهای عقربه ای شده اند .

این مولتی مترها با قرار گرفتن در رنج مناسب مقادیر را به صورت رقم روی LCD خود نمایش میدهند. مولتی متر دیجیتال از یک قاب متحرک تشکیل شده است که در داخل یک میدان مغناطیسی دائمی قرار گرفته و میزان چرخش آن را سیگنال نشان می دهد. وقتی جریان معینی از قاب عبور می کند، صفحه دیجیتال متصل به آن تغییر کرده و مقدار جریان را نشان می دهد. روی صفحه آمپر قسمت های زیر مشاهده می شود:

- صفحه دیجیتال
- کلید انتخاب یا سلکتور.
- ترمینال ها و دکمه های تنظیم کننده



در مولتی متر مورد نظر روی صفحه، برای کمیت های مختلف در چهار ردیف قوس های مدرج دیده می شود که که هر ردیف به درجات مختلف تقسیم شده است روی صفحه علائم V برای اختلاف پتانسیل، A برای شدت جریان، Ω برای مقاومت الکتریکی، AC برای جریان متناوب و DC برای جریان مستقیم به کار رفته است.

معمولاً "درجه بندی مربوط به مقاومت الکتریکی از راست به چپ و سایر درجه بندی ها از چپ به راست می باشد.

سلکتور کلیدی است که می تواند روی صفحه دایره شکل حول خود حرکت کند. در محیط دایره درجاتی است که حوزه کار دستگاه را نشان می دهد. اعدادی که کلید سلکتور مقابل آنها قرار داده می شود ممکن است کوچکتر یا بزرگتر از درجات قوس های مدرج باشند. در عمل حوزه کار انتخاب شده را بر آخرین عدد قوس مدرج تقسیم نموده، حاصل تقسیم را که ضریب قرائت نامیده می شود در عدد متقابل به عقربه ضرب می نماییم. باین ترتیب مقدار کمیت به دست می آید.

هنگام کار با دستگاه مولتی متر توجه به نکات زیر ضروری است:

۱. برای اندازه گیری شدت جریان باید دستگاه را به طور سری در مدار قرار داد .
۲. برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل باید دستگاه را به طور موازی بین دو نقطه از مدار قرار داد .
۳. هنگام اندازه گیری مقاومت لازم است جریان برق را قطع کنیم . در غیر این صورت به دستگاه آسیب می رسد .
۴. دستگاه را با احتیاط جا به جا می کنیم و از وارد آمدن ضربه به آن و یا سقوط دستگاه جلوگیری می نماییم .
۵. پیچ تنظیم صفر دستگاه را نباید دستکاری کرد ، زیرا این بخش از دستگاه خیلی حساس است و ممکن است فنر مربوط به آن قطع و دستگاه خراب شود .
۶. همیشه هنگام اندازه گیری کمیت ها کلید سلکتور را روی بیشترین درجه قرار می دهیم و در صورت لزوم به تدریج آن را کاهش می دهیم تا به دستگاه لطمه ای وارد نشود .
۷. حتی الامکان کلید سلکتور را در جهت حرکت عقربه های ساعت می چرخانیم ، به علاوه چرخاندن سریع کلید سلکتور برای دستگاه خالی از ضرر نیست .

طرز کار مولتی متر دیجیتالی :

۱) طرز اندازه گیری مقاومت :

کلید سلکتور را روی بیشترین پله (Range) مقاومت قرار می دهیم ، فیش سیاه رنگ را درون ترمینال (-) یا (com) مشترک و فیش قرمز به درون ترمینالی که مربوط به مقاومت یا (+) است قرار می دهیم . سر دیگر آنها را به طرز مناسبی به طرفین مقاومت مورد نظر وصل می کنیم و مقاومت را می خوانیم .

۲) طرز اندازه گیری ولتاژ مستقیم :

سلکتور را بر روی Dc آورده و فیش سیاه رنگ را درون ترمینال (com) و فیش قرمز را درون ترمینال (+) یا ترمینالی که مربوط به ولت است قرار می دهیم . سر دیگر آنها را به طور مناسب به قطبین مولد یا دو نقطه از مدار وصل می کنیم و ولتاژ را اندازه گیری می کنیم .

۳) طرز اندازه گیری شدت جریان مستقیم DCmA

یکی از فیشها را به COM و دیگری را به mA وصل و دو سر فیش را هم به قطبین مولد یا دو نقطه

از مدار متصل می کنیم و شدت جریان را اندازه گیری می کنیم. برای اندازه گیری شدت جریان های بیش از ۳۰۰ mA تا ۱۰ A فیش قرمز رنگ را درون ترمینال ۱۰ A قرار می دهیم.

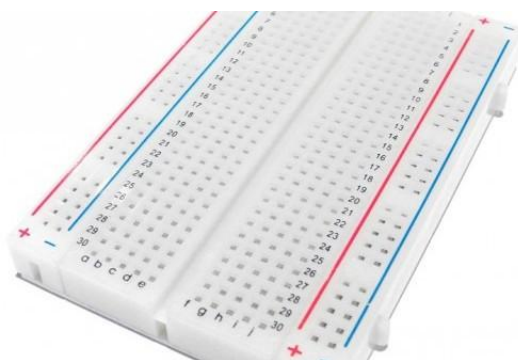
۴) طرز اندازه گیری ولتاژ متناوب ACV :

کلید سلکتور را روی ACV و یکی از فیشها را درون ترمینال COM و دیگری را به ترمینال مربوط به ولت وصل می کنیم.

۵) طرز اندازه گیری شدت جریان متناوب ACA

فیش سیاه رنگ را درون ترمینال (COM) و فیش قرمز را درون ترمینال مربوط به Ma وصل می کنیم.)) یا در صورت لزوم به ترمینال ۱۰ A وصل می کنیم.))

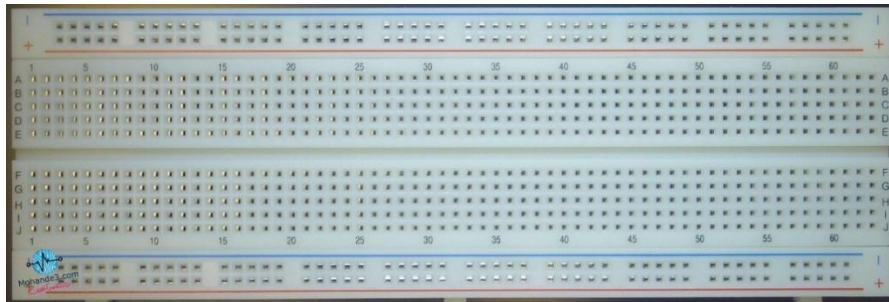
۲. بردبرد (Breadboard)



بردبرد یک برد سوراخدار است که برای ساخت نمونه اولیه و آزمایشی مدارها مورد استفاده قرار می گیرد. اکثر افرادی که به نوعی با پروژه های الکترونیک سروکار دارند دست کم یکبار از این وسیله استفاده کرده اند.

سهولت اتصال و جداکردن قطعات و اتصالات روی این برد سبب شده که به وسیله ای بسیار متداول برای تست و عیب یابی نمونه اولیه پروژه ها و مدارات مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در کارگاه ها و آزمایشگاه های الکترونیک برای ساخت مدارات به جهت جلوگیری از اتلاف وقت از بردبرد استفاده می نمایند.

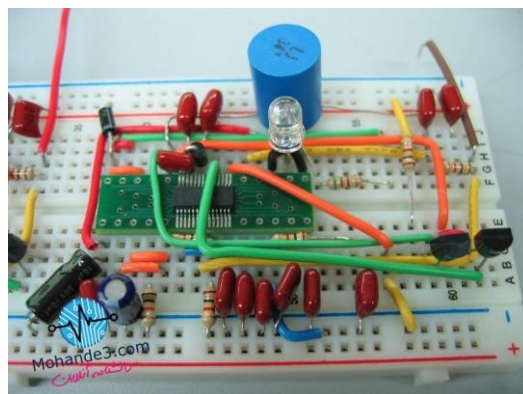
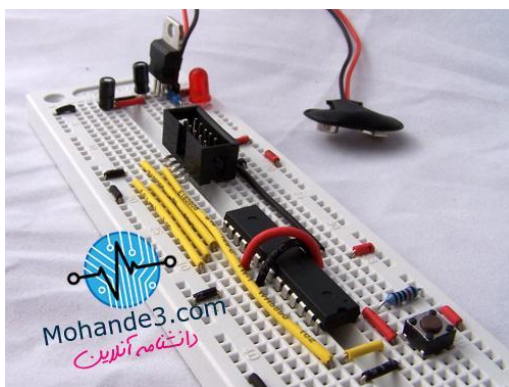
لایه های داخلی بردبرد از نوارهای فلزی (معمولاً مسی) تشکیل شده است. یک بردبرد استاندارد را که در تصویر زیر مشاهده می کنید میتوان به سه قسمت کلی تقسیم کرد.



۱- قسمت اصلی برد که توسط یک شکاف به دو قسمت جدا شده. در هر سمت این شکاف سوراخ های منظمی در ردیف های ۵ تایی قرار دارد که سوراخ های هر ستون از داخل به هم متصل هستند اما بصورت افقی اتصالی با سوراخ های کناری ندارد.

۲ و ۳- قسمت های بالا و پایین بردبرد که معمولاً قابل جداسازی از قسمت اصلی نیز هستند. از این دو قسمت به واسطه ویژگی که دارند بعنوان مدار تغذیه استفاده می شود. ویژگی این قسمت ها این است که روی هر کدام از این قطعات ۲ ردیف سوراخ تعبیه شده که هر ردیف از داخل به هم متصل می باشند. بدین ترتیب با اتصال تغذیه + یا - یا هر ولتاژ دلخواه به اولین اتصال این قطعات میتوان در امتداد همان ردیف از این ولتاژ ها برای تغذیه مدار مورد آزمایش استفاده نمود.

برای اتصال قطعات به یکدیگر بر روی بردبرد معمولاً از سیم های مخصوص بردبرد استفاده می شود. این سیم ها دارای نوک فلزی و روکش لاستیکی در قسمت پایین تر نوک فلزی می باشند که اتصال را برای کاربر آسان می کند. البته در صورت نیاز میتوان از سیم های مفتولی که دو سمت آن لخت شده است نیز برای اتصال استفاده کرد اما مسلماً استفاده از سیم های مخصوص باعث می شود هم سیم ها در جایشان خوب محکم شوند و براحتی و بر حسب اتفاق از جایشان خارج نشاند و هم اینکه محکم شدن سیم ها در داخل پین های بردبرد از هر گونه مشکل و عدم کارکرد احتمالی مدار در اثر قطعی برخی اتصالات جلوگیری بعمل می آورد.



۳. مقاومت

تعریف مقاومت الکتریکی : به هر گونه خاصیتی که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالف نشان دهد مقاومت الکتریکی گویند.

