به نام خدا

آزمایشگاه اندازه گیری و مدار

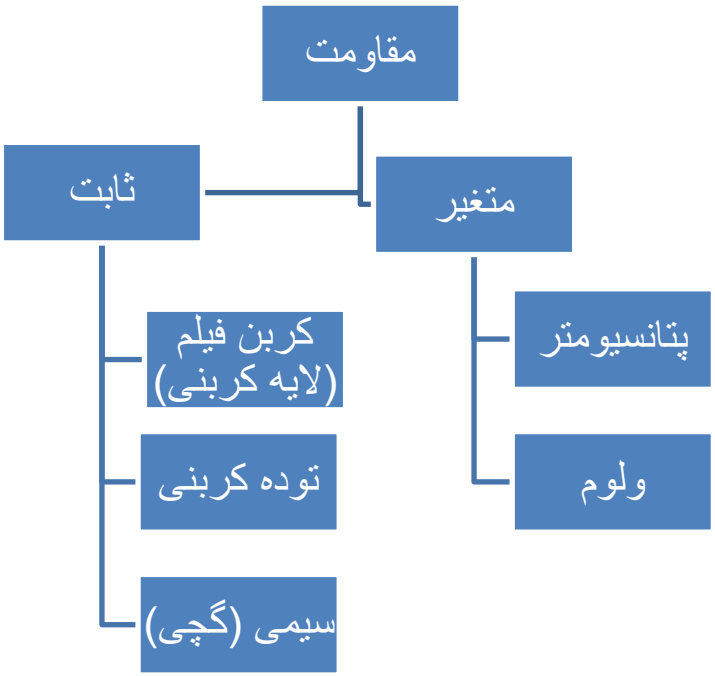
استاد محترم: جناب آقای زمانی

آزمایش شماره ی یک: آشنایی با قطعات الکتریکی

وسایل مورد نیاز: تعدادی مقاوت (از انواع مختلف مثل گچی، کربن فیلم و توده کربنی) – پتانسیومتر – ولوم – سلف (انواع مختلف موجود در آزمایشگاه) – خازن (از انواع مختلف موجود در آزمایشگاه)

شرح آزمایش:

مقاومت:



مقدار نامی مقاومت: آن مقداری که روی مقاومت درج شده.

مقدار واقعی مقاومت: آن مقداری که توسط اهم متر اندازه گیری می شود.

محدوده ی مقاومت: مقدار نامی آن با در نظر گرفتن تلورانس. (مقاومتی که از محدوده ی خود خوارج شود سوخته محسوب می شود.)

خصوصیات اصلی یک مقاومت

مقاومتها از نظر عمل الکتریکی که انجام می دهند دارای دو مشخصه اصلی هستند که همیشه در انتخاب آنها باید مورد توجه قرار گیرد.

۱) اهم مقاومت : مقاومتها از نظر اهمی که از خود در مقابل عبور جریان نشان می دهند مقدار گذاری می شوند یا به عبارت دیگر اهم گذاری می شوند.

۲) وات مقاومت : وات یک مقاومت عبارت است از میزان و قابلیت حرارت پذیری و تحمل حرارت بدون آنکه آسیب ببیند.

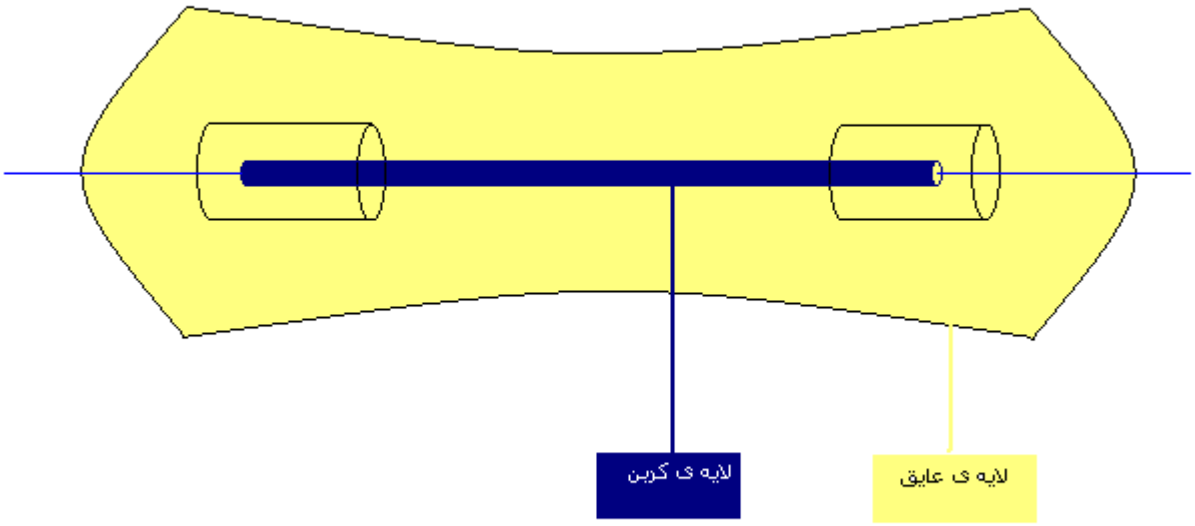
موارد کاربرد یک مقاومت در مدارات الکترونیکی

۱) تقسیم پتانسیل: یعنی به وسیله دو یا چند مقاومت می توان یک ولتاژ را به ولتاژهای کوچکتری تقسیم نمود.مثلاً یک ولتاژ ۶ ولتی را می توان به یک ولتاژ۲ ولتی یک ولتاژ ۳ ولتی و یک ولتاژ ۱ ولتی تقسیم نمود.

۲) جلوگیری از سوختن قطعات و ایجاد اتصال کوتاه در مدار: اگر دو دو سر یک دیود نورانی را مستقیماً به یک منبع وصل کنیم به خاطر اینکه دیود مقاومت کمی در حدود صفر دارد ممکن است جریان بالایی بکشد و بسوزد ولی با قرار دادن یک مقاومت سری می توان از این کار جلوگیری کرد.

۳) تنظیم میزان تقویت کننده در تقویت کننده ها: در مدارات تقویت کننده معمولاً مقاومت متغیری در مدار قرار داده می شود که بوسیله آن می توان میزان تقویت کنندگی مدار را تغییر داد.

ساختار یک مقاومت از نوع کربن فیلم:



مقاومت از نوع کربن فیلم

معمولا روی مقاومت ها سه یا چهار یا پنج رنگ وجود دارد که یک رنگ آن (معمولا طلایی یا نقره ای) از بقیه جداست. این رنگ باید هنگام خواندن در سمت راست قرار گیرد.

نحوه تعیین مقدار مقاومت ها از روی کد رنگی (مقاومت چهار رنگ) : رنگ اولین نوار نشان دهنده اولین عدد صحیح مقدار مقاومت و رنگ دومین نوار نشان دهنده دومین عدد صحیح مقدار مقاومت است . رنگ نوار سوم نشان دهنده ضریب مقاومت است و رنگ نوار چهارم حدود خطا (تلرانس) را معین می کند.

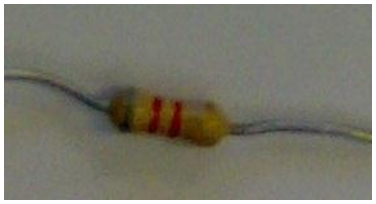
رنگ	عدد صحیح	مضرب	تلرانس
سیاه	۰	۱	
قهوه ای	۱	۱۰	
قرمز	۲	۱۰۰	
نارنجی	۳	۱۰۰۰	
زرد	٤	۱۰۰۰۰	
سبز	٥	۱۰۰۰۰۰	
آبی	٦	۱۰۰۰۰۰۰	
بنفش	۷	۱۰۰۰۰۰۰۰	
خاکستری	۸	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	
سفید	۹	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	
طلائی			%٥
نقره ای			%۱۰
بی رنگ			%۲۰

(ساقی قدحی قرار نه زیر سبو آبی بفشان خانه سنبل به نکو)

پس یک مقاومت به رنگِ (از چپ به راست) قهوه ای، سیاه، قرمز و طلایی معرف یک مقاومت ۱۰۰۰Ω با تلرانس ٥% خواهد بود. پس مقدار واقعی این مقاومت چیزی بین ۹٥۰ تا ۱۰٥۰Ω خواهدبود.

۱۰Ω - ٥٪ : طلایی – مشکی – مشکی – قهوه ای

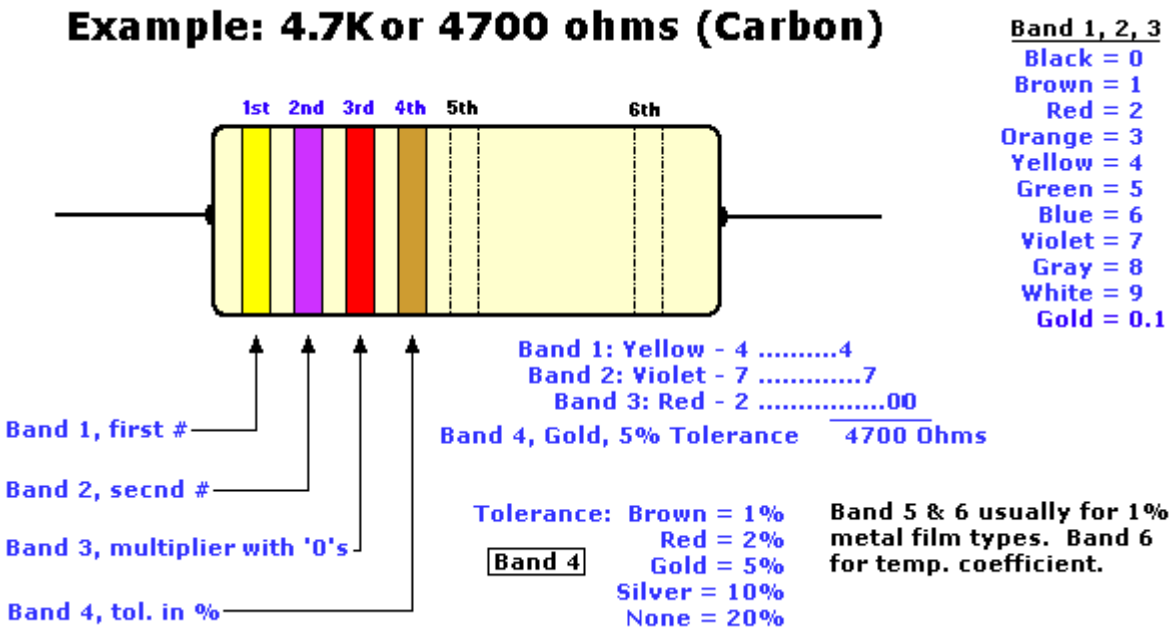
۱٥۰kΩ - ٥٪ : طلایی – زرد – سبز – قهوه ای



۸.۲kΩ - ٥٪ : طلایی – قرمز – قرمز – خاکستری

۲۲۰kΩ -۵٪ : طلایی – زرد – قرمز – قرمز

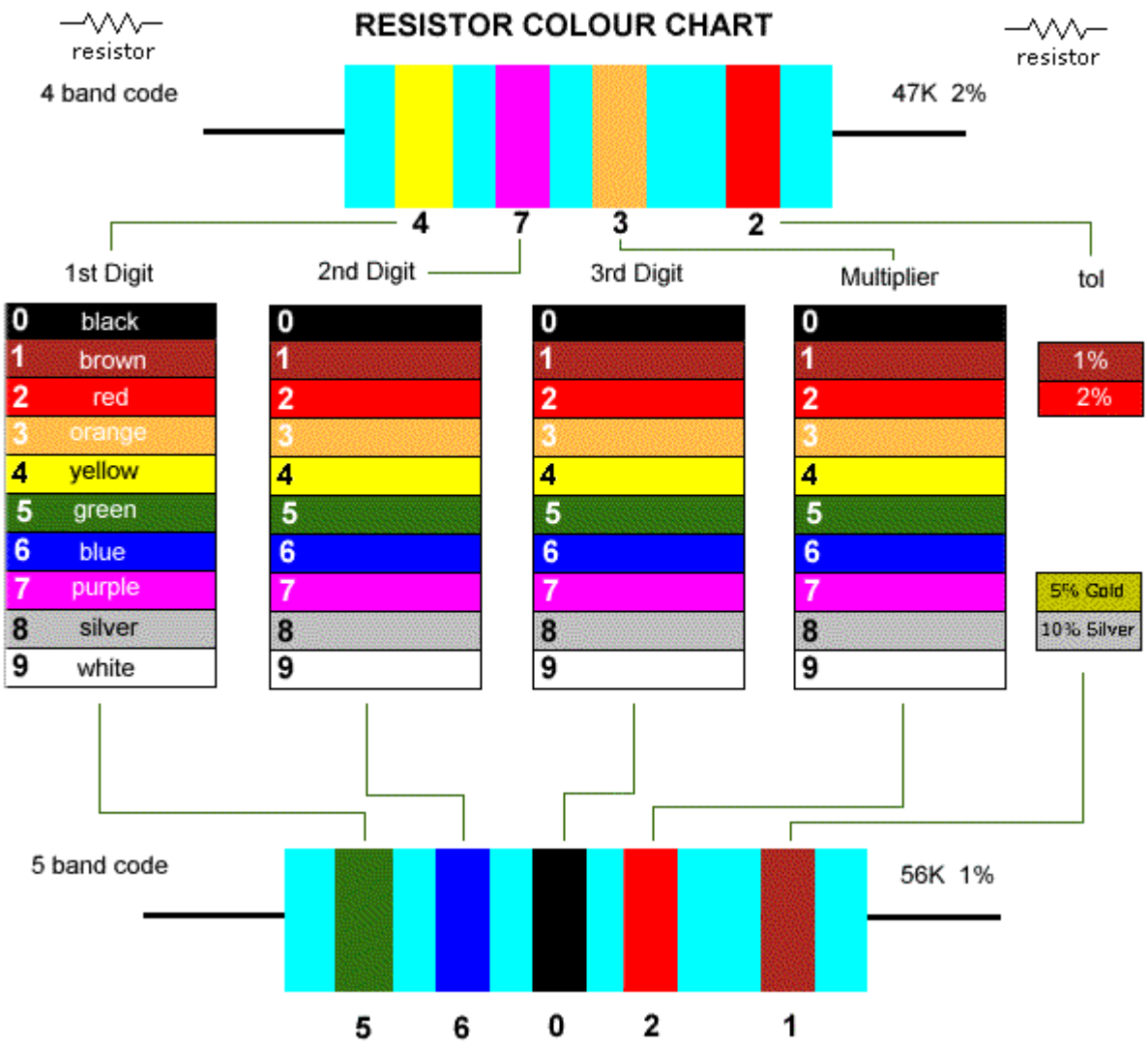
BLACK	BROWN	RED	ORANGE	YELLOW	GREEN	BLUE	PURPLE	SILVER	WHITE
۰	۱	۲	۳	٤	٥	٦	٧	٨	٩



مقاومت های پنج رنگه:

این نوع کد برای مقاومت هایی با تولرانس ۱% یا ۲% (و کمتر) به کار می رود ولی مقاومت های رایج ۵% بوده و با چهار باند رنگی مشخص می شوند.

رنگ اول نماینده ی عدد اول، رنگ دوم عدد دوم، در این مقاومت ها رنگ سوم نشان دهنده ی عدد سوم است، رنگ چهارم نمایانگر تعداد صفرهاست ولی اگر دو رنگ آخر طلایی یا نقره ای باشند، قرار داد چنین است که ارقام را کنار هم خوانده و چنانچه رنگ چهارم طلایی باشد تقسیم بر ۱۰ کرده و اگر رنگ چهارم نقره ای باشد تقسیم بر ۱۰۰ می کنیم. پس اگر رنگ مقاومتی قهوه ای، قهوه ای، نارنجی، طلایی و قهوه ای باشد، مقدار آن ۱۱.۳Ω و رنگ آخر آن نیز که نشان دهنده ی درصد خطا می باشد خطای ۱% را مشخص می کند. و اما اگر رنگ چهارم نیز قهوه ای باشد باید جلوی عدد ۱۱۳ یک صفر اضافه کنیم یعنی مقاومت ۱۱۳۰Ω می باشد.



سری های ساخت مقاومت ها:

قطعات تولیدی کارخانجات مختلف ممکن است در نقاط مختلف جهان استفاده شود ، از این رو ضروری است که تمامی آنها به منظور تولید قطعات خود از نظر مقدار و سایر مشخصات از روشها و استانداردهای خاص پیروی کنند . معمولترین آنها " استاندارد اروپایی " است که با حرف E مشخص می شود . این استاندارد خود شامل سری های مختلفی است E٦، E١٢، E٢٤ و ... .

هر سری مشخص می کند که در هر دهه چند مقاومت داریم. مثلا سری E٩٦ (از دقیق ترین سری های موجود در بازار) مشخص می کند که از ١ تا ١٠Ω، ٩٦ مقاومت مختلف داریم و سایر مقاومت های موجود در این سری از ضرب این مقادیر در ١٠^n به دست خواهند آمد.

مثلا در سری E٦ با ضرب عدد ١٠ در اعداد پایه می توان به مقاومتهایی که در این سری ساخته می شوند پی برد :

١٠Ω ، ١٥Ω ، ٢٢Ω ، ٣٣Ω ، ٤٧Ω، ٦٨Ω

و با ضرب عدد ۱۰۰ در اعداد پایه :
۱۰۰Ω ، ۱۵۰Ω ، ۲۲۰Ω ، ۳۳۰Ω ، ٤٧٠Ω ، ٦٨٠Ω

سری E٦ دارای ٦ قسمت و تلرانس مقاومت های آن ۲۰ در صد است .
سری E۱۲ دارای ۱۲ قسمت وتلرانس مقاومت های آن ۱۰ درصد است .
سری E۲٤ دارای ۲٤ قسمت وتلرانس مقاومت های آن ٥ درصد است.

اولین سری، سری E٦ است که دیگر استفاده نمی شود.

سری E٦: ٦.٨ , ٤.٧ , ۳.۳ , ۲.۲ , ۱.٥ , ۱

سری E۱۲ یکی از سری های رایج در بازار است که ضرایب آن به صورت زیر است:

۸.۲ , ٦.٨ , ٥.٦ , ٤.٧ , ۳.۹ , ۳.۳ , ۲.۷ , ۲.۲ , ۱.۸ , ۱.٥ , ۱.۲ , ۱

جالب است که بدانیم در این سری هر مقاومت با مقاومت قبل یا بعد خود ۱۰% اختلاف دارد.

از سری های دیگر می توان به سری های E۳٦ و E۲٤ و ... اشاره کرد.

E۲٤: ۱ , ۱.۱ , ۱.۲ , ۱.۳ , ۱.٥ , ۱.٦ , ۱.۸ , ۲ , ۲.۲ , ۲.٤ , ۲.۷ , ۳ , ۳.۳ , ۳.٦ , ۳.۹ , ٤.۳ , ٤.۷ ,٥.۱ ,
٥.٦ , ٦.۲ , ٦.۸ , ۷.٥ , ۸.۲ , ۹.۱

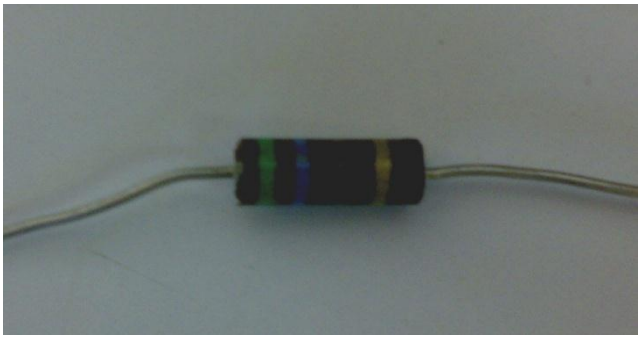
از سری های E٦ و E۱۲ وE۲٤ برای استاندارد نمودن ظرفیت خازنها و ضریب خود القایی سلف ها نیز استفاده می شود . البته سری های دیگری نیز همچون E٤۸ و E۹٦ و E۱۹۲ وجود دارند.

(توجه کنید که تولرانس هر مقاومت به سری ای که در آن قرار دارد بستگی دارد مثلا در سری E۱۲ تلورانس حدود ۲۰% است و مسلما در سری E۹٦ مقدار بسیار کمتری خواهد بود.)

مقاومت های توده کربنی:

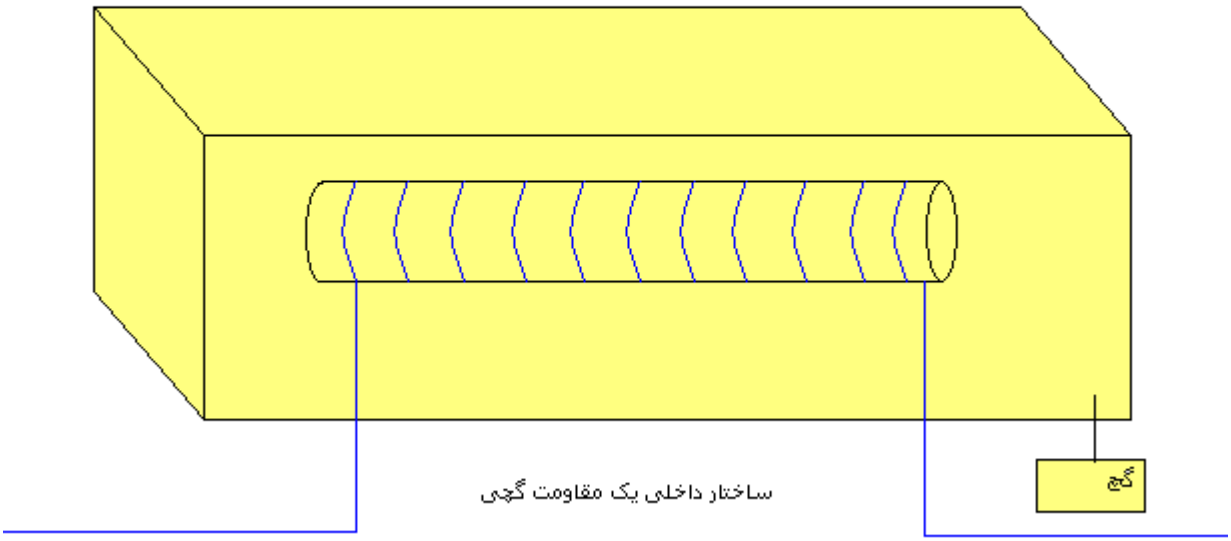
دقت این نوع از مقاومت ها کم بوده و خطایی حدود ۲۰% دارند. شکل زیر ساختمان کلی چنین مقاومتی را نشان می دهد:

ساختار یک مقاومت از نوع توده کربنی



۵٪ - ۵۶Ω : سبز – آبی – مشکی - طلایی

مقاومت سیمی (گچی):



این مقاومت های توان بیشتری را تحمل می کنند. مقدار نامی این مقاومت ها را معمولا به این صورت روی آن ها درج می کنند که یا به جای رنگ ها مستقیما از اعداد متناظر با آن ها استفاده می کنند (پس عدد ۲۳۳ یعنی ۲۳kΩ) یا به مانند مثال زیر عمل می کنند:

$۲RV \rightarrow ۲.۷\Omega$ $\quad$ $۱k۵ \rightarrow ۱.۵k\Omega$

این کد در واقع یک نوع استاندارد انگلیسی است که با کد BS۱۸۵۲ مشخص می شود، در این استاندارد از حروف و اعداد به جای رنگ استفاده شده است. در این کد حروف R,K و M هنگامی بین دو عدد واقع شوند به عنوان فاکتورهای ضرب کننده و در عین حال نقطه ی اعشاری هستند. ضریب معادل هر حرف به صورت زیر است :

M=۱۰^{۶} $\quad$ K=۱۰^{۳} $\quad$ R=۱۰^{۰}

حرف بعدی که در آخر این نوع استاندارد می آید تلورانس را نشان می دهد.

H=۲.۵٪ $\quad$ J=۵٪ $\quad$ K=۱۰٪ $\quad$ M=۲۰٪ $\quad$ F=۱٪ $\quad$ G=۲٪

مثلاً ۵R۶J برابر است با ۵.۶ اهم با تلورانس ۵%

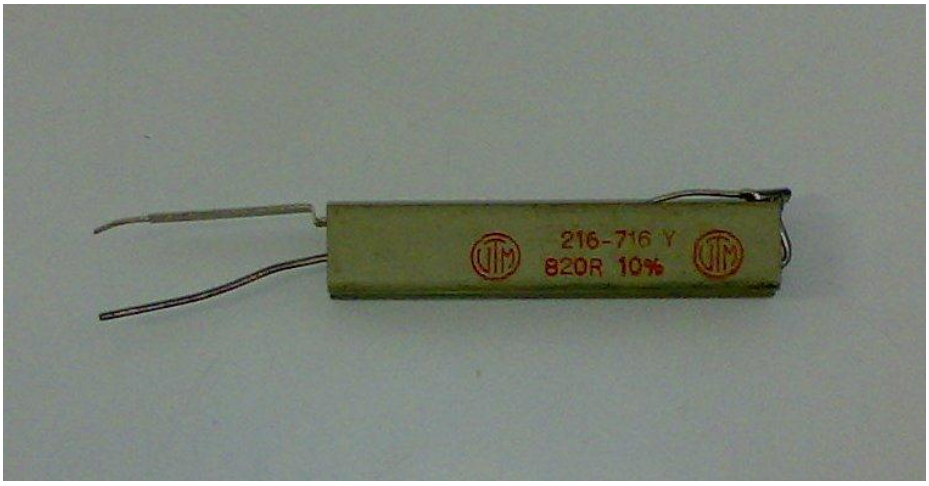
۲.٤.۲ BS۱۸۵۲ Resistor Codes:

Resistance	Normal	BS۱۸۵۲
۰.٤۷ Ohm	۰.٤۷ Ω	R٤۷
٤.۷ Ohm	٤.۷ Ω	٤R۷
٤۷ Ohm	٤۷ Ω	٤۷R
٤۷۰ Ohm	٤۷۰ Ω	٤۷۰R
٤ ۷۰۰ Ohm	٤.۷ kΩ	٤k۷
٤۷ ۰۰۰ Ohm	٤۷ kΩ	٤۷k

Ɛ۷⋄ ⋄⋄⋄ Ohm	Ɛ۷⋄ kΩ	Ɛ۷⋄k
Ɛ ۷⋄⋄ ⋄⋄⋄ Ohm	Ɛ.۷ MΩ	ƐM۷

You might encounter a code like this. Ɛk۷J, the final letter denotes the resistor tolerance.

Letter	Tolerance (±%)
F	۱
G	۲
J	۵
K	۱۰
M	۲۰



۸۲۰Ω - ۱۰٪

پتانسیومتر:

نوعی مقاومت متغیر است و معمولا در جایی استفاده می شود که کمتر احتیاج به تغییر داشته باشد.

معمولا روی پتانسیومتر عددی نوشته می شود که نشان دهنده ی مقدار آن است و روش خواندن آن مشابه خواندن رنگ ها در مقاومت هاست مثلا اگر روی پتانسیومتری نوشته شده بود ١٠٤ یعنی بیشترین مقاومت قابل تنظیم آن ١٠٠kΩ است.

ولوم:

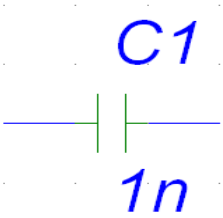
کار همان پتانسیومتر را انجام می دهد ولی دارای تجهیزات لغزنده ی پیشرفته تری است و حجم و غیمت بیشتری نیز دارد.

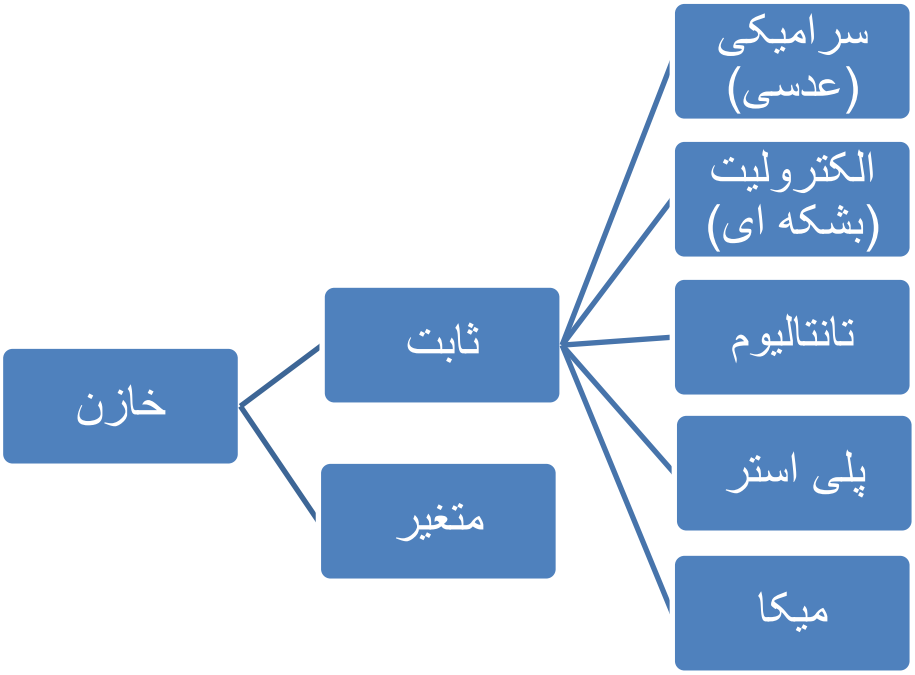
روی ولوم ها مقدار آنها را می نویسند مثلا ١٠kB. روی ولومها علاوه بر مقدار آنها نوع لگاریتمی یا خطی بودن آنها معمولا علامت گذاری گردیده است. به این نحو که ولومهای لگاریتمی را با حرف A و نوع خطی را با حرف B نشان میدهند.

ولومها دو دسته می شوند. بعضی آنها خطی نامیده می شوند. یعنی افزایش یا کاهش آنها با چرخاندن دسته بطور یکنواخت و متوالی انجام می گیرد. در حالیکه در نوع دوم یعنی لگاریتمی تغییرات اهم آن به صورت لگاریتمی کم یا زیاد می گردد، به این معنا که تغییرات اهم دو حالت پیدا می کند یا در ابتدا خیلی سریع ودر انتها کند است یا برعکس در ابتدا خیلی کند و در انتها خیلی سریع انجام می گردد.

شکل زیر مربوط یک نوع مقاومت است که به مقاومت Array مشهور است. این گروه مقاومت هایی هستند که در تعداد ٨ تایی، ١٠ تایی و ... در یک بسته قرار دارند و در بعضی آنها تمامی مقاومتها از یک سر به هم وصل هستند.

خازن:





همان طور که می بینیم خازن ها را با توجه به عایق به کار رفته در آنها دسته بندی می کنند. (ظرفیت خازن ها نیز به نوع عایق آنها بستگی دارد.)

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

مقدار خازن های عدسی مثل پتاسیومتر خوانده می شود.

به طور کلی روی خازن های عدسی به سه صورت مقدارش را می نویسند:

فرم اول: به وسیله ی عددی که زیر آن خط کشیده شده (یک یا دو رقمی):

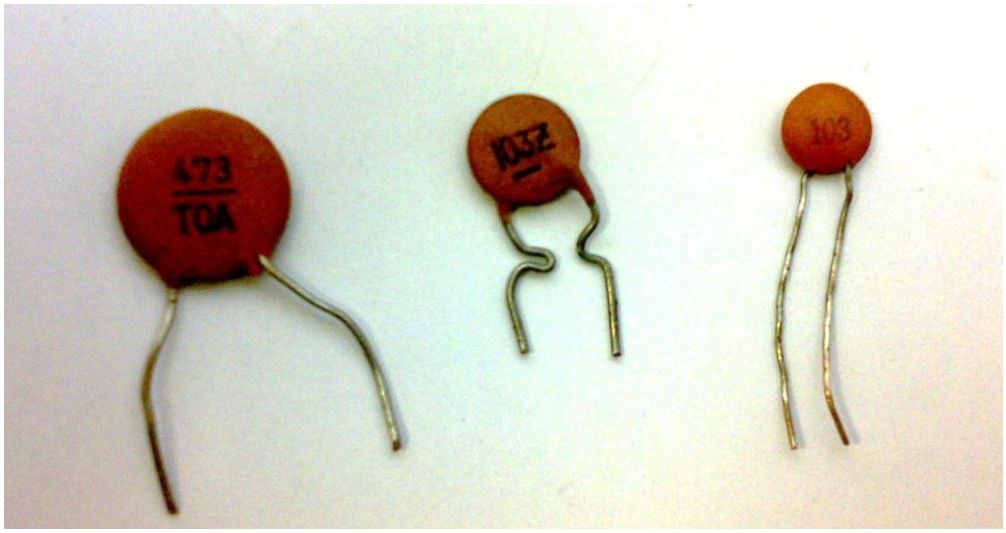
۱۸ :۱۸ pf ۷ : ۷ pf

فرم دوم به صورت اعشاری:

۰.۰۲ : ۰.۰۲ uf

فرم سوم به صورت پتانسیومتر:

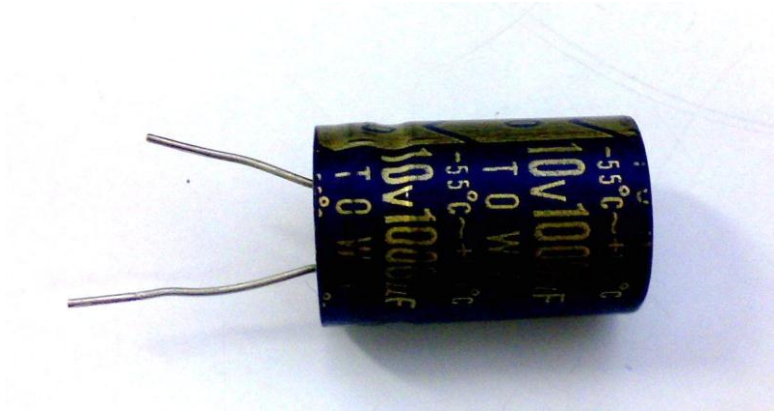
۱۰۳ : ۱۰۰۰۰ pf



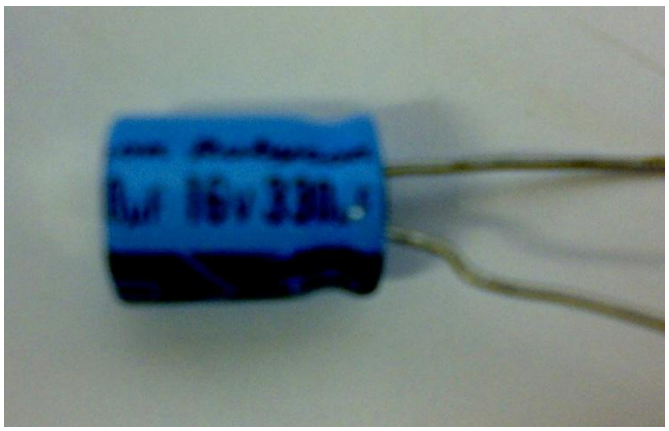
روی سایر خازن ها مقدار دقیقشان نوشته می شود.

علاوه بر این ها حداکثر ولتاژ قابل تحمل توسط خازن روی آن درج شده است.

به پلاریته ی روی خازن های الکترولیت نیز توجه داشته باشید. (پایه ی منفی با یک خط در کنار آن مشخص شده.)



۱۰۰۰uf

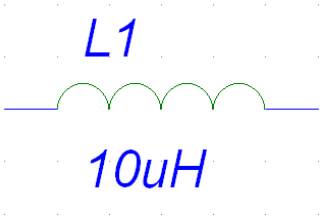


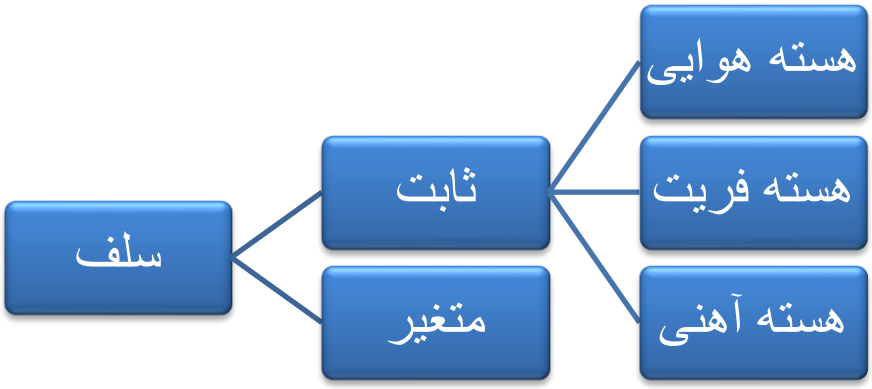
مقادیر معمول خازن ها از کتاب تکنیک پالس دیوید بل:

APPENDIX 2-2
TYPICAL STANDARD CAPACITOR VALUES

pF	pF	pF	pF	μF	μF	μF	μF	μF	μF	μF
5	50	500	5000		0.05	0.5	5	50	500	5000
—	51	510	5100		—	—	—	—	—	—
—	56	560	5600		0.056	0.56	5.6	56	—	5600
—	—	—	6000		0.06	—	6	—	—	6000
—	62	620	6200		—	—	—	—	—	—
—	68	680	6800		0.068	0.68	6.8	—	—	—
—	75	750	7500		—	—	—	75	—	—
—	—	—	8000		—	—	8	80	—	—
—	82	820	8200		0.082	0.82	8.2	82	—	—
—	91	910	9100		—	—	—	—	—	—
10	100	1000		0.01	0.1	1	10	100	1000	10000
—	110	1100		—	—	—	—	—	—	
12	120	1200		0.012	0.12	1.2	—	—	—	
—	130	1300		—	—	—	—	—	—	
15	150	1500		0.015	0.15	1.5	15	150	1500	
—	160	1600		—	—	—	—	—	—	
18	180	1800		0.018	0.18	1.8	18	180	—	
20	200	2000		0.02	0.2	2	20	200	2000	
22	220	2200		—	0.22	2.2	22	—	—	
24	240	2400		—	—	—	—	240	—	
—	250	2500		—	0.25	—	25	250	2500	
27	270	2700		0.027	0.27	2.7	27	270	—	
30	300	3000		0.03	0.3	3	30	300	3000	
33	330	3300		0.033	0.33	3.3	33	330	3300	
36	360	3600		—	—	—	—	—	—	
39	390	3900		0.039	0.39	3.9	39	—	—	
—	—	4000		0.04	—	4	—	400	—	
43	430	4300		—	—	—	—	—	—	
47	470	4700		0.047	0.47	4.7	47	—	—	

سلف:





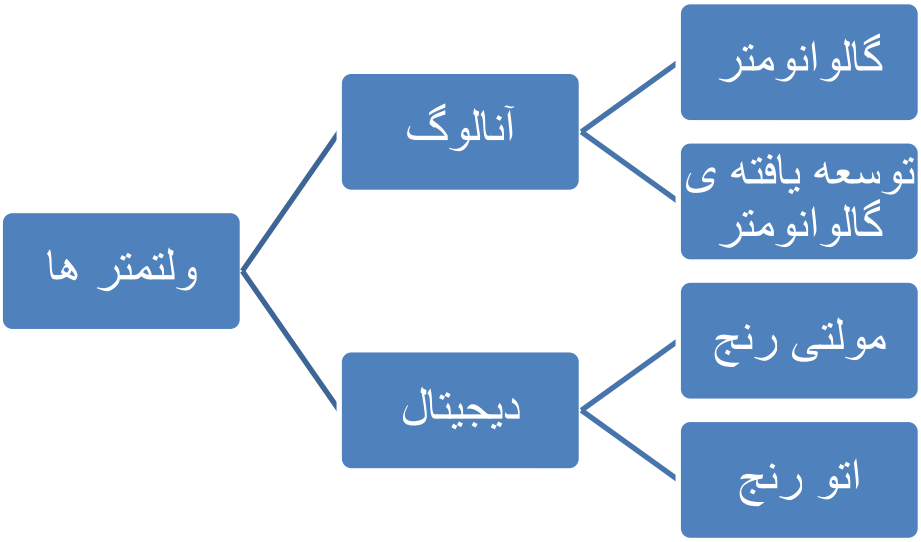
معمولا ظرفیت سلف ها روی آنها نوشته می شود. ولی به طور کلی هر چه تعداد دور های آن کمتر و سیم ها کلفت تر باشد ظرفیت آنها کمتر است. ترانس های مهتابی نوعی سلف هستند که ظرفیت آن ها در حد میلی هانری است. در شکل زیز نوعی از سلف را می بینیم که با کد رنگی تعیین ظرفیت شده.

به نام خدا

آزمایش شماره ی ۲: گالوانومتر و ولتمتر عقربه ای

وسایل مورد نیاز: ولتمتر آنالوگ و دیجیتال (و نیز رومیزی و قابل حمل برای آشنایی با دستگاه) – بِرِد بُرد (بُرد آزمایشگاهی) – گالوانومتر – دیود – تعدادی مقاومت (مقادیر آنها در طول آزمایش بدست خواهد آمد.) – منبع ولتاژ متغیر (ac و DC)

شرح آزمایش:



مولتی رنج دستگاهی است که دارای رنج های اندازه گیری مختلف است.

گالوانومتر های توسعه یافته می توانند به مولتی رنج تبدیل شوند که در این آزمایش با اصول آن آشنا خواهیم شد.

اتورنج ها دارای سیستم اتوماتیک تنظیم رنج هستند.

در یک دسته بندی دیگر می توان دستگاه های اندازه گیری فوق را به دو دسته ac و DC تقسیم کرد. به طور کلی دستگاه های اندازه گیری مقادیر ac را به صورت rms می سنجند.

در فرکانس های بالا نمی توان از مولتی رنج آنالوگ استفاده کرد چون سیم پیچ داخلی آنها در این فرکانس ها به صورت یک سلف عمل می کند و باعث ایجاد خطا در اندازه گیری خواهد شد. البته مولتی متر های دیجیتال هم در این زمینه محدودیت هایی دارند و برای فرکانس های خیلی بالا از اسیلوسکوپ استفاده می شود.

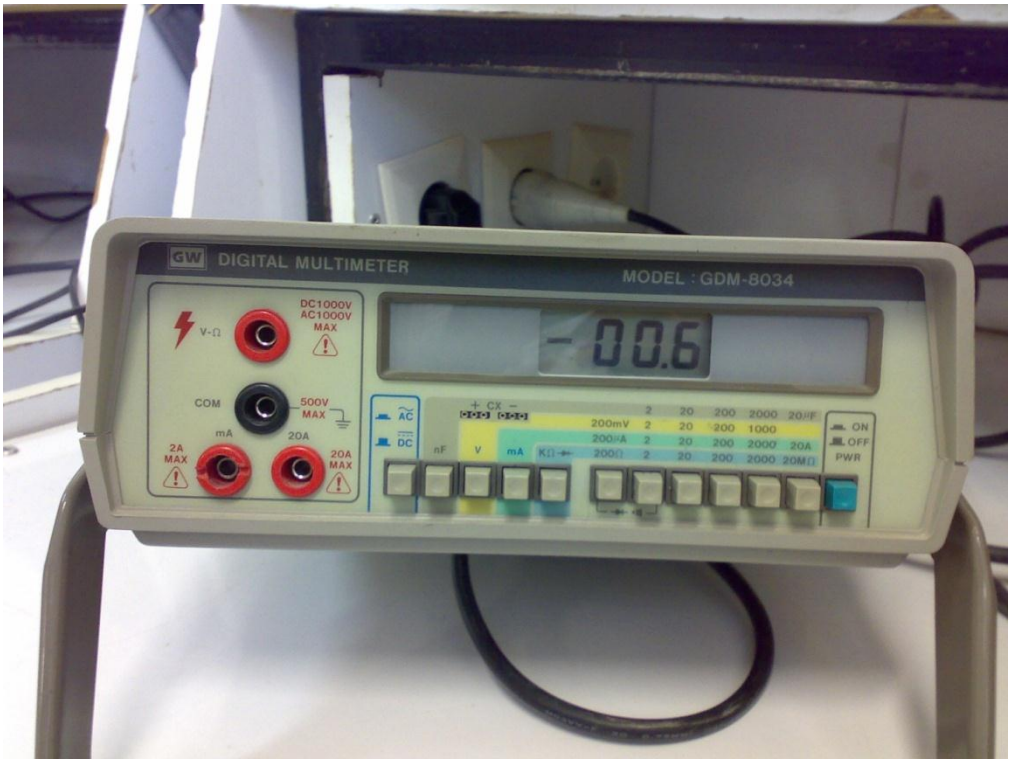
نحوه ی کار با مولتی متر دیجیتال (رومیزی یا قابل حمل) :

قبل از هر کاری به پلاک پشت دستگاه دقت کنید. (+ دفترچه ی راهنما)

اکثر مولتی متر ها دارای یک کابل مخصوص با ورودی سه سیمه هستند که سیم سوم ارث است و در محیط هایی که نویز دارد ضروری است.

