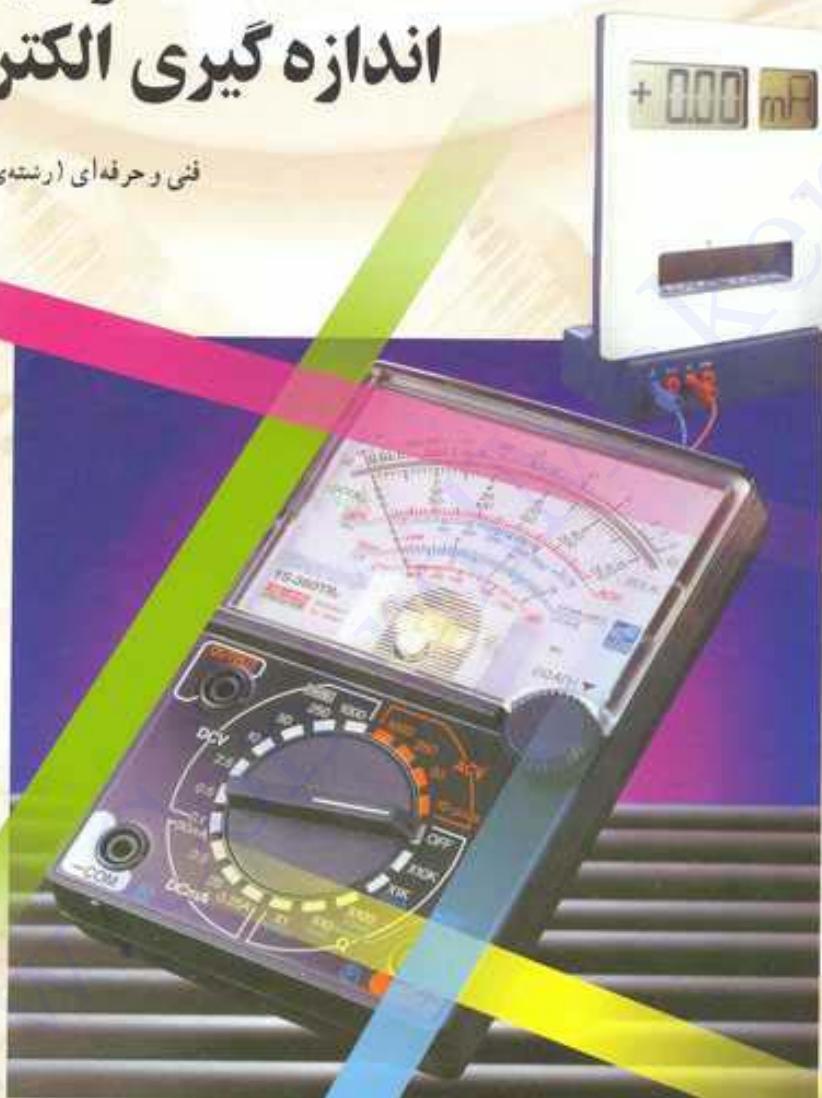


ج.م
ج.م.ا
ج.م.ا.ی
ج.م.ا.ی.ا
ج.م.ا.ی.ا.ی
ج.م.ا.ی.ا.ی.ا
ج.م.ا.ی.ا.ی.ا.ی

آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی

فني و حرفه اي (رنستدي الکترونيك)



نظام جدید آموزش متوسطه

۲۵۹/۹۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی

رشته‌ی الکترونیک

زمینه‌ی صنعت

شاخصی آموزش فنی و حرفه‌ای

نظام جدید آموزش متوسطه

شماره‌ی درس ۲۰۹۲

ظفریان، فتح الله	۶۲۱
آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی / مؤلف: فتح الله ظفریان - تهران: شرکت جاپ و شرکت کتاب‌های	/۳۷۴
درسی ایران، ۱۳۸۴.	۰۲۸
۱۳۸۴ ص. مصور - آموزش فنی و حرفه‌ای: شماره‌ی درس ۲۰۹۲	۵۱۲
منون درسی رشته‌ی الکترونیک، زمینه‌ی صنعت.	۱۳۸۴
برنامه‌ریزی و نظرارت، بررسی و تضویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تأثیف کتاب‌های درسی رشته‌ی الکترونیک دفتر برنامه‌ریزی و تأثیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کارداشت وزارت آموزش و پرورش.	۱۳۸۴
۱. برق - اندازه‌گیری - آزمایش‌ها. الف. ایران، وزارت آموزش و پرورش، کمیسیون برنامه‌ریزی و تأثیف کتاب‌های درسی رشته‌ی الکترونیک. ب. عنوان. ج. فروست.	۱۳۸۴

فهرست

سخنی با همکاران

سخنی با هنرجویان

فصل اول: ساخت عناصر غیرفعال مورد استفاده در مدارهای الکتریکی (مقاومت اهمی، خازنی، سلفی)

۱	و ساخت پاتری ها
۱	۱- مقاومت اهمی
۸	۲- خازن
۱۱	۳- سلف
۱۶	۴- بیلهای و پاتری ها

فصل دوم: ساخت و کاربرد آوومتر انفرادی

فصل سوم: ساخت و کاربرد آوومتر دیجیتالی

فصل چهارم: توسعهی حدود اندازهگیری گالوانومتر (ولت متر)

فصل پنجم: توسعهی حدود اندازهگیری گالوانومتر (آمپر متر)

فصل ششم: ساخت و کاربرد سیگنال زیزانور صوتی (AF)، فرکانس متر دیجیتالی و فانکشن زیزانور

فصل هفتم: روش های اندازهگیری مقاومت های اهمی

فصل هشتم: کاربرد دستگاه بل LCR

فصل نهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت اول)

فصل دهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت دوم)

فصل یازدهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت سوم)

فصل درازدهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت چهارم)

فصل سیزدهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت پنجم)

فصل چهاردهم: ساختمان آوومتر دیجیتالی

منابع و مأخذ

سخنی با همکاران

همکاران عزیز، کتاب حاضر براساس مصوبات کمیسیون تخصصی رئیسه‌ی اکترونیک، مطابق با هدف‌های رفتاری پیش‌بینی شده، تألیف شده، است.

همان طور که می‌دانید، بکی از تقالیع خصف هنرجویان رئیسه‌ی برق و الکترونیک، در کلیه‌ی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها، آنرا بودن آن‌ها با دستگاه‌های اندازه‌گیری و کاربرد صحیح آن‌هاست در حالی که مهم‌ترین مستله در آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها، همین اندازه‌گیری کیست‌های اکترونیکی است. لذا ضروری است که کلیه‌ی هنرجویان در یک آزمایشگاه اختصاصی، دستگاه‌های اندازه‌گیری متداول را بشناسند و کاربرد صحیح آن‌ها را عملأً تجربه کنند. این امر، جزو بکی از نخستین هدف‌های درس حاضر است.

در تدریس و استفاده از این کتاب باید به این نکات توجه نمود:

۱. در این کتاب سعی شده است، جهت تسهیل کار، برای انجام آزمایش‌های مختلف از وسائل مشابه استفاده شود؛ به عنوان مثال، هر جا که نیاز به ولتاژ AC بوده از یک ترانسفورماتور 220×97 و هر جا به ولتاژ DC نیاز بوده از یک منبع تغذیه‌ی 30×7 — استفاده گردیدم. این امر سبب می‌شود درصد زیادی از مشکلات شما در تهیه و وسائل آزمایشگاهی کاسته شود. شما نیز به منظور دسترسی آسان به تجهیزات، در صورت امکان، وسائل آزمایشگاهی را روی میز آزمایشگاه، نصب کنید.
۲. آزمایش‌های طوری تجوین شده‌اند که به سادگی می‌توان آن‌ها را در آزمایشگاه اکترونیک عمومی اجرا کرد. از این رو علاوه‌فضایی به نام آزمایشگاه، اندازه‌گیری مورد نیاز نیست.
۳. تدوین آزمایش‌های بینایی کتاب درسی اصول اندازه‌گیری صورت گرفته و مکمل آن برای رئیسه‌ی اکترونیک است.
۴. توضیه می‌شود که مزیت درس توری اصول اندازه‌گیری و آزمایشگاه، اصول اندازه‌گیری یک نفر باشد، تا نقطه مطالعه توری و عملی به نحو مطلوب صورت گیرد.
۵. در بعضی از آزمایش‌ها، بر حسب ضرورت، نیاز به محاسبات ریاضی است؛ لذا توضیه می‌شود هنرجویان را راهنمایی کنند تا عادت کنند قبیل از ورود به آزمایشگاه، دستور کار آزمایش را مطالعه کنند و در صورت نیاز به محاسبات، این کار را در منزل انجام دهند؛ بدین ترتیب از الال و وقت آنان در آزمایشگاه، جلوگیری می‌شود.
۶. در ابتدای هر هیosal تحصیلی، کلیه‌ی وسائل مورد نیاز هر سیزده آزمایش را تهیه کنید و آن‌ها را تحویل ایثار آزمایشگاه دهید، تا در خلال انجام آزمایش‌ها، به غلت کمپود قطعه و با وسائل، دچار مشکل نشوید.
۷. در حال حاضر جون اکثر هنرستان‌های کشور پیش از 90° درصد از دستگاه‌ها و قطعات مورد نیاز خود را در اختیار دارند، لذا لازم است در ابتدای ترم، کلیه‌ی دستگاه‌ها مورد بازبینی فرار گیرد و آناده کار نمود.
۸. در تدوین آزمایش‌ها سعی شده است دستگاه‌هایی مورد تعزیز و تجلیل قرار گیرند که از نظر قراؤانی و کاربرد عمومیت داشته باشند.
۹. با توجه به حساسی بودن دستگاه‌های اندازه‌گیری، هنرجویان را موظف به دقت در حمل و نقل و ... کنید تا آسیبی به دستگاه‌ها وارد نیاید.

۱۰. با توجه به این که نوان مصروف دستگاه‌های اندازه‌گیری کم است، در حد امکان سعی شود بر قاعده اصلی آزمایشگاه،
توسط ترانسفورماتور ۲۲۰/۲۲۰-۷ از شبکه‌ی اصلی جدا گردد لای خطر بر قاعده احتمالی، به حداقل برسد.
۱۱. در متن کتاب هر یک آزمایش‌ها با عنوان کار عملی شماره ... منتهی نشده‌اند، مراحل انجام آزمایش‌ها نیز
بهترین و به صورت مرحله به مرحله بیان شده است.
۱۲. سوالات داده شده، در ارتباط با تحلیل آزمایش‌های انجام شده، توسط هرچویان است؛ لذا آنرا از این مورد
راهنمایی کند لای هر آزمایش، مراحل را با دقت کافی اجرا کنند.
۱۳. جلسه‌ی اول آزمایشگاه، را به امور آنسایی هرچویان با آزمایشگاه، مسائل ابتدی، جگونگی دریافت و سالمی از ایثار،
آنسایی با پرده بود بازدید آزمایشگاهی و از همه ترتیبی گزارش کار و نحوه‌ی توسعه آن اختصاص دهد.
۱۴. در بعضی از آزمایش‌ها، بدلیل آنسایی بودن هرچویان با پرخی از وسائل و دستگاه‌ها، قید شده است که «با کم مری
آزمایشگاه انجام گردد»؛ زعایت این سواله نیز از اهمیت ویژه‌ای پرخوردار است.
۱۵. به اختصار نوع آزمایش، سوالاتی در متن آزمایش و با در بیان آن آورده شده‌اند، لازم است از هرچویان پخواهد
نادر گزارش کار، به تمامی سوالات پاسخ دهد. در ضمن بعد از تصحیح گزارش کار، گزارش کارها را به هرچویان عورت دهد.
در بیان موقعیت تسا همکاران ارجمند را از خداوند متعال خواستاریم.

با تشکر - مؤلف

سخنی با هنرجویان

هنرجویان گرامی! درس «آزمایشگاه اندازه‌گیری الکترونیک» یکی از درس‌های مهم شما در رشته‌ی الکترونیک است؛ و

این کتاب برای درک بهتر این درس تألیف شده است. اساساً باید بدانید که موقوفت شما در رشته‌ی الکترونیک سندگی به سلط-

تمایز دستگاه‌های اندازه‌گیری دارد؛ جوا که در هر آزمایشگاه با کارگاه برای انجام آزمایش‌ها تیاز به اندازه‌گیری کمیت‌های

الکترونیکی همچون مقاومت اهمی، جریان، ولتاژ و ... دارد.

اگرچه به منظور بهره‌برداری هر چه پیش‌تر از کتاب، توجهتان را به نکات زیر جلب می‌کنم:

۱. در انجام آزمایش‌ها، بسیار دقیق باید و سعی کنید مطالب را کاملاً درک کنید تا به آنچه که آزمایش می‌کنید، در عمل سلط پیدا کرده باشید.

۲. قبل از ورود به آزمایشگاه، متن کامل آزمایش‌های را دقیقاً مطالعه کنید و چنانچه تیاز به محاسبه‌ی بعضی از پارامترها

باشید، سعی کنید آن را در منزل انجام دهید تا وقتی وارد آزمایشگاه می‌شوید بدانید که آزمایش چیست؟ چه هدفی را ذیالت می‌کند و به کجا ختم می‌شود.

۳. در آزمایشگاه، به توصیه‌های مربی، توجه کامل کنید.

۴. قبل از شروع آزمایش و سایل مورد نیازی را که در ایندای هر آزمایش لوتنه شده است با وسائل موجود تطبیق دهید و کسری‌های آن را تأیین کنید.

۵. دستگاه‌های اندازه‌گیری بسیار حساس‌اند، مواظب باشید در هنگام حمل و نقل به آن‌ها ضربه وارد نشود و حتماً نه
پیشنهاد، زیرا اگر یک آوومتر عقیقه‌ای از روی میز و یا از دست شما به زمین بیند ممکن است به شدت آسیب بیند و بدگر قابل استفاده نباشد.

۶. سعی کنید پاسخ سوالات داده شده را در خلال آزمایش به دست آورید.

۷. بعد از انجام هر آزمایش به طور مرتب گزارش کار را در منزل بتوسید و در جلسه‌ی بعدی تحویل مربی آزمایشگاه دهید.

۸. به شمار «اول ایمن، بعد کار» در آزمایشگاه توجه کنید. چنانچه سایلی را به برق وصل می‌کنید نهایت احتیاط را بکنید تا حادثه‌ی ناگواری برای شما رخ ندهد.

۹. در بعضی از آزمایش‌ها، قید شده است که آزمایش را به کمک مربی انجام دهید. توصیه می‌شود این موارد را جدی بگیرید.

در پایان، برای نسباً هنرجویان عزیز؛ آرزوی موقوفت می‌کنم.

با تشکر — مؤلف

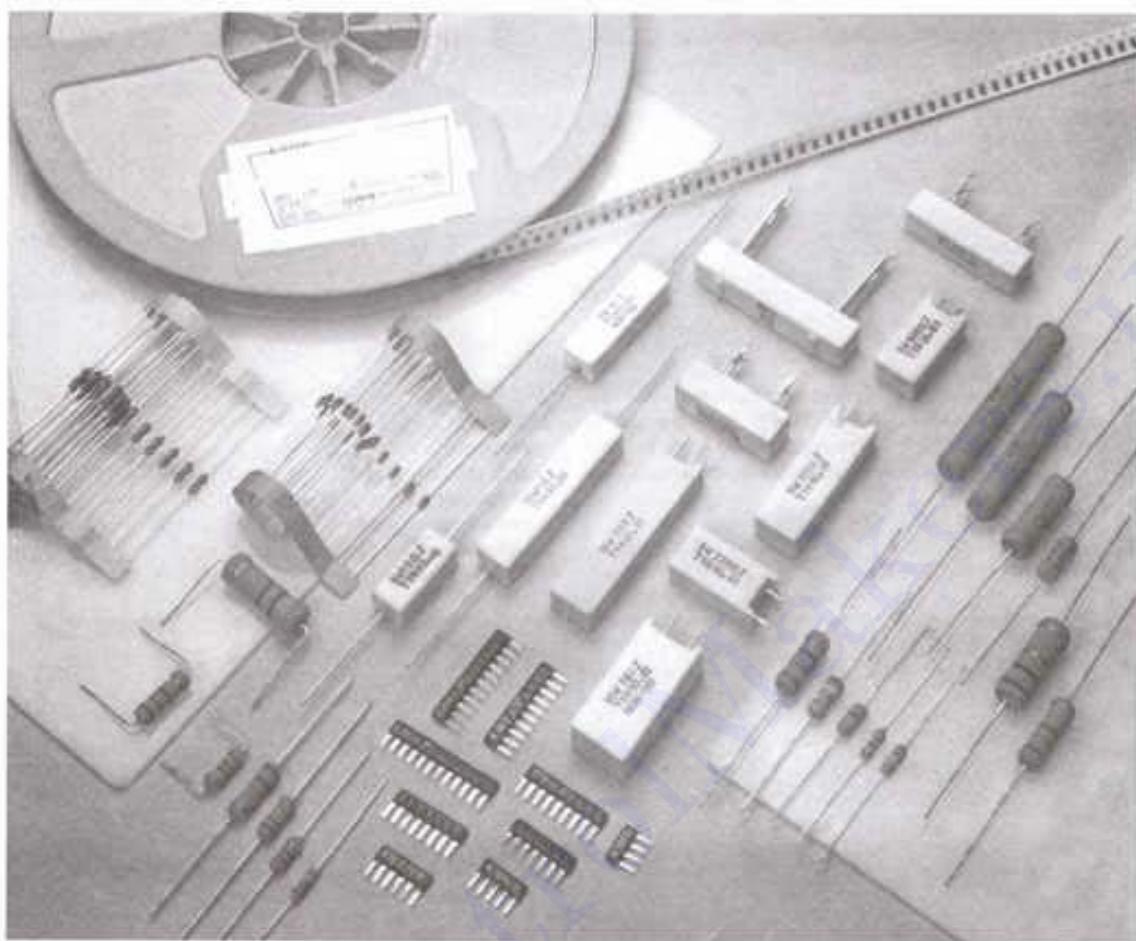
فصل اول

شناخت عناصر غیرفعال مورد استفاده در مدارهای الکتریکی (مقاومت اهمی ، خازنی ، سلفی) و شناخت باتری ها

- هدف های رفشاری: از هرچو انتظار می رود که بس از بیان این فصل بتواند :
- انواع مقاومت های الکتریکی را از نظر غیر مقاومت توضیح دهد.
 - کد رنگی مقاومت ها را توضیح دهد.
 - مقاومت خطی و غیرخطی را تعریف کند.
 - ساختمان مقاومت های متغیر را توضیح دهد.
 - مقدار مقاومت ها و تراش های استاندارد را بخواند.
 - مقاومت های نایج نور را توضیح دهد.
 - مقاومت های نایج حرارت را توضیح دهد.
 - خازن را تعریف کند.
 - خازن های الکترولیتی و سرامیکی را از بکدیگر تشخیص دهد.
 - طریقت خازن های سرامیکی را بخواند.
 - سلف را تعریف کند.
 - فرق سیم های لامپ و غیرلامپ را توضیح دهد.
 - باتری را تعریف کند.
 - انواع باتری ها را از بکدیگر تمیز دهد.

۱- مقاومت اهمی

تعریف مقاومت اهمی را در درس مبانی برق و الکترونیک عمومی باد گرفته اید: در اینجا به موارد کاربرد مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی شان داده شده اند.



(الف)



(ب)

شکل ۱-۱-الف- نمونهای از مقاومت‌های قابل استفاده در مدارات الکترونیکی
ب- علامت لئی مقاومت اهمی

۱-۱- کاربرد مقاومت‌های اهمی

مقاومت‌های اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

نقش‌های به شرح زیر دارند:

الف- محدود کردن جریان در مدار و ایجاد افت ولتاژ در

نقاط مختلف مدارها

- ب- ایجاد حرارت
- ج- تعیین مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی
- د- عطایی ولتاژ بین دو طبله در ثقوب گشته‌ها
- هـ- تعیین بهره‌ی ولتاژ و جریان در ثقوب گشته‌ها

بود:

ج - ماکریسم حرارتی مجاز: بیشترین حرارتی را که ترکیبات نیمیابی تشکیل دهنده مقارمت می توانند تحمل کنند و تغیر ماهیت نهند، ماکریسم حرارتی مجاز مقاومت می تانند. این مقدار برای مقاومت های غیرسیمی حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد است.

د - ماکریسم قدرت تلف شده: ارزی اعمال شده مقاومت، تماماً به ارزی حرارتی تبدیل و بدین صورت تلف می شود. قدرت تلف شده در مقاومت از حاضر ضرب و لذاز در جریان مقاومت بدست می آید (رابطه ۱-۱).

$$(1-1) \quad P_D = U.I$$

× (ولت) افت ولتاژ = (وات) توان تلف شده در مقاومت (آمپر) جریان عبوری

هر مقاومت برای تحمل بک توان مشخص ساخته می شود. رابج ترین توان های یک مقاومت ساخته شده به صورت $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{1}, 2, 4, 8, 16$ وات هستند.

ماکریسم قدرت تلف شده یک مقاومت را می توان از روی ابعاد فینیکی آن مقاومت تشخیص داد.

هـ - ماکریسم افت ولتاژ DC: در مقاومت های با مقدار زیاد، ماکریسم افت ولتاژ DC مجاز، از مهندسین بارامترهای مقاومت محاسب می شود. برای مثال اگر بخواهیم افت ولتاژ DC

و - تعیین بهنای باند و فرکانس قطع در تقویت کندها و فیلترها و موارد مشابه. (موارد ج نا و را در درس الکترونیک عمومی ۲ به طور مفصل می خواهد)

۲-۱- انواع مقاومت های اهمی

به طور کلی مقاومت ها را می توان از نظر کاربرد به سه دستهی کلی: ثابت، متغیر و تابع عوامل فینیکی تقسیم کرد.

۱-۱- مقاومت های ثابت: مقاومت هایی هستند که مقدار همان طور که از اسم آن ها بر می آید، مقاومت هایی هستند که مقدار آن ها ثابت است و تابع عواملی چون دما، فرکانس، میدان مغناطیسی، لور، ولتاژ، رطوبت و ... نیستند. شکل ۲-۱ بک نمونه از مقاومت ثابت را نشان می دهد.

۱-۱-۲-۱- مشخصه هایی مقاومت ثابت

الف - مقدار مقاومت: مقدار مقاومت غالباً به وسیلهی نوارهای رنگی که روی مقاومت وجود دارد مشخص می شود و با این که آن را به صورت عددی بر روی آن می نویسد.

ب - مقدار خطأ: مقاومت های ساخته شده، از نظر مقدار، همواره با خطأ هستند، که مقدار خطأ، بر روی بدنهی مقاومت نوشته می شود. کنترل عوامل مؤثر بر روی مقدار مقاومت در حين ساخت به طور دقیق ممکن نیست، اما هر چه کنترل مراحل ساخت دقیق تر باشد، خطای نهایی مقاومت تولید شده کمتر خواهد



شکل ۲-۱- یک نمونه از مقاومت ثابت

مقدار نایت، همراه با درصدی خطاست، مثلاً مقدار قابل قبول یک مقاومت $1\text{ }\Omega$ ، با ترانس $10\text{ }\pm 1\%$ از $11\text{ }\Omega$ اهم است. پس اگر نیاز به یک مقاومت $9/5\text{ }\Omega$ داشته باشیم می‌توانیم از یک مقاومت $10\text{ }\Omega \pm 1\%$ استفاده کنیم. در سیاری از مدارهای الکتریکی و الکترونیکی درصدی از ترانس قابل قبول است. از طرفی برای دستگاه‌های خاص، مقاومت‌هایی با ترانس بسیار کم می‌سازند. اگر ترانس را 20% درصد در نظر بگیریم، یک دهه مقاومت (از یک ناده) به نیت قسم تقسیم می‌شود و اگر مقدار خط را 10% درصد در نظر بگیریم، یک دهه به دوازده قسمت و جنابه ترانس را 5% درصد در نظر بگیریم، یک دهه مقاومت به 24 قسم تقسیم می‌شوند.