واحد اندازه گیری مقاومت الکتریکی اهم نام دارد و آن را با Ω (امگا) نشان می دهند.



انواع مقاومت الکتریکی :

۱. مقاومت های ثابت

۲. مقاومت های متغیر

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

مقاومت الکتریکی به سه عامل طول هادی، سطح مقطع هادی و جنس هادی بستگی دارد.

کاربرد های مقاومت الکتریکی: ما به کمک مقاومت در مدارات الکتریکی جریان را محدود کرده و می توانیم افت ولتاژ دو سر المانها را تغییر دهیم. پس می توان از مقاومت به عنوان تغییر دهنده ولتاژ نیز استفاده کرد.

طریقه خواندن مقاومت ها:

مقاومت ها انواع گوناگون دارند بعضی از آنها مقادیرشان بر روی بدنه آنها نوشته شده است بعضی هم به صورت غیر مستقیم نوشته شده است برای مثال اگر بر روی مقاومت کوچکی نوشته شده باشد 10^3 مقدار این مقاومت اینگونه حساب می شود: ابتدا دو رقم اول که در اینجا ۱۰ باشد را نوشته سپس به تعداد عدد سوم، در جلوی دو رقم اول صفر می گذاریم، یعنی می شود ۱۰۰۰۰ اهم که اگر بخواهیم بر حسب کیلو اهم بیان کنیم می شود ۱۰ کیلو اهم.

ولی اکثر مقاومت های معمولی با نوار های رنگی شناخته و خوانده می شوند، یعنی معمولاً دارای ۴ رنگ هستند که ۳ رنگ آن رنگهای اصلی و رنگ چهارم بیانگر تolerانس مقاومت است سه رنگ اصلی مانند مقاومت

هایی است که بر روی آنها بصورت کد عدد نوشته شده است یعنی عدد مربوط به دو رنگ اول را نوشته سپس به تعداد عدد رنگ سوم صفر می گذاریم. کد هر رنگ به صورت زیر می باشد. نوار چهارم نشان دهنده تolerانس مقاومت است. و در صورتی که در نوار مربوط به ضریب، رنگهای طلایی و نقره های قرار گیرد، ضریب مقاومت به ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۱ می شود.

4 Band Code

560 ± 5% Ω

Color	1 st Band	2 nd Band	3 rd Band	Multiplier	Tolerance
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10 ¹ Ω	±1%
Red	2	2	2	10 ² Ω	±2%
Orange	3	3	3	10 ³ Ω	
Yellow	4	4	4	10 ⁴ Ω	
Green	5	5	5	10 ⁵ Ω	
Blue	6	6	6	10 ⁶ Ω	
Violet	7	7	7	10 ⁷ Ω	
Grey	8	8	8	10 ⁸ Ω	
White	9	9	9	10 ⁹ Ω	
Gold				0.1	±5%
Silver				0.01	±10%

5 Band Code

237 ± 1% Ω

نکته قابل توجه در ۵ رنگ ها این است که از کدام سمت بخوانیم . توجه داشته باشد که تلورانس در این مقاومت ها با رنگ های قهوه ای برابر ۱٪ قرمز برابر ۲٪ و طلایی برابر ۵٪ و نقره ای برابر با ۱۰٪ هست.

هر مقاومتی که این رنگ ها در یک طرفش بود شما از طرف مخالف شروع به قرائت کنید و نکته دیگر در رنگ چهارم است اگر در رنگ چهارم رنگ طلایی بود، مقدار ۳ عدد اول خوانده شده را بر ۱۰ تقسیم کنید. اگر رنگ چهارم نقره ای بود مقدار ۳ عدد خوانده شده اول را بر ۱۰۰ تقسیم کنید.

واحدهای اندازه گیری:

هر کیلو اهم (K برابر است با ۱۰۰۰ اهم)

هر مگا اهم (M برابر است با ۱۰۰۰۰۰۰ اهم)

هر گیگا اهم (G برابر است با ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ اهم)

تلرانس رنگی:

قهوه ای معادل ۱ درصد

قرمز معادل ۲ درصد

طلایی معادل ۵ درصد

نقره ای معادل ۱۰ درصد

مضرب های استاندارد اهمی:

معمولا مقاومت های موجود در بازار یکی از مضارب زیر است:

۱۰ - ۱۲ - ۱۵ - ۱۸ - ۲۲ - ۲۷ - ۳۳ - ۳۹ - ۴۷ - ۵۶ - ۶۸ - ۸۲

مقاومت های متغیر که خود به سه دسته تقسیم می شوند:

الف) مقاومت های نوری (فتوسل)

ب) مقاومت های حرارتی (ترمیستور)

ج) مقاومت های متغیر به ولتاژ (واریستور)

د) مقاومت های متغیر دستی (ولوم)

مقاومت های نوری (LDR):

مقاومت نوری از جنس سولفات کادمیوم بوده و همان طور که از نامش پیداست با تغییرات نور اُهمش تغییر می کند، یعنی وقتی نور به آن بتابد اُهمش کم می شود این مقاومت استفاده های زیادی از جمله در دزدگیر های نوری، شمارنده ورود و خروج افراد و ... دارد ولی بیشترین استفاده آن در روشنایی معابر در تیر های چراغ

برق است به گونه ای که وقتی هوا تاریک شود این مقاومت تحریک شده و لامپ های روشنایی را روشن می کند.

مقاومت حرارتی (Termistor):

این مقاومت به دو صورت ساخته می شود یکی به این شکل است که در ابتدا اهمش زیاد بوده و با دادن حرارت مقاومتش کم می شود که به این نوع NTC گویند.

نوع دیگر به این صورت است که در ابتدا اهمش کم بوده و با دادن حرارت مقاومتش زیاد می شود که به این نوع PTC گویند.

هر دو این مقاومت ها در سنسور های اعلام حریق و در دستگاه ها و سیستم های تهویه هوا که به صورت اتوماتیک عمل می کنند به کار می روند.

مقاومت NTC:

این نوع مقاومت معمولاً به شکل عدس سبز رنگ، سفید رنگ یا قرمز رنگ وجود دارد و معمولاً در قسمت خروجی تقویت کننده ها به کار می رفت و حرارت ترانزیستور های خروجی را کنترل می کرد.

مقاومت PTC:

این نوع مقاومت به صورت استوانه ای و به رنگ های آبی، سفید یا مشکی به کار می روند.

ولوم:

جنس این مقاومت ها معمولاً از کربن بوده به صورتی که یک صفحه ی کربنی در داخل محفظه وجود دارد که یک لغزنده روی آن حرکت می کند با حرکت لغزنده روی آن مقاومت های مختلف ایجاد می شود ولوم ها را بر حسب اهم آنها انتخاب می کنند.

ولوم ها از نظر ظاهری و کارایی مدل های مختلف دارند، مانند ولوم پیچی، ولوم کلیدی، ولوم چند طبقه، ولوم بی دسته (پتانسیومتر)، ولوم کشویی و ...

ولوم پیچی که معمولاً پر کاربرد ترین ولوم است در تلویزون و رادیو های قدیمی که به صورت دستی بودند استفاده می شد. ولوم کلیدی در رادیو های کوچک بسیار دیده می شود که علاوه بر کم و زیاد کردن صدای رادیو وظیفه روشن و خاموش کردن آن را برعهده دارد. ولوم چند طبقه همان چند ولوم ولی با یک محور کنترل است. ولوم بی دسته معمولاً در درون دستگاه ها و وسایل قرار می گیرد و تنظیم آن به عهده سازنده

آن یا تعمیر کار است و از دسترس کاربر خارج است. ولوم کشویی مانند ولوم معمولی است ولی به صورت کشیده و خطی ساخته شده است و معمولاً در اکولایزر ها استفاده می شود.

منابع ایجاد خطا :

- دقت کم دستگاه اندازه گیری
- خطا در شناسایی رنگها
- خطا در محاسبات عدد بدست آمده از روش رنگها
- اشتباه در سمت خواندن روش رنگها

۴. خازن :

- یکی از کاربردهای مهم خازن عدسی ، حذف نویز موجود در تغذیه مدارها است .
- معمولاً مدارات دیجیتالی به نوسانات ولتاژ تغذیه خیلی حساسند . بنابراین برای بهبود تغذیه ، در نزدیکترین نقطه با آی سی های دیجیتال از خازن عدسی استفاده می شود .
- در مورد خازن عدسی اگر عدد دورقمی بود ، ظرفیت برحسب پیکوفاراد نشان می دهد . اما در مورد اعداد سه رقمی مانند خواندن مقاومت ، ظرفیت خازن محاسبه می گردد . یعنی دو رقم سمت چپ اعداد اصلی و رقم سوم تعداد صفرهای ظرفیت را نشان می دهد . البته بازهم عدد بدست آمده برحسب پیکوفاراد می باشد.



$$234 : 23 \times 10^4 pF = 230000 pF = 230nF \quad \bullet$$

$$56 : 56 pF \quad \bullet$$

آزمایش ۱:

موضوع: آشنایی با مقاومت و مقاومت معادل مدارهای الکتریکی

روش آزمایش:

۱- تعداد ۶ عدد مقاومت دلخواه را انتخاب و با توجه به آنها جدول زیر را کامل کنید.

مقدار اندازه‌گیری شده توسط اهم متر	مقدار مقاومت با توجه به رنگ	رنگ سوم	رنگ دوم	رنگ اول	مقاومت
					R_1
					R_2
					R_3
					R_4
					R_5
					R_6

۲- با توجه به اینکه مقدار مقاومت‌های موجود دارای تolerانس است جدول زیر را کامل کنید.

R_{\min}	R_{\max}	مقدار خطا	درصد خطا (رنگ)	مقاومت
				R_1
				R_2
				R_3
				R_4
				R_5
				R_6

مقاومت معادل مدارهای الکتریکی

برای تبدیل مدارهای با یک دستگاه مولد، به یک مدار ساده، عمل تبدیل بسیار ساده است و فقط باید مرحله به مرحله مقاومت‌هایی که به صورت سری یا موازی قرار گرفته‌اند برداشته و به جای آنها مقاومت معادل قرار داد، بیه این ترتیب مدار به تدریج ساده می‌شود.

برای محاسبه مقاومت معادل مدار باید دو حالت را در نظر گرفت:

الف) حالت سری:

در این روش مقاومت‌ها مطابق شکل زیر بهم بسته می‌شوند و در مدار قرار می‌گیرند.