مولتی متر های دیجیتال بر خلاف آنالوگ ها محدودیتی از نظر زاویه قرار گرفتن روی زمین ندارند.

در زیر یک مولتی متر دیجیتال ساخت شرکت Good Will(GW) را مشاهده می کنید.



به علائم روی دستگاه دقت کنید و در صورت لزوم نحوی کار با هر قسمت را از دفترچه ی راهنما مطالعه کنید.

COM: پایه ی مشترک (زمین وصل شده به این پایه نباید بیشتر از ۵۰۰V با زمین دستگاه اختلاف پتانسیل داشته باشد.)

ac/DC: تعیین نوع کمیت مورد اندازه گیری. (اول باید کمیت را که می خواهیم اندازه بگیریم درست بشناسیم و بعد از تنظیم دستگاه آن را به مدار مورد نظر وصل کنیم. اصولا دستگاه های اندازه گیری برای کار لحظه ای طراحی شده اند و نباید به صورت مداوم به کار گرفته شوند.)

nF: این کلید دستگاه را به خازن سنج تبدیل می کند. (برای این که بفهمیم هنگام اندازه گیری باید از کدام فیش ها استفاده کنیم باید به دفترچه راهنما مراجعه کنیم.)

V: برای اندازه گیری ولتاژ به کار می رود. (همزمان باید کلید ac/DC را نیز تنظیم کرد.)

mA: برای اندازه گیری جریان در حد میلی آمپر. (برای جریان های بیشتر باید کلید های دیگری را هم فعال کرد.)

PWR: برای روشن و خاموش کردن دستگاه

-<- KΩ: اهمتر + تست دیود

کلید های بعدی برای تنظیم رنج (محدوده ی اندازه گیری) هستند. همیشه بهتر است رنج کمی بیشتر از مقدار مورد اندازه گیری باشد مثلا برای ۵۰V باید از کلید ۲۰۰ استفاده کرد یا برای ۱۹V می توان از ۲۰ یا ۲۰۰ استفاده کرد ولی باید توجه داشت که اگر از کلید ۲۰۰ استفاده کنیم درصد خطا به میزان قابل توجهی بالا خواهد رفت. (در صد خطای مربوط به هر رنجی در دفترچه آمده.)

گالوانومتر:

گالوانومتر یک میکرو آمپر متر است که با یک مقاومت سری شده و حداکثر جریانی معادل i_G را تحمل می کند.

این دستگاه بسیار حساس بوده و در صورت عدم رعایت دستور کار آن به راحتی می سوزد.

تصاویر فوق مربوط به گالوانومتر استفاده شده در این آزمایش است. این گالوانومتر ساخت شرکت HangZhou بوده و مدل آن J۰٤۰۹ می باشد. در دفترچه آن ابتدا اطلاعاتی در مورد کاربردهای این گالوانمتر داده شده و سپس به ساختمان داخلی آن پرداخته. (آهن ربای دائم، نوع هسته، سیم پیچ ها، ... ، مقیاس، تنظیم صفر و ...) در ادامه به مشخصات فنی دستگاه اشاره می کند که مثلا قادر به اندازه گیری ۳۰۰uA بوده و خطای آن ۵۰% می باشد.

طبق دفترچه این گالونومتر دارای دو مقاومت داخلی است یکی ۸۰-۱۲۵Ω و دیگری ۲.٤K-۳KΩ .

از دیگر نکاتی باید مد نظر داشت کرد:

دما باید بین صفر تا ٤۰ درجه سانتیگراد باشد.

از نظر عایقی دستگاه می تواند ولتاژ ۵۰۰V بین مدار داخلی و بدنه را به مدت یک دقیقه تحمل کند.

شرح علائم اختصاری روی دستگاه.

نحوه کار (که در ادامه دفترچه آمده):

قبل از هر چیز مطمئن شوید نشانگر روی صفر تنظیم شده است و آن را تنظیم کنید. برای اندازه گیری جریان ضعیف می توان دستگاه را مستقیما به و به صورت سری در مدار قرار داد. اگر عقربه به سمت راست برود یعنی جریان از پست مثبت به سمت پست منفی جاری است و برعکس.

هنگام اندازه گیری هرگونه ولتاژ ضعیفی بین دو نقطه از مدار می توان دستگاه را مستقیما به صورت موازی در مدار قرار داد. بدین وسیله می توان پی برد که آیا بین دو نقطه اختلاف پتانسیلی وجود دارد یا نه و اینکه پتانسیل در کدام نقطه بیشتر است.

نکته اینجاست که چه در حالتی که به عنوان تشخیص دهنده ی جریان استفاده شود و چه در حالتی که به عنوان تشخیص دهنده ی اختلاف پتانسیل، دستگاه فقط به عنوان یک دیتکتور عمل می کند و تنها می توان فهمید جریان صفر است یا نه. (Nonzero testing)

جریان عبوری از دستگاه هرگز نباید از مقدار نامی حداکثر درجه بندی آن تجاوز کند.

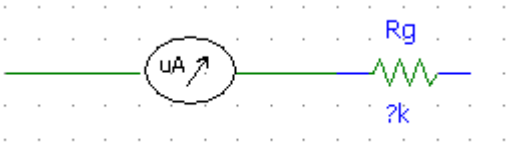
نهایتا نباید دستگاه را به عنوان آمپر متر یا ولتمتر در یک مدار قرار داد.

شرایط نگهداری:

در مقابل ضربه و شوک ناگهانی محافظت شود و در هنگام جابجایی دو ترمینال دستگاه باید اتصال کوتاه شوند. دستگاه باید همیشه تمیز و در جای خشک و در دمای معمولی اتاق نگهداری شود. این وسیله باید همیشه دور از هر گونه میدان مغناطیسی قوی نگهداری شود.

بدست آوردن مدار داخلی گالوانومتر توسط مولتی متر:

منظور از به دست آوردن مدار داخلی در واقع تعیین مقاومت داخلی گالوانمتر است. همان طور که می دانیم مدار معادل یک گالوانومتر به صورت زیر است:



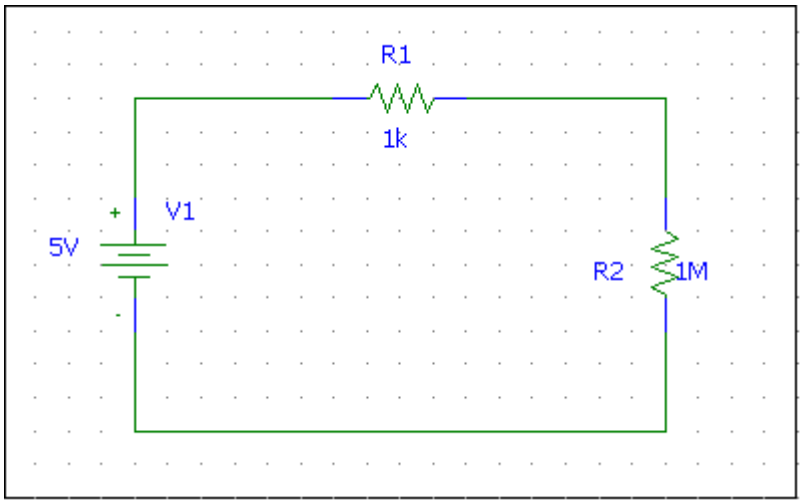
برای بدست آوردن Rg کافی است دو سر گالوانومتر را به مولتی متر وصل کرده و با توجه به اینکه اندازه ی مقاومت داخلی یک مولتی متر ایده آل ۰ است مقدار به دست آمده همان Rg خواهد بود. Rg در گالوانومتر به کار گرفته شده در این آزمایش ۲.٤۸KΩ بدست آمد.

حد اکثر ولتاژ قابل اندازه گیری توسط گالوانومتر:

با توجه به حد اکثر جریان قابل تحمل گالوانومتر که ۳۰۰uA است و نیز مقاومت داخلی آن که ۲.٤۸KΩ به دست آوردیم به راحتی حداکثر ولتاژ قابل تحمل توسط گالوانومتر قابل محاسبه است:

$$V_G = I_{Gmax} \times R_G = ۳۰۰uA \times ۲.٤۸K\Omega = ۰.۷٤٤V$$

مدار زیر را در نظر بگیرید می خواهیم جریان و ولتاژ مقاومت های R۱ و R۲ را به وسیله ی گالوانومتر اندازه بگیریم.



ابتدا مدار را به صورت تئوری تحلیل می کنیم:

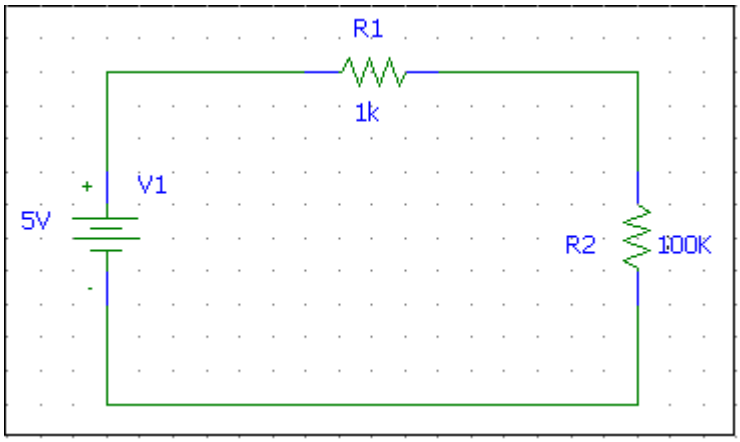
$$I = \frac{V}{R۱ + R۲} = \frac{۵}{۱ * ۱۰^{۳} + ۱ * ۱۰^{٦}} \approx ٤.۹۹۵ * ۱۰^{-٦}$$

$$V۱ = I * R۱ = ٤.۹۹۵ * ۱۰^{-۳}$$

$$V۲ = I * R۲ = ٤.۹۹۵$$

مشخص می شود که نمی توان ولتاژ R۲ را مستقیما با گالوانومتر اندازه گرفت زیرا از حداکثر ولتاژ قابل اندازه گیری توسط گالوانومتر (۰.۷٤٤) بیشتر می باشد.

از طرفی چون جریان مدار خیلی کوچک است (حدود ۵uA) و هر یک درجه ی روی گالوانومتر معادل جریان ۱۰uA است نمی توان این جریان را به دقت اندازه گرفت و تنها انحراف کوچکی در گالوانومتر دیده می شود. به همین خاطر مقاومت ۱M را با یک مقاومت ۱۰۰K عوض می کنیم. (مدار زیر)



$$I = \frac{V}{R1 + R2} = \frac{5}{1 * 10^3 + 100 * 10^3} \approx 4.95 * 10^{-5} A$$

$$V1 = I * R1 = 0.0495 = 49.5mV$$

$$V2 = I * R2 = 4.95V$$

حال در این مدار گالوانومتر را به صورت سری قرار دادیم و عقربه گالوانومتر تقریبا روی ۵ ایستاد. با توجه به اینکه هر یک درجه معادل ۱۰uA است معنای آن این است که جریانی که از گالوانومتر می گذرد ۵۰uA است.

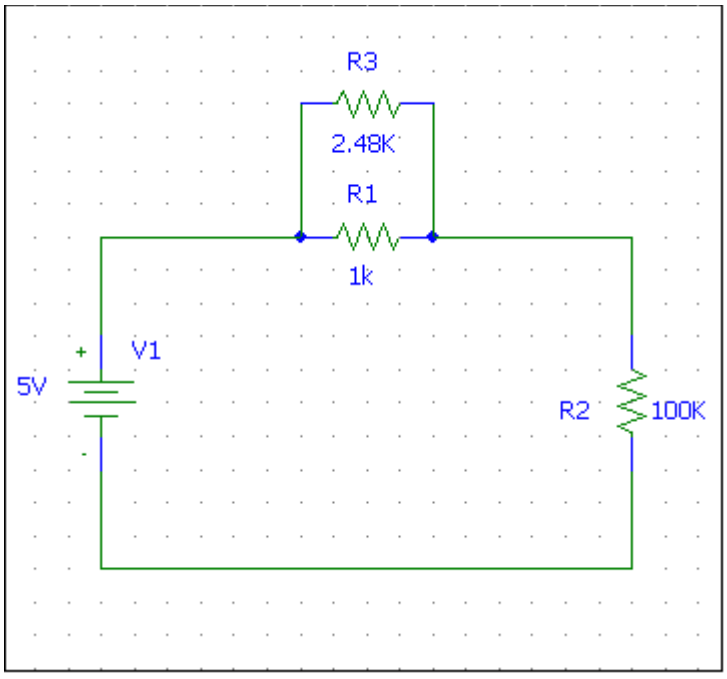
برای مطمئن شدن از نتایج به دست آمده با استفاده از مولتی متر دیجیتال هم جریان را اندازه گیری می کنیم. نتیجه: ۵۰.۴uA

علت این اختلاف بین نتایج تئوری ، مقدار اندازه گیری شده توسط گالوانومتر و مولتی متر را باید در مواردی مثل تلورانس مقاومت ها، مقاومت داخلی گالوانومتر و خطای دید هنگام خواندن گالوانومتر جستجو کرد. (به هر حال مقدار مولتی متر دیجیتال دقیقتر از دو روش دیگر است.)

در اندازه گیری ولتاژ مقاومت R1 باید مولتی متر را به صورت موازی با این المان قرار دهیم، با ضرب کردن مقاومت داخلی گالوانومتر در جریان عبوری از آن ولتاژ دو سر به دست خواهد آمد. مقداری که گالوانومتر نشان داد ۱۵uA بود پس:

$$V1 = 2.48 * 10^3 * 15 * 10^{-6} = 37.2mV$$

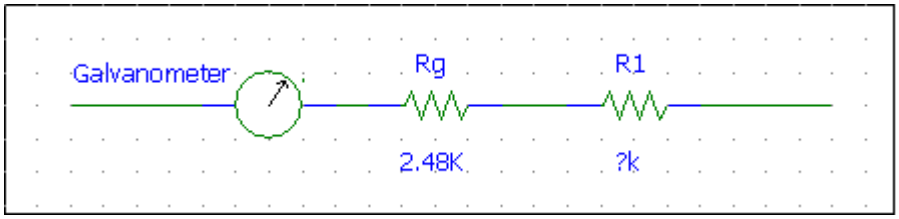
این در حالی است که ولتمتر دیجیتال عدد ۵۰.۴mV را نشان می دهد که اختلاف قابل توجهی است. علت موازی شدن مقاومت داخلی گالوانومتر با مقاومت مورد اندازه گیری است. در واقع مدار به شکل زیر می باشد:



برای اندازه گیری جریان گالوانومتر را به صورت سری و برای اندازه گیری ولتاژ گالوانومتر را به صورت موازی در مدار قرار می دهیم.

ساختن یک ولتمتر مولتی رنج با استفاده از گالوانومتر:

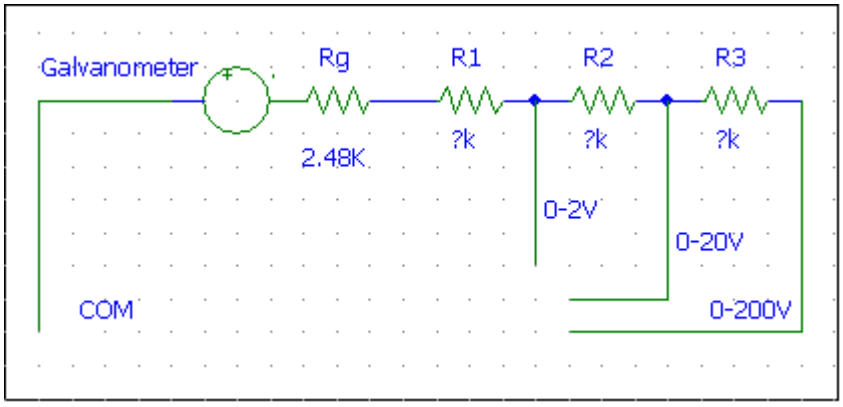
ابتدا فرض کنیم که می خواهیم یک ولتمتر با حداکثر ولتاژ اندازه گیری ۳۰ ولت بسازیم. از درس اندازه گیری به یاد داریم که برای توسعه ی حدود سنجش یک ولتمتر باید با آن مقاومتی را سری کنیم پس مدار به صورت زیر خواهد بود:



با توجه به اینکه حد اکثر جریان مجاز این مدار ۳۰۰uA است (محدوده ی جریان گالوانومتر) و حداکثر ولتاژی که قرار است به آن وصل کنیم ۳۰V می باشد (بدترین حالت) مقاومت R۱ بدین صورت محاسبه می شود:

$$R_T = R_G + R_۱ = \frac{۳۰V}{۳۰۰uA} \rightarrow R۱ = ۱۰۰۰۰۰\Omega - ۲.٤٨K\Omega = ۹۷٥۲۰\Omega \approx ۱۰۰K\Omega$$

در مرحله بعد می خواهیم یک ولتمتر مولتی رنج برای رنج های ۰-۲V، ۰-۲۰V، ۰-۲۰۰V با استفاده از این گالوانومتر بسازیم. کافی است در مدار زیر مقادیر R۱، R۲ و R۳ را محاسبه کنیم.



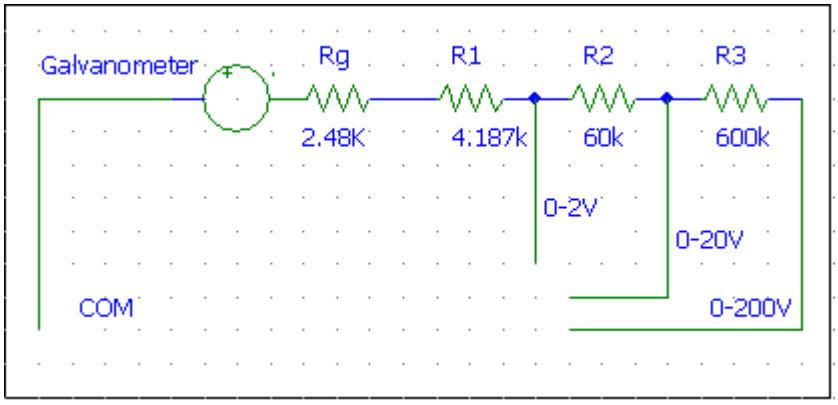
$$I_{G_{max}} = ۳۰۰uA = \frac{V۱}{R۱ + Rg} = \frac{V۲}{R۲ + R۱ + Rg} = \frac{V۳}{R۳ + R۲ + R۱ + Rg}$$

$$V۱ = ۲V \rightarrow R۱ = \frac{V۱}{۳۰۰uA} - Rg = \frac{۲V}{۳۰۰uA} - ۲.٤٨K\Omega \approx ٤۱٨٦.٦V\Omega = ٤.۱٨VK\Omega$$

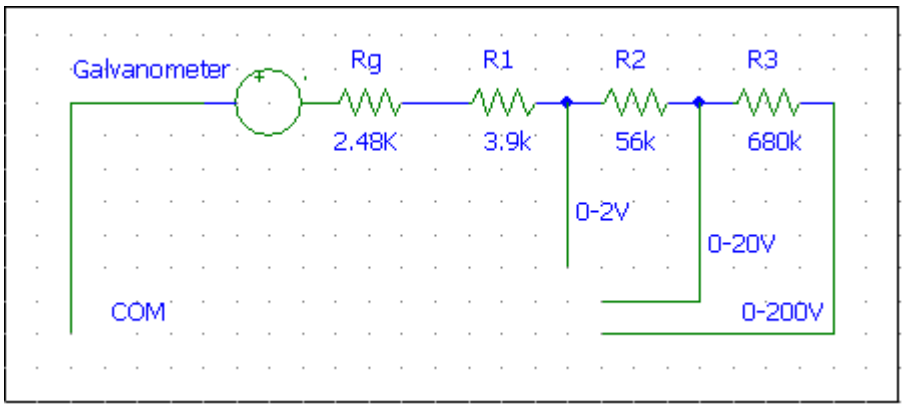
$$V۲ = ۲۰V \rightarrow R۲ = \frac{۲۰V}{۳۰۰uA} - ۲.٤٨K\Omega - ٤۱٨٦.٦V\Omega = ٦۰K\Omega$$

$$V۳ = ۲۰۰V \rightarrow R۳ = \frac{۲۰۰V}{۳۰۰uA} - ۲.٤٨K\Omega - ٤.۱٨VK\Omega - ٦۰K\Omega = ٦۰۰K\Omega$$

پس مدار به صورت زیر خواهد بود:



ولی با توجه به اینکه سری E۱۲ که در آزمایشگاه موجود است شامل مقاومت ٤.١ یا ٤.٢ نیست باید به ناچار نزدیکترین مقاومت به این مقدار را انتخاب کنیم یعنی ٣.٩K یا ٤.٧K در این صورت حداکثر رنج قابل اندازه گیری توسط ولت متر کمی تفاوت خواهد کرد که باید مد نظر داشت، مثلا با یک مقاومت ٣.٩K به جای R١ و یک مقاومت ٥٦K به جای R٢ و یک مقاومت ٦٨٠K به جای R٣ خواهیم داشت:



$$V١ = ٣٠٠uA * (٣.٩K + ٢.٤٨K) = ١.٩١٤V$$

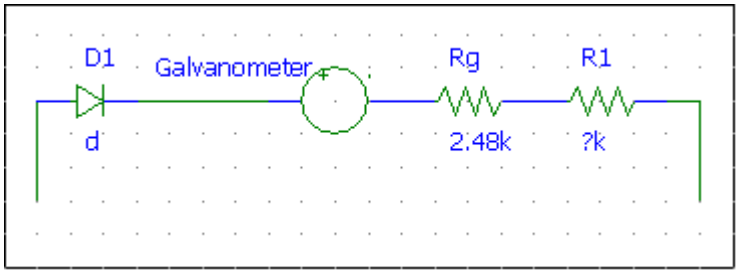
$$V٢ = ٣٠٠uA * (٣.٩K + ٢.٤٨K + ٥٦K) = ١٨.٧١٤V$$

$$V٣ = ٣٠٠uA(٣.٩k + ٢.٤٨K + ٦٠K + ٦٨٠K) = ٢٢٢.٧١٤V$$

(به عنوان یک راه حل دیگر می توان به با سری و موازی کردن مقاومت ها نیز به مقدار مورد نظر دست یافت.)

ساختن یک ولتمتر ac با استفاده از گالوانومتر:

با توجه به اینکه گالوانومتر نسبت به ولتاژ DC حساس می باشد نمی توان از آن مستقیما برای اندازه گیری مقادیر ac استفاده کرد. (می دانیم مقدار DC یک موج سینوسی صفر است.) فرض کنید می خواهیم یک ولتمتر ac و ٢٠V بسازیم، به مدار زیر توجه کنید:



در این مدار شکل موج ac با استفاده از یک دیود یکسو شده و دیگر مقدار متوسط آن صفر نخواهد بود و می توان آن را محاسبه کرد:

$$۲۰V(rms) = (Rg + R۱)Ig + V_{D۱}$$

با فرض اینکه ولتاژ آستانه هدایت دیود ۰.٦V باشد و مقاومت معکوس آن بی نهایت و نیز مقاومت دیود در هنگام هدایت تقریبا صفر باشد می خواهیم مقاومت R۱ را به گونه ای تعیین کنیم که با وصل منبع ۲۰V به دو سر مدار، حداکثر جریان عبوری ۳۰۰uA باشد.

برای تعیین مقاومت R۱ بدترین شرایط را در نظر می گیریم و منظور زمانی است که بیشترین جریان وارد مدار گالوانومتر می شود. طبیعتا در این شرایط باید دیود را روشن و ولتاژ ورودی را روی مقدار پیک مثبت خود فرض کنیم. از طرف دیگر در بدترین شرایط جریان گالوانومتر نباید از ۳۰۰uA تجاوز کند. (Ig=۳۰۰uA) با استفاده از KVL داریم:

$$۲۸.۲۸٤۳V = ۰.٦V + ۲.٤۸K\Omega * ۳۰۰uA + R۱ * ۳۰۰uA \rightarrow R۱ \approx ۸.۹۸۰۰۹ * ۱۰^{٤} \approx ۹۰K\Omega$$

(چون مقادیر ac به صورت rms بیان می شوند پس مقدار ماکسیمم ولتاژ وروری $۲۰\sqrt{۲} = ۲۸.۲۸٤۳$ خواهد بود.)

می خواهیم مقدار DC موج عبوری از گالوانومتر را حساب کنیم.

تعاریف زیر را از قبل می دانیم:

فرکانس موج (f): تعداد سیکل های کامل طی شده توسط موج در یک ثانیه. (فرکانس برق شهر ۵۰Hz است یعنی در یک ثانیه ۵۰ نوسان کامل انجام میدهد.)

دوره ی تناوب (T): مدت زمانی که طول می کشد تا موج یک سیکل کامل را طی کند. (با توجه به این دو تعریف دوره تناوب شکل موج ولتاژ برق شهر ۱/۵۰ sec. خواهد بود و این موضوع را می توان به راحتی روی اسیلوسکوپ مشاهده کرد.)

ابتدا ببینیم مقدار DC یک موج سینوسی یکسو شده چگونه محاسبه می شود: (تمام موج)

$$F_{DC} = \frac{۱}{T}\int_{۰}^{T} f(t)dt = \frac{۱}{T}\int_{۰}^{T} |\sin(wt)|\, dt \qquad ,w = ۲ * pi * ۵۰ \qquad ,T = \frac{۲ * pi}{w}$$

$$\rightarrow F_{DC} \approx ۰.٦۳٦٦۲V$$

(فرکانس را ۵۰Hz گرفتیم.)

در عین حال مقدار rms همین شکل موج $\frac{۱}{\sqrt{۲}}V$ است پس می توان گفت:

$$F_{DC}F_{rms} = ۰.٦۳٦٦ * \frac{۱}{\sqrt{۲}} = ۰.٤۵۰۲$$

و بنابراین مقدار DC یک نیم موج نصف این مقدار یعنی ۰.۳۱۸۳۱ می باشد.

به طور مشابه برای یک نیم موج سینوسی:

$$F_{DC} = \frac{۱}{T}\int_{۰}^{\frac{T}{۲}} |\sin(wt)|dt \qquad ,w = ۲ * pi * ۵۰ \qquad ,T = \frac{۱}{۵۰}$$

$$F_{DC} \approx ۰.۳۱۸۳$$

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{۱}{T}\int_{۰}^{\frac{T}{۲}} |\sin(wt)|^{۲}dt} \qquad ,w = ۲ * pi * ۵۰ \qquad ,T = \frac{۱}{۵۰}$$

$$F_{rms} = ۰.۵$$

(در کتاب اصول اندازه گیری برای رشته های الکترونیک و الکتروتکنیک چاپ ۸٤ گفته شده $Veff = \frac{Vmax}{\sqrt{۲}}$ در حالی که مشاهده می شود این رابطه تنها برای شکل موج های کامل برقرار است و برای شکل موج های یکسو شده ی نیم موج صادق نمی باشد بنابراین به نظر من نتیجه گیری آن کتاب مبنی بر اینکه $Vavrg = ۰.٤۵Veff$ صحیح نمی باشد.)

در مورد گالوانومتر شکل موج جریان در حالت هدایت به صورت زیر محاسبه می شود.

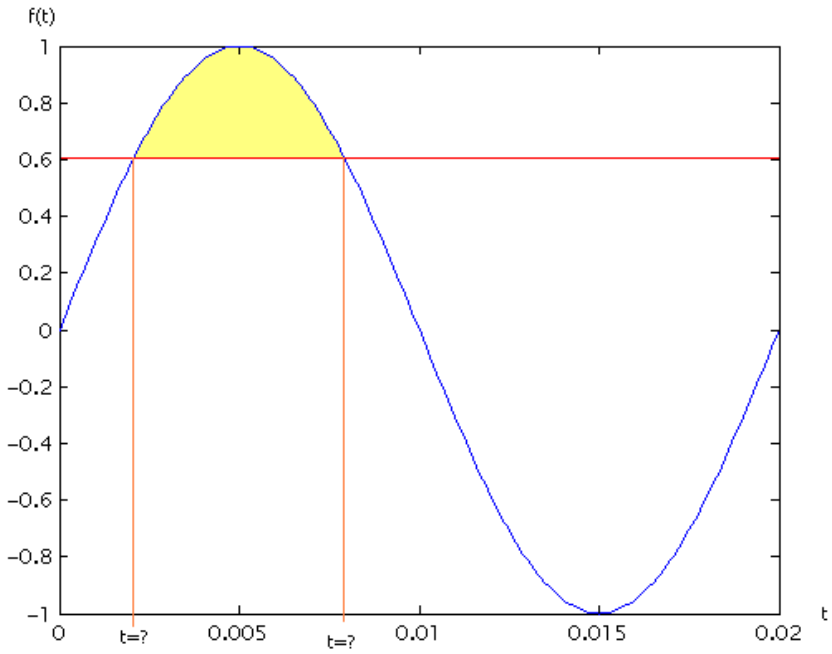
$$Ig(t) = \frac{Vi(t) - ۰.٦}{R۱ + Rg}$$

کافیست کران های انتگرال را به دست آوریم تا بتوانیم مقدار DC موج ورودی را به محاسبه کنیم:

$$Vi(t) = ۲۸.۲۸٤۳ * \sin(۲ * pi * ۵۰ * t)$$

کران ها در واقع محل برخورد این موج و خط ۰.٦=V خواهند بود. (علت را در شکل زیر و مدار مربوطه جستجو کنید.)

(به جای استفاده از این روش می توان افت ولتاژ دو سر دیود را به طور تجربی با یک مقاومت (۲K) مدل کرد ولی هر دو روش دارای خطا می باشند و در اصل باید دانست که رفتار دیود غیر خطی است و از روابط پیچیده ای پیروی می کند.)



$$Vi(t) = ۰.٦\ and\ ۰ < t < \frac{۱}{۵۰} \rightarrow t = ٦.٧۵٣ * ۱۰^{-۵}\ or\ t = ۹.۹٣٢ * ۱۰^{-٣}$$

$$\mathrm{Ig_{DC}} = \frac{۱}{\mathrm{T}}\int_{.}^{\mathrm{T}} \frac{Vi(t) - ۰.٦}{R۱ + Rg}\mathrm{dt} = ۵۰ \int_{٦.٧۵٣*۱۰^{-۵}}^{۹.۹٣٣*۱۰^{-٣}} \frac{٢٨.٢٨٤٣ * \sin(٢ * pi * ۵۰ * t) - ۰.٦}{۹۰K + ٢.٤٨K}\mathrm{dt} = ۹.٤۱٣ * ۱۰^{-۵}\mathrm{A}$$
$$= ۹٤.۱٢\mathrm{uA}$$

$$I_{gac} \approx ۱.٤٨٨ * ۱۰^{-٤}$$

یعنی عقربه گالوانومتر باید حدود ۹۵uA را نشان دهد. (به شرطی که ولتاژ وروری ۲۰Vrms باشد.)

با توجه به خطی بودن عملگرهای به کار رفته در محاسبه Ig می توان نتیجه گرفت Ig با Vi رابطه ی خطی دارد. پس در اندازه گیری سایر مقادیر بین ۰ تا ۲۰ ولت می توان با استفاده از تناسب زیر به راحتی پی به ولتاژ دو سر گالوانومتر پی برد:

ولتاژ دو سر ولتمتر ساخته شده ac = عدد نشان داده شده توسط گالوانومتر * ۲۰ تقسیم بر ۹٤.۱۳.

و به طور عکس می توان مثلا برای ۱۲ ولت گفت که گالوانومتر چه عددی را نشان خواهد داد:

$$۱٢ * \frac{۹٤.۱٣}{٢۰} = ۵٦.٤٨$$

در انتها باید توجه داشت که در حالت ac سیم پیچ گالوانمتر به صورت یک سلف عمل می کند و باید در محاسبات دقیق تر لحاظ شود.

نکته دیگری که وجود دارد این است که تمام این محاسبات با این فرض انجام شده که لختی عقربه گالوانومتر به گونه ای است که در فرکانس ۵۰Hz نمی تواند شکل موج را دنبال کند. (معمولا به صورت عمدی چنین کاری را هنگام طراحی انجام می دهند.) در غیر این صورت عقربه گالوانومتر با وصل شدن به مدار شروع به نوسان خواهد کرد و قادر نخواهیم بود مقدار DC موج را از روی آن بخوانیم.

به نام خدا

ساختن آمپرمتر مولتی رنج عقربه ای با استفاده از گالوانومتر:

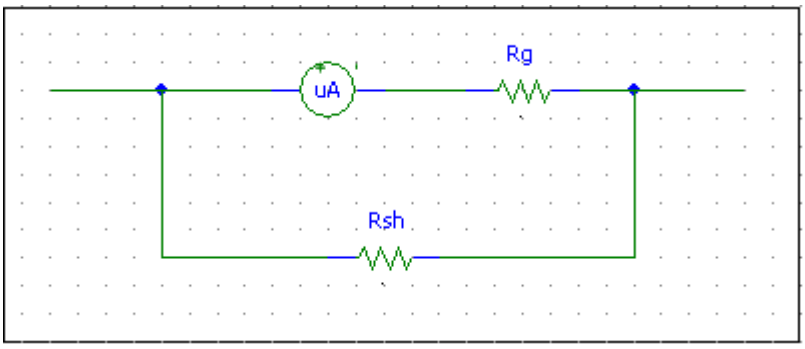
وسایل مورد نیاز: آمپرمتر آنالوگ و دیجیتال (و نیز رومیزی و قابل حمل برای آشنایی با دستگاه) – برد برد (برد آزمایشگاهی) – گالوانومتر – دیود – تعدادی مقاومت (مقادیر آنها در طول آزمایش بدست خواهد آمد.) – منبع ولتاژ متغیر

شرح آزمایش:

گالوانومتر در واقع خود یک نوع آمپرمتر است که ساختمان آن را در آزمایش قبل بررسی کردیم و دیدیم جریان عبوری از آن به یک مقدار ماکسیمم محدود می شود. (I_G).

اگر جریان مورد اندازه گیری بزرگ تر از I_G باشد چکار کنیم؟

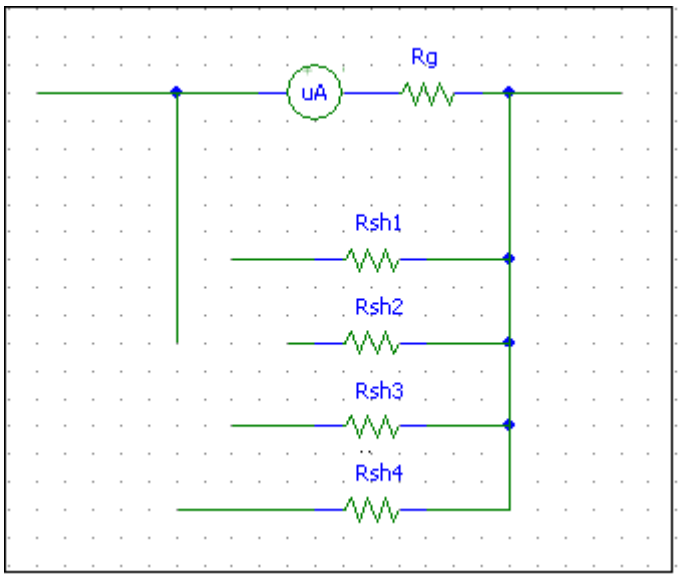
در اینجا برای اینکه جریان عبوری از گالوانومتر کاهش یابد از یک مقاومت موازی با آن استفاده می شود تا این مقاومت جریان اضافی را از خود عبور دهد. (شکل زیر)



پس اگر قرار باشد رنج دستگاه از صفر تا I باشد می توان از فرمول زیر Rsh را محاسبه کرد:

$$Rsh = \frac{V_G}{I - I_G} = \frac{I_G * Rg}{I - I_G}$$

در یک مولتی متر، مقاومت های مختلف با استفاده از یک کلید با گالوانومتر موازی شده و یک آمپرمتر مولتی رنج میسازند. این کلید باید به گونه ای طراحی شود که در هیچ لحظه ای گالوانومتر بدون مقاومت شنت نباشد. (هیچگاه همه مقاومت ها را با هم از مدار خارج نکند.) در غیر این صورت همان یک لحظه ممکن است باعث آسیب به گالوانومتر گردد زیرا در این لحظه همه جریان از گالوانومتر عبور می کند.



آزمایش:

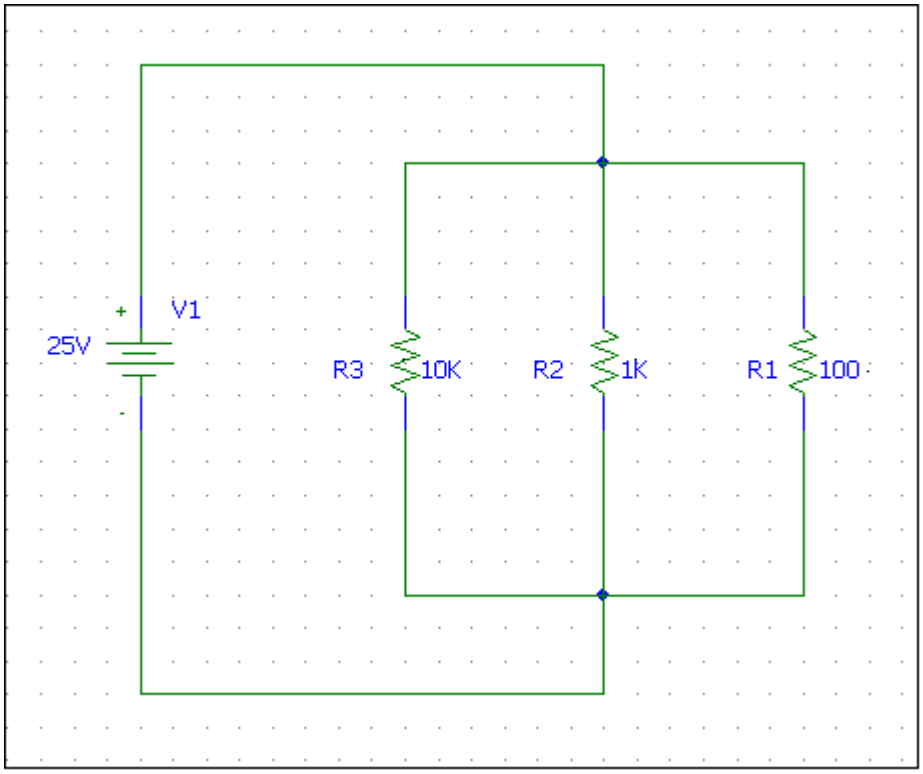
به کمک گالوانومتر خود یک آمپرمتر با رنج ۰-۳۰۰mA بسازید. (رنج گالوانومتر را تا ۱۰۰۰ برابر توسعه می دهیم.)

$$Rsh = \frac{V_G}{I - I_G} = \frac{۰.۷۵}{۳۰۰\text{m} - ۳۰۰\text{u}} \approx ۲.۵\Omega$$

مانند آزمایش قبل مقاومت هایی که در آزمایشگاه داریم از سری $E۱۲$ است (در یک وسیله آزمایشگاهی حداقل از سری $E۹۶$ استفاده می شود.) و چون $۲.۵K$ در استاندارد ما نیست به جای آن از یک مقاومت نزدیک مثل ۲.۷ استفاده می کنیم. (توجه کنید که با اینکار حد اکثر رنج قابل اندازه گیری کاهش می یابد یک روش دیگر این است که با استفاده از همان مقاومت های موجود در سری $E۱۲$ و به وسیله سری یا موازی کردن آنها به مقاومت مورد نظر دست یابیم یا حداقل نزدیک شویم.)

مدار را بسته و جریان های مختلف در محدوده ی آن را اندازه می گیریم. (برای اطمینان حتما قبل از بستن مدار مقدار واقعی مقاومت ها را توسط مولتی متر دیجیتال چک کنید تا به گالوانومتر آسیبی نرسد.)

برای تولید جریان از مداری مشابه شکل زیر کمک می گیریم و به کمک آن صحت اندازه گیری های آمپرمتر ساخته شده را تست می کنیم:



نتایج:

تئوری:

$$I۱ = \frac{۲۵}{۱۰۰} = ۰.۲۵A = ۲۵۰mA \quad ,I۲ = \frac{۲۵}{۱k} = ۲۵mA \quad ,I۳ = \frac{۲۵}{۱۰k} = ۲.۵mA$$

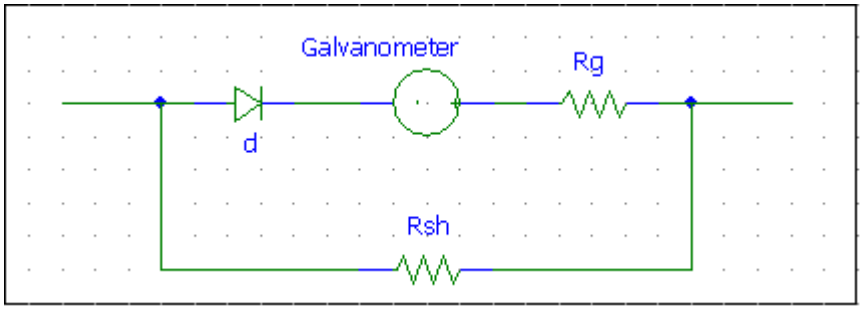
در جدول زیر کلیه نتایج درج شده و می توانید آنها را با هم مقایسه کنید:

	جریان R۱	جریان R۲	جریان R۳	جریان کل
تئوری	۲۵۰mA	۲۵mA	۲.۵mA	۲۷۷.۷۵mA
مولتیمتر دیجیتال	۲٤۷.۳mA	۲۵.۲mA	۲.۲mA	۲۷۵.٤mA
گالوانومتر	۲٤۷mA	۲۵mA	۲mA	۲۷۵mA

همان طور که مشاهده می شود نتایج کمی با هم متفاوتند. علت این است که مقاومت های به کار رفته دارای تلورانس هستند و نتایج تئوری با عملی متفاوت خواهد بود از طرف دیگر نتایج حاصل از اندازه گیری به وسیله گالوانومتر کمی کمتر از مولتیمترند که علت آن را باید در مقاومت داخلی گالوانومتر و تاثیر آن بر جریان مدار جستجو کرد.

ساختن آمپرمتر *ac*:

برای ساختن آمپرمتر *ac* مشابه ولتمتر *ac* عمل می کنیم یعنی یک دیود با آن سری می کنیم. (مطابق شکل زیر)



هدف ساختن یک آمپرمتر *ac* با رنج ۰-۵۰۰*mA* است.

با فرض اینکه ولتاژ آستانه هدایت دیود ۰.۶V باشد و مقاومت معکوس آن بی نهایت و نیز مقاومت دیود در هنگام هدایت تقریبا صفر باشد می خواهیم مقاومت R۱ را به گونه ای تعیین کنیم که با قرار دادن آمپر متر در مدار (به صورت سری)، حداکثر جریان عبوری ۳۰۰uA باشد.

برای تعیین مقاومت Rg بدترین شرایط را در نظر می گیریم و منظور زمانی است که بیشترین جریان وارد مدار گالوانومتر می شود (۵۰۰mA rms (ac)). طبیعتا در این شرایط باید دیود را روشن و جریان ورودی را روی مقدار پیک مثبت خود فرض کنیم. از طرف دیگر در بدترین شرایط جریان گالوانومتر نباید از ۳۰۰uA تجاوز کند (Ig=۳۰۰uA). از مجموعه ی این شرایط می توان نتیجه گرفت که از $۵۰۰\sqrt{۲}mA$ جریان ورودی تنها ۳۰۰uA از آن باید وارد گالوانومتر گردد.