مقاومت‌های با مقدار خطای $720\text{ }\Omega$ را سری E_1 ، با خطای $10\text{ }\Omega$ را سری E_2 و با خطای $75\text{ }\Omega$ را سری E_3 می‌نامند. جدول $1-1$ -۱ تقسیم‌بندی یک دهه را برای این سه سری نشان می‌دهد. پاداشتن جدول تقسیم‌بندی یک دهه می‌توان مقاومت‌های استاندارد را بدست آورد.

برای مثال پاداشتن عدد $4/7$ در هر سه سری، می‌توان بسی برد که مقاومت‌های $4/7\text{M}\Omega$ ، $4/7\text{k}\Omega$ ، $4/7\text{k}\Omega$ ، $4/7\text{k}\Omega$ و $4/7\text{M}\Omega$ در هر سه سری موجودند.

مقدار یک مقاومت و ترانس آن را معمولاً با توارهای رنگی روی بدنه‌ی آن مشخص می‌کنند. تعداد توارهای رنگی برای استاندارد سری E_1 ، E_2 و E_3 چهار عدد است که تواری اول و دوم عدد صحیح، تواری سوم ضرب و تواری چهارم ترانس مقاومت را مشخص می‌کنند. مثلاً مقدار مقاومت در شکل $3-1$ برابر $47\text{M}\Omega$ با مقدار خطای $710\text{ }\Omega$ است.

مجاز را در یک مقاومت یک مگاهمی یک وات به دست آوریم از رابطه $1-2$ استفاده می‌کنیم.

$$(1-2) \quad P = \frac{U^2}{R}$$

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1 \times 1000} = 100\text{ V}$$

روش است که در عمل جنین و تیازی را می‌توان به مقاومت اعمال کرد تا در این صورت ممکن است به علت ایجاد میدان الکتریکی ناشی از این ولتاژ، در اطراف مقاومت جرقه بزند.

و - ضرب ب حرارت: تأثیر حرارت بر روی مقدار مقاومت را باضریب حرارتی نامیده می‌شود مشخص می‌کند. هر قدر ضرب ب حرارتی یک مقاومت به صفر نزدیک نر باند، نایاشگر این است که حرارت بر روی مقدار مقاومت تأثیر کمتری دارد. ضرب ب حرارتی ممکن است مثبت یا منفی باشد.

ز - ماکریم فرکانس کار: ماکریم فرکانسی را که به مقاومت اعمال می‌شود ولی مقاومت، در برای آن از خود خاصیت سلفی با خازنی نشان نمی‌دهد، ماکریم فرکانس کار مقاومت می‌نامند.

ح - قابلیت لحیم کاری: گرمای تولید شده‌ی ناشی از لحیم کاری، می‌تواند مقدار یک مقاومت را تغییر دهد. بویزه اگر مدت لحیم کاری محدود نشود - مخصوصاً برای مقاومت‌های با وات کم (مقایمت‌های میباوری) - این تغییر می‌تواند زاد باشد.

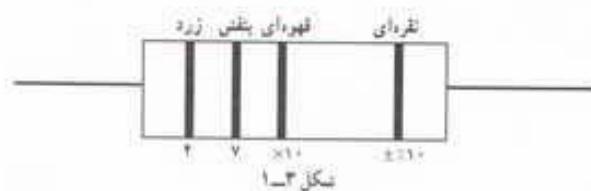
زمان لحیم کاری را می‌توان به وسیله‌ی تمیز کردن سطوح لحیم کاری کوتاه کرد. قلع کاری یا به هاین زمان لحیم کاری را کوتاه می‌کند. این عمل اکثرآ بوسیله‌ی سازندگان مقاومت صورت می‌گیرد.

زمان لحیم کاری مناسب برای مقاومت‌ها دو تا یه در دمای 220°C درجه‌ی سانتی‌گراد و ماکریم آن باززده نایه، در همین دما، است.

۲-۱-۱-۱- مقدار مقاومت: هر مقاومت دارای یک

E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}
E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}
E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}

جدول ۱-۱-۱- تقسیم‌بندی یک دهه برای سه سری استاندارد



شکل ۳-۱

$$1 \cdot RJ = 1 \cdot \Omega \pm 1\%$$

$$2K2K = 2/2K\Omega \pm 1\%$$

$$6MAJ = 6/8M\Omega \pm 1\%$$

$$33KK = 33K\Omega \pm 1\%$$

$$47RM = 47 \cdot \Omega \pm 1\%$$

۳-۱-۱-۱- توان قابل تحمل با توجه به ابعاد

مقارمت: ماکریم قدرت تلف شده در پک مقاومت بستگی به سطح ناس مقاومت یا هوا محیط دارد. هر قدر ابعاد مقاومت بین زر باشد توان بیشتری را می‌تواند تحمل کند.

شکل ۴-۱، یعنی نمونه مقاومت از جنس توده‌ی کربن را همراه با توان قابل تحمل و ابعاد آن‌ها نشان می‌دهد.

توان مقاومت‌های بیشتر از دو وات را معمولاً بر روی خود مقاومت می‌نویسند. شکل ۴-۵ نمونه‌هایی از این نوع مقاومت‌هارا نشان می‌دهد.

۴-۲-۱- مقاومت‌های متغیر: مقاومت‌های متغیر.

مقاومت‌هایی هستند که مقدار مقاومتشان را می‌توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه‌ی محور متحرک آن‌ها تنظیم کرد. شکل ۴-۶ چند نمونه از مقاومت‌متغیر را نشان می‌دهد.

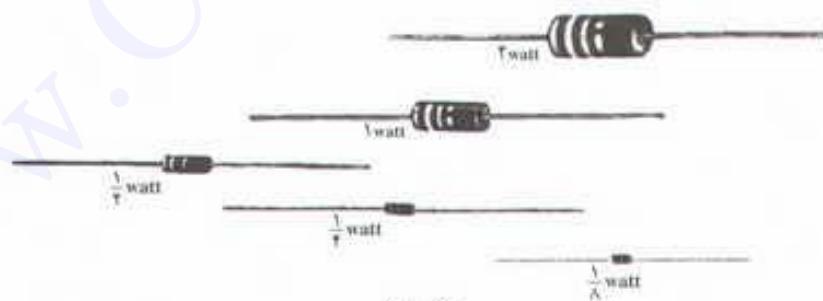
مقاومت‌متغیر، دارای دو ترمیнал ثابت است که این دو ترمیнал، به اینها و انتهای یک لایه کربن مقاومت‌دار، متصل شده‌اند؛ بنابراین مقدار مقاومت این دو ترمیнал تسبیت به هم همیشه ثابت است و تابع گردش محور نیست. مقدار این مقاومت، بر روی بدنه‌ی مقاومت متغیر، نوشته می‌شود.

جدول ۲-۱- بیانگر استاندارد کد نوارهای رنگی است.

رنگ	اعداد صحیح			ضریب	تلرانس
	نوار اول	نوار ثانی	نوار سوم		
سیاه	-	-	-	X1	-
فیروزه‌ای	1	1	X1+	-	-
قرمز	2	2	X1++	-	-
نارنجی	3	3	X1+++	-	-
زرد	4	4	X1/8	-	-
سبز	5	5	X1+1k	-	-
آبی	6	6	X1+10k	-	-
بلشن	7	7	-	-	-
خاکستری	8	8	-	-	-
سلید	9	9	-	-	-
طلایی	-	-	X1/1	±7%	-
نقره‌ای	-	-	X1/10	±11%	-
پیروزی	-	-	-	±1%	-

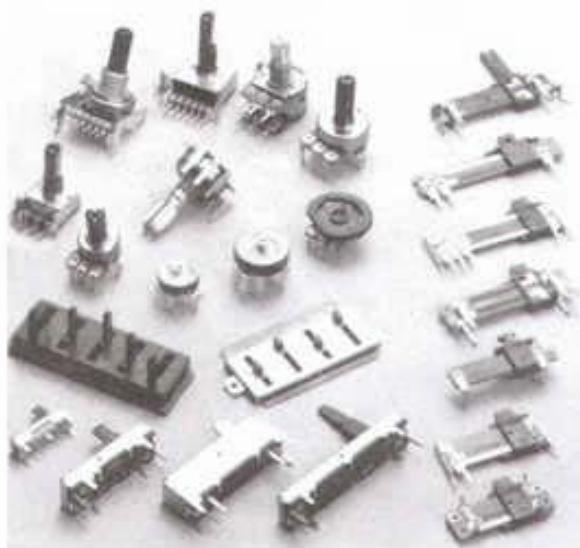
جدول ۲-۲- استاندارد کد نوارهای رنگی مقاومت

استاندارد دیگری نیز برای بیان مقدار مقاومت به کار می‌رود. این روش معمولاً برای مقاومت‌های بیشتر از یک وات به کار می‌رود. در این روش اعداد صحیح مقدار مقاومت را می‌نویسند و واحد آن را با R برای اهم، K برای کیلوهم و M برای مگاهم مشخص می‌کنند، سیس تلرانس آن را با M برای ۲ درصد، K برای ۱۰ درصد و L برای ۵ درصد مشخص می‌کنند. در زیر چند نمونه از این روش آمده است.



شکل ۴-۱

۴-۲-۱- (واضح)، توان قابل تحمل با توان مجاز مقاومت که در عمل بیشتر از این گفته می‌شود.



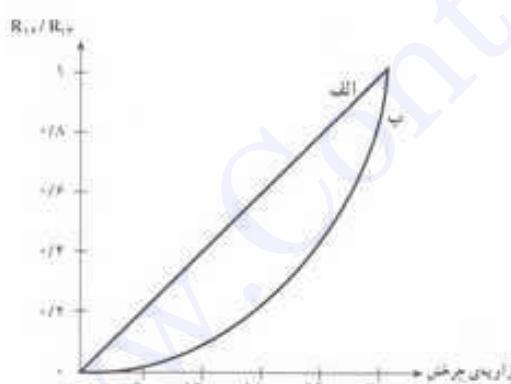
شکل ۶-۱-۱- نمونه هایی از مقاومت های متغیر



شکل ۶-۱-۲- نمونه هایی از مقاومت های بروزات ثابت



شکل ۶-۲- علامت فنی مقاومت متغیر

شکل ۶-۳- منحنی تغییرات مقدار مقاومت نسبت به زاویه جرخی محور
الف- مقاومت متغیر خطی و ب- مقاومت متغیر لگاریتمی

ترمیال متغیر به اتصال لفزند، متصل است و این اتصال لفزند، می تواند به وسیله‌ی گردش محور بر روی لایه‌ی گرین حرکت کند و مقدار مقاومت این ترمیال را نسبت به ترمیال‌های ثابت تغییر دهد. علامت فنی مقاومت متغیر در شکل ۶-۱ شناس داده شده است.

تغییر مقاومت بین ترمیال ۲ و ۱ و با ۲ و ۳ نسبت به تغییرات محور می تواند خطی باشد؛ در این صورت مقاومت متغیر را مقاومت متغیر خطی می نامند. همچنین تغییرات مقاومت، نسبت به تغییرات محور می تواند غیرخطی (متلاً لگاریتمی) باشد؛ در شکل ۶-۳ منحنی الف مربوط به یک مقاومت خطی و منحنی ب مربوط به یک مقاومت لگاریتمی است.

۶-۲-۱- مقاومت های تابع حرارت (ترمیستور): مقاومت تابع حرارت یا ترمیستور به مقاومت هایی گفته می شود که مقدار مقاومتشان تابع حرارت است. تابع حرارت بر روی مقدار مقاومت به دو صورت ظاهر می شود؛ دسته‌ای از ترمیستورها که در آن افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می باید و به آنها ترمیستورهای با ضریب حرارتی منفی یا ترمیستورهای ^۱N.T.C گفته می شود.

^۱ N.T.C = Negative Temperature Coefficient

۱-۲-۴- مقاومت تابع نور: مقاومت تابع نور^۷ یا فتورزیستور^۸ به مقاومتی اطلاق می شود که با تغییرات نور تابانیده شده به سطح آن، مقدار مقاومت آن تغییر کند. بدیگر، مقاومت تابع نور، مقاومتی است که مقدار آن، در هر لحظه، بستگی به مقدار نوری دارد که به سطح آن تابانیده شده است.

شکل ۱۱- نمای ظاهری و علامت فنی این نوع مقاومت را نشان می دهد.

ترمیستورهای N.T.C اکثر آنها به شکل های دیسکی و استوانه ای ساخته می شوند. شکل ۱-۹ جند تموهه ترمیستور N.T.C و علامت فنی آن را نشان می دهد.



علامت فنی N.T.C



شکل ۱-۹- نمونه هایی از مقاومت های تابع حرارت



ب- نمای ظاهری

شکل ۱-۱- در نمونه ای مقاومت های P.T.C هر راه با علامت فنی آن

ب- علامت فنی مقاومت

الد- نمای ظاهری مقاومت

تابع نور

شکل ۱-۱

دسته دیگری از ترمیستورها وجود دارند که در انر افزایش دما، مقدار مقاومتشان افزایش می باید و به آنها ترمیستورهای با ضرب حرارتی مشتباً ترمیستورهای P.T.C گفته می شود.

در شکل ۱-۱- دو نمونه مقاومت P.T.C هر راه با علامت فنی آن نشان داده شده اند.

^۷- P.T.C = Positive Temperature Coefficient^۸- Light Dependent Resistor

P- Photo resistor

۲- خازن

فرکانس کارخازن می‌گویند.

- ۱-۵- فریب تلفات خازن: ضرب تلفات خازن
به صورت (رابطه‌ی ۵) تعریف می‌شود:

$$(1-5) \quad D = \frac{1}{2\pi f C R} \text{ ضرب تلفات خازن}$$

در (رابطه‌ی ۱-۵)، R مقاومت آهی صفحات خازن و C ظرفیت آن است.

۶-۱- ماکریم درجه حرارت مجاز: به حد اکثر دمایی که در آن عایق خازن تغییر حالت ندهد و خاصیت عایقی آن ازین لرود ماکریم درجه حرارت مجاز گفته می‌شود.

۲- انواع خازن‌ها

۱-۲- خازن‌های الکترولیستی: در میان خازن‌ها بیشترین ظرفیت را خازن‌های الکترولیستی دارند. این ظرفیت زیاد ناسی از به کار بردن یک لایه‌ی دی‌الکتریک نازک با ضخامت تقریباً یک نانومتر است. در عمل چنین لایه‌ای را به وسیله‌ی اکسید اسیون آندی یک فلز مناسب تهیه می‌کنند. خازن‌های الکترولیستی اکثراً قطبی و دارای آند و کاند هستند؛ بنابراین باید توجه داشت که در جن کار، دو قطب آن‌ها جایه‌جا نصب شود. در صورت انتیام متصل کردن دو قطب خازن الکترولیستی، واکنش‌های الکتروشیمیای درون خازن روی می‌دهد و خازن معیوب می‌شود. شکل ۱-۱۲ تعدادی خازن الکترولیستی را نشان می‌دهد.

خازن‌های الکترولیستی از نظر داشتن مواد دی‌الکتریک، در انواع و اقسام مختلف ساخته می‌شوند که هر نوع دارای مشخصات خاصی است.

۲-۲- خازن‌های کاغذی: عایق این نوع خازن‌ها از یک صفحه‌ی نازک کاغذ متخلخل تشکیل شده است که یک دی‌الکتریک مناسب درون آن تزریق می‌شود. جوشن‌های این نوع خازن نیز معمولاً از ورقه‌های آلومینیوم است. خازن‌های کاغذی دارای ابعاد قیزیکی زیاد هستند و در ولنازهای زیاد کاربرد دارند.

خازن، به عایق است که انرژی الکتریکی را در خود ذخیره می‌کند. ساختمان خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف- صفحات هادی که به آن‌ها جوشن نیز گفته می‌شود. این صفحات معمولاً ورقه‌های نازک از جنس آلومینیوم، روی و یا نقره هستند.

ب- عایق بین صفحات هادی که به آن دی‌الکتریک نیز گفته می‌شود. معمولاً خازن‌ها از نظر دی‌الکتریک به کار رفته در ساختمان آن‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند.

۳- مشخصات خازن

۱-۲- ظرفیت خازن: نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به ولناز آن را ظرفیت خازن می‌نامند. (رابطه‌ی ۳)، ظرفیت خازن را بیان می‌کند.

بار الکتریکی ذخیره شده Q

$$(3) \quad C = \frac{Q}{E}$$

 ولناز دو سر خازن
 مهم‌ترین مشخصه‌ی خازن ظرفیت آن است: بنابراین ظرفیت هر خازن همواره بر روی بدنه‌ی آن لوشنده می‌شود.

۲-۱- ولناز کار: ماکریم ولنازی که به دو سر خازن اعمال می‌شود تا آن حد مولکول‌های عایق درون خازن شکسته شوند، ولناز پلازماسیون یا ولناز کار نامیده می‌شود. معمولاً هر راه ظرفیت، ولناز کار خازن نیز بر روی بدنه توشه شده می‌شود.

۳-۱- فریب حرارتی: ظرفیت خازن به عوامل مختلفی بستگی دارد که یکی از آن‌ها حرارت است. واستگی ظرفیت خازن به حرارت را ضرب حرارتی خازن می‌گویند.

۴-۱- ماکریم فرکانس کار: با افزایش فرکانس، راکانس خازن کم می‌شود.

$$(1-6) \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

کاهش در امیداتس خازن، در عمل، تا فرکانس معنی‌رزوی می‌دهد و معمولاً از این فرکانس به بالا اثر سلطی صفحات خازن ظاهر می‌شود و امیداتس خازن افزایش می‌باید. این فرکانس را



ب - نکل ظاهری

الک - علامت فنی خازن

شکل ۱۲-۱-۱- نمونه‌هایی از خازن‌های الکترولیتی همراه با علامت فنی خازن

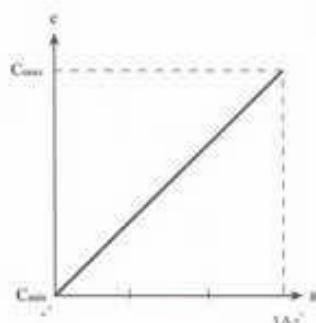
ب - صفحات متغیر
محور خازن، به صفحات متغیر، متصل است.
با جریان‌مند محور می‌توان صفحات متغیر را درون صفحات
تایت قرار داد و بدین ترتیب سطح مؤثر صفحات خازن و ظرفت
آن را افزایش داد. ماکریم زاویه‌ی جرخش محور در خازن‌های
متغیر ۱۸° درجه است. بدین ترتیب باید ثابت:
دی الکتریک خازن متغیر شکل ۱۲-۱ هو است. ظرفت
خازن در هر زمان بستگی به زاویه‌ی محور دارد یعنی می‌توان با
تغیر زاویه‌ی محور ظرفت خازن را کم و زیاد کرد. شکل
صفحات خازن متغیر شکل ۱۲-۱ نیم‌داره است؛ بنابراین تعبیت
ظرفیت خازن به زاویه‌ی محور خطی است (شکل ۱۲-۱۵).
در یک دستگاه رادیو، با به طور کلی در گیرنده‌های رادیویی،
خازن متغیر است که فرکانس ایستگاه رادیویی را تنظیم می‌کند.
بنابراین برای داشتن یک کنترل خطی روی فرکانس، باید صفحات

۳-۲-۲- خازن‌های سرامیکی؛ این نوع خازن‌ها اکثر به صورت دیسکی (عدسی) تولید می‌شوند. از مزایای این نوع خازن‌ها ولتاژ کار زیاد است. ظرفت خازن‌های سرامیکی معمولاً بین $100\text{-}1000 \mu\text{F}$ است. شکل ۱۲-۱ نمونه‌هایی از این خازن‌ها را نشان می‌دهد.

۴-۲-۲- خازن‌های متغیر؛ ظرفت خازن را می‌توان با تغیر سه عامل تغیر داد:

الف - تغییر فاصله‌ی صفحات
ب - تغیر سطح صفحات
ج - تغییر نوع دی الکتریک.
از سه روش فوق رابع ترین روش، تغیر سطح مؤثر صفحات است. شکل ۱۲-۱ یک نمونه خازن متغیر را نشان می‌دهد. در یک خازن متغیر دو نوع صفحه وجود دارد:

الف - صفحات تایت

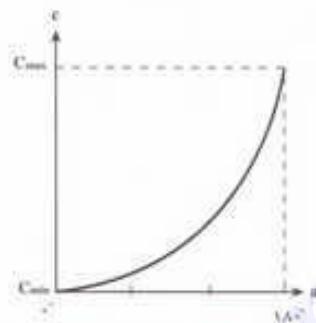


الف - منحنی تغییرات طرفیت خازن بر حسب جریان مسلاحت مذکور



ب - شکل مسلاحت مذکور خازن

شکل ۱۵-۱

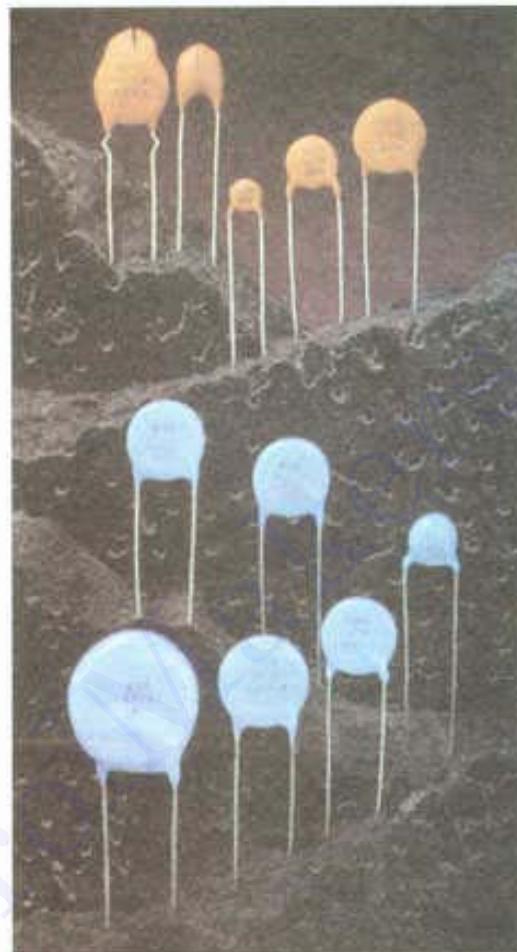


الف - منحنی تغییرات طرفیت خازن بر حسب جریان مسلاحت خازن

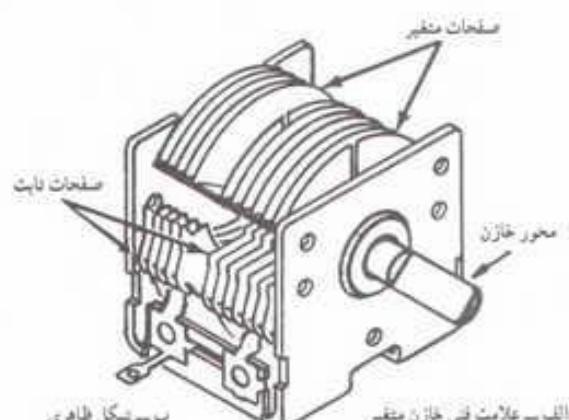


ب - شکل مسلاحت مذکور خازن

شکل ۱۶-۱



شکل ۱۲-۱-۱-۱-نمونه‌هایی از خازن سرامیکی



الف - علامت فسی خازن مذکور

ب - شکل ظاهری

شکل ۱۶-۱-۱-۱-ساخته‌یک خازن مذکور

۱۰

قید می کنند. در این عدد سه رقمی، رقم پنکان، نشان دهندهٔ تعدادی صفر است که باید جلوی دو رقم باقی مانده بگذاریم تا ظرفیت قطعی خازن بر حسب پیکوفاراد (PF) به دست آید. مثلاً اگر بر روی خازنی عدد ۱۰۰۰ نوشته شده باشد ظرفیت آن برابر است با:



بعنی ظرفیت این خازن 1000 PF و یا $1 \mu\text{F}$ است.

متغیر به صورت شکل ۱-۱۶ بالشند. ربع تغیر ظرفیت خازن‌های متغیر راچ ΔVPF نا ΔPF و $\Delta \mu\text{F}$ نا $\Delta \mu\text{A}$ و ΔPF نا ΔA است.