در به هم بستن مقاومت‌ها به طور متوالی، هر مقاومت با مقاومت بعدی در یک سر مشترک است. در این حالت مقاومت معادل از مجموع تک تک مقاومت‌ها به دست می‌آید.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

ب) حالت موازی:

در حالت موازی مقاومت‌ها مطابق شکل زیر به هم بسته می‌شوند:



همان طور که در شکل مشاهده می‌شود در به هم بستن مقاومت‌ها به صورت موازی یک سر همه مقاومت‌ها به یک نقطه و سر دیگر همه آنها نیز به یک نقطه دیگر متصل است. در این حالت معکوس مقاومت معادل، برابر با مجموع عکس تمام مقاومت‌هاست:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

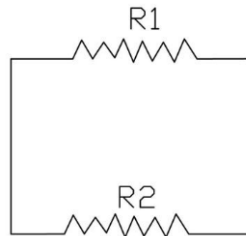
پس نتیجه می‌گیریم در حالت موازی مقاومت معادل از مقدار مقومت تک تک مقاومت‌های مدار کمتر می‌باشد.

شرح آزمایش:

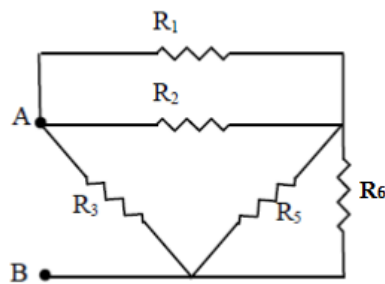
۳- دو یا چند مقاومت دلخواه از مقاومت‌های جدول را انتخاب کرده و آنها را روی برد بصورت سری ببندید، مقاومت کل را اندازه‌گیری کنید.



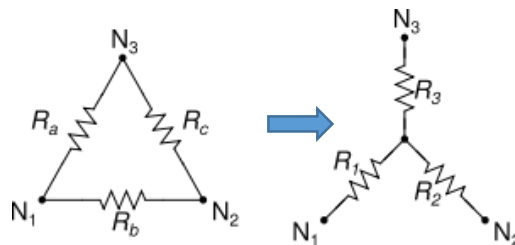
۴- دو یا چند مقاومت دلخواه را باهم موازی ببندید و مقاومت کل را بدست آورید.



۵- در مرحله بعد مدار زیر را بسته و مقاومت معادل آن را بدست آورید.



(ج) تبدیل مثلث به ستاره



به همین ترتیب میتوان مقاومت معادل بین دو جفت نقاط دیگر را محاسبه و پس از ساده سازی به روابط زیر دست یافت:

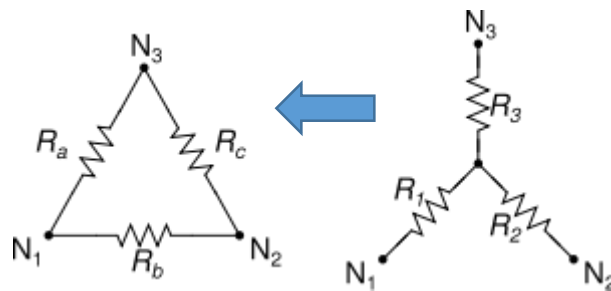
$$R_1 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

(د) تبدیل ستاره به مثلث

گاهی اوقات نیاز است از تبدیل ستاره به مثلث استفاده کنیم. این درست عکث تبدیل مثلث به ستاره است. مقادیر جدید مقاومت ها از روابط زیر بدست می آید.



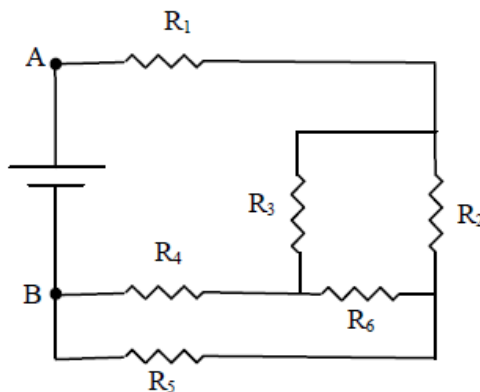
$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2},$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3},$$

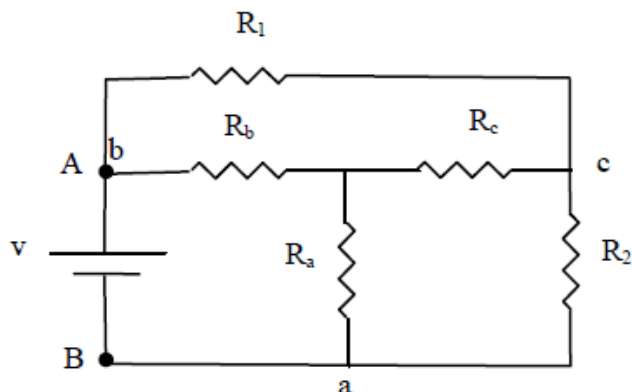
$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}.$$

شرح آزمایش:

۶- مقاومت معادل دو سر AB را در شکلهای زیر محاسبه نمایید.



$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 330 \text{ }\Omega \\ R_3 &= 100 \text{ }\Omega \\ R_4 &= 150 \text{ }\Omega \\ R_5 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_6 &= 670 \text{ }\Omega \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} R_1 &= 330 \text{ }\Omega \\ R_b &= 150 \text{ }\Omega \\ R_c &= 670 \text{ }\Omega \\ R_a &= 100 \text{ }\Omega \\ R_2 &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

آزمایش ۲

موضوع : بررسی قانون اهم ، قوانین ولتاژ و جریان کیرشهف ، قوانین تقسیم ولتاژ و جریان

تئوری آزمایش:

قانون اهم:

ولتاژ باعث جاری شدن جریان الکتریکی در مدار بسته می شود و مقاومت با عبور جریان مخالفت می کند ، از این را رابطه ای بین ولتاژ ، جریان و مقاومت وجود دارد. از این رابطه ی برای نخستین بار ، طی آزمایش های متعدد به وسیله ی (گئورگ سیمون اهم) شناخته شد.

بررسی قانون اهم

اگر دو سر یک هادی به مقاومت R را به اختلاف پتانسیل V اتصال دهید ،جریانی به شدت I از آن عبور می کند به طوری که در دمای محیط همواره نسبت اختلاف پتانسیل به جریان مقداری است ثابت که به آن مقاومت الکتریکی هادی میگوییم:

$$V = RI$$

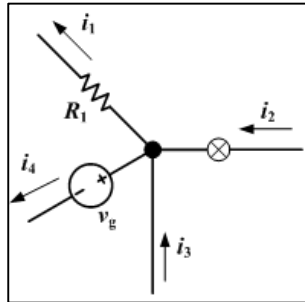
رابطه فوق نشان دهنده قانون اهم می باشد همان طور که از این رابطه پیداست منحنی نمایش تغییرات پتانسیل بر حسب شدت جریان خطی می باشد البته بر اثر عبور جریان از یک هادی طبق قانون ژول در آن گرما ایجاد می شود .گرمای حاصله موجب تغییر مقاومت هادی می گردد در این آزمایش از تغییرات دما صرف نظر می کنیم.

قانون های مداری کیرشهف

قانون های مداری کیرشهف (به انگلیسی: Kirchhoff's circuit laws) قوانینی است فیزیکی که از دو بخش تشکیل شده است:

قانون شدت جریان ها :

در یک مدار الکتریکی فشرده جمع جبری جریان‌هایی که به یک گره وارد می‌شود یا از آن خارج می‌شوند در هر لحظه برابر با صفر است. به طوری که مجموع جریان‌های ورودی با مجموع جریان‌های خروجی با هم



برابر هستند. این قانون به KCL نیز معروف است و به ماهیت اجزای مدار بستگی ندارد و از قانون پایستگی بار نتیجه می‌شود.

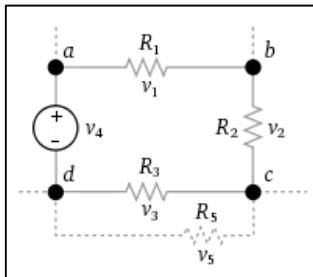
$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

مجموع جریان‌های وارد شوند به یک گره با مجموع جریان‌های خارج شوند از آن برابرند یعنی داریم:

$$i_1 + i_4 = i_2 + i_3$$

قانون اختلاف پتانسیل‌ها :

در یک مدار الکتریکی فشرده در هر حلقه یا هر مسیر بسته، مجموع جبری اختلاف پتانسیل در المان‌های مدار، برابر صفر است و به ماهیت اجزای مدار بستگی ندارد. این قانون به KVL نیز معروف است. این قانون از پایستگی انرژی نتیجه می‌شود. در قوانین کیرشهف باید جهت فرضی برای شدت جریان‌ها در نظر گرفت. پس



از تعیین علامت جریان‌ها باید قانون گره را در باره جریان‌ها نوشت. برای این کار در جهت جریان فرضی در مدار پیش می‌رویم. با استفاده از قانون اهم اگر در جهت جریان پیش برویم IR- افت ولتاژ داریم و اگر در خلاف جهت پیش برویم IR+ افزایش ولتاژ داریم.

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0$$

مجموع همه ولتاژهای درون یک حلقه برابر صفر است.

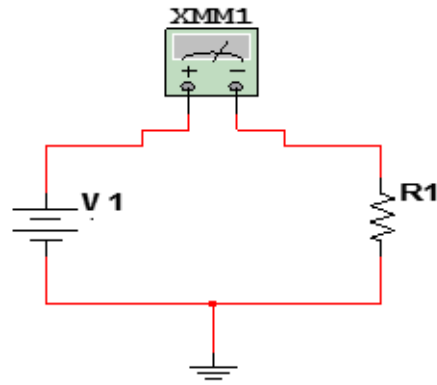
$$V_1 + V_2 + V_3 - V_4 = 0$$

شرح آزمایش:

۱- بررسی قانون اهم: مدار شکل ۱ را بر روی BreadBoard ببندید

الف: آنگاه جدول زیر را کامل نمایید.

ب: با توجه به جدول برای هر مقاومت نمودار تغییرات ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید.



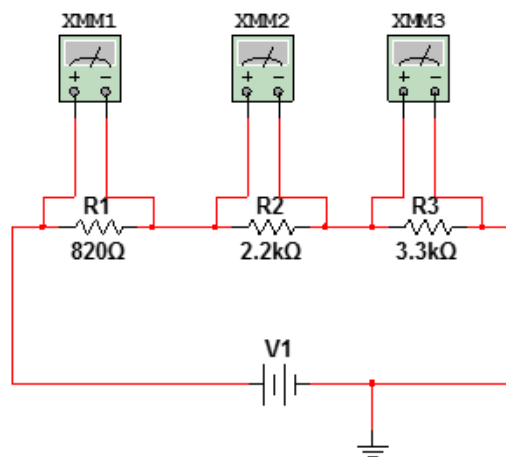
شکل ۱

جدول ۱

ولتاژ V	0	2	4	6	8	10
جریان mA						

۲- بررسی قانون KVL

مدار شکل ۲ را ببندید. سپس جدول ۲ را کامل کنید.