ولتاژ دوسر گالوانومتر (هنگام عبور جریان $۵۰۰mA$): (این افت ولتاژ باید در یک آمپرمتر ایده آل صفر باشد و یکی از عوامل خطا همین افت ولتاژ خواهد بود که علت اصلی آن مقاومت درونی گالوانومتر است.)

$$Vg = ۳۰۰uA * ۲.۴۸K\Omega + V_{D(ON)} = ۰.۷۴۴V + ۰.۶ = ۱.۳۴۴V$$

$$Ish = ۵۰۰\sqrt{۲}mA - ۳۰۰uA = ۰.۷۰۶۸۰۷A$$

$$Rsh = \frac{Vg}{Ish} = ۱.۹۰۲\Omega$$

بنابراین باید یک مقاومت ۱.۸Ω (نزدیک ترین مقاومت به ۱.۹ در سری $E۱۲$)(دقت کنید که برای اطمینان بیشتر باید مقاومت انتخاب شده از مقداری که در بالا بدست آوردیم کمتر باشد.) با گالوانومتر موازی کنیم.

مقداری که گالوانوتر نشان می دهد را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$Ii(t) = ۵۰۰\sqrt{۲} * \sin(۲ * pi * ۵۰ * t)\, mA$$

(چون مقادیر ac به صورت rms بیان می شوند پس مقدار ماکسیمم جریان وروری $۵۰۰\sqrt{۲}$ خواهد بود.)

$$\begin{cases} Ii = Ig + Ish \\ Ig * Rg + ۰.۶ = Rsh * Ish \end{cases} \rightarrow Ig = \frac{Ii * Rsh - ۰.۶}{Rg + Rsh}$$

$$I_g = \frac{Rsh * Ii - ۰.۶}{Rsh + Rg} = \frac{۱.۸ * Ii - ۰.۶}{۱.۸ + ۲.۴۸K} = ۵.۱۲۹ * ۱۰^{-۴} \sin(۲ * pi * ۵۰ * t) - ۲.۴۱۸ * ۱۰^{-۴}$$

$$\mathrm{Ig_{DC}} = \frac{۱}{\mathrm{T}}\int_{۰}^{\mathrm{T}} \mathrm{Ig(t)\ dt} = ۵۰ \int_{۰}^{\frac{\mathrm{T}}{۲}} Ig(t)\ \mathrm{dt} = ۴.۲۳۷ * ۱۰^{-۵} = ۴۲.۳۷\mathrm{uA}$$

یعنی عقربه گالوانومتر باید حدود ۴۲uA را نشان دهد. (به شرطی که جریان وروری (۵۰۰mA(rms باشد.)

با توجه به خطی بودن عملگرهای به کار رفته در محاسبه Ig می توان نتیجه گرفت Ig با Ii رابطه ی خطی دارد. پس در اندازه گیری سایر مقادیر بین ۰ تا ۵۰۰mA می توان با استفاده از تناسب زیر به راحتی پی به جریان اصلی مدار پی برد:

جریان ac ورودی = عدد نشان داده شده توسط گالوانومتر * ۵۰۰m تقسیم بر ٤٢.٣VuA یا:

$$Ii(ac, rms) = ۱.۱۸ * ۱۰^{-۲} * Ig(DC)$$

و به طور عکس می توان مثلا برای ۲۰۰mA گفت که گالوانومتر چه عددی را نشان خواهد داد:

$$\frac{۲۰۰m}{۱.۱۸ * ۱۰^{-۲}} = ۱٦.۹٥$$

در انتها باید توجه داشت که در حالت ac سیم پیچ گالوانمتر به صورت یک سلف عمل می کند و باید در محاسبات دقیق تر لحاظ شود.

از طرفی تمام این محاسبات با این فرض انجام شده که لختی عقربه گالوانومتر به گونه ای است که در فرکانس ۵۰Hz نمی تواند شکل موج را دنبال کند. (معمولا به صورت عمدی چنین کاری را هنگام طراحی انجام می دهند.) در غیر این صورت عقربه گالوانومتر با وصل شدن به مدار شروع به نوسان خواهد کرد و قادر نخواهیم بود مقدار DC موج را از روی آن بخوانیم.

به نام خدا

عنوان: مولتیمتر دیجیتال و قوانین مداری

وسایل مورد نیاز: آمپرمتر – ولتمتر – مقاومت های ۱M و ۱۰۰K – منبع ولتاژ متغیر

شرح آزمایش:

قوانین مداری ای که قرار است بررسی کنیم:

۱-قانون اهم

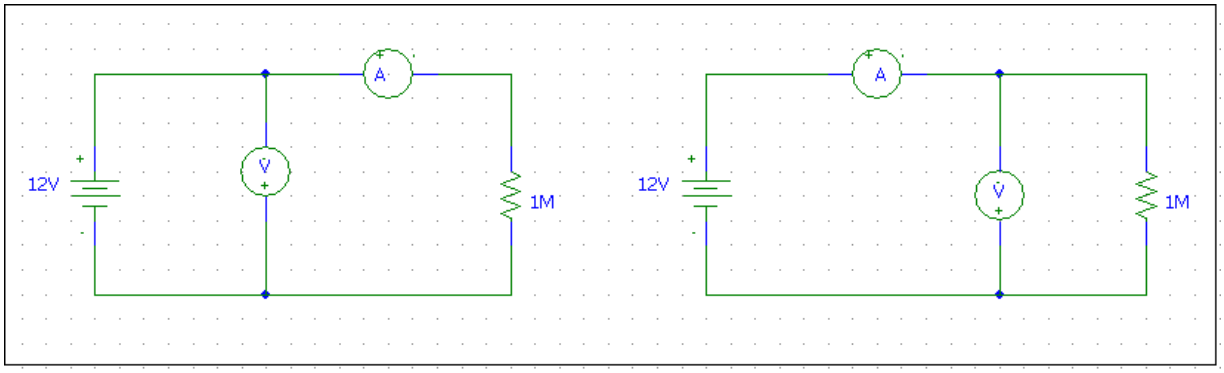
۲-KVL &KCL

۳-جمع آثار و تونن – نورتون (برای جلسات بعد)

ابتدا قانون اهم:

طبق قانون اهم مقدار مقاومت برابر است با نسبت ولتاژ دوسر آن به جریان عبوری پس برای تعیین مقدار یک مقاومت می توانیم ولتاژ دوسر آن را اندازه گرفته و بر جریان اندازه گیری شده تقسیم کنیم.

اگر مقاومتی که قرار است ولتاژ آن را به وسیله یک مولتی متر عقربه ای اندازه گیری کنیم خیلی بزرگ باشد چه اتفاقی می افتد؟ برای روشن شدن مطلب اگر قرار باشد یکی از دو آرایش زیر را برای اندازه گیری انتخاب کنیم، کدام را انتخاب می کنیم و چرا؟

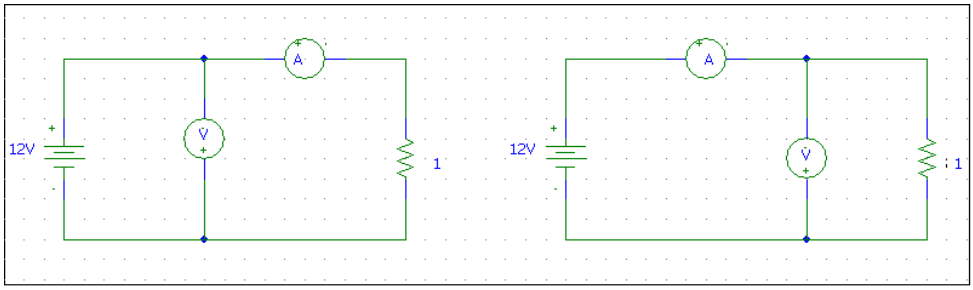


می دانیم در عمل آمپرمترها و ولتمترها ایده آل نیستند بلکه آمپر متر های عملی دارای مقداری مقاومت داخلی بوده و ولتمتر ها نیز مقاومت بی نهایت از خود نشان نمی دهند. هنگام اندازه گیری همزمان جریان و ولتاژ یک مقاومت برای تعیین مقدار آن دو روش وجود دارد که در شکل فوق نشان داده شده است.

از نظر تئوری می توان گفت که اگر مقاومت مورد نظر نسبتا مقاومت بزرگی باشد آنگاه نتایج حاصل از شکل سمت چپ دارای دقت بیشتری خواهد بود. علت آن این است که اگر مقاومت مورد آزمایش دارای مقدار بزرگی باشد آنگاه می توان از مقاومت داخلی آمپر متر در مقابل آن صرف نظر کرد و بالمال از افت ولتاژ ناشی از مقاومت داخلی آمپر متر چشم پوشی کرده و ولتاژ دو سر ولتمتر را همان ولتاژ دو سر مقاومت بگیریم.

اما در شکل سمت راست، در این شکل مقدار جریان به درستی اندازه گیری نمی شود و علت آن این است که در این شکل مقاومت ولت متر در حدود مقاومت مورد اندازه گیری بوده و بنابراین با موازی بستن ولتمتر با آن مقدار جریانی که آمپر متر نشان می دهد دیگر جریان عبوری از مقاومت نخواهد بود بلکه جریان عبوری از آمپر متر ترکیبی از جریان ولت متر و مقاومت است و چون جریان ولتمتر در حدود جریان مقاومت می باشد در اندازه گیری جریان خطای نسبتا زیادی خواهیم داشت.

حال فرض کنیم هدف اندازه گیری یک مقاومت کوچک است. مشابه قبل دو روش را می توان برای بستن مدار پیشنهاد کرد:

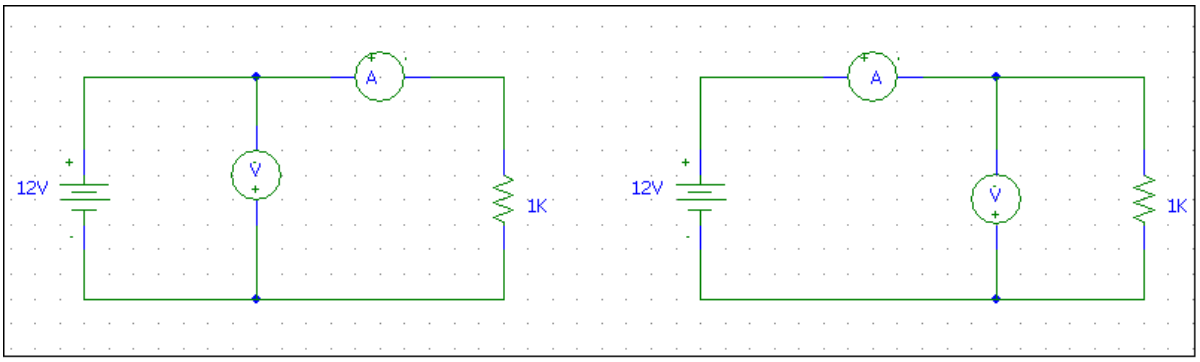


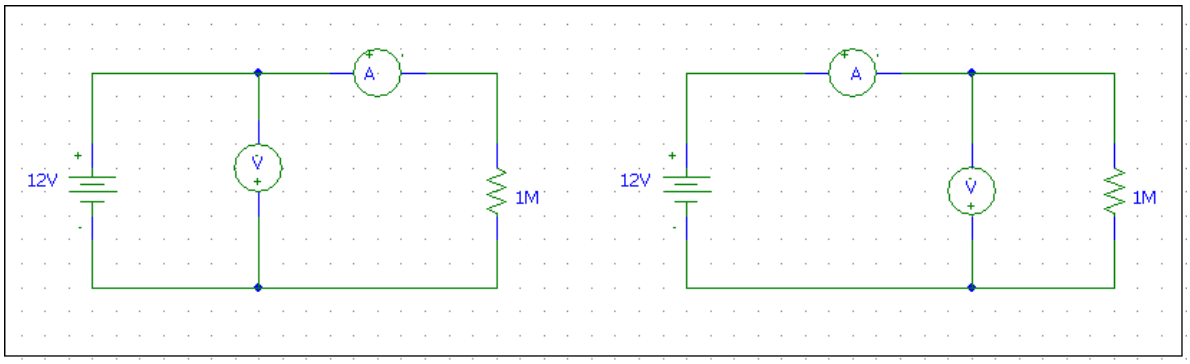
ابتدا شکل چپ راست را بررسی می کنیم. در این جریان عبوری از آمپرمتر همان جریان عبوری از داخل مقاومت است ولی آیا ولتاژ دو سر ولتمتر نیز همان ولتاژ دو سر مقاومت است؟

بر خلاف حالت قبل که هنگام اندازه گیری یک مقاومت بزرگ می توانستیم از مقاومت داخلی آمپرمتر سری شده با آن چشم پوشی کنیم در اینجا چون مقاومت داخلی آمپرمتر در حدود مقاومت مورد اندازه گیری است بنابراین افت ولتاژ روی آن نیز در حدود افت ولتاژ روی مقاومت است پس عددی که ولتمتر نشان خواهد داد دیگر برابر افت ولتاژ روی مقاومت نیست بلکه ترکیبی از این افت ولتاژ و افت ولتاژ روی آمپر متر است و در نتیجه خطای نسبتا زیادی داریم.

اما در شکل سمت راست، مشخص است که ولتاژ دو سر ولتمتر همان ولتاژ دوسر مقاومت است و نیز در این شکل به علت بزرگ بودن مقاومت داخلی ولتمتر (چند صد کیلو اهم) در مقابل مقاومت مورد اندازه گیری می توان از جریان ولتمتر در مقابل جریان مقاومت چشم پوشی کرد بنابراین جریانی که آمپرمتر نشان خواهد داد همان جریان عبوری از مقاومت خواهد بود بنابراین نتایج حاصل قابل اعتمادند.

برای بررسی نتایج تئوری می توان از دو مدار زیر استفاده کرد:





نتایج حاصل از آزمایش برای مقاومت ۱K:

	R=V/I	R	I	V
تئوری	۱KΩ	۱KΩ	۱۲mA	۱۲V
عملی (راست)	۹۸۷.٦٤	۱K	۱۲.۱٤mA	۱۱.۹۹V
عملی (چپ)	۱.۰۰۰۸K	۱K	۱۱.۹۹mA	۱۲V

نتایج حاصل از آزمایش برای مقاومت ۱M:

	R=V/I	R	I	V
تئوری	۱MΩ	۱MΩ	۱۲uA	۱۲
عملی(راست)	۱M	۱M	۱۲uA	۱۲V
عملی (چپ)	۹۰۹.۰۹K	۱M	۱۳.۲uA	۱۲V

بررسی قوانین مداری کیرشهف:

(Kiroshhif Voltage Law & Kiroshhof Current law)

:KVL

$$\sum_{i=1}^{n} V_i = 0$$

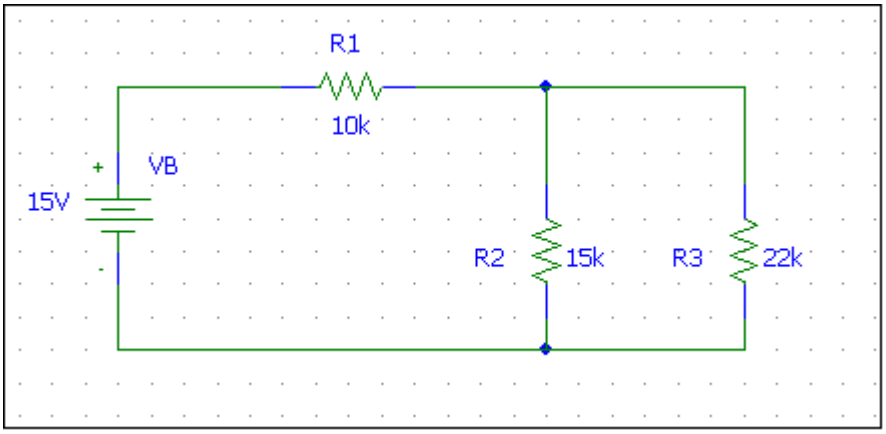
(یعنی در یک حلقه بسته از مدار مجموع جبری ولتاژها برابر صفر خواهد شد.)

:KCL

$$\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$$

(مجموع جبری جریان های ورودی به یک گره صفر خواهد شد.)

برای بررسی این قوانین مدار زیر را در نظر می گیریم:



$$KVL1: VB + VR1 + VR2 = 0$$

$$KVL2: VB + VR1 + VR3 = 0$$

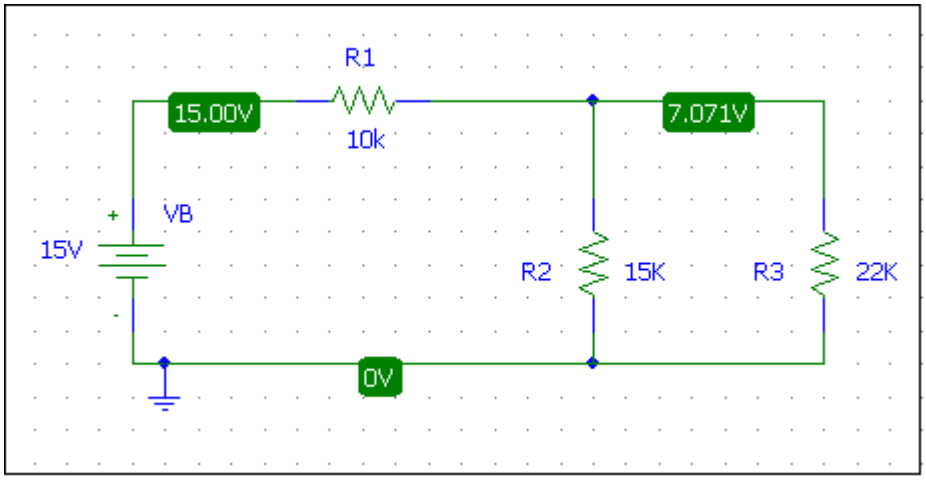
$$KVL3: VR2 + VR3 = 0$$

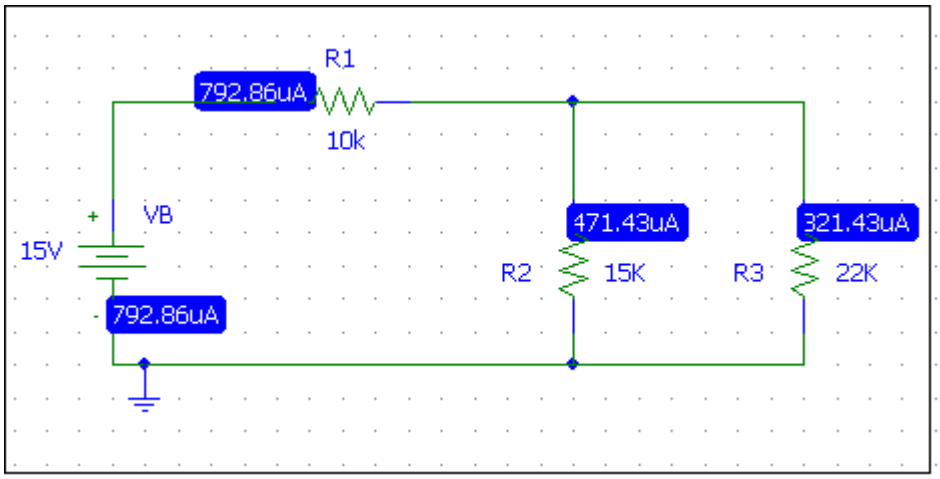
$$KCL1: IB + IR1 = 0$$

$$KCL2: IR1 + IR2 + IR3 = 0$$

$$KCL3: IB + IR2 + IR3 = 0$$

در شکل زیر مدار را که به وسیله P-SPICE تحلیل شده مشاهده می کنید:





نتایج حاصل از آزمایش:

	VB	VR١	VR٢	VR٣	KVL١	KVL٢	KVL٣	IB	IR١	IR٢	IR٣	KCL١	KCL٢	KCL٣
تزويد	١٥٧	٧.٩٢٩٧	٧.٠٧١٧	٧.٠٧١٧	٠	٠	٠	٧٩٢.٨٦uA	٧٩٢.٨٦uA	٤٧١.٤٣uA	٣٢١.٤٣uA	٠	٠	٠
همى	١٥.٠١٧	٨.٠١٢٧	٧.١٢٧٧	٧.١٢٧٧	٠.٠١	٠.٠١	٠	٠.٧٩٦mA	٠.٧٩٥mA	٠.٤٨٨mA	٠.٣٥٣mA	٠.٠١mA	٠.٤٦mA	٠.٠٤٥mA

به نام خدا

جمع آثار

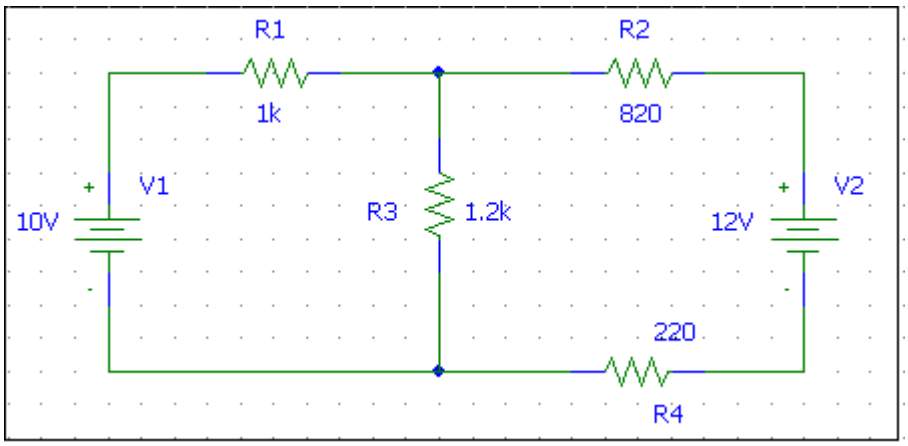
وسایل مورد نیاز: آمپرمتر – ولتمتر – مقاومت های ۸۲۰ ، ۲۲۰ ، ۱.۲K و ۱K – منبع ولتاژ متغیر (ac و DC)

شرح آزمایش:

جمع آثار:

اثر هر منبع بر یک المان با اثر سایر منابع جمع می شود.

به عنوان نمونه مدار زیر را در نظر می گیریم:



با استفاده از قضیه ی جمع آثار می توان گفت:

$$VR1 = VR1|(V_2 = 0) + VR1|(V_2 = 0)$$

مراحل کار:

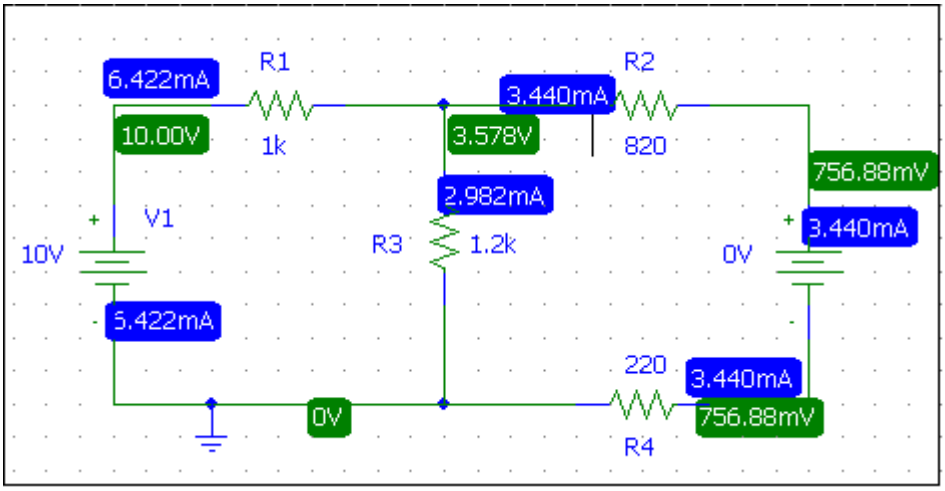
۱. مدار را به وسیله ی جمع آثار تحلیل کنید.
۲. مقادیر جدول را اندازه گیری و با تئوری مقایسه کنید.

	VR۱	VR۲	VR۳	VR٤	IR۱	IR۲	IR۳	IR٤
تئوری V۲=۰ V۱=۰								

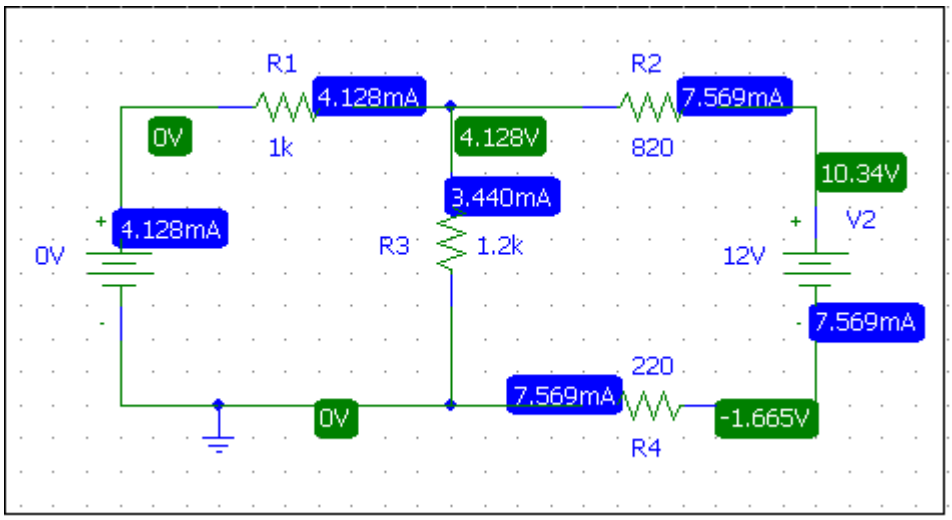
۳. صحت جمع آثار را در مدارات DC بررسی کنید.
٤. با تغییر V۱ و V۲ به V۱=۸V و V۲=۲V مجددا مرحله قبل را تکرار کنید. (آیا مقادیر منابع تاثیری در جمع آثار دارند؟)
٥. صحت جمع آثار را در مدارات ac بررسی کنید. (در همان مدار فقط به وسیله ی منابع ac)

ابتدا به وسیله ی نرم افزار P-Spice نتایج تئوری را بدست آورده ام:

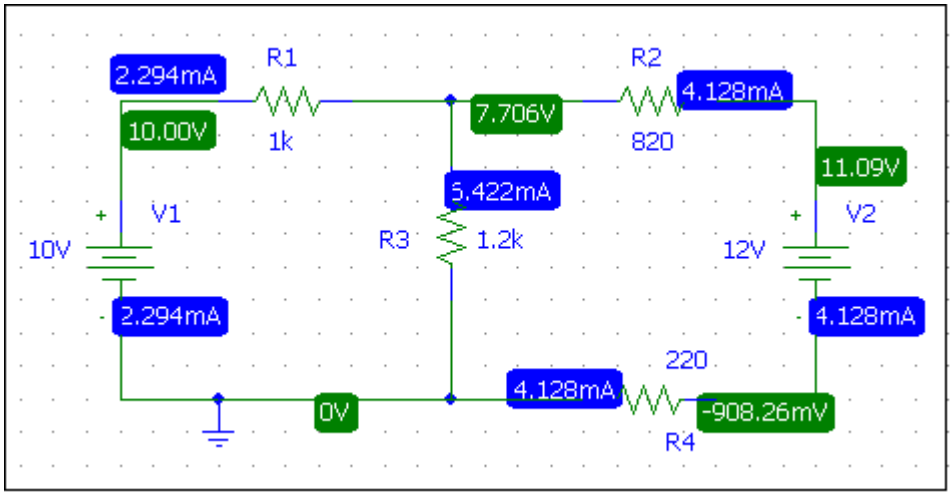
مقادیر جریان و ولتاژی که نتیجه ی منبع V۱=۱۰ هستند: (می دانیم صفر کردن منبع ولتاژ معادل است با اتصال کوتاه آن برای این کار یا باید منبع را برداریم و به جای آن از یک سیم استفاده کنیم یا اینکه تنها منبع مورد نظر را خاموش کنیم زیرا با خاموش کردن منبع خود به خود اتصال کوتاه خواهد شد.)



مقادیر جریان و ولتاژی که نتیجه ی منبع V۲=۸ هستند:



مقادیر جریان و ولتاژ در حضور هر دو منبع:



همان طور که از نتایج تئوری مشخص است اثر هر منبع بر یک المان با اثر سایر منابع جمع می شود.

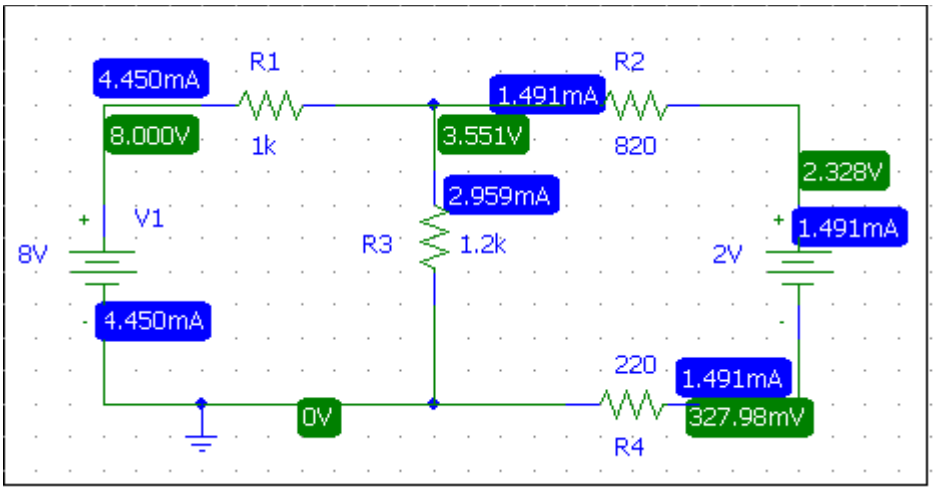
$$VR۱ = VR۱|(V_۲ = ۰) + VR۱|(V_۲ = ۰) = (۱۰ - ۳.۵۷۸) + (۰ - ٤.۱۲۸) = ۲.۲۹٤$$

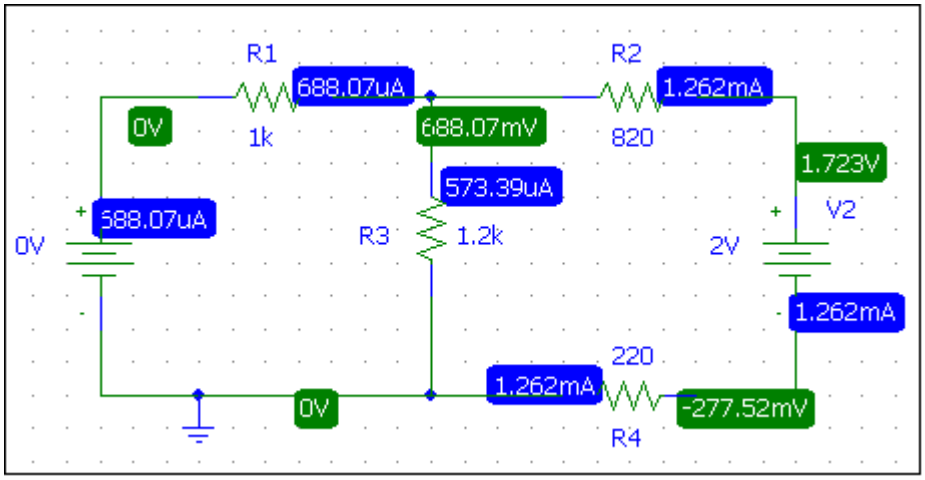
$$= ۱۰ - ۷.۷۰٦ = ۲.۲۹٤$$

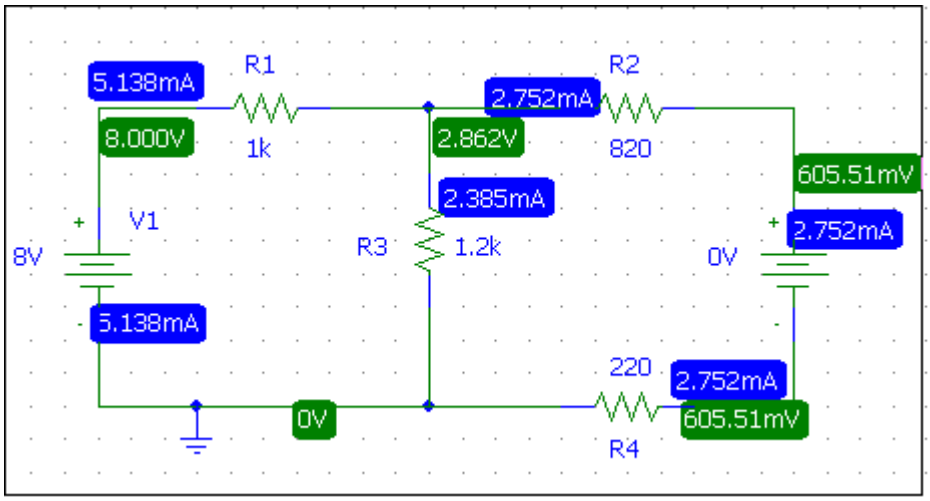
نتایج به دست آمده:

	VR ۱	VR ۲	VR ۳	VR٤	IR۱	IR۲	IR۳	IR٤
تئوری (هر دو منبع)	۲.۲ ۹٤	۳.۳ ۸٤	۷.۷ ۰٦	۹۰۸.۲٦ m	۲.۲۹٤ m	٤.۱۲۸ m	٦.٤۲۲ m	٤.۱۲۸ m
عملی، ناشی از منبع اول	٦.٤ ۱	- ۲.۸ ۳	۳.٥ ۸	-۰.۷۷	٦.۳٥۹ m	- ۳.٤۳٥ m	۲.۹۱٥ m	- ۳.٤٤۹ m
عملی، ناشی از منبع دوم	- ٤.۱ ۸۸	٦.۱ ۲۹	٤.۱ ۸۹	۱.٦۷۱	- ٤.۱۳٤ m	۷.٦۱۳ m	۳.٤٤۹ m	۷.٥۷۱ m

به طور مشابه برای منابع ۷۲=۲۷ و ۷۱=۸۷:





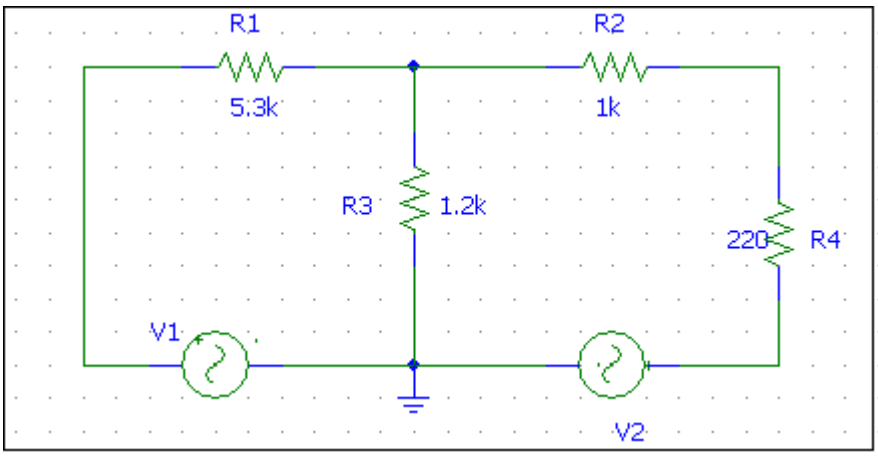


	VR ۱	VR ۲	VR ۳	VR٤	IR۱	IR۲	IR۳	IR٤
تئوری (هر دو منبع)	٤.٤ ٤٩	۱.۲ ۲۳	۳.٥ ٥۱	۳۲۷.۹ ۸m	٤.٤٥ ۰m	۱.٤۹ ۱m	۲.۹٥ ۹m	۱.٤۹ ۱m
عملی، ناشی از منبع اول	- ۰.۷	- ۰.٦ ۹۲	۱.۰ ۲٥	- ۰.۲۷٥	٥.۲۱ ٤m	- ۲.۷٥ ۲m	۲.۳۹ ۱m	۲.۸۲ ۱m
عملی، ناشی از منبع دوم	٥.۰ ۷٥	۲.۸ ۳۳	۲.۲ ۲٥	۰.٦	۰.٦۷ ۹m	۱.۲٥ ۳m	۰.٥m	- ۱.۲٥ ۸m

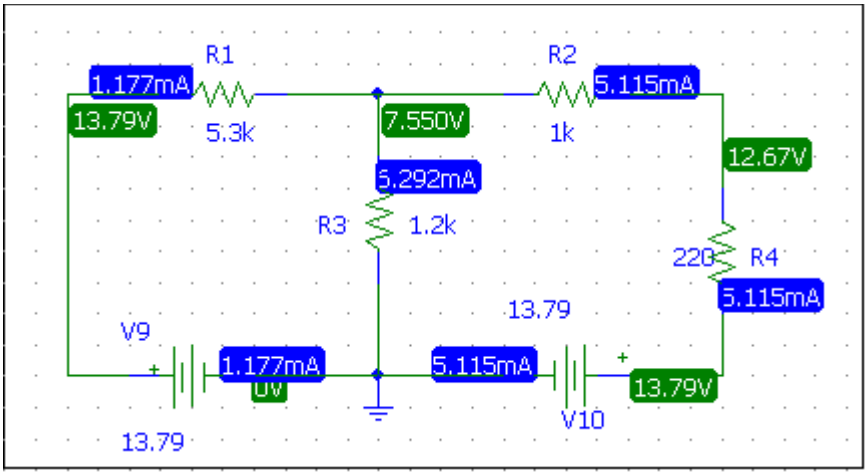
حالت ac:

چون در آزمایشگاه فقط منبع (ac)۱۲V وجود داشت آزمایش را به وسیله دو منبع ۱۲V متناوب تکرار کردیم. برای اینکار از یک ترانس سه سر استفاده شده است و برای اینکه زمین برای دو ترانس یکسان باشد هر دو را کنار هم می بندیم. هنگام کار باید توجه داشته باشیم که در این روش دو منبع با هم ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند.)

(توجه ولتاژ منبع ۱۳.۷۹V اندازه گیری شد.)



نتایج:

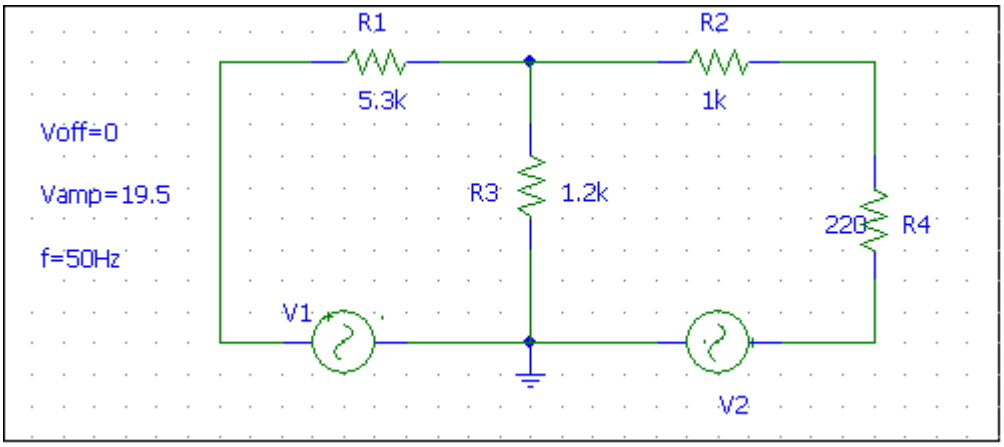


Vs=۱۳.۷۹	VR۱	VR۲	VR۳	VR٤	IR۱	IR۲	IR۳	IR٤
تئوری (هر دو منبع با هم)	٦.٢٤	٥.١٢	٧.٥٥	١.١٢	١.١٧٧m	٥.١١٥m	٥.٢٩٢	٥.١١٥
عملی، ناشی از منبع اول	١١.٩٢	-٢.١٥	١.٧٤	-٠.٣٩	-٣.٥٧m	-١.٧٦m	-١.٧٤m	-١.٧٤m
عملی، ناشی از منبع دوم	-٥.٩٧	٦	٦.٨١	١.٥	١.٧٨m	٥.٠١m	٦.٨m	٦.٧٨m

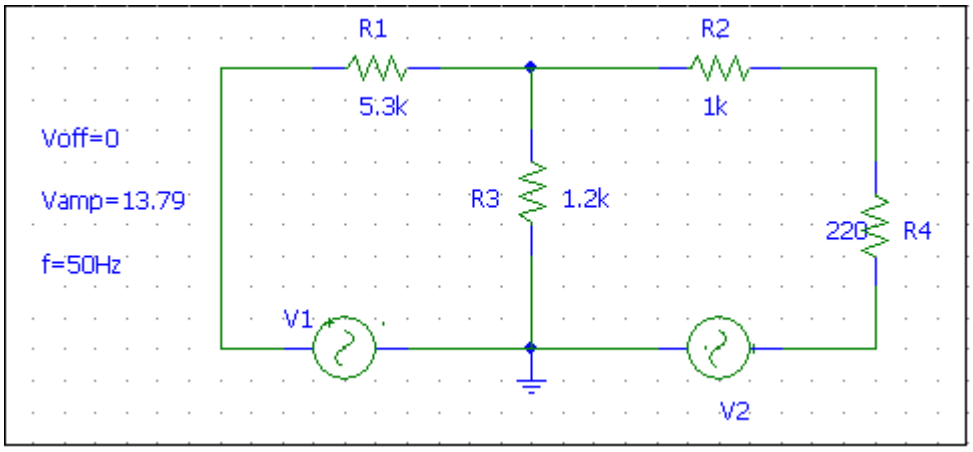
تحلیل توسط اسپایس:

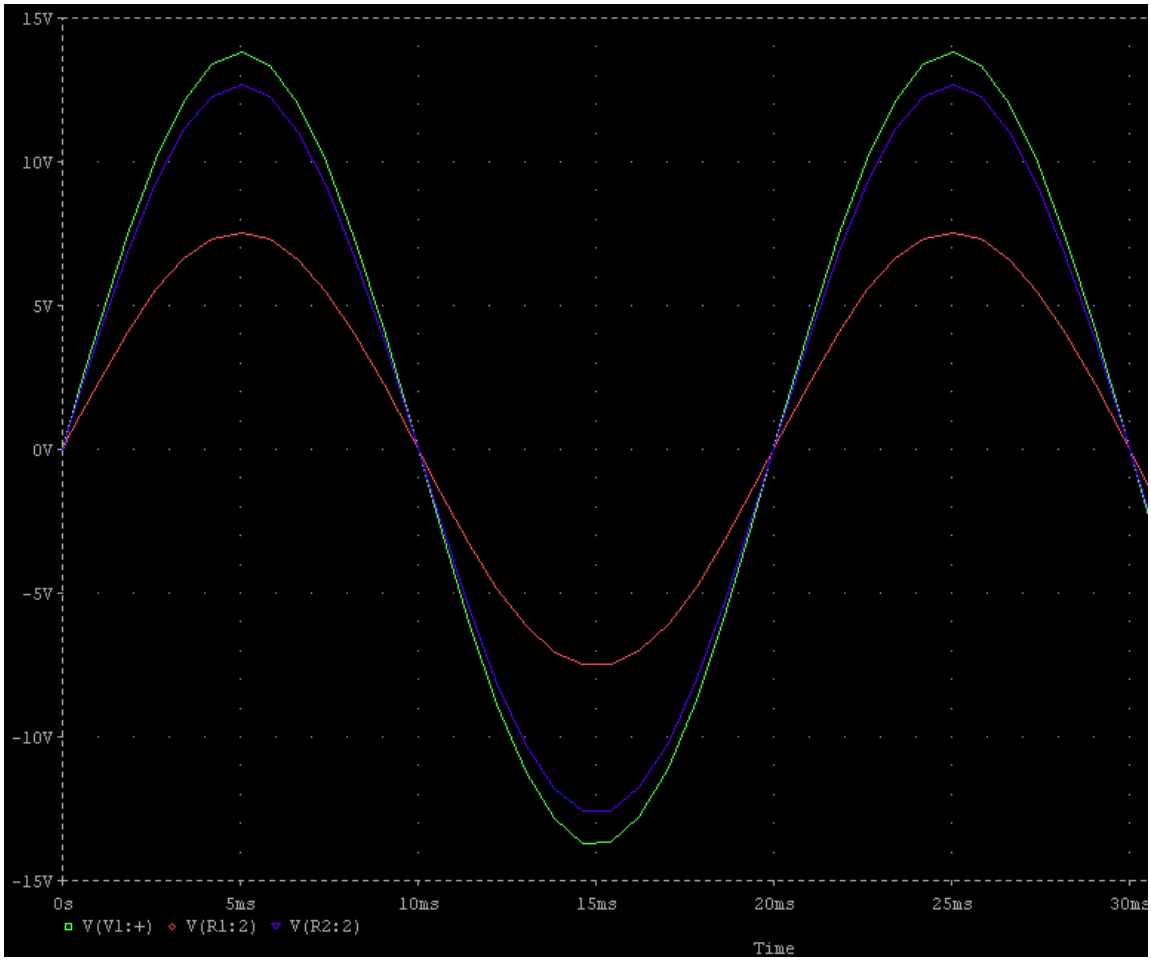
با توجه به اینکه دامنه ولتاژ $\sqrt{2}$ برابر مقدار ac آن است (چون مقدار DC در مدار نداریم دامنه ولتاژ همان مقدار ماکسیمم آن است.) تنظیمات مدار باید به صورت زیر باشد تا شکل موج ها واقعی باشند:

$$۱۳.۷۹ * \sqrt{2} \approx ۱۹.۵$$

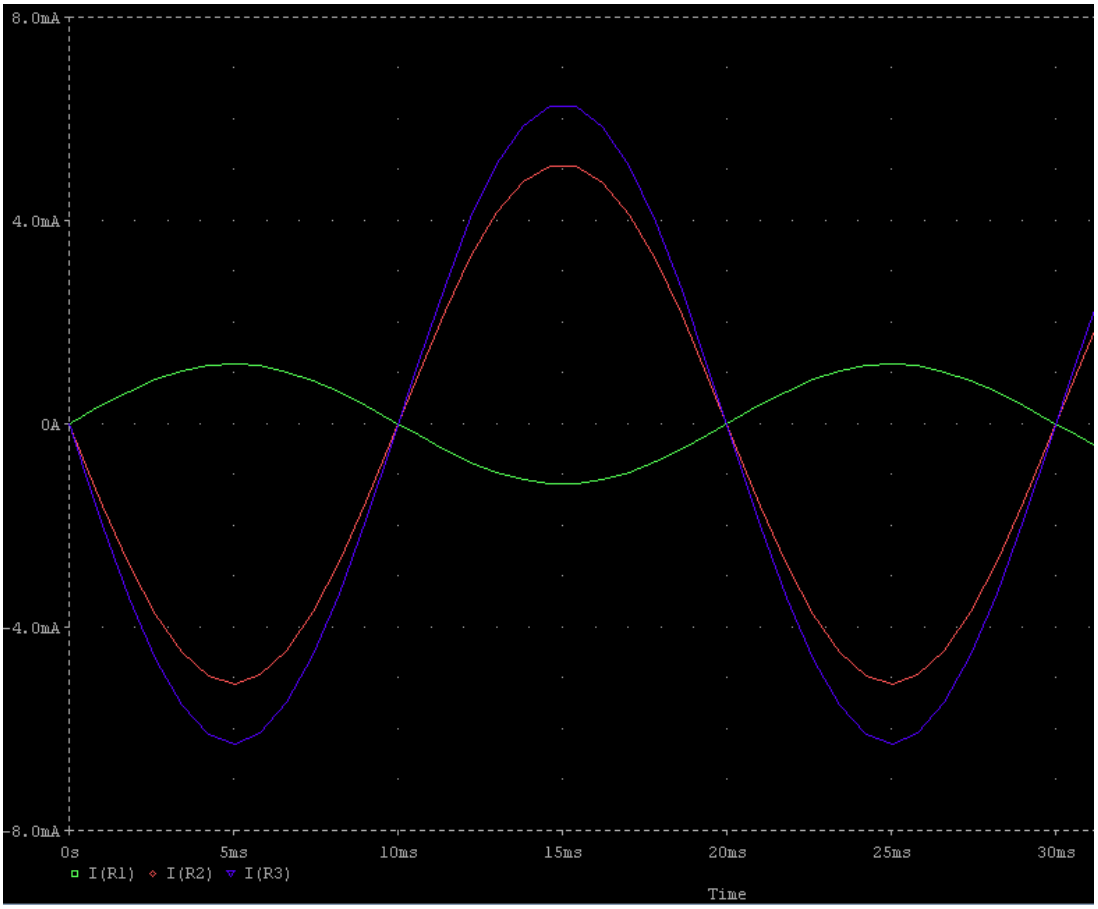


اما برای راحتی کار Vamp=۱۳.۷۹ در نظر می گیریم تا با خواندن مقادیر ماکسیمم همان مقادیر ac در مدار قبل را اندازه گرفته باشیم. به این ترتیب نتایج به صورت زیر بدست می آید:



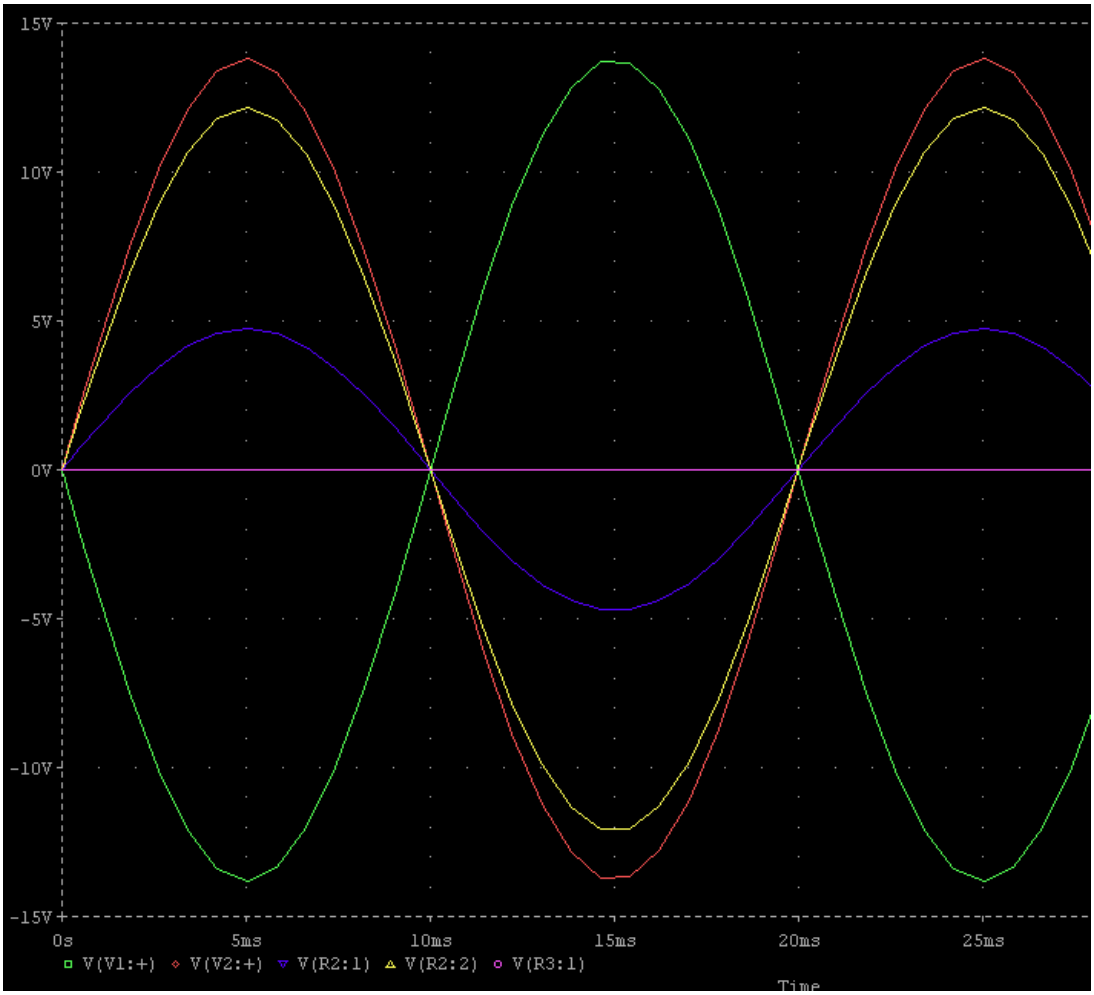


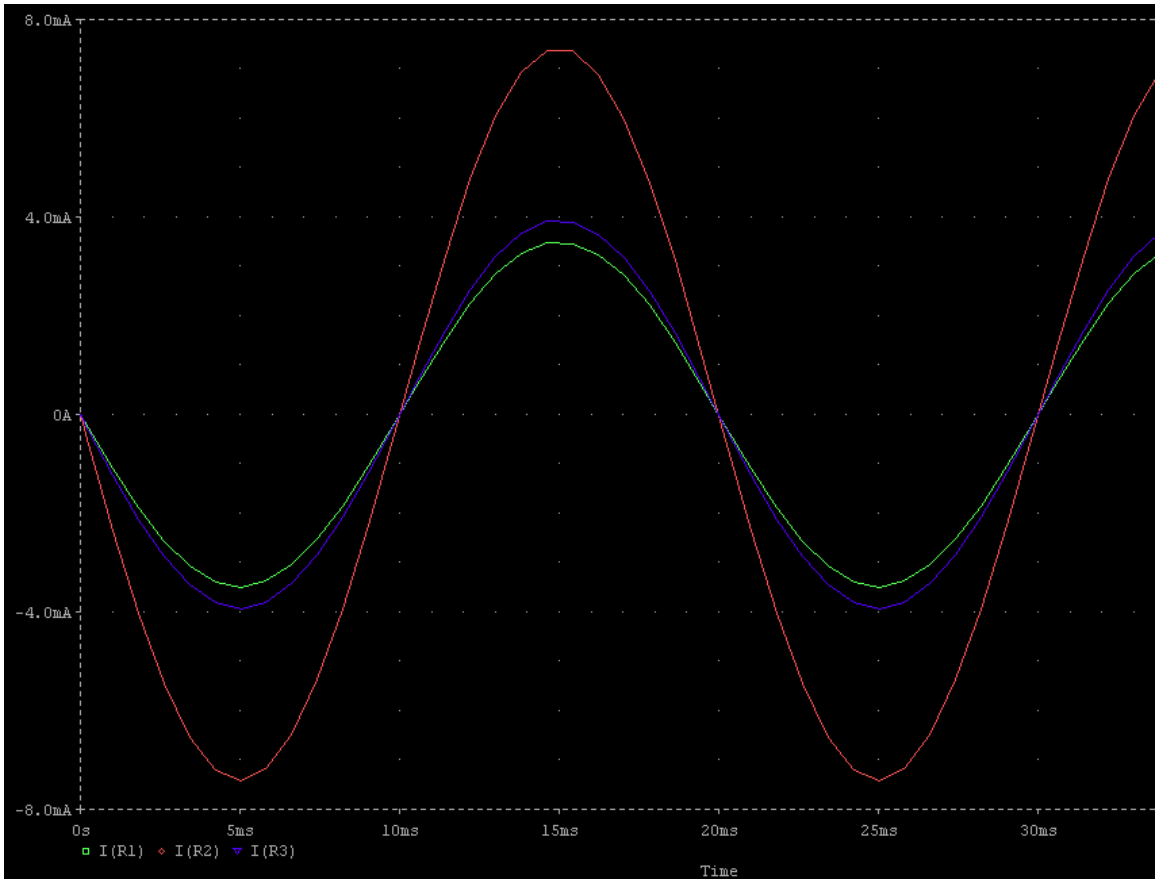
(دقت کنید که ولتاژهای نشان داده شده ولتاژ گره ها هستند.)



این شکل موج ها بر روی اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند.

کلیه این شکل ها با این فرض رسم شده اندکه دو منبع هم فاز باشند. در صورتی که هم فاز نباشند بلکه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز داشته باشند شکل ها به صورت زیر خواهند بود. برای اعمال این تغییر کافی است برای یکی از منابع پارامتر Phase=۱۸۰ را اعمال کنیم.


15V
10V
5V
0V
-5V
-10V
-15V
0s
5ms
10ms
15ms
20ms
25ms
V(V1:+)
V(V2:+)
V(R2:1)
V(R2:2)
V(R3:1)
Time



نتیجه کلی آزمایش:

اصل جمع آثار برای کلیه ی المان ها و در هر دو حالت ac و DC برقرار است و هرچند اندازه ولتاژها و جریان ها در حالت ac به اختلاف فاز منابع بستگی دارد ولی نتایج حاصل باز هم از جمع آثار پیروی می کنند.

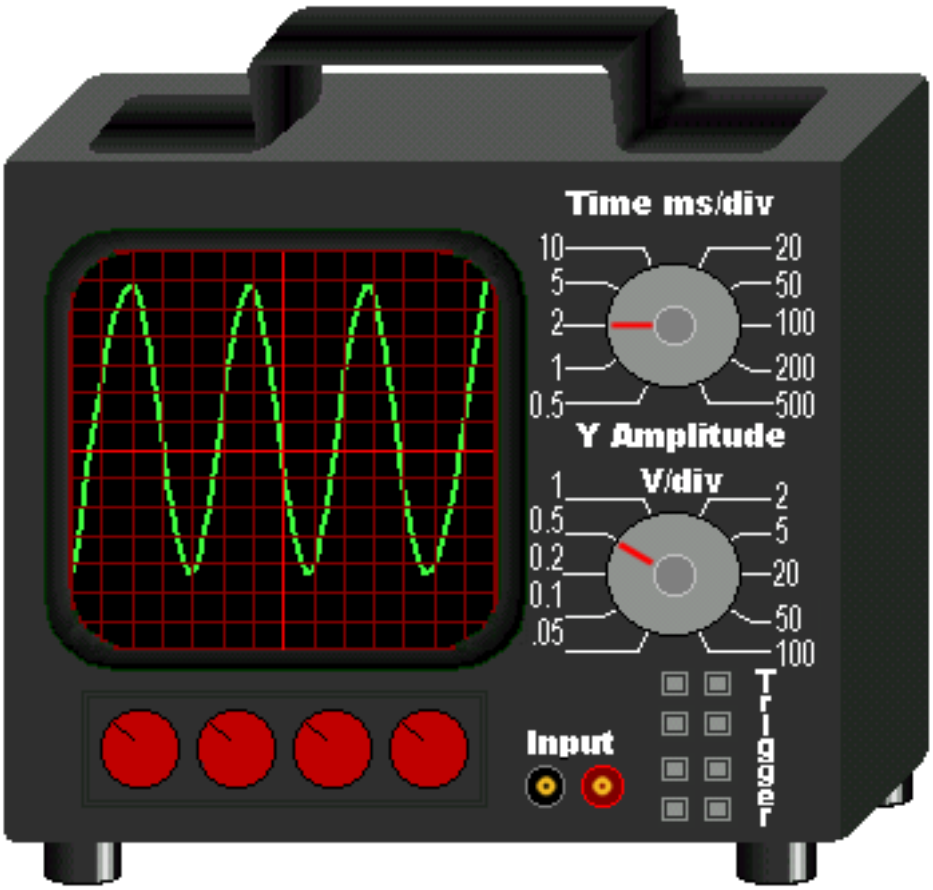
به نام خدا

عنوان: اسیلوسکوپ

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ و پراب

شرح آزمایش:

اسیلوسکوپ:



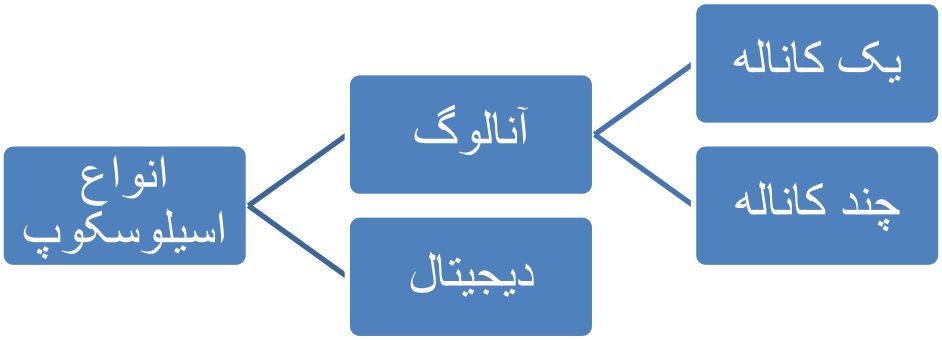
دستگاه اسیلوسکوپ یا نوسان نگار برای مطالعه شکل یک نوسان و مشخصات دیگر آن مثل: پریود، طول موج، فرکانس و ولتاژ بکار میرود. این وسیله همچنین می تواند جهت اندازه گیری غیر مستقیم جریان نیز بکار برده می شود.

تعریف دیگر از اسیلوسکوپ:

اسیلوسکوپ یا نوسان نما یا اسکوپ، یک وسیله ی اندازه گیری الکتریکی است که قادر است **ولتاژ لحظه ای** ورودی خود را در یک صفحه نمایش دهد و به طبع اندازه گیری نماید. (سایر دستگاه هایی که تا به حال بررسی کردیم فقط قادر به اندازه گیری مقادیر DC یا rms بودند.)

اسیلوسکوپ به طور مستقیم تنها قادر به اندازه گیری ولتاژ است و برای اندازه گیری سایر سیگنال ها ابتدا باید به نوعی آنها را به ولتاژ تبدیل کرد مثلا در اندازه گیری جریان از یک مقاومت در سر راه آن استفاده می شود تا ولتاژ دو سر آن که متناسب با جریان است اندازه گیری شود. (می دانیم شکل موج ولتاژ و جریان یک مقاومت عینا مثل هم هستند فقط دامنه ی آنها متفاوت است.)

اسیلوسکوپ فقط شکل موج ها را در **حوزه ی زمان** نمایش می دهد. برای بررسی یک سیگنال در حوزه ی فرکانس از اسپکتروم انلایزر استفاده می شود که دارای مدارات داخلی بسیار پیچیده تر و قیمت بسیار بالاتر است. (طیف نما)



اسیلوسکوپ های آنالوگ کاربرد و دقت بیشتری دارند و رفته رفته جای خود را به نوع دیجیتال می دهند. نوع دیجیتال دارای نرم افزار ها و مدارات پیشرفته ای است و سبکتر از معادل آنالوگ خود است. اسیلوسکوپ های دیجیتال قادرند فرکانس و ولتاژ و ... را به صورت خود کار اندازه بگیرد.

در نوع یک کاناله اسیلوسکوپ تنها یک ورودی می پذیرد. (این مدل تقریبا منسوخ شده است) در نوع چند کاناله اسیلوسکوپ دارای حداقل دارای دو کانال ورودی است.

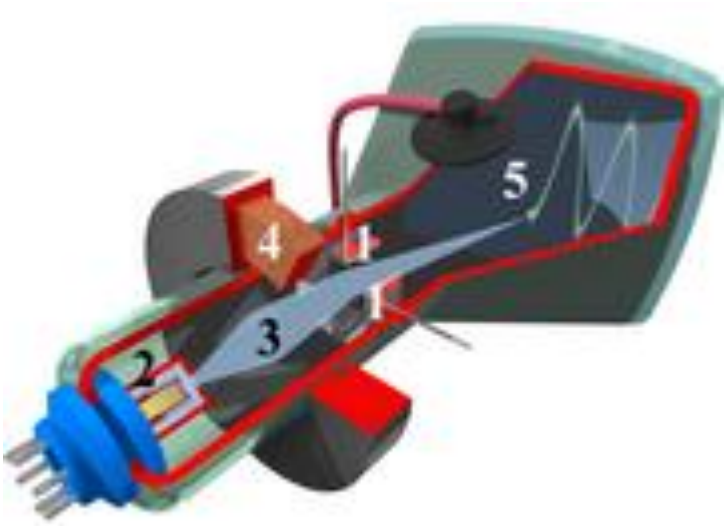
یک اسیلوسکوپ چهار کاناله:

یک اسیلوسکوپ سه کاناله:

یک اسیلوسکوپ دیجیتال:

ساختمان اسیلوسکوپ:

Cathode-ray oscilloscope (CRO)



Numbers in the picture indicate: ١. Deflection voltage electrodes; ٢. Electron gun; ٣. Electron beam; ٤. Focusing coil; ٥. Phosphor-coated inner side of the screen

اسیلوسکوپ از دو بخش اصلی تشکیل شده است:

- ✓ CRT(Cathode Ray Tube)
- ✓ مدارات آماده سازی و پردازش سیگنال

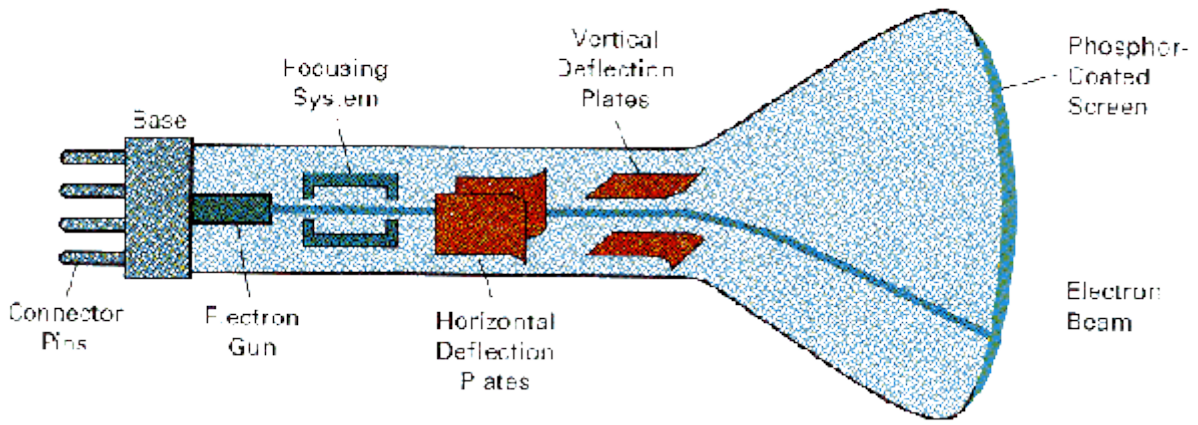
لامپ پرتو کاتدی دارای سه بخش است:

الف)تفنگ الکترونی که برای تولید کردن باریکه الکترونی است.

ب)سیستمی برای انحراف الکترون.

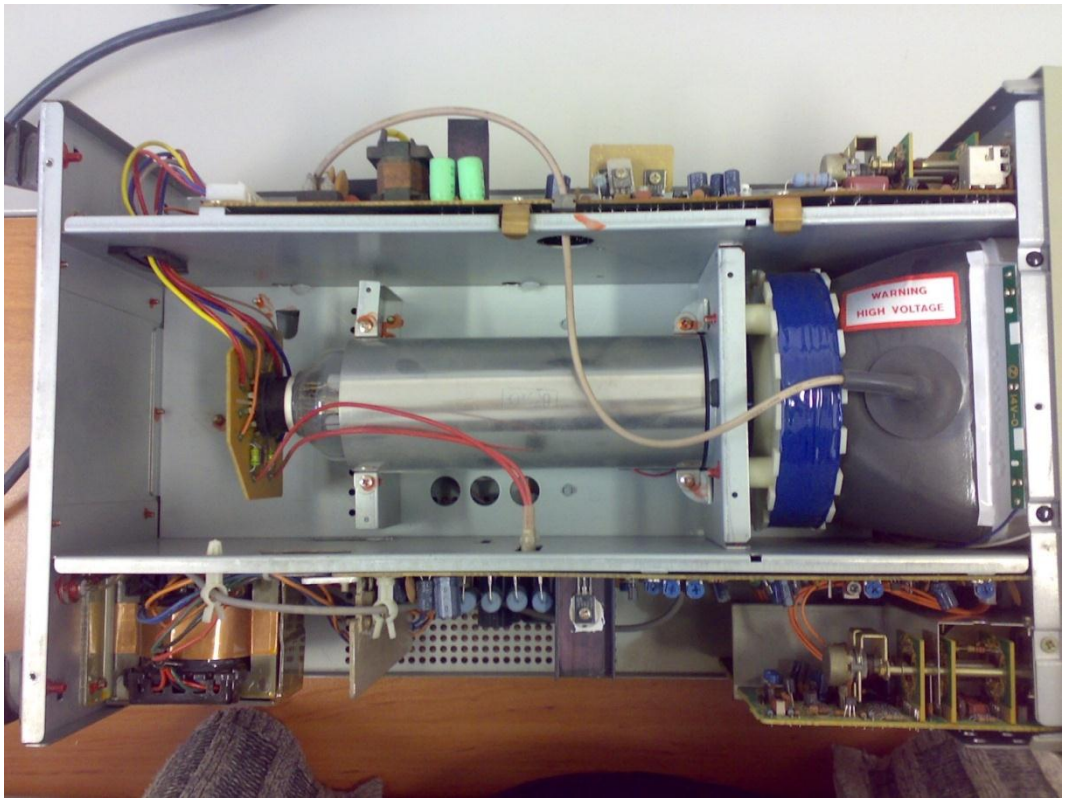
ج)پرده ای با اندودی از ماده ای شیمیایی که انرژی باریکه را به انرژی نور مرئی تبدیل می کند.

این اجزاء در یک محفظه شیشه ایی تخلیه شده جای داده می شوند. شکل زیر یک لامپ پرتو کاتدی را نشان می دهد.

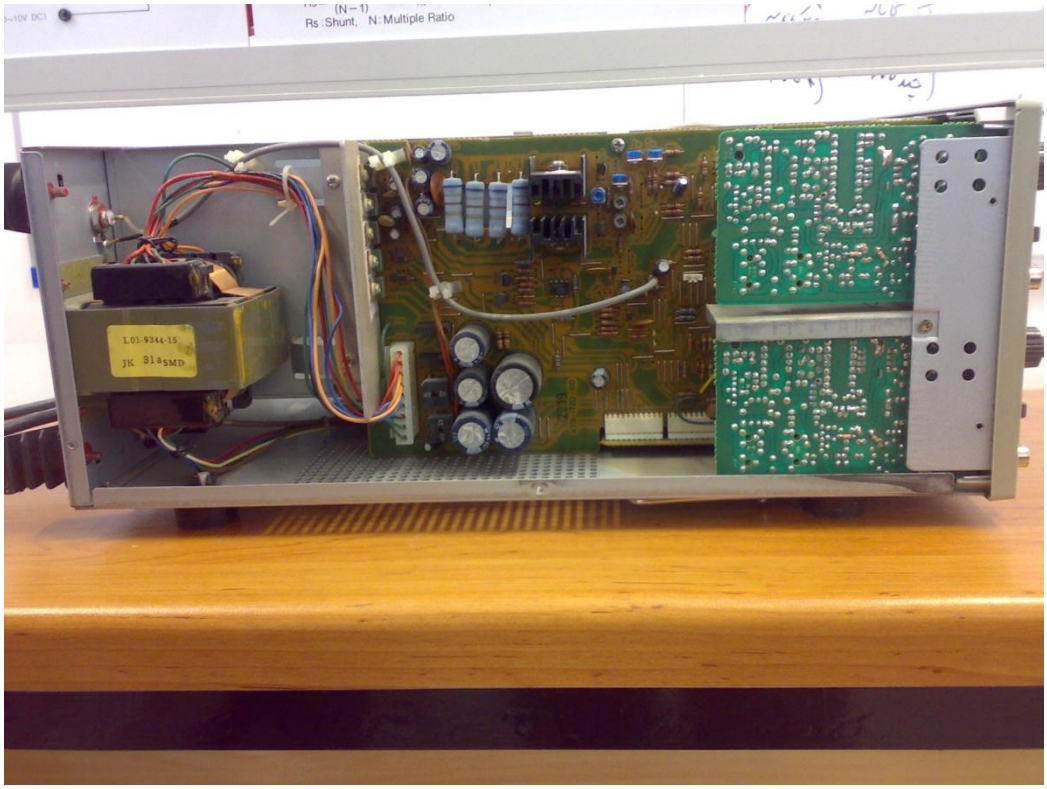


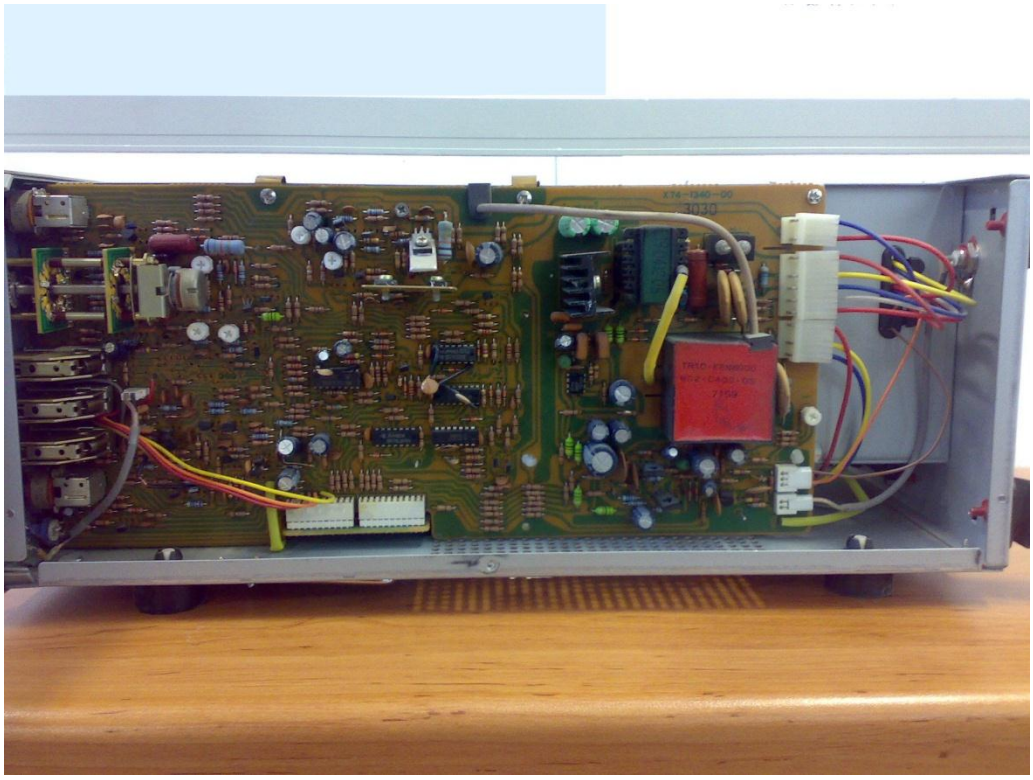
اشعه در واقع باریکه ای از الکترون هاست که به سرعت به صفحه برخورد می کند. هنگام کار، در هر لحظه ملیون ها الکترون به صفحه برخورد می کند.

عکسی از ساختمان داخلی یک اسیلوسکوپ از بالا:



نماهای کناری دستگاه:

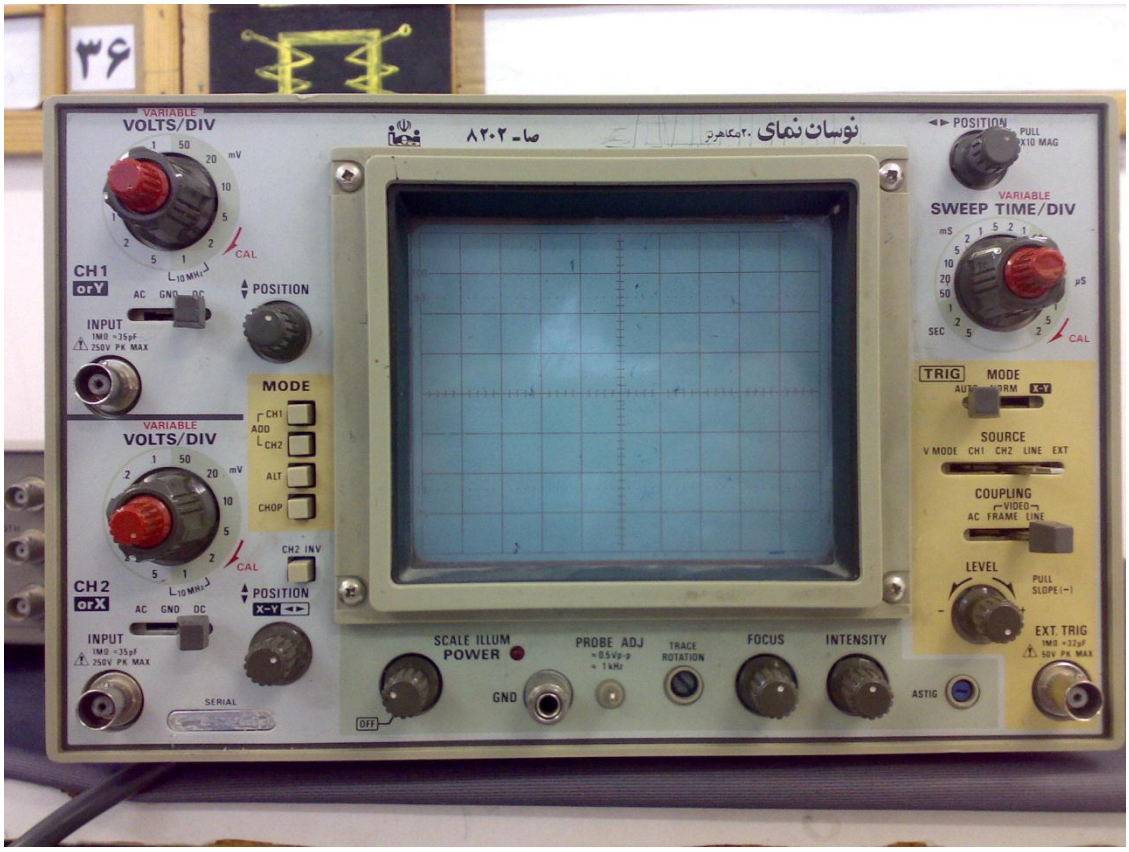




کار عملی:

- یک ترسیم کامل از پانل جلو اسیلوسکوپ با ابعاد بزرگ و تفکیک و توضیح هر بلوک قطعات روی آن.
- ترسیمی کامل از عقب اسیلوسکوپ توضیح موارد مربوطه.
- بررسی دفترچه ی راهنمای اسیلوسکوپ. (استخراج نکات فنی مهم هنگام استفاده از دفترچه ی راهنمای اسیلوسکوپ.)
- تنظیم زمین (GND)، شدت نور (Intensity)، وضوح (focus) و نور صفحه ی اسکوپ و رعایت نکات ایمنی آن.
- نحوه ی کالیبراسیون، اتصال صحیح پراب و نحوه ی استفاده از آنها

نمای روبروی یک اسیلوسکوپ:



کلیدهای اسیلوسکوپ

کلید های این دستگاه را می توان به چهار قسمت طبقه بندی کرد.

۱. گروه کنترل
۲. گروه کنترل عمودی
۳. گروه کنترل افقی
٤. گروه کنترل تریگر

گروه کنترل شامل:

الف)**کلید روشن و خاموش:** این کلید که powerاً مشخص می شود برای روشن و خاموش کردن است. پس از روشن کردن چند ثانیه طول می کشد تا اسیلوسکوپ راه اندازی شود.

ب)**کلید شدت(Intensity):** این کلید برای کنترل میزان روشنایی نقطه نورانی است

پ)**کلید تمرکز اشعه:** این کلید با FOCUS نمایان است و برای تنظیم نقطه نورانی بکار می رود.

گروه کنترل عمودی:

برای تنظیم موقعیت و وضعیت عمودی اشعه است و شامل کلید های زیر می باشد:

الف) **INPUT** : محل ورودی سیگنال به اسیلوسکوپ است و به صورت یک سوکت BNC می باشد.سیگنال توسط یک سیم کواکسیال به این رابط BNC وصل می شود.

ب) **کلید انتخاب ورودی**: این کلید دارای سه وضعیت AC-GND-DC است و نحوه ارتباط سیگنال ورودی را به داخل اسیلوسکوپ تعیین می کند.اگر کلید در حالت AC قرار گیرد تنها قسمت متناوب سیگنال ورودی به مدارات اسیلوسکوپ می رود.

اگر در حالت DC قرار گیرد مقادیر DC و ac موج را همزمان به مدارهای داخلی وصل می کند در حالت GNC ورودی تقویت کننده به زمین وصل می شود.

پ)**موقعیت عمودی**: که با کلید position مشخص شده است میتواند اشعه را در راستای عمودی حرکت دهد. نحوه عملکرد این کلید هنگام رسم منحنی لیساژور برعکس است در واقع در حالت باعث جابجایی افقی می شود.

ت) **کلید VOLTS/DIV** یا ولتاژ بر قسمت یا تضعیف کننده مرحله ای: میدانیم که بهره تقویت کننده اسیلوسکوپ بایستی قابل تغییر باشد تا بتواند سیگنال های مختلف با دامنه های متفاوت را روی صفحه نمایش دهد و از صفحه خارج نشود. این کلید با VOLTS/DIV مشخص شده است. وقتی سیگنال به ورودی اعمال شود و روی صفحه اسیلوسکوپ نمایش داده شود، مقدار واقعی آن به تعداد تقسیمات که روی صفحه اشغال شده و مقدار تضعیف کننده بستگی دارد. برای مثال یک سیگنال به شرح زیر بدست می آید:

دامنه پیک تا پیک روی صفحه: قسمت ٦.٤

مقدار تضعیف کننده: (قسمت/ولت)٠.٢

١.٢٨ = ٠.٢ * ٦.٤ = مقدار واقعی.

علاوه بر تضعیف کننده مر حله ایی که بصورت پله ایی تغییر می کند روی این کلید، یک ولوم قرمز رنگ وجود دارد که به صورت پیوسته تغییر می کند که همیشه بایستی در وضعیتی قرار گیرد که موج را یک برابر کند، تا بتوانیم اندازه گیری دقیقی داشته باشیم. (کالیبره شود)

گروه کنترل افقی:

این گروه کلید ها تعیین کننده وضعیت انحرافی افقی اشعه و نحوه جاروب صفحه اسیلوسکوپ هستند و شامل کلید های زیر است.

الف)**جاروب افقی**: که با SEC/DIV (TIME/DIV) یا زمان بر قسمت مشخص شده است این کلید اصلی ترین کلید کنتری افقی است و برای کنترل زمان حرکت اشعه در مسیر افقی صفحه است و نشان می دهد که چقدر زمان طول می کشد تا اشعه یک قسمت روی صفحه را طی کند. این کلید بر حسب ثانیه به قسمت (SEC/DIV) (SEC) یا میلی ثانیه به قسمت (MSEC/DIV) (mS) و میکرو ثانیه به قسمت (µSEC/DIV)(uS) تنظیم شده است. و به صورت ناپیوسته حرکت داده می شود بدین ترتیب می توان با اندازه گیری تعداد تقسیمات افقی که یک موج کامل اشغال کرده طول موج و در نتیجه فرکانس موج را محاسبه کرد، مثلا:

تعداد تقسیمات یک موج (در راستای محور افقی): ٤.٨DIV

وضعیت کلید کنترل جاروب افقی: ٠.٢SEC/DIV

زمان تناوب یک سیکل کامل = ٠.٠٩٦ SEC = ٤.٨ * ٠.٢

فرکانس = زمان تناوب/١ =١/٠.٠٩٦ = هرتز ١.٠٤

البته روی کلید جاروب افقی(SEC/DIV) یک کلید پیچشی قرمز رنگ دیگر وجود دارد که بجای تغییرات پله ایی امکان تغییرات پیوسته را ایجاد می کند.

ب)**موقعیت افقی**: این کلید با position مشخص است و برای جابجایی افقی سیگنال به چپ و راست که ممکن است برای راحت تر اندازه گرفتن تقسیمات افقی صورت گیرد به کار می رود.

پ)**چند برابر کننده**: اگر جاروی افقی بر روی این کلید قرار داشته باشد مثلا (١٠MEG *) آنگاه جاروب با سرعت ١٠ برابر یعنی ١MSEC/DIVحرکت می کند. (در اسیلوسکوپ شکل قبل این کلید وجود ندارد.)

ت)**کلید SWEEP MODE یا حالت های مختلف جاروب**: که با MODE مشخص شده است این کلید دارای سه حالت AUTO و NORM و X-Y است.

در حالت AUTO حتی اگر سیگنال ورودی وصل نباشد جاروب افقی به صورت متناوب انجام می گردد و در حالت NORM حتما باید سیگنال ورودی باشد تا جاروب افقی انجام شود وگرنه صفحه اسیلوسکوپ تاریک است در حالتX-Y مدار تریگر قطع شده و از کانال های ۱ و ۲ به عنوان محور X (افقی) و محور Y (عمودی) استفاده می شود.

گروه کنترل تریگر:

تریگر در لغت آتش کردن و یا تحریک کردن معنی شده است و در اسیلوسکوپ به معنی زمان شروع جاروب افقی است. در مدل های قدیمی اسیلوسکوپ این زمان به صورت ثابت بود، یعنی مدار تریگر را طوری تنظیم می کردند که هرگاه سیگنال ورودی به مقدار خاصی می رسید مثلا در شروع سیکل مثبت، مدار تریگر تحریک شده و جاروب افقی صورت می گرفت. در نتیجه همیشه سیگنال ورودی از شروع سیکل مثبت بر روی صفحه نمایش داده می شد. به این گونه اسیلوسکوپ، نوع تریگر داخلی ثابت می گویند. ولی در مدار های جدید، تریگر قابل کنترل است و می توان در یک زاویه مشخص از سیگنال ورودی، مدار تریگر را به کار انداخت.

قسمت کنترل تریگر دارای کلیدهای زیر است:

الف)سطح تریگر که با LEVEL مشخص می شود. توسط این کلید چرخان می توان زمان شروع تریگر را طوری تنظیم کرد که مطابق باشد با زمان یک دامنه مشخص از سیگنال ورودی، دامنه سیگنال مورد نظر میتواند منفی، مثبت یا صفر باشد. به طور ساده تر می توان گفت که اگر موج نمایش داده شده حرکت نامنظمی داشته باشد با تغییر این ولوم می توان تصویر بدون حرکتی را در صفحه ایجاد کرد. (در اسکوپ شکل قبل موجود نیست)

ب)کلید نوع اتصال تریگر که با SOURCE نشان داده شده است دارای پنج حالت است.

۱. V.MODE : اگر چنانچه دکمه در وضعیت V.MODE قرار گیرد موج دندانه اره ای به صفحات انحراف افقی وصل می باشد. و از این کلید وقتی استفاده می شود که از هر دو کانال درگیر باشند.
۲. CH۱: در این حالت از سیگنال کانال اول به عنوان سیگنال راه انداز استفاده می شود.
۳. CH۲ : در این حالت از سیگنال کانال دوم به عنوان سیگنال راه انداز استفاده می شود.
٤. LINE : این وضعیت وقتی است که برق شهر بجای موج دندانه اره ای بکار می رود.
٥. EXT : در این حالت موج دندانه اره ای داخلی قطع شده و می توان از خارج توسط ورودی EXT به صفحات افقی موج دلخواه وصل کرد. مقاومت ورودی آن ۱Mohm بوده و حداکثر ولتاژ قابل تحمل آن ۵۰V می باشد.

ج)کلیدهای کوپلینگ(coupling) سه حالت AC ، FRAME و LINE دارد که دو حالت اخیر برای کارهای ویدئویی و تلویزیون انتخاب می شود و در آن LEVEL اثر ندارد و از یک سطح ولتاژ مشخص از موج استفاده می شود. حالتAC برای فرکانس های خیلی بالا استفاده می شود.

- در حالت AC سیگنال راه اندازی از طریق شارژ و دشارژ خازنی به مدار وصل می گردد.
- وضعیت FRAME: مربوط به مدار های و تصویر های تلوزیونی است و در آن پالسهای همزمان کننده عمودی از میان سیگنال های مرکب ویدئویی جهت استفاده در مدار راه انداز انتخاب می گردد.
- LINE: پالسهای هم زمان کننده از میان سیگنالهای مرکب ویدئویی جهت استفاده در مدار راه انداز انتخاب می گردد.

