



دانشگاه بیت علم

دانشکده فنی و مهندسی

جزوه آزمایشگاه مدارات الکتریکی

تهیه و تدوین:

مهندس گودآسیایی

نسخه شهریور 90

بسمه تعالی

آزمایشگاه مدارهای الکتریکی

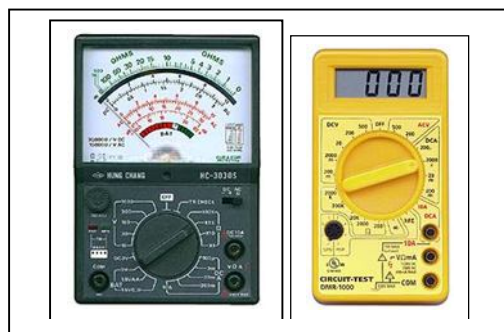
فهرست :

- 1- منبع تغذیه و اندازه گیرهای آزمایشگاهی
- 2- اندازه گیری مقاومت
- 3- متدهای تجزیه و تحلیل مدار
- 4- اسیلوسکوپ و اندازه گیری دامنه موج سینوسی
- 5- اندازه گیری موج سینوسی
- 6- خازن
- 7- سلف (پیچه)
- 8- مدارهای سری RC
- 9- مدارهای سری RL
- 10- فیلترهای غیر فعال (Passive)

آزمایش اول : منبع تغذیه و اندازه گیرهای آزمایشگاهی

تئوری :

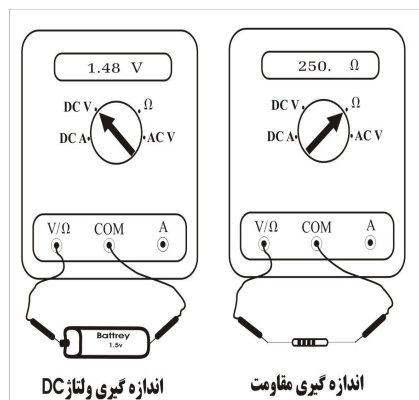
اندازه گیری کمیتهای مختلف الکتریکی نظیر ولتاژ، جریان، توان، فرکانس و... اصلی ترین فاز در تعیین کارائی یک مدار می باشند. این کمیتهای بوسیله " اندازه گیرها " اندازه گیری می شوند. یکی از مهمترین انواع دستگاههای اندازه گیری، مولتی مترها می باشند. مولتی متر وسیله ای است که سه دستگاه اندازه گیری اصلی برای اندازه گیری مقاومت، ولتاژ و جریان را با یکدیگر ترکیب کرده است. مولتی متر ممکن است قیاسی (آنالوگ) و یا رقمی (دیجیتال) باشد. همچنین ممکن است دارای مداری غیرفعال (passive) و یا فعال (active) باشد. مولتی مترهای آنالوگ از یک نشانگر در یک صفحه مقیاس بندی شده جهت نمایش کمیت اندازه گیری شده استفاده می کنند. از اندازه گیرهای آنالوگ می توان به دستگاه VOM (volt - ohm - milliamper meter) اشاره نمود. یک مولتی متر دیجیتال (DMM)



کمیت اندازه گیری شده را بصورت یک عدد نشان می دهد. مولتی مترهای دیجیتال سرعت در حال جایگزین شدن با مولتی مترهای آنالوگ هستند. علت آن کارائی بسیار بالاتر از نظر دقت و راحتی استفاده از آنها می باشد. یک مثال از VOM و DMM های قابل حمل در شکل زیر، دیده می شود.

در این دستور کار، تمام اندازه گیری ها بوسیله مولتی متر دیجیتال (DMM) انجام می شود. هر چند که تمام

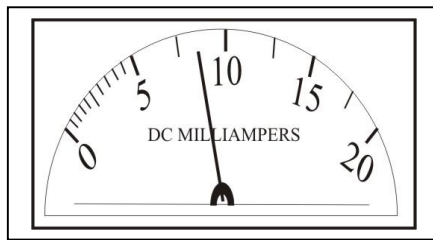
آزمایشات می تواند بوسیله مولتی متر آنالوگ هم صورت پذیرد. یک کمیت الکتریکی ممکن است بسیار کوچک و یا بسیار بزرگ باشد برای مثال مقاومت الکتریکی می تواند کوچکتر از 1 و یا بزرگتر از 1000000 باشد. مولتی متر باید وسیله ای را در اختیار استفاده کننده قرار دهد تا بوسیله آن بتواند این رنج وسیع را اندازه بگیرد. این عمل بوسیله " کلید رنج " روی مولتی متر انجام می شود. کلید رنج در واقع، موقعیت نقطه اعشار را تعیین می کند. استفاده کننده با انتخاب مناسب این کلید است که می تواند رقم اندازه گیری شده را نمایش دهد. بعضی از مولتی مترها Auto Ranging می باشند. این بدان معناست که این مولتی مترها رنج را بصورت اتوماتیک تعیین می کنند. یک مولتی متر Auto Ranging ممکن است دارای کلید Auto/Hold باشد. بوسیله این کلید می توان مولتی متر را در حالت Auto Ranging و یا حفظ رنج تنظیم شده قبلی قرار داد. برای کار کردن با یک مولتی متر Auto Ranging باید در ابتدا مولتی متر را در حالت Auto قرار داد. سپس عمل مورد نظر را بوسیله کلید مربوطه انتخاب کرد و پس از آن مولتی متر را به مدار وصل کرد. استفاده



کننده باید در اتصال درست مولتی متر، دقت کافی بخرج دهد تا اندازه گیری بدرستی انجام شود. مثالهایی از چگونگی اتصال یک Auto Ranging DMM برای اندازه گیری ولتاژ و مقاومت در شکل روبرو دیده می شود. اندازه گیری جریان احتیاج به دقت کافی دارد تا از صدمه زدن به آمپرمتر (اندازه گیر جریان) جلوگیری شود. یک آمپرمتر نباید مستقیماً به منبع ولتاژ وصل شود. برای اندازه گیری جریان (ac یا dc) باید کلید انتخاب عمل را در حالت جریان قرار داد و پس از آن پروب را به سوکت (A) AMPS وصل کرد. در این آزمایش جریان اندازه گیری نمی شود.

بسیاری از اندازه گیرهای الکترونیکی بصورت آنالوگ ساخته شده اند. با مقیاس بندی اندازه گیرهای آنالوگ می توان هر کمیت فیزیکی نظیر ولتاژ، جریان، توان و یا حتی کمیت های غیر الکتریکی نظیر وزن، سرعت و نور را اندازه گرفت. مقیاس بر روی اندازه گیر آنالوگ می تواند خطی و یا غیر خطی باشد. بر روی یک صفحه اندازه گیری ممکن است چند مقیاس وجود داشته باشد.

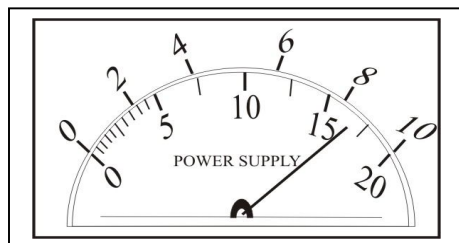
یک اندازه گیر خطی، صفحه اندازه گیر را با فاصله های مساوی درجه بندی کرده است. شکل صفحه بعد، یک اندازه گیر خطی درجه بندی شده را نشان می دهد. تقسیمات اصلی، تقسیمات اولیه نامیده می شوند و معمولاً شماره گذاری شده اند. بین تقسیمات اولیه، تقسیمات کوچکتری وجود دارد که معمولاً تقسیمات ثانویه نامیده می شوند برای خواندن یک اندازه باید به تعداد تقسیمات ثانویه، ما بین تقسیمات اولیه شماره بندی شده توجه کرد و با استفاده از آن اندازه هر درجه ثانویه را تعیین کرد.



برای مثال در شکل روبرو، 9 خط، بین هر دو خط اصلی وجود دارد. اگر یک خط اصلی را هم به این 9 خط اضافه کنیم ما بین هر دو خط اصلی 10 قسمت خواهیم داشت. اگر هر تقسیم اصلی 5.0mA باشد هر تقسیم ثانویه 0.5 mA خواهد شد. یک اندازه گیر عموماً برای رنجهای مختلفی استفاده می شود. برای مثال اندازه گیر نشان داده شده در شکل روبرو می تواند اندازه حداکثر

را برای 200 mA اندازه گیری کند. (20 روی صفحه 200 mA را نشان می دهد) انتخاب رنج بستگی به استفاده کننده دارد که کلید رنج را برای تعیین رقم دهدهی در چه وضعیتی قرار دهد. اگر در این شکل استفاده کننده کلید رنج را در وضعیت 200mA قرار دهد آنگاه بین هر تقسیم بندی اولیه 50mA وجود خواهد داشت.

معمولاً اندازه گیرهای با بیشتر از یک رنج چندین مقیاس در یک صفحه دارند که به آنها "مقیاس بندی چند گانه" می گوئیم. یک اندازه گیر با دو مقیاس در شکل زیر نشان داده شده است. هر مقیاس می تواند یک یا چند رنج را



نمایش دهد. در این حالت استفاده کننده باید مقیاس مناسب را انتخاب کند و همچنین رقم دهدهی مناسب را هم تنظیم نماید.

مقیاس بالا، در شکل روبرو، حداکثر مقدار 10 را نشان می دهد. اگر رنج 10 انتخاب شود آنگاه مقیاس بالا خوانده می شود. (اگر رنج 20 انتخاب شود آنگاه مقیاس پائین باید خوانده شود) برای این مقیاس، تقسیم بندی اولیه 2 و تقسیم بندی ثانویه 0.5 می باشد. اگر این رنج انتخاب شده باشد مقدار خوانده شده در این شکل 8.75 است.

مراحل آزمایش

1- به نمایشگر روی منبع تغذیه در آزمایشگاه دقت کنید. بعضی از منابع تغذیه دارای اندازه گیرهایی هستند که ولتاژ یا جریان را نشان می دهند. اندازه گیر ممکن است دارای مقیاس چندگانه باشد. اندازه گیر و کنترل کننده های اندازه گیر منبع تغذیه را بررسی نموده و خصوصیات آن را برشمرید.

2- به کلیدهای کنترلی روی منبع تغذیه، توجه کنید. با استفاده از آن خصوصیات منبع تغذیه آزمایشگاه را توضیح دهید. (اطلاعاتی نظیر خروجیهای چندگانه، محدود کردن جریان، tracking و ...)

3- در این قسمت باید منبع تغذیه را روی ولتاژ معینی تنظیم کرده و سپس این ولتاژ را با مولتی متر اندازه گیری کنید. حالت +DC و VOLTS را روی DMM انتخاب کنید. اگر شما Auto Ranging نیست یک رنج را انتخاب کنید که بوسیله آن بتوان +5.0 را اندازه گرفت. بهترین انتخاب کوچکترین رنجی است که از +5.0 بزرگتر باشد و

سیم مولتی متر را به هم وصل کنید و ببینید آیا مولتی متر عدد صفر را نشان می دهد. در صورت عدم نمایش صفر با کلید کالیبره آنرا تنظیم کنید.

5- منبع تغذیه را روشن کنید و با استفاده از نمایشگر روی منبع تغذیه ولتاژ 5.0v را در خروجی تولید کنید . سپس با استفاده از DMM ببینید که آیا مقدار تنظیم شده درست است . مقادیر خوانده شده روی اندازه گیر منبع تغذیه و DMM را در جدول زیر یادداشت کنید .

6- خروجی را روی 12.0v تنظیم کرده و مقادیر خوانده شده روی نمایشگر منبع تغذیه و DMM را در جدول روبرو یادداشت کنید .

7- منبع تغذیه را روی حداقل مقدار ممکن تنظیم کنید و مقادیر خوانده شده از اندازه گیر منبع تغذیه و DMM را در جدول بالا، یادداشت کنید .

مقدار ولتاژ (اندازه گیری با DMM)	مقدار ولتاژ (نمایشگر روی منبع تغذیه)	
		مرحله 5
		مرحله 6
		مرحله 7

آزمایش دوم: اندازه گیری مقاومت

عناصر مورد نیاز:

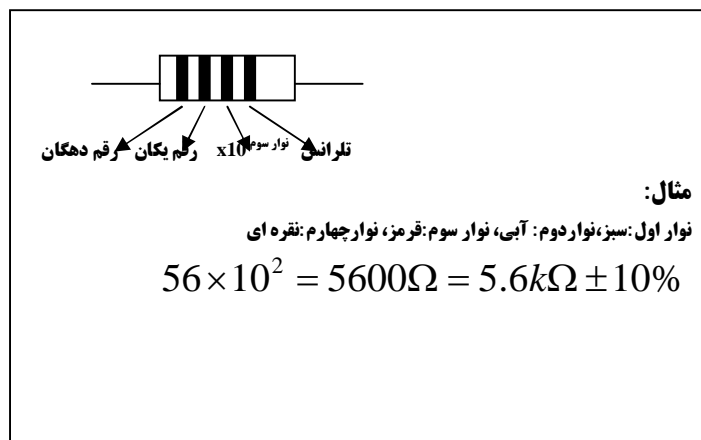
مقاومت: ده عدد در اندازه های مختلف

پتانسیومتر: یک عدد (با هر مقداری)

تئوری:

میزان مقاومت یک ماده در برابر جاری شدن جریان را مقاومت آن ماده می گویند. واحد مقاومت، اهم است که با حرف یونانی امگا (Ω) علامت گذاری شده است. یک مقاومت برای امپدانس و وات خاصی طراحی می شود. هر چند که یک مقاومت برای محدود کردن جریان ساخته شده است اما از خود، گرما هم تولید می کند. اندازه فیزیکی یک مقاومت به میزان توانائی آن در انتشار گرما محدود می شود (نه بر امپدانس آن). یک مقاومت بزرگتر (از نظر فیزیکی) مقدار گرمای بیشتری را از یک مقاومت کوچکتر می تواند منتشر کند. بنابراین مقاومت های بزرگتر وات بیشتر دارند. مقاومتها به دو دسته ثابت (امپدانس ثابت) و متغیر تقسیم می شوند. مقاومت های ثابت، معمولاً با چهار نوار رنگی که میزان امپدانس و تolerانس مقاومت را نشان می دهند، کدگذاری می شوند. هر رنگ یک عدد را نشان می دهد. جدول زیر، این اعداد را برای رنگهای مختلف نشان می دهد. نحوه خواندن مقاومت و تolerانس آن در زیر، آمده است.

رقم	رنگ	
0	مشکی	مقدار مقاومت (سه نوار رنگی اول)
1	قهوه ای	
2	قرمز	
3	نارنجی	
4	زرد	
5	سبز	
6	آبی	
7	بنفش	
8	خاکستری	
9	سفید	
5%	طلایی	مقدار تولرانس (نوار چهارم)
10%	نقره ای	
20%	بی رنگ	



نوار اول، رقم دهگان، نوار دوم رقم یکان و عدد حاصل در 10 بتوان

نوار سوم ضرب شده و مقدار مقاومت بدست می آید. علاوه بر رنگهای جدول فوق، رنگ طلایی برای نوار سوم، (10^{-1}) و نقره ای (10^{-2}) در نظر گرفته می شود. نوار چهارم، تolerانس مقاومت را نشان می دهد. (نوارهای رنگی باید، از سمتی که به پایه نزدیکتر است خوانده شود.)

امپدانس یک مقاومت می تواند با استفاده از DMM یا VOM که در آزمایش قبلی توضیح داده شد، اندازه گیری شود. اگر شما از یک VOM استفاده می کنید باید پس از تعویض رنج با اتصال دو سیم به یکدیگر مقدار صفر را چک کنید. اگر شما از یک DMM از نوع غیر Auto Ranging استفاده می کنید باید یک رنج مناسب را انتخاب کنید. مقاومت نباید داخل مدار اندازه گیری شود زیرا مقاومت های دیگر مدار، می توانند روی مقدار خوانده شده تأثیر بگذارند. مقاومت باید از مدار خارج شود و به سیمهای اهم متر وصل شود. مقاومتی که زیر تست است (به سیمهای اهم متر وصل است) نباید بین دو انگشت نگه

داشته شود زیرا بدن می تواند روی مقدار خوانده شده مخصوصاً " برای مقاومت های بزرگ تأثیر بگذارد . (گرفتن یک سر مقاومت ، مسئله ای ندارد)

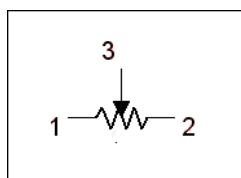
عمومی ترین نوع مقاومت متغیر ، پتانسیومتر می باشد . پتانسیومتر یک عنصر سه سر می باشد . بین دو سر کناری آن یک مقاومت ثابت وجود دارد . بین این دو سر ، یک سر مرکزی وجود دارد که به گیره متحرک وصل است . گیره متحرک به یک میله (shaft) وصل شده است که بوسیله آن می توان مقاومت متغیر بین گیره متحرک و دو سر کناری آن ایجاد کرد . پتانسیومترها را می توانید روی کنترل کننده هایی با نام volume روی دستگاه های مختلف بیابید .
مراحل آزمایش

1- ده مقاومت ثابت با چهار نواررنگی را تهیه کنید . رنگهای هر مقاومت را در جدول زیر، یادداشت کنید . با استفاده از کد هر رنگ، میزان امپدانس هر مقاومت را بدست آورید . سپس امپدانس هر مقاومت را اندازه بگیرید و نتایج را در جدول ، یادداشت کنید .

2- درصد اختلاف (اختلاف مقدار اندازه گیری شده و مقدار حساب شده) را محاسبه کرده و نتایج را در جدول زیر، یادداشت کنید .

$$\% \text{ diff} = \frac{R_{\text{measured}} - R_{\text{computed}}}{R_{\text{computed}}} \times 100$$

درصد اختلاف	مقدار مقاومت (اندازه گیری شده)	مقدار مقاومت (خوانده شده)	نوار های رنگی روی مقاومت				ردیف
			نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم	
-2.7%	1.46kΩ	1.5kΩ ± 10%	قهوه ای	سبز	قرمز	نقره ای	X
							1
							2
							3
							4
							5
							6
							7
							8
							9
							10



3- یک پتانسیومتر تهیه کنید . ترمینالهای 1، 2 و 3 را مطابق شکل ، نامگذاری کنید . در حالی که میله پتانسیومتر را می گردانید مقاومت بین ترمینالهای 1 و 2 را بخوانید . توجه کنید مقاومت بین این دو ترمینال باید ثابت بماند . نتیجه را در جدول (صفحه بعد)، یادداشت کنید .

4- پتانسیومتر را در جهت عکس حرکت عقربه های ساعت تا انتها بچرخانید، مقاومت بین ترمینالهای 1 و 3 را اندازه بگیرید . سپس مقاومت بین ترمینالهای 3 و 2 را نیز اندازه بگیرید . نتایج را در جدول (صفحه بعد)، یادداشت کنید. مجموع دو مقدار خوانده شده را نیز محاسبه کرده و در محل مورد نظر در جدول ، وارد کنید .

مقدار مقاومت اندازه گیری شده از مرحله ۲ آزمایش:			
مجموع مقاومت خوانده شده	مقدار مقاومت اندازه گیری شده بین ترمینال		موقعیت شفت
	۲ و ۳ ترمینال	۳ و ۱ ترمینال	
			مرحله ۴
			مرحله ۵
			مرحله ۶

5- میله را تا 1/3 دور در جهت حرکت عقربه های ساعت بچرخانید و اندازه گیری های مرحله 4 را تکرار کنید.

6- میله را تا 2/3 دور در جهت حرکت عقربه های ساعت بچرخانید و اندازه گیری های مرحله 4 را تکرار کنید .

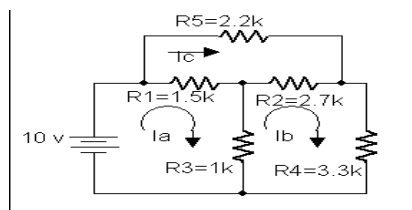
آزمایش سوم: متدهای تجزیه و تحلیل مدار

عناصر مورد نیاز:

مقاومت: 1.0 k یک عدد، 2.2 k یک عدد، 3.9 k یک عدد، 4.7 k یک عدد، 10 k یک عدد

تئوری:

کاهش حجم یک مدار با معادل سازی عناصر سری و موازی، روشی است که برای تجزیه و تحلیل بسیاری از مدارها استفاده می شود. بعضی اوقات یک مدار شامل یک گروه پیچیده از عناصر است که نمی تواند با یک سری از ترکیبات سری و موازی جایگزین شود. برای مثال مدار پل-T در شکل زیر، از این نوع می باشد. برای این نوع مدارها باید از معادلات حلقه و یا گره استفاده کرد.



$$\begin{aligned} \text{Loop A:} & -V_s + (I_a - I_c)R_1 + (I_a - I_b)R_3 = 0 \\ \text{Loop B:} & (I_b - I_a)R_3 + (I_b - I_c)R_2 + I_b R_4 = 0 \\ \text{Loop C:} & (I_c - I_a)R_1 + (I_c - I_b)R_2 + I_c R_3 = 0 \end{aligned}$$

روش معادلات حلقه به یک سری معادلات

همزمان منتهی می شود که می توان آنرا با قوانین جبری حل کرد. (n معادله، n مجهول) معادلات بوسیله تخصیص جریان فرضی در هر حلقه نوشته می شوند. در

هر انشعاب باید حداقل یک جریان حلقه وجود داشته باشد و جریان یک حلقه مشخص، نباید تنها جریان دو یا چند انشعاب مختلف باشد. جریان حلقه با یک فلش جهت دار، درون حلقه نشان داده می شود. هر چند که جهت جریان اختیاری است ولی بهتر است برای کم کردن خطا، تمام جریانات را در یک جهت فرض کنیم. (ما جهت عقربه های ساعت را فرض کرده ایم) پس از تخصیص جریان باید قانون ولتاژ کیرشهف را برای هر حلقه بکار برد تا معادلات مربوطه تولید شود. جریان یک شاخه را می توان با جمع کردن جریان حلقه هائی که از آن شاخه استفاده می کنند بدست آورد. برای مثال معادلات مربوطه برای شکل فوق، در اینجا نشان داده شده است.

توجه کنید: I_a همیشه در حلقه A مثبت است. I_b در حلقه B مثبت است و با مقدار دهی به عناصر معلوم معادلات بفرم

$$-10 + (I_a - I_c) 1.5 + (I_a - I_b) 1.0 = 0$$

زیر تبدیل می شوند:

$$(I_b - I_a) 1.0 + (I_b - I_c) 2.7 + I_b 3.3 = 0$$

$$(I_c - I_a) 1.5 + I_c 2.2 + (I_c - I_b) 2.7 = 0$$

$$2.5 I_a - 1.0 I_b - 1.5 I_c = 10$$

پس از تبدیل معادلات بفرم استاندارد:

$$-1.0 I_a + 7.0 I_b - 2.7 I_c = 0$$

$$-1.5 I_a - 2.7 I_b + 6.4 I_c = 0$$

$$I_a = 5.905 \text{ mA} \quad I_b = 1.645 \text{ mA} \quad I_c = 2.078 \text{ mA}$$

پس از حل معادلات داریم:

با استفاده از این مقادیر می توان جریان شاخه های مختلف را بدست آورد:

$$I_{R1} = I_a - I_b = 5.905 \text{ mA} - 2.078 \text{ mA} = 3.827 \text{ mA}$$

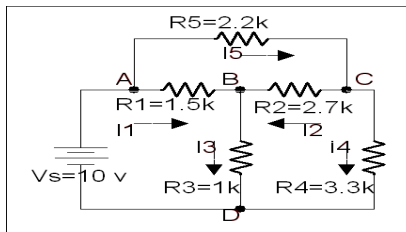
$$I_{R2} = I_b - I_c = 1.645 \text{ mA} - 2.078 \text{ mA} = -0.433 \text{ mA}$$

$$I_{R3} = I_a - I_b = 5.905 \text{ mA} - 1.645 \text{ mA} = 4.26 \text{ mA}$$

$$I_{R4} = I_b = 1.645 \text{ mA}$$

$$I_{R5} = I_c = 2.078 \text{ mA}$$

مقدار بدست آمده منفی برای I_{R2} نشان می دهد که جهت جریان واقعی، برعکس جهت جریان فرض شده، می باشد.



Node B: $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$$\frac{V_s - V_B}{R_1} + \frac{V_C - V_B}{R_2} - \frac{V_B - V_D}{R_3} = 0$$

Node C: $-I_2 - I_4 + I_5 = 0$

$$-\frac{V_C - V_B}{R_2} - \frac{V_C - V_D}{R_4} + \frac{V_s - V_C}{R_5} = 0$$

روش گره - ولتاژ: روش دیگری است که می تواند برای تجزیه و تحلیل مدار بکار رود. یک گره در یک مدار، نقطه ای است که دو یا چند

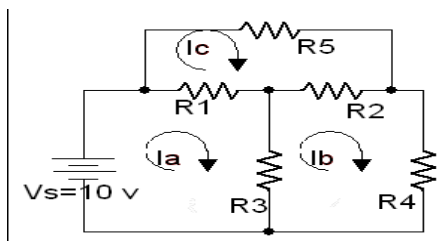
جریان مختلف بهم می رسند. در روش گره، جریانهای حقیقی در هر شاخه با یک سری معادلات که برای هر گره نوشته می شود، بدست می آید. معادلات بر اساس قانون جریان کیرشهف نوشته می شوند. جمع جریانات وارد شده به هر گره برابر جمع جریانات خارج شده از آن گره می باشد. ما در اینجا از همان مدار قبلی استفاده می کنیم این مدار در شکل فوق، با گره های A و B و C و D نشان داده شده است. فرض کنید نقطه D را مرجع بگیریم و برابر زمین (0v) باشد ($V_D = 0$) یک جریان جهت دار برای هر مقاومت در نظر می گیریم. وقتی $V_D = 0$ است V_A برابر V_s خواهد بود. معادلات گره های B و C در شکل فوق نشان داده شده است.

قطعه	مقدار اسمی مقاومت	مقدار اندازه گیری شده
R_1	1.0 k	
R_2	2.2 k	
R_3	3.9 k	
R_4	4.7 k	
R_5	10 k	

با جایگزینی مقادیر در معادلات فوق، ولتاژ گره های B و C براحتی پیدا می شود. مراحل آزمایش

1- مقاوتهای لیست شده در جدول را با اهم متر اندازه گرفته و در محل مربوطه یادداشت کنید.

2- مدار پل - T شکل زیر را بسازید. با استفاده از روش معادلات حلقه که در قسمت تئوری توضیح داده شده معادلات حلقه را برای حلقه های A و B و C بنویسید. با استفاده از این معادلات جریانهای I_a و I_b و I_c را محاسبه کرده و در جدول روبرو، یادداشت کنید.

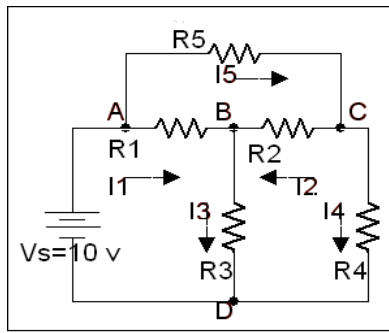


مقدار اندازه گیری شده	مقدار جریان (محاسبه شده)
I_a	
I_b	
I_c	
I_1	
I_2	
I_3	
I_4	
I_5	

3- با استفاده از جریانهای محاسبه شده، جریان مقاومتهای مختلف مدار را محاسبه کنید و در جدول فوق یادداشت کنید. سپس مقدار جریان مقاومتهای مختلف مدار را با آمپر متر اندازه گیری کرده و در قسمت مربوطه در جدول بالا یادداشت کرده و با نتایج محاسبه شده مقایسه کنید.

4- با استفاده از جریان های محاسبه شده و با استفاده از قانون اهم، ولتاژ دو سر هر مقاومت را محاسبه کنید. سپس از طریق اندازه گیری ولتاژ دو سر هر مقاومت را بدست آورده و نتایج را در جدول روبرو یادداشت کنید.

مقدار اندازه گیری شده	مقدار ولتاژ (محاسبه شده)
V_{R1}	
V_{R2}	
V_{R3}	
V_{R4}	
V_{R5}	

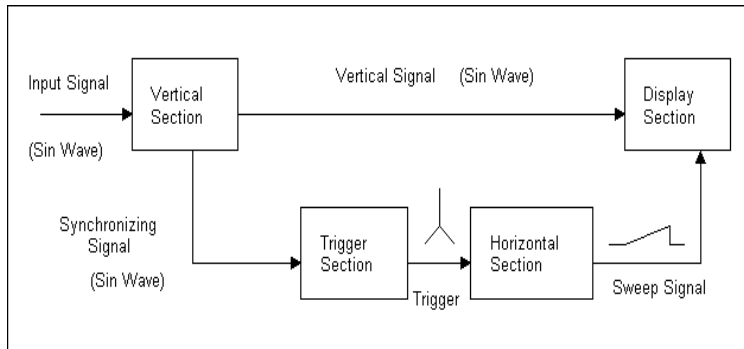


5- مدار شکل زیر را به روش گره - ولتاژ رسم شده است . چهار گره **A** و **B** و **C** و **D** در نظر گرفته شده است . جهت جریان هر مقاومت در شکل نشان داده شده است . فرض کنید نقطه **D** زمین است . پس ولتاژ **A** برابر V_s خواهد بود . معادلات مربوطه را برای نقاط **B** و **C** بدست آورید . مقادیر متغیرهای معلوم را در معادله ها وارد کرده و ولتاژ نقاط **B** و **C** را بدست آورید . مقدار بدست آمده برای گره **B** باید با مقدار ولتاژ اندازه گیری شده برای مقاومت R_3 برابر باشد . همچنین مقدار بدست آمده برای گره **C** باید با مقدار ولتاژ اندازه گیری شده برای مقاومت R_4 برابر باشد .

آزمایش چهارم: اسیلوسکوپ و اندازه گیری دامنه موج سینوسی

تئوری:

اسیلوسکوپ وسیله ای است که بوسیله آن می توان تصویر ولتاژ در یک مدار را بصورت تابعی از زمان مشاهده کرد. اسیلوسکوپ رami توان به چهار بلوک عملیاتی اصلی (شکل زیر) تقسیم نمود. سیگنال ورودی از طریق واحد **vertical** (عمودی) به واحد نمایش خورانده می شود. این مسئله باعث می شود که پرتو در جهت بالا و پائین - مطابق بالا و پائین رفتن ولتاژ ورودی - حرکت کند. واحد تریگر یک سیگنال به واحد **horizontal** (افقی) می فرستد. این سیگنال باعث آغاز یک موج دندان اره ای در خروجی واحد **horizontal** می شود و این موج باعث می شود که پرتو در جهت افقی در



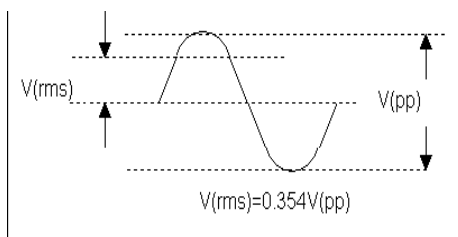
طول صفحه حرکت کند. سیگنال تریگر باید بطور دقیق با سیگنال **vertical** زمان بندی شود تا موج بطور ثابت روی صفحه دیده شود.

کلیدهای کنترلی مربوط به هر یک از بلوکها توضیح داده شده عموماً با رنگهای جداگانه روی اسیلوسکوپ گروه بندی شده اند. به کلیدهای کنترلی برای هر گروه روی

اسیلوسکوپتان دقت کنید. کلیدهای کنترلی واحد **display** (نمایش) شامل **FOCUS, INTENSITY** می باشند کلیدهای کنترلی واحد **Vertical** (عمودی) شامل **Vertical position, volts/div** و **CHANNEL MODE** (که شامل **CH2, DUAL, ADD, CH1**) و **AC/DC, GND** می باشند. کلیدهای کنترلی واحد تریگر شامل **LEVEL, SOURCE COUPLING** و ... می باشند. کلیدهای کنترلی واحد **Horizontal** شامل **TIME /DIV** و **x10 MAG**، کلیدهای کنترلی **horizontal position** می باشد جزئیات هر کدام از این کلیدها در مراجع مربوطه و دفترچه راهنمای اسیلوسکوپ مشخص شده است.

در شروع کار با اسیلوسکوپ ممکن است نتوانید تمامی کلیدهای کنترلی را بدرستی تنظیم کنید و یک تصویر مناسب بدست آورید. اگر نتوانستید، در شروع **TIME/DIV** را روی **0.1 MS/DIV** قرار دهید.

CH1 را انتخاب کنید و با استفاده از کلیدهای عمودی و افقی (**horizontal position** و **vertical position**) تصویر را به مرکز صفحه بیاورید اگر هنوز هم مشکل دارید کلید **Intensity** را چک کنید. با توجه به این موضوع که اسکوپ می تواند ولتاژ را نسبت به زمان، نمایش دهد بوسیله آن براحتی می توان ولتاژ **ac** روی صفحه را اندازه گرفت. باید در تطبیق مقدار اندازه گیری شده از اسکوپ با مقدار خوانده شده از ولتمتر دقت کافی بعمل آید. مولتی مترهای دیجیتال مقدار **rms** (**root-mean-square**) از موج سینوسی را نشان می دهند. این مقدار نمایانگر مقدار موثر



از یک ولتاژ **ac** می باشد که معادل ولتاژ **dc** ای است که همان مقدار گرما روی یک بار معین تولید می کند. عموماً "اندازه گیری مقدار **peak-to-peak** روی اسیلوسکوپ راحتتر است. نسبت بین مقدار **pp** که توسط اسیلوسکوپ می تواند اندازه گیری شود و مقدار **rms** که توسط **DMM** می تواند خوانده شود در شکل نشان داده شده است.

موجهای غیر سینوسی را نمی توان بوسیله **DMM** اندازه گرفت و با مقدار اندازه گرفته شده توسط اسکوپ مقایسه کرد . (توجه کنید **DMM** ها عموماً فقط مقدار **rms** , از یک موج سینوسی را در حالت **ac** نمایش می دهند) به غیر از موج سینوسی فقط موج **dc** است که توسط هر دو نوع وسیله می تواند اندازه گیری شود . مقدار **dc** یک موج را می توان بوسیله مقداری که موج از خط میانی اسکوپ بالا یا پائین رفته است ، اندازه گرفت . برای یک موج سینوسی مقدار **dc** برابر است با فاصله خط میانی اسکوپ تا وسط مقدار ماکزیمم و مینیمم موج . مقدار **dc** یک موج را حتی اگر شکل موج سینوسی نباشد نیز براحتی می توان توسط یک **DMM** اندازه گرفت . برای انجام این کار باید **DMM** را در حالت **DC VOLTS** قرار داد . دامنه یک موج متناوب (**Amplitude**) می تواند به چهار صورت بیان شود :

rms , peak , peak-to-peak و مقدار میانگین . مقدار **peak-to-peak** یک موج ، حداکثر مقداری است که موج تغییر می کند و این مقدار غیر وابسته به موقعیت صفر می باشد . مقدار پیک **peak** ، ماکزیمم اندازه موج را نشان می دهد و عموماً با مقدار **dc** جمع شده است . (توجه کنید وابسته به موقعیت صفر می باشد) اگر می خواهید یک موج را توسط اسکوپ اندازه بگیرید و مقدار اندازه گرفته شده را گزارش کنید و گزارش شما شامل **dc-offset** باشد ، باید این عمل را با گفتن نقاط مینیمم و ماکزیمم از حوزه قلمرو موج انجام دهید .

یک نکته مهم در اندازه گیری بوسیله اسیلوسکوپ توجه به پروپ آن است . نوع پروبی که عموماً توسط تولید کنندگان بکار برده می شود ، پروب **attenuator** (پروپ تضعیف کننده) نامیده می شود . این نوع پروپ ورودی را در یک فاکتور مشخص ضرب کرده و آنرا کاهش می دهد . معمولترین نوع پروپ لاغر کننده ، پروپ **x10** می باشد . این پروب سیگنال ورودی را در **0.1** ضرب می کند . این موضوع یک ایده خوبی است که ، قبل از اندازه گیری با اسکوپ ، خطاهای بوجود آمده توسط پروب را جبران کنیم . این بدان معناست که پاسخ پروب را یکنواخت کنیم . (وقتی **x 0.1** یا **x 1** می کند ممکن است شکل موج را خراب کند) پروبها عموماً یک خازن متغیر روی نوک پروب یا یک جعبه کوچک در کانکتور ورودی دارند . می توان یک موج مربعی به اسکوپ داد و با تنظیم مناسب خازن گوشه های موج و سطح آن را تصحیح کرد . اکثر اسکوپها یک تولید کننده موج مربعی داخل اسکوپ دارند که بوسیله آن می توان خطاهای پروب را تشخیص داده و جبران نمود .

مراحل آزمایش

1- کلیدهای کنترلی هر چهار گروه از کلیدهای اسیلوسکوپ را مطالعه کنید . پس از آن اسکوپ را روشن کنید **CHI** را انتخاب کنید **TIME/DIV** را روی **0.1 MS/DIV** قرار دهید . در این حالت باید یک خط در طول صفحه نمایشگر **CRT** مشاهده کنید .

2- منبع تغذیه را روشن کنید و با استفاده از **DMM** خروجی آنرا روی **1.0v** تنظیم کنید در این مرحله می خواهیم مقدار ولتاژ **dc** را بوسیله اسیلوسکوپ اندازه بگیریم ، برای انجام این کار مراحل زیر لازم است :
(a) Vertical Coupling (AC-GND -DC) را در حالت **GND** قرار دهید این عمل باعث خواهد شد که ورودی از اسکوپ قطع شده و صفر ولت به آن وصل شود . با استفاده از کلید **Vertical position** خط صفر را تنظیم کنید (خط نمایش داده شده را به خط میانی اسکوپ برسانید)

(b) CH1 VOLTS/DIV را روی **0.5v/div** قرار دهید . همچنین چک کنید که کلید **Variable** در وضعیت **CAL** باشد . (اگر اندازه گیری شما دقیق است .)

(c) پروب اسیلوسکوپ را به منبع تغذیه وصل کنید (توجه کنید زمین پروب به زمین منبع تغذیه وصل شود) coupling vertical را به وضعیت **DC** برگردانید . در این حالت خط نمایش داده شده باید 2 قسمت به طرف بالا بپرد .

$$\text{VOLTS/DIV setting} * \text{number of Divisions of Deflection} = \text{Measured voltage}$$

3- منبع تغذیه را برای هر کدام از ولتاژهای لیست شده در جدول زیر، تنظیم کنید. هر کدام از ولتاژها را با استفاده از مراحل بالا

اندازه بگیرید. خط اول از این جدول برای مثال

پر شده است. برای آنکه مقدار اندازه گیری

شده دقیق باشد لازم است که VOLTS/DIV

بطور دقیق تنظیم شود. مقدار خوانده شده

توسط اسیلوسکوپ و اندازه گیر باید کمتر از

3% با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

ولتاژ منبع تغذیه	VOLT/DIV Setting	تعداد خانه های اسکوپ	ولتاژ اندازه گیری شده با اسکوپ	ولتاژ اندازه گیری شده با DMM
1.0	0.2V/div	5.0 DIV	1.0v	1.0v
2.5				
4.5				
8.3				

4- قبل از مشاهده سیگنال ac بهتر است که

پروب چک شود. برای چک کردن پروب VOLTS/DIV را روی 1.0 V/DIV قرار دهید AC-GND-DC را در حالت

DC قرار دهید و کلید TIME/DIV را روی 0.5 MS/DIV قرار دهید پروب را به کانکتور CALL 2Vpp روی

اسیلوسکوپ وصل کنید. در این مرحله باید یک موج مربع با سطح یکنواخت و گوشه های مناسب مشاهده کنید. اگر

لازم بود پروب را تنظیم کنید تا یک موج مربعی خوب دریافت کنید.

5- سیگنال ژنراتور را برای تولید یک موج ac با فرکانس 1.0 KHz تنظیم کنید. دامنه سیگنال ژنراتور را روی 1.0V_{rms}

تنظیم کنید و این مقدار را توسط DMM بخوانید. کنترل کننده TIME/DIV از اسیلوسکوپ را روی 0.2

MS/DIV و VOLTS/DIV را روی 0.5 V/DIV قرار دهید. پروب اسکوپ و زمین آنرا به سیگنال ژنراتور وصل کنید

کلیدهای Vertical Position و Trigger Level را بدرستی تنظیم کنید تا یک تصویر ثابت در مرکز صفحه ببینید.

شما باید تقریباً دو سیکل از یک موج ac با دامنه 2.8V_{pp} روی صفحه مشاهده کنید. این مقدار معادل 1.0 V_{rms}

می باشد.

6- با استفاده از DMM دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را برای مقادیر لیست شده در جدول صفحه بعد، تنظیم کنید. مرحله

قبلی را برای هر کدام از ولتاژها تکرار کنید و مقدار اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ را بدست آورید. خط اول از

این جدول برای مثال پر شده است دقت کنید که کلید VOLTS/DIV را روی مقدار مناسب قرار دهید تا اندازه گیری با

بیشترین دقت ممکن بدست آید.

دامنه فانکشن ژنراتور	VOLT/DIV Setting	تعداد خانه های اسکوپ (Peak-To-Peak)	ولتاژ اندازه گیری شده با اسکوپ (Peak-To-Peak)	ولتاژ اندازه گیری شده با اسکوپ (rms)
1.0 V _{rms}	0.5V/div	5.6 DIV	2.8 V _{pp}	1.0 V _{rms}
2.2 V _{rms}				
3.7 V _{rms}				
4.3 V _{rms}				

مسائل :

1- (a) درصد اختلاف بین مقدار اندازه گرفته شده توسط DMM و مقدار اندازه گرفته شده توسط اسکوپ را برای هر کدام از ولتاژهای dc در جدول مرحله 3 محاسبه کنید .

(b) کدام روش دقیقتر است و چرا ؟

2- بطور خلاصه ، چهار گروه از کلیدهای کنترلی اسکوپ را توضیح دهید و مقصود هر گروه را بیان کنید .

3- برای بدست آوردن یک تصویر ثابت ، کدامیک از گروه کلیدهای کنترلی را باید تنظیم نمود .

4- (a) اگر یک موج ac ، $3/4$ واحد برای پیک - پیک گرفته باشد و کنترل کننده VOLTS/DIV روی 5.0 V/DIV

تنظیم شده باشد ولتاژ پیک - پیک چقدر است؟

(b) ولتاژ rms چقدر است ؟

5- اگر میخواهید یک موج سینوسی بادامنه $20V_{rms}$ را مشاهده کنید چه تنظیمی برای کنترل کننده VOLTS/ DIV مناسبترین

است ؟

6- دقیقترین حالت برای اندازه گیری یک موج روی اسکوپ آن است که از بزرگترین قسمت سطح نمایش دهنده استفاده کنیم .

چرا

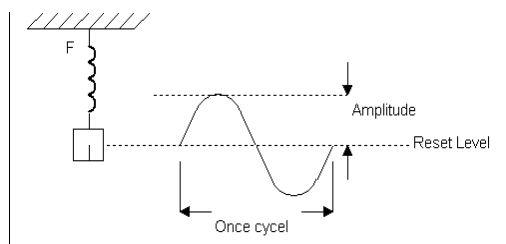
آزمایش پنجم: اندازه گیری موج سینوسی

عناصر مورد نیاز :

مقاومت : 2.7 k و 6.8 k هرکدام یک عدد

تئوری :

تصور کنید که یک وزنه توسط یک فنر آویزان شده است . اگر شما فنر را بکشید و سپس آنرا رها کنید فنر با قاعده خاصی در جهت بالا و پائین بطور دائم حرکت خواهد کرد . فاصله بین پائین ترین نقطه تا بالاترین نقطه دامنه حرکت (**amplitude**) نامیده می شود . در حالی که وزنه سمت بالا و پائین حرکت می کند ، زمان یک سیکل کامل ، دوره تناوب



و تعداد سیکلها در واحد زمان، فرکانس نامیده می شود . این حرکت متناوب، حرکت هارمونیک ساده (**simple harmonic motion**) نامیده می شود . یک گراف از حرکت هارمونیک ساده بصورت تابعی از زمان یک موج سینوسی را تولید خواهد کرد که اساسی ترین شکل موج در طبیعت می باشد . این شکل موج براحتی می تواند توسط یک ژنراتور **ac** (سیگنال ژنراتور) تولید شود . شکل روبرو، این تعریفها را نشان می دهد . موج سینوسی را

همچنین می توان توسط حرکت یکنواخت روی یک دایره بدست آورد اگر تصویر نقطه انتهایی یک دایره که با سرعت ثابتی در محیط دایره می چرخد را روی محور **x** ها بدست آوریم یک موج سینوسی بدست خواهد آمد . از این روش عموماً " برای بدست آوردن اختلاف فاز بین دو موج سینوسی استفاده می شود .

موج سینوسی، خواص جالب دیگری هم دارد. موجهای سینوسی مختلف می توانند با هم جمع شده و موجهای جدیدی بسازند و درحقیقت هر موج متفاوت نظیر **RAMP** یا مربعی می تواند به صورت مجموعی از موجهای سینوسی نوشته شود. این خاصیت مطلب بسیار مفیدی در مطالعه پاسخ مدارها به شکل موجهای مختلف می باشد .

اسیلوسکوپ وسیله ای بسیار مفید برای مشاهده شکل موجهای مختلف در مدار می باشد در این آزمایش شما زمان را برای موج سینوسی اندازه می گیرید . برای اندازه گیری زمان ، اسیلوسکوپها معمولاً " یک موج دندان اره ای تولید می کنند و این موج را به صفحات منحرف کننده عمودی وصل می کنند .

(**horizontal deflection plates**) این سیگنال در واقع سیگنال جاروب یا سیگنال زمان اسیلوسکوپ می باشد و توسط

کلید کنترلی **TIME/DIV** تنظیم می شود

فرکانس فانکشن ژنراتور	زمان (پریود) محاسبه شده	SEC/DIV Setting	تعداد خانه های اسکوپ	زمان (پریود) اندازه گیری شده
1.25 KHz	0.8 ms	0.1	8.0 div	0.8 ms
1.90 KHz				
22 KHz				
84.0 KHz				
600 KHz				

مراحل آزمایش

1- سیگنال ژنراتور را برای سیگنال سینوسی

1.0v و فرکانس 1.25KHz تنظیم کنید .

کلید کنترلی **TIME/DIV** از اسکوپ را

روی 0.1 MS/div بمنظور نمایش یک

سیکل کامل روی صفحه تنظیم کنید. زمانیکه

برای یک سیکل (دوره تناوب) انتظار داریم

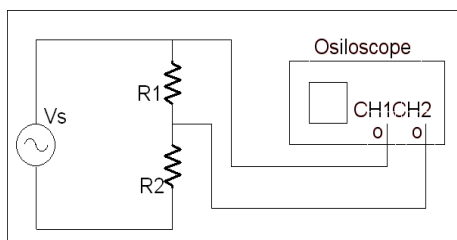
معکوس 1.25 KHz یعنی 0.8 ms می باشد . با انتخاب 0.1ms/div برای کلید **TIME/DIV** ، یک سیکل به 8 قسمت

در طول صفحه نیاز خواهد داشت این اطلاعات در خط اول از جدول (صفحه قبل)، برای مثال نشان داده شده است .

2- فرکانس سیگنال ژنراتور را برای هر کدام از مقادیر لیست شده در جدول، تغییر دهید. جدول را کامل کنید. (دامنه سیگنال ژنراتور را برای همه فرکانس ها $1.0V_{pp}$ بگیرید دوره تناوب را یکبار از طریق محاسبه و بار دیگر از طریق اندازه گیری بدست آورید .)

3- در این مرحله شما احتیاج دارید که از یک اسکوپ دو کاناله با دو پروب که هر پروب به یک کانال وصل شده است استفاده کنید . بعضی از مواقع لازم است که ولتاژ دو سر یک عنصر بدون زمین را اندازه بگیریم (هیچ کدام از دو سر عنصر، زمین نیست) اگر پتانسیل زمین اسیلوسکوپ با پتانسیل زمین مدار یکی باشد آنگاه فرآیند اتصال پروب اسکوپ به عنصر بدون زمین از مدار باعث بوجود آمدن یک اتصال کوتاه ناخواسته خواهد شد .

راه صحیح برای اندازه گیری ولتاژ دو سر یک عنصر بدون زمین ، استفاده از دو کانال اسکوپ و معکوس کردن کانال 2 و انتخاب حالت جمع (ADD) می باشد. این روش در مدار شکل زیر نشان داده شده است عمل تفریق، ولتاژ اندازه گرفته شده روی کانال 2 را از ولتاژ اندازه گرفته شده روی کانال 1 تفریق میکند . به این مطلب مهم توجه کنید کلید کنترلی **vertical sensitivity** (volts/div) از هر دو کانال روی یک مقدار مشترک تنظیم شده باشد و هر دو کانال در حالت کالیبره شده باشند .



مدار روپرو را ببینید . یک مقاومت $2.7K$ برای R_1 و یک مقاومت $6.8K$ برای R_2 انتخاب کنید . سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی $1.0v$ و $10KHz$ تنظیم کنید . کانال 1، ولتاژ دو سر سیگنال ژنراتور و کانال 2، ولتاژ دو سر R_2 را نشان

خواهد داد. تفاضل این دو کانال ، ولتاژ دو سر R_1 را نشان خواهد داد. در اسیلوسکوپها احتیاج است که برای انجام عمل تفریق حالت **ADD** را انتخاب کرد (انتخاب کانال را روی **ADD** قرار داد) و کانال 2 را **Invert** (معکوس)

کرد . با انجام این دو عمل تفریق دو کانال بدست خواهد آمد . جدول روپرو را برای ولتاژهای اندازه گیری شده کامل کنید . با استفاده از قاعده تقسیم ولتاژ آیا ولتاژهای اندازه گیری شده صحیح هستند یا خیر؟

	ولتاژ دو سر R_1	ولتاژ دو سر R_2	ولتاژ فانکشن ژنراتور
مقدار اندازه گیری شده			
مقدار محاسبه شده			

مسائل :

1- (a) مقادیر اندازه گرفته شده و محاسبه شده برای دوره تناوب در جدول را با هم مقایسه کنید . درصد اختلاف را برای هر کدام از سطرهای جدول محاسبه کنید

(b) چه اشکال اندازه گیری سبب این درصد اختلاف شده است ؟

2- با استفاده از ولتاژهای اندازه گرفته شده در جدول مرحله 3 نشان دهید که قانون ولتاژ کیرشهف برقرار است .

3- یک نمایشگر اسکوپ یک سیکل کامل از موج سینوسی را در $6/3$ قسمت نشان می دهد . کنترل کننده **TIME/DIV** روی $20MS/DIV$ تنظیم شده است .

(a) دوره تناوب چقدر است ؟ (b) فرکانس چقدر است ؟

4- می خواهیم یک موج سینوسی $10KHz$ را روی اسیلوسکوپ نشان دهیم ، چه تنظیمی برای کنترل کننده **TIME/DIV** در نظر بگیریم تا یک سیکل کامل را در 10 واحد نشان دهد ؟

$5 \text{ TIME/DIV} = \dots\dots\dots$ توضیح دهید

که چگونه می توانید ولتاژ دو سر یک عنصر بدون زمین را اندازه بگیرید ؟

آزمایش ششم : خازن

عناصر مورد نیاز :

LED : دو عدد

مقاومت : $1.0K\Omega$ دو عدد

خازن : $10nF, 100nF, 1.0\mu F, 22\mu F, 100\mu F$, از هر کدام یک عدد ($35v$ یا بیشتر)

تئوری :

وقتی دو صفحه هادی بوسیله ماده مخصوصی از هم جدا شوند ، خازن ساخته می شود . وقتی یک ولتاژ بین دو صفحه برقرار شود ، یک بار الکتریکی بین دو صفحه برقرار خواهد شد . این توانایی که یک خازن میتواند شارژ شود و توان الکتریکی را در خود ذخیره کند خاصیت مهمی است که می تواند روی عملکرد مدارهای **dc** و **ac** تاثیر بگذارد . خازنها از دو صفحه هادی مسطح بزرگ ساخته شده اند که به آنها پلیت می گویند . (**plate**) پلیتها بوسیله یک ماده جدا کننده (ماده دی الکتریک) ، از هم جدا شده اند . توانائی ذخیره سازی می تواند با بزرگتر کردن اندازه پلیتها و یا کوچکتر کردن فاصله دو پلیت انجام شود . وقتی که یک ولتاژ به دو سر یک خازن اعمال شود ، بار الکتریکی در مداری که به خازن وصل شده است برقرار خواهد شد و تا جایی ادامه خواهد یافت که ولتاژ دو سر خازن برابر ولتاژ بکار برده شده در مدار شود . بار الکتریکی که جریان پیدا می کند متناسب با اندازه خازن و ولتاژ بکار برده شده است . این موضوع یک مفهوم اساسی در خازن می باشد و با معادله زیر بیان می شود :

$$Q = C.V$$

الکتریکی در واحد کولن ، **C** : ظرفیت خازن در واحد فاراد ، **V** : ولتاژ بکار برده شده ، می باشد . این فرمول را می توان با فرمول فشار دادن هوا در یک بطری مقایسه کرد . (مقدار هوایی که می توان داخل بطری کرد ، مستقیماً با ظرفیت بطری (حجم بطری) و فشار اعمال شده ، متناسب است .)

اگر بخاطر داشته باشید جریان بصورت بار بر واحد زمان تعریف می شود : $I=Q/t$

که **I** : جریان الکتریکی در واحد آمپر ، **Q** : بار الکتریکی در واحد کولن ، **t** : زمان در واحد ثانیه می باشد .

این فرمول را می توان بصورت زیر بازنویسی کرد :

$$Q = I.t$$

اگر دو خازن را بصورت سری به یک منبع ولتاژ وصل کنیم ، آنگاه جریان هر دو خازن یکی خواهد بود . مقدار زمانی که این جریان برقرار است نیز ، برای هر دو خازن ، یکی است . پس بار الکتریکی معادل Q_t ، برای هر دو خازن مساوی و برابر بار تک

$$Q_t = Q_1 = Q_2$$

تک خازنهاست یعنی :

همانطور که در مراجع نشان داده شده است خازن معادل (ظرفیت معادل) برای چند خازن سری کاهش می یابد . ظرفیت معادل از فرمول زیر بدست می آید :

$$1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_n$$

حال خازنهائی را که با هم موازی هستند در نظر بگیرید . در یک مدار موازی بر طبق قانون جریان کیرشهف ، جریان مجموع برابر با جریانهائی است که از هر شاخه می گذرد . اگر این جریان برای زمان ثابتی ، برای تمام شاخه ها وجود داشته باشد آنگاه بار الکتریکی معادل ، مجموع بار الکتریکی شاخه ها خواهد بود :

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

موازی به هم وصل شده اند باعث می شوند که ظرفیت معادل از ظرفیت تک تک خازنها بیشتر شود زیرا بار الکتریکی بیشتری در

یک ولتاژ معین انجام خواهد شد . ظرفیت معادل برای خازنهائی موازی از رابطه زیر بدست می آید :

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

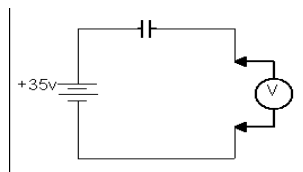
به منظور تشخیص سالم بودن خازن ، دو روش آزمایش وجود دارد که بوسیله آنها می توان سالم بودن یک خازن بزرگتر از

$0.01 \mu F$ را تست کرد و تشخیص داد که آیا خازن قابل شارژ شدن است یا خیر؟ هر چند که این تستها جامع و کامل نیستند ولی برای تشخیص معیوب بودن یک خازن مفید می باشد:

روش اول: با استفاده از اهم متر انجام می شود و خازن باید تا ولتاژ داخلی اهمتر شارژ شود. اهمتر در زمان این شارژ از صفر تا بی نهایت بالا می رود. برای انجام این تست مراحل زیر را انجام دهید:

1- یک انتهای خازن را از مدار خارج کنید و با اتصال دو سر خازن به هم آنرا تخلیه کنید.
2- اهم متر را روی بزرگترین اندازه مقاومت ممکن تنظیم کنید. پایه منفی اهم متر را به ترمینال منفی خازن وصل کنید. توجه کنید: شما باید اهم متر را با پلاریته مناسب به خازن وصل کنید. (خیال نکنید که حتما " پایه مشترک common اهم متر پایه منفی است).

3- پایه دیگر اهم متر را به سر دیگر خازن وصل کنید. در این حالت اهم متر باید مقاومت بسیار کوچکی را نشان دهد و پس از آن کم کم مقاومت افزایش پیدا کند. اگر اهم متر را در رنج بزرگتری قرار دهید، اهم متر خازن را آهسته تر شارژ خواهد کرد. برای خازنهای کوچکتر (زیر $0.01 \mu F$)، این تغییرات ممکن است دیده نشود. خازنهای الکترولیت بسیار بزرگ، ممکن است زمان زیادی برای شارژ نیاز داشته باشند بنابراین از رنج کوچکتری روی اهم متر استفاده کنید. یک خازن که " اهم متر تست " را گذرانده است ممکن است وقتی ولتاژ به آن اعمال شود کار نکند.



روش دوم: با استفاده از یک ولتمتر می توان چک کرد که آیا وقتی ولتاژ به این خازن اعمال می شود کار می کند یا نه، ولتمتر باید بصورت سری به یک خازن و یک ولتاژ dc وصل شود. (شکل روبرو) وقتی ولتاژ برای اولین بار وصل شود خازن توسط مقاومت بسیار بزرگ ولتمتر که با آن سری است شارژ خواهد شد. همانطور که خازن شارژ می شود ولتاژ دو سر آن افزایش خواهد یافت و در نتیجه ولتاژ دو سر ولتمتر کاهش خواهد یافت و

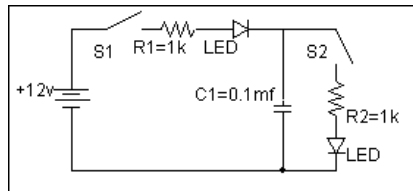
بزودی به یک ولتاژ بسیار کوچکی خواهد رسید. خازنهای بزرگ الکترولیت ممکن است بعلت داشتن جریان نشتی، میزان شارژ شدن آنها نامحسوس باشد. (بویژه وقتی امپدانس ولتمتر بالا باشد). در این حالت می توانید مقدار خوانده شده از ولتمتر را با مقدار خوانده شده برای یک خازن سالم و معادل با خازن مورد نظر، مقایسه کنید. این دو تست ساده برای تشخیص مشکلات نمایان و بزرگ مفید می باشند.

اندازه ظرفیت یک خازن و تغییر اندازه در آن (که از مهمترین عیوب خازن می باشد) بوسیله دو تست فوق قابل تشخیص نیستند. از اشکالات دیگر در خازنها می توان به نشت جریان و جذب دی الکتریک اشاره نمود. بعضی از DMM ها، شامل اندازه گیر هایی هستند که می تواند ظرفیت خازن را اندازه گیری کند. یک تست جامع تر توسط دستگاه **dynamic component analyzer** انجام می شود که می تواند اندازه خازن، جریان نشتی و حتی جذب دی الکتریک آنرا تعیین کند.

خازن	مقدار خازن	تست اهمتر	تست ولتاژ
C ₁	100 μF		
C ₂	22 μF		
C ₃	1 μF		
C ₄	100nF		
C ₅	10nF		

مراحل آزمایش:
1- خازن های موردنیاز را تهیه کنید. هر کدام از خازنها را با اهم متر، همانگونه که در بخش تئوری گفته شد، چک کنید. نتایج تست را در جدول منعکس کنید.

2- هر کدام از خازنها را با ولتمتر تست کنید. در این آزمایش، یک خازن الکترولیت با ظرفیت بالا، ممکن است که ناسالم به نظر برسد (به علت زمان طولانی شارژ). به حداکثر ولتاژی که می توان به خازن اعمال کرد دقت کنید تا خازن صدمه نبیند به سرعت شارژ شدن خازنها هم توجه کنید. نتایج را در جدول منعکس کنید.



3- مدار شکل روبرو را ببندید . کلیدها را می توانید با استفاده از سیم بسازید . هر دو کلید را باز بگذارید . LED ها و خازن جز عناصری هستند که باید در اتصال درست دو سر آنها در مدار دقت کنید تا بدرستی کار کنند .

4- S_1 را ببندید و LED ها را مشاهده کنید . سپس S_1 را باز و پس از آن S_2 را ببندید . نتایج مشاهدات خود را در ردیف مرحله 4 جدول زیر، منعکس کنید .

5- در این مرحله C_1 و C_2 را با هم سری کنید . هر دو کلید را باز کنید . مطمئن شوید که هر دو خازن بطور کامل تخلیه شده اند . این کار را با زدن یک سیم به دو سر خازنهای انجام دهید . S_1 را ببندید . ولتاژ هر دو خازن را اندازه بگیرید . این عمل را سریع انجام دهید تا اندازه گیر باعث تخلیه خازن نشود . نتایج را در ردیف 5 جدول منعکس کنید .

6- با استفاده از ولتاژ اندازه گیری شده ، بارالکتریکی هر کدام از خازنهای را محاسبه کنید . پس از آن S_1 را باز کنید و S_2 را ببندید نتایج محاسبات و مشاهدات خود را در ردیف 6 جدول منعکس کنید .

7- خازنهای را سری به موازی تبدیل کنید . هر دو کلید را باز کنید . مطمئن شوید که هر دو خازن کاملاً تخلیه شده اند . سپس S_1 را ببندید . ولتاژ دو سر خازنهای موازی را اندازه بگیرید (سریع) و نتایج را در ردیف 7 جدول وارد کنید .

8- با استفاده از ولتاژ اندازه گرفته شده ، بارالکتریکی هر کدام از خازنهای را محاسبه کنید . پس از آن S_1 را باز و S_2 را ببندید . نتایج محاسبات و مشاهدات خود را در ردیف 8 جدول منعکس کنید .

مرحله	V_1	V_2	Q_1	Q_2	مشاهدات
4	////	////	////	////	
5		////	////	////	////////////////////////////////////
6	////	////			
7			////	////	////////////////////////////////////
8	////	////			

مسائل :

1- چرا زمان روشن شدن LED ها در مرحله 5 و 6 از مرحله 4 کمتر است ؟

2- چه اتفاقی بوجود خواهد آمد اگر خازنهای بیشتری را در مرحله 6 سری کنید ؟

3- (a) اگر یک خازن $1 \mu F$ را با یک خازن $2 \mu F$ موازی کنیم ظرفیت معادل چقدر است ؟

(b) اگر خازنهای سری شوند ظرفیت معادل چقدر است ؟

(C) در حالت سری برای دو خازن بالا ، کدامیک از خازنهای ولتاژ بالاتری را در دو سر خود خواهد داشت ؟

4- فرض کنید یک خازن $3 \mu F$ تا $100V$ شارژ شده است ، اگر این خازن را بصورت موازی به یک خازن $10 \mu F$ وصل کنیم چه ولتاژی در دو سر خازنهای پدیدار خواهد شد . (راهنمایی : از بارالکتریکی معادل استفاده کنید)

5- فرض کنید دو خازن با نامهای A و B بصورت سری در یک مدار وصل شده اند . همچنین فرض کنید هر دو یک شارژ را دارند ولی ولتاژ دو سر A دو برابر ولتاژ دو سر B می باشد . خازن بزرگتر چه ظرفیتی دارد ؟ پاسخ خود را ثابت کنید .

6- محدودیتهای استفاده از یک ولتمتر یا اهمتر در تست یک خازن چیست ؟

آزمایش هفتم: سلف (پیچ ، القاکن)

عناصر مورد نیاز:

سلف: 6.8mH دو عدد

مقاومت: $47\ \Omega$ یک عدد

تنوری:

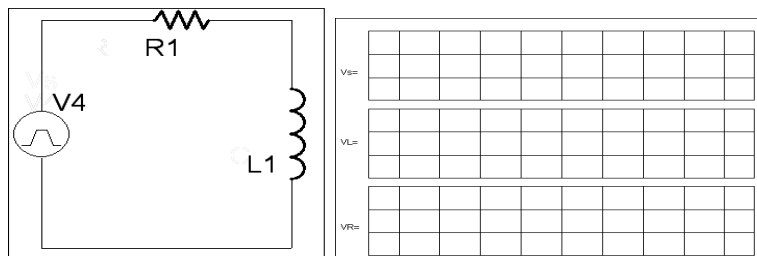
وقتی که جریان الکتریکی در داخل یک سیم پیچ برقرار شود، یک میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ بوجود خواهد آمد. این میدان مغناطیسی موافق (در جهت همراهی کردن) با حرکت‌های بارهای الکتریکی می باشد و با اندازه جریان متناسب است. اگر جریان الکتریکی داخل سیم پیچ تغییر کند، میدان مغناطیسی سبب خواهد شد که یک ولتاژ در جهت مخالفت کردن با تغییر جریان در دو سر سیم پیچ ایجاد شود. این خاصیت که سبب بوجود آمدن یک ولتاژ در جهت مخالفت کردن با تغییر جریان می شود، اندوکتانس نام دارد.

اندوکتانس در مدارهای الکتریکی، معادل اینرسی در سیستمهای مکانیکی می باشد همانگونه که ظرفیت (Capacitance) در خازنها در برابر تغییر ولتاژ مخالفت می کند، اندوکتانس نیز در برابر تغییر جریان مخالفت می کند. این خاصیت اندوکتانس با قانون لنز بیان شده است، این قانون بیان می دارد که نیروی محرکه ای که در اثر تغییر شار (فلوی مغناطیسی)، القا می شود دارای جهتی است که با علت تغییر شار (یعنی تغییر جریان) مخالفت کند. واحد اندوکتانس هانری می باشد. یک هانری برابر مقدار اندوکتانسی است که باعث می شود یک ولت، در اثر تغییر جریان به اندازه یک آمپر در مدت یک ثانیه، تولید شود. سیم پیچ هائی که با اندوکتانس مشخصی ساخته شده اند سلف نامیده می شود وقتی که سلفها بصورت سری بهم وصل شوند، اندوکتانس معادل برابر مجموع اندوکتانسهای تک تک سلفها خواهد شد. این موضوع شبیه مقاومت‌هایی است که بصورت سری بهم وصل شده اند. فرمول سلفهای موازی هم نظیر فرمول مقاومت‌های موازی می باشد. خاصیت دیگر سلف، غیر مشابه بودن آنها با مقاومت می باشد و در مدارهای اندوکتانسی ظاهر می شود. این خاصیت، اندوکتانس متقابل (Mutual Inductance) نامیده می شود و علت آن تداخل میدانهای مغناطیسی سلفهاست که باعث افزایش و یا کاهش اندوکتانس معادل خواهد شد.

نظیر مدارات کاپاسیتنسی، مدارات اندوکتانسی یک ثابت زمانی مربوط به خود دارند. منحنی نمائی مدار اندوکتانسی شبیه مدار ظرفیتی می باشد که در آن فقط ولتاژ با جریان جایگزین شده است. غیر مشابه با مدارات کاپاسیتنسی، اگر مقاومت بزرگتر شود ثابت زمانی کوچکتر خواهد شد. ثابت زمانی با فرمول زیر بدست می آید: $T=L/R$

T : ثابت زمانی در واحد ثانیه، L : اندوکتانس در واحد هانری، R : مقاومت در واحد اهم

مراحل آزمایش:



1- مدار شکل زیر را ببینید. با استفاده از این مدار شکل موج حاصل از یک موج مربعی را مشاهده خواهیم کرد. ولتاژ سیگنال ژنراتور را روی موج مربعی 1.0 Vpp با فرکانس 300Hz

تنظیم کنید. این فرکانس برای مشاهده تاثیر ثابت زمانی کافیست. ولتاژ سیگنال ژنراتور را روی CH1 و ولتاژ دو سر

سلف را روی CH2 از یک اسیلوسکوپ دو کاناله مشاهده کنید. اگر هر دو کانال کالیبره شده باشند و هر دو کانال روی یک مقدار VOLTS/DIV تنظیم شده باشند آنگاه قادر خواهد بود که ولتاژ دو سر مقاومت را با تفریق کردن دو کانال مشاهده کنید. کلید کنترلی TIME/DIV از اسکوپ را روی 0.5 MS/DIV تنظیم کنید و شکل موج V_R, V_L, V_S را روی نمودارها ترسیم کنید.

2- ثابت زمانی مدار را محاسبه کنید. مقدار محاسبه شده را در جدول وارد کنید. حال، ثابت زمانی را با مشاهده شکل موج دو سر مقاومت اندازه گیری کنید. شکل ولتاژ دو سر مقاومت همان شکل جریان در آن می باشد. می توانید ثابت زمانی را با اندازه گیری زمان افزایش ولتاژ دو سر مقاومت از 0 تا 63% مقدار نهایی آن اندازه گیری کنید. (همچنین می توانید زمان صعود را اندازه گیری کنید و با استفاده از آن ثابت زمانی را بدست آورید.

رابطه بین زمان صعود و ثابت زمانی بصورت $T = t_r / 2.20$ می باشد. شکل موج روی اسیلوسکوپ را عریضتر کنید تا اندازه گیری زمان بصورت دقیق انجام شود. ثابت زمانی اندازه گرفته شده را در جدول روبرو، وارد کنید.

	زمان محاسبه شده	زمان اندازه گیری شده
ثابت زمانی (τ)		

3- وقتی سلفها بصورت سری بهم وصل شوند، اندوکتانس معادل افزایش پیدا می کند. وقتی بصورت موازی بهم وصل شوند اندوکتانس معادل کاهش پیدا می کند. برای مشاهده تاثیر سلفهای موازی، یک انتهای یک سلف را به یک سر سلف اولی وصل کنید. بعد در حالی که شکل موج دو سر سلف اولی را مشاهده می کنید اتصال موازی دو سلف را کامل کنید. یعنی در حالی که سر دوم را قطع و وصل می کنید تغییر شکل موج را مشاهده کنید. شما می توانید تاثیر اتصال سری دو سلف را با سری کردن دو سلف مشاهده کنید. در حالی که هر دو سلف بصورت سری در مدار قرار دارند با یک سیم یکی از سلفها را اتصال کوتاه کنید و تاثیر این عمل را روی شکل موج دو سر مقاومت و دو سر سلف (ها) مشاهده کنید. نتایج مشاهدات و علت تغییرات شکل موج را بصورت دقیق در بخش گزارش منعکس کنید.

مسائل:

1- (a) اندوکتانس معادل دو سلف 6.8mH وقتی بصورت سری بهم وصل شده اند چقدر است؟
(b) در حالت موازی چقدر است؟

2- ثابت زمانی مدار مورد آزمایش با مقاومت $33 \text{ K } \Omega$ را بدست آورید؟

3- با افزایش فرکانس موج مربعی در مدار مورد آزمایش، چه تاثیری روی شکل موج مشاهده می نمایید؟

4- یک قاعده برای تعیین پلاریته ولتاژ القا شده در دو سر سلف بیان کنید؟ (تعیین سر مثبت و منفی)

آزمایش هشتم : مدارهای سری RC

عناصر مورد نیاز :

مقاومت $6.8\text{ K } \Omega$: یک عدد

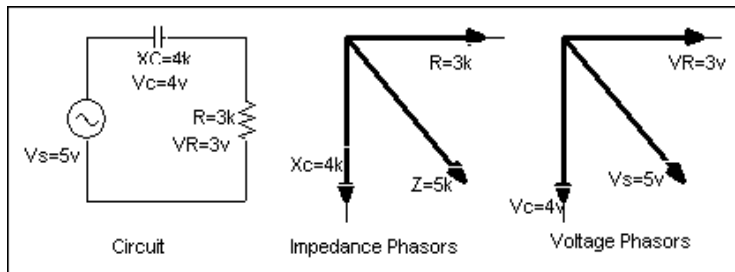
خازن 10nF : یک عدد

تنوری :

وقتی که یک موج سینوسی در یک فرکانس مشخص به یک مدار که فقط شامل عناصر خطی است (مقاومت، خازن و سلف) اعمال شود، شکل موج خروجی مدار نیز سینوسی با همان فرکانس خواهد بود. برای نمایش نسبت بین ولتاژها و جریانهای سینوسی، شکل موج ac را بصورت یک کمیت فازوری نمایش میدهیم . یک کمیت فازوری یک عدد مختلط است که برای نمایش دامنه و فاز موج سینوسی بکار برده می شود . یک نمایش گرافیکی از کمیت فازوری در مدار ، روش بسیار مفیدی است ، برای نمایش نسبت بین فاز و دامنه شکل موجهای مختلف . برای انجام اعمال ریاضی روی موجهای سینوسی می توان از قوانین جبری مربوط به اعداد مختلط استفاده کرد .

در زیر ، یک مدار RC به همراه دیاگرام فازوری امپدانس و نمودار فازوری ولتاژ رسم شده است . امپدانس معادل $5\text{K}\Omega$ می باشد که یک جریان 1.0 mA را تولید خواهد کرد . در یک مدار سری ، جریان کل مدار ثابت است و با ضرب کردن جریان در هر کدام از فازورهای نمودار امپدانس ، بدست خواهد آمد . با توجه به ثابت بودن جریان در کل مدار ، این موضوع قابل قبول است که از جریان بعنوان مرجع استفاده کرده و فازورهای ولتاژ را با هم مقایسه کنیم . به جهت فازور جریان دقت کنید . ولتاژ و جریان دو سر مقاومت بعلاوه هم فاز بودن هم جهت هستند ، ولی ولتاژ دو سر خازن 90° از جریان آن عقب تر است . ولتاژ دو سر ژنراتور برابر جمع فازوری ولتاژ دو سر مقاومت و ولتاژ دو سر خازن می باشد .

دیاگرام فازوری نشان داده شده ، فقط در یک فرکانس صحیح است . زیرا راکتانس خازن وابسته به فرکانس می باشد که از فرمول زیر بدست می آید :



با افزایش فرکانس، راکتانس خازن (X_c) کاهش خواهد یافت و این تغییر سبب خواهد شد تا زاویه فاز و ولتاژ دو سر عناصر تغییر کند . این تغییرات در این آزمایش دیده خواهد شد .

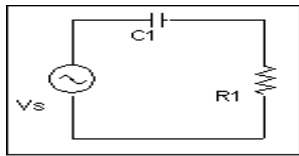
مراحل آزمایش :

1- ظرفیت واقعی یک خازن 10nF و یک مقاومت $6.8\text{ k } \Omega$ را اندازه بگیرید. نتایج اندازه

گیری را در جدول وارد کنید. اگر نمی توانید ظرفیت خازن را اندازه بگیرید از همان مقادیر

لیست شده استفاده کنید .

مقدار واقعی	مقدار اسمی	قطعه
		C_1
		R_1



2- مدار سری RC روبرو را ببینید. سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی 500 Hz و 3.0 Vpp تنظیم کنید. ولتاژ باید در حالی که مدار بسته است اندازه گرفته شود. ولتاژ را با اسکوپ تنظیم کنید و چک کنید که دامنه و فرکانس ولتاژ درست تنظیم شود. تمام ولتاژها و جریانها در کل این آزمایش را بصورت کمیتهای پیک-پیک گزارش کنید.

Frequency	V _R	V _C	I	X _C	Z
500Hz					
1000Hz					
1500Hz					
2000Hz					
4000Hz					
8000Hz					

3- با استفاده از تکنیک تفریق دو کانال که در آزمایش های قبل توضیح داده شد ولتاژ پیک - پیک دو سر خازن (V_C) را اندازه بگیرید. سپس ولتاژ پیک - پیک دو سر مقاومت (V_R) را اندازه بگیرید. ولتاژهای خوانده شده را در سطر اول جدول وارد کنید.

4- جریان پیک - پیک مقاومت R₁ را با بکار بردن قانون اهم برای مقدار اندازه گرفته شده، محاسبه کنید:

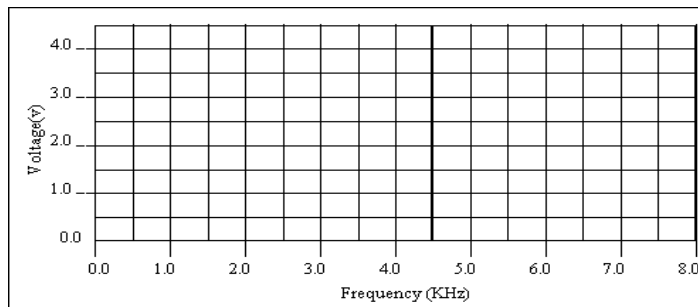
$$I = \frac{V_R}{R}$$

این روش ساده ترین روش برای پیدا کردن جریان در خازن و در مقاومت می باشد. جریان محاسبه شده را در جدول روبرو وارد کنید.

5- راکتانس خازنی (X_C) را با بکار بردن قانون اهم در دو سر خازن محاسبه کنید، راکتانس با تقسیم ولتاژ دو سر خازن (مرحله 3) بر جریان در مدار (مرحله 4) پیدا خواهد شد، راکتانس خازنی را در جدول فوق وارد کنید.

6- امپدانس معادل مدار (Z) را با بکار بردن قانون اهم برای کل مدار محاسبه کنید. از ولتاژ ژنراتور که در مرحله 2 تنظیم کردید و جریان تعریف شده در مرحله 4، استفاده کنید. امپدانس محاسبه شده را در جدول وارد کنید.

7- فرکانس ژنراتور را به 1000 Hz تغییر دهید و ولتاژ ژنراتور را چک کنید و اگر لازم بود آنرا دوباره روی 3.0Vpp تنظیم کنید. مراحل 3 تا 6 را تکرار کنید. اطلاعات را در جدول بالا، وارد کنید. بهمین ترتیب برای هر کدام از فرکانسهای لیست شده در جدول، ادامه دهید.



8- اطلاعات جدول فوق، نشان می دهد که چگونه ولتاژ دو سر مقاومت و دو سر خازن با فرکانس تغییر می کند. ولتاژ دو سر خازن و ولتاژ دو سر مقاومت را بصورت تابعی از فرکانس در نمودار روبرو رسم کنید.

9- با استفاده از اطلاعات جدول مرحله 3 و مقدار اندازه گرفته شده برای R_1 ، امپدانس فازوری و ولتاژ فازوری مدار را در فرکانس 2000Hz ، رسم کنید .

--	--

مسائل :

1- تئوری Pythagorean می تواند برای رسمهای فازوری نمودارهای مرحله 9 ، بکار برده شود. نشان دهید که اطلاعات هر

دو نمودار در معادلات زیر صدق می کنند : $Z = \sqrt{(R^2 + X_C^2)} \dots \dots \dots V = \sqrt{(V_R^2 + V_C^2)}$

2- فرض کنید می خواهیم با استفاده از مدار سری RC یک فیلتر بالاگذر طراحی کنیم . (فرکانسهای پائین را تضعیف کنیم) با استفاده از اطلاعات نمودار مرحله 8 ، فکر می کنید خروجی را باید از دو سر خازن بگیریم یا از دو سر مقاومت ، جواب خود را توضیح دهید .

3- (a) اگر فرکانس افزایش پیدا کند چه اتفاقی برای امپدانس معادل یک مدار سری RC خواهد افتاد ؟ (b) توضیح دهید که چرا در صورت افزودن فرکانس ، زاویه فازی بین ولتاژ ژنراتور و ولتاژ مقاومت کاهش خواهد یافت .

4- یک دانشجو بطور اتفاقی خازن بکار برده شده در آزمایش را ده برابر بزرگتر گرفته است . چه اتفاقی برای پاسخ فرکانسی نشان داده شده در نمودار مرحله 8 ، خواهد افتاد.

5- فرض کنید که جریان در مدار سری RC بخاطر باز شدن مدار قطع شود . چگونه می توانید سریعاً "تشخیص دهید که خازن باز شده است و یا مقاومت ؟

6- با استفاده از نمودار مرحله 8 ، پیشگویی کنید که چه فرکانسی شیفت فازی 45° را بین ولتاژ و جریان منبع ایجاد خواهد کرد ؟

آزمایش نهم: مدارهای RL سری

عناصر مورد نیاز:

مقاومت $680\ \Omega$: یک عدد

سلف $6.8\ \text{mH}$: یک عدد

تئوری:

وقتی که یک موج سینوسی به یک مدار سری خطی اعمال شود، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بوسیله عناصر موجود در مدار مشخص می شود. ولتاژ و جریان دو سر مقاومت همیشه همفازند. در خازن، جریان همیشه 90° از ولتاژ جلوتر است. ولی برای سلف ولتاژ همیشه 90° از جریان جلوتر است. (یک روش ساده برای به ذهن سپاری این موضوع استفاده از دو کلمه **ELI**

و **ICE** می باشد که E ولتاژ، I جریان و L سلف و C

خازن را نشان می دهند.) در شکل، یک مدار سری RL

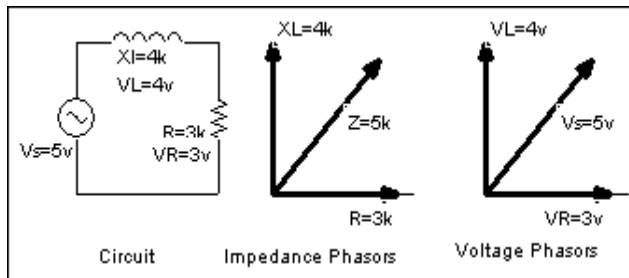
بهمراه نمایش گرافیکی فازوری آن نشان داده شده

است. نظیر مدار RC سری، امپدانس معادل را می توان با

جمع کردن راکتانس سلف و مقاومت، (با استفاده از

قوانین جبری اعداد مختلط) بدست آورد. در این مثال

جریان $1.0\ \text{mA}$ و امپدانس معادل $5.0\ \text{k}\Omega$ است. جریان



در تمام عناصر یک مدار سری ثابت است. بنابراین جریان بصورت مرجع در جهت محور X ها رسم شده است. اگر جریان در

امپدانس فازوری ضرب شود، ولتاژ فازوری بدست می آید.

در این آزمایش شما خواهید آموخت که چگونه می توان زاویه فازی را اندازه گرفت. سلفهای حقیقی معمولاً "مقاومت داخلی

دارند و این مقاومت داخلی روی زاویه فازی در مدار تاثیر می گذارد. برای جلوگیری از این مشکل، شما از یک مقاومت به

اندازه کافی بزرگ نسبت به مقاومت سلف استفاده خواهید کرد.

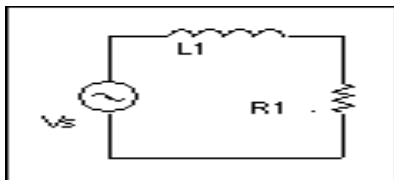
مراحل آزمایش:

مقدار واقعی	مقدار اسمی	قطعه
		L1
		R1

1- امپدانس واقعی یک مقاومت $680\ \Omega$ و اندوکتانس یک سلف $6.8\ \text{mH}$ را

اندازه بگیرید. اگر سلف را نمی توانید اندازه بگیرید مقادیر لیست شده را

گزارش کنید. مقادیر اندازه گرفته شده را در جدول یادداشت کنید.



2- مدار روپرو را ببندید. فانکشن ژنراتور را روی ولتاژ سینوسی $3.0\ \text{Vpp}$

و فرکانس $25\ \text{KHz}$ در حالی که مدار بسته است، تنظیم کنید ژنراتور نباید

ولتاژ افست dc داشته باشد. ولتاژ و فرکانس ژنراتور را با اسکوپ اندازه

بگیرید زیرا بیشتر اندازه گیرها نمی توانند جوابگوی فرکانس

$25\ \text{KHz}$ باشند. در این آزمایش از ولتاژ پیک-پیک برای تمام جریانها و ولتاژها استفاده کنید.

3- از یک اسیلوسکوپ دو کاناله استفاده کنید. ولتاژ پیک - پیک دو سر مقاومت (V_R) و ولتاژ پیک - پیک دو سر سلف (V_L) را اندازه بگیرید. ولتاژ دو سر سلف را با استفاده از تکنیک تفریق که در آزمایشهای قبلی فراگرفته اید، اندازه بگیرید. مقادیر خوانده شده برای ولتاژ را در جدول (صفحه بعد) وارد کنید.

4- جریان پیک - پیک مقاومت R_I را با بکار بردن قانون اهم، بدست آورده ($I = V_R / R$) و در جدول زیر یادداشت کنید.

5- راکتانس سلف (X_L) را با بکار بردن قانون اهم برای سلف محاسبه نموده ($X_L = V_L / I$) و در جدول وارد کنید.

6- امپدانس معادل (Z) را با بکار بردن قانون اهم برای کل مدار محاسبه کنید. از ولتاژ ژنراتور که در مرحله 2 تنظیم کردید (V_s) و از جریان محاسبه شده در مرحله 4 استفاده کنید. امپدانس محاسبه شده را در جدول زیر وارد کنید

VR	VL	I	XL	Z

جدول مراحل 3 و 4 و 5 و 6

7- با استفاده از مقادیر لیست شده در جداول فوق، نمودارهای امپدانس فازوری و ولتاژ فازوری را در فرکانس 25KHz رسم کنید

Impedance Placots										Voltage Placots									

8- اختلاف فاز بین V_s و V_r را با

استفاده از نسبت مثلثاتی زیر بدست

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{V_s}{V_r} \right)$$

آوردید: زاویه فازی محاسبه شده را در جدول زیر وارد کنید.

9- با استفاده از دو روش زیر

اختلاف فاز بین V_s و V_r را

اندازه بگیرید. زاویه فاز اندازه گرفته شده را در جدول وارد کنید.

اندازه گیری زاویه فازی (روش اول)

(a) اسیلوسکوپ را به مدار وصل کنید. کانال 1

را به دو سر تغذیه مدار و کانال 2 را به دو سر

مقاومت وصل کنید.

(b) دوره تناوب T ، از ژنراتور را اندازه بگیرید. نتیجه را در جدول فوق یادداشت کنید. شما از این پارامتر در

مرحله (e) استفاده خواهید کرد.

(c) اسیلوسکوپ را طوری تنظیم کنید که هر دو کانال را با هم مشاهده کنید. دامنه سیگنالها را با استفاده از کلیدهای red

vernier, VERT position, volts/ Div طوری تنظیم کنید که هر دو کانال یک دامنه را روی صفحه اسکوپ نشان دهند

(d) با استفاده از کلید SEC/DIV هر دو سیگنال را تا جایی که سیگنالها هنوز روی صفحه دیده می شوند عریض کنید. کلید

SEC/DIV باید کالیبره باقی بماند. زمان بین دو سیگنال Δt ، با شمردن تعداد خانه ها در یک خط افقی اسکوپ

(بین جایی که دو سیگنال را قطع می کند) و ضرب این تعداد در تنظیم انجام شده برای SEC/DIV بدست می آید. مقدار

اندازه گرفته شده برای Δt را در جدول صفحه قبل یادداشت کنید.

(e) زاویه فازی را از رابطه $\theta = \left(\frac{\Delta t}{T} \right) * 360$ بدست آورده و در جدول مرحله 9 (قسمت "روش اول") وارد کنید.

اندازه گیری زاویه فازی (روش دوم)

زاویه فازی محاسبه شده (θ)	پریود اندازه گیری شده (T)	Δt	زاویه فازی اندازه گیری شده (θ)	
			روش اول	روش دوم

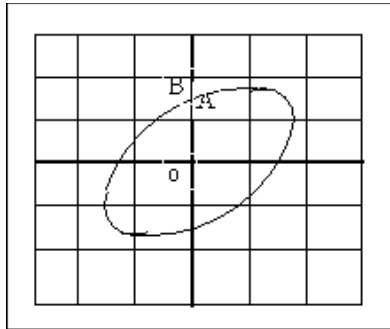
(a) در این روش صفحه اسکوپ درجه را نشان خواهد داد و زاویه فازی می تواند مستقیماً اندازه گرفته شود. پروبها مانند گذشته متصل می شوند. کانال 1 را مشاهده کنید و یک تصویر ثابت بدست آورید. کلید SEC/DIV و vernier را آنقدر تنظیم کنید تا دقیقاً یک سیکل کامل در طول صفحه مشاهده کنید.

این تنظیم معادل 360° در ده قسمت می باشد یعنی هر قسمت ارزش 36° را دارد. (بهترین ترتیب، اگر بخواهید می توانید نیم سیکل را روی صفحه تنظیم کنید. در این حالت ارزش هر قسمت 18° خواهد شد)

(b) حالا هر دو کانال را با هم مشاهده کنید. مثل حالت قبلی دامنه سیگنالها را با استفاده از کلیدهای red vernier VERT position , volts/DIV, با هم مساوی کنید .

(c) تعداد تقسیمات بین سیگنالها را اندازه بگیرید و در 36° برای هر قسمت ضرب کنید. زاویه فازی اندازه گرفته شده را در جدول (در قسمت "روش دوم") یادداشت کنید .

اندازه گیری زاویه فازی (روش سوم)



$$OA=1.5$$

$$OB=1.8$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{OA}{OB}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.5}{1.8}\right) = 56.44^\circ$$

یک روش قدیمی تر، برای اندازه گیری زاویه فازی، استفاده از تصاویر لیسازور می باشد. تصاویر لیسازور با اعمال موج سینوسی به هر دو محور اسکوپ (X-axes و Y-axes) شکل می گیرند .

دو سیگنال با دامنه مساوی و دقیقاً هم فاز، یک خط راست با زاویه 45° روی صفحه اسکوپ ایجاد خواهند کرد . اگر دو سیگنال هم دامنه باشند و دقیقاً 90°

اختلاف فاز داشته باشند شکل موج بصورت یک دایره روی صفحه ظاهر خواهد شد . شکل روبرو، یک تصویر لیسازور را برای اندازه گیری فاز نشان می دهد .

اندازه گیری OA و OB در جهت محور Y ها انجام می شود سعی کنید زاویه

فازی این آزمایش را با استفاده از تصویر لیسازور اندازه بگیرید . سیگنالها باید هم دامنه شوند و روی صفحه اسکوپ متمرکز شوند . سپس کلید time base از اسکوپ را روی حالت x-y mode تنظیم کنید .

مسائل :

1- با افزایش فرکانس و اندوکتانس، به ترتیب چه تغییراتی در امپدانس و زاویه فازی ایجاد خواهد شد ؟

2- (a) درصد اختلاف بین مقادیر محاسبه شده و اندازه گرفته شده برای زاویه فازی در روش 1 را محاسبه کنید .

(b) درصد اختلاف بین مقدار محاسبه شده و مقدار اندازه گرفته شده برای زاویه فازی در روش 2 را محاسبه کنید .

(c) کدام روش دقیقتر است ؟

3- در اندازه گیری فاز در روش 2 شما شکل موج را طوری تنظیم کردید که هر تقسیم اسکوپ برابر 36° شد. توضیح دهید که چگونه می توانید، هر تقسیم را برابر 18° تنظیم کنید . چه احتیاطی برای این تنظیم باید انجام شود .

4- فرکانس بحرانی برای یک مدار RL جایی اتفاق می افتد که مقاومت با راکتانس سلف برابر شود ($R=X_L$) با توجه با

$$X_L = 2\pi f \times L$$

اینکه $\frac{R}{2\pi l}$ ، فرکانس بحرانی و اختلاف فاز بین V_s و V_R در فرکانس بحرانی را محاسبه کنید.

5- یک مدار RL سری شامل یک مقاومت $100K \Omega$ و یک سلف 1H است و در فرکانس 60 Hz کار می کند.

اگر 3V در دو سر مقاومت وجود داشته باشد، محاسبه کنید :

(a) جریان سلف : (b) راکتانس سلف (X_L) (c) ولتاژ دو سر سلف (V_L) :

(d) ولتاژ منبع (V_s) : (e) زاویه فازی بین V_s و V_R :

آزمایش دهم: فیلترهای پاسیو

عناصر مورد نیاز :

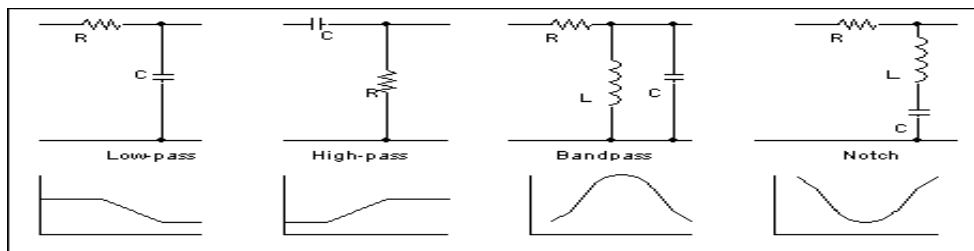
مقاومت : 680Ω یک عدد

خازن : $1 \mu F$ دو عدد

سلف : $6.8mH$ یک عدد

تئوری :

در خیلی از مدارات فرکانسهای متفاوتی اعمال می شود و بعضا مورد نیاز هم نمی باشد که می توان این فرکانسها را با مدارات مخصوصی که فیلتر نامیده می شوند ، حذف کرد. فیلترها می توانند بگونه ای طراحی شوند که فرکانسهای پائین و یا فرکانسهای بالا را عبور دهند. مثلا در یک مدار مخابراتی ممکن است یک سیگنال **AF (Audio Frequency)** (با یک سیگنال **RF (Radio Frequency)** اعمال شود (برای انتقال یک موج **AF** آنرا بر یک موج **RF** سوار کنیم) . بوسیله یک فیلتر پائین گذر (**Low Pass**) می توان سیگنال **RF** را حذف کرد و سیگنال **AF** را بدست آورد . با یک فیلتر بالا گذر (**High Pass**) می توان بر عکس عمل کرد . سیگنال **RF** را گذرانند و سیگنال **AF** را حذف کرد . در بعضی مواقع فرکانسهایی مورد توجه ماست که بین فرکانسهای دیگری که مورد نظر ما نیستند قرار دارند. این حالتی است که برای مثال در گیرنده های رادیویی و تلوزیونی کاربرد دارد . فرکانس مورد نظر در بین بسیاری دیگر از فرکانسها وارد گیرنده (آنتن) می شود . با استفاده از یک مدار رزونانس می توان فرکانس انتخابی را از بین یک باند از فرکانسهای گرفته شده جدا کرد . مداری که فقط فرکانس انتخاب شده را از یک باند جدا می کند فیلتر میان گذر (**Band Pass**) نامیده می شود. نقطه مقابل فیلتر میان گذر، فیلتر میان نگذر (**Band Reject** یا **Notch**) میباشد . یکی از کاربردهای فیلتر میان نگذر، حذف یک فرکانس مزاحم مشخص از یک باند فرکانسی مورد نظر می باشد. در زیر انواع مختلف فیلترها، به همراه نمونه پاسخ فرکانسی آنها نشان داده شده است .



ساده ترین فیلترها،

مدارهای سری **RC**

و **RL** می باشند. این

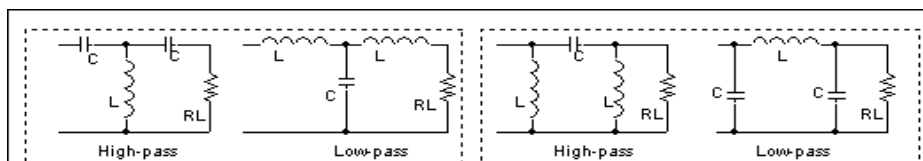
مدارات در

آزمایشهای 8 و 9

بررسی شد .

این مدارها می توانند هم بصورت فیلتر بالا گذر و هم بصورت فیلتر پائین گذر استفاده شوند. (بسته به اینکه ولتاژهای ورودی و خروجی به کجا اعمال شده و از کجا گرفته شوند) یکی از مشکلات فیلترهای ساده **RC** و **RL** این است که حرکت از باند وصل به باند قطع به آرامی انجام می شود . شما این خاصیت را در نمودار مرحله 8 از آزمایش هشتم نشان داده اید.

خصوصیات فیلتر را می توان با ترکیب چند طبقه با هم افزایش داد. متاسفانه شما نمی توانید بسادگی چند طبقه را پشت سر هم قرار دهید و پاسخ فرکانسی را بهبود بخشید . زیرا بار گذاری طبقات مختلف مقدار زیادی خواهد شد . دو نوع فیلتر بهبود یافته معروف فیلترهای **T** و **Π** می باشند. علت نامگذاری آنها بخاطر محل قرار گرفتن عناصر در مداری باشد. شکل



روبرو، مثالهایی از فیلترهای

T و **Π** نشان داده شده

است . توجه کنید که

فیلترهای پائین گذر یک سلف سری و یک خازن موازی بار دارند و فیلترهای بالاگذر برعکس (یک سلف موازی و یک خازن سری) می باشند. نحوه انتخاب فیلتر T یا Π از روی مقاومت بار و امپدانس منبع انجام می شود. اگر مقاومت بار خیلی بزرگتر از امپدانس منبع باشد، از فیلتر T و اگر مقاومت بار خیلی کوچکتر از امپدانس منبع باشد، آنگاه از فیلتر Π استفاده می شود.

مراحل آزمایش :

مقدار اسمی	مقدار واقعی
L_1	6.8mH
C_1	1 μ f
C_2	1 μ f
R_{L1}	680 Ω

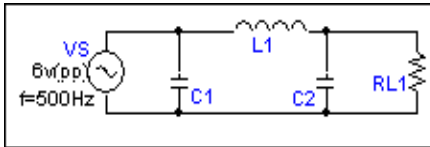
1- قطعات موردنیاز را تهیه و اندازه گیری نموده و مقادیر را در جدول روبرو وارد کنید (برای عناصری که نمی توانید اندازه بگیرید از مقادیر لیست شده استفاده کنید.)

2- مدار فیلتر Π نشان داده شده در شکل زیر را بسازید. با استفاده از اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور را روی موج سینوسی 500 Hz و 6Vpp تنظیم کنید. ولتاژ ژنراتور

باید در حالی که مدار بسته است اندازه گرفته شود. هم ولتاژ و هم فرکانس

را با اسیلوسکوپ چک کنید. تمام ولتاژهای این آزمایش بصورت پیک

- پیک مشخص شده اند و شما هم بصورت پیک - پیک گزارش کنید.



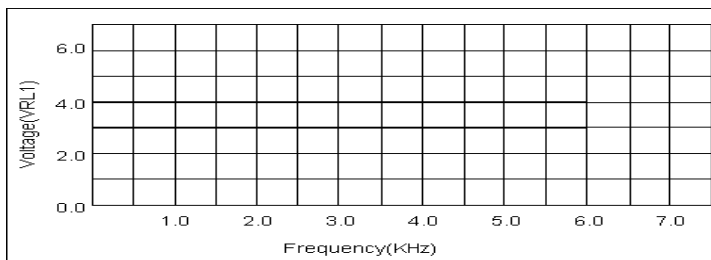
3- ولتاژ پیک - پیک دو سر مقاومت (V_{RL1}) را در فرکانس 500Hz اندازه بگیرید و ولتاژ اندازه گرفته شده را در جدول روبرو وارد کنید.

فرکانس	500Hz	1000Hz	1500Hz	2000Hz	3000Hz	4000Hz	8000Hz
V_{RL1}							

4- فرکانس ژنراتور را به

1000 Hz تبدیل کنید.

دامنه ژنراتور را دوباره در 6Vpp تنظیم کنید و دوباره ولتاژ و فرکانس را با اسیلوسکوپ چک کنید V_{RL1} را اندازه بگیرید. مقادیر را در جدول فوق وارد کنید. بهمین ترتیب برای فرکانسهای لیست شده در جدول ادامه دهید.



5- ولتاژ دو سر مقاومت بار V_{RL1} را

بصورت

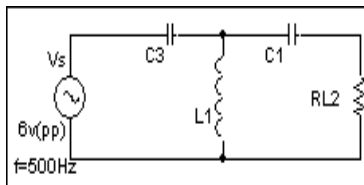
تابعی از فرکانس در نمودار روبرو رسم کنید.

6- مدار فیلتر T نشان داده شده در شکل روبرو را ببندید. سیگنال ژنراتور را

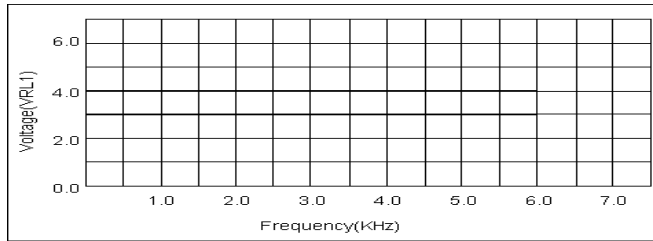
برای موج سینوسی 500 Hz در 6.0Vpp تنظیم کنید. ولتاژ ژنراتور باید

در حالی که مدار بسته است اندازه گرفته شود. ولتاژ و فرکانس را با اسکوپ

نظیر مراحل قبل چک کنید.

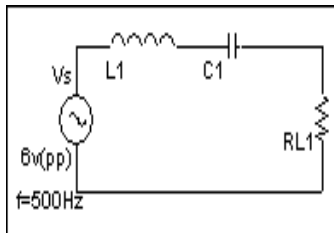


7- ولتاژ پیک-پیک دوسرمقاومت (V_{RL1}) را برای هر کدام از فرکانسهای لیست شده در جدول مرحله 3، اندازه گرفته و گزارش کنید. ولتاژ ژنراتور را روی $6.0V_{pp}$ نگهدارید.

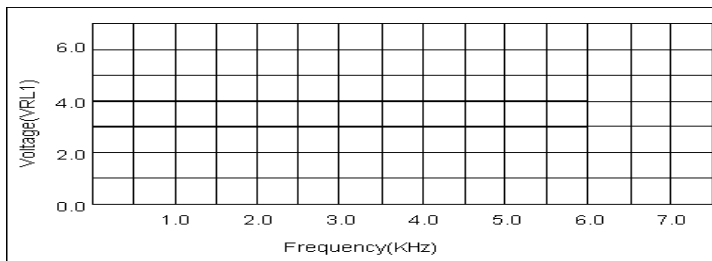


ولتاژ پیک-پیک دوسرمقاومت بار V_{RL1} را بصورت تابعی از فرکانس در نمودار روبرو رسم کنید

8- مدار فیلتر رزونانس سری روبرو را بسازید. ژنراتور را برای $6.0V_{pp}$ در $500Hz$ تنظیم کنید.



9- ولتاژ پیک - پیک دو سر مقاومت بار (V_{RL}) را برای هر کدام از فرکانسهای لیست شده در جدول مرحله 3، اندازه بگیرید و گزارش کنید. ولتاژ دو سر مقاومت بار را بصورت تابعی از زمان در نمودار رسم کنید.



مسائل :

1- فرکانس قطع برای هر کدام از فیلترهای این آزمایش، فرکانسی است که در آن خروجی به 0.7 (70%) مقدار ماکزیمم خود می رسد، با استفاده از منحنی پاسخ فرکانسی در نمودارهای مراحل 5 و 7، فرکانس قطع را برای فیلترهای بالاگذر و پائین گذر تخمین بزنید : (a) فرکانس قطع فیلتر Π : (b) فرکانس قطع فیلتر T :

2- منحنی پاسخ فرکانسی فیلترهای بالاگذر و پائین گذر این آزمایش را با منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر ساده RC در آزمایش 8 مقایسه کنید.

3- هر کدام از فیلترهای ساخته شده این آزمایش را مشخص کنید که بالاگذر، پائین گذر، میان گذر یا میان نگذرمیبا شند :

(a) نمودار مرحله 5 (فیلتر Π): (b) نمودار مرحله 7 (فیلتر T): (c) نمودار مرحله 9 (فیلتر رزونانس) :

4- توضیح دهید که در فیلتر سری رزونانس بجای گرفتن خروجی از مقاومت بار، از خازن و یا سلف گرفته شود چه اتفاقی برای منحنی پاسخ فرکانسی خواهد افتاد؟

5- فرض کنید که در فیلتر رزونانس سری، سلف اتصال کوتاه شود. چه پاسخ فرکانسی انتظار دارید؟

" موفق باشید."