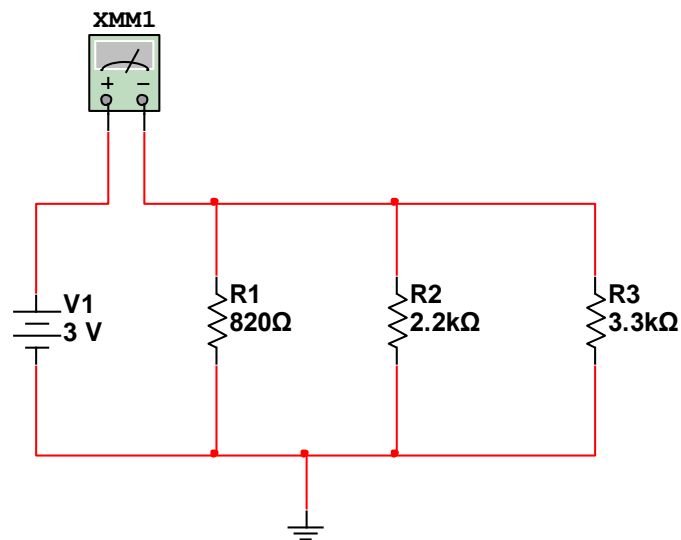
شکل ۲

جدول ۲

$V_g(v)$	$V_1(v)$	$V_2(v)$	$V_3(v)$	$V_1+V_2+V_3(v)$	$I(mA)$
10					
15					

۳- بررسی قانون KCL

مدار شکل ۳ را ببندید. سپس جدول ۳ را کامل کنید.



شکل ۳

جدول ۳

$V_g(v)$	V_1/R_1	V_2/R_2	V_3/R_3	$I_1+I_2+I_3(mA)$	$I(mA)$
۳					

آزمایش ۳:

موضوع: بررسی اصل جمع آثار

تئوری آزمایش:

اصل جمع آثار: یکی از روش های حل مدارهای الکتریکی، روش جمع آثار^۱ می باشد. این روش در مدارهایی بکار می روند که علاوه بر خطی بودن، از چند منبع مستقل استفاده کرده باشد.

در مدارهایی شامل چندین منبع مستقل باشند، هر پاسخ مدار را می توان مجموع چندین مولفه دانست که هر مولفه آن، پاسخ مدار به یک منبع مستقل به تنهایی خواهد بود.

اصل جمع آثار بیان می دارد که برای تعیین جریان و ولتاژ عنصری دلخواه از مدار یا چندین منبع ورودی، می توان از جمع جبری تاثیر پذیری هر یک از منابع ورودی به تنهایی در متغیر دلخواه بدست آورد.

روال حل این روش بر این اساس است که ابتدا یک منبع مستقل مدار را به عنوان منبع ورودی در نظر می گیریم و دیگر منابع مستقل را حذف می کنیم. سپس با حل این مدار، مقدار متغیر مجهول را بدست می آوریم. این کار را برای تک تک منابع مستقل انجام می دهیم. سپس جواب های بدست آمده برای متغیر مجهول مورد نظر را در حل مدار با هم جمع جبری می کنیم. به عبارت دیگر، پاسخ کامل مدار از جمع جبری پاسخ های ناشی از اعمال هریک از منابع مستقل به طور جداگانه بدست می آید. البته اگر منابع وابسته ای در مدار وجود داشتند، می باید این منابع را در تک تک مدار های مورد نظر، در نظر گرفت. به عبارت دیگر، روش جمع آثار با منابع وابسته هیچ کاری ندارد و اثر آن در تمام مدارها در نظر گرفته می شود.

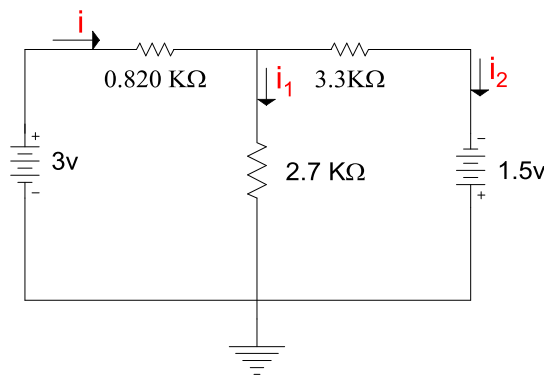
لازم به ذکر است اگر بخواهیم منبع ولتاژی را حذف کنیم باید دو سر آن را اتصال کوتاه کنیم. یعنی بی اثر شدن منبع ولتاژ در مدارهای الکتریکی با صفر شدن مقدار آن منبع مهیا می شود و این کار هم با اتصال کوتاه دور سر آن امکانپذیر است. همچنین اگر بخواهیم منبع جریانی را حذف کنیم و آن را در مدار بی اثر کنیم باید مقدار جریان تولیدی آن منبع جریان، صفر شود. این کار با اتصال باز شدن (قطع شدن) منبع جریان از مدار امکانپذیر خواهد بود.

¹ Superposition Method

به عنوان مثال اختلاف پتانسیل در مقاومت 3Ω برابر است با جمع جبری اختلاف پتانسیل دو مدار دیگری در همان مقاومت پس از حذف منابع مستقل.

شرح آزمایش:

در خصوص تحلیل مدار توسط اصل جمع آثار مدار شکل ۱ را بر روی breadboard نصب می کنیم و منابع مستقل ولتاژ به میزان ۳v و ۱.۵v را به آن متصل می کنیم تا شکل زیر بر روی BreadBoard نمایان گردد. سپس یکبار منبع ۳ ولتی و بار دیگر منبع ۱،۵ ولتی را غیرفعال کرده و جریان های I_1 و I_2 را در هر مرحله به طور مجزا بخوانید. جدول ۱ را تکمیل نموده و اصل آثار را تحقیق نمایید.



شکل ۱

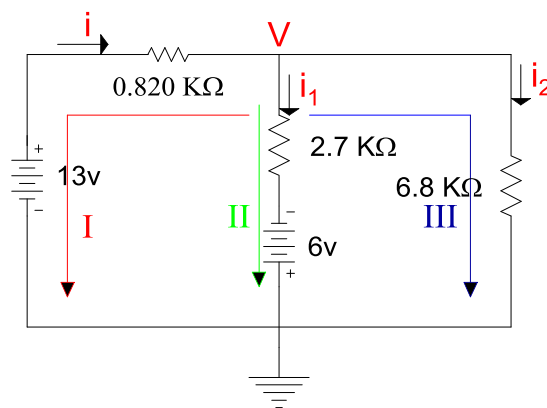
جدول ۱

منبع فعال	I_1	I_2	I
3 v			
1.5 v			
هر دو فعال			

آزمایش ۴

موضوع: بدست آوردن ولتاژ و جریان تک تک المانها

در خصوص محاسبه جریان و ولتاژ هر یک از المان ها مدار شکل ۱ را بر روی breadboard نصب می کنیم و منابع مستقل ولتاژ به میزان ۱۳v و ۶v را به آن متصل می کنیم تا شکل زیر بر روی BreadBoard نمایان گردد . آنگاه ولتاژ و جریان تک تک المانها را بدست آورید.



شکل ۱

جدول ۱

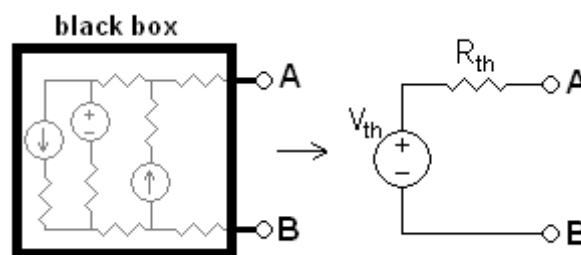
مقدار مقاومت R	آزمایش		تئوری	
	ولتاژ	جریان	ولتاژ	جریان
820 Ω				
2.7 K Ω				
6.8 K Ω				

آزمایش ۵:

موضوع : بررسی مدار معادل تونن و نورتن (بدست آوردن مقاومت معادل تونن)

تئوری آزمایش:

در مهندسی برق هر عنصر یا مدار را می توان به صورت مدار معادل تونن آن مدل کرد. به این صورت که تمام عناصر را مانند یک جعبه سیاه در نظر می گیریم و آنرا با یک مقاومت و منبع ولتاژ معادل می کنیم.



برای مدارهایی که دو پایانه دارند، دو مدار معادل بسیار مشهور وجود دارد:

۱. مدار معادل تونن که یک مدار دوپایانه ای را به یک منبع ولتاژ و یک امپدانس تونن سری شده با آن تقلیل می دهد.

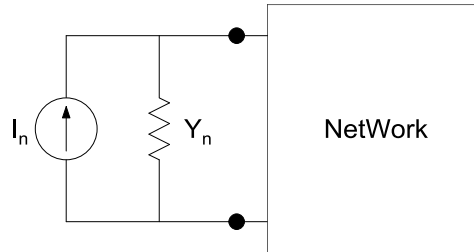
۲. مدار معادل نورتن که یک مدار دو پایانه ای را به یک منبع جریان و یک امپدانس نورتن موازی با آن تقلیل می دهد.

قضیه تونن در مدارهای خطی کاربرد فراوان دارد و هر گونه مدار خطی را به یک مدار معادل شامل یک منبع ولتاژ سری شده با یک مقاومت تبدیل می سازد. البته این قضیه در مدارهای متناوب AC نیز کاربرد دارد. طبق این قضیه می توان هر مدار خطی را بین دو نقطه از مدار بصورت مدار معادل تونن نشان داد که ولتاژ معادل در مدار تونن با V_{th} و مقاومت معادل در این مدار با R_{th} نشان داد می شود.

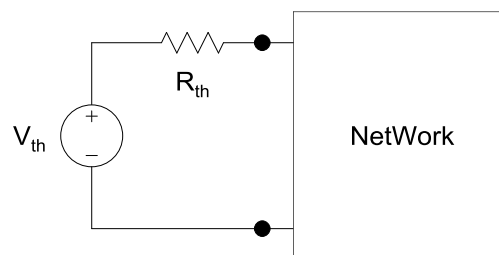
قضیه نورتن همانند قضیه تونن مدار را بین دو نقطه ساده می نماید. طبق این قضیه یک مدار را می توان بین دو نقطه، به صورت یک منبع جریان موازی شده با یک مقاومت در آورد. اصطلاحاً به این منبع جریان I_n جریان معادل نورتن، به مقاومت موازی آن R_n مقاومت مقادل نورتن اطلاق می شود.