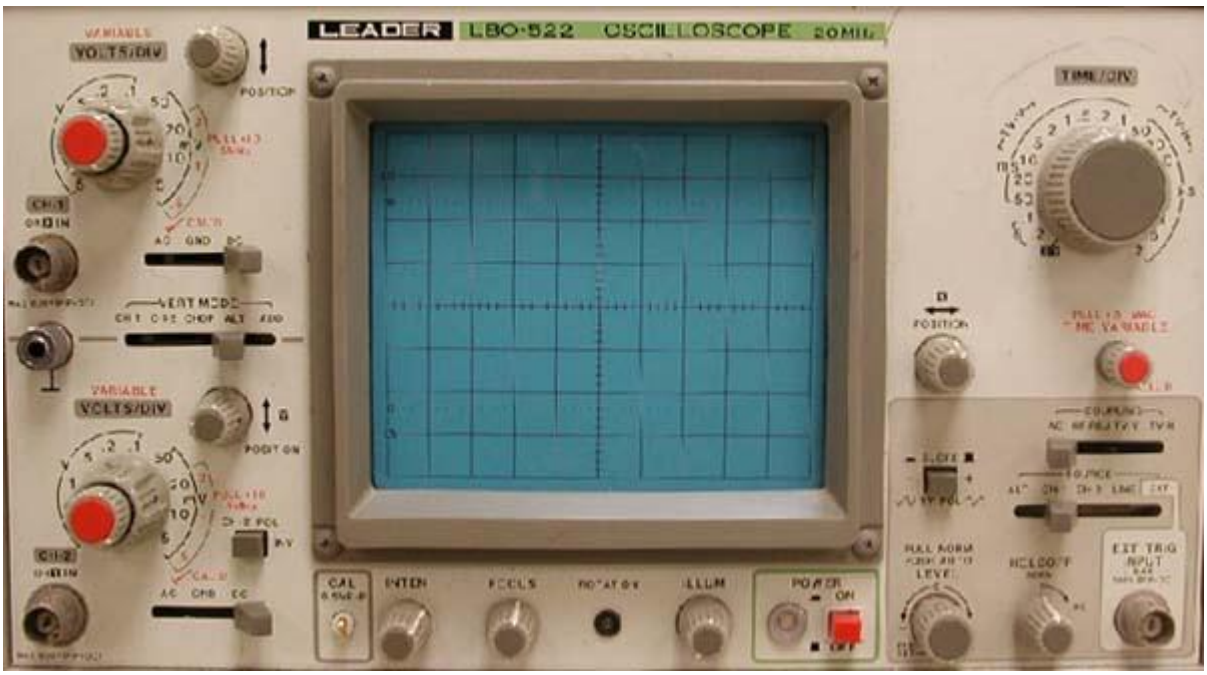
کلیدهای مد ورودی که با (MODE) مشخص شده است چهار حالت دارد:

الف)کانال یک(CH۱) و کانال دو(CH۲) که نشان دهنده این است که چه کانالی روی صفحه دیده شود.

ب)ALT یا (Alternate) برای دیدن همزمان دو موج که از کانال های ۱ و ۲ وارد شده اند، در این حالت بایستی فرکانس موج ها زیاد باشد (بیشتر از ۱kHz) تا چشمک بر روی صفحه دیده دیده نشود. زیرا الکترون یک بار موج کانال ۱ و یک بار موج کانال ۲ را نشان می دهد.

پ)CHOP این حالت برای دیدن همزمان دو کانال ولی برای موج هایی با فرکانس کم استفاده می شود زیرا در این حالت یک لحظه از کانال ۱ و یک لحظه از کانال ۲ نمایش داده می شود.

ت) در حالت ADD دو سیگنال کانال های یک و دو با هم جمع می شوند.



نمایی از پشت دستگاه اسیلوسکوپ:

همان طور که دیده می شود در پشت دستگاه یک ورودی محور z و یک خروجی به همراه فیوز و کابل ورودی وجود دارد. ورودی محور z در واقع نقشی مشابه ولوم Intensity دارد و با تنظیم دامنه ولتاژ ورودی به آن می توان شدت نور مشاهده شده روی صفحه را افزایش داد. این عمل مخصوصا زمانی مفید است که هرچند شدت نور دستگاه روی ماکسیمم است ولی باز هم شکل موج مشاهده شده بسیار کمرنگ است. به این ورودی **مدولار شدت** هم گفته می شود.

نکته دیگر قابل توجه این است که کابل تغذیه این دستگاه مشابه اکثر دستگاه های دیگر دارای سیم اتصال به زمین است و از آنجایی که این دستگاه به شدت حساس است بهتر است حتما از یک پریز مجهز به زمین استفاده شود.

کانال وروی نیز یکی دیگر از ورودی های دستگاه است.

نکاتی که در **دفترچه ی راهنما** جهت به کار گیری دستگاه ذکر شده:

- کلید های انتخاب ولتاژ خط و نحوه انتخاب یک فیوز متناسب با آن. مثلا در دفترچه ی راهنمای یک دستگاه نوشته شده که دستگاه در دو محدوده ی ولاژ کار می کند، ۹۸-۱۲۵V و ۱۹۸-۲۵۰V و فیوزهای مربوط به آن نیز ذکر شده. (مشابه این اطلاعات در عکسی که از پشت دستگاه گرفته شده دیده می شود.)
- نحوه تعویض فیوز (برای خارج کردن فیوز باید آن را چرخانده ...)
- ترکیب بندی مفید صفحه (ابعاد صفحه)
- ولتاژ شتاب دهنده (۱.۹KV)
- نوع فسفر به کار رفته (P۳۱) و سایر مشخصات مربوطه
- نحوه عملکرد محور z
- پهنای باند (یکی از مهمترین مشخصات دستگاه)
- نوع کوپلینگ
- امپدانس ورودی (۲۰-۳۰K)
- نحوه عملکرد در فرکانس های مختلف
- نحوه استفاده ی بهینه از کلید های CHOP و ALT
- دقت در حالت های مختلف
- حداکثر ولتاژهای ورودی

- زمان صعود و توضیحات آن
- بزرگنمایی
- تریگر
- X-Y
- کالیبراسیون پراب
- ویژگی های فیزیکی مثل وزن و ابعاد
- محدودیت های محیط از جمله دمای مجاز محیط کار، دمای انبار، حداکثر دمای محیط، رطوبت مجاز هنگام کارکرد، حداکثر رطوبت محیط، تداخل و ...
- ... هر نکته مورد نیاز دیگر برای کار با دستگاه

تنظیمات اولیه دستگاه برای کار:

تنظیم زمین (GND)، شدت نور (Intensity)، وضوح (focus) و نور صفحه ی اسکوپ و رعایت نکات ایمنی آن به همراه نحوه ی کالیبراسیون، اتصال صحیح پراب و نحوه ی استفاده از آنها:

قبل از شروع آزمایش به یاد داشته باشید که کلیه دستگاه های اندازه گیری از جمله اسیلوسکوپ بسیار حساس هستند؛ لذا هنگام کار کردن با اسیلوسکوپ به نکات زیر دقیقا توجه کنید.

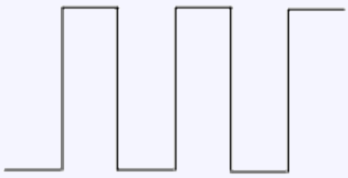
۱. هنگام تغییر رنج کلید سلکتورها، به آرامی و با دقت، رنج ها را عوض کنید زیرا کنتاکت ثابت اکثر سلکتورها از نوع مدار چاپی است و احتمال خراب شدن آنها زیاد است.
۲. شدت نور را، مخصوصا هنگامی که اسیلوسکوپ روی X-Y قرار دارد بیش از اندازه زیاد نکنید، در این حالت موج جاروب صفحات انحراف افقی قطع می شود و روی صفحه حساس فقط یک نقطه نقش می بندد. در این حالت اشعه به طور مداوم به صفحه می تابد و مواد فسفرسانس آن نقطه را خراب می کند. این خرابی منجر به ایجاد یک لکه سیاه روی صفحه می شود.
۳. کلید های فشاری روی پانل اسیلوسکوپ را هنگام تغییرحالت به آرامی فشار دهید.
٤. اسیلوسکوپ را در مکانی قرار دهید که امکان افتادن آن به طور مطلق وجود نداشته باشد.
٥. اسیلوسکوپ را در مکانی که اطراف آن حرارت زیاد(مانند بخاری و ...) وجود دارد یا نور خورشید مستقیما به آن می تابد قرار ندهید.
٦. سیم پروب را هیچگاه نکشید.
۷. چنانچه ولتاژ مورد اندازه گیری در ابتدا مشخص نیست از حالت۱۰* (ضربدر ۱۰) پروب استفاده کنید رنج کلید سلکتورVolt/Div را در بیشترین مقدار خود قرار دهید.
۸. برای دقت بیشتر هنگام خواندن دستگاه سعی کنید توسط کلید فوکوس شکل موج را تا حد امکان باریک کنید.
۹. ... سایر نکات مذکور در دفترچه راهنما

اسیلوسکوپ را روشن کنید، بعد از مدت کوتاهی روی صفحه حساس اسیلوسکوپ یک خط ظاهر می شود. ولوم های INTEN و FOCUS را طوری تغییر دهید که خط ظاهر شده در روی صفحه حساس دارای شدت نور کافی در کمترین ضخامت باشد. در صورتی که خط مشاهده شده دقیقا موازی خط افقی مدرج روی صفحه حساس نیست از مربی آزمایشگاه بخواهید به کمک یک پیچ گوشتی کوچک، خط را دقیقا موازی درجه بندی محور افقی کند.

کالیبره کردن اسیلوسکوپ

ابرای اعمال ولتاژ به اسیلوسکوپ از پروب استفاده می کنند. همچنین در روی پانل اسیلوسکوپ پینی وجود دارد که روی این پین ولتاژ مربعی با دامنه حدود ۰.٥ ولت و فرکانس تقریبی ۱KHz که در داخل اسیلوسکوپ تولید می شود، قابل دریافت است. این ولتاژ مربعی برای تنظیم پروب بکار می رود.

برای انجام این کار موج مربعی روی پانل اسیلوسکوپ را توسط پروب به ورودی اسیلوسکوپ وصل می کنیم.



شکل موج روی صفحه حساس را مطابق شکل بالا تنظیم کنید. برای این کار کلید سلکتور Time/Div را روی ms۰.۲ و کلید سلکتور Volt/Div را روی V۰.۱ قرار دهید و با تغییر ولوم قرمز رنگی که روی سلکتور Time/Div قرار دارد پریود آن موج را به ms۱۰ تنظیم نمایید. و تا پایان آزمایش نبایستی به این ولوم ها دست بزنید همین کار را برای کانال دیگر انجام دهید.

زمانی که موج مربعی به اسیلوسکوپ وصل است مراحل زیر را انجام دهید:

الف)کلید AC-GND-DC را در حالت GND قرار دهید.

ب) خط افقی را توسط ولوم پزیشن بر روی خط افقی ای که می خواهید به عنوان صفر در نظر بگیرید تنظیم کنید.

به نام خدا

جلسه ی هفتم (۱۳۸٦/۸/۳۱)

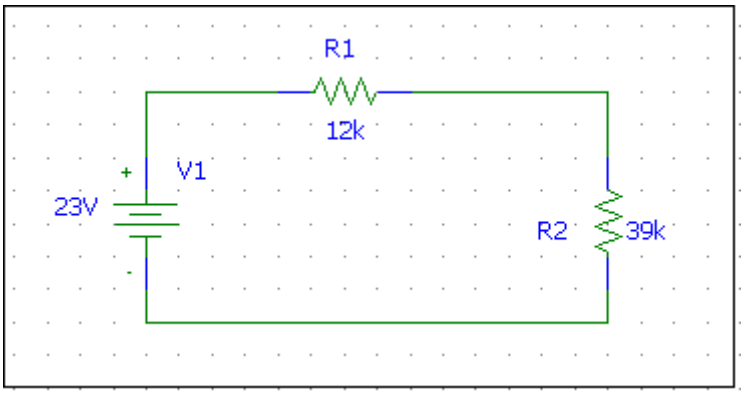
عنوان: اندازه گیری ولتاژ با اسیلوسکوپ

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ و پراب – مقاومت های ۱۲K و ۳۹K – فانکشن ژنراتور – منبع ولتاژ DC متغیر

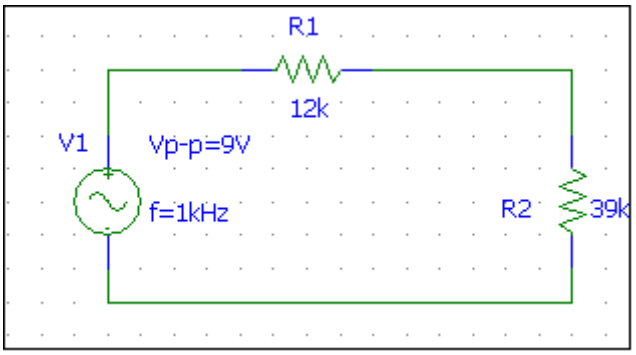
شرح آزمایش:

ابتدا ولتاژ های DC:

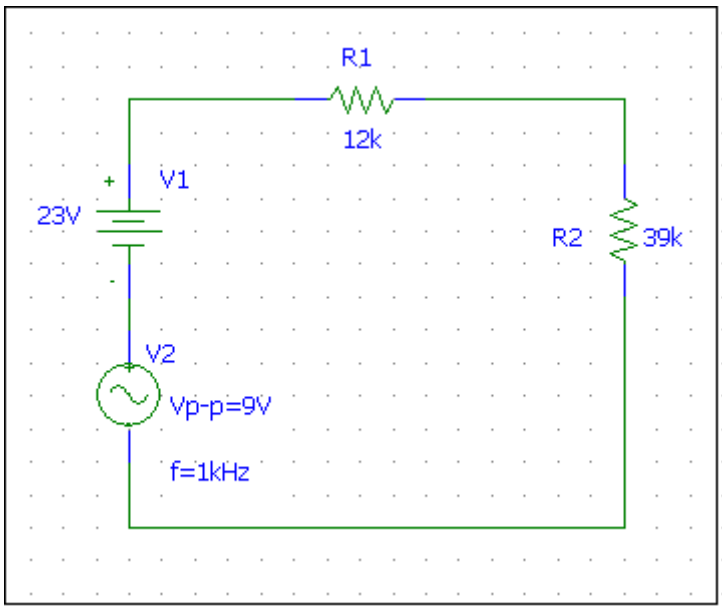
۱. مدار زیر را بسته و تنظیمات و شکل نمایش داده شده برای هر ولتاژ را یادداشت کنید.



۲. برای مشاهده ی صحیح ولتاژ DC کلیدهای مرتبط چگونه تنظیم شوند.
۳. با تغییر ولوم Volts/DIV و نیز کلید ۱X-۱۰X روی پراب اثرات ناشی از تغییرات آنها را بیان کنید.
٤. در حالت DC سیگنال پراب چگونه به مدار متصل می شود.
٥. صحت اندازه گیری های خود را با ولتمتر دیجیتال امتحان کنید.
٦. ولتاژ تمام المان های مدار زیر را مشاهده و ترسیم کنید.



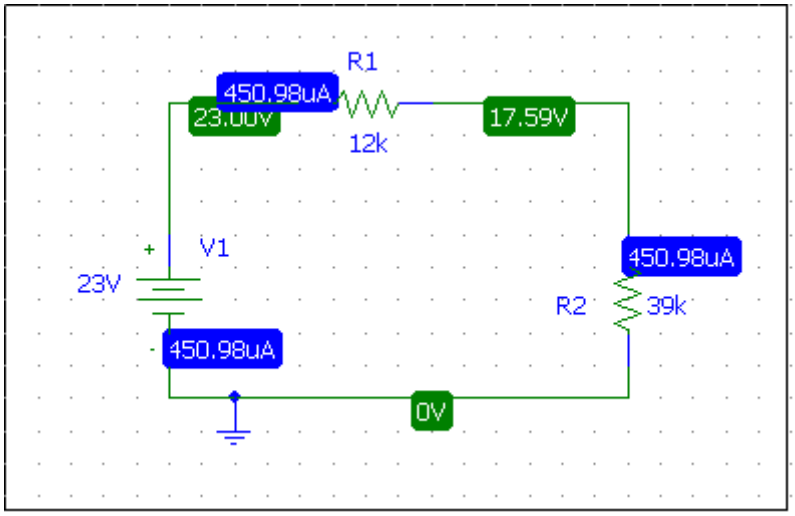
۷. سوالات قسمت قبل را برای حالت ac تکرار کنید.
۸. آیا هنگامی که کلید روی DC است می توان مقدار ac را اندازه گرفت؟ چرا؟
۹. چه موقع از حالت ac، چه موقع از DC، و چه موقع از GND استفاده می شود؟
۱۰. مدار زیر را بسته و ولتاژ DC و ac در تمام المان ها را بدست آورید و رسم کنید.



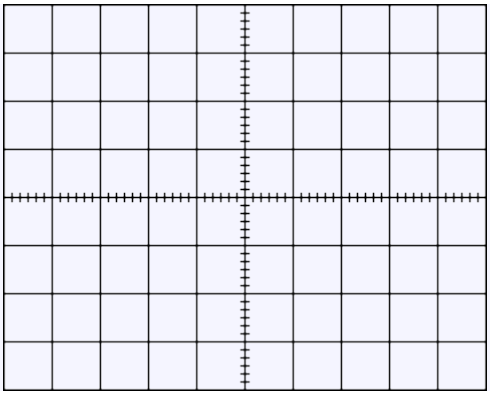
ولتاژ مرکب (ac+DC) تمام المان ها را اندازه گیری و ترسیم نمایید.

۱۱. چه تفاوتی بین حالت های ac و DC وجود دارد؟
۱۲. مدار داخلی هر کانال اسکوپ را ترسیم نمایید و نحوه جداسازی ac-DC-GND را تشریح نمایید.
۱۳. نکات مهم و اساسی برای اندازه گیری دقیق ولتاژهای اسکوپ چیست؟

۱) بهتر است همیشه قبل اندازه گیری مدار را به صورت تئوری تحلیل کنیم:

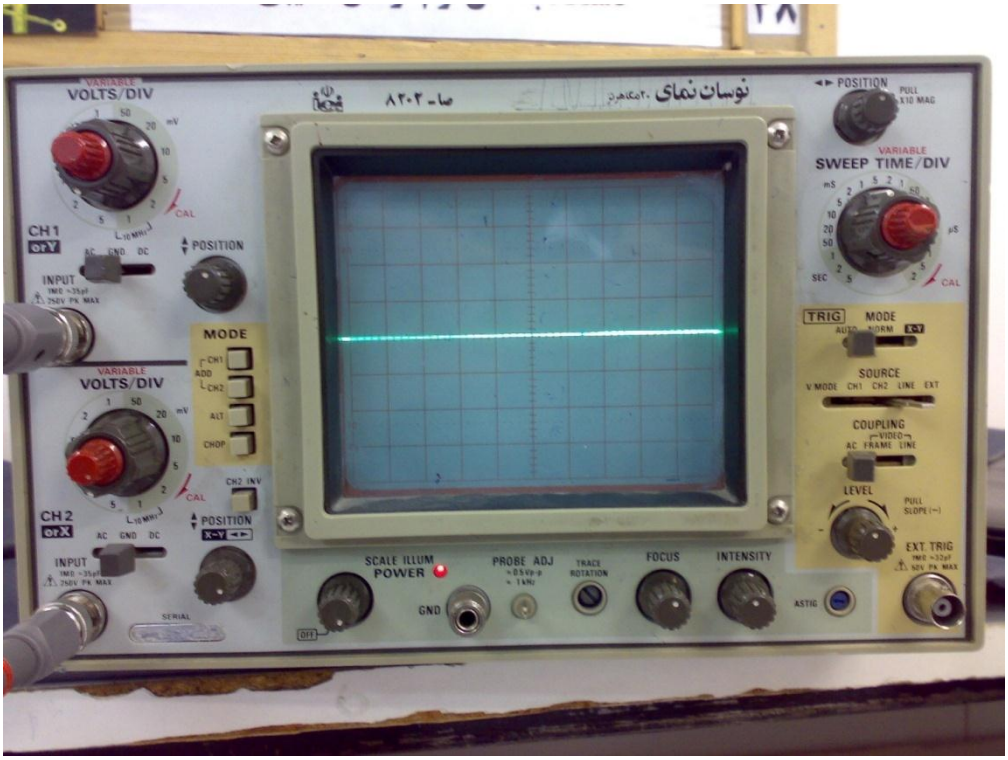


صفحه اسکوپ به صورت زیر درجه بندی شده است:



۲) قبل از اندازه گیری ولتاژ DC باید از کالیبره بودن دستگاه اطمینان پیدا کرد. (به گزارش کار جلسه ششم مراجعه کنید.)

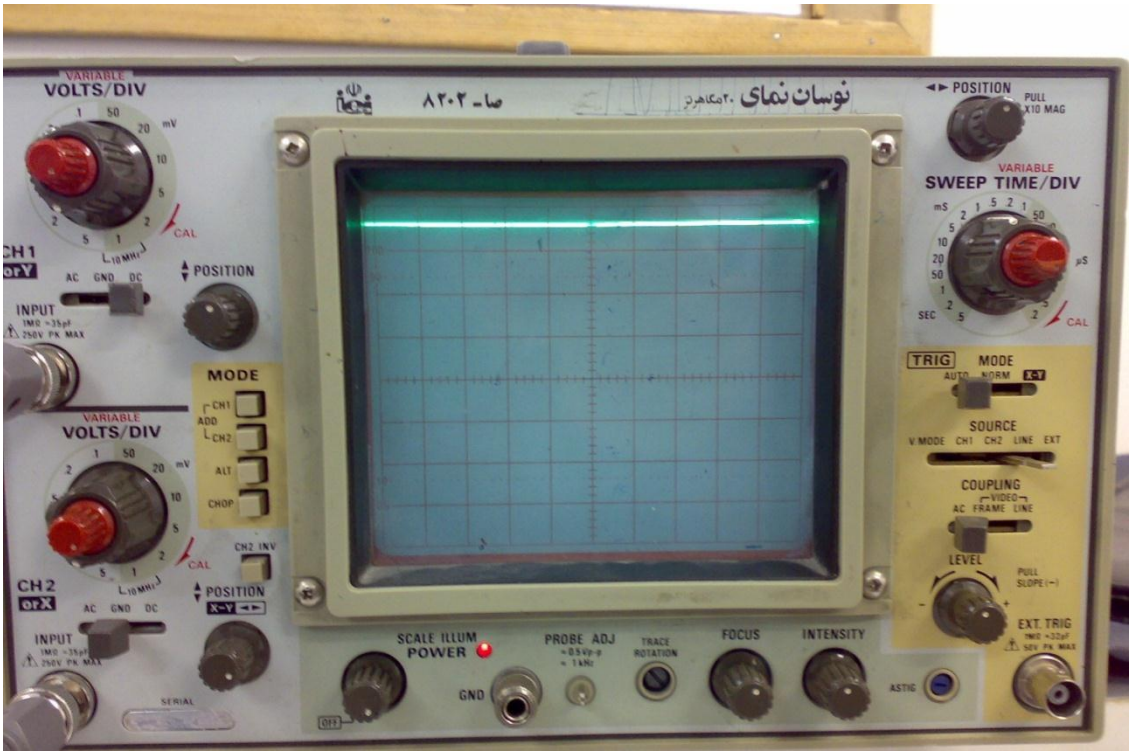
- ✓ شکل موج مشاهده شده هنگامی که کلید بر روی حالت GND تنظیم شده است:



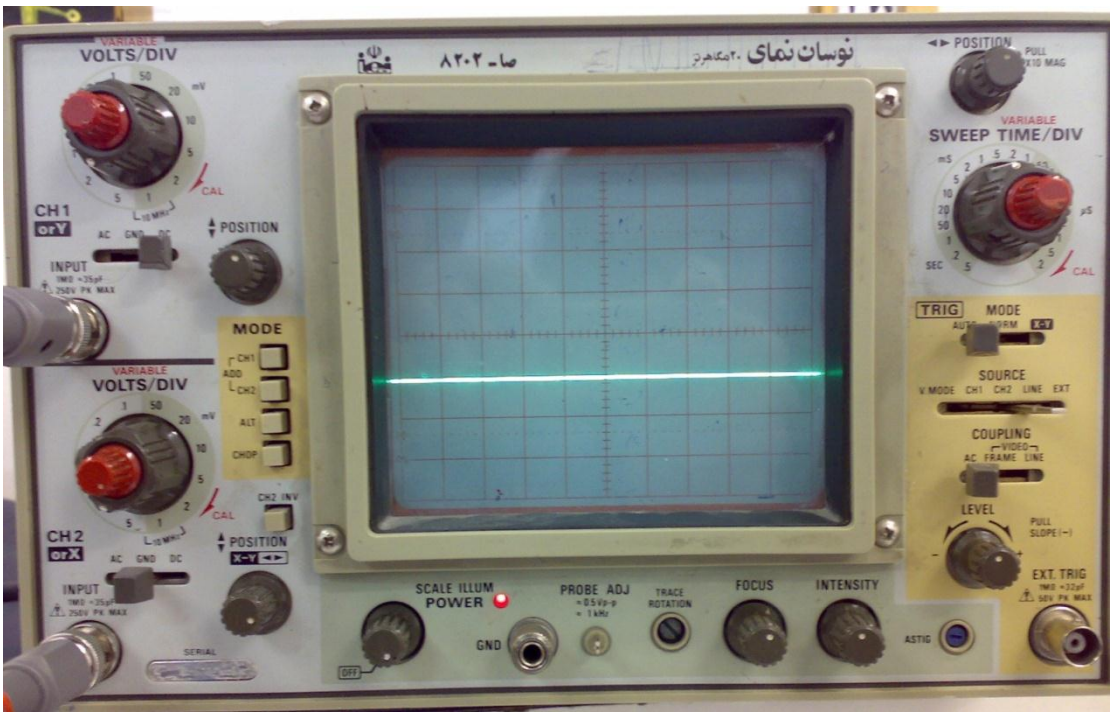
در این حالت با تغییر ولوم ها یا وردی شکل موج تغییری نمی کند.

- ✓ در حالت DC:

پراب به دو سر مقاومت ۳۹K وصل است.



۳) با توجه به شکل ولتاژ اندازه گیری شده برای مقاومت ۳۹K برابر است با ۱۸V=۵*۳.۶. نحوه محاسبه در جلسه قبل نیز آورده شده ولی به طور کلی مقدار ولتاژ واقعی عبارت است از حاصلضرب عدد ولوم Volts/DIV در فاصله ی عمودی از محور xها. (به شرطی که پراب روی حالت ۱X باشد. در صورتی که پراب روی حالت ۱۰X باشد عدد بدست آمده را باید در ۱۰ ضرب کرد. در واقع حالت ۱۰X در پراب باعث می شود شکل دامنه ی موج مشاهده شده ۱/۱۰ برابر شود مسلما استفاده از این کلید در مواقعی که شکل موج ولتاژ ورودی خیلی بزرگ باشد و نتوان آن را با تنظیم Volts/DIV بر روی حداکثر مقدار (در این دستگاه ۵ ولت است.) در صفحه دید سودمند خواهد بود.)
با تغییر ولوم Volts/DIV می توان شاهد تغییر شکل موج ولتاژ مشاهده شده بر روی اسکوپ بود.



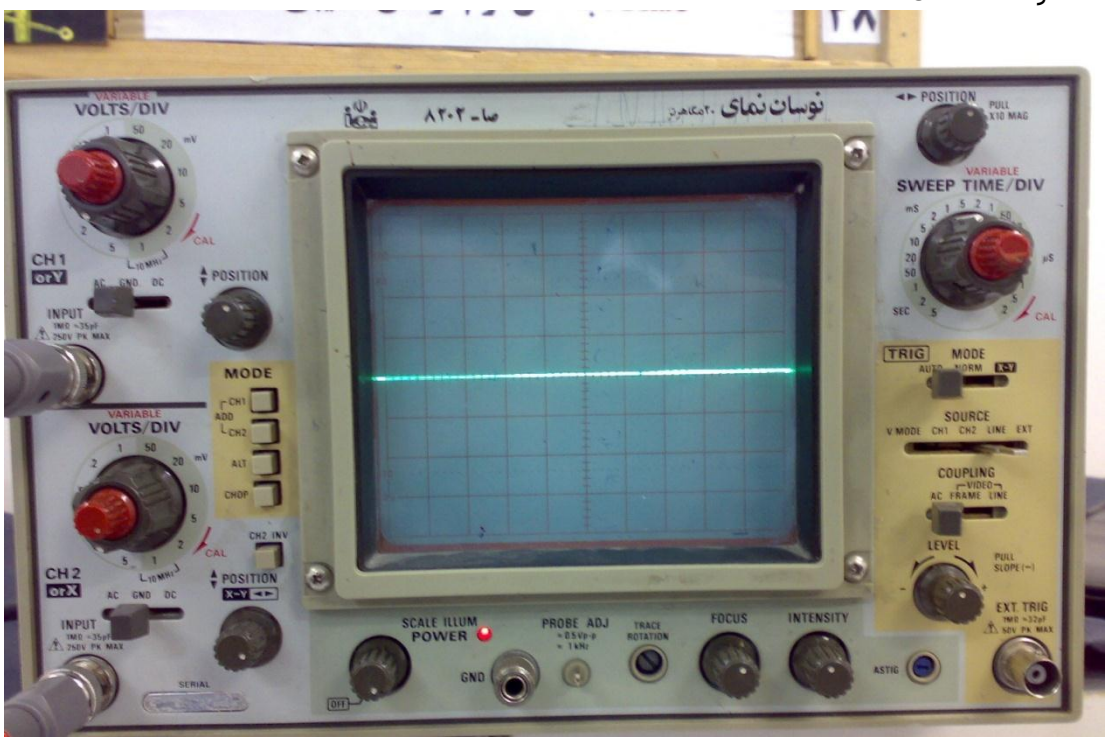
شکل بالا مربوط به حالتی است که پراب (از طریق کانال ۱) به دو سر مقاومت ۱۲ وصل است.

V=۱*٥=٥V

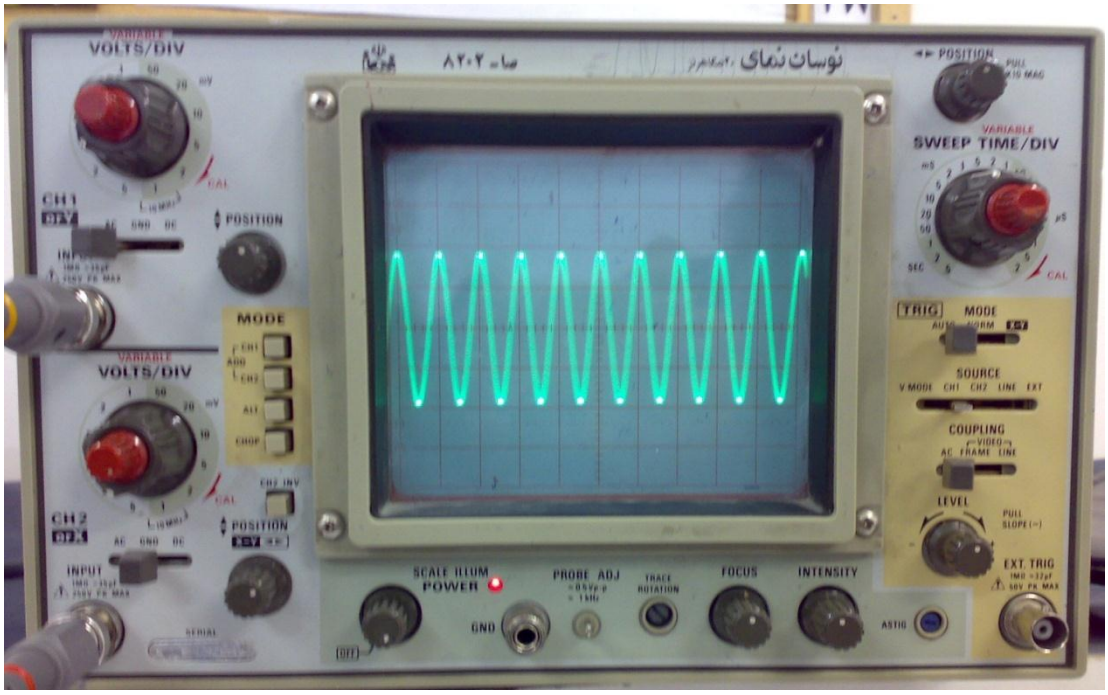
شکل موج های مشاهده شده در حالت ac تفاوتی نمی کند.

٤) می توان نتیجه گرفت که در حالت DC سیگنال ورودی به کانال مستقیما به سیستم انحراف الکترون ها اعمال شده و شکل مشاهده شده متناسب با ولتاژ ورودی است.
٥) ولتمتر دیجیتال نیز نتایج مشابهی می دهد.
٦) برای مدار ac نیز مشابه عملیات قبل انجام می شود. شکل موج های مشاهده شده به صورت زیر است:
شکل موج دو سر مقاومت ۳۹K (دقت کنید که کلید روی حالت ac است.):

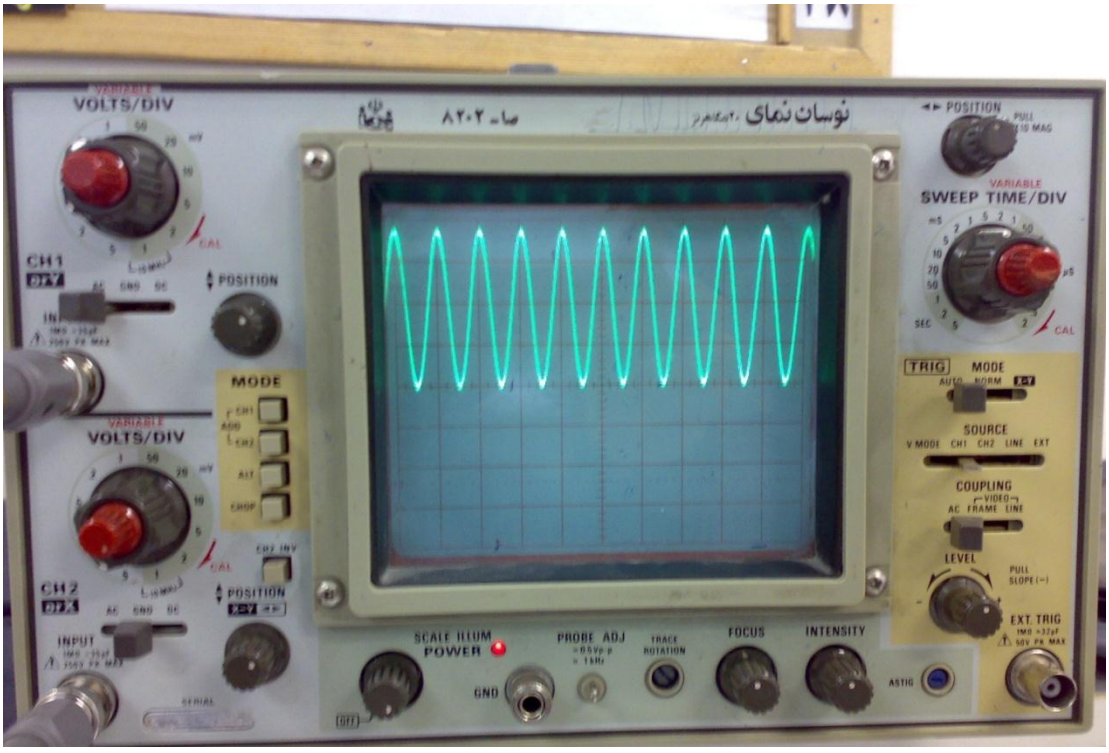
- ✓ در حالت GND:



- ✓ حالت ac:



برای خواندن بهتر شکل موج با استفاده از ولوم Position شکل موج را به میزان دلخواه می توان بالا یا پایین برد:

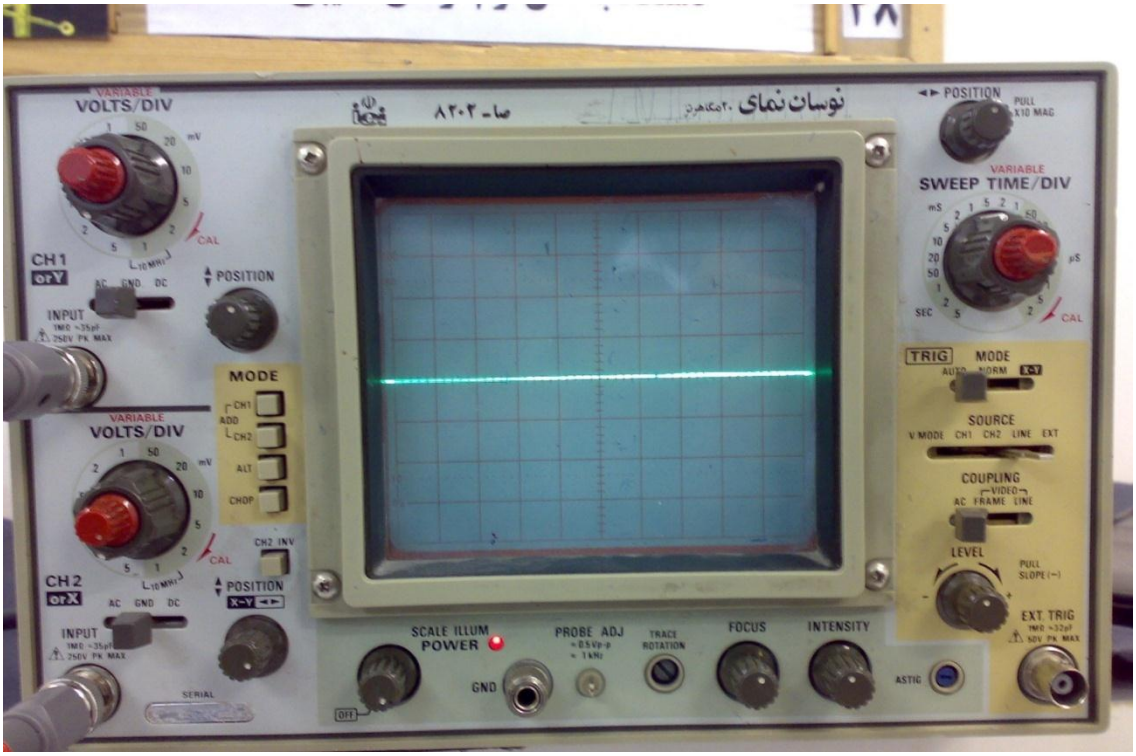


- ✓ شکل موج در حالت DC مشابه ac است. (مقدار DC ندارد.)

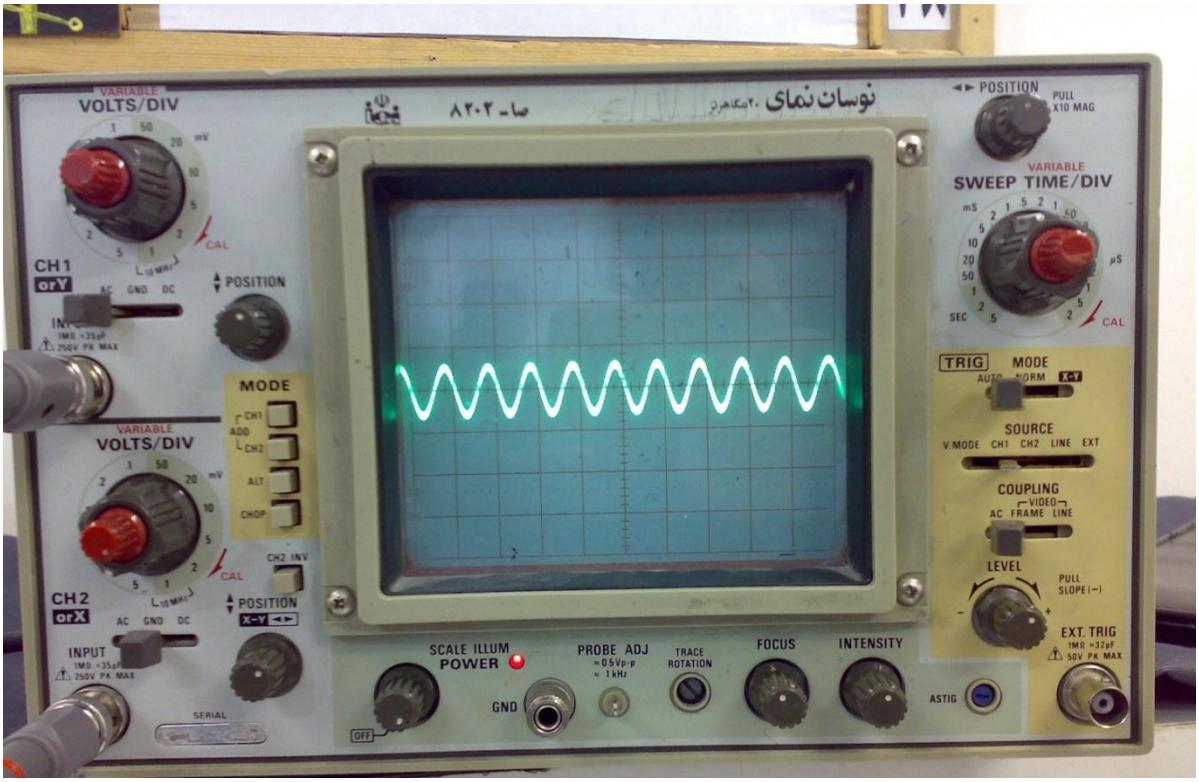
۷) تنظیمات ولوم Volts/DIV و پراب اثری مشابه حالت قبل دارد.

شکل موج ها برای مقاومت ۱۲K:

- ✓ GND:



✓ ac:



✓ شکل موج برای حالت های ac و DC در این مدار مشابه است.

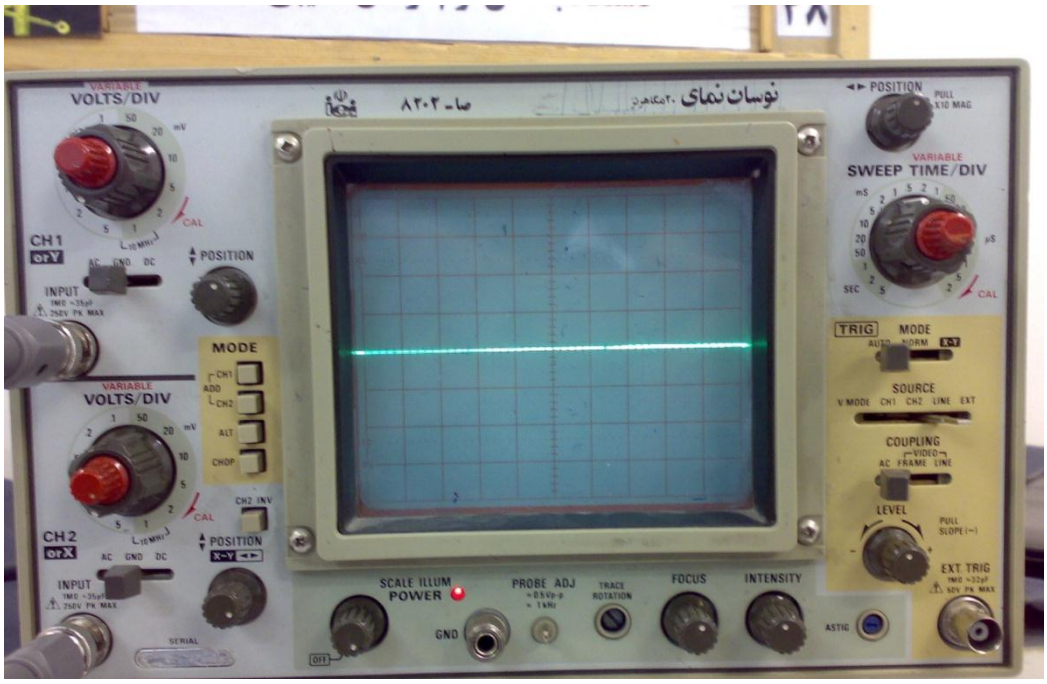
۸) همان طور که دیده می شود در حالت DC نیز می توان موج ac را اندازه گرفت و علت آن در نتیجه ی قسمت ٤ بیان شد.

۹) از حالت GND برای قطع ارتباط سیگنال ورودی با دستگاه، از حالت ac برای دیدن شکل موج ac و از حالت DC برای دیدن مجموع شکل موج های ac و DC به صورت همزمان استفاده می شود.