۳-۲- روش خواندن مقدار ظرفیت خازن

امروزه سازندگان مختلف، بر روی خازن‌های ساخته شده، ظرفیت آن را می‌نویسند و فقط بر روی بعضی از خازن‌های عدی است که، به جای نوشتن مستقيم ظرفیت، یک عدد سه رقمی را

۳- سلف

جنس هسته از هواست. شکل ۱-۱۷ نمونه‌های از سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک را نشان می‌دهد. سلف در سلف‌های با خودالقاچی زیاد، اگر بخواهد هسته را از هوای فرار دهد باید سلف بزرگ می‌شود. بنابراین لازم است به جای هوا از یک هستهٔ مناسب استفاده شود. هستهٔ مناسب برای این کار، بخصوص در صنعت الکترونیک، فریت‌ها هستند. در شکل ۱-۱۸ تعدادی از فریت‌های آماده برای سلف‌ها و ترانسفورماتورها، نشان داده شده‌اند.

سلف، المانی است که می‌تواند با ایجاد میدان الکترومناطیسی ارزی الکتریکی را در خود ذخیره کند. سلف از دو قسمت اصلی تشکیل شده است:

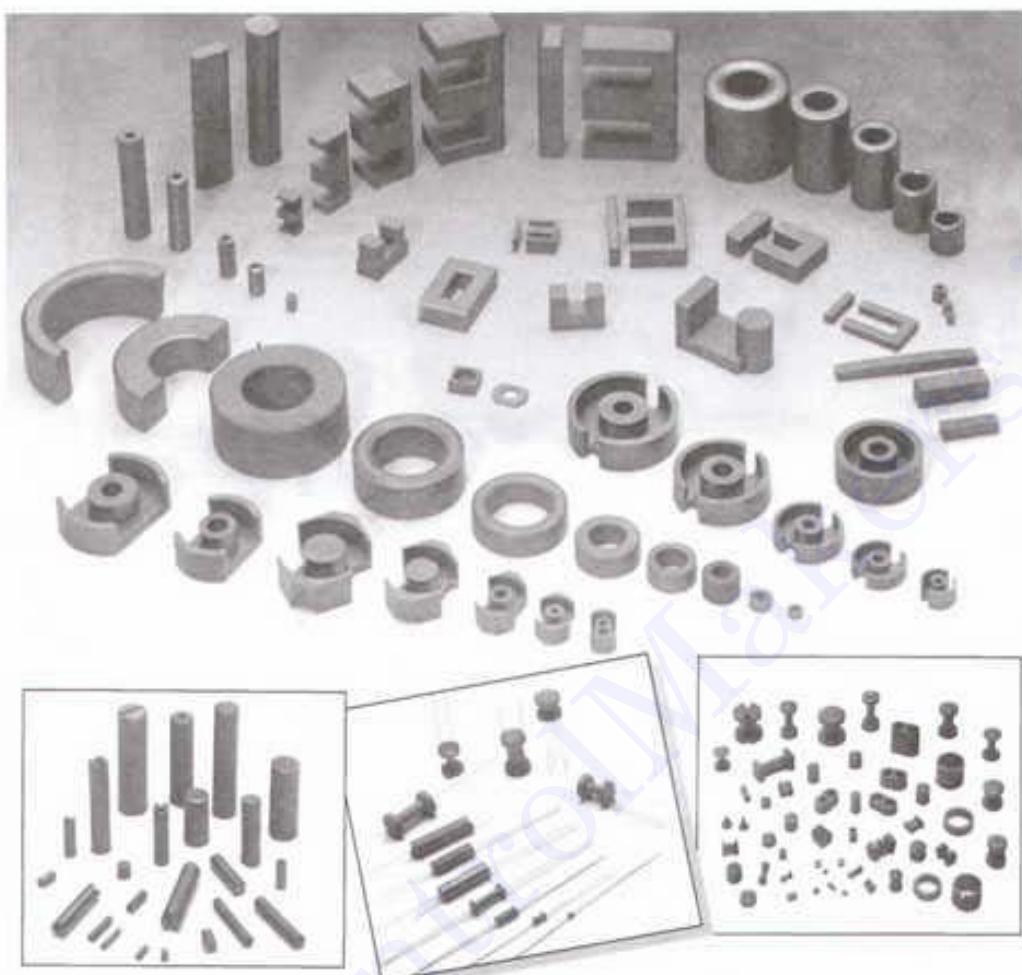
الف - سیم بیچ: که از پیچیدن طول معینی از یک سیم هادی، پاروکس عالی، بر روی یک پایهٔ عالی شکل می‌گیرد.
ب - هسته: که درون سیم بیچ قرار می‌گیرد تا میسر مناسی برای میدان مغناطیسی فراهم آورد. در فرکانس‌های زیاد (پیش از ۵ مگاهرتز) به علت استفاده از سلف‌های با خودالقاچی کم،



ب - شکل ظاهری سلف

الف - علامت لی سلف

شکل ۱-۱۷-۱- نمونه‌های از سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک



شکل ۱۸-۱- نمونه هایی از قریب های آماده برای سلفها و ترانسفورماتورهای کوچک

آن میلی هزاری ($1/1000$ هزاری) و میکرو هزاری ($1/1000000$ هزاری) هستند.

۲-۳-۱- عوامل مؤثر بر ضرب خود القابی: تعداد دور، قطر و طول سپیچ و همچنین جنس هسته‌ی به کار رفته از عوامل مؤثر بر ضرب خود القابی یک سلف هستند.

۲-۳-۲- ضرب خود القابی یک سلف (Q): یک سلف با طول معنی از یک سپم هادی ساخته می شود؛ بنابراین دارای مقاومت اهمی بیشتر است. بنابراین یک سلف واقعی، از یک سلف ابدال و یک مقاومت سری شده با آن مطابق شکل ۱-۱۹ تشکیل

۱-۳- مشخصه های سلف

۱-۳-۱- ضرب خود القابی سلف (L): مهمترین مشخصه‌ی سلف، خود القابی آن است. خود القابی یک سلف، نسبت میدان مغناطیسی اطراف آن به جریان عبور کننده از سلف است؛ یعنی:

$$L = \frac{\varphi}{I} = \frac{\text{فروزان ایجاد شده اطراف سلف}}{\text{جریان عبوری از سلف}}$$

واحد خود القابی (A) هزاری است و واحد های کوچکتر

عد از انجام محاسبات لازم، ایندا قرقه‌ی موردنیاز را (عمولاً ز جنس پلاستیک) انتخاب می‌کنند و سپس سه شخص شده را به تعداد دور (محاسبه شده) روی قرقه‌ی می‌بینند و سپس همه اند داخل آن قرار می‌دهند.

شکل ۲۱-۱ نمونه‌هایی از قرقره‌های آماده را در فرم‌های مختلف نشان می‌دهد.

سبه های مورد استفاده در سلکت ها از نوع سیم با عایق لامپ (سیم لامپی) و معمولاً از جنس من هستند و در قطر های مختلف توسط کارخانه های سیم سازی تولید می شوند.
سیم لامپی را معمولاً با قطر آن من شخص من کنند: مثلاً سیم لامپی $1/3$ " (صفر - سی) یعنی سیم لامپی ای که قطر آن $1/3$ " می باشد.

در جدول ۳-۱ مشخصات کامل سیمه‌های لاکی از نظر ۵۰٪ تا ۹۰٪ آمده است.

در ستون اول جدول، قطر سیم بدون عایق، در ستون دوم
قطر سیم با عایق (لاک)، در ستون سوم سطح مقطع سیم، در
ستون چهارم وزن سیم به ازای هر متر طول، در ستون پنجم
مقاومت سیم به ازای هر متر طول و بالاخره در ستون ششم تعداد
حلقه در هر سانتی متر معین آورده شده است.

卷之三



سکل ۱۹-۱- مدار معادل یک سال واقع

طبق تعریف، ضرب کیفیت یک سلف، عبارت است از:

$$Q = \frac{N_L}{R} = \frac{\pi f L}{R}$$

هر قدر مقدار R را کاهش دهیم، حسنه ب گفته سلف زیادتر می شود.

۴-۱-۳- ماقریزم فرگانس کار : با افزایش فرگانس.

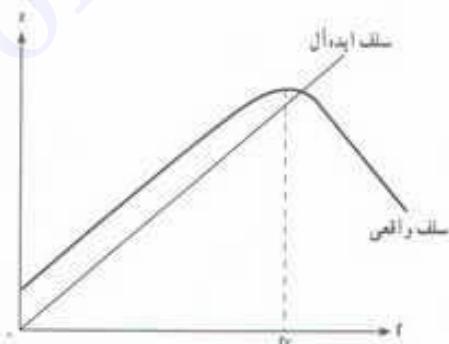
VOLUME 61

در عمل، این افزایش در امیدانس سلف تا فرکائنس شخصی صورت می‌گیرد و از این فرکائنس به بالا اثر فوران‌های

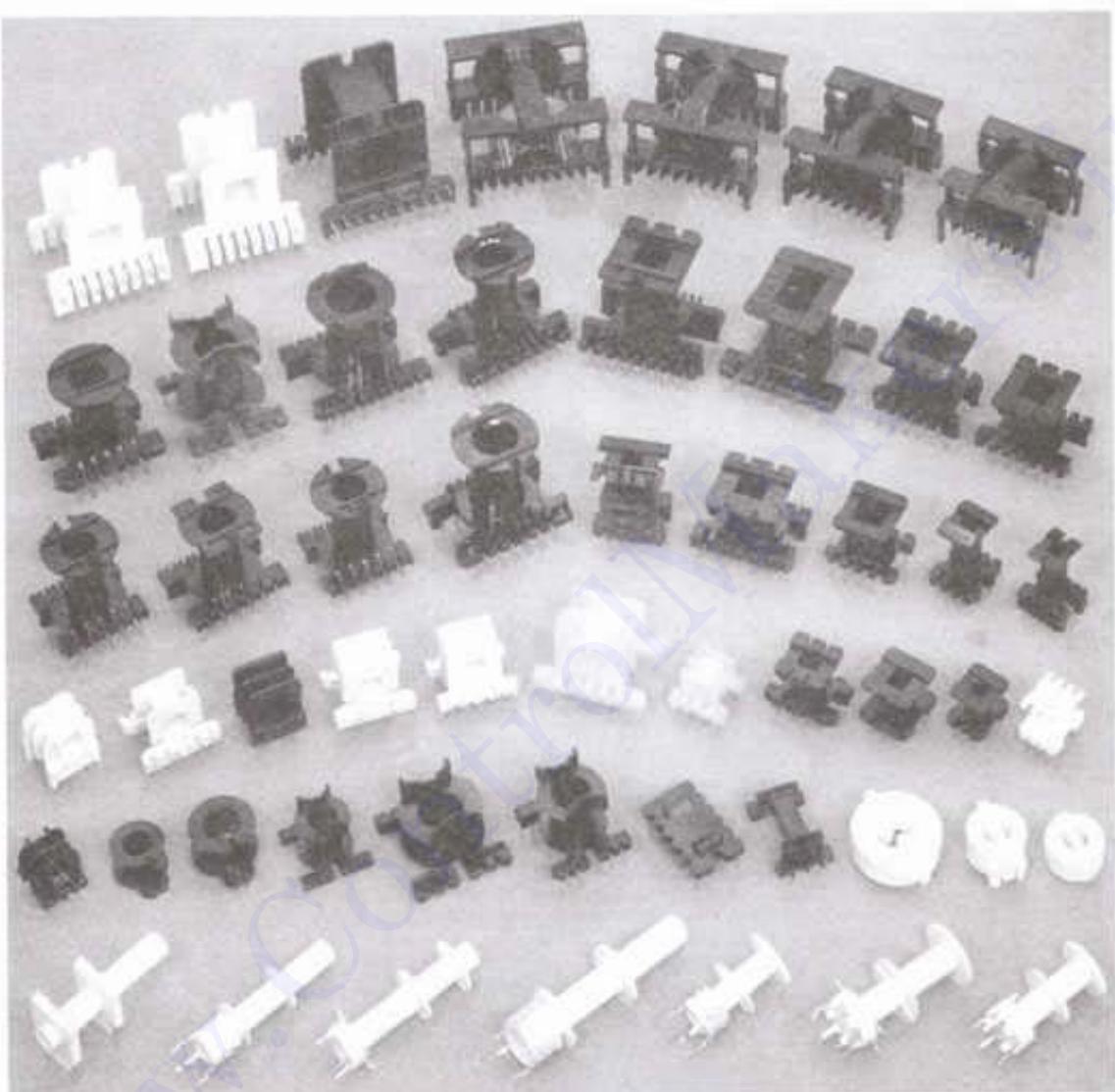
پر اکنہ در سلف ظار می شود و امدادش سلف کاہش می باند.
شکل ۱-۲۱ منحنی امدادش - فر کائیں پک سلف واقعی و یک سلف امداد آل را انسان می دهد.

۲-۳- نحوه‌ی ساختن سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک

برای ساخت یک سلف و یا یک ترانسفورماتور کوچک،



فیکل - ۲ - منحنی امیدانس - فرکانس یک سلف ایده‌آل و واقعی



شکل ۲۱-۱- نمونه هایی از انواع قرقره برای ساخت سلفها و تراستور ماتورهای کوچک

ج) ۱-۳-۱- مشخصات سمه های لامی مور د استاده در ساخت سلف ها و ترانسفرماتورها

۴- بیل‌ها و باتری‌ها

نها از یک بیل ساخته شده باشد، ۱/۵ ولت است، و باتری‌های با ولتاژ بین تر از سری ملدن جند بیل روی - کرین در داخل باتری ساخته می‌شوند. برای مثال باتری ۹ ولت از بیل روی - کرین به صورت سری ساخته می‌شود.

۴-۱-۲- بیل قلبایی: ولتاژ بیل قلبایی مانند بیل روی - کرین ۱/۵ ولت است. با ابعاد مشابه، بیل قلبایی می‌تواند گنجایش جریانی دو تا پنج برابر بیل روی - کرین را داشته باشد. همچنین در اثر کشیدن جریان، ولتاژ بیل قلبایی افت کمتری نسبت به بیل روی - کرین دارد (ازرا مقاومت داخلی کوچکتری دارد). بنابراین در جایی که جریان بین تر، همراه با عمر بین تر، مورد نظر باشد می‌توان از باتری قلبایی به جای باتری روی - کرین استفاده کرد. 

شکل ۴-۲۳-۱- نمونه‌ای از باتری قلبایی در دو اندازه مختلف

۳-۱-۴- بیل اکسید نقره: بیل اکسید نقره یکی از جدیدترین بیل‌های اولیه است. این بیل دارای ولتاژ ۱/۵ ولت است که ولتاژی نایت و دارای مقاومت داخلی کم است. بیل اکسید نقره را می‌توان در ابعاد بسیار کوچک تولید کرد به همین جهت از آن در وسائل الکترونیک، مانیتور حساب جیبی و سمعک استفاده می‌شود. شکل ۴-۲۴-۱- شکل ظاهری و ساختمان داخلی آن را نشان می‌دهد.

۴-۱-۴- باتری‌های لیتیوم: نوع دیگری از باتری‌های یک بار مصرف، باتری‌های لیتیوم هستند که نمونه‌های فعلی آن در بازار به صورت یک بار مصرف عرضه می‌شود، ولی اخیراً نوع قابل شارژ آن نیز ساخته شده است.

به مجموعه‌ای که ارزی شبیه‌ای را به ارزی الکتریکی تبدیل می‌کند بیل الکترونیکی گفته می‌شود. یک باتری معمولاً از یک یا چند بیل الکترونیکی تشکیل شده است.

کوچکترین و در دسترس بین منابع ارزی الکتریکی باتری‌ها هستند. به همین جهت در وسائل قابل حمل (برتابل) از باتری‌ها به عنوان منبع جریان مستقیم استفاده می‌شود. علاوه بر این باتری‌ها بر عکس فطمات متحرک، از کارکرد ثابت و منظمی برخوردارند.

بیل‌ها به دو دسته، بیل‌های اولیه و بیل‌های ناتوبه تقسیم می‌شوند. بیل‌های اولیه به بیل‌هایی می‌گویند که قابل تشارز کردن بوده و س از تشارز دیگر قابل استفاده نیستند، به عبارت دیگر یک بار مصرف‌اند؛ اما بیل‌های ناتوبه بیل‌هایی هستند که قابلیت بارشدن (شارز) و مصرف شدن (شارز) مکرر دارند.

۱-۴- بیل‌های اولیه

همان طور که گفته شد این بیل‌ها یک بار مصرف‌اند و در انواع مختلف ساخته می‌شوند. در زیر جند نوع بیل اولیه را شرح می‌دهیم:

۱-۱-۴- بیل روی - کرین: رایج‌ترین باتری‌ها بازی‌هایی است که از بیل روی - کرین ساخته می‌شود. شکل ۴-۲۲-۱ یک نمونه از رایج‌ترین بیل‌های روی - کرین را در سه اندازه مختلف نشان می‌دهد. ولتاژ یک باتری روی - کرین که



شکل ۴-۲۴-۱- نمونه‌ای از باتری روی - کرین در سه اندازه مختلف



از مربایای باز این نوع باتری‌ها، طول عمر بسیار زیاد آن‌ها (۵ تا ۷ سال) است. این نوع باتری‌ها بین در انواع و اقسام مختلف ساخته می‌شوند. شکل ۲۵-۱ نمونه‌هایی از باتری لیتیوم را اشان می‌دهد.



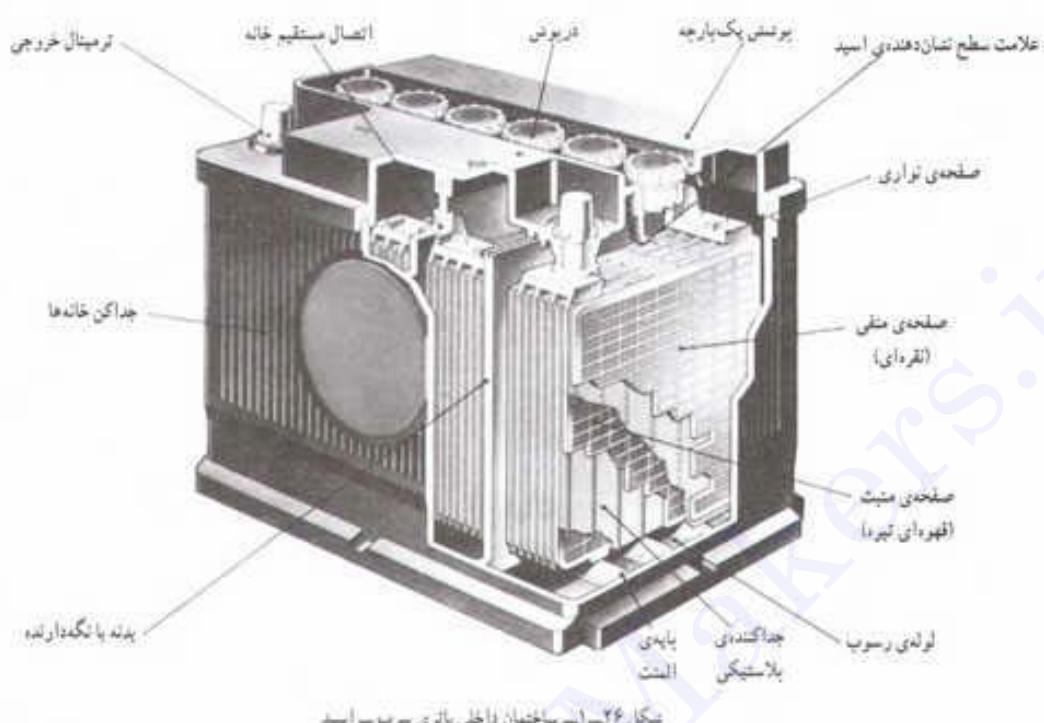
شکل ۲۵-۱-نمونه‌هایی از باتری لیتیوم

۲-۴- بیل‌های نانویه

رفته در اتومبیل از این نوع آند در این بیل الکترود مثبت از جنس سرب اسفنجی و الکترود منفی از جنس اکسید سرب است و الکترولیت درون بیل، محلول اسید سولفوریک است. شکل ۲۶-۱ ساخته‌یان یک نمونه از این باتری‌ها را که در اتومبیل به کار می‌رود اشان می‌دهد.

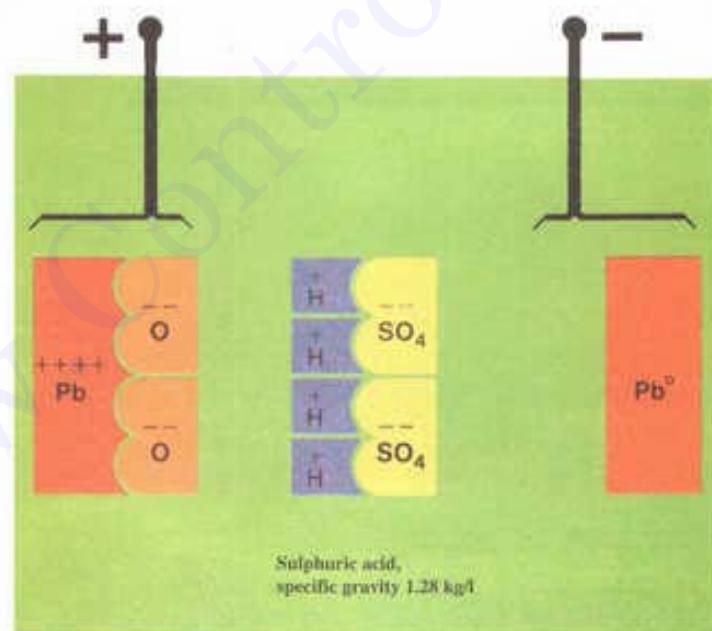
این نوع بیل‌ها قابلیت تاریز شدن را دارند. در زیر دو نمونه از بیل‌های نانویه رایج را مورد بررسی فرار می‌دهم.