۱. هر شبکه مداری خطی نسبت به یک ترمینال خروجی متصل به آن شبکه مداری، دارای یک معادل نورتن و یک معادل تونن است. منظور از معادل نورتن مداری است که در آن به جای شبکه مداری

یک منبع جریان (که باید مقدار جریان آن را یافت) و یک ادمیتانس موازی با آن منبع جریان قرار گرفته است (که مقدار این ادمیتانس را نیز باید یافت). و دوسر ادمیتانس به دو خروجی ترمینال متصل است (شکل زیر)



۲. منظور از معادل تونن مداری است که در آن یک منبع ولتاژ مستقل و یک مقاومت به صورت سری با منبع به جای شبکه مداری قرار گرفته اند و سر آزاد مقاومت و سر منفی منبع ولتاژ به دو خروجی ترمینال متصل هستند (شکل زیر)



دقت کنید این معادلهای باعث ساده تر شدن تحلیل مدار می شوند. در واقع با این کار در هنگام تحلیل بخشی از مدار (مثلاً در شکلهای بالا شبکه) حواسمان را به کمیت‌های موردنیاز برای تحلیل مدار معطوف کرده ایم یعنی میزان جریان و اختلاف پتانسیل در ترمینال!

نکته دیگر: معادلهای نورتن و تونن برای شبکه های مداری خطی برقرار است. منظور از خطی بودن ، وجود عناصر خطی مانند مقاومت و منابع جریان و ولتاژ در تحلیل DC و علاوه بر اینها خازن و سلف در تحلیل AC خواهد بود .

همان طور که مشخص است برای یافتن معادل نورتن باید مقدار جریان منبع جریان و میزان ادمیتانس موازی با آن و برای یافتن معادل تونن باید میزان ولتاژ منبع ولتاژ تونن و مقاومت سری شده با آن را مشخص کرد :

برای مشخص کردن ولتاژ تونن دو سر ترمینال را از هم جدا فرض کرده و اختلاف پتانسیل بین دو سر ترمینال را پیدا میکنیم این ولتاژ ولتاژ تونن V_{th} خواهد بود (دقت کنید در این حالت چیزی را از کار نمی اندازیم و فقط دو سر ترمینال را باز فرض میکنیم) برای پیدا کردن مقاومت تونن همه منابع جریان و ولتاژ مستقل را از

کار می اندازیم (یعنی منبع ولتاژ مستقل ، اختلاف پتانسیل خود را از دست می دهد و به جای آن سیم در مدار قرار میگیرد و عبور جریان را منبع جریان مستقل قطع می شود یعنی منبع جریان مستقل قطع میشود و مقاومت معادل بین دو سر ترمینال را به دست می آوریم . همچنین میتوانیم از روش دیگری برای پیدا کردن امپدانس یا مقاومت تونن استفاده کنیم و آن اینکه دو سر ترمینال را اتصال کوتاه فرض کنیم و جریان عبور کننده از این اتصال کوتاه را حساب کنیم ، سپس نسبت ولتاژ تونن به این جریان مقاومت تونن خواهد بود!

نکته: در هنگام بدست آوردن مقاومت معادل نباید منابع جریان و ولتاژ وابسته را از کار انداخت بلکه لازم است در هنگام وجود داشتن منابع وابسته یک اختلاف پتانسیل دلخواه موسوم به پتانسیل آزمون V_t را در خروجی ترمینال در نظر گرفت و به تحلیل مدار پرداخت سپس حاصل تقسیم این پتانسیل به جریان عبوری از ترمینال را به R_{th} نسبت داد !

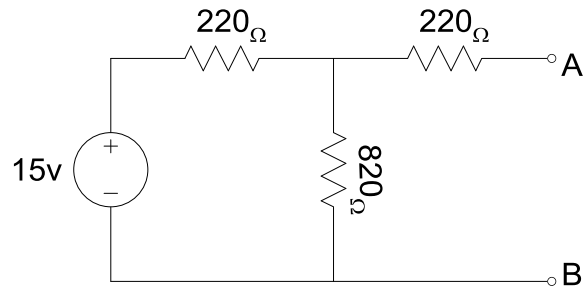
۱. برای مشخص کردن جریان نورتن یک اتصال کوتاه در ترمینال برقرار میکنیم و جریان گذرنده از این اتصال را می سنجیم که همان جریان نورتن خواهد بود (در واقع مشابه با یافتن مقاومت تونن از طریق جریان گذرنده) . میزان ادمیتانس نورتن برابر با یک تقسیم بر امپدانس یا مقاومت تونن است!

یادمان باشد که در صورتی وجود منابع جریان و با ولتاژ وابسته در مدار معادل نورتن تنها در صورتی وجود خواهد داشت که وابستگی منابع به ولتاژ یا جریان بخشی از داخل المان شبکه مداری باشد و به ولتاژ ترمینال یا بخشی از مدار که خارج از شبکه مداری معادل شده است ، بستگی نداشته باشد!

ادمیتانس شاخصی برای آسانی عبور جریان از یک المان یا یک شاخه از مدار است و واحد آن یک بر اهم است درست برعکس امپدانس که سختی عبور جریان از یک شاخه یا المان از مدار را نشان میدهد. و اینکه در شبکه های مقاومتی به جای ادمیتانس میتوان یک المان قرار داد که مقاومت یا امپدانس آن برابر مقاومت یا امپدانس تونن باشد!

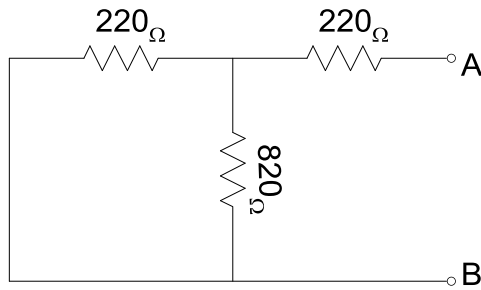
شرح آزمایش:

۱- مدار شکل ۱ را ببندید با اتصال کوتاه کردن دو نقطه A و B جریان اتصال کوتاه را اندازه گرفته و سپس با بازکردن دو نقطه A , B ولتاژ را بخوانید. سپس با داشتن این دو مقدار، مقاومت AB را محاسبه کنید.



شکل ۱

۲- منبع تغذیه ۱۵ ولتی را غیرفعال نمایید. آنگاه مدار شکل ۲ را خواهیم داشت. توسط اهم متر مقدار مقاومت AB را اندازه گیری نمایید. سپس نتیجه را با آزمایش قبل مقایسه کنید.



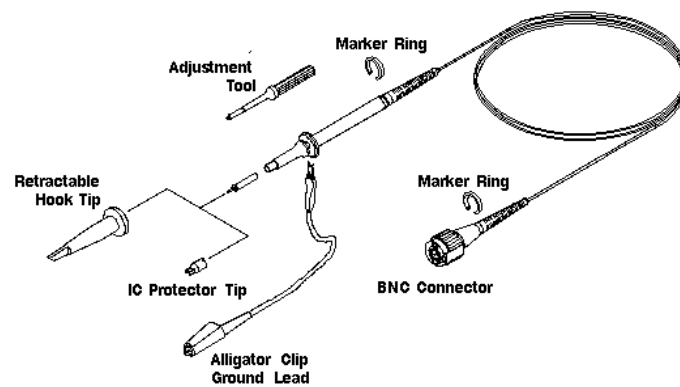
شکل ۲

آزمایش ۶:

موضوع : آشنایی با اسیلوسکوپ و اسیلاتور و اندازه گیری دامنه و زمان تناوب یک موج سینوسی

تئوری آزمایش:

اسیلوسکوپ چیست ؟ و اجزا اسیلوسکوپ کدامند ؟

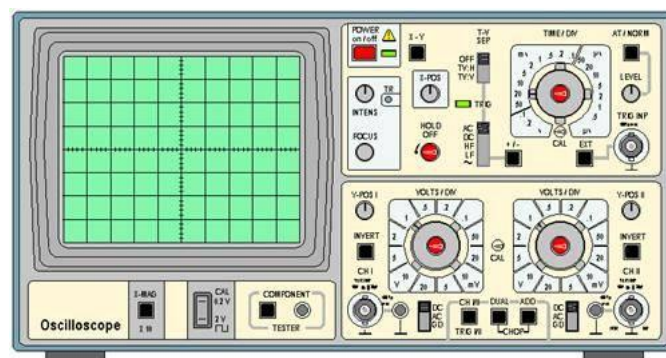


اسیلوسکوپ یا با اختصار اسکوپ (Oscilloscope or scope) تجهیز اندازه گیری است که برای نمایش سینگال ولتاژ و اندازه گیری آن استفاده میشود. معمولاً اسیلوسکوپ به صورت دوبعدی با دو محور زمان (افقی) و ولتاژ (عمودی) طراحی گردیده اند، کمیت‌های دیگری که به شکل سینگنال مربوط هستند میتوانند به همین صورت نمایش داده شوند. همچنین اسیلوسکوپ رویدادهایی که تکرار میشوند و یا با تغییرات کمی تکرار

میشوند را میتواند نمایش دهد. از اسیلوسکوپ در علوم مختلف، طب، مهندسی، ارتباطات و صنعت به عنوان یک دستگاه چند منظوره استفاده می‌شود. برای مثال میتوان از این ابزار دقیق در آنالیز سیستم جرقه زن اتومبیل یا در شکل موج ضربان قلب که به الکتروکاردیوگرام موسوم است استفاده کرد. از فاکتورهای مهم در انتخاب اسیلوسکوپ پهنای باند میباشد که میزانی برای تعیین رنج فرکانسی که میتواند نمایش دهد است برای مثال در صورتی که اسیلوسکوپ مورد نظر ما برای نمایش پالسی با زمان یک نانو ثانیه باشد پهنای باند بایستی ۳۵۰ مگاهرتز در نظر گرفته شود. در نمونه های دیجیتال اسیلوسکوپ نرخ نمونه برداری پیوسته بایستی ده برابر بیشترین فرکانس مورد نظر باشد برای مثال نرخ ۲۰ مگاسمپل بر ثانیه برای اندازه گیری دو مگاهرتز مناسب است.

به عبارتی دیگر اسیلوسکوپ یک دستگاه اندازه گیری است که می توان از آن برای مشاهده و اندازه گیری ولتاژ، فرکانس، زمان تناوب، اختلاف فاز و همچنین مشخصه های ولت و آمپر عناصر نیمه هادی (مانند دیودها، ترانزیستورها و...) استفاده کرد.

مشخه های اسیلوسکوپ :

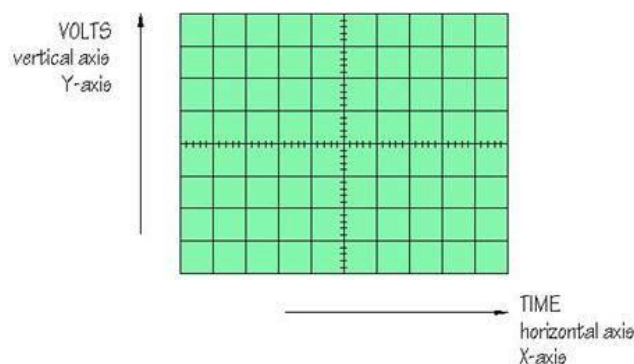


✓ صفحه نمایشگر

هر اسیلوسکوپ دارای یک صفحه نمایشگر است که دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف) محور زمان

ب) محور ولتاژ



در اسیلوسکوپ درجه بندی بر حسب سانتیمتر و میلیمتر می باشد (خانه های بزرگ ۱ سانتی متری و خانه های کوچک ۲ میلیمتری می باشد).