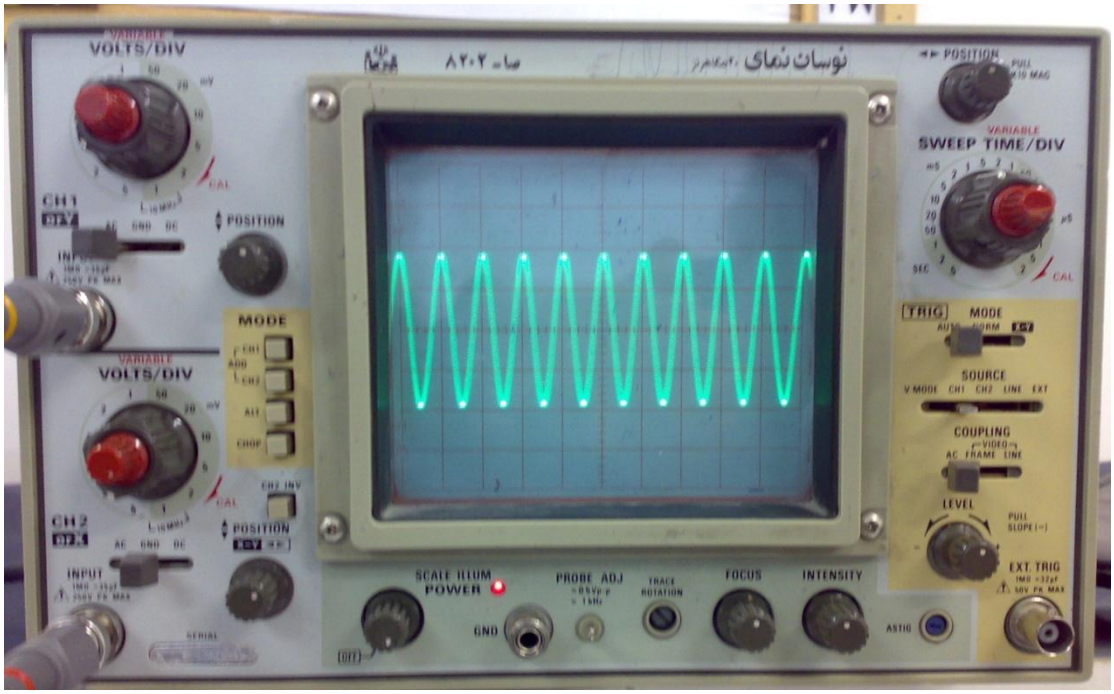
۱۰) شکل موج ها در مدار مرکب از منابع DC و ac به صورت زیرند:

ابتدا برای مقاومت ۳۹K:

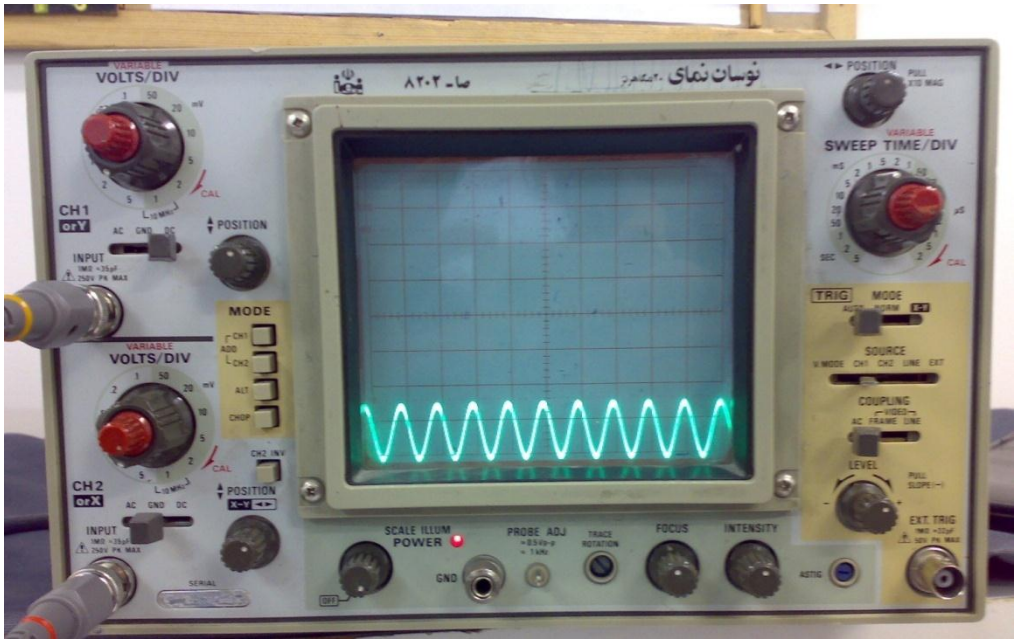
- ✓ حالت GND:



- ✓ حالت ac:

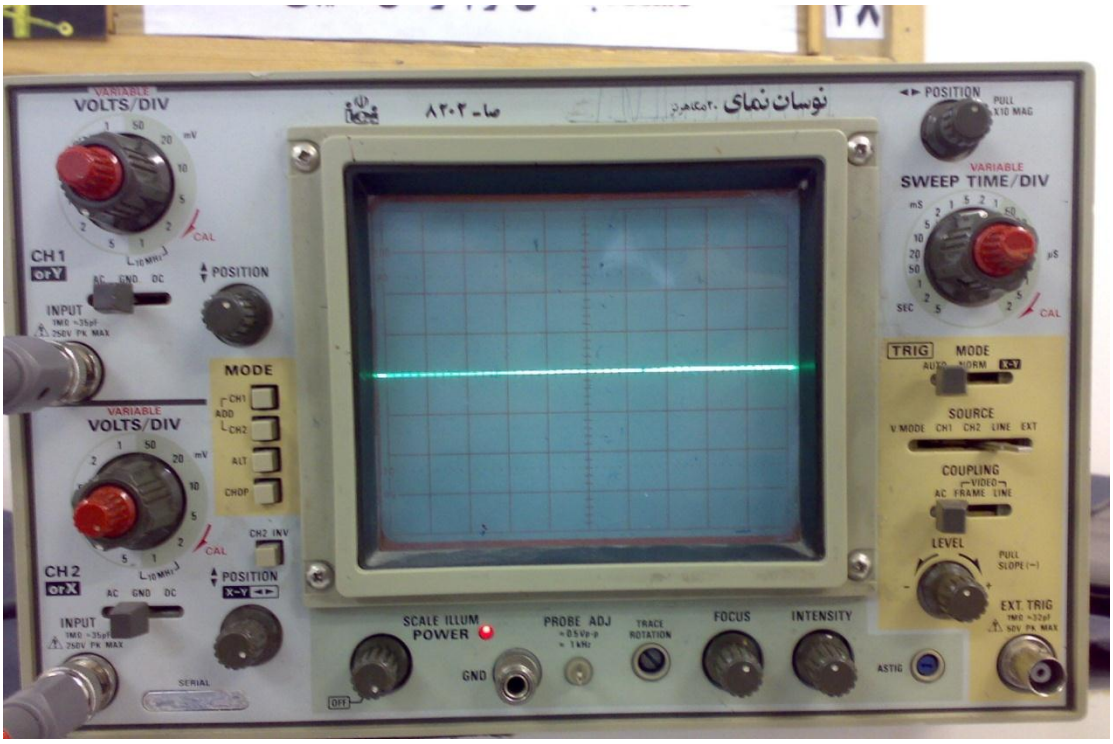


- ✓ حالت DC:

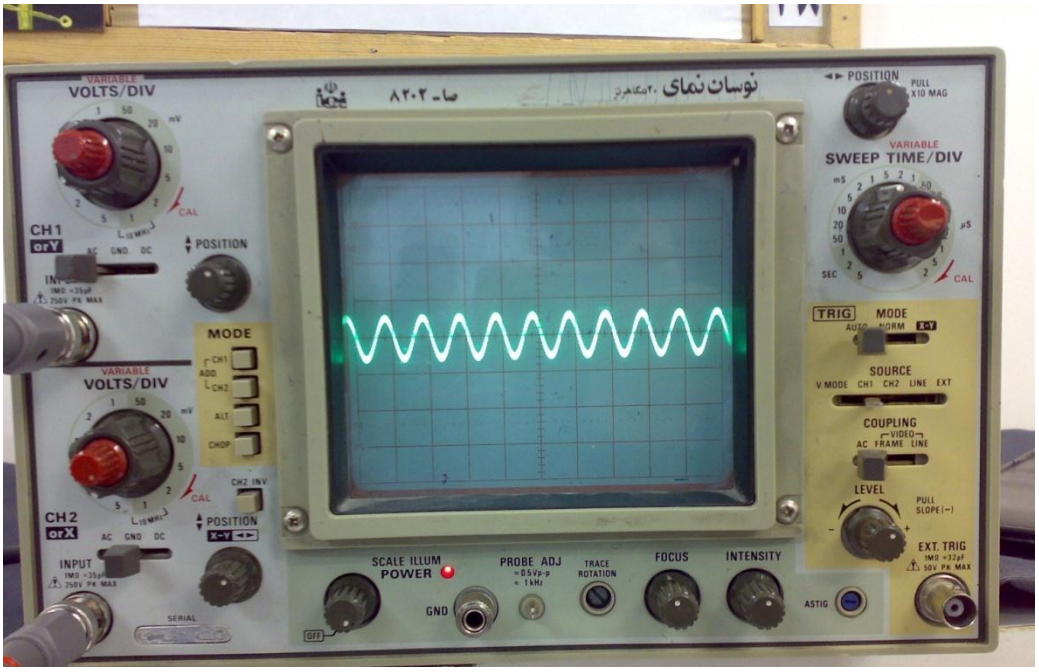


برای مقاومت ۱۲K:

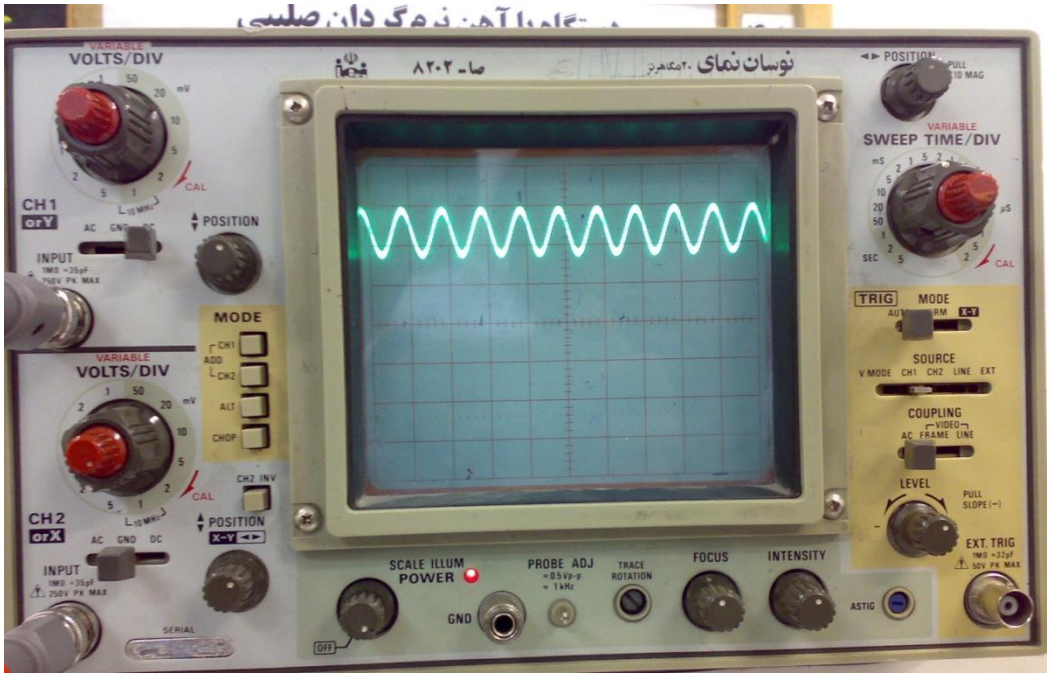
- ✓ حالت GND



- ✓ حالت ac

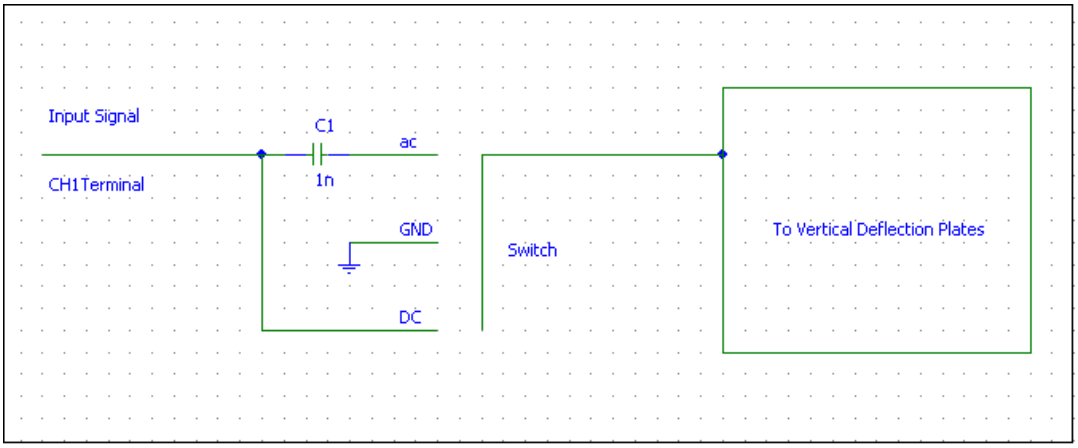


- ✓ حالت DC



۱۱) همان طور که مشخص است در حالت DC هر دو قسمت ac و DC موج نمایش داده می شوند اما در حالت ac تنها قسمت ac نمایش داده می شود.

۱۲) با توجه به اینکه اسکوپ در حالت ac فقط سیگنال ac را نشان می دهد و می توان مدار زیر را برای مدار داخلی کانال اسکوپ متصور شد:



در این شکل خازن به عنوان فیلتری برای سیگنال DC عمل می کند و در حالت ac کاربرد دارد.

۱۳) نکات زیر هنگام اندازه گیری می تواند مفید باشد:

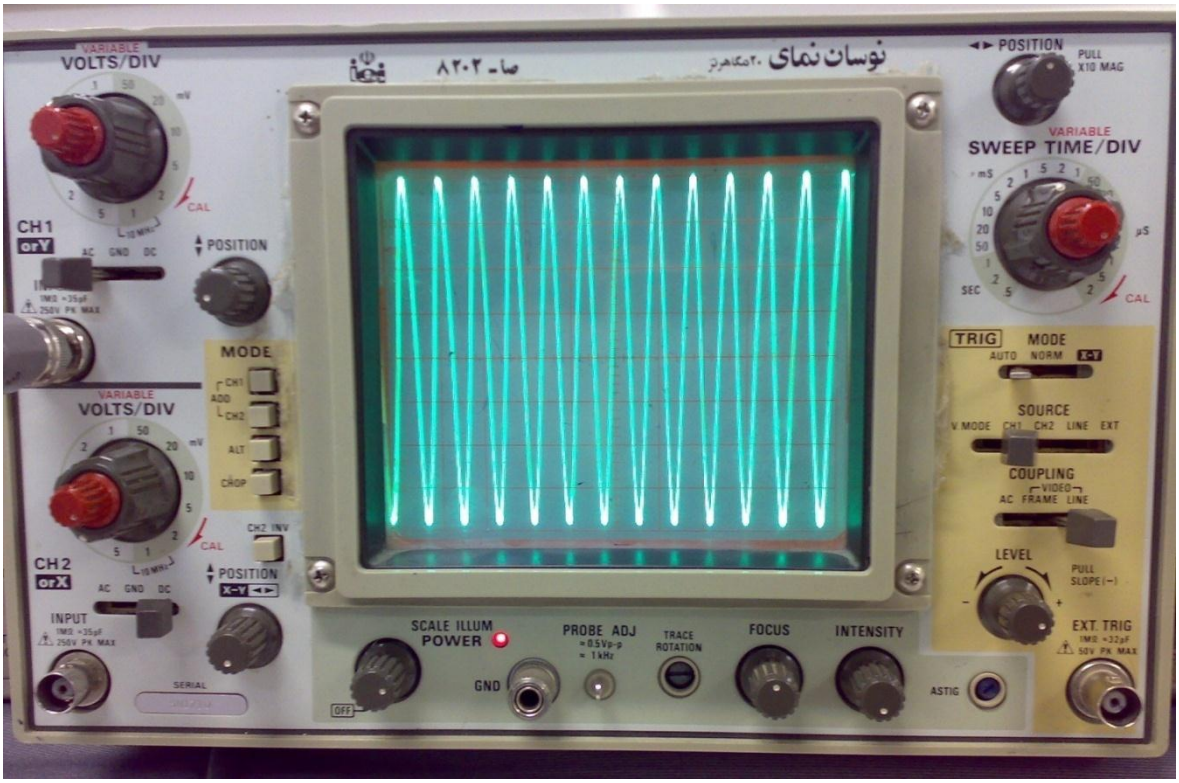
- کلید MODE بر روی حالت NORM باشد.
- هنگام کالیبره شدن ولوم های Volts/DIV تکان کوچکی قابل لمس است که می تواند در کالیبره کردن دستگاه کمک کند.
- لازم نیست زمین را حتما خط وسط روی صفحه در نظر گرفت بلکه می توان هر خطی را با توجه به اندازه ولتاژ ورودی زمین در نظر گرفت. این کار می تواند باعث افزایش دقت اندازه گیری شود.
- اگر دامنه سیگنال درست تنظیم نشود ممکن است ولتاژ بر روی صفحه دیده نشود.
- برای دقت بیشتر در اندازه گیری سیگنال مرکب ابتدا یک نقطه مشخص را روی سیگنال در حالت DC در نظر می گیریم و بعد سیگنال در حالت ac را با آن مقایسه کنید.

نتایج اندازه گیری ها در جدول زیر خلاصه شده است:

	ولتاژ R۱ (ac)	ولتاژ R۱ (DC)	ولتاژ R۲ (ac)	ولتاژ R۲ (DC)
مدار اول (DC)	۰	۱*۵=۵V	۰	۳.۶*۵=۱۸V
مدار دوم (ac)	۱.۱*۲=۲.۲Vp-p	۰	۳.۶*۲=۷.۲Vp-p	۰
مدار سوم (مرکب)	۱.۱*۲=۲.۲Vp-p	۲.۶*۲=۵.۲V	۱.۴*۵=۷V	۳.۴*۵=۱۷V

چگونه می توان با اسکوپ دقیق تر اندازه گیری کرد؟

یکی از مهمترین مواردی که دقت اندازه گیری را تعیین می کند تنظیم صحیح اسکوپ است به گونه ای که سیگنال تا حد ممکن بزرگ و واضح روی صفحه قرار گیرد. مثلا شکل زیر را در نظر بگیرید:



این شکل از سیگنال برای اندازه گیری دامنه ی آن مناسب است و دقت خوبی خواهد داشت. ولی برای اندازه گیری فرکانس مناسب نیست. برای دقت بیشتر باید سعی کنیم اسکوپ را به

گونه ای تنظیم کرد که تنها یک سیکل سیگنال به طور کامل بر روی صفحه تنظیم شود.

بررسی نحوه عملکرد کلید **MODE** یا وضعیت عملکرد:

حالت CH۱ و CH۲ را در گزارش جلسه قبل بررسی کردیم و نیز گفتیم حالت چاپ و آلت چه کاربردی دارند. در این آزمایش نیز مشاهده شد که در فرکانس های پایین استفاده از کلید چاپ وضوح بیشتری را دارد و بر عکس در فرکانس های بالا کلید آلت بهتر خواهد بود.

کلید **CH۲ INV** نیز بررسی شد و ملاحظه گردید این کلید به سیگنال کانال ۲، ۱۸۰ درجه اختلاف فاز می دهد. از طرفی برای یک سیگنال DC مقدار DC آن را نیز معکوس می گرداند.

نتایج کلی آزمایش:

در این آزمایش نحوه اندازه گیری ولتاژ ac و DC را در مدارهای مختلف بررسی کردیم و نحوه کار با کلید های MODE نیز بررسی شد.

به نام خدا

عنوان: اندازه گیری زمان تناوب

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ و پراب – مقاومت های ۱۰۰ و ۱۵K و ۱۰K – دو عدد فانکشن ژنراتور – منبع ولتاژ DC متغیر

شرح آزمایش:

در حالت عادی اسیلوسکوپ محور افقی بر حسب زمان مدرج شده است. ضرایب خانه های زمان را عدد سلکتور Time/DIV مشخص می کند. حداکثر زمان قابل دسترسی توسط حداکثر فرکانس کار اسیلوسکوپ مشخص می شود.

۲us حداقل زمان روی سلکتور اسکوپ است. در این حالت هر خانه افقی نشانگر ۰.۲us است. پس با توجه به اینکه هر خانه به ۵ قسمت تقسیم شده می توان گفت که حداکثر دقت ۰.۰٤us است.

در اسیلوسکوپ مورد آزمایش داریم:

$$f_{max} = ۲۰MHz$$

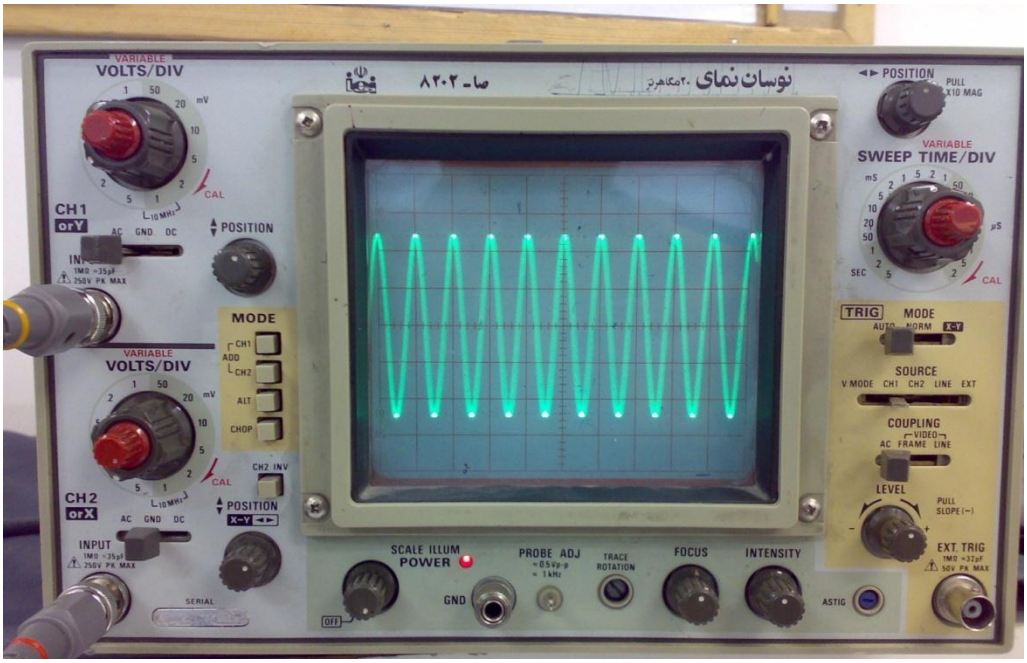
$$T = \frac{۱}{f} = \frac{۱}{۲۰MHz} = ۰.۰۵us$$

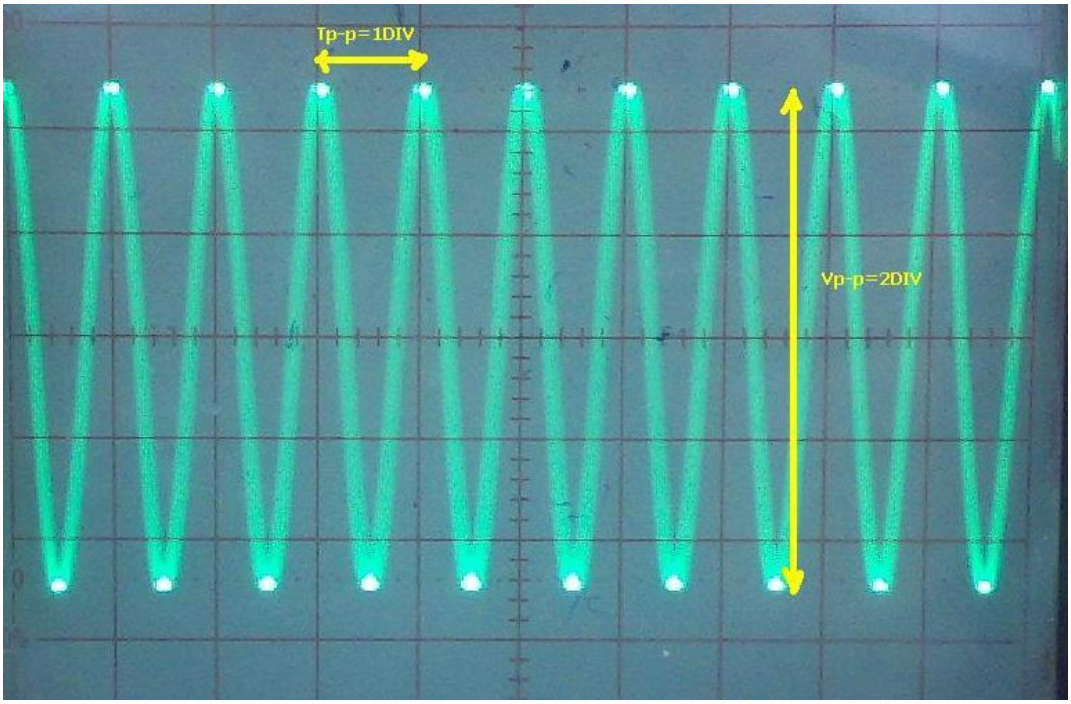
برای اندازه گیری فرکانس ابتدا T را بدست می آوریم و سپس با استفاده از رابطه زیر فرکانس را محاسبه می کنیم.

دوره تناوب برابر است با تعداد خانه های یک سیکل کامل ضربدر عدد سلکتور TIME/DIV.

$$f = \frac{۱}{T}$$

برای مثال به شکل زیر دقت کنید:





$$T = 1DIV * 1m\frac{SEC}{DIV} = 1m\ sec.$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1m} = 1KHz$$

(برای دقیق تر شدن اندازه گیری فرکانس باید شکل موج را با استفاده از سلکتور زمان (Time/DIV) روی محور زمان بازتر کنیم.)

چگونه شکل موج ثابتی را روی صفحه مشاهده کنیم؟

برای این کار از کلیدهای TRIG. (قسمت زرد رنگ روی اسکوپ) استفاده می شود. اولین کلید این قسمت کلید MODE است و برای آن سه حالت Auto, Norm, X-Y تعریف شده است.

در حالتی که سیگنالی به دستگاه وصل نیست و این کلید روی Auto است اسیلوسکوپ خط صفر را نشان می دهد ولی اگر روی Norm باشد اشعه خاموش می شود. در حالت X-Y دیگر محور افقی نشان دهنده ی زمان نخواهد بود بلکه در این حالت محور افقی متناسب با ورودی کانال X و محور عمودی متناسب با وروری کانال Y تغییر می کند. از این حالت برای رسم منحنی لیساژور استفاده می شود.

(با دادن سیگنال به کانال یک مشاهده می شود لیساژور در جهت Xها و با دادن سیگنال به کانال دو مشاهده می شود که لیساژور روی محور Yها پهن می شود.)

در این حالت چون محور زمان نداریم سیگنال ورودی به صورت یک خط دیده می شود.

کلید های گروه تریگر برای همزمان کردن (سنکرونیزاسیون) سیگنال استفاده می شوند. تریگر در لغت به معنای آتش کردن است و منظور این است که لحظه را که سیگنال قرار است از نو جاروب شود را به وسیله ی این کلید ها تعیین می کنند. برای درک بهتر موضوع باید گفت که با توجه به ساختمان اسیلوسکوپ می دانیم که حرکت سیگنال روی محور افقی ناشی از اعمال یک شکل موج متناوب به Deflection Plateهای افقی است.

کلیدهای گروه تریگر در واقع شکل موج را که باعث انحراف افقی سیگنال می شود را تعیین می کنند. (به این موج موج رمپ (Ramp) می گویند.)

برای مشاهده یک سیگنال ثابت لازم است که تمامی سیگنال های اعمالی به صفحه ی حساس در یک لحظه شروع شوند و چون شکل موج متناوبا ادامه می یابد باید می بایستی دو سیگنال هم فرکانس باشند. حال اگر دو سیگنال اعمالی و رمپ با هم هم فرکانس نباشند در هر سیکل نقطه شروع رسم موج تفاوت خواهد کرد و به نظر خواهد رسید که موج روی صفحه در حال حرکت است.

نکته:

- اگر فرکانس موج اعمالی کمی بیشتر از فرکانس موج Ramp باشد سیگنال روی صفحه حساس به سمت چپ منحرف می گردد.
- اگر فرکانس موج اعمالی کمی کمتر از فرکانس موج Ramp باشد سیگنال روی صفحه حساس به سمت راست منحرف می گردد.

برای ایجاد سنکرونازیسیون لازم است که بتوان فرکانس موج Ramp را تعیین کرد. به این منظور از کلید سه وضعیته ی **MODE** در تنظیمات تریگر استفاده می شود. در حالت **Auto** پایه ی زمانی با استفاده از سیگنال راه انداز صورت می گیرد و اسکپ به طور خودکار راه اندازی می گردد. در حالت **Norm** راه اندازی به صورت خودکار نیست و باید سیگنال راه انداز مناسب برای آن انتخاب گردد. موج راه انداز در این وضعیت از قسمت Source انتخاب می گردد. حالت **X-Y** برای مشاهده منحنی لیساژور است.

ولوم **Level** برای تغییرات کوچک فرکانس سیگنال راه انداز می شود و از آن می توان برای ثابت کردن شکل موج استفاده کرد.

حالت (-)slope در این کلید با کشیدن آن به سمت بیرون فعال می شود و باعث معکوس شدن شکل موج ها می گردد. (شیب خطوط معکوس می گردد.)

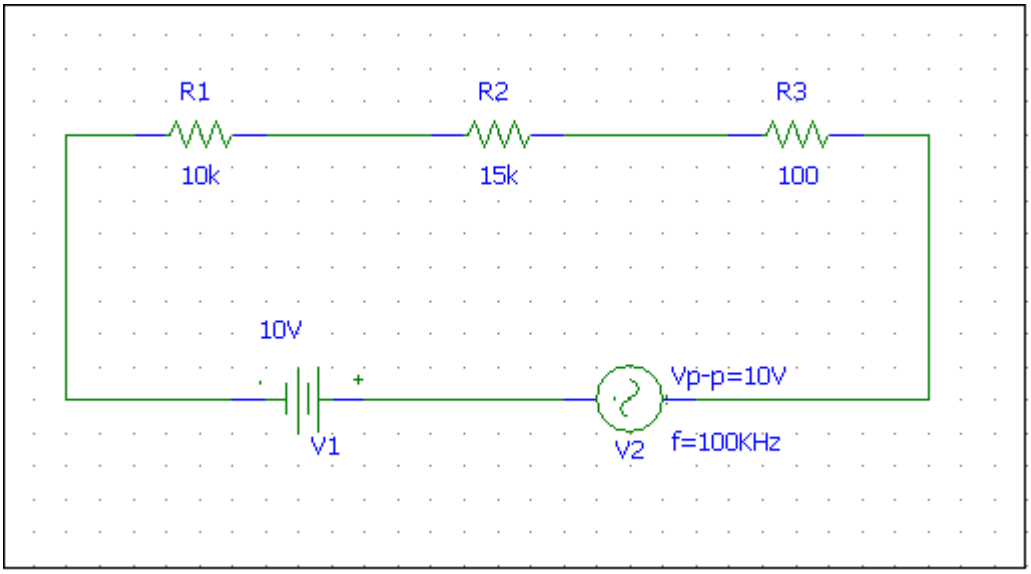
کلید پنج وضعیته ی **Source**:

۱. V-MODE: در این حالت انتخاب موج راه انداز به قسمت MODE بستگی خواهد داشت.
۲. CH۱: موج کانال یک به عنوان راه انداز استفاده می شود.
۳. CH۲: موج کانال دو به عنوان راه انداز استفاده می شود.
٤. LINE: راه اندازی به وسیله ی فرکانس خط (۵۰Hz در ایران) صورت می گیرد.
٥. EXT: در این وضعیت می توان موج راه انداز را خودمان به سیستم اعمال کنیم. (با فرکانس دلخواه) توسط رابط BNC می توان سیگنال همزمانی دلخواه را از طریق این رابط به دستگاه اعمال کرد. (EXT. TRIG)

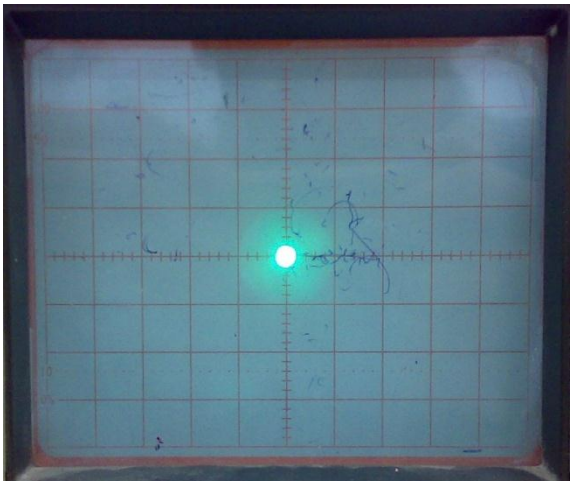
بنابراین برای مشاهده ی یک سیگنال ثابت، منبع همزمانی باید صحیح انتخاب شود. برای اطمینان از این موضوع بهتر است موقع مشاهده شکل موج مربوط به هر کانال از سیگنال همان کانال به عنوان موج Ramp استفاده شود.

مراحل کار:

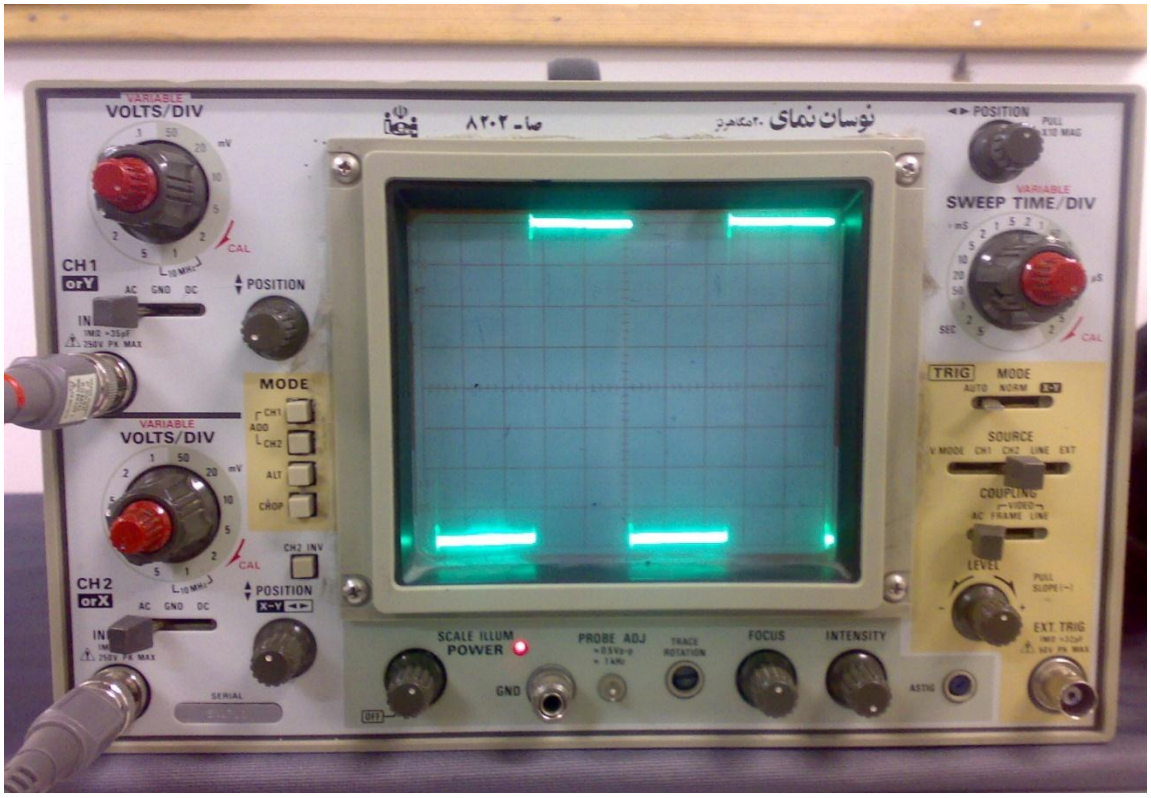
a. اسکوپ را تنظیم و کالیبره کنید. نحوه کالیبره کردن را در مودهای Auto, Norm و X-Y بررسی کنید.
b. با اعمال شکل موج های مختلف (سینوسی و مربعی) در فرکانس ها و دامنه های مختلف در CH۱ و CH۲ در هر کدام از حالت های نرم – اتو – X-Y، شکل موج مشاهده شده را ترسیم و مقادیر کمیت های مختلف آنها را اندازه گیری کنید.
c. با اعمال دو شکل موج از دو سیگنال ژنراتور سعی کنید شکل هر دو موج را همزمان مشاهده کنید. چگونه می توان در این وضعیت شکل ها را با هم مقایسه کرد؟
d. تمام شکل موج ها، ولتاژها و جریان های ac و DC و مرکب مدار زیر را به کمک اسکوپ مشاهده و اندازه گیری و ثبت کنید.
e. آیا مقادیری که به کمک اسکوپ اندازه گیری می شود متفاوت است؟



a) نحوه کالیبراسیون صحیح اسکوپ در آزمایش اول بررسی شد مثل اینکه برای کالیبره کردن ولوم های Volts/DIV و Time/DIV از ولوم های قرمز روی آنها استفاده می شود و ...
برای تنظیم اسکوپ در حالت نرم باید از یک سیگنال صفر استفاده شود. چون تنظیم در این حالت نیاز به انتخاب یک موج راه انداز است بهتر است از حالت Auto استفاده کنیم. در حالت X-Y شکل دیده شده باید به صورت یک نقطه کوچک در مرکز صفحه در آید. این کار به وسیله ولوم Position مربوط به کانال های یک و دو صورت می گیرد. در حالت X-Y ولوم Time/DIV بی اثر است.

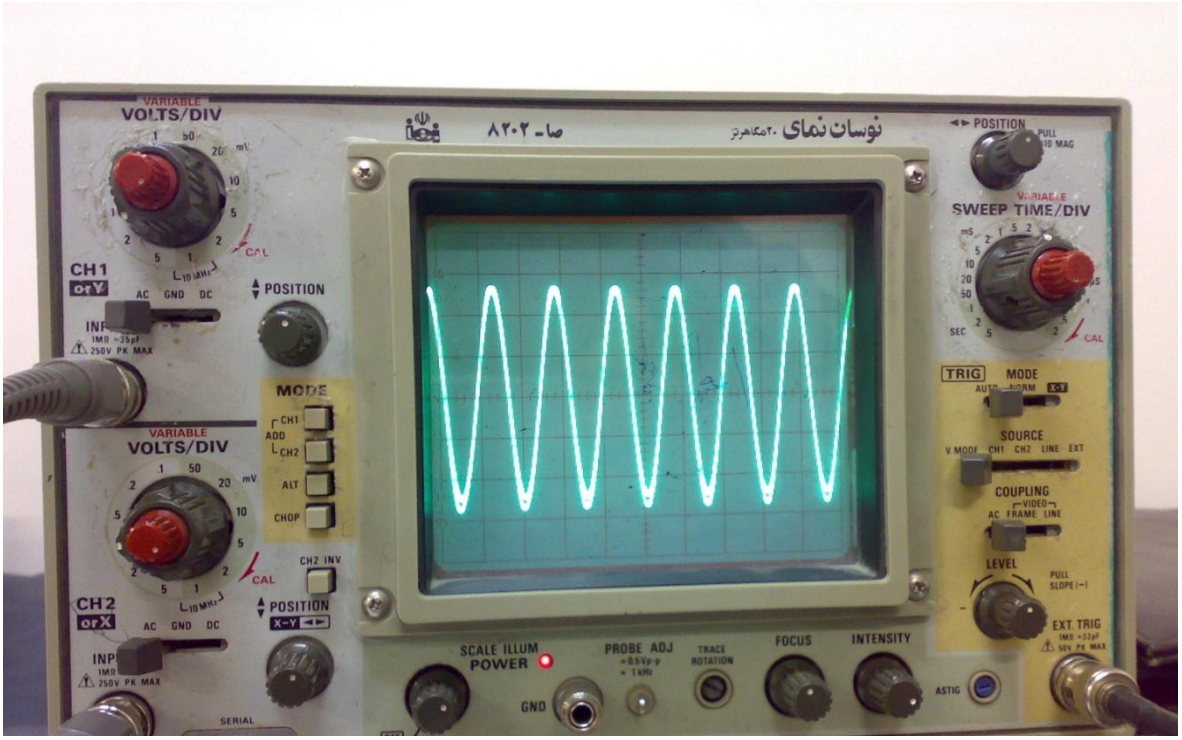


b) شکل موج مربعی:



$$T = ۲.٤ * ٥m = ۱۲\text{m sec}$$

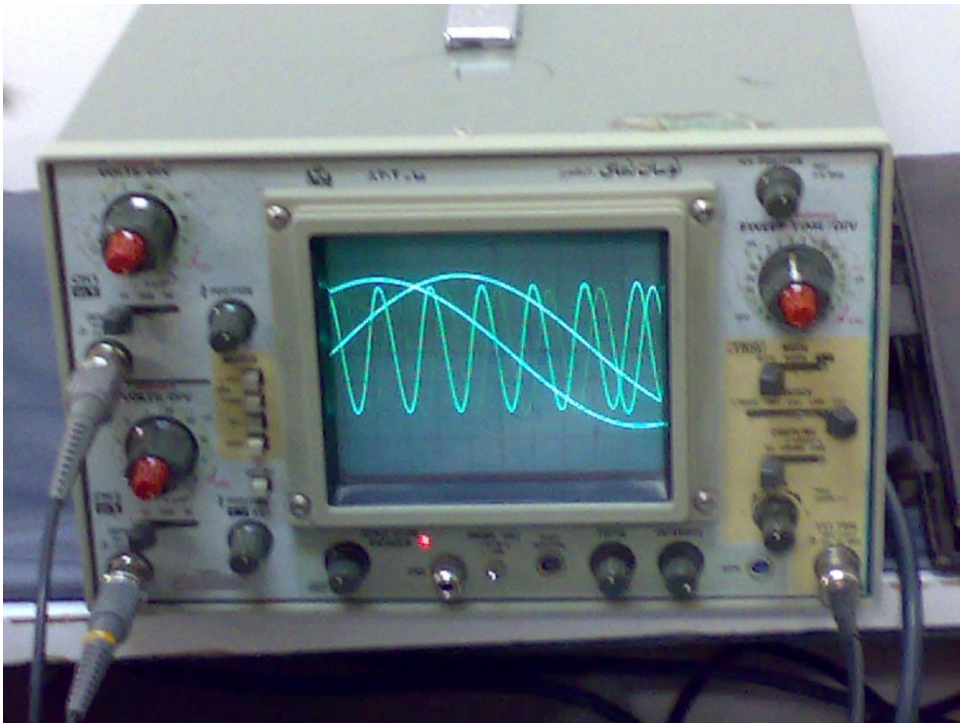
$$Vp - p = ۷.۸ * ۲ = ۱٥.٦V$$

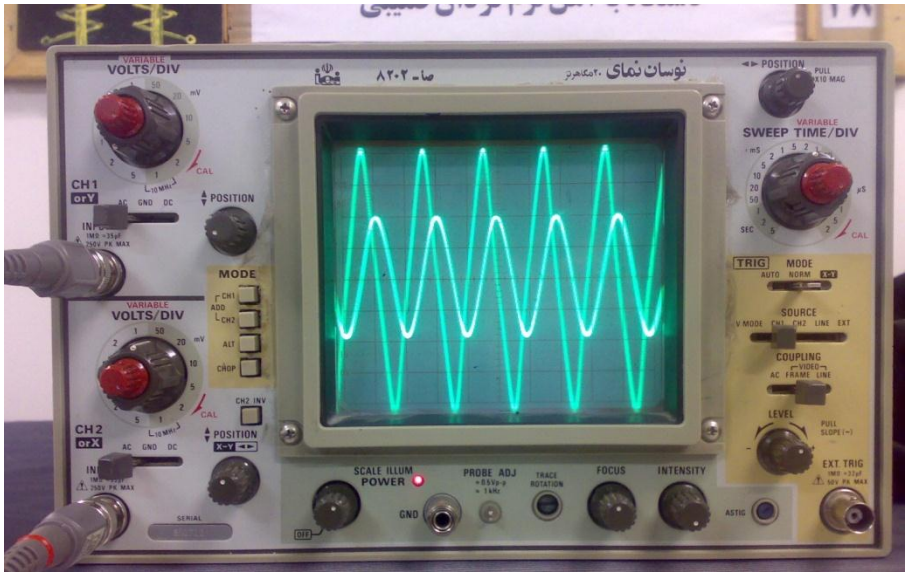


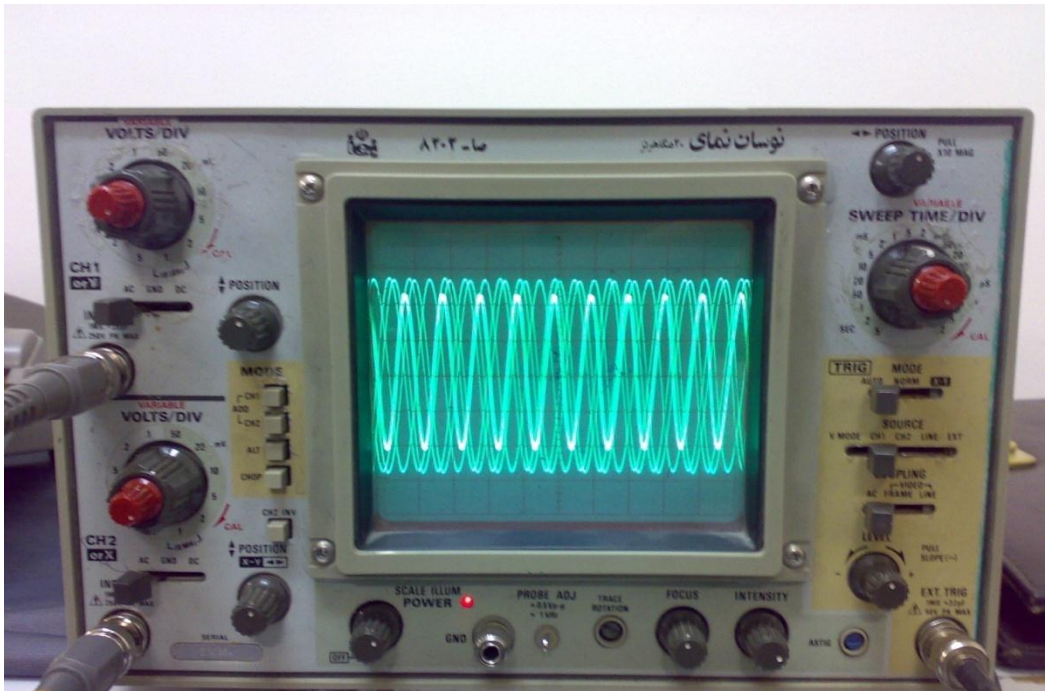
$$V = ۲ * ٥.٤ = ۱۰.۸V$$

$$T = ۱.٦ * ۲m = ۳.۲m\ Sec.$$

c) شکل موج های اعمالی را تنها در صورتی می توان به صورت همزمان و ثابت مشاهده کرد که Trigger روی Norm--V-MODE تنظیم شده باشد.