۱-۲-۳- بیل سرب - اسید: بیل سرب - اسید یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین بیل‌های نانویه است. باتری‌های به کار

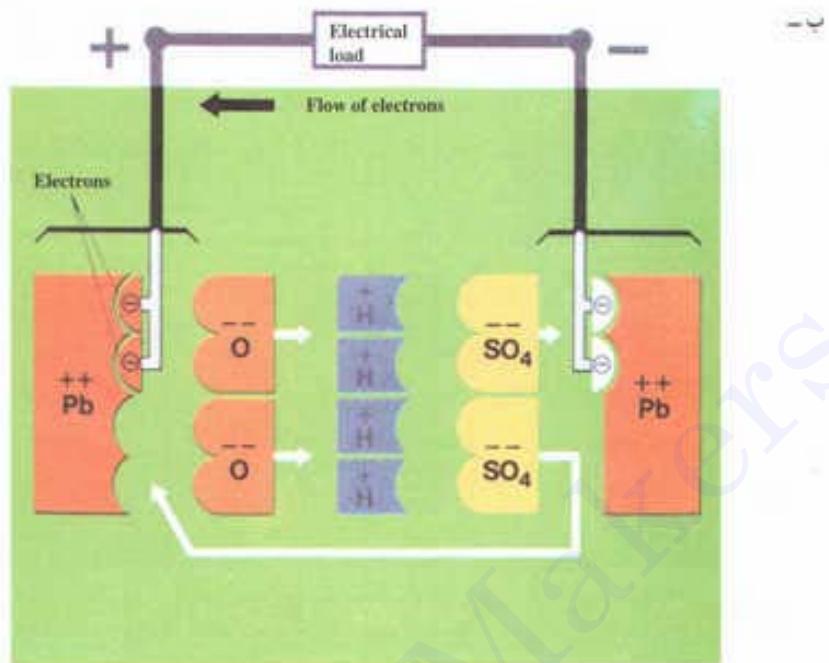


شکل ۲۶-۱- ساختهای داخلی بازی سرب- اسید

در زیر به طرز کار این بازی می بردازید:
الف-

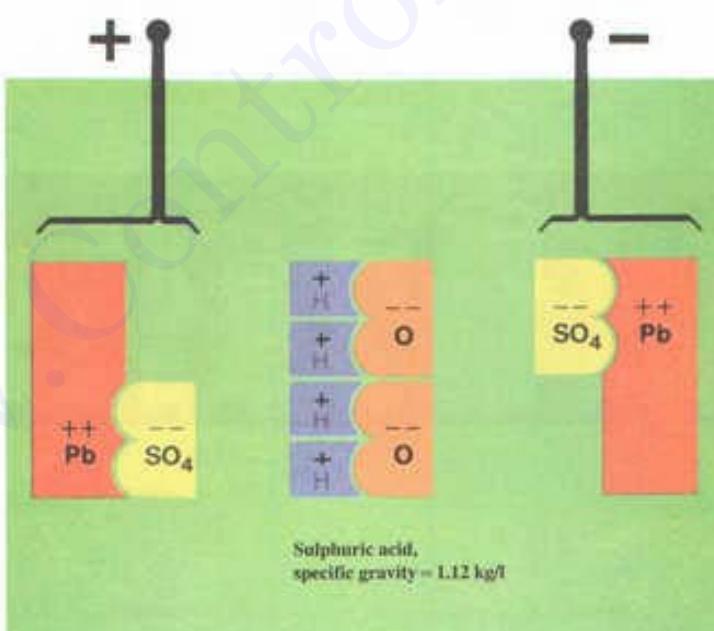


شکل ۲۷-۱- بیل سرب- اسید شارژ نشده، صفحهی منفی سرب استنچی- صفحهی مثبت اکسید سرب خلقت اسید ۱/۴۸kg/l

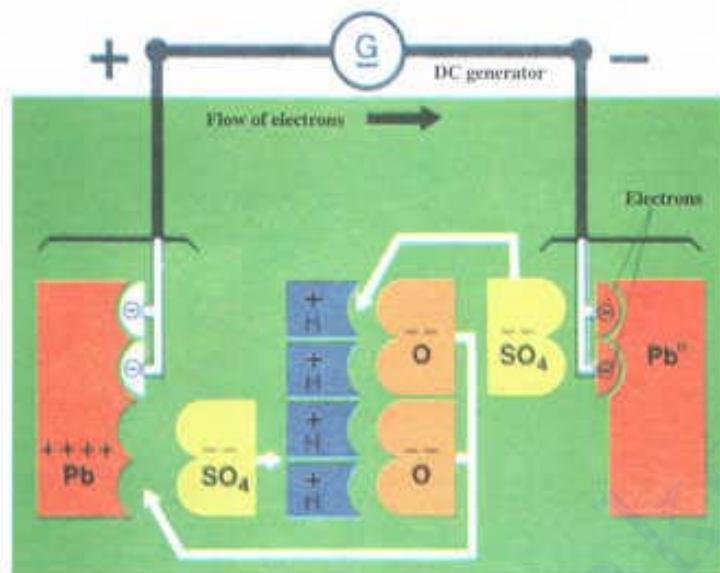


شکل ۲۸-۱- بیل در حال دیوارز: به تدریج صفحه‌ی منفی سرب تبدیل به سولفات‌سرب و صفحه‌ی مثبت اکسید‌سرب تبدیل به سولفات‌سرب می‌شود و در ضمن از غلظت اسید سولفوریک کاسته می‌شود.

ج-



شکل ۲۹-۱- بیل کاملاً دیوارز شده، است. صفحات منفی و مثبت هر دو به سولفات‌سرب تبدیل شده‌اند و غلظت اسید نیز، به حداقل مقدار خود یعنی ۱/۱۲ kg/l = رسیده است.

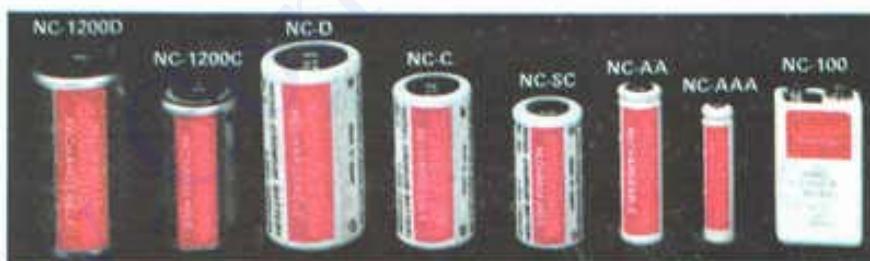


شکل ۳-۱- بیل در حال شارژ: صفحه‌ی مثبت مجدداً به اکسید سرب و صفحه‌ی منفی به سرب استخراج شده‌ی منود و غلظت اسید سولفوریک افزایش می‌یابد و بیل مجدداً شارژ می‌شود.

ولناز تامی بیل سرب-اسید ۲/۱ ولت است، پرگ ترین منیث بیل سرب-اسید قابلیت جریان دهن ریاه آن است.

۲-۴-۲- بیل نیکل-کادمیوم : این بیل نیز از سرب-اسید بوده و قادر به نگهداری از زی کتریکی بسیاری است. در صنایع هوایی و صنایع نظامی از این بیل زیاد استفاده می‌شود. شکل ۳-۱- نمونه‌هایی از این نوع باتری‌ها را نشان می‌دهد.

۲-۴-۳- بیل نیکل-کادمیوم : این بیل نیز از بیل‌های تابویه است و ولناز تامی آن ۱/۲ تا ۱/۳ ولت است. ولناز آن در حین دشارژ تابیت نیز از بیل سرب-اسید است. تعداد دفعات عمل شارژ و دشارژ کردن این بیل بیشتر از بیل



شکل ۳-۱- نمونه‌هایی از باتری‌های نیکل-کادمیوم

فصل دوم

شناخت و کاربرد آوومتر عقرهای

- هدفهای رفشاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از بایان این فصل بتواند:
- آوومتر عقرهای را از سایر دستگاه‌ها تمیز دهد.
 - علایم روی آوومتر را تشریح کند.
 - مقادیر کمیت‌های الکتریکی را از روی صفحه‌ی مدرج بخواند.
 - مقاومت اهمی را با آوومتر اندازه بگیرد.
 - ولتاژ DC و AC را با آوومتر اندازه بگیرد.
 - جریان DC را با آوومتر اندازه بگیرد.
 - دسی‌بل را با آوومتر اندازه بگیرد.

۲- روش استفاده از آوومتر عقرهای

۱-۲- شرح آزمایش

در این آزمایش طرز استفاده از آوومتر در اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. همان‌طور که می‌دانید، آوومتر مجموعه‌ای از سه دستگاه، آهنگتر، ولت‌متر و آمپرمتر است. شکل ۲-۱ نمونه‌ای از آوومتر عقرهای را نشان می‌دهد.

۱-۲- هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش شناخت علایم فشی روی آوومتر، خواندن مقادیر توسط آوومتر، اندازه‌گیری مقاومت اهمی با آوومتر، اندازه‌گیری ولتاژ و جریان DC با آوومتر، اندازه‌گیری ولتاژ AC با آوومتر و اندازه‌گیری دسی‌بل توسط آوومتر است.

تعداد یا مقدار

وسایل مورد نیاز

۳-۲- تشریح علایم روی صفحه‌ی مدرج یک آوومتر عقرهای

شکل ۲-۲ یک نمونه از صفحه‌ی مدرج آوومتر عقرهای را نشان می‌دهد که علایم آن در زیر تشریح شده‌اند. علامت Δ به معنای دقت نبود است. مثلاً در خلال اندازه‌گیری ولتاژ زیاد، دقت نبود؛ رفع ولت‌متر روی ولتاژ کم نیستند.

علامت \sim نوع ساختمان گالوانومتر را مشخص می‌کند، مثلاً در شکل ۲-۲ این علامت نشان‌دهنده‌ی آن است که دستگاه

۱. آوومتر عقرهای

۲. منبع تغذیه DC (۰-۳۰V)

۳. مقاومت‌های: $1\Omega / 8\Omega / 16\Omega$

$1/2K\Omega, 980\Omega, 27\Omega$

$M\Omega, 47\text{-}K\Omega, 47\text{-}V\text{-}K\Omega$

$1/5M\Omega$

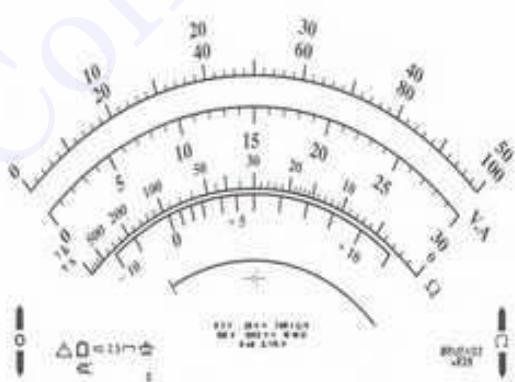
۴. مقاومت $1\text{-}K\Omega$

۵. ترانسفورماتور $220/2\times 9$

۶. سیم‌های راپط



شکل ۱-۲- یک نمونه از آنالوگ متر عاریهای



شکل ۲-۲- یک نمونه از صفحه‌ی عاریهای آنالوگ متر عاریهای



شکل ۳-۲- یک نمونه از کلید سلکتور اورومتر که علامت \parallel - را روی آن وجود دارد.

در بعضی آورومترها، علامت \parallel - نشان دهندهٔ وجود یک رنج برای اندازهٔ گیری وضعیت ولتاژ باتری های $1/5$ ولت است که به آورومتر متصل می شوند. از دیگر علامت روی صفحهٔ مدرج، عدد حاصل است که آن را با علامت $\frac{1}{V}$ نشان می دهد. هر قدر این عدد بزرگ‌تر باشد، دستگاه حساس‌تر است.

در آورومترهای غیر الکترونیکی، عکس عدد $\frac{1}{V}$ ، میزان Ω جربانی را که آورومتر لازم دارد تا عفریه‌ی آن 10% منحرف شود نشان می دهد. مثلاً اگر حسابت یک آورومتر غیر الکترونیکی $\frac{1}{V}$ باشد این دستگاه برای انحراف کامل عفریهٔ جربانی برابر با $10 \times 10^{-6} \text{ A}$ $= \frac{1}{10^6 \Omega}$ دارد.

۴-۲- نحوهٔ خواندن مقادیر ضربی ثابت سنجش
این فست از مهم‌ترین فست‌های آزمایش نمایه است. بطور کلی برای خواندن دقیق ولتاژ و جربان باید به کلید سلکتور اصلی آورومتر، که مانندیم مقادیر ولتاژ با جربان را روی صفحهٔ مدرج نشان می دهد، توجه کرد و به تعداد تقسیمات آن کمیت را روی صفحهٔ مدرج در نظر گرفت.

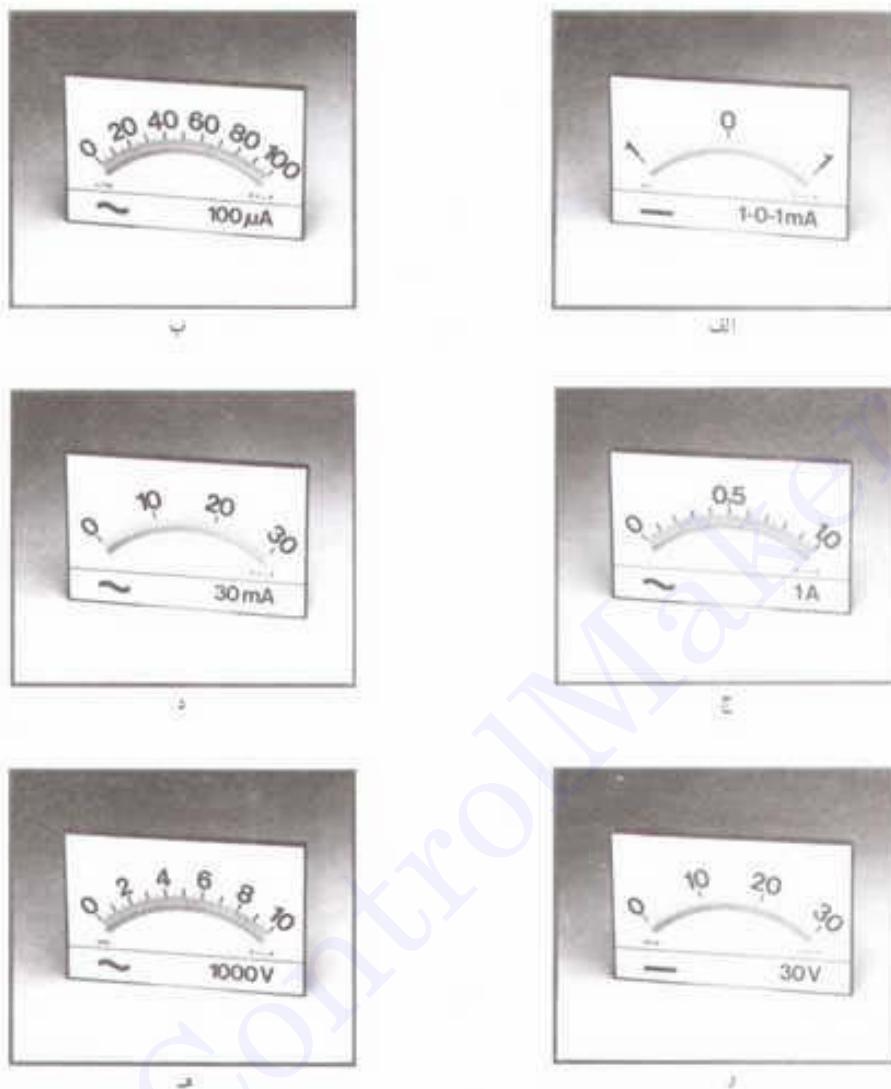
برای درک بهتر این مطلب، به شکل ۴-۲ مراجعه کنید. شکل (الف-۴-۲) درجه‌بندی یک میلی‌آمپرمتر با صفر و سط را نشان می دهد. در این صفحهٔ فاصله‌ی بین صفر تا یک $\frac{1}{4}$ (میلی آمپرمتر) به 20 قسمت تقسیم شده است و هر قسمت $\frac{1}{20}$

از نوع قاب‌گردان (گالوانومتر داروسونال) است. علامت \parallel - نشان دهندهٔ توانایی دستگاه در اندازه‌گیری کمیت‌های AC و DC است. اگر در نزد علامت \parallel - علامت دیوود \square - بگذرد (دیوود) مفهوم آن این است که در داخل دستگاه، برای اندازه‌گیری ولتاژ AC، ایندا ولتاژ را با دیوود پکسوس می کند و پس با گالوانومتر داروسونال آن را اندازه می گیرند. اعدادی چون $2/5$ با $1/5$ یا... ترانس دستگاه را نشان می دهند؛ یعنی خطای دستگاه در انحراف کامل $2/5$ با $1/5$ یا... درصد است.

علامت \parallel - نحوهٔ فرار گرفتن دستگاه را مشخص می کند و مفهوم آن این است که هنگام اندازه‌گیری کمیت باید دستگاه کاملاً در حالت افقی فرار گیرد. علامت \star - یا نگر ولتاژ آزمایش دستگاه 1000 ولت است.

علامت \parallel - نشان دهندهٔ وجود مدارهای الکترونیکی در دستگاه است. معمولاً توسط این مدارها (مدارهای الکترونیکی) جربان و ولتاژ AC اعمال شده به آورومتر ایندا یکسوس شده، آن‌گاه اندازه‌گیری می شود. اگر بخواهند تنها از یک دیوود برای پکسوسازی استفاده کنند، اندازه‌گیری ولتاژهای AC کم با خطای زیاد همراه خواهد بود و اندازه‌گیری جربان‌های AC کم تقریباً ناممکن است (بنابراین در بعضی از حالات خطای حیی از 10% نیز بیشتر می شود).

علامت \parallel -، این علامت، در بسیاری از آورومترها، وضعیت باتری داخل آورومتر را از نظر قدر مدار ولتاژ نشان می دهد. برای این منظور، یک رنج ولتاژ حدود 2 ولت روی صفحهٔ مدرج وجود دارد که محدودیت $1/3$ نا $1/1$ ولت آن با رنگ قرمز یا سبز مشخص می شود. اگر عفریه در این محدوده فرار گردد نشان می دهد که باتری دستگاه سالم است. در ضمن همین علامت \parallel - روی کلید سلکتور اصلی وجود دارد. اگر کلید سلکتور در حالت \parallel - فرار گیرد، عفریه دستگاه وضعیت باتری را نشان می دهد. شکل ۴-۳ علامت باتری را روی کلید سلکتور اصلی نشان می دهد.



شکل ۲-۱

برای یه دست آوردن مقدار کمیت اندازه گیری شده، ابتدا باید دید که عفره چند قسمت منحرف شده است، آن گاه تعداد این تقسیمات را در ضرب نایت سنجش ضرب کرد. مثلاً اگر عفره به اندازه ۱۵ قسمت منحرف شود مقدار جریان برای:

$$15 \times \frac{1}{4} = 15 / 4 = 3.75 \text{ mA}$$

می شود.

میلی آمپر را نstan می دهد. مقدار $\frac{1}{4}$ را ضرب نایت سنجش می گویند. ضرب نایت سنجش از رابطه (۲-۲) قابل محاسبه است.

$$\frac{\text{مائلی مقدار اندازه گیری}}{\text{تعداد تقسیمات}} = \text{ضرب نایت سنجش}$$

$$= \frac{1 \text{ mA}}{2 \times 4 \text{ قسمت}} = \frac{\text{میلی آمپر}}{\text{قسمت}} \quad (2-2)$$

۱۰۰۰ ولت شان داده شده است. تعداد تقسیمات این صفحه‌ی مدرج برابر ۱۰۰ قسمت است، لذا ضرب نات سنجش برابر است با:

$$\frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}} = \frac{1000}{100} = \frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}} \times \text{ضرب نات سنجش}$$

به عنوان مثال اگر عقره به اندازه‌ی $25/25$ قسمت منحرف شود مقدار ولتاژ اعمالی به ولت متر برابر است با:

$$\frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}} = \frac{10}{625/25} = 625/5 \text{ قسمت}$$

در شکل ۲-۵، گلید سلکتور روی 50 ولت فواردارد و انحراف کامل عقره در این رفع برابر با $50/50$ ولت است. از طرفی درجه‌بندی این رفع 5 قسمت است بنابراین ضرب نات سنجش برابر:

$$\frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}} = \frac{50}{5} = \frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}} \times \text{ضرب نات سنجش}$$

خواهد بود.

در شکل ۲-۵ عقره به اندازه‌ی 28 قسمت منحرف شده است لذا ولتاژ برابر با:

$$\frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}} = \frac{10}{28} = 28 \times \frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}}$$

را نشان می‌دهد.

چون درجه‌بندی برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی خطا نیست، بنابراین، نحوه‌ی خواندن مقدار مقاومت اهمی با آنچه



شکل ۲-۵

شکل (ب-۴-۲)، یک میکروآمپرمتر ($0-1\mu\text{A}$) را نشان می‌دهد. تعداد تقسیمات این میکروآمپرمتر 100 قسمت است. در این حالت ضرب نات سنجش برابر است با:

$$\frac{1\mu\text{A}}{\text{قسمت}} = \frac{1\mu\text{A}}{100} = \frac{\text{ضرب نات سنجش}}{\text{قسمت}}$$

یعنی انحراف عقره به ازای هر تقسیم جزو، برابر با $1\mu\text{A}$ است. لذا اگر عقره به اندازه‌ی 25 قسمت منحرف شود، مقدار جریان برابر است با:

$$\frac{1\mu\text{A}}{\text{قسمت}} = \frac{1\mu\text{A}}{35} = 35 \times \frac{1\mu\text{A}}{\text{قسمت}}$$

در شکل (ج-۴-۲) صفحه‌ی مدرج یک آمپرمتر 1 آمپری نشان داده شده است. تعداد تقسیمات صفحه‌ی مدرج 100 قسمت است در این حالت ضرب نات سنجش برابر است با:

$$\frac{1\text{A}}{\text{قسمت}} = \frac{1\text{A}}{100} = \frac{\text{ضرب نات سنجش}}{\text{قسمت}}$$

$$\frac{1\text{A}}{\text{قسمت}} = \frac{1\text{mA}}{100} = \frac{1\text{mA}}{\text{قسمت}}$$

لذا اگر عقره 26 قسمت منحرف شود، مقدار جریان برابر خواهد بود با:

$$\frac{1\text{mA}}{\text{قسمت}} = \frac{1\text{mA}}{26} = 26 \times \frac{1\text{mA}}{\text{قسمت}}$$

در شکل (د-۴-۲)، صفحه‌ی مدرج یک میلی‌آمپرمتر 3 میلی‌آمپری را نشان می‌دهد. در ضمن، تعداد تقسیمات این میلی‌آمپرمتر 60 قسمت است لذا ضرب نات سنجش برابر خواهد بود با:

$$\frac{3\text{mA}}{\text{قسمت}} = \frac{3\text{mA}}{60} = \frac{\text{ضرب نات سنجش}}{\text{قسمت}}$$

لذا اگر عقره به اندازه‌ی $27/5$ قسمت منحرف شود، مقدار جریان اعمال شده به میلی‌آمپرمتر برابر است با:

$$\frac{3\text{mA}}{\text{قسمت}} = \frac{3\text{mA}}{27/5} = 13/75\text{mA} = 13/75 \times \frac{\text{ضرب نات سنجش}}{\text{قسمت}}$$

درجه‌بندی شکل (ه-۴-۲) نزدیک شده درجه‌بندی شکل (ج-۴-۲) است و فقط به جای mA ، ولت درینظر گرفته می‌شود. در شکل (و-۴-۲) صفحه‌ی مدرج یک ولت‌متر

B، طبق شکل ۶-۲، بخواهید؛ زیرا در این فاصله، اعداد کامل‌وارد، پس از اندازه‌گیری و خواندن مقاومت اهمی، ابتدا

مقاومت را به دو ترمیمال دستگاه وصل می‌کنیم و کلید سلکتور

اصلی را روی قسمت مقاومت اهمی (R) قرار می‌دهیم؛ پس آنقدر ضرایب کلید سلکتور را تغییر می‌دهیم تا عفریه در

مکانی قرار گیرد که عدد واضحی را روی صفحه‌ی مدرج

نشان دهد.

که در مورد نحوه‌ی خواندن ولتاژ و جریان گفته شد تفاوت

دارد. برای اندازه‌گیری و خواندن مقاومت اهمی، ابتدا

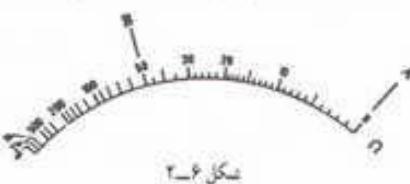
مقادیر را به دو ترمیمال دستگاه وصل می‌کنیم و کلید سلکتور

اصلی را روی قسمت مقاومت اهمی (R) قرار می‌دهیم؛ پس آنقدر ضرایب کلید سلکتور را تغییر می‌دهیم تا عفریه در

مکانی قرار گیرد که عدد واضحی را روی صفحه‌ی مدرج

نشان دهد.

توضیح می‌شود مقادیر مقاومت اهمی را در فاصله‌ی A تا



شکل ۶-۲

توجه داشته باشید چنانچه رنج مناسب کلید سلکتور را برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی و خواندن کامل‌وارد، پس از کردن، قبل از خواندن مقادیر روی صفحه‌ی مدرج، ایندا دو سیم را بین اندیشه اتصال کوتاه کنید و عفریه را به کمک ولوم مخصوصی که روی دستگاه تعییه شده است روی صفحه درجه‌ی اهمیت تنظیم کنید. پس از تنظیم صفر دستگاه، مقادیر مقاومت را روی صفحه‌ی مدرج بخوانید و در ضرب کلید سلکتور ضرب کنید تا مقادیر دقیق مقاومت بدست آید.

چنانچه در خلال اندازه‌گیری مقاومت اهمی مجبور به تغییر رنج کلید سلکتور نمیدید، حتماً قبل از خواندن، مجدداً صفر اهمیت را تنظیم کنید. به عبارت دیگر، برخلاف رنج ولتاژ و جریان که مکان صفر آن‌ها ثابت بود، برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی باید در هر رنجی عفریه را روی صفر اهمیت تنظیم کرد.