✓ کانال

ورود هر اسیلوسکوپ کانال نامیده می شود که هر اسیلوسکوپ بر اساس تعداد کانالهایی که می توان به آن اعمال کرد تقسیم بندی می شود: یک کاناله، دو کاناله، سه کاناله و چهار کاناله که اسیلوسکوپ های ۳ و ۴ کاناله دیجیتال می باشند.

✓ اسیلوسکوپ آنالوگ

بر اساس انحراف الکترون در میدان الکتروستاتیکی کار می کند.

✓ لامپ پرتو کاتدی

اسیلوسکوپ از یک لامپ پرتو کاتدی که قلب دستگاه است و تعدادی مدار برای کار کردن لامپ پرتو کاتدی تشکیل شده است. قسمت های مختلف لامپ پرتو کاتدی عبارتند از:

✓ تفنگ الکترونی

تفنگ الکترونی باریکه متمرکزی از الکترونها را بوجود می آورد که شتاب زیادی کسب کرده اند. این باریکه الکترون با انرژی کافی به صفحه فلئورسان برخورد می کند و بر روی آن یک لکه نورانی تولید می کند. تفنگ الکترونی از رشته گرمکن، کاتد، شبکه آند پیش شتاب دهنده، آند کانونی کننده و آند شتاب دهنده تشکیل شده است.

الکترونها از کاتدی که بطور غیر مستقیم گرم می شود، گسیل می شوند. این الکترونها از روزنه کوچکی در شبکه کنترل می گردند. شبکه کنترل معمولاً یک استوانه هم محور با لامپ است و دارای سوراخی است که در مرکز آن قرار دارد. الکترونهای گسیل شده از کاتد که از روزنه می گذرند (به دلیل پتانسیل مثبت زیادی که به آندهای پیش شتاب دهنده و شتاب دهنده اعمال می شود)، شتاب می گیرند. باریکه الکترونی را آند کانونی کننده، کانونی می کند.

✓ صفحات انحراف دهنده

صفحات انحراف دهنده شامل دو دسته صفحه است. صفحات انحراف قائم که بطور افقی نصب می شوند و یک میدان الکتریکی در صفحه قائم ایجاد می کنند و صفحات Y نامیده می شوند. صفحات انحراف افقی بطور قائم نصب می شوند و انحراف افقی ایجاد می کنند و صفحات X نامیده می شوند. فاصله صفحات به اندازه کافی زیاد است که باریکه بتواند بدون برخورد با آنها عبور کند.

✓ صفحه فلونورسان

جنس این پرده که در داخل لامپ پرتو کاتدی قرار دارد، از جنس فسفر است. این ماده دارای این خاصیت است که انرژی جنبشی الکترونهای برخورد کننده را جذب می کند و آنها را به صورت یک لکه نورانی ظاهر می سازد. قسمت های دیگر لامپ پرتو کاتدی شامل پوشش شیشه ای، پایه که از طریق آن اتصالات برقرار می شود، است.

✓ مولد مبنای زمان

اسیلوسکوپ ها بیشتر برای اندازه گیری و نمایش کمیات وابسته به زمان بکار می روند. برای این کار لازم است که لکه نورانی لامپ روی پرده با سرعت ثابت از چپ به راست حرکت کند. بدین منظور یک ولتاژ مثبت به صفحات انحراف افقی اعمال می شود. مداری که این ولتاژ مثبت را تولید می کند، مولد مبنای زمان یا مولد رویش نامیده می شود.

✓ سیستم انحراف قائم

چون سیگنالها برای ایجاد انحراف قابل اندازه گیری بر روی صفحه لامپ به اندازه کافی قوی نیستند، لذا معمولاً تقویت قائم لازم است. هنگام اندازه گیری سیگنالهای با ولتاژ بالا باید آنها را تضعیف کرد تا در محدوده تقویت کننده های قائم قرار گیرند. خروجی تقویت کننده قائم، از طریق انتخاب همزمانی در وضعیت داخلی، به تقویت کننده همزمان نیز اعمال می شود.

✓ سیستم انحراف افقی

✓ صفحات انحراف افقی از ولتاژ رویش که مولد مبنای زمان تولید می کند، تغذیه می کند. این سیگنال از طریق یک تقویت کننده اعمال می شود، ولی اگر دامنه سیگنالها به اندازه کافی باشد، می توان آن را مستقیماً اعمال کرد. هنگامی که به سیستم انحراف افقی، سیگنال خارجی اعمال می شود، باز هم از طریق تقویت کننده افقی و کلید انتخاب رویش در وضعیت خارجی اعمال خواهد شد. اگر کلید انتخاب رویش در وضعیت داخلی باشد، تقویت کننده افقی، سیگنال ورودی خود را از مولد رویش دنداندار می گیرد که با تقویت کننده همزمان راه اندازی می شود، می گیرد.

✓ کنترل کانونی بودن

الکتروود کانونی کننده مثل یک عدسی با فاصله کانونی تغییر می کند. این تغییر با تغییر پتانسیل آند کانونی کننده صورت می گیرد.

✓ همزمانی

هر نوع رویشی که بکار می‌رود، باید با سیگنال مورد بررسی همزمان باشد. تا یک تصویر بی حرکت بوجود آید. برای این کار باید فرکانس سیگنال مبنای زمان مقسوم علیه‌ای از فرکانس سیگنال مورد بررسی باشد.

✓ مواد محو کننده

در طی زمان رویش، ولتاژ دندانه‌دار رویش اعمال شده به صفحات X، لکه نورانی را بر یک خط افقی از چپ به راست روی صفحه لامپ حرکت می‌دهد. اگر سرعت حرکت کم باشد، یک لکه دیده می‌شود و اگر سرعت زیاد باشد، لکه به صورت یک خط دیده می‌شود. در سرعت‌های خیلی زیاد، ضخامت خط کم شده و تار به نظر می‌رسد و یا حتی دیده نمی‌شود.

✓ کنترل وضعیت

وسیله‌ای برای کنترل حرکت مسیر باریکه بر روی صفحه لازم است. با این کار شکل موج ظاهر شده بر روی صفحه را می‌توان بالا یا پائین یا به چپ یا راست حرکت داد. این کار را می‌توان با اعمال یک ولتاژ کوچک سیستم داخلی (که مستقل است) به صفحات انحراف دهنده انجام داد. این ولتاژ را می‌توان با یک پتانسیومتر تغییر داد.

✓ کنترل شدت

شدت باریکه با پتانسیومتر کنترل کننده شدت که پتانسیل شبکه را نسبت به کاتد تغییر می‌دهد، تنظیم می‌شود.

✓ مدار کالیبره سازی

در اسیلوسکوپهای آزمایشگاهی معمولاً یک ولتاژ پایدار داخلی تولید می‌شود که دامنه مشخصی دارد. این ولتاژ که برای کالیبره سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد، معمولاً یک موج مربعی است

✓ اسیلوسکوپ دیجیتال

اساس کار این نوع اسیلوسکوپ نمونه برداری از شکل موج ورودی میباشد، هر چه نمونه برداری بیشتر باشد شکل موج نمایش داده شده دقیقتر خواهد بود. (که بلوک دیاگرام آن را در شکل زیر ببینید) کلیدهای روی اسیلوسکوپ در سه دسته تقسیم بندی می‌شود.

اگرچه کلیدهای کنترلی اسکوپ های مختلف کمی با هم فرق می کنه ولی در مجموع در اسکوپ های آنالوگ یک سری کلید های اساسی وجود داره که اگرچه در ظاهر تفاوت هایی وجود داره ولی در نهایت وظیفه آنها در مدل های مختلف یکی است.

۱. قسمت vertical

(۱-۱) CH1: ورودی شماره یک اسیلوسکوپ

(۲-۱) CH2: ورودی شماره دو اسیلوسکوپ

(۳-۱) کلید (AC-GND-DC)

(۱-۳-۱) مد AC: اگر کلید روی این قسمت قرار گیرد فقط سیگنال جریان متناوب وارد اسیلوسکوپ می شود و از نمایش ولتاژ DC جلوگیری می شود.

(۲-۳-۱) مد DC: اگر کلید روی این حالت تنظیم شود سیگنال ورودی هر چه باشد (اعم از DC یا AC یا ترکیبی از هر دو) روی صفحه نمایش داده می شود.

(۳-۳-۱) مد GND: اگر این حالت انتخاب شود، ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل می شود و ارتباط الکتریکی بین پروپ و اسیلوسکوپ قطع می شود. این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد.

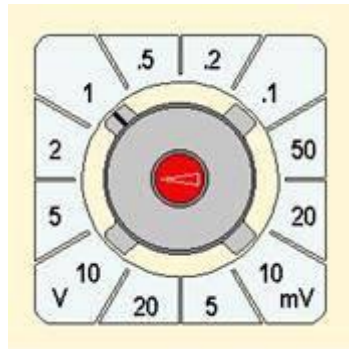
(۴-۱) ولوم VARIABLE: که بر روی سلکتور VOLT/DIV قرار دارد و برای کالیبره کردن دستگاه بکار می رود که باید همیشه در انتها علیه سمت راست قرار گیرد (جهت عقربه های ساعت بچرخانیم) تا ضریب ۱ داشته باشد. (برای صفر کردن خطای ولتاژ)

(۵-۱) ولوم POSITION: باین ولوم می توان شکل موج روی صفحه نمایش را عمودی حرکت داد.

(۶-۱) کلید mode: این کلید چهار وضعیت دارد: الف) CH1 ب) CH2 ج) DUAL د) ADD

بسته به این که بخواهیم از کدام یک از ورودی های اسکوپ استفاده کنیم می توانیم کلید MODE را تنظیم کنیم که به ترتیب از بالا به پایین اسکوپ، روی صفحه نمایش، کانال یک، کانال دو، دو موج راهمزمان و در وضعیت ADD، جمع ریاضی دو موج را نشان خواهد داد.

(۷-۱) ولوم VOLT/DIV: با تغییر این پتانسیومتر دامنه ی موجی که در صفحه نمایش ظاهر می شود، تغییر میکند.



نکته

با تغییر مقیاس (مقدار VOLT/DIV) میتوان هر شکل موجی را بر روی صفحه نمایش نشان داد. اسیلوسکوپ هیچ نوع دخل و تصرفی در (مقدار دامنه یا پریود) موج نمی کند و تنها مقیاس را تغییر می دهد. (صحیح ترین انتخاب مقیاس برای نشان دادن موج این است که شکل موج در ماکزیمم دامنه قابل دید (بزرگترین حالت پیک تو پیک) و داشتن ۱ یا ۲ پریود میباشد).