VARIABLE
VOLTS/DIV
CH1
orY
POSITION
MODE
CH1
ADD
CH2
ALT
CHOP
CH2 INV
CH2
orX
X-Y
SCALE ILLUM
POWER
GND
PROBE ADJ
TRACE
ROTATION
FOCUS
INTENSITY
ASTIG
POSITION
VARIABLE
SWEEP TIME/DIV
TRIG
MODE
AUTO
NORM
SOURCE
COUPLING
LEVEL
EXT TRIG
CAL



مشاهده شد که تنها در صورتی شکل موج ثابت می شود که تریگر به درستی انتخاب شود. در این حال می توان با استفاده از ولوم لول نیز برای ثابت کردن موج کمک گرفت.

d) نتایج حاصل از اندازه گیری به صورت زیر بود: (مقادیر جریان را نمی توان توسط اسکوپ مستقیما اندازه گیری کرد بلکه از همان ولتاژ دو سر آن بخش بر مقدار مقاومت استفاده میشود.)

	R۱	R۲	R۳
مولتی متر دیجیتال (DC)	۳.۸۸V	۵.۹۰۳V	۰.۰۴۴V
مولتی متر دیجیتال (ac)	۱.۰۴۵V	۴.۰۵۰۷V	۰.۰۲۰۵V
اسکوپ (ac)	۲V	۶V	۴۰mV
اسکوپ (DC)	۳V	۶.۴V	۳۰mV

مشاهده می شود که مقدار ac اندازه گیری شده توسط اسکوپ با مولتی متر متفاوت است. علت آن این است که اسکوپ مقادیر p-p را اندازه می گیرد ولی مولتی متر دیجیتال مقدار rms را.

نتیجه کلی آزمایش:

در این آزمایش نحوه ی اندازه گیری فرکانس و نیز تنظیمات تریگر را به طور کامل فرا گرفتیم.

به نام خدا

عنوان: ادامه همزمانی و تریگر

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ و پراب – مقاومت های ۱۰۰ و ۱۵K و ۱۰K – دو عدد فانکشن ژنراتور – منبع ولتاژ DC متغیر

شرح آزمایش:

یادآوری:

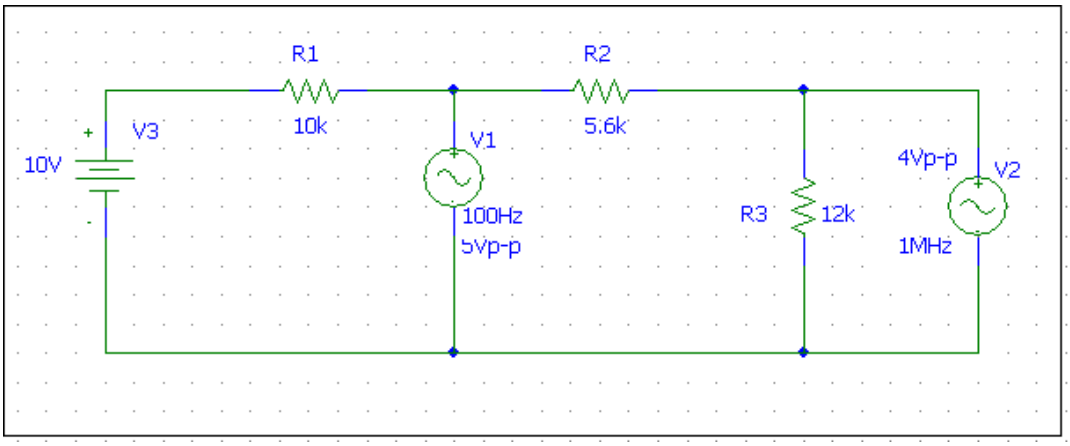
کلیدهای کوپلینگ(**coupling**) سه حالت، AC و FRAME و LINE دارد که در دو حالت اخیر برای کارهای ویدئویی و تلویزیون انتخاب می شود و در آن سطح LEVEL اثر ندارد و از یک سطح ولتاژ مشخص از موج دستگاه خود به خود نزدیک می کند. حالتACوقتی است که برای فرکانس های خیلی بالا استفاده می شود.

- در حالت **AC** سیگنال راه اندازی از طریق شارژ و دشارژ خازنی به مدار وصل می گردد.
- وضعیت **FRAME**: مربوط به مدار های و تصویر های تلوزیونی است و در آن پالسهای همزمان کننده عمودی از میان سیگنال های مرکب ویدئویی جهت استفاده در مدار راه انداز انتخاب می گردد.
- **LINE**: پالسهای هم زمان کننده از میان سیگنالهای مرکب ویدئویی جهت استفاده در مدار راه انداز انتخاب می گردد.

EXT. Trig: در این حالت موج دندانه اره ای داخلی قطع شده و می توان از خارج توسط ورودی EXT به صفحات افقی موج دلخواه وصل کرد. مقاومت ورودی آن ۱Mohm بوده و حداکثر ولتاژ قابل تحمل آن ۵۰V می باشد.

سطح تریگر که با **LEVEL** مشخص می شود. توسط این کلید چرخان می توان زمان شروع تریگر را طوری تنظیم کرد که مطابق باشد با زمان یک دامنه مشخص از سیگنال ورودی، دامنه سیگنال مورد نظر میتواند منفی؛مثبت یا صفر باشد. (در اسکوپ شکل قبل موجود نیست.) به طور ساده تر می توان گفت که اگر موج نمایش داده شده حرکت نامنظمی داشته باشد با تغییر این ولوم می توان تصویر بدون حرکتی را در صفحه ایجاد کرد.

در این قسمت می خواهیم نحوه عملکرد کلید های Coupling، Ext. Trigger و LEVEL را که قبلا توضیح دادیم بررسی کنیم. مدار زیر را در نظر بگیرید:



۱- کلید Coupling را در وضعیت های مختلف AC، Frame و Line قرار داده و جدول زیر را تکمیل کنید و نتایج را مقایسه کنید. تفاوت حالت های مختلف کوپلینگ چیست؟

Coupling	Ac/DC	VR۱	VR۲	VR۳
AC	DC			
AC	ac			
Frame	DC			
Frame	ac			
Line	DC			
Line	ac			

۲- با تغییر ولوم Level به سمت + و – تغییرات صفحه ی نمایش را در حالت های مختلف Volts/DIV و Time/DIV مشاهده و اثر آن را روی حرکت و ثبات شکل موج بنویسید.

۳- با اتصال ورودی Ext. Trig به V۱ و V۲ به ترتیب اثر آن را روی نحوه ی نمایش شکل موج های فرکانس بالا و فرکانس پایین مشخص کنید.

- در هر حالت کدام موج ثابت و کدام موج متحرک می شود.
- چنانچه بخواهیم اسکوپ را با سیگنال V۱ همزمان کنیم چه باید کرد؟

٤- شکل موج های مدار را به حالت مربعی برده و مجددا شکل موج ها را ترسیم کنید.

٥- V۱ و V۲ را به Zaxis (پشت اسیلوسکوپ) متصل کرده و شکل موج ها را مشاهده و به طور جداگانه ترسیم کنید. محور Z چه عملی انجام می دهد و چه موقع به کار می رود؟

نتایج بدست آمده:

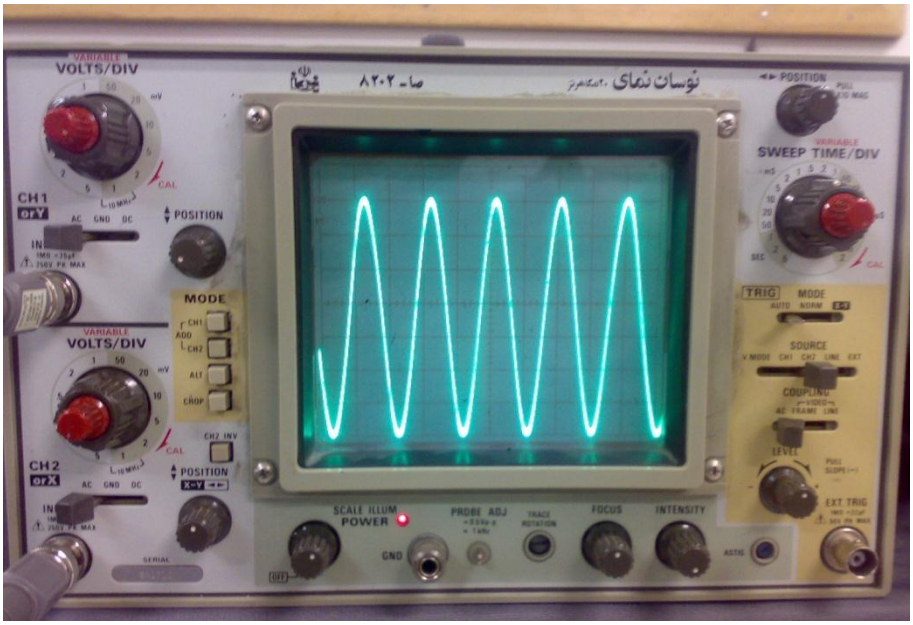
۱.

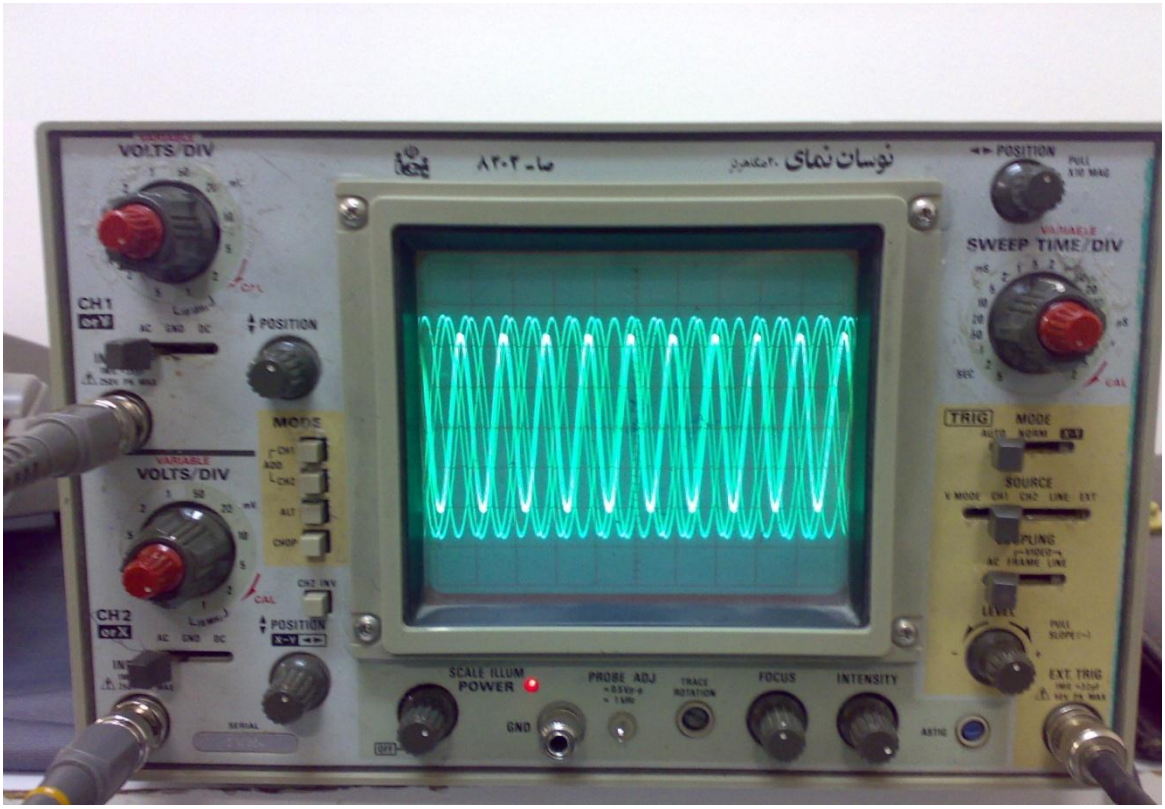
Coupling	Ac/DC	VR۱	VR۲	VR۳
AC	DC	۱.۲*۰.٥=۰.٦V	-۰.۸*۰.۲	۱.٤*۱
AC	ac	۲*۰.٥	٥.٦*۰.۲	٤*۱
Frame	DC	۱.۲*۰.٥	مشابه	مشابه
Frame	ac	۲*۰.٥	مشابه	مشابه
Line	DC	مشابه	مشابه	مشابه
Line	ac	مشابه	مشابه	مشابه

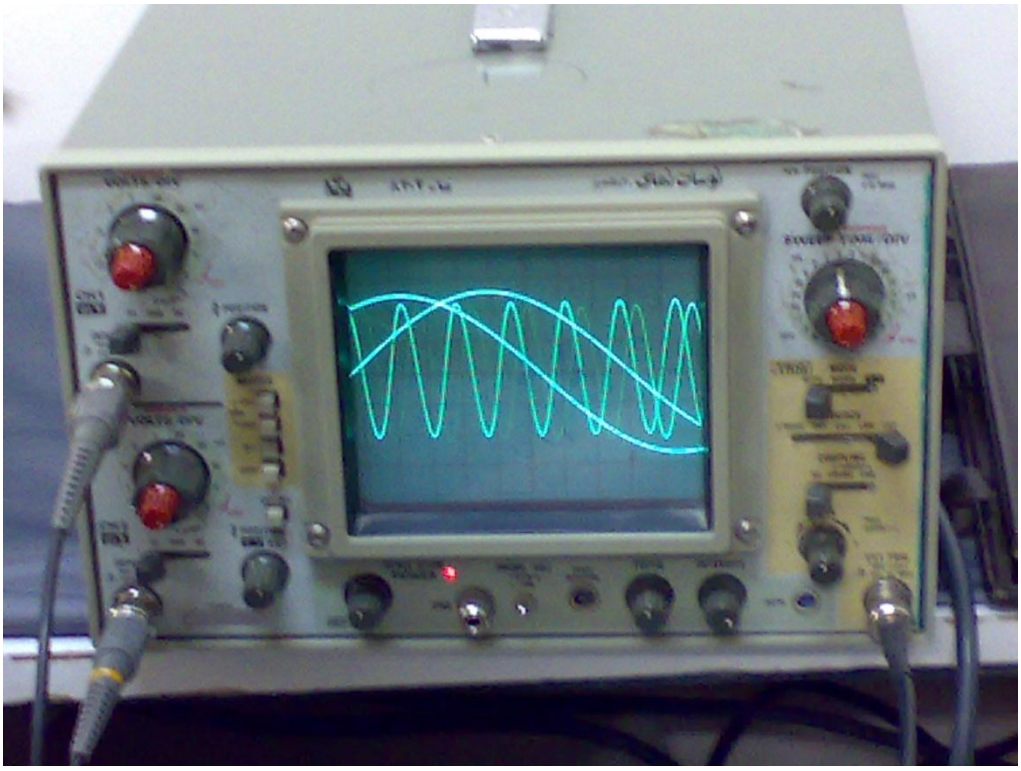
۲. روی حالت های Line و Frame چرخاندن ولوم Level تاثیری ندارد ولی روی حالت ac موج جابجا می شود.

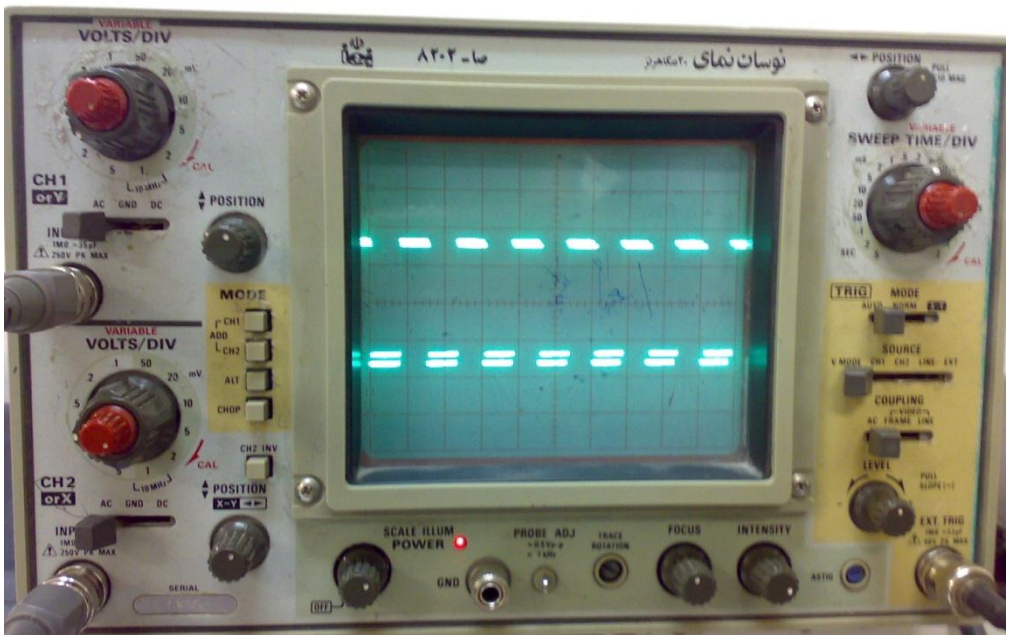
۳. با اتصال ورودی Ext. Trig به V۱ شکل موج های ناشی از این منبع بر روی صفحه ی نمایش ثابت می شود ولی شکل موج های ناشی از V۲ را نمی توان ثابت کرد و بالعکس. برای همزمان کردن اسکوپ با V۱ باید Ext. Trig را به این منبع وصل کرد.

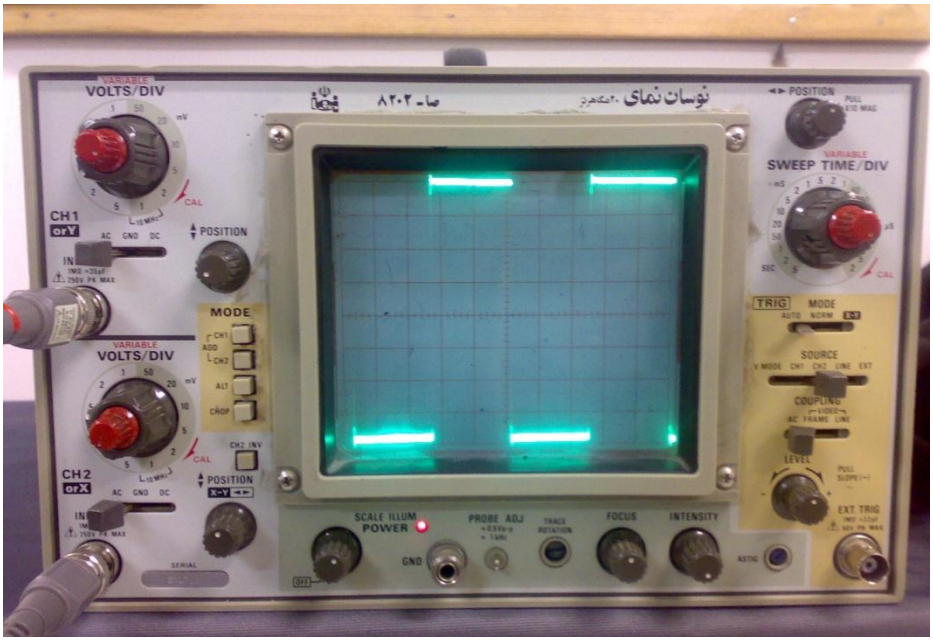
٤. بعضی از شکل موج های بدست آمده در شکل هایی زیر آمده است:

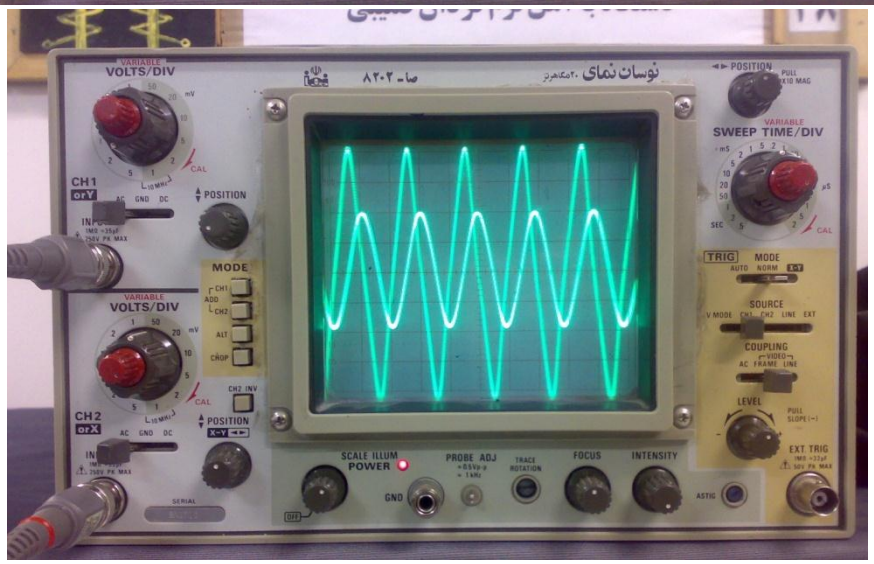

VOLTS/DIV
صا - ۸۲۰۲
نوسان نمای
POSITION
SWEEP TIME/DIV
CH1
CH2
MODE
TRIG
SOURCE
COUPLING
LEVEL
EXT TRIG
SCALE ILLUM
POWER
PROBE ADJ
FOCUS
INTENSITY
GND

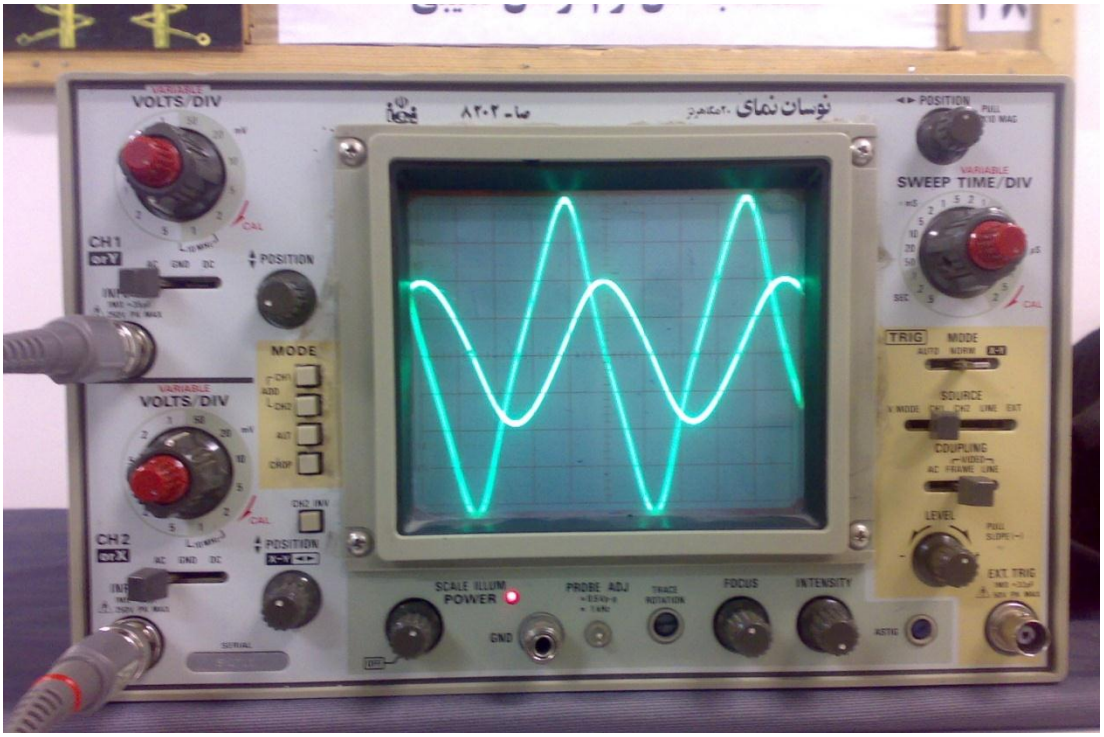

VOLTS/DIV
صا - ۸۲۰۲
نوسان نمای
POSITION
SWEEP TIME/DIV
CH1
CH2
MODE
TRIG
SOURCE
COUPLING
LEVEL
EXT TRIG
SCALE ILLUM
POWER
PROBE ADJ
FOCUS
INTENSITY
GND

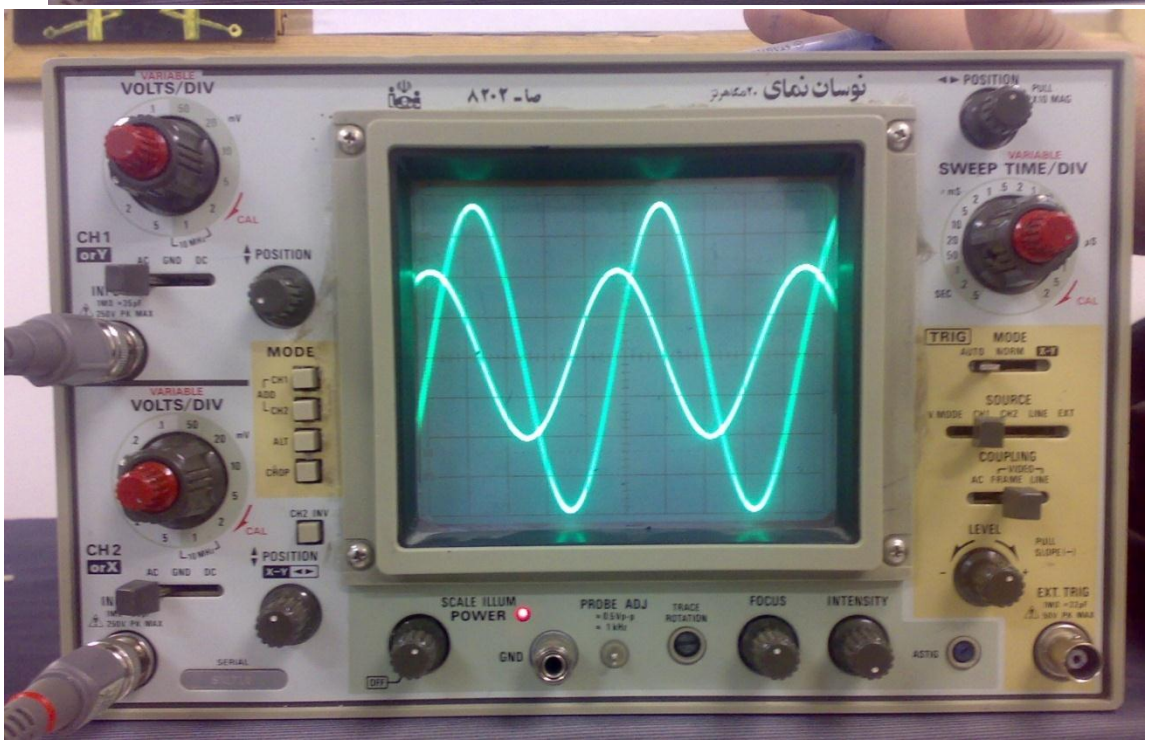



VARIABLE
VOLTS/DIV
CH1
AC GND DC
POSITION
MODE
CH1
ADD
CH2
ALT
CHOP
CH2 INV
VARIABLE
VOLTS/DIV
CH2
AC GND DC
POSITION
SCALE ILLUM
POWER
GND
PROBE ADJ
TRACE ROTATION
FOCUS
INTENSITY
POSITION
VARIABLE
SWEEP TIME/DIV
TRIG
MODE
SOURCE
COUPLING
LEVEL
EXT TRIG


VOLTS/DIV
CH1
or Y
POSITION
MODE
VARIABLE
VOLTS/DIV
CH2
or X
CH2 INV
SCALE ILLUM
POWER
PROBE ADJ
FOCUS
INTENSITY
GND
SWEEP TIME/DIV
TRIG
MODE
SOURCE
COUPLING
LEVEL
EXT TRIG


VOLTS/DIV
CH1
or Y
POSITION
MODE
VARIABLE
VOLTS/DIV
CH2
or X
CH2 INV
SCALE ILLUM
POWER
PROBE ADJ
FOCUS
INTENSITY
GND
SWEEP TIME/DIV
TRIG
MODE
SOURCE
COUPLING
LEVEL
EXT TRIG





توضیح اینکه در تمام حالت های فوق یکی از سیگنال ها در حال حرکت بر روی صفحه است و دیگری ثابت تنها در وضعیت V-Mode می توان دو سیگنال به طور همزمان و ثابت مشاهده کرد.
کلید Level که برای ثابت کردن موج به کار می رود تنها در حالت ac کاربرد دارد.

۵. این محور برای مدوله کردن نور استفاده می شود. مشاهده شد که هر چه دامنه سیگنال ورودی به این محور افزایش می یابد شدت نور نیز بیشتر می شود. (اگر برای یک سیگنال با وجود ماکسیمم Intensity باز هم شکل موج کمرنگ باشد از این محور استفاده می کنیم.)

به نام خدا

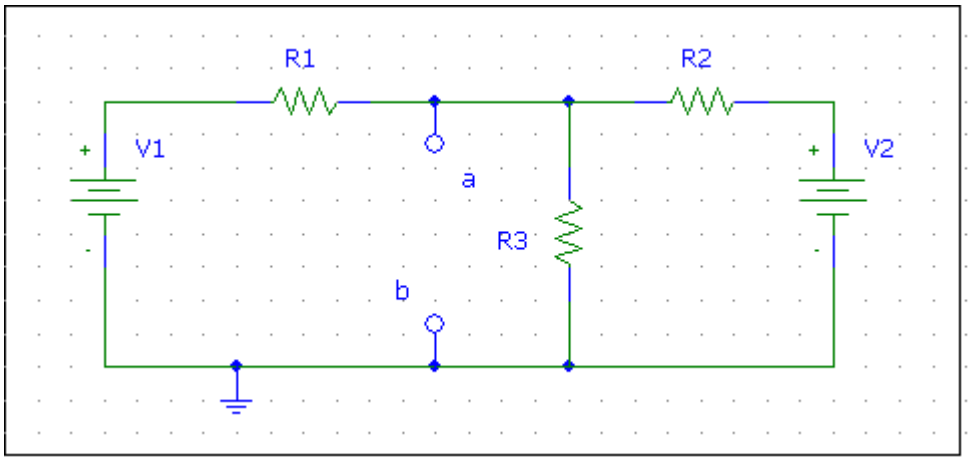
جلسه ی دهم (۱۳۸٦/۹/۲۲)

عنوان: مدار های معادل تونن و نورتون

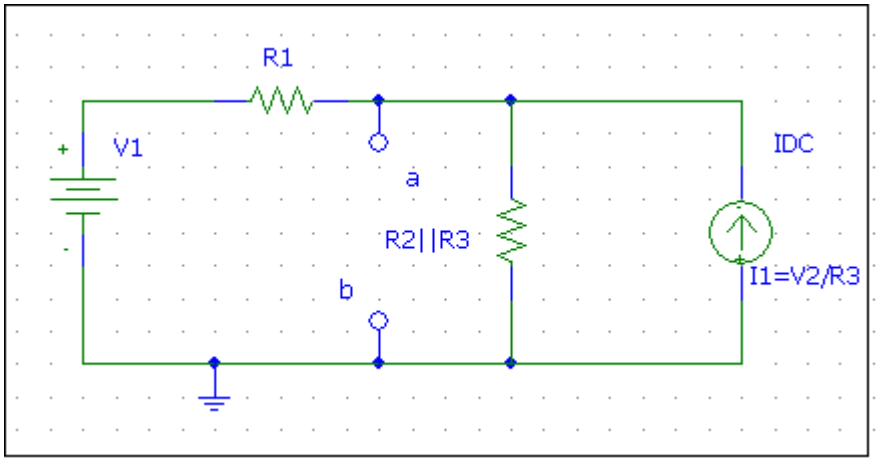
وسایل مورد نیاز: مولتی متر دیجیتال – اسکوپ– مقاومت های ۱۰۰ و ۱۵K و ۱۰K – دو عدد فانکشن ژنراتور – منبع ولتاژ DC متغیر (دو عدد)

شرح آزمایش:

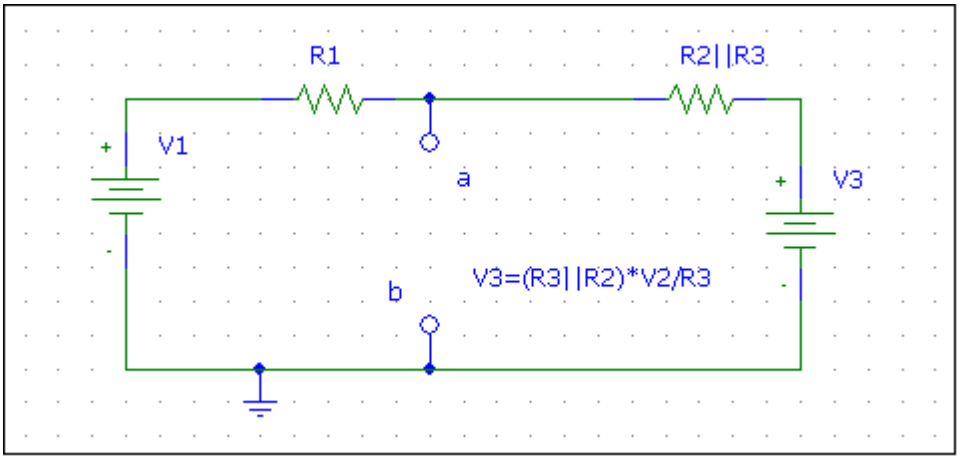
می دانیم که مدار معادل تونن مدار زیر از دو سر a و b به صورت زیر بدست می آید:



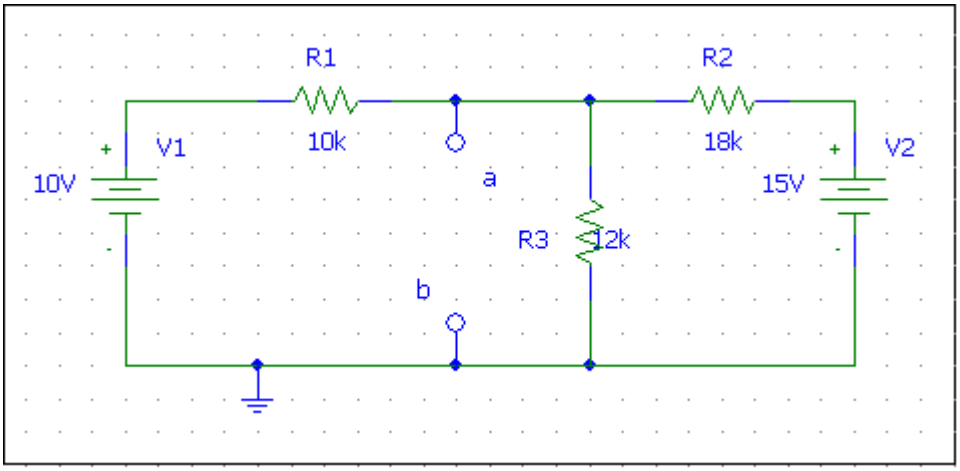
تبدیل منبع ولتاژ سری با مقاومت به منبع جریان موازی با مقاومت:



با توجه به این که در آزمایشگاه منبع جریان متغیر نداریم مدار معادلی دو سر a و b را به صورت زیر در نظر می گیریم:

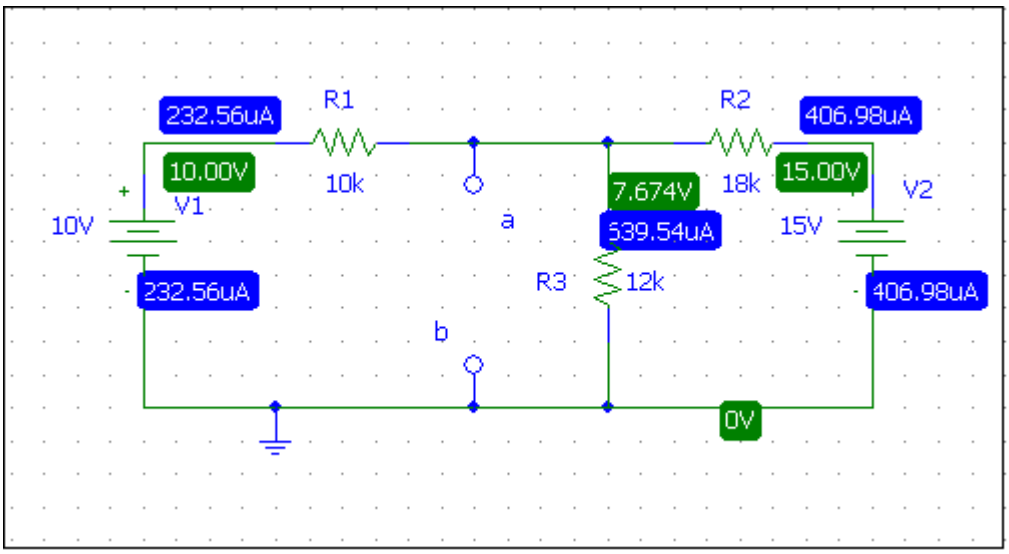


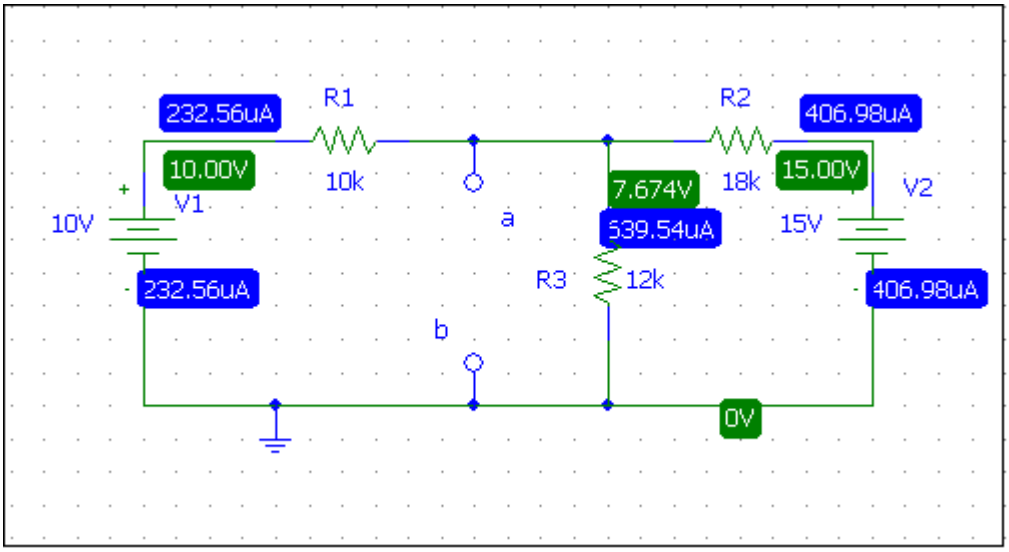
در این آزمایش مقادیر مقاومت ها به صورت زیر است:



پس مدار معادل به صورت زیر در می آید:

با تحلیل این دو مدار داریم:





دیده می شود در هر دو مدار ولتاژ دو سر a و b برابر است (۷.٦٤۷۷) پس این دو مدار معادلند. هدف این آزمایش بررسی همین موضوع می باشد. برای اطمینان بیشتر به جای ۷۱ از سه منبع ولتاژ مختلف استفاده می کنیم و جدول زیر را کامل می کنیم. (۷۱=۱۰، ۷۱=۱۵، ۷۱=۲۰)

	V۱	Vab	I۱
نتایج تئوری	۱۰V	۷.٦٤۷۷	۲۳۲.٥٦uA
	۱٥V	۱۱.٥۱V	۳٤۸.۸٤uA
	۲۰V	۱۳.٦۱V	٦۳۹.٥٤uA
نتایج عملی در مدار اول	۱۰V	۷.۷۰V	۲۳۱uA
	۱٥V	۱۱.۸V	۳۲۲uA
	۲۰V	۱۳.۹۸V	٦۱۳uA
نتایج عملی در مدار معادل مدار اول	۱۰V	۷.٦٦V	۲۳٤uA
	۱٥V	۱۱.۹۷V	۳۲٥uA
	۲۰V	۱۳.٤۸V	٦۱۸uA

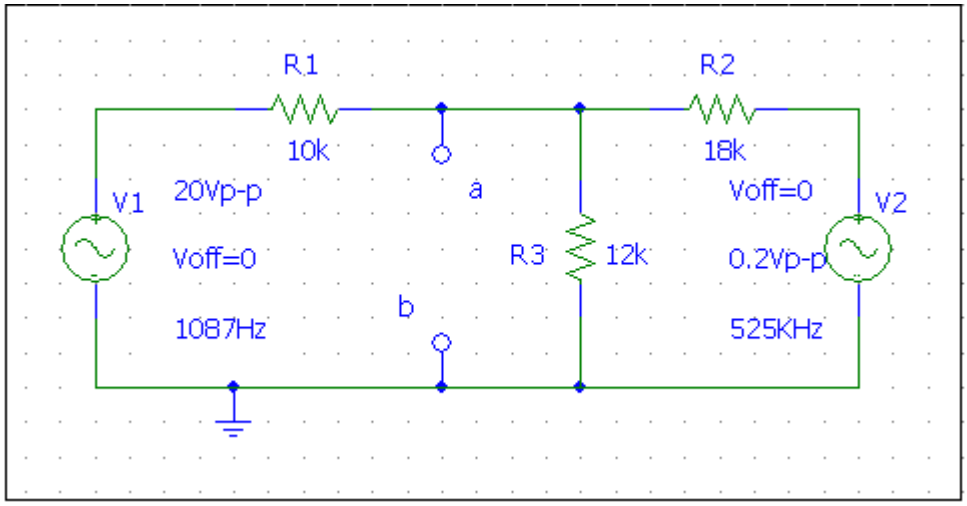
ملاحظه می شود که دو مدار با هم معادلند.

این آزمایش را برای حالت ac و به ازای مقادیر زیر نیز انجام شد:

$$V۱ = ۲۰Vp - p \,\&\, f = \frac{۱}{٤.٦ * ۲m} = ۱۰۸۷Hz$$

$$V۲ = ۰.۲Vp - p \,\&\, f = ۰.٥۲٥\, MHz$$

در این حالت برای اندازه گیری مقادیر از قضیه ی جمع آثار استفاده گردید.



I۱	Vab	V۱	
۱.۱۶۳mA	۸.۳۷۲Vp-p	۲۰Vp-p	نتایج تئوری ناشی از منبع اول
٤.٦٥۲uA	٤٦.٥۱mVp-p	۰.۲Vp-p	نتایج تئوری ناشی از منبع دوم
۱.۲mA	۸.٤Vp-p	۲۰Vp-p	نتایج در مدار اول ناشی از منبع اول
٤.٤uA	٤٦mVp-p	۰.۲Vp-p	نتایج در مدار اول ناشی از منبع دوم
۱.۲mA	۸.٤Vp-p	۲۰Vp-p	نتایج مدار معادل ناشی از منبع اول
٤.٤uA	٤٦mVp-p	۰.۲Vp-p	نتایج مدار معادل ناشی از منبع دوم

(مقادیر جریان از تقسیم ولتاژ دوسر مقاومت بر مقدار آن بدست آمده است زیرا اسکوپ قادر به اندازه گیری جریان به طور مستقیم نیست.)

پس قضیه ی جمع آثار در مدارات ac نیز برقرار است.

به نام خدا

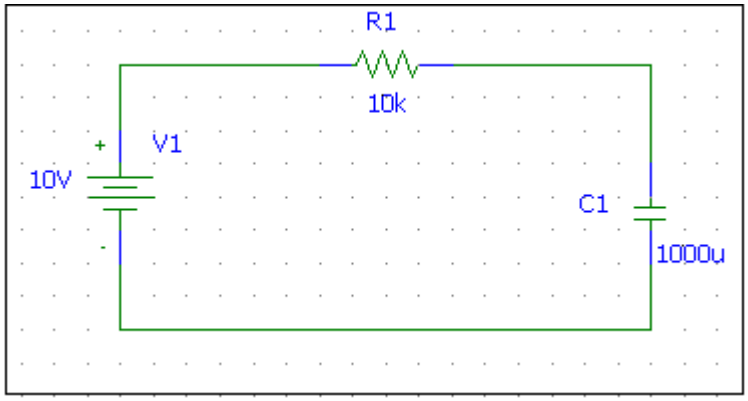
جلسه ی یازدهم (۱۳۸٦/۱۰/۱۳)

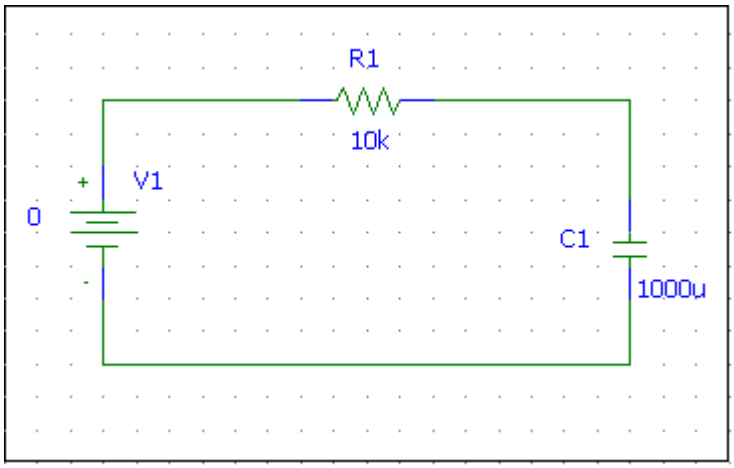
عنوان: بدست آوردن منحنی های شارژ و دشارژ خازن

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ و پراب – مقاومت ۳.۳K – فانکشن ژنراتور – منبع ولتاژ DC متغیر – خازن عدسی ۱۰nF و خازن الکترولیت ۱۰۰۰uF – ۱٦V – مولتی متر دیجیتال

شرح آزمایش:

هدف در این آزمایش بدست آوردن منحنی های شارژ و دشارژ خازن است. برای بدست آوردن این منحنی ها از مدارهای زیر استفاده می کنیم:





برای انجام آزمایش ابتدا دو سر خازن را اتصال کوتاه می کنیم و سپس مدار اول را در حالی که منبع جریان خاموش است وصل می کنیم. توجه کنید که جهت پلاریته ی خازن الکترولیت را صحیح در مدار قرار دهید. همزمان با روشن کردن منبع زمان را اندازه می گیریم و ولتاژ را در فواصل زمانی معین می خوانیم.

می دانیم که در یک مدار RC ولتاژ دوسر خازن در حالت شارژ و دشارژ به ترتیب از روابط زیر به دست می آیند:»

$$V_C = V_B(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$V_C = V_B e^{-t/\tau}$$

که در آنها T ثابت زمانی مدار و برابر RC است.

با توجه به این روابط یک خازن پس از گذشت ثابت زمانی خود تا حدود ٦٣٪ ولتاژ نهاییی خود شارژ می شود. با گذشت ٥ ثابت زمانی خازن تقریبا شارژ شده است. بنابراین مدت زمانی که باید در این مدار صبر کنیم تا خازن شارژ گردد به صورت زیر محاسبه می شود:

$$t_{final} = 5\tau = 5 * RC = 50\ sec.$$

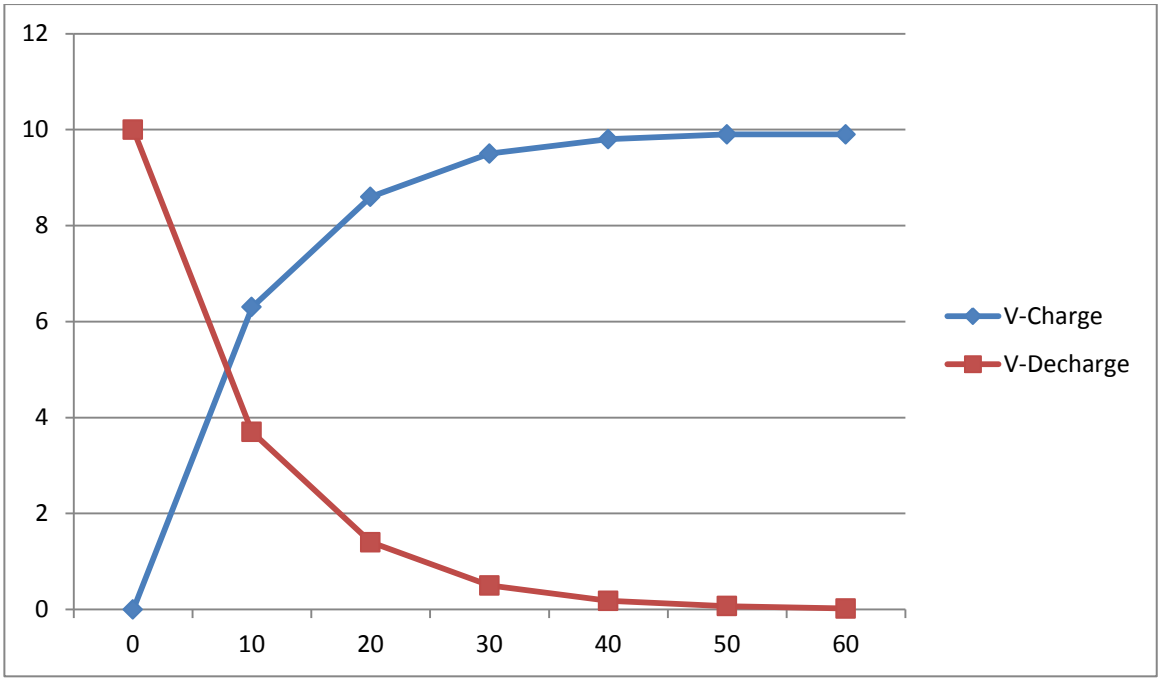
جدول زیر را کامل کرده و به کمک آن منحنی شارژ و دشارژ خازن را رسم می کنیم.

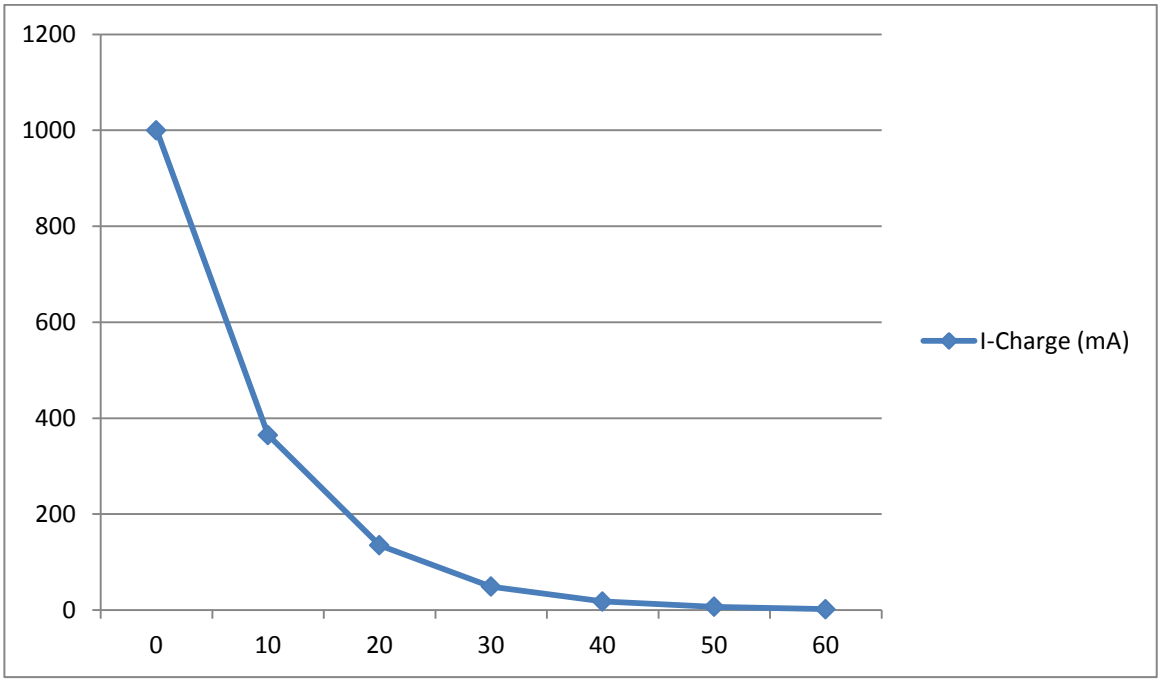
T	٠ s	١٠ s	٢٠ s	٣٠ s	٤٠ s	٥٠ s	٦٠ s
Vc							
Ic							

نتایج به دست آمده در این قسمت به صورت زیر است:

	T	٠ s	١٠ s	٢٠ s	٣٠ s	٤٠ s	٥٠ s	٦٠ s
Charge	Vc	٠	٦.٣٧	٨.٦٧	٩.٥٧	٩.٨٧	٩.٩٧	٩.٩٧
	Ic	١٠٠٠mA	٣٦٥mA	١٣٥mA	٤٩mA	١٨mA	٧mA	٢mA
Dechargе	Vc	١٠.٧	٣.٧٧	١.٤٧	٠.٥٧	٠.١٨٧	٠.٠٧٧	٠.٠٢٧
	Ic	١٠٠٠mA	٣٥٩mA	١٣٤mA	٥٠mA	١٨mA	٦mA	٢mA

بنابراین منحنی های شارژ و دشارژ به صورت زیر خواهند بود:



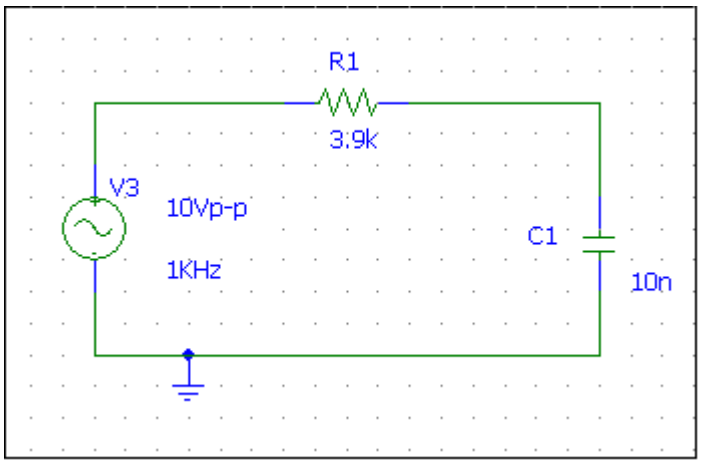


(منحنی های جریان برای شارژ و دشارژ تقریبا منطبق هستند.)

سوال: چگونه می توان با استفاده از این منحنی ها ظرفیت یک خازن را تعیین کرد؟

جواب: کافی است زمانی را که در آن خازن تقریبا تا ٦٣٪ ولتاژ نهایی خود شارژ شده بدست بیاوریم. این زمان همان ثابت زمانی مدار است. با داشتن مقاومت مدار می توان C را به راحتی به دست آورد. به عنوان مثال در این مدار ثابت زمانی ١٠ ثانیه بدست می آید. (یک خط افقی از ٦.٣V رسم کرده و محل طلاقی را روی محور زمان ترسیم می کنیم.) با دانستن این موضوع که مقاومت مدار ١٠k است C=T/R=١٠/١٠K=١mF=١٠٠٠uF بدست می آید.

مرحله بعد انجام آزمایشی مشابه همین آزماش است با این تفاوت که این بار از یک منبع ac استفاده می کنیم:



توجه کنید که برای آزمایش مدار ac نمی توان از خازن الکترولیت استفاده کرد زیرا این خازن ها برای ولتاژ DC طراحی شده اند و دارای پلاریته می باشند.

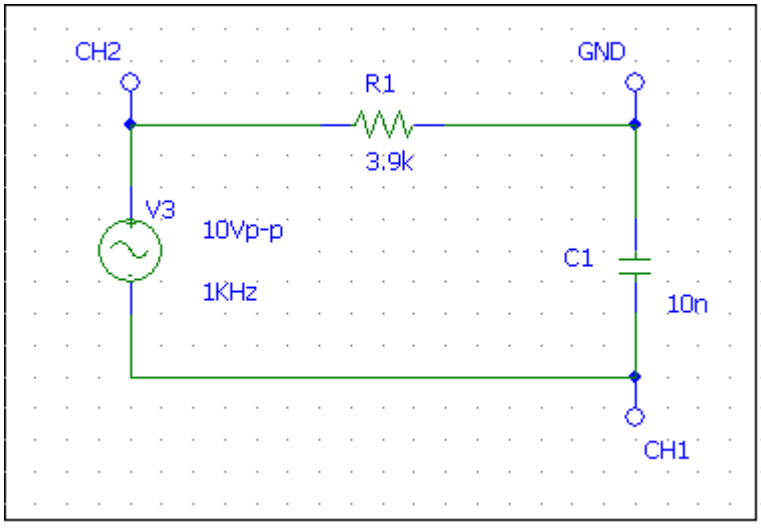
در این جا به علت اینکه فرکانس بالا است و از طرفی RC بسیار کوچک است نمی توان لحظه به لحظه ولتاژ و و جریان ها را اندازه گرفت و باید از اسیلوسکوپ کمک گرفت.

مراحل کار:

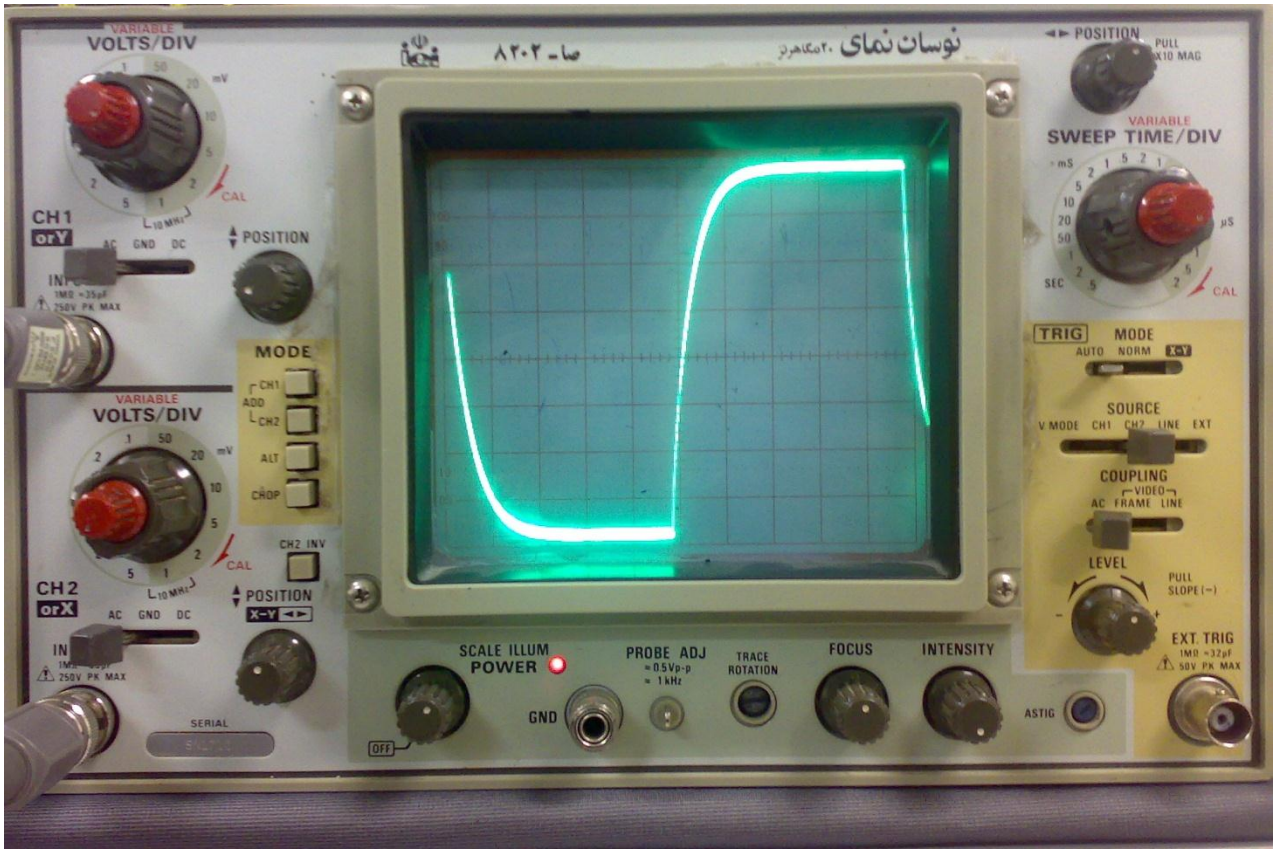
- شکل موج های ولتاژ و جریان را بدست آورید. (منبع جریان سینوسی باشد.)
- منحنی های شارژ و دشارژ را مشخص کنید.
- اختلاف فاز Vc و Ic را اندازه بگیرید.
- خازن پیش فاز است یا پس فاز؟

برای بدست آوردن شکل موج جریان خازن از شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت استفاده می کنیم.

برای وصل کردن مدار چون تنها یک GND برای اسکوپ تعریف می شود باید سر زمین اسکوپ را به نقطه مشترک دو پراب وصل کنیم یعنی به صورت زیر:



اما چون جهت ولتاژ مقاومت با جهت جریان ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد باید هنگام این کلید INVerse را در این کانال حتما فعال کرد. (از آنجایی که کانال یک INV ندارد نحوه وصل کردن سرهای پراب باید حتما به صورت شماتیک فوق باشد.)



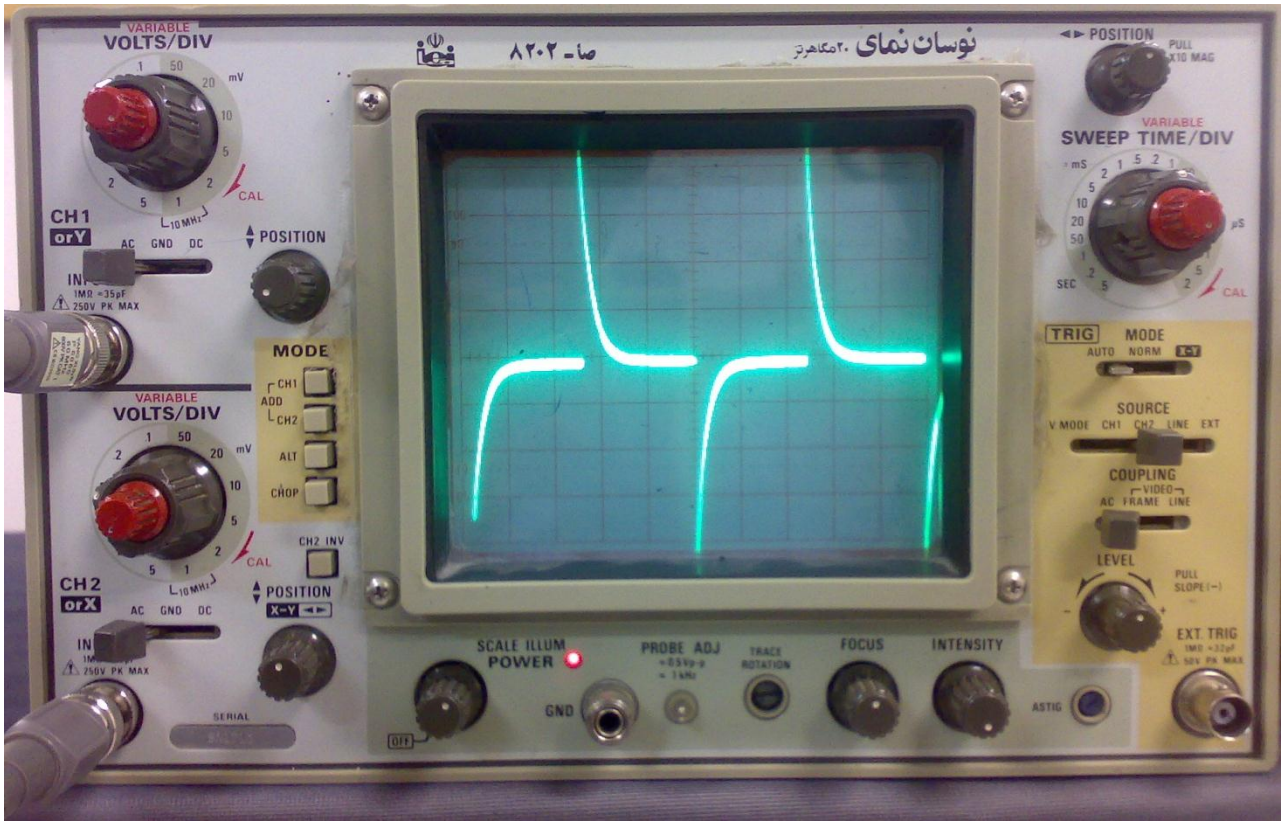
در این شکل به نیمه سمت راست صفحه منحنی دشارژ و نیمه ی سمت چپ منحنی شارژ را نشان می دهد.

با توجه به این شکل نیز می توان ظرفیت خازن را مشابه حالت DC محاسبه کرد ولی از رابطه ی زیر نیز می توان استفاده نمود:

$$L\omega i_{max} = V_{max}$$

که در آن جریان ماکسیمم از شکل زیر بدست می آید.

شکل زیر مربوط به جریان است. (کلید INV فعال است.)



بدست آوردن اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خازن:

برای اندازه گیری اختلاف فاز سه روش وجود دارد:

- استفاده از $\cos\varphi$ متر .
- استفاده از منحنی لیساژور
- مشاهده ی همزمان دو شکل موج بر روی اسکوپ.

در اینجا با استفاده از دو روش آخر اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان خازن را بدست می آوریم.

هنگام استفاده از منحنی لیساژور باید بعد از کالیبره کردن اسکوپ کلید MODE را در قسمت تریگر بر روی حالت X-Y قرار دهیم .

$$\varphi = \cos^{-1}\frac{a}{b}$$

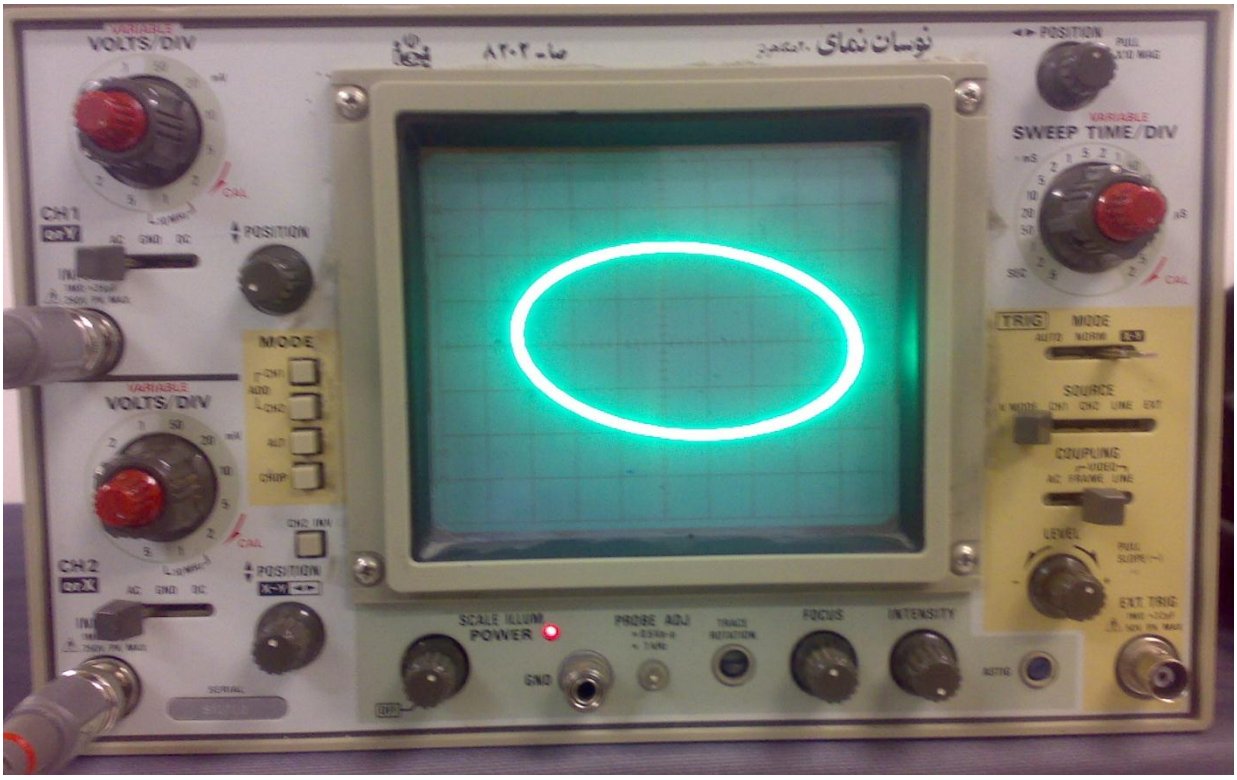
که در آن a محل برخورد شکل موج به محور عمودی و b بیشترین فاصله ی عمودی از محور افقی است.

در موقع مشاهده ی همزمان منحنی ها (که با قرار دادن اسیلوسکوپ در حالت چاپ یا آلت بدست می آید.) می توان با استفاده از جواب سوال زیر اختلاف فاز بین دو موج را بدست آورد:

تعداد خانه های یک پریود از موج ۳۶۰ درجه است. تعداد خانه های اختلاف فاز چند درجه است؟

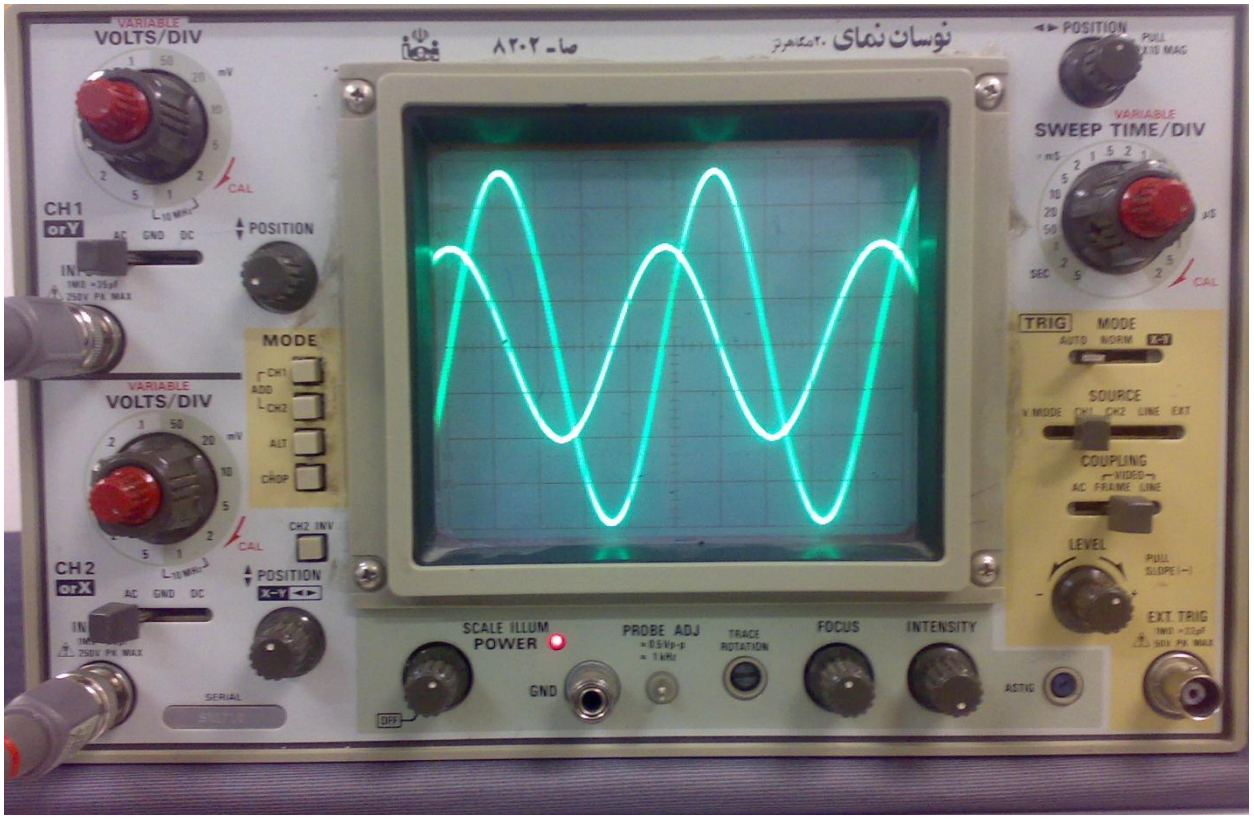
و با استفاده از یک تناسب ساده به جواب رسید.

منحنی لیساژور:



$$\sin^{-1}\frac{a}{b} = \sin^{-1}\frac{۲}{۲} = ۹۰^{o}$$

حالت CHOP:

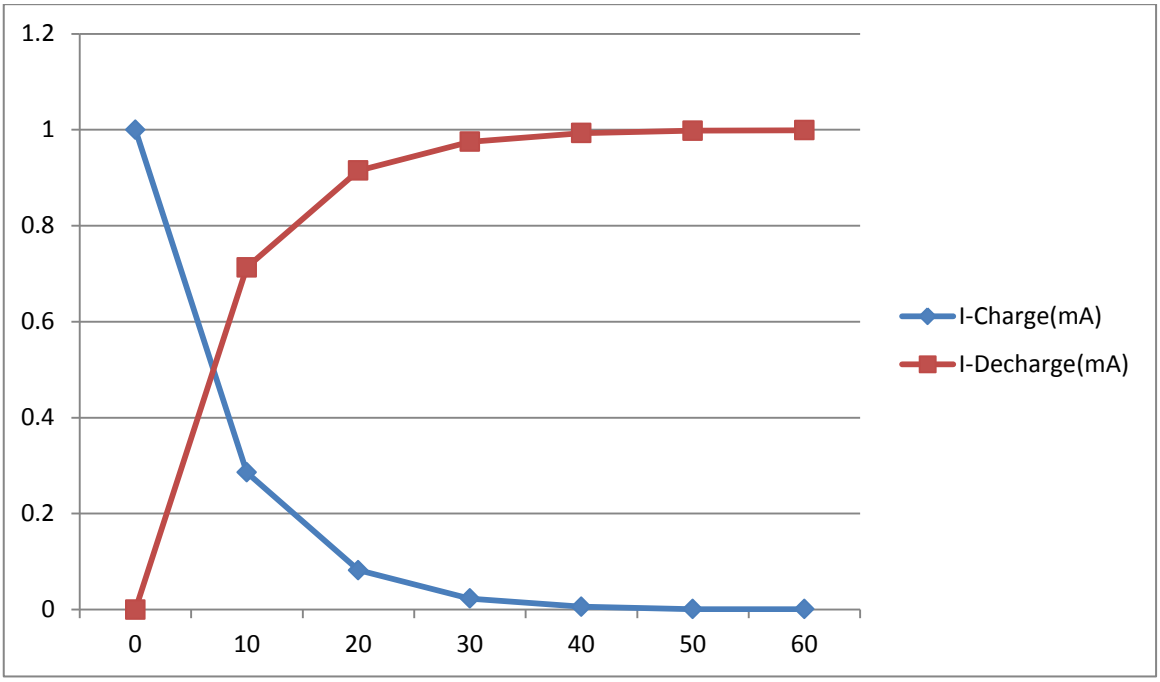


$$\varphi = \frac{۳٦۰}{٤.۸} * ۱.۲ = ۹۰^{o}$$

بنابراین ولتاژ خازن از جریان آن ۹۰^{o} عقب تر است یعنی خازن یک عنصر پیش فاز است.

همین کار ها را می توان برای یک سلف انجام داد. نتایج به صورت زیر است:

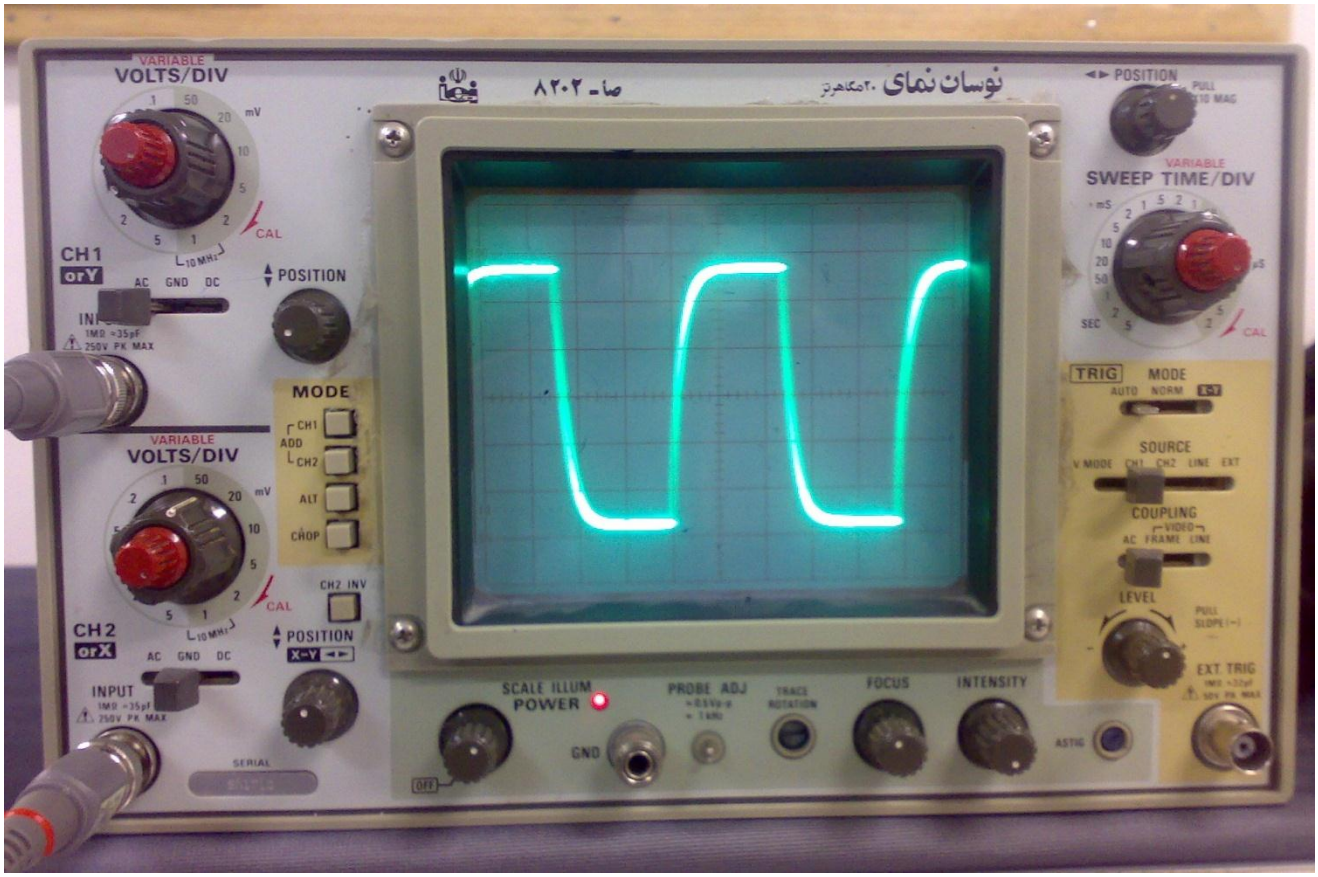
سلف را در همان مدارهایی قرار می دهیم که خازن را قرار دادیم.



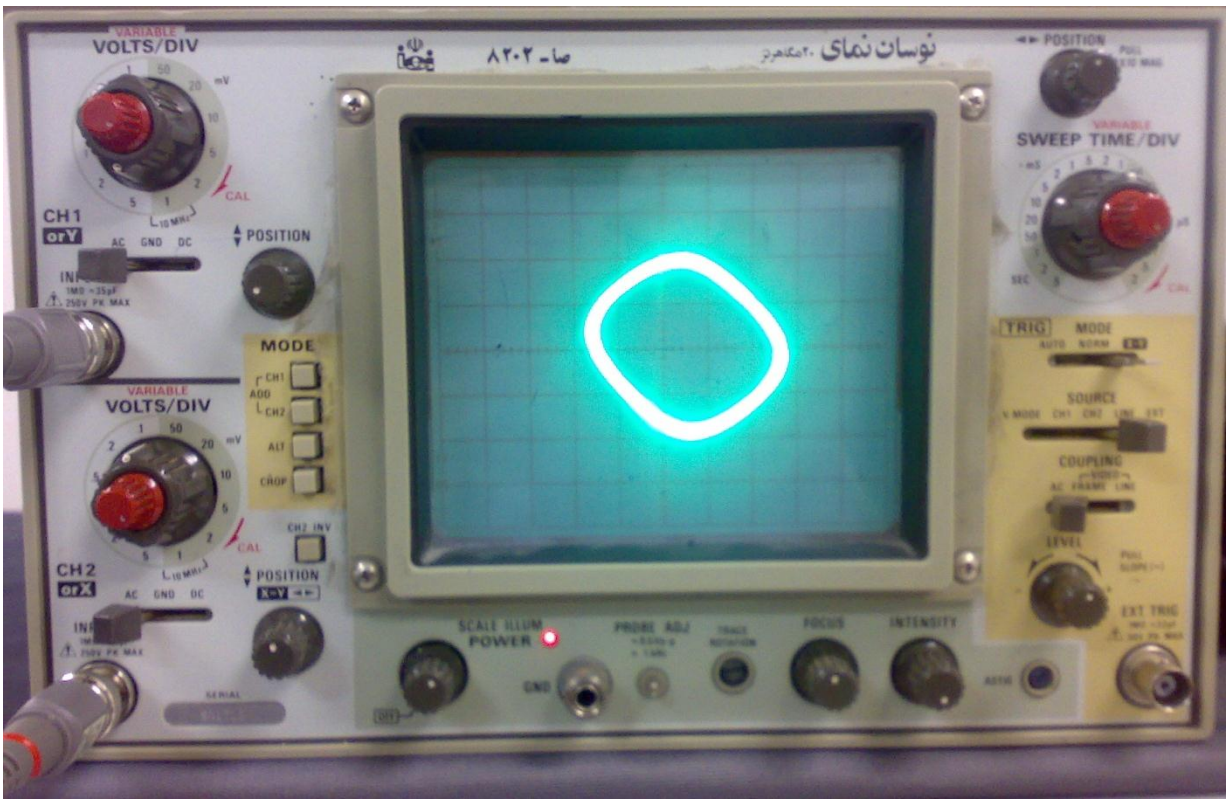
با توجه به این منحنی می توان ظرفیت سلف را به طور تقریبی بدست آورد.

$$L = \frac{T}{R} = \frac{۸sec}{۱۰K} = ۰.۸mH$$

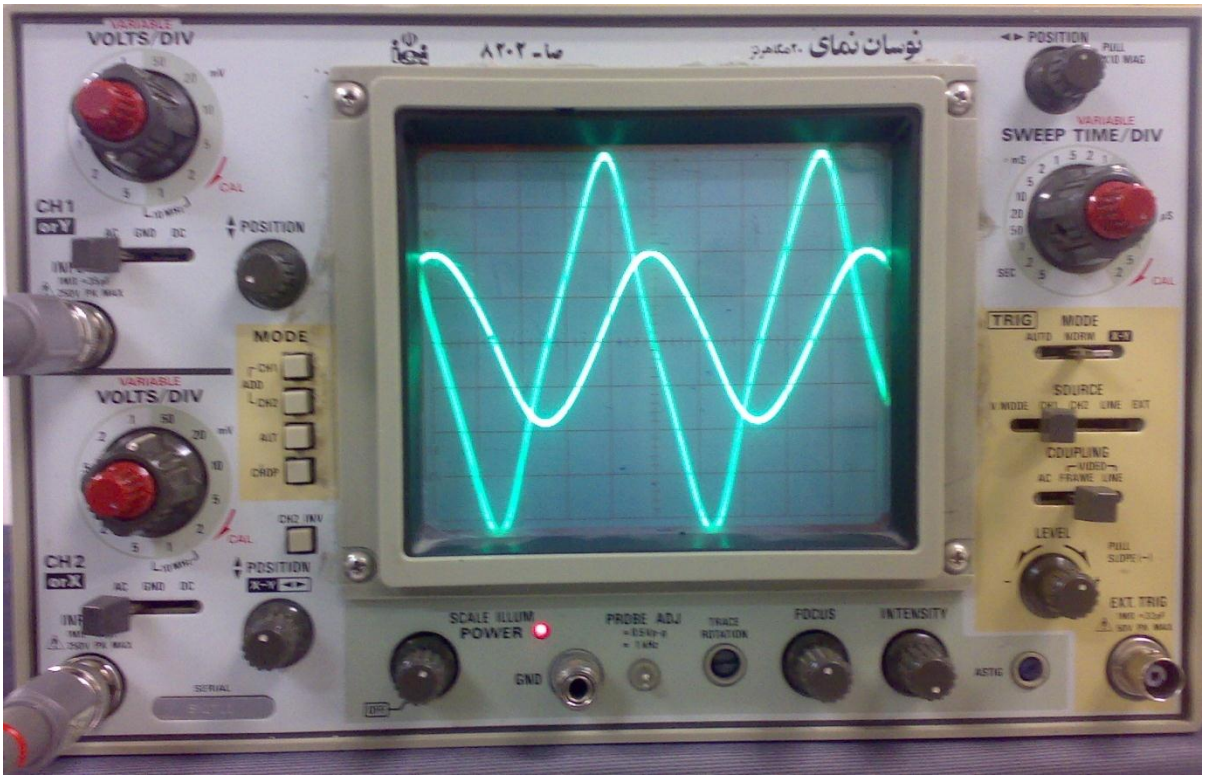
شکل موج جریان سلف:



منحنی لیساژور:



مشاهده ی همزمان:



مشاهده می شود که جریان سلف از ولتاژ آن عقب تر است.

مفهوم پیش فازی و پس فازی در عمل را می توان در وسایل اطرافمان شاهد باشیم. به عنوان نمونه در لحظه ی اتصال مانیتور یک کامپیوتر به برق جریان شدیدی از آن عبور می کند که علت آن خاصیت شدید خازنی است و با توجه به منحنی های بدست آمده قابل توجیه است.

بر همین اساس هنگام خاموش کردن یک لامپ مهتابی شاهد جرقه در کلید برق هستیم و علت آن این است که در سلف جریان عقب تر از ولتاژ است و موقع قطع ولتاژ جریان هنوز می خواهد ادامه پیدا کند.