۳-۲- اندازه‌گیری مقاومت اهمی

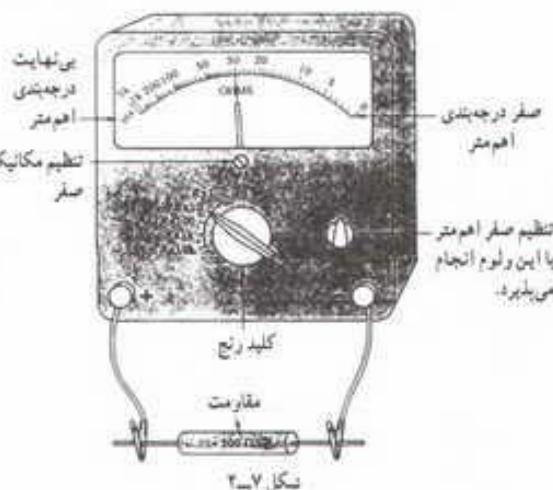
همان‌طور که شرح داده شد، برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی، کافی است کلید سلکتور را در حالت R (مقاومت اهمی) قرار دهد و مقادیر مورد اندازه‌گیری را بین دو ترمیمال Com و Ω در بیسیاری از آوومترها ترمیمال ۱Ω، همان ترمیمال + است) منفصل کنید و مقادیر R را اندازه‌یابگیرید.

در بیسیاری از آوومترها رنج ۱K و یا ۱۰K نیاز به یک یاتری ۹V یا ۱۰V/۵V و ۲۲V ولت دارد. چنانچه در بیک آوومتر این یاتری فرسوده باشد با احتمال در اهمیت وجود نداشته باشد، رنج‌های مذکور غیرقابل استفاده خواهند بود.

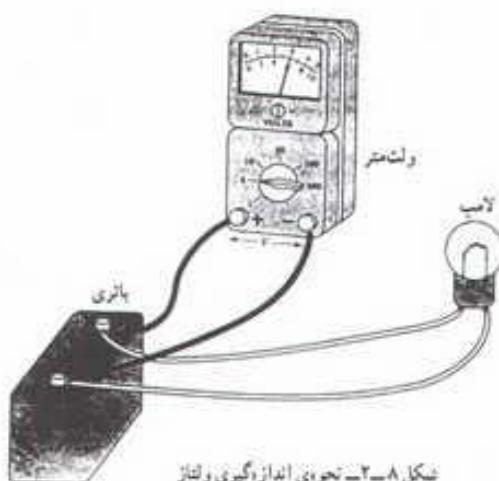
کار عملی ۱: تعدادی مقاومت را در رنج‌های مختلف (مثل ۱Ω، ۱۰Ω، ۱۰۰Ω، ۱۰۰۰Ω، ۱۰۰۰۰Ω، ۱۰۰۰۰۰Ω و ۱۰۰۰۰۰۰Ω) قرار داد و مقدار موجود در آزمایشگاه اندازه‌یابگیرید و مقادیر بدست آمد را در جدولی بادارانست کنید. آن‌گاه این مقادیر را با مقادیر

۳۰۰ اهمیت نشان می‌دهد، عدد نشان داده شده توسط عفریه ×۲۰۰

است که پس از ضرب کردن در رنج کلید سلکتور (R×10⁰) برای ۳۰۰ اهمیت می‌شود. صفر اهمیت قبل از اندازه‌گیری تنظیم شده است.



شکل ۶-۳



شکل ۸-۲- تحویل اندازه‌گیری ولتاژ

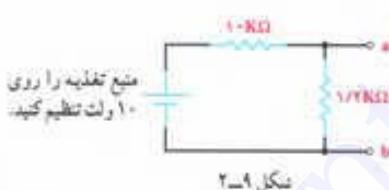
که از روی گرد زنگی مقاومت‌ها من خوانید مقایسه کنید.

۶-۲- اندازه‌گیری ولتاژ DC با آرومتر

برای اندازه‌گیری ولتاژ DC با آرومتر، ابتدا کلید سلکتور اصلی را در حالت ولتاژ DC فرار دهد و ولتاژ مجهول را بین دو ترمینال + و Com اعمال کنید. شکل ۸-۲- تحویل اندازه‌گیری ولتاژ DC را نشان می‌دهد.

اگر حدود ولتاژ قابل اندازه‌گیری از قبیل مشخص باشد (مثلاً ولتاژ یک باتری قلمی که حدود ۱/۵ ولت است) کلید رنج را در حدود ولتاژ مورد اندازه‌گیری فرار دهد. در صورتی که ولتاژ مورد اندازه‌گیری از قبیل مشخص نباشد، ابتدا کلید سلکتور را در بین ترین مقدار خود فرار دهد و بهترین رج مقدار آن را طوری که کنید تا عفرنه انحراف مناسب را داشته باشد؛ سپس با توجه به مطالعی که گفته شد مقدار دقیق ولتاژ را بخوانید.

کار عملی ۲: میتوان تغذیه DC را روی ۱۰۰ ولت تنظیم کنید و به یکم قسمت ولتاژ DC یک آرومتر (موجود در آزمایشگاه) مقدار ولتاژ را در حالات مختلف اندازه بگیرید و جدولی برای آن تنظیم نموده و مقادیر را در آن باداشت کنید.
کار عملی ۳: مداری را، مطابق شکل ۹-۲، روی پرده برد و با برد آزمایشگاهی بیندید و با استفاده از ولتاژ DC آرومتر، ولتاژ دو سر a و b را اندازه بگیرید.

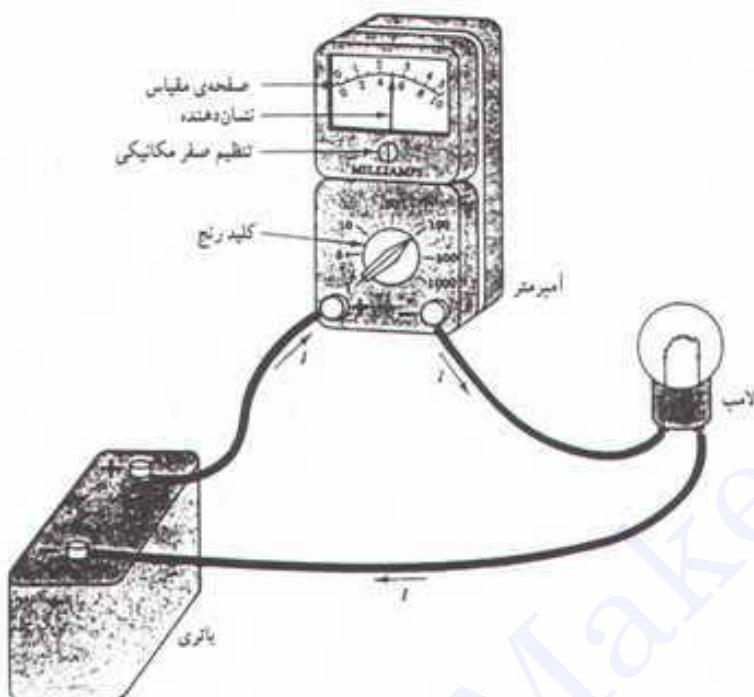


شکل ۹-۲-

اگر حدود جریان مورد اندازه‌گیری از قبیل مشخص باشد، رنج مناسب را انتخاب کنید (مثلاً اگر جریان مورد اندازه‌گیری حدود ۲mA باشد، رنج جریان را در حالت ۲mA فرار دهد) و مقدار جریان را اندازه بگیرید. جنابجه مقدار تغذیه جریان از قبیل مشخص نبود، ابتدا رنج آمپر متر را در بین ترین مقدار خود فرار دهد و بهترین رج مقدار رنج را کم کنید تا انحراف مناسب بدست آید. هنگام تغییر رنج اندازه‌گیری، جریان آمپر متر را حسأقطع کنید با دو سر آن را اتصال کوتاه کنید و بعد از تعویض رنج آن را باز کنید.

۶-۳- اندازه‌گیری جریان DC

برای اندازه‌گیری جریان DC، ابتدا کلید سلکتور اصلی را در حالت جریان DC فرار دهد و مولتی‌متر را طبق شکل ۶-۱۰

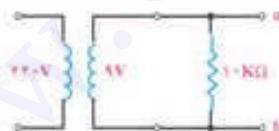


شکل ۲-۱۰- نحوی اندازه‌گیری جریان

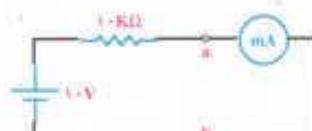
کار عملی ۵: در شکل ۲-۱۱، مقادیر متبع را روی ۵ ولت تنظیم کنید و مقادیر مقاومت را به $470\text{ }\Omega$ تغییر دهید. سپس مقادیر جریان متبع را اندازه‌بگیرید.

۸-۲- اندازه‌گیری ولتاژ AC
برای اندازه‌گیری ولتاژ AC، ایندا کلید سلکتور اصلی را در حالت ولتاژ AC قرار دهید و ولتاژ مورد اندازه‌گیری را بین دو ثرمومترال + و Com اعمال کنید. سپس مقادیر ولتاژی را که عقربه روی صفحه مدرج شان می‌دهد اندازه‌بگیرید.

معمولًا، به علت وجود مقاومت داخلی آمپر متر، ممکن است مقادیر جریان اندازه‌گیری شده در دو رنج مختلف، نتایج داشته باشند. هر قدر رنج جریان روی عدد بزرگ‌تر باشد مقاومت داخلی آمپر متر کم‌تر و دقت اندازه‌گیری زیادتر می‌شود؛ ولی از طرف دیگر از مقادیر انحراف کاسته می‌شود که این امر موجب کاهش دقت اندازه‌گیری خواهد شد. بنابراین انتخاب رنج مناسب در اندازه‌گیری جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.
کار عملی ۶: مدار شکل ۲-۱۱ را روی پرد برد بازدید از مایشگاهی پسندید و جریان مدار را توسط آمپر متر اندازه‌بگیرید.

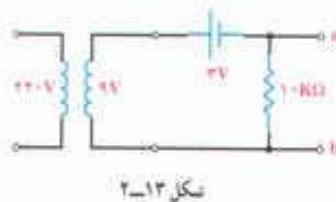


شکل ۲-۱۱



شکل ۲-۱۲

توجه داشته باشید که در بعضی از آمودترها، اولاً درجه‌بندی رنج AC با DC فرق دارد و ثانیاً برای ولتاژی کمتر از ۱۰ ولت یک درجه‌بندی جداگانه وجود دارد.



شکل ۲-۱۲

۲-۹- اندازه‌گیری جریان زیاد DC، ولتاژ زیاد و درجه حرارت

در بعضی از آنومترهای معمولی، ترمینال جداگانه‌ای برای اندازه‌گیری جریان‌های زیاد DC وجود دارد که با یک رنج مجزا روی گلید سلکتور اصلی کار می‌کند. این رنج دارای درجه بندی مجزا روی صفحهٔ مدرج است.

آنومترهای نیز وجود دارند که دارای رنج جریان زیاد DC و AC هستند. در تعدادی از آنومترها، ترمینال جداگانه‌ای برای اندازه‌گیری ولتاژ‌های بالای ۱۰۰۰ ولت نیز تعیین شده است.

در سیاری از آنومترها، درجه بندی اندازه‌گیری درجه حرارت نیز وجود دارد که با استفاده از بروب مخصوص می‌توان درجه حرارت را نیز تعیین کرد.

کار عملی ۸: در آزمایشگاه با استفاده از هرگونه امکانی که در آزمایشگاه وجود دارد و به کمک مری از مایشگاه کمیت‌های نامیرده را اندازه بگیرید.

مجدداً تأکید می‌شود اگر حدود مقدار ولتاژ سورد اندازه‌گیری مشخص نیست ایندما بالاترین رنج ولتاژ را انتخاب کنید سپس، در صورت کم بودن انحراف عقریه، به تن در رنج ولتاژ را کاهش دهید تا انحراف مطلوب بدست آید.

در اکثر آنومترهای معمولی (غیرالکترونیکی) غالباً رنج مربوط به مقادیر ولتاژ کم، خطی نیست با فاقد رنج‌های کمتر از یک ولت است؛ از این‌رو اندازه‌گیری ولتاژ کم با این نوع آنومترها عمل نیست.

کار عملی ۶: مدار شکل ۲-۱۲ را روی پرینت و یا برآورده بازگشایی بیندید و ولتاژ دو سر a و b را اندازه بگیرید و باداشت کنید.

اگر مقدار ولتاژ AC در یک مدار، همراه باک مؤلفه DC باشد و هدف فقط اندازه‌گیری ولتاژ AC باشد، در این صورت می‌توانید به جای ترمینال + از ترمینال OUTPUT استفاده کنید؛ زیرا بین دو ترمینال + و OUTPUT یک خازن قرار دارد که مؤلفه DC را حذف می‌کند.

کار عملی ۷: مدار شکل ۲-۱۲ را روی پرینت و یا برآورده آزمایشگاهی بیندید و ولتاژ خروجی را به ترمینال‌های + و Com اعمال کنید و مقدار آن را اندازه بگیرید. سپس باز دیگر ولتاژ خروجی را به ترمینال‌های Com و OUTPUT متصل کنید و مقدار ولتاژ را اندازه بگیرید. نتایج بدست آمده را با مقادیر بدست آمده در کار عملی ۶ مقایسه کنید.

فصل سوم

شناخت و کاربرد آنومتر دیجیتالی

هدفهای رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:

– آنومتر دیجیتالی را از سایر دستگاه‌ها تفیز دهد.

– پالل یک آنومتر دیجیتالی را تشریح کند.

– مقاومت اهمی را با آنومتر دیجیتالی اندازه بگیرد.

– جریان‌های DC و AC را با آنومتر دیجیتالی اندازه بگیرد.

– ولتاژ‌های DC و AC را با آنومتر دیجیتالی اندازه بگیرد.

– دیود را با آنومتر دیجیتالی امتحان کند و جنس آن را تشخیص دهد.



شکل ۱-۳- یک نمونه آنومتر دیجیتالی

قبل از شرح آزمایش این قسمت، ایندا پالل یک نوع آنومتر دیجیتالی را بچ توضیح داده می‌شود و سپس شرح آزمایش این قسمت آورده خواهد شد.

شکل ۱-۳- یک نمونه آنومتر دیجیتالی را که پالل آن تشریح شده است را نشان می‌دهد.

۱ کلید انتخاب نوع جریان یا ولتاژ (AC با DC) : آنومتر را که روشن می‌کنیم، این کلید خود به خود در حالت DC قرار می‌گیرد. حال برای اندازه گیری جریان یا ولتاژ AC کافی است این کلید را یک بار فشار دهیم، روی صفحه‌ی نمایش (Display) حروف AC ظاهر می‌شود که بیانگر آماده بودن آنومتر برای اندازه گیری جریان و یا ولتاژ AC است.

۲ کلید HOLD . که برای ضبط مقدار خوانده شده، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از اندازه گرفتن مقدارها، اگر این دکمه را فشار دهیم، مقدار اندازه گیری شده روی صفحه‌ی نمایش ثابت می‌ماند. لازم به یادآوری است که نازمانی که مقدار اندازه گیری شده با دوباره فشار دادن این دکمه یاک نشده است مقدار جدیدی را نمی‌توان اندازه گرفت. همچنین نازمانی که اطلاعات ثابت نگذاشته شده است، لغت HOLD روی صفحه‌ی نمایش نمایان است.

۳ کلید سلکتور : اگر این کلید روی Off باشد، کلاً آنومتر خاموش است و اگر روی ۷ فزار گیرد، فقط قسمت

- جربان - مقاومت اهمی و تست اتصال دو نقطه).
- ۶) ترمیال مخصوص اندازه‌گیری مقاومت اهمی، جربان و حالت بیوستگی مدار.
- ۷) ترمیال مخصوص اندازه‌گیری جربان ۱۰۸ برای جربان‌های DC و AC.
- ۸) همان طور که قبلاً نیز گفته شد، اگر آوومترها دارای سیستم رنج اتوماتیک هستند لذکن این امکان را نیز در اختیار مصرف کننده می‌گذارند که مصروف کنند، بتواند به صورت دستی نیز رنج را انتخاب نماید. با فشار دادن بر روی این شستی، آوومتر و یا ولت‌متر این آوومتر از حالت رنج اتوماتیک خارج شده و به صورت دستی قابل انتخاب نماید. با فشار دادن بر آوری است که با هر بار فشار دادن روی این شستی، رنج دستگاه یک به آفرایش می‌پاید.
- ۹) این کلید برای تنظیم صفر به کار می‌رود، به این صورت که قفل از هر اندازه‌گیری ایندازه سیم را بطری را به هم متصل می‌نماید، اگر عددی غیر از صفر روی صفحه نمایش ظاهر شد این دکمه را فشار می‌دهند تا عدد صفر روی صفحه نمایش ظاهر گردد.
- ۱۰) این علامت، نشانه‌ی متصل بودن دو نقطه به یکدیگر است. جنابجه مقاومت اهمی دو نقطه زیاد نباشد و دو سیم را بط هنگامی که کلید سلکتور در حالت قرار دارد با یک مقاومت تسبیح که به هم متصل گردند، این علامت روی صفحه نمایش ظاهر می‌گردد.
- ۱۱) این آوومتر به دو عدد پاتری قلمی ۱/۵ ولت نیاز دارد. جنابجه ولتاژ پاتری‌ها از مقدار مشخصی کمتر شود، این علامت (BATT) روی صفحه نمایش ظاهر می‌گردد، در این حالت باید سریعاً پاتری‌ها را تعویض کرد.
- ۱۲) اگر کلید ۹ (تنظیم صفر) را فشار دهیم این علامت روی صفحه نمایش ظاهر می‌گردد.
- ۱۳) اگر سمتی HOLD را برای ضبط مقادیر اندازه‌گیری نماید فشار دهیم، این علامت روی صفحه نمایش ظاهر می‌گردد.
- ۱۴) زمانی که مقاومت اهمی یک مدار را اندازه می‌گیریم، اگر ولتاژ دو سر مقاومت اهمی بین نیز از ۸ ولت باشد، این لامپ کوچک شون روتین می‌شود.
- ۱۵) در هنگام اندازه‌گیری ولتاژ DC، اگر قطب منیت ولتاژ به ترمیال و قطب منی ولتاژ به ترمیال ۵ وصل نماید
- ولت متر آن فعال است و می‌تواند ولتاژ DC با AC و اندازه بگیرد. اگر کلید روی قرار بگیرد، فقط قسمت اهمیتر آوومتر فعال خواهد بود و اگر روی علامت قرار بگیرد، در دو سر ترمیال مشترک و ترمیال حدود ۱۵۰ mV (که مقدار دقیق آن روی صفحه نمایش نشان داده می‌شود) ولتاژ برقرار می‌شود. حال اگر دو ترمیال و مشترک را به هم اتصال کوتاه کنیم، فوق آوومتر صدایی دهد. بنابراین یکی از کاربردهای می‌تواند نشان دادن اتصال دو نقطه به یکدیگر باشد (نشان دهنده‌ی حالت بیوستگی). کاربرد دیگر آن، تست دیودهای است. جنابجه آند دیود را به ترمیال و کاند آن را به ترمیال Com وصل کنیم، در صورت سالم بودن دیود، اگر جنس آن از سلیکون باشد صفحه نمایش ولتاژ حدود ۵۰ mV نشان می‌دهد و جنابجه دیود از جنس زرمانیوم باشد، اگر قطب‌های دیود را نسبت به حالت فوق معکوس کنیم، آوومتر هیچ گونه واکنشی از خود نشان نمی‌دهد (به شرط سالم بودن دیود). اگر دیود سوخته باشد، دستگاه حالت اتصال کوتاه را نشان می‌دهد.
- به طور کلی اگر کلید سلکتور در حالت باشد و دو سیم‌های را بط به هر عنصری که متصل باشد عدد نشان دهنده روی صفحه نمایش، مقدار ولتاژ دو سر عنصر برحسب میلی ولت است.
- قسمت بعدی کلید سلکتور مربوط به آمیر متر، سیستم به صورت رنج اتوماتیک (AUTO RANGE) نیست، بلکه به صورت دستی است. اگر در هر یک از رنج‌های ۱mA، 200mA، 20mA و 200μA، جریانی بین تراز این اعداد به آوومتر اعمال کنیم، ضمن این که آوومتر چیزی را نشان نمی‌دهد بزرگ آوومتر به علامت اضافه بار (Over load) (به صدا درمی‌آید، در تمامی رنج‌های فوق، جربان می‌تواند DC و یا AC باشد و بالاخره ترمیال ۱۰ نیز برای اندازه‌گیری جربان‌های DC و AC از صفر تا ده آمیر A به کار می‌رود. توجه داشته باشید که در حالت ۱۰A حد اکثر یک دقیقه مجازید که آمیر متر را در مدار قرار دهید.
- ۴) ترمیال مخصوص اندازه‌گیری ولتاژ؛ جنابجه که نتیج مورد اندازه‌گیری ولتاژ، اعم از AC یا DC باشد، باید از این ترمیال و ترمیال مشترک (Common) استفاده نماییم.
- ۵) ترمیال مشترک برای کلیه‌ی اندازه‌گیری‌ها (ولتاژ -

مربوط به آوومتر شکل ۳-۱ می‌باشد). در جدول ۳-۳، ستون اول، بیان کننده‌ی کیفیت مورد اندازه‌گیری است، مثلاً ولتاژ DC با AC و غیره، ستون دوم، رنج‌های موجود در کیفیت مورد اندازه‌گیری هستند. این رنج در ولت‌متر و اهم‌متر به صورت Auto Range و دستی است و لی در آمپر‌متر فقط به صورت دستی می‌باشد. ستون سوم، مینیمم مقدار مورد اندازه‌گیری در رنج مربوط را نشان می‌دهد. مثلاً در رنج ولت‌متر DC، ۲V حداقل مقدار قابل اندازه‌گیری ۱ میلی‌ولت می‌باشد زیرا در ولت به صورت ۱/۹۹۹ نشان داده می‌شود. چون سه رقم بعد از صفر داریم

باشد، این علامت را روی صفحه‌ی نمایش نمایم ولی اگر قطب‌ها را بر عکس کنیم، این علامت به شناهه‌ی منبت تریدون ولتاژ ترمیتال ۵ نسبت به ۴ روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌شود. به طور کلی به همراه هر آوومتر یک دفترچه‌ی راهنمای استفاده از طرف سازندگان به خریداران عرضه می‌گردد. در دفترچه‌ی راهنمای، کلیه‌ی نکات استفاده‌ی صحیح از آوومتر تذکر داده می‌شود، در ضمن، مشخصات دستگاههای اندازه‌گیری رنج‌ها و کیفیت‌های مختلف، همراه با خطاهای احتمالی به صورت یک جدول ارائه می‌گردد. جدول ۳-۳، نمایه‌ای از این جدول‌ها است که سازندگان در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند (این جدول

حدودی اندازه‌گیری و دقت (برای درجه حرارت $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ کمتر از $\pm 5\%$ بعد از تنظیم صفر)

۱	۲	۳	۴	۵
	(اعززه‌ی کل)	(حداقل مورد اندازه‌گیری)	(دقت)	(اتوجه)
D C	200mV	100µV	$\pm 0.35\% \text{rdg} + 1\text{dgt}$	Input resistance > 1000MΩ
	2V	1mV	$\pm 0.5\% \text{rdg} + 1\text{dgt}$	Input Approx 12MΩ
	20V	10mV	$\pm 0.5\% \text{rdg} + 1\text{dgt}$	Input Approx 11MΩ
	200V	0.1V	$\pm 0.5\% \text{rdg} + 1\text{dgt}$	Input Approx 11MΩ
	1000V	1V	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Input Approx 11MΩ
A C	2V	1mV	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$ $\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Input Approx 12MΩ 40Hz - 500Hz Input Approx 12MΩ 500Hz - 1KHz
	20V	10mV	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$ $\pm 2.0\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Input Approx 11MΩ 40Hz - 5KHz
	200V	0.1V	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$ $\pm 2.0\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Input Approx 11MΩ 40Hz - 5KHz
	750V	1V	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$ $\pm 2.0\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Input Approx 11MΩ 40Hz - 500Hz Input Approx 11MΩ 500Hz - 1KHz
	200Ω	0.1Ω	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 2\text{dgt}$	Open-terminal voltage 0.45V
O	2KΩ	1Ω	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 2\text{dgt}$	Open-terminal voltage 0.45V
H	20KΩ	10Ω	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 2\text{dgt}$	Open-terminal voltage 0.45V
M	200KΩ	100Ω	$\pm 0.7\% \text{rdg} \pm 2\text{dgt}$	Open-terminal voltage 0.45V
S	2000KΩ	1KΩ	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 2\text{dgt}$	Open-terminal voltage 0.45V
	20MΩ	10KΩ	$\pm 2.0\% \text{rdg} \pm 2\text{dgt}$	Open-terminal voltage 0.45V
D C	20µA	10nA	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Int resistance 10kΩ
	200µA	100nA	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Int resistance 1kΩ
	20mA	10µA	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Int resistance 10Ω
A	200mA	100µA	$\pm 1.0\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Int resistance 1Ω
	10A	10mA	$\pm 1.2\% \text{rdg} \pm 1\text{dgt}$	Int resistance < 15mΩ
A C	20µA	10nA	$\pm 1.5\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Int resistance 10kΩ 40 - 500Hz
	200µA	100nA	$\pm 1.2\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Int resistance 1kΩ 40 - 1kHz
A	20mA	10µA	$\pm 1.2\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Int resistance 10kΩ 40 - 1kHz
	200mA	100µA	$\pm 1.2\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Int resistance 1Ω 40 - 1kHz
	10A	10mA	$\pm 1.5\% \text{rdg} \pm 4\text{dgt}$	Int resistance < 15mΩ 40 - 500Hz

جدول ۳-۱

سون بچم، فرازه کار را مشخص می‌کند، مثلاً در قسمت ولت‌متر، DC امداداتن ورودی را در هر رنج مشخص نموده در رنج ولتاژ AC ضمن این که امداداتن ورودی را مشخص می‌کند، محدوده‌ی فرکانس را تبریع می‌نماید. در قسمت اهم‌متر ولتاژ دو سر ترمیتال‌های اهم را نشان می‌دهد که در همه‌ی رنج‌ها حدود ۰/۴۵ ولت است و الی آخر.

بنابراین رقم اول از سمت راست هر شماره مبین یک میلی‌ولت است. بنابراین ولتاژ‌های کسری از میلی‌ولت، احتمالاً در این رنج قابل نمایش نیست تا بتوان مقدار آن‌ها را فراتر نمود. سون جهارم، دقیق‌سنج را مشخص می‌نماید. مثلاً $\pm 5\% \text{ rdg} \pm 1\text{ digit}$ یعنی خطای اندازه‌گیری نیم درصد و ۱ رقم سمت راست.

نام آزمایش: روش استفاده از آوومتر دیجیتالی

- | | |
|--|---------------------------------------|
| ۱. دستگاه | ۲. منبع تغذیه DC (-۳۰V) |
| ۱ عدد | ۲۲۰/۲×۹V |
| ۳. ترانسفورماتور | |
| ۴. مقاومت‌های ۱Ω، ۰/۱Ω، ۰/۰۱Ω، ۰/۰۰۱Ω، ۰/۰۰۰۱Ω | ۳۳Ω، ۱۸Ω، ۱۸Ω، ۱۰Ω، ۱۰Ω |
| ۵. امداداتن | ۱KΩ، ۰/۱KΩ، ۰/۰۱KΩ، ۰/۰۰۱KΩ، ۰/۰۰۰۱KΩ |
| ۶. سر ترمیتال | ۰/۰۰۰۰۱KΩ، ۰/۰۰۰۱KΩ، ۰/۰۰۱KΩ، ۰/۰۱KΩ |

۳-۱- هدف آزمایش

کار با اهم‌متر، ولت‌متر DC، AC و اهم‌متر AC، DC و تست دید با آوومتر دیجیتالی وسایل مورد نیاز

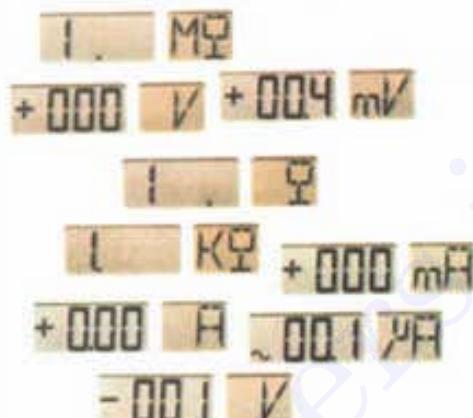
۱. آوومتر دیجیتالی



شکل ۳-۳- نمونه‌هایی از آوومترهای دیجیتالی



ب- یک آنومتر دیجیتالی هنگام اندازه‌گیری جریان



الف- نشان دهندهای آنومتر نمایش مقادیر واحدها،
قطع و نوع اندازه‌گیری و تغذیه شارژ

سکل ۳-۲

دفت پیش‌تر، همیشه رنجی را انتخاب می‌کنیم که نظریاً نام رقم‌های روی صفحه‌ی نمایش (Display) بتوانند مقدار آن کمیت را نشان دهند. به عنوان مثال اگر بخواهیم ولتاژی برابر با $1/353$ ولت را اندازه‌گیریم، آنومتر دیجیتالی در رنج‌های مختلف مقدار ولتاژ را به صورت جدول ۳-۲ نشان می‌دهد.

مقدار نشان داده شده	رنج
$1/353$	-27
$1/25$	$-2+7$
$1/3$	-2007
۱	-10007

جدول ۳-۲

۵. دیود از جنس سپلیکون (N4001)
۶. دیود از جنس زرماتیوم (N34A)

۲-۳-۱- نسخه آزمایش
در این آزمایش نسما با چگونگی استفاده از آنومتر دیجیتالی در اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی آشنا می‌شویم.
شکل ۲-۳ نمونه‌های دیگری از آنومترهای دیجیتالی را نشان می‌دهد.

۲-۳-۲- نحوه خواندن مقادیر از روی آنومترهای دیجیتالی

به طور کلی از نیزه‌گذاری امتیازات آنومترهای دیجیتالی این است که این دستگاه‌ها مقدار یک کمیت را همراه با واحد آن به صورت ارقام و علامت واحد نشان می‌دهند.

شکل ۳-۳- ب، یک نمونه از آنومتر دیجیتالی را در حال اندازه‌گیری جریان نشان می‌دهد. به کمیت mA روی دستگاه نوچه کید.

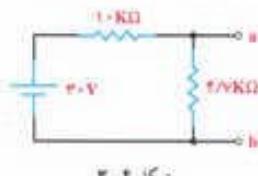
هنگام اندازه‌گیری یک کمیت الکتریکی، به منظور داشتن

۴-۳- اندازه‌گیری مقاومت اهمی

در اکثر آنومترهای دیجیتالی که امروزه ساخته می‌شوند، رنج اندازه‌گیری اهم به صورت اتوماتیک (Auto Range) تعیین می‌شود، یعنی آنومتر هنگام اندازه‌گیری مقدار مقاومت اهمی، ابتدا کمترین رنج (معولاً 20Ω) را انتخاب می‌کند چنان‌چه

در همه‌ی آوومترها، سیستمی وجود دارد که اگر ولتاژ مشتبث را به ورودی ۷ و ولتاژ منفی را به Com وصل کنیم مقادیر ولتاژ را بدون هیچ گونه علامتی و یا بعضی‌ای علامت + به نشانه‌ی درست بودن انتقال ولتاژ به آوومتر نشان می‌دهد. جنابجه ولتاژ منفی را به ورودی ۷ و مشتبث را به Com وصل کنیم جلوی مقادیر ولتاژ نشان داده شده علامت - (منفی) به نشانه‌ی معکوس بودن اتصالات ورودی ظاهر می‌شود.

در هر حال، آوومترها در هر دو مورد مقادیر ولتاژ را دقیقاً اندازه می‌گیرند و نشان می‌دهند. کار عملی ۲: مدار شکل ۴-۳ را روی پرینتر برد یا برداز Auto Range آزمایشگاهی بیندید و ولتاژ خروجی را هم به صورت و هم دستی (Manual) اندازه بگیرید. سپس جای ترمیثال‌های مشتبث و منفی منع تغذیه را عرض کنید و مجدداً ولتاژ‌هارا اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید.



شکل ۴-۳

۶-۳- اندازه‌گیری ولتاژ AC

اندازه‌گیری ولتاژ AC متابه‌ی اندازه‌گیری ولتاژ DC است. در این حالت کافی است کلید مخصوص AC را فعال کنید تا علامت AC و یا - روی صفحه‌ی نمایش (Display) ظاهر شود.

فرکانس ولتاژ مورد اندازه‌گیری در انواع و اقسام آوومترها فرقی‌ی من کند. معمولاً از حداقل ۲۰Hz شروع می‌شود و تا ۱۰KHz قابل اندازه‌گیری است.

برای تعیین دقیق فرکانس کار ولتاژ AC، باید به کاتالوگ مولتی‌متر مراجعه کرد.

در جدول ۳-۳، کاتالوگ مربوط به یک نمونه آوومتر دیجیتالی ذرا ارتباط با فرکانس قابل اندازه‌گیری، و همچنین خطای افزایش فرکانس نشان داده شده است.

مقدار مقاومت مجھول در این رنج بود، رنج بعدی ($2\text{K}\Omega$ -۲) را انتخاب می‌کند و جنابجه باز هم مقادیر مقاومت مجھول در این رنج بود، رنج بعدی ($2\text{K}\Omega$ -۲) را انتخاب می‌کند و این کار را تا جایی ادامه می‌دهد که مقادیر مقاومت در آن محدود باشد؛ بدین ترتیب آوومتر مناسب‌ترین رنج را انتخاب می‌کند و مقادیر مقاومت را به صورت ارقام دیجیتالی روی صفحه‌ی نمایش نمایش می‌نماید.

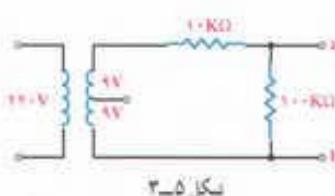
برای اندازه‌گیری مقادیر مقاومت اهمی، کافی است مقاومت مجھول را بین دو ترمیثال Com و Ω بیندید و کلید سلکتور اصلی را روی Ω قرار دهید. در بعضی از آوومترهای دیجیتالی، ضمن داشتن رنج اتوماتیک، می‌توان رنج را به صورت دستی نیز تنظیم کرد.

کار عملی ۱: تعدادی مقاومت (به عنوان مثال $1\text{K}\Omega$ -۰، $1\text{K}\Omega$ -۱، $1\text{K}\Omega$ -۲، $1\text{K}\Omega$ -۳، $1\text{K}\Omega$ -۴، $1\text{K}\Omega$ -۵، $1\text{K}\Omega$ -۶، $1\text{K}\Omega$ -۷، $1\text{K}\Omega$ -۸، $1\text{K}\Omega$ -۹) را از ابزار تحول گرفته و با

اهم‌تر دیجیتالی مقادیر آن‌ها را اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده را با کد رنگی یا مقادیر روی مقاومت مقایسه کنید. چنابجه اهم‌تری که در اختیار دارید هم به صورت Auto Range و هم دستی است، در حالت دستی نیز رنج مناسب را انتخاب کنید و مقادیر هارا اندازه بگیرید سپس مقادیر اندازه‌گیری شده در دو حالت اتوماتیک و دستی را با هم مقایسه کنید.

۶-۴- اندازه‌گیری ولتاژ DC

اندازه‌گیری ولتاژ DC با آوومتر تقریباً به دو صورت رنج اتوماتیک و رنج دستی صورت می‌گیرد. در مورد رنج اتوماتیک همانند اندازه‌گیری مقاومت اهمی مولتی‌متر، ابتداء کمترین رنج (معمولاً 2mV -۲) را انتخاب می‌کند. جنابجه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در این رنج فرار نداشته باشد، به طور اتوماتیک بر رنج بعدی (2V -۲) می‌رود و این کار را تا جایی ادامه می‌دهد که ولتاژ مورد نظر در رنج مناسبی باشد. بدین ترتیب خود آوومتر بهترین رنج را انتخاب می‌کند. بعضی از آوومترها ضمن داشتن رنج اتوماتیک، مجھز به کلیدی هستند که رنج اتوماتیک را تبدیل به رنج دستی می‌کنند.



۳-۷- اندازه‌گیری جریان DC

اندازه‌گیری جریان در آوومترهای دیجیتالی به صورت اتوماتیک (Auto Range) انجام نمی‌شود و معمولاً تغیر رنج با دست صورت می‌گیرد.

برای اندازه‌گیری جریان، ابتدا کلید سلکتور را در مقدار مالزیم خود قرار دهید. اگر مقدار جریان توسط تمام ارقام صفحه‌ی نمایش نشان داده شد، رنج را به تناسب کم کنید^۱ تا مقدار جریان توسط تمام ارقام صفحه‌ی نمایش نشان داده شود. در ضمن در بسیاری از آوومترها ترمیتال جریان از ترمیتال ولتاژ جداست. در این آوومترها باید جریان را به ترمیتال‌های mA و Com اعمال کرد.

Voltage, current and resistance measurement ranges.

Voltage and current ranges	Internal resistor	Accuracy referred to full-scale deflection			
		Operating mode DC	Frequency range depending on selected error	1%+2d	3%+2d
1000V~			30Hz...400Hz		
650V~			30Hz...1kHz		
200V~			30Hz...1kHz		
20V~	10MΩ	0.5%±1%	30Hz...1kHz	30Hz...1.5kHz	30Hz...3kHz
2V~	≤100pF		30Hz...1kHz	30Hz...2.5kHz	30Hz...4kHz
200 μV~			30Hz...4kHz	30Hz...6 kHz	30Hz...12kHz
20 A~	0.01Ω				
2A~	0.05Ω				
200 mA~	1.2Ω	1%±1%	30Hz...1kHz	30Hz...4kHz	30Hz...8kHz
20 mA~	10.2Ω				
2mA~	100.2Ω				
200 μA~	1Ω				

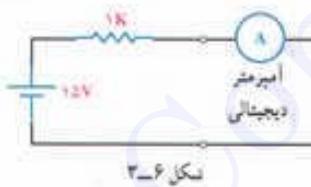
Resistance measurement range 20 MΩ, 2 MΩ, 200 kΩ, 20 kΩ, 2 kΩ, 200Ω

جدول ۳-۲

کار عملی^۳: مدار شکل ۳-۵ را روی برد بورد و با بُرد آزمایشگاهی موتور اکسید و ولتاژ خروجی AC را به کمک آوومتر دیجیتالی اندازه‌گیری کنید. اندازه‌گیری را در دو حالت Auto Range (Manual) انجام دهید و مقادیر اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید.

چنانچه مقدار جریان اعمالی به آوومتر بیشتر از مقدار ماکریم رنج آن باشد آوومتر با بوق منقطع به حدا درمی‌آید. لذا سریعاً باید مقدار رنج جریان را توسط کلید سلکتور اصلی یا کلیدهای دیگر زیاد کنیم.

هنگام اندازه‌گیری جریان زیاد، آوومتر را بیش از ۲ دقیقه در مدار قرار ندهید.



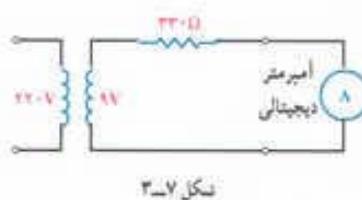
۳-۸- اندازه‌گیری جریان AC

اندازه‌گیری جریان AC دقیقاً همانند اندازه‌گیری جریان DC است. تنها تفاوت در این است که هنگام اندازه‌گیری جریان AC باید کلید مربوط به AC را فعال کنیم. فرکانس کار آوومتر AC بیش رفیقاً همانند ولتاژ AC است.

اگر آوومترها مجهر به یک ترمیتال جریان زیاد (ممولاً ۱۰A یا ۲۰A) هستند، اگر بخواهید از این ترمیتال استفاده کنیم باید کلید سلکتور را تبیز در حالت ۱۰A یا ۲۰A قرار دهید. اگر جهت جریان اعمالی به آوومتر دیجیتالی معکوس باشد (جریان به ترمیتال mA وارد نشود) عدد حاصل بر روی صفحه‌ی نمایش (Display) منفی (-) خواهد بود.

کار عملی^۴: جریان مدار شکل ۳-۶ را با آوومتر دیجیتالی اندازه‌گیری کنید. هنگام اندازه‌گیری مناسب‌ترین رنج را انتخاب کنید. مناسب‌ترین رنج برای اندازه‌گیری جریان شکل ۳-۶ کدام است؟ جرا؟

۱- هنگام نوش رنج، حساسیت مدار را غلط کنید و با دوسر آن را اصال کنید.



شکل ۲-۷

کار عملی ۵: مدار شکل ۲-۳ را روی برد آزمایشگاهی با
برد برد سندید و جریان مدار را اندازه بگیرید.
مناسب ترین رنج انتخابی برای اندازه گیری جریان مدار شکل
۶-۲ کدام است؟

کار عملی ۶: در مدار شکل ۲-۷ مقاومت $10\text{ k}\Omega$ را
جاگیرن مقاومت $33\text{ }\Omega$ اهمی کنید و جریان مدار را اندازه بگیرید
و پادداشت کنید.
مناسب ترین رنج انتخابی برای اندازه گیری این جریان کدام
است؟

دو سر مقاومت اهمی بر حسب ولت و یا میلی ولت است.
اگر یک دیود را به دو ترمیнал فوق بینندیم، به طوری که
کاند دیود به ترمیнал مشترک و آند آن به ترمیمالی که دارای علامت
دیود است وصل شود، آوومتر افت ولتاژ دو سر دیود (حدود
 $15\text{ }\mu\text{V}$ میلی ولت) را روی صفحه‌ی نمایش نشان می‌دهد که
نمایش دهنده‌ی سالم بودن دیود است. در صورتی که جنس دیود
از زرماتیوم باشد مقدار ولتاژ حدود $15\text{ }\mu\text{V}$ میلی ولت خواهد بود:
حال چنانچه دیود را به طور معکوس بینندیم و دیود سالم باشد
ولتاژ دو سر آن حدود $1/5$ ولت خواهد بود. که این مقدار روی
صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌شود. بدین ترتیب با استفاده از این روش
می‌توانید دیود را مورد آزمایش قرار دهید.
کار عملی ۷: به کمک آوومتر دیجیتالی جنس یک دیود
زرماتیومی و یک سیلیکونی را مشخص کنید و سالم بودن آن‌ها
را مورد آزمایش قرار دهید.

۳-۹- تست دیود
یکی دیگر از امکاناتی که بعضی از آوومترهای دیجیتالی
دارند، این است که در یک رنج بخصوص، ولتاژی در حدود $1/5$ ولت را در دو سر ترمیمال مشترک و یکی دیگر از ترمیمال‌ها، که
معمولاً با علامت دیود مشخص می‌شود، برقار می‌کنند. اگر این
دو ترمیمال را به هم اتصال کونه، کنید آوومتر مقدار ولتاژ دو سر
ترمیمال را که مقدار آن صفر است نشان می‌دهد. در این حالت
ممکن است بوق آوومتر نیز به خصدا درآید که این امر نمایش دهنده‌ی
بیوسته بودن دو نقطه است. حال اگر مقاومتی را به این دو ترمیمال
متصل کنیم، صفحه‌ی نمایش عددی را نشان می‌دهد که همان ولتاژ

فصل چهارم

توسعهی حدود اندازهگیری گالوانومتر (ولت‌متر)

- هدف‌های رفتاری: از هرچو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:
- مدار داخلی یک ولت‌متر DC را توضیح دهد.
 - مدار داخلی یک ولت‌متر AC را توضیح دهد.
 - از یک گالوانومتر، یک ولت‌متر DC با رنج دلخواه بسازد.
 - مقاومت‌های سری نمود، با گالوانومتر را در ولت‌متر DC محاسبه کند.
 - از یک گالوانومتر، یک ولت‌متر AC با رنج دلخواه بسازد.
 - چگونگی تبدیل گالوانومتر به آهم‌متر سری را شرح دهد.
 - مقاومت‌های سری نبند، با گالوانومتر را در ولت‌متر AC محاسبه کند.

نام آزمایش: توسعهی حدود اندازهگیری ولت‌متر، بررسی ساختمان آهم‌متر سری

۱-۴-۲- شرح آزمایش

در اولین قسمت این آزمایش، توسعهی رنج اندازهگیری ولت‌متر موردنظر است. فرض بر این است که ما فقط یک گالوانومتر دارسونوال در اختیار داریم و می‌خواهیم با آن ونایزهای بین‌تر از آفت و نایز دو سر گالوانومتر را اندازه‌گیریم. اگر در آزمایشگاه گالوانومتر دارسونوال دارید، اینجا جریان انحراف کامل آن را مشخص کنید. معمولاً جریان انحراف کامل (Full Scale) گالوانومترهای دارسونوال را بر روی صفحه‌ی مدرج آن می‌تویند (مانند شکل ۱-۴-۲-الف و ب) مقاومت داخلی گالوانومتر به کمک آهم‌متر قابل اندازه‌گیری است. با بعدست آوردن مقدار جریان انحراف کامل و مقاومت گالوانومتر می‌توانید برای آن مدار معادلی مشابه شکل ۱-۴-۲-رسم کنید.

در صورتی که گالوانومتر در اختیار ندارید، از گالوانومتر یک آهم‌متر استفاده کنید. بدین نحو که بر روی کلید سلکتور اکثر

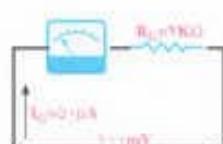
۱-۴-۳- هدف آزمایش

آنلاین با ساختمان داخلی ولت‌مترهای مولتی رنج DC و ولت‌مترهای مولتی رنج AC و آهم‌متر سری.	
وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. آومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۲. آومتر عقایدی	۱ دستگاه
۳. گالوانومتر	۱ دستگاه
۴. ترانسفورماتور $220/2 \times 97$	۱ عدد
۵. منبع تغذیه DC $30V_{DC}$	۱ دستگاه
۶. ولوم خطی $10K\Omega$	۱ عدد
۷. مقاومت‌های 47Ω ، $27K\Omega$ و $120K\Omega$	۸ عدد
۸. مقاومت $15K\Omega$	۱ عدد
۹. سیم‌های راپط	۸ عدد

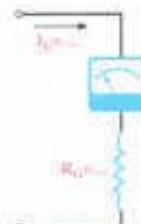
در شکل ۴-۳ رنج ولتاژ 100mV و جریان $5\mu\text{A}$ است. اگر کلید سلکتور در این رنج قرار گیرد، ترمیتال های +، Com و سر گالوانومتر هستند. اگر عفره‌ی این گالوانومتر به ازای جریان $5\mu\text{A}$ انحراف کامل داشته باشد ولتاژ دو سر آن 100mV است. بنابراین مقدار مقاومت داخلی این گالوانومتر برابر است با:

$$R_O = \frac{100\text{mV}}{5\mu\text{A}} = 2\text{K}\Omega$$

مدار معادل این گالوانومتر در شکل ۴-۲ رسم شده است.



شکل ۴-۲



شکل ۴-۳

آوومترها، رنجی وجود دارد که روی آن مقدار ولتاژ و جریان نوامان نوشته شده است. شکل ۴-۴ این رنج را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴

کار عملی ۱: اگر گالوانومتر در اختیار دارد مقادیر ولتاژ و جریان و مقاومت داخلی آن را بدست آورید و طبق شکل ۳-۴ مدار معادل آن را رسم کنید و مقادیر را روی آن بنویسید.
کار عملی ۲: چنانچه می‌خواهید از گالوانومتر آوومتر استفاده کنید، مدار معادل آن را طبق شکل ۴-۳ رسم کنید. مقادیر ولتاژ، جریان انحراف کامل و مقاومت داخلی را محاسبه و روی شکل قید کنید.

در محاسبات دقت کنید: زیرا تا پایان این آزمایش از مدار معادل این گالوانومتر در توسعه‌ی رنج ولتمتر AC، DC و همچنین موتاباز اهم استفاده خواهد کرد.

مقاآمنی که با گالوانومتر سری می‌شود باید طوری محاسبه شود که به ازای عبور «جریان انحراف کامل گالوانومتر» از آن، افت ولتاژ دو سر آن، برابر مقاومت ولتاژ ورودی و ولتاژ مانکنیم دو سر گالوانومتر باشد. به عنوان مثال اگر در دو سر یک گالوانومتر به ازای عبور جریان $5\mu\text{A}$ ، ولتاژی برابر 100mV می‌باشد افتد کند (شکل ۴-۴) و ما بخواهیم ولتاژ 10V را با آن اندازه بگیریم، باید ولتاژ دو سر مقاومت سری شده با گالوانومتر به ازای عبور جریان $5\mu\text{A}$ مقدار $5\cdot1\text{A} = 5\cdot1\text{A} \times 10\text{V} = 50\text{V}$ باشد.

توسعه‌ی حدود کار ولتمتر DC: حال می‌خواهیم با این گالوانومتر ولتاژهای مختلفی را که مقدار آن بیشتر از ولتاژ قابل تحمل گالوانومتر است اندازه بگیریم. برای اندازه‌گیری ولتاژهای بیشتر از ولتاژ قابل تحمل گالوانومتر، باید مقاومت یا مقاومت‌هایی را با گالوانومتر سری کنیم. تعداد مقاومت‌ها بستگی به تعداد رنج ولتمتر دارد. در اینجا، یک ولتمتر با یک حوزه کار را مورد بررسی قرار می‌دهیم و سپس به بررسی یک ولتمتر مولتی‌رنج می‌بردایم.

برای مقایسه مقداری، یک ولت‌متر دیجیتالی را بین باورودی ولت‌متر به صورت موازی بیندید. در این حالت باید مقداری را که از روی صفحه مدرج می‌خواهید با مقداری که ولت‌متر دیجیتالی نشان می‌دهد تقریباً بکسان بانند.

در صورتی که بخواهید ولت‌متر دارای جندین رنج باشد، با افزودن مقاومت‌های دیگر می‌توانید رنج‌های دیگر را به ولت‌متر تک‌رنج اضافه کنید. فرض کنید می‌خواهید ولت‌متری با رنج‌های:

۰-۲۷

۰-۵۷

۰-۱۱۷

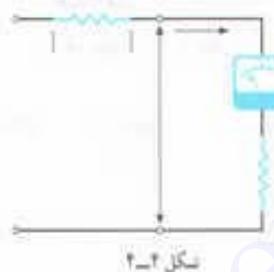
۰-۳۴۷

داشته باشید، افتد و لذت‌های دو سر مقاومت‌ها در شکل ۴-۵ نشان داده شده‌اند. در این مدار، جربان را در تمامی مقاومت‌ها برای جربان انحراف کامل گالوانومتر در نظر بگیرید. مقدار مقاومت‌ها با توجه به مقدار افت ولذت در سر آن‌ها جربان عبوری محاسبه می‌شود.

گند. بنابراین مقدار مقاومت برابر است با:

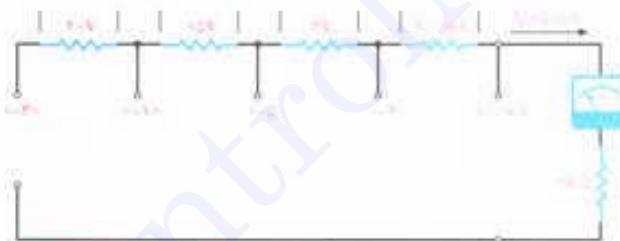
$$R_s = \frac{90\text{ mV}}{3\text{ }\mu\text{A}} = 30\text{ k}\Omega$$

در شکل ۴-۴ مقدار افت ولذت‌ها نشان داده شده است.



شکل ۴-۴

کار عملی ۳: با هر نوع گالوانومتری که در اختیار دارید مقدار مقاومت سری یک ولت‌متر با رنج ۰-۲۷- را محاسبه کنید و آن را روی پریدر و یا پرد آزمایشگاهی سوار و گالوانومتر را با آن سری کنید. این ولت‌متر را به مربع تعداد منصل کنید و مقدار ولذت را از روی صفحه مدرج بخوانید.



شکل ۴-۵

مطالعه آزاد

کار عملی ۴: با گالوانومتر موجود در آزمایشگاه یک ولت‌متر با رنج‌های:

۰-۲۷

۰-۵۷

۰-۱۱۷

۰-۲۷

کنید و از صحبت کار خود مطمئن شوید.
سوال: جرا ولت‌مترها را عملاً به صورت مولتی‌رنج می‌سازند؟

توسعه‌ی حوزه‌ی کار ولت‌متر AC در آوومترهای معقولی برای اندازه‌گیری ولذت AC، ابتدا آن را به کمک دیود تبدیل به DC می‌کنند و آن‌گاه به گالوانومتر دارسونوال اعمال می‌کنند. گالوانومتر دارسونوال نیز مقدار متوسط این ولذت را از روی صفحه درجه‌بندی شده نشان می‌دهد؛ بنابراین حرکت غیره متناسب با مقدار متوسط ولذت بکسو شده است. از طرفی مامی خواهیم حرکت غیره بانگره

طرح کنید؛ سپس آن را روی پریدر و یا پرد آزمایشگاهی بیندید. ولذت‌های مختلف را با توجه به رنج‌های مختلف اندازه بگیرید. مقدارهای اندازه‌گیری شده در هر مرحله را با آوومتر دیجیتالی مقایسه

از طرفی مقاومت دیود D_1 را نیز حدود $1\text{V} / 5\text{K}\Omega = 2\text{mA}$ در نظر می‌گیریم (دیود D_1 فقط برای حفاظت D_2 به کار رفته است و هیچ نقشی در محاسبات مقاومت‌های سری ندارد).

$$R_s = \frac{1\text{V}}{5\mu\text{A}} = 2\text{V} / 5\text{K}\Omega = 400\text{K}\Omega$$

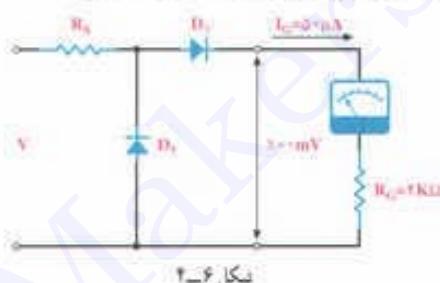
بنابراین با سری کردن یک مقاومت $147\text{V} / 5\text{K}\Omega = 29.4\text{mA}$ با دیود و گالوانومتر، می‌توانیم ولتاژهای تا 100V ولت مؤثر را روی درجه بندی گالوانومتر بخوانیم.
کار عملی ۵: با گالوانومتر موجود در آزمایشگاه و مدار شکل ۶-۴، یک ولت‌متر AC با رنج $0\text{--}20\text{V}$ ، محاسبه و سیس روی برد بروز با بردا آزمایشگاهی بیندید. در ضمن ولتاژ خروجی ترانسفورماتور $220\text{V} / 2\text{V} = 110\text{V}$ را اندازه بگیرید و در ضمن برای تأیید درستی محاسبات، مقادیری را که از روی صفحه‌ی مدیر می‌خواهد با مقادیر نشان داده شده توسط ولت‌متر AC دیجیتالی مطابقت دهد.

در ولت‌مترهای AC مولتی‌رنج محاسبات، تثیب و ولت‌متر DC است؛ با این تفاوت که افت ولتاژ متنابض دو سر مقاومت‌های سری شده زد از عدد 100V ضرب می‌گیریم. از این روند در سر R_s نشان می‌دهد.

مقادیر مؤثر و لتاژ متنابض ورودی ولت‌متر باید، لذا با اصلاح مقادیر مقاومت‌ها، کاری می‌کنیم که حرکت عقربه متناسب با مقادیر مؤثر و لتاژ ورودی باشد. رابطه‌ی مقادیر مؤثر با مقادیر متوسط ولتاژ بکسو شده به صورت رابطه‌ی (۴-۱) است:

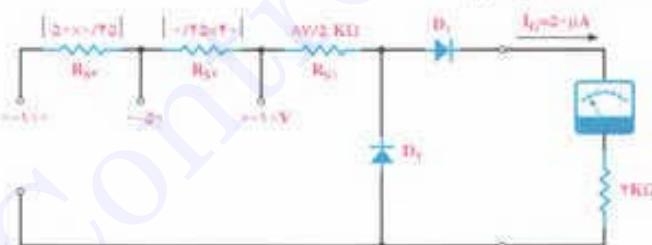
$$(4-1) \quad V_{DC} = +0.45V_{eff} \quad (\text{ولتاژ متوسط بکسو شده})$$

- از این روند ولتاژ AC دو سر مقاومت‌ها را در عدد 100V ضرب می‌کنیم. برای درک بهتر و توضیحات بیشتر به فصل اول کتاب دستگاه‌های اندازه‌گیری مراجعه کنید. مدار ولت‌متر AC در شکل ۶-۴ نشان داده شده است:



شکل ۶-۴

فرض کنید با این گالوانومتر می‌خواهیم ولتاژ AC را در محدوده‌ی $0\text{--}100\text{V}$ اندازه بگیریم. از این روند در سر R_s را باید برابر $100\text{V} / 0.45 \times 100 = 222.2\text{K}\Omega$ در نظر بگیریم.



شکل ۶-۵

کار عملی ۶: با گالوانومتر موجود در آزمایشگاه، یک ولت‌متر AC مولتی‌رنج با رنج‌های $0\text{--}10\text{V}$ ، $0\text{--}25\text{V}$ ، $0\text{--}50\text{V}$ ، $0\text{--}75\text{V}$ و $0\text{--}100\text{V}$ تبدیل گالوانومتر به اهم‌متر سری؛ در این مرحله یک گالوانومتر را به یک اهم‌متر سری تبدیل می‌کنید. برای این منظور

طرح کنید و سیس روی برد بروز بازدید و با بردا آزمایشگاهی بیندید و ولتاژهای مختلف AC، در رنج‌های مختلف، را با آن اندازه‌گیری کنید. در ضمن در تمامی حالات اندازه‌گیری، یک ولت‌متر دیجیتالی در رنج AC را، با ورودی ولت‌متر به صورت موازی بیندید تا از صحت مقادیر خوانده شده مطمئن شوید.

$0\text{--}10\text{V}$

$0\text{--}25\text{V}$

$0\text{--}50\text{V}$

$0\text{--}75\text{V}$

$0\text{--}100\text{V}$

۵- در روی صفحه‌ی مدرج - قسمت درجه‌بندی اهم - بینید در وسط درجه‌بندی چه عددی قرار دارد (مجموعاً ۱۵، ۲۵، ۳۰ با). آن گاه R_{VH} را طوری محاسبه کنید که عدد درجه‌بندی اهم $= \frac{R_V + R_{VH}}{R_{VH}}$ شود. سپس مقاومت‌های مختلف را به جای R_V قرار دهید و مقدار مقاومت‌ها را روی درجه‌بندی اهم متر بخوانید. برای اطمینان از صحت کار خودتان مقاومت‌های اندازه‌گیری شده را مجدداً با آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرید.

کار عملی ۷: مقدار R_{VH} را طوری محاسبه کنید که عدد وسط درجه‌بندی اهم $\times \frac{R_V + R_{VH}}{R_{VH}} = 10$ شود. آن گاه مقاومت‌های مختلف را با این رنچ اهم‌متر اندازه بگیرید و مقدار خوانده شده را در عدد ۱۰ ضرب کنید. برای اطمینان از صحت کار خودتان با آوومتر دیجیتالی مقاومت‌های اندازه‌گیری شده را مجدداً اندازه بگیرید.

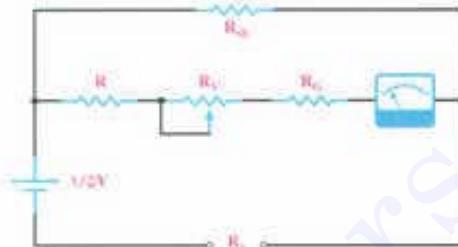
سوال: جرا در اهم‌مترها از مقاومت‌های ثابت برای مولتی‌رنچ کردن اهم‌متر استفاده می‌کنند؟

سوال: نقش ولوم $10\text{ k}\Omega$ در مدار شکل ۸-۸ کدام است؟

سوال: جرا مقاومت‌های ثابت را بر مبنای وسط درجه‌بندی اهم‌متر تعیین می‌کنم؟

لازم است از گالوانومتر یک آوومتر استفاده کنید؛ زیرا درجه‌بندی اهم روی صفحه‌ی مدرج آن وجود دارد.

در شکل ۸-۸، یک اهم‌متر سری ترسیم شده است. اصول کار این مدار را در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری خوانده‌اید.



شکل ۸-۸

در مدار شکل ۸-۸ مقادیر مقاومت‌های را به ترتیب زیر محاسبه کنید.

الف- مقدار R_{VH} همان مقاومت داخلی گالوانومتر آوومتر شناس است.

ب- مقدار R_V را $10\text{ k}\Omega$ خطی در نظر بگیرید.

ج- مقدار R_X را طوری محاسبه کنید که اگر دو سر مقاومت R_X را اتصال کوتاه کنیم و ولوم $10\text{ k}\Omega$ در وسط خود قرار گیرد ($R_V = 5\text{ k}\Omega$) جریان زیرا (جریان انحراف کامل) از گالوانومتر عبور کند.

فصل پنجم

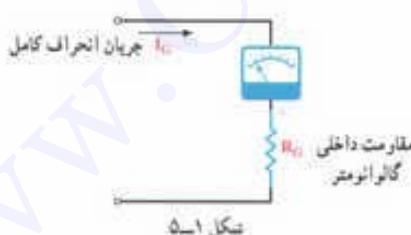
توسعهٔ حدود اندازه‌گیری گالوانومتر (آمپر متر)

- هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که بس از بایان این فصل بتواند:
- مدار معادل گالوانومتر را رسم کند.
- از گالوانومتر در موقع نیاز به عنوان آمپر متر استفاده کند.
- مدار داخلی آمپر مترهای یک رنج و مولتی رنج را ترسیح کند.
- مقاومت شنت را برای آمپر متر یک رنج و مولتی رنج محاسبه کند.
- در یک آمپر متر که در دسترس اوتست، عمل^۱ گسترش رنج دهد.
- نحوهٔ حفاظت از یک گالوانومتر را توضیح دهد.

نام آزمایش: توسعهٔ حدود اندازه‌گیری آمپر متر با استفاده از گالوانومتر

هر رنج آمپر متر موجود را به هر رنج دلخواه تبدیل کنید.

۳-۵- توسعهٔ رنج آمپر متر با استفاده از مقاومت‌های موازی
 گالوانومتری را که در فصل چهارم، برای توسعهٔ رنج اندازه‌گیری ولت متر، به کار برده‌ید مجدداً در اختیار یک‌بار دیگر مقادیر جریان انحراف کامل و مقاومت داخلی آن را در شکل ۱-۵ پاداشت کنید.



اگر برای این مقادیر است از گالوانومتر داخلی آمپر متر استفاده کنید، زیرا صفحه‌های مدرج آن دارای درجه‌بندی‌های مختلف است

۴۲

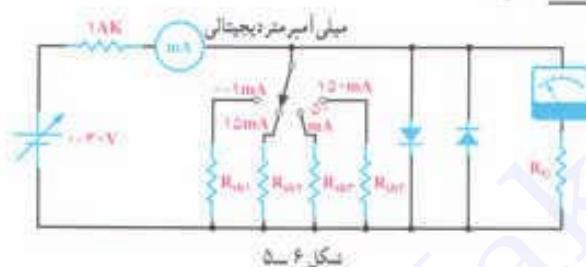
۱-۵- هدف آزمایش	
آنستایی با ساختمان آمپر متر مولتی رنج با استفاده از مقاومت‌های موازی (شنت) و نحوهٔ محاسبهٔ مقاومت‌های شنت وسائل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. گالوانومتر با آمپر متر عفره‌ای	۱ دستگاه
۲. آمپر متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳. منبع تغذیه DC (۰-۳۰V)	۱ دستگاه
۴. دیود زرمانیومی	۲ عدد
۵. مقاومت‌های 1Ω , 2Ω , 4Ω , 8Ω و 16Ω	۱ عدد
از هر کدام ۱ عدد	۱۰ عدد
۶. سیم‌های رابط	

۲-۵- شرح آزمایش
 در این آزمایش توسعهٔ حوزهٔ کار آمپر متر را تجزیه خواهید کرد. به عنوان مثال آمپر متری داریم که دارای رنج $10mA$ است و می‌خواهیم جریانی تا $100mA$ را یا آن اندازه یک‌بارم. با روشنی که در زیر گفته می‌شود و سما آن را آزمایش می‌کنید، قادر خواهد بود

ب - آمیرمتر مورد آزمایش را به مدار شکل ۴-۵ متصل کنید و جریان مدار را هر بار با تغییرات ولتاژ منبع تعذیه اندازه بگیرید. در ضمن برای اطمینان از صحت کار آمیرمتر آزمایشگاهی، یک یونی آمیرمتر دیجیتالی را نیز با مدار به صورت سری پیوست و مقادیر اندازه گیری شده روی صفحه مدرج آمیرمتر را میلی آمیرمتر دیجیتالی مقایسه کنید و نتیجه کار خود را در گزارش کار معنکس کنید.

طرح کنید، پس از انجام محاسبات، مقاومت‌های بدست آمده را اگر استاندارد نیستند، با سری و موازی کردن مقاومت‌های استاندارد، مقدار مقاومت مطلوب را بدست آورید. با استفاده از مقاومت‌های شنت، مدار را روی یُرد آزمایشگاهی باز پُرد بسیدید.

- 1 mA
- 15 mA
- 50 mA
- 150 mA



شکل ۴-۵

برای تعریض رنج، ابتدا جریان کل مدار را قطع کنید و آن گاه رنج را تغییر و مجددآ جریان را به مدار وصل کنید و آن را اندازه بگیرید

مطالعه آزاد

و R_{sh} در کتاب دستگاه‌های اندازه گیری در فصل اول آمده است. با مراجعه به کتاب پاد شده، مقاومت‌های R_1 , R_2 , R_3 را در این قسمت محاسبه کنید.

کار عملی ۴

الف - یک آمیرمتر باست آبرتون را با سه رنج جریان:

$$I_1 = 0 \text{--} 50 \text{ mA}$$

$$I_2 = 0 \text{--} 25 \text{ mA}$$

$$I_3 = 0 \text{--} 1 \text{ mA}$$

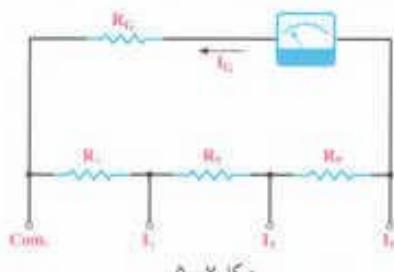
طرح کنید و آن را روی یُرد بسید و با یُرد آزمایشگاهی بسیدید.
ب - گالوانومتر را از نوع شکل ۵-۳ که یک گالوانومتر محافظت شده با دو دیود ژرمانیومی است انتخاب کنید.

ج - آمیرمتر را به مدار شکل ۵-۸ وصل کنید و با تغییر

ولتاژ منع تعذیه جریان‌های مختلف را در مقاومت $47 \cdot \Omega$ چاری سازید و مقدار آن را اندازه بگیرید.

۵-۵- توسعه رنج اندازه گیری آمیرمتر با شنت آبرتون

آمیرمتر مولتی‌رنج دیگری که در اکثر آمیرمترهای آزمایشگاهی به کار می‌رود آمیرمتر باست آبرتون است. شکل ۵-۶ یک نمونه شنت آبرتون با سه رنج اندازه گیری جریان را نشان می‌دهد.



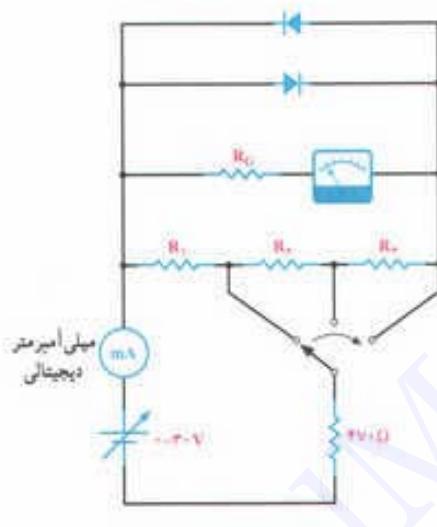
شکل ۵-۶

کار عملی ۳: محاسبات مربوط به مقاومت‌های R_1 , R_2 , R_3

سوال: آبایی نوان با اضافه کردن یک مقاومت، به صورت موازی، یا قسمت آمیرمنتر یک آوومتر دیجیتالی، رنج آن را تغییر داد (زیاد کرد)؟ چرا؟

سوال: جرا در آمیرمنتهای آزمایشگاهی از شست آبرتون استفاده می کنند؟

د - برای اطمینان از صحبت اندازه گیری، یک آمیرمنتر دیجیتالی را نیز با مدار به صورت سری بیندید و اعداد خوانده شده توسط آمیرمنتر آزمایشگاهی و آمیرمنتر دیجیتالی را مقایسه کنید. چنانچه مقاومت های به دست آمده، به صورت استاندارد نبودند، همانند کار عملی ۲ عمل کنید.



شکل ۸-۵

فصل سیزدهم

شناخت و کاربرد سیگنال زنر اتور صوتی (AF)، فرکانس متر دیجیتالی و فانکشن زنر اتور

دسته های فناوری از دسته ابتکانی و دسته کوئی است. این بایان از نظر محتوا

- طریقه‌ی تنظیم فرکانس و دامنه را در سیگنال زنر انور حسونی توضیح دهد.
 - جگونگی فرم دادن به سیگنال‌های اعوجاج دار را به کمک سیگنال زنر انور حسونی شرح دهد.
 - تعییف کنندگان و مقدار تعییف را بر حسب دسیبل. توضیح دهد.
 - فانکشن زنر انور را تعریف کند.
 - دیگه‌های روی پایل فانکشن زنر انور را توضیح دهد و کاربرد هر یک را شرح دهد.
 - از سیگنال زنر انور و فانکشن زنر انور در موافق ضروری عملأً استفاده کند.
 - به کمک فرکانس متم دیجیتال، فرکانس سیگنال‌ها را اندازه بگیرد.

نام آزمایش: کار با سیگنال زنر اتور صوتی (AF)، فرکانس متر دیجیتالی و فانکشن زنر اتور

۲۶- شرح آزمایش

در این آزمایش عملاً با سه دستگاه آزمایشگاهی متدالو انتبا من شوید و خواهید توانست در صورت نیاز دستگاه مورد نظر خود را انتخاب کنید و یا توجه به نیاز، دستگاه را آماده و از آن استفاده کنید.

کار عملی با این سه دستگاه شامل ساخت پالی آن‌ها، تنظیم دامنه و فرکانس خروجی، سنتکرون کردن دستگاه‌ها با یکدیگر، فرم‌دادن شکل ولایار خروجی به گونه زیرا نور صوتی است.

۱-۶- هدف آزمایش

- ۶-۳- سیگنال زنر اتور صوتی (Audio Generator)** سیگنال زنر اتور صوتی یا سیگنال زنر اتور AF^۱ را به عنوان اولین دستگاه انتخاب کردند. با توجه به این که مدل‌های ساخته شده از این نوع دستگاه بسیار متنوع است، و بررسی پکایک مدل‌ها با مارک‌های مختلف در این کتاب امکان نباید نیست؛ لذا نمونه‌ای از این دستگاه‌ها انتخاب و با این آن توضیح داده می‌شود.

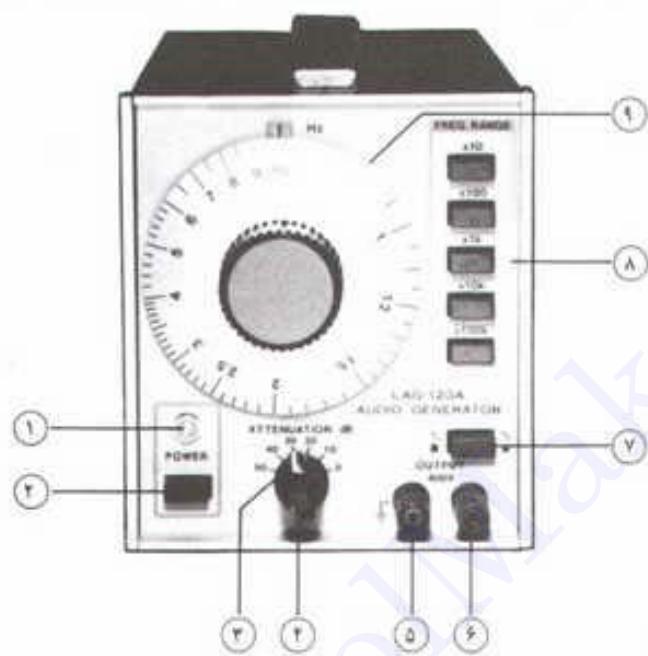
لازم به ناداری است که دستگاه سیگنال زنر اتور صوتی از

۱. سیگنال زلزله صوتی
 ۲. فرکانس متر دیجیتالی
 ۳. فانکشن زلزله
 ۴. ولت متر دیجیتالی
 ۵. اسیلوسکوپ یک کاتاله
 ۶. ترانسفورماتور $220/2 \times 97$
 ۷. پروب
 ۸. سیمهای راپل

محدوده‌ی فرکانس سیگال زیزاتورهای صوتی معمولاً بین جند
هرتز تا 10^6 MHz با 10^6 KHz است. سیگال زیزاتور تنان داده شده
در شکل ۱-۶ دارای محدوده‌ی فرکانس 10^6 Hz تا 10^6 MHz است.

هر مدلی که پائین مطالب توضیح داده شده در زیر برای آن صادر
است.

نمونه‌ی انتخاب شده، در شکل ۱-۶ تنان داده شده است.



شکل ۱-۶

این حالت، فرکانس خروجی سیگال زیزاتور حاصل ضرب عدد
صفحه‌ی مدرج، در رنج کلیدهای شماره ۸ است.
اکثر سیگال زیزاتورهای صوتی دو نوع سیگال سینوسی
و مریعی تولید می‌کنند. سیگال زیزاتور شکل ۱-۶ نیز دارای دو
نوع شکل موج است. اگر کلید شماره ۷ فشار داده شود خروجی
سیگال زیزاتور صوتی دارای موج سینوسی است و اگر کلید
شماره ۷ به داخل فشار داده شود خروجی سیگال زیزاتور صوتی
موج مریعی است. یادآور می‌شود که به طور همزمان نیز توانیه موج
مریعی و سینوسی داشته باشیم.
در شکل ۱-۶ ترمیتالهای شماره ۵ و ۶، به عنوان
خروجی‌های شکل زیزاتور هستند.
کلید شماره ۲ به عنوان کلید اصلی خاموش و روشن کردن
سیگال زیزاتور است که اگر آن را فشار دهیم سیگال زیزاتور

برای تنظیم فرکانس مورد نظر از صفحه‌ی مدرج شده‌ی
شماره ۹ و کلید ریج‌های شماره ۸ استفاده می‌کنیم. صفحه‌ی
مدرج دارای درجه‌بندی از ۱ تا 10^6 است. برای تنظیم فرکانس
ایندا فرکانس مورد نظر را به صورت حاصل ضرب یک عدد
پکرقمی در ضرب صحیح از دو درجه‌ی آوریم. مثلاً 4×10^6 Hz را به صورت
را به صورت 4×10^6 و یا 95×10^5 را به صورت
مشخص می‌کنیم و آن را در مقابل علامت مخصوص که در بالای
صفحه است قرار می‌دهیم. سپس ضرب صحیح از دو را روی
صفحه سلکتورهای شماره ۸ انتخاب می‌کنیم و آن را فشار می‌دهیم.
مثلاً برای بدست آوردن فرکانس 4×10^6 Hz، عدد 95×10^5 را روی
صفحه‌ی مدرج شماره ۹ تنظیم می‌کنیم و ضرب عدد 10^6 KHz
که همان 10^6 است روی سلکتور شماره ۸ فشار می‌دهیم. در

$$\frac{-1}{4} = \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{in}^{\frac{-1}{4}} = V_{out}$$

$$V_{out} = V_{in}^{\frac{-1}{4}}, V_{in} = +/\sqrt[4]{316} V_{out}$$

بعنی اگر کلید سلکتور شماره ۳ روی عدد ۱۰ قرار گیرد
دامنه خروجی $\sqrt[4]{316}$ برابر حالتی می شود که کلید سلکتور
شماره ۳ روی عدد صفر قرار دارد (تفصیل ۲) برابر تضعیف
می شود.
این بار برای حالت ۲۰ دسی بل تضعیف، مقدار تضعیف
را محاسبه می کنیم.

$$-20 = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{in}^{-20} = V_{out} = +/\sqrt{1}$$

$$V_{out} = +/\sqrt{1} V_{in}$$

بعنی خروجی این بار ۱ برابر تضعیف می شود و برای
حالت های ۲۰، ۴۰ و ۵۰ دسی بل به ترتیب مقدار تضعیف عبارت
خواهد بود از:

$$-20 \rightarrow -0.316 \text{ دسی بل}$$

$$-40 \rightarrow -0.1 \text{ دسی بل}$$

$$-50 \rightarrow -0.0316 \text{ دسی بل}$$

کار عملی ۱

- الف - هر نوع سیگنال زیز انوری را که در اختیار دارید.
فرکانس خروجی آن را روی Hz تنظیم کنید.
- ب - دامنه خروجی را در فرکانس Hz برابر ۵/۱۷
 $0.027V$ ، $0.057V$ ، $0.157V$ ، $0.316V$ و $0.6316V$ با ولت متر
دیجیتالی آن را اندازه بگیرید.
بکنی دیگر از امکانات سیار جالبی که روی سیگنال
زیز انورهای صوتی وجود دارد سنکرون کردن (همزمان کردن)
فرکانس خروجی با یک فرکانس خارجی و با برعکس است:
بعنی این که این سیگنال زیز انور می تواند سیگنال زیز انور و با

۴۹

روشن می شود و لامپ سیگنال کوچک بالای کلید شماره ۱
روشن می شود. به عبارت دیگر روشن شدن لامپ سیگنال
شان دهنده‌ی روشن بودن سیگنال زیز انور است.

کلید سلکتور شماره ۲ و ولوم شماره ۴ دامنه خروجی
را در رنج وسیع تغییر می دهد. با ولوم شماره ۴ می توان دامنه
سیگنال را به صورت پیوسته (آنالوگ) و با کلید سلکتور شماره ۳
می توان دامنه را به صورت بلای تغییر داد.

در تعدادی از سیگنال زیز انورها، رنج کلید سلکتور برای
تغییر دامنه، به صورت $1 \times 10 \times 10 \times \dots$ است. یعنی اگر کلید در حالت $1 \times$ باشد و توسط ولوم، دامنه را روی ۲ ولت
تنظیم کنیم و کلید سلکتور را از حالت $1 \times$ به حالت $10 \times$
بپریم، دامنه خروجی برابر 2×10 ولت می شود. اگر کلید سلکتور
را به حالت $10 \times 10 \times$ بپریم دامنه خروجی برابر $2 \times 10 \times 10$ ولت
می شود، لذا با استفاده از ولوم و کلید سلکتور می توان دامنه
خرجی را در رنج وسیع تغییر داد.

در شکل ۱-۶ ضرائب کلید سلکتور به صورت $1 \times$ ،
 $10 \times \dots$ نیست بلکه به صورت دسی بل (dB) بیان شده است.
می دانیم که رابطه‌ی دسی بل در مورد ولتاژ به صورت رابطه‌ی
(۶-۱) بیان می شود:

$$dB = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (6-1)$$

همان طور که می دانیم در سیگنال زیز انورها، همیشه دامنه
را تضعیف می کنند؛ لذا قسمت تضعیف کننده را می توان مانند
بلوک شکل ۲-۶ نشان داد.



شکل ۲-۶

چون مدار تضعیف کننده است پایه این اعداد دسی بل مخفی
می شوند؛ لذا در حالت $1 \times$ دسی بل تضعیف، میزان تضعیف را
مشخص می کنیم (اولین رنج تضعیف کلید سلکتور شماره ۳).

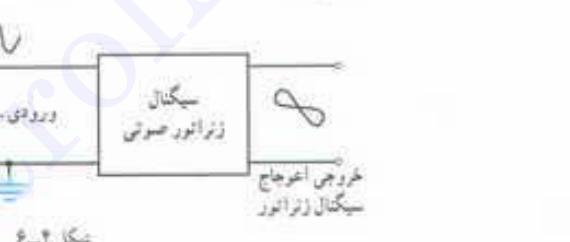
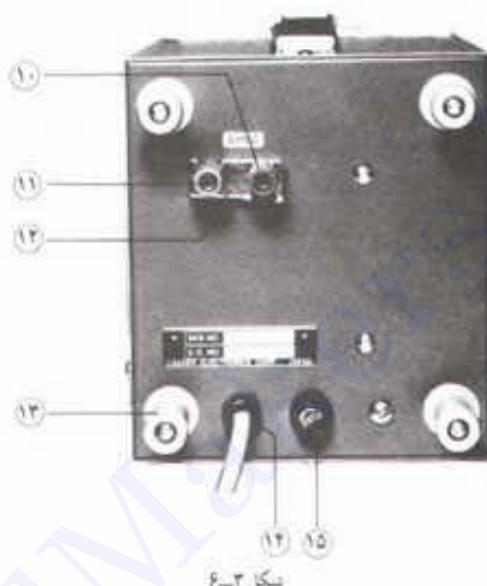
$$-10 = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

ترمیال مطابق شکل ۳-۶ شماره های ۱۰ و ۱۱ وجود دارد. اگر بخواهیم فرکانس این سیگنال زنراتور به عنوان متال روی ۱۰ KHz دقیقاً تنظیم شود، و ما در جای دیگر این فرکانس بسیار دقیق را داشته باشیم، این سیگنال با فرکانس خود سیگنال زنراتور را حوالی ۱۰ KHz تنظیم می کنیم و فرکانس خود سیگنال زنراتور دقیقاً همان سیگنال اعمالی به دو ترمیال SYNC خواهد بود. حتی اگر فرکانس سیگنال زنراتور بین ۹۹۰ تا ۱۰۱۰ هرتز هم باشد یاز خروجی سیگنال زنراتور همان فرکانس اعمالی به دو ترمیال SYNC خواهد بود.

از دیگر موارد کاربرد ترمیال های SYNC فرم دادن به شکل موج است: به عنوان متال اگر یک موج سینوسی اعوجاج دار داشته باشیم و تیاز به یک موج بدون اعوجاج باشد، موج اعوجاج دار را به دو ترمیال SYNC اعمال می کنیم و موج بدون اعوجاج را از خروجی سیگنال زنراتور دریافت می نماییم.

شکل ۴-۶ بلوک این قسمت را نشان می دهد.

دستگاه دیگری را با فرکانس خود سنتکرون کند، برای این منظور، روی اکثر سیگنال زنراتورها، دو ترمیال به نام SYNC وجود دارد. در سیگنال زنراتور شکل ۱-۶ در پشت دستگاه این دو



در آن بازمی شود. اگر قبوز دستگاه سوخته باشد به راحتی می توان آن را تعویض کرد. سیم شماره ۱۴ سیم رابط اصلی برقی است و شماره ۱۲ فقره هایی هستند که سیم اصلی برق را در موقع عدم تیاز به دور آن ها می بینند.

۴-۶- فرکانس متر دیجیتالی
فرکانس متر دیجیتالی، دستگاهی است که با اعمال سیگنال جریان مناسب به آن مقدار فرکانس سیگنال را روی صفحه‌ی نمایش (Display) نشان می دهد. شکل ۴-۵ نمونه‌ای از فرکانس متر دیجیتالی را نشان می دهد.

همچنین از خروجی دو ترمیال SYNC می توان نمونه‌ای از فرکانس خروجی سیگنال زنراتور با ولتاژ ۲/۵ ولت مؤثر دریافت و به مدار دیگری جهت سنتکرون کردن و یا ... اعمال کرد.

ابدآنس ترمیال های SYNC چه در حالت ورودی و چه در حالت خروجی غریباً برابر $10\text{ k}\Omega$ است.
همچنین تیغه‌ی شماره ۱۱ در شکل ۳-۶ وجود دارد. زمانی که با ورودی SYNC کاری نداریم این دو ترمیال را به وسیله‌ی این تیغه اتصال کوتاه می کنیم. همچنین در شکل ۳-۶، شماره ۱۵ جاقویزی است که به صورت یعنی است و با جرخاندن،

در انواع مختلف فرکانس مترها نفاوت دارد. در بعضی از فرکانس مترها دامنه‌ی سیگنال‌های ورودی از حدود چند ولت تا ده‌ها ولت است و در برخی دیگر از حدود چند میلی ولت تا ده ولت می‌تواند باشد. معمولاً حداقل و حداکثر دامنه‌ی سیگنال‌ها را در کاتالوگ فرکانس مترها قید می‌کنند.

با توجه به نوع فرکانس متر دیجیتالی که در اختیار دارید به کاتالوگ آن مراجعه کنید و مقدار حداقل و حداکثر دامنه‌ی سیگنال را از آن استخراج کنید.

کار عملی ۲

الف - چند فرکانس مختلف را به دلخواه روی سیگنال زنر اتور صوتی تنظیم کنید و با فرکانس متر دیجیتالی مقدار «قبن آن‌ها را اندازه‌بگیرید».

ب - به ورودی فرکانس متر یکبار سیگنال سینوسی و باز دیگر سیگنال موج مربعی با فرکانس بکسان اعمال کنید و در هر دو یار فرکانس را اندازه‌بگیرید. آیا مقدارهایی که فرکانس متر نشان می‌دهد با یکدیگر فرق دارند؟ چرا؟

کار عملی ۳ (اندازه‌گیری فرکانس): مدار شکل ۶-۴ را بیندید و فرکانس سیگنال زنر اتور را بین ۵۵ تا ۵۵۵ هرتز تغییر دهید. آیا فرکانس متر فرکانس ۱۰۰Hz را نشان می‌دهد؟ چرا؟



شکل ۶-۶ - یک نمونه از فرکانس متر دیجیتالی

رنج فرکانس مورد اندازه‌گیری در فرکانس مترهای دیجیتالی معمولاً از چند هرتز تا ده‌ها مگاهرتز و بعضاً تا ۵۰۰ مگاهرتز است.

کار کردن با فرکانس متر دیجیتالی سیار ساده است. کافی است که دستگاه را به برق متصل و توسط کلید (on-off) آن را روشن و میس سیگنال مورد نظر را توسط پروف به آن وصل کنید. با کلیدهای رنج فرکانس می‌توان رنج مناسب را انتخاب کرد. در این صورت مقدار فرکانس به صورت ارقام دیجیتالی روی صفحه‌ی نمایش قابل خواندن است. حداقل و حداکثر دامنه‌ی سیگنال اعمالی به فرکانس مترها،

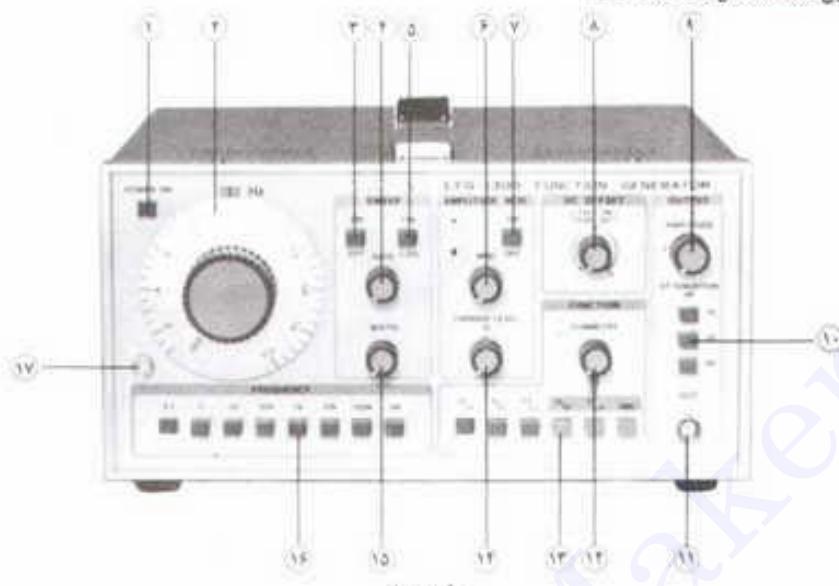


شکل ۶-۶

کار عملی ۴ (استفاده از SYNCH): فرکانس سیگنال زنر اتور را روی ۱kHz تنظیم کنید. خروجی SYNCH را به فرکانس متر دیجیتالی اعمال کنید و مقدار فرکانس سیگنال را از روی فرکانس متر دیجیتالی بخوانید.

بعضی از فرکانس مترها به جای یک ورودی، دارای دو ورودی هستند که یکی از ورودی‌ها منوط به دامنه‌ی سیگنال‌های کم، از حدود ۰mV تا چندین ولت است و ورودی دیگر منوط به دامنه‌های چندین ولت تا چند دهولت است.

شکل ۷-۶ این دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۷-۶

فشار دهید: حالت خاموشی حالت خاموش



شکل ۷-۶-۱ تحریک تنظیم دستگاه برای موج مربع



شکل ۷-۶-۲ تحریک تنظیم دستگاه برای موج مربع

برای تنظیم مقدار فرکانس خروجی، هماند بیگنال زیر اتور
صوتی، کافی است که عدد صحیح فرکانس را روی صفحه
نمایه ۲ و ضرب آن را که مضرب صحیحی از ده است روی
کلیدهای شماره ۱۶ انتخاب کنیم. مثلاً برای بدست آوردن فرکانس
 $264 \times 1000 = 264000$ Hz ایندا مقدار فرکانس را به صورت ۲۰۰۰ کلید
من توبیم! سپس مقدار ۲۰۰۰ را روی کلیدهای ۱۶ یعنی کلید ۱K
انتخاب می کنیم و سپس عدد ۱۰۰۰ را روی کلیدهای ۱۶
انتخاب می کنیم و آن را فشار می دهیم. برای انتخاب نوع موج
خروجی (سینوسی، مربعی و یا مثلثی) باید دستگاه، مطابق شکل های
۷-۸، ۷-۹ و ۷-۱۰ تنظیم شود.

فشار دهید: حالت خاموش حالت خاموش



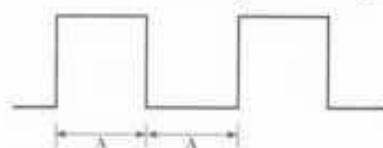
شکل ۷-۶-۳ تحریک تنظیم دستگاه برای موج مثلثی

اگر بخواهیم موج مربعی و یا مثلثی را از حالت فریشه خارج کنیم دستگاه را مطابق شکل ۱۲-۶ تنظیم می‌کنیم و با انتخاب موج مربعی و یا مثلثی و همچنین با ولوم تسماره ۱۲ مقدار فریگی را تنظیم می‌کنیم.

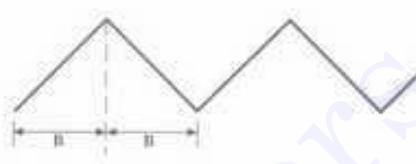
همچنان اگر بخواهیم موج نامتقارن را معکوس کنیم، کافی است که کلید INV - اولین کلید از سمت راست کنار کلیدهای انتخاب نوع موج - را فشار دهیم.
شکل ۱۲-۶، موج‌های مربعی و مثلثی نامتقارن را همراه با دو حالت کلید INV و NONINV را نشان می‌دهد.
با توجه به میزان عدم فریگی، مقدار فرکانس، از رابطه‌ی (۶-۲) بدست می‌آید.

$$f = \frac{2}{1 + \frac{B}{A}}$$

فشار دهد. حالت خاموش. حالت خاموش

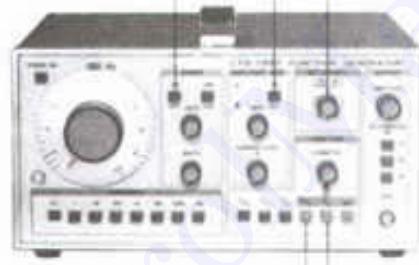


شکل ۱۱-۶



شکل ۱۲-۶

انتخاب کلید



دکمه در حالت معکوس	
موج بالس (مربعی نامتقارن)	موج دندانه‌دارهای

دکمه تغییرات رفع برای
میزان فریگی A

شکل ۱۲-۶

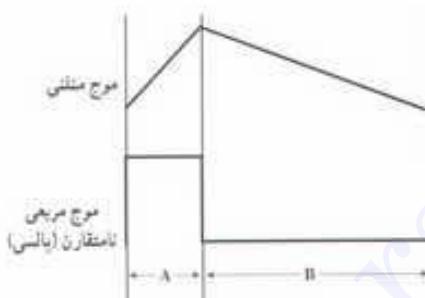
ترمیتال نامه ۱۱ ترمیتال خارجی دستگاه است که دارای امیدانس برابر با ۵ Ω است.

برای تطبیق دامنه خروجی از ولوم نامه ۹ و سه کلید نامه ۱۰ استفاده می شود. مقدار دامنه خروجی در هر کدام از حالت های تنظیم شده برای شکل موج سینوسی و مرتعی و متغیر با پکدیگر تفاوت دارد.

جدول ۱-۶ مینیمم و ماکزیمم دامنه سیگنال را که به وسیله ولوم می توان تعیین کرد در حالت های مختلف خروجی باز با امیدانس بالا و همچنین با امیدانس خروجی ۵ Ω ولوم ۵ نامنی دارد.

(زنج کلید نامه ۱۶ × عدد نشان داده شده روی صفحه) نامه ۲،

مقدار A و B در شکل ۱۴-۶ نشان داده شده اند.



شکل ۱۴-۶

تضعیف برحسب dB	تحویل فرآردادن تضعیف کنندگان	ریزخواز خروجی (تفییرات توسط دکمه AMPLITUDE)					
		موج سینوسی		ولتاژ مغناطیسی		موج مرتعی / متغیر	
		حالات باز	حالات وصل شدن به بار	حالات باز	حالات وصل شدن به بار		
۱۰	۲۰	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰
-	۱۰	-۷/۷	-۳/۵	-۴	-۴	۱	-۱
-	۱۰	-۱/۱۱	-۱/۱۱	-۱/۱۱	-۱/۱۱	-۱/۱۱	-۱/۱۱
۱۰	۲۰	۱۰mV	-۱۰mV	۱۰mV	-۱۰mV	۱۰mV	-۱۰mV
۲۰	۱۰	۲۲mV	-۲۲mV	۲۲mV	-۲۲mV	۲۲mV	-۲۲mV
۴۰	۲۰	۷mV	-۷mV	۷mV	-۷mV	۷mV	-۷mV
۵۰	۱۰	۱/۱mV	-۱/۱mV	۱/۱mV	-۱/۱mV	۱/۱mV	-۱/۱mV
۶۰	۱۰	۱/۲mV	-۱/۲mV	۱/۲mV	-۱/۲mV	۱/۲mV	-۱/۲mV
۷۰	۱۰	۱/۴mV	-۱/۴mV	۱/۴mV	-۱/۴mV	۱/۴mV	-۱/۴mV

جدول ۱-۶



شکل ۱۴-۱۵

کاربرد این قسمت بسیار وسیع و در ضمن تخصصی است و سما در آزمایشگاه، مخابرات به طور منفصل آن را خواهید خواند و کاربرد عملی آن را خواهید آموخت.

از دیگر امکانات فانکشن زنر انورها، ایجاد یک موج جازوب است. چون کاربرد این قسمت نزد بسیار وسیع و خارج از برنامه درسی است ذکر نام آن در اینجا کافی است.

امکانات دیگری تزییر روی فانکشن زنر انورها وجود دارد که در دروس تخصصی به آنها اشاره خواهد شد.

کار عملی ۵ (اندازه گیری دامنه): دامنه خروجی فانکشن زنر انور موجود در آزمایشگاه را روی یک ولت تنظیم کنید و فرکانس آن را روی 5 Hz قرار دهید. به کمک فرکانس متر دیجیتالی مقدار فرکانس و به کمک ولت متر دیجیتالی، مقدار ولتاژ آن را اندازه بگیرید.

کار عملی ۶ (مشاهده شکل): این کار عملی را به کمک مدرس انجام دهید. شکل ولتاژ خروجی فانکشن زنر انور را در حالت موج مربعی مقایران، مثلثی مقایران، مربعی نامتقارن، مثلثی نامتقارن و سینکلار سینوسی و مربعی و مثلثی سوار بر ولتاژ DC را روی اسپیلوسکوب بینید و سیس آن ها