۸-۱) دکمه فشاری ALT: با فشار دادن این دکمه هر دو کانال با هم موج به اسیلوسکوپ داده و موج هر دو کانال با هم رسم می شود ولی شکل موج های آن در تمام لحظات با هم در صفحه اسیلوسکوپ دیده نمی شود. بلکه یک در میان روی صفحه حساس ظاهر می شوند.

۹-۱) دکمه فشاری CHOP: با فشار دادن این دکمه کانال ۱ و ۲ هر دو روشن شده و میتوان دو موج جداگانه را توسط ورودی های این دو کانال به طور مجزا در صفحه سیلوسکوپ مشاهده نمود.

یک دوره تناوب از یک موج را به طور کامل و بسیار سریع نمایش میدهد و بعد موج کانال دیگر را نمایش می دهد اما این تغییر آنقدر سریع انجام میشود که ما آن را حس نمی کنیم. اما وضعیت CHOP به صورت انتخابی بریده هایی از یک موج و بریده هایی از یک موج دیگر را هم زمان نشان میدهد که ممکن است شکل موج در فرکانس های پایین با نقطه هایی خالی نشان داده شود.

قسمت TRIGGER

۱-۲) SOURCE: برای نمایش یک شکل موج پایدار در صفحه اسیلوسکوپ لازم است شکل موج جاروب کننده (SWEEP) با شکل موج ورودی سنکرون (همزمانی) داشته باشد لذا برای سنکرون کردن لازم است یک شکل موج به آن اعمال شود که نوع این سیگنال سنکرون کننده در محل SOURCE بصورت زیر تعیین می شود.

۲-۱-۱) CH1 و CH2: اگر در یکی از این دو وضعیت باشد، باید برای پایدار بودن موج هر کانال در قسمت vertical در وضعیت مشابه source باشد یعنی اگر CH1 بود، SOURCE هم CH1 و اگر CH2 بود، SOURCE هم باید CH2 باشد (در این صورت اگر موج ثابت نشد از کلید LEVEL برای نگه داشتن موج استفاده می کنیم).

۲-۱-۲) EXT: اگر در این وضعیت قرار گیرد می توان سیگنال جاروب کننده را از خارج توسط ترمینال (EXT-TRIG) راه انداز خارجی موج با فرکانس لازم را به صفحات افقی داد.

۲-۱-۳) اگر فرکانس سیگنال همان فرکانس برق شهر باشد از دکمه ی INE برای تامین سیگنال جاروب کننده استفاده می کنیم.

۲-۲) LEVEL: برای نگه داشتن موج به کار می رود .

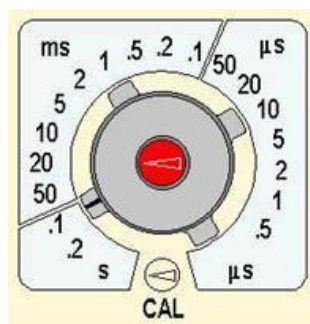
۲-۳) SLOP: نمودار را نسبت به محور V قرینه می کند.

۲-۴) TRIC: تحریک کننده مدار می باشد.

قسمت HORIZONTAL

۳-۱) ولوم POSITION: با این ولوم می توان شکل موج روی صفحه نمایش گر را در جهت افقی حرکت داد.

۳-۲) سلکتور TIME/DIV: با تغییر این کلید پریود موج تغییر میکند. در نتیجه واحد زمان بر روی محور Tها عوض می شود. برای خواندن مقدار پریود واقعی یک موج تعداد واحدهای دیده شده را در عدد TIM/DIV می کنیم. در روی این سلکتور سه دسته تنظیمات بر حسب ثانیه (S) میلی ثانیه (MS) و میکرو ثانیه (μ S) وجود دارد که در موقع تبدیل باید به این واحدها توجه نمود.



۳-۳) ولوم SWP VAR: با این ولوم می توان تعداد بیشتری شکل موج را روی صفحه منعکس کرد. (برای صفر کردن خطای فرکانس)

۳-۴) کلید فشاری MAG10: با فشار دادن این کلید موج ۱۰ برابر می شود.

پروب (PROBE): برای مشاهده شکل موج اعمال به اسیلوسکوپ در ابتدا با پروب سیگنال الکتریکی را به ورودی اسیلوسکوپ وصل میکنیم.

سیم رابط اسیلوسکوپ از سه قسمت تشکیل شده است ۱) مغزی فلزی که به کانال اسیلوسکوپ وصل می شود و B.N.C نامیده می شود ۲) پروب که به مدار متصل می شود ۳) و سیم shield که پروب را به b.n.c متصل کرده است.

در روی پروب کلید ۱(*) و ۱۰(*) وجود دارد. چنانچه دامنه سیگنال ورودی کم باشد از حالت ۱* و چنانچه دامنه سیگنال ورودی بزرگ باشد از حالت ۱۰* استفاده می شود. (در حالت ورودی ۱۰* سیگنال ورودی ۱۰ برابر تضعیف می شود).

نحوه اندازه گیری با اسیلوسکوپ

قبل از شروع کار با اسیلوسکوپ باید دو کار انجام دهیم:

الف) تنظیمات اولیه: کلید های Gain Variable Control را که به صورت کلیدی کوچکتر بر روی کلیدهای Volt/Div و Time/Div (طوسی رنگ) وجود دارد تا انتها در جهت عقربه های ساعت بچرخانید.

در اسیلوسکوپهای آنالوگ کلیدهای کشویی را به بالا و کلیدهای فشاری همه بیرون باید باشد.

ب) کلید سه حالت AC GND DC رو برای هر دو کانال در حالت GND قرار بدید و با دستگیره Position محور عمودی را روی صفر قرار بدید. بوسیله کلیدهای Intensity و Focus به ترتیب شدت نور و نازکی موج را تنظیم کنید و بعد از تنظیم زمین کلیدها را در وضعیت DC قرار بدید.

✓ اندازه گیری ولتاژ (دامنه)

تعداد خانه های عمودی محصور شده را از قله تا پایین ترین نقطه موج بشمارید و در Volt/Div آن کانال ضرب کنید. عدد به دست اومده اندازه ی دامنه P-P موج خواهد بود. به عنوان مثال اگر در

حالتی که VOLT/DIV روی عدد ۲ و تعداد خانه های محصور شده توسط موج در راستای عمودی برابر ۳,۴ باشد آنگاه برای بدست آوردن مقدار ولتاژ ضرب این دو عدد داریم:

دامنه (ولتاژ) = عدد volt/div \times تعداد خانه های عمودی

$$V = 2 \times 3,4 = 6,8$$

✓ اندازه گیری پریود یا فرکانس

الف) تعداد خانه های افقی را که در امتداد یک دوره تناوب قرار گرفته اند در واحد Time/Div ضرب کنید و عدد به دست آمده را معکوس کنید تا فرکانس موج بدست بیاید. مثلاً عدد time/div روی 50 ms و تعداد خانه های افقی در یک دوره برابر ۵,۲

(پریود) $T = \text{عدد time/div} \times \text{تعداد خانه های افقی}$

$$50 \text{ ms} \times 5,2 = 260 \text{ms}$$

$$F = 1/T = 1/260 \text{ms} = 3.8 \text{hz} \Rightarrow \text{فرکانس}$$

✓ روش تطبیق

در این روش تطبیق موجی را که فرکانسش را می خواهیم بدست آوریم را با موجی که می توانیم فرکانسش را اندازه بگیریم مقایسه می کنیم , فرکانس معلوم را آنقدر تغییر می دهیم تا با فرکانس مجهول برابر شود به این ترتیب می توانیم مقدار فرکانس مجهول را بخوانیم .

✓ اندازه گیری جریان

همانطور که می دانیم از اسیلوسکوپ فقط برای اندازه گیری ولتاژ می توان استفاده کرد و نمی توانیم جریان را با آن اندازه بگیریم , برای این کار یک مقاومت ۱ اهمی در مدار سری می کنیم و طبق قانون اهم در این حالت داریم $V=RI$ و $R=1\Omega$ پس داریم $V=I \times I$ (یعنی V با I برابر خواهد بود) وبا اندازه گیری ولتاژ در واقع جریان را هم اندازه گرفته ایم.

✓ اندازه گیری اختلاف پتانسیل

کلید INV: این کلید سیگنال را معکوس می کند و برای محاسبه اختلاف پتانسیل استفاده می شود. به این صورت که اگر V1 ورودی CH1 و V2 ورودی CH2 باشد برای اختلاف پتانسیل V2-V1 به صورت زیر عمل می کنیم:

CH1 را با معکوس CH2 جمع می کنیم (یعنی روی مد ADD قرار میدهیم و برای کانال دو دکمه INV زده می شود).

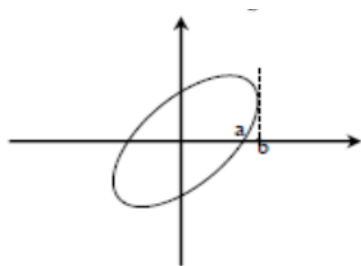
$$CH1 \text{ [ADD] } ([INV] CH2) = CH2 - CH1 = V2 - V1$$

✓ اندازه گیری اختلاف فاز

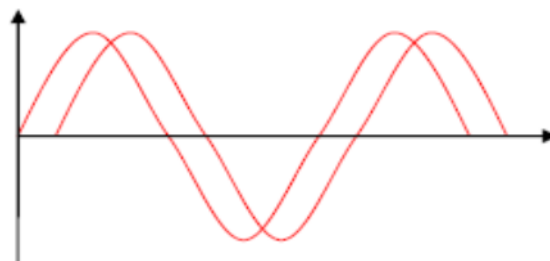
الف) روش حوزه ی زمانی: در این روش اسیلوسکوپ را در مد DUAL قرار داده و سیگنال های کانال ۱ و ۲ را با هم نمایش میدهیم سپس از روی نمودار و با توجه به مقادیر T و T0 و از روابط زیر اختلاف فاز را محاسبه می کنیم.

ب) روش لیسازور: در روش لیسازور برای محاسبه اختلاف فاز، اسیلوسکوپ را در مد X-Y قرار می دهیم و بعد از ظاهر شدن شکل موج لیسازور پایدار با توجه به شکل ظاهر شده اختلاف فاز را محاسبه می کنیم. (بعد از وصل دو سیگنال به کانال ها ابتدا هر دو کانال را روی مد GND قرار می دهیم تا نقطه نورانی ایجاد شده را در وسط محور مختصات تنظیم کنیم. و سپس روی مد DC قرار داده تا اختلاف فاز را به دست آوریم).

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}$$



تصویر (۱)



تصویر (۲)

تصویر (۳)

تصویر (۴)

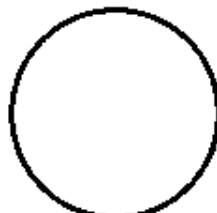
تصویر (۵)



$$\Phi = 0^\circ$$



$$0^\circ < \Phi < 90^\circ$$



$$\Phi = 90^\circ$$



$$90^\circ < \Phi < 180^\circ$$



$$\Phi = 180^\circ$$

آزمایش ۶:

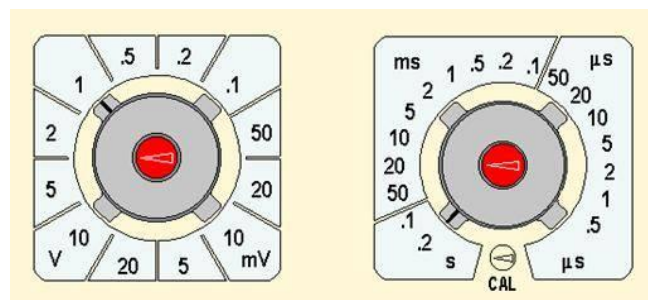
برای انجام آزمایش نیازمند یک Function Generator برای تولید اختلاف پتانسیل متناوب می باشیم . در هر مرحله با استفاده از مولد ولتاژ ولتاژ متناوب با فرکانس های مورد نیاز تولید می نماییم . سپس با مولتی متر اندازه آن را یادداشت می نماییم . ماکزیمم اندازه ولتاژ تولید شده توسط ولتمتر را تحت عنوان V_{rms} یا ولتاژ موثر اندازه گیری می کنیم .

برای کار با نوسان نگار مراحل زیر را انجام می دهیم :

قدم اول: روشن کردن اسکوپ

قدم دوم: اطمینان از کالیبره بودن اسکوپ

کلید های Gain Variable Control را که به صورت کلیدی کوچکتر بر روی کلیدهای Volt/Div و Time/Div وجود دارد تا انتها در جهت عقربه های ساعت بچرخانید.



قدم سوم: تنظیم زمین اسکوپ

کلید سه حالتی AC GND DC را برای هر دو کانال در حالت GND قرار بدید و با دستگیره ی Position محور عمودی را روی صفر قرار بدید. بوسیله ی کلیدهای Intensity و Focus به ترتیب شدت نور و نازکی موج را تنظیم کنید و بعد از تنظیم زمین کلیدها را در وضعیت DC قرار بدید.

قدم چهارم: وصل مدار به اسکوپ

اگر از یک کانال می خواهید استفاده کنید با یک پروب و اگر از دو کانال با دو پروب باید مدار را به اسکوپ وصل کنید. به این صورت که سوکت پروب را به ورودی کانال مورد نظر وصل کنید و سر دیگر آن را به سر المان یا قسمتی از مدار که می خواهید تغییرات ولتاژ آن را بررسی کنید، وصل کنید

قدم پنجم: پایداری موج

اگر موجی که روی صفحه نشان داده میشود یا سریع حرکت میکند، دستگیره ی Trigger Level را در حالت وسط قرار بدهید و یه کم Time/Div را هم تغییر بدهید تا شکل موج واضطر شود.

قدم ششم: انتخاب منبع

کانال مورد نظر را برای نمایش روی صفحه بوسیله ی کلید چند حالتی Vertical Mode انتخاب کنید. اگر هر دو کانال را هم زمان می خواهید ببینید یکی از حالت های ALT یا CHOP را انتخاب کنید و اگر مجموع دو موج مورد نظر، وضعیت ADD را انتخاب کنید.

قدم هفتم: اندازه گیری مشخصات موج

تعداد خانه های افقی را که در امتداد یک دوره ی تناوب قرار گرفته اند در واحد Time/Div ضرب کنید و عدد به دست اومده را معکوس کنید تا فرکانس موج بدست بیاد. برای بدست آوردن دامنه ی سیگنال، تعداد خانه های افقی را از قله تا پایین ترین نقطه ی موج بشمارید و در Volt/Div آن کانال ضرب کنید. عدد به دست اومده اندازه ی دامنه ی P-P موج خواهد بود.

برای بدست آوردن داریم :

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \xrightarrow{V_m = \frac{V_{p-p}}{2}} V_{rms} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}}$$

خطای بوجود آمده در محاسبه V_{rms} و فرکانس بدلائل زیر می باشد :

- عدم ثابت بودن و خواندن عدد از روی ولتمتر
- عدم دقت کافی بر روی LCD نوسان نگار
- مقاومت ناشی از اتصال probe نوسان نگار
- ...

شرح آزمایش

با نوسان‌ساز یک موج سینوسی با فرکانس 500 Hz و ولتاژ مؤثر 0.5 V ایجاد کنید (این ولتاژ مؤثر را با ولتمتر اندازه بگیرید و مطمئن شوید). خروجی نوسان‌ساز را به ورودی کانال ۱ نوسان‌نگار متصل نمایید و با تنظیم آن، موج سینوسی را در وضعیت ثابت و مناسبی بر روی صفحه تنظیم کنید. حال از روی شکل مقدار ولتاژ و در نتیجه مقدار مؤثر و زمان تناوب و در نتیجه فرکانس این موج را اندازه بگیرید.

با توجه به ولتاژهای تنظیم شده توسط Function Generator جدول زیر حاصل گردید.

شماره	$f(\text{KHz})$	$V_{\text{rms}}(\text{V})$ اندازه‌گیری شده با ولتمتر	$V_{\text{p-p}}(\text{V})$ اندازه‌گیری شده با اسکوپ	$V_{\text{rms}}(\text{V})$ محاسبه شده	T اندازه‌گیری شده با اسکوپ	f محاسبه شده (KHz)
۱	۰/۵	۰/۵				
۲	۱	۱				
۳	۲	۱/۴				
۴	۳	۲/۸				
۵	۵	۳/۵				

آزمایش ۷:

موضوع: صافی های فرکانسی

تئوری آزمایش:

فیلتر

همانگونه که از این نام و کاربرد های آن برمی آید برای تصفیه یک عنصر از عناصری است که از دید ما نامطلوب است و به آن نیازی نداریم و نمی توان نتیجه مناسب و زیاد خوبی را گرفت . در الکترونیک از مدارهایی استفاده می کنند تا فرکانس های اضافی که از دید طراح مزاحم به حساب می آیند حذف و یا حداقل کم رنگ تر شوند و تنها به فرکانس یا فرکانس هایی که نیاز داریم اجازه عبور و رفتن به خروجی را می دهیم و توان فرکانس مطلوب بیشتر از توان فرکانس نامطلوب شود. برای ساخت فیلترها از اساس کار خازن و سلف در جریان AC و این قانون که هنگامی که ما دو مقاومت داشته باشیم جریان از مقاوتی عبور می کند که کوچک تر است .

به طور کلی چهار نوع فیلتر داریم :

فیلتر بالا گذر: فقط فرکانسهای بالا را عبور داده و فرکانسهای پایین را حذف می نماید .

فیلتر پایین گذر : فرکانسهای پایین را عبور می دهد و فرکانسهای بالای تعیین شده را حذف می نماید .

فیلتر میان گذر : فرکانسهای میانی یا متوسط را عبور داده و باقی فرکانسها را حذف می کند .

فیلتر میان نگذر : فرکانسهای متوسط و میانی را حذف می کند و باقی فرکانسهای بالا و پایین را عبور می دهد

کاربرد فیلتر ها چیست ؟

بیشترین کاربرد فیلتر ها در مدارهای مخابراتی ارسال و دریافت کننده و آمپلی فایرها و تنظیم کننده های صدا و حذف نویز در گیرنده های رادیویی از جمله رادیو و تلویزیون به کار می رود.

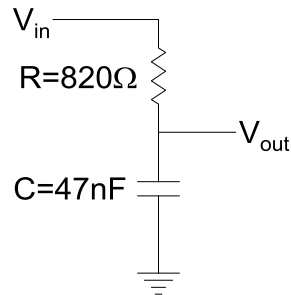
شرح آزمایش:

الف) مدار پایین گذر

برای انجام آزمایش بررسی فیلتر پایین گذر ، مدار فیلتر پایین گذار را با استفاده از یک از مقاومت 820Ω و یک خازن عدسی $47nF$ بر روی Bread Board مانند شکل ۱ طراحی کنید. نوسان ساز را به ورودی مدار متصل نموده و یک موج سینوسی با دامنه $4V_{p-p}$ به مدار اعمال کنید.

الف. جدول ۱ را تکمیل نمایید.

ب. پاسخ نوسانی مدار را رسم نمایید.



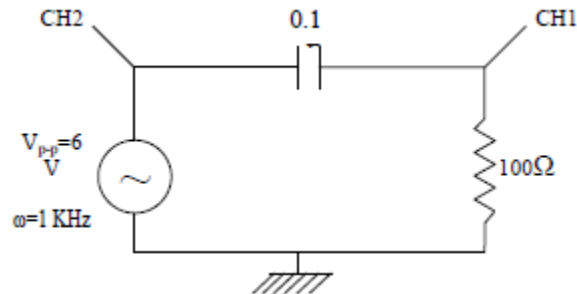
شکل ۱

جدول ۱

فرکانس Hz	V_{p-p} اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ	V_0 اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ
50		
100		
500		
1000		
2000		
3000		
5000		
10000		
50000		

ب) مدار بالا گذر

طبق مدار شکل ۲ یک مقاومت ۱۰۰ اهمی را با یک خازن ۰/۱ میکروفارادی ببینید. نوسان ساز را به ورودی مدار متصل نموده و یک موج سینوسی با دامنه ۶Vp-p به مدار اعمال کنید.



شکل ۲

الف. جدول ۲ را تکمیل نمایید.

ب. پاسخ نوسانی مدار را رسم نمایید.

جدول ۲

فرکانس Hz	V_{p-p} اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ	V_0 اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ
50		
100		
500		
1000		
2000		
3000		
5000		
10000		
50000		

ج. اختلاف فاز بین کانال ۱ و ۲ را به کمک منحنی لیسازور و راه حل تئوری بدست آورید.

د. جدول ۳ را به ازای فرکانس‌های درخواستی تکمیل نمایید.

$$V_R = R \times I \quad , \quad V_C = Z_C \times I \quad \Rightarrow I = \frac{V}{Z}$$

$$Z_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C \times 2\pi \times f} \quad , \quad Z_R = R \quad |Z| = \sqrt{Z_C^2 + Z_R^2}$$

$$\angle Z = \tan^{-1} \frac{1}{\omega RC} \quad , \quad \angle Z = \varphi \rightarrow \sin \varphi = \frac{a}{b}$$

جدول ۳

f (KHz)	V _C	V _R	$I = \frac{V_R}{R}$	$\sin \varphi = \frac{a}{b}$	$\angle Z = \tan^{-1} \frac{1}{\omega RC}$
۱۶					
۴					
۱.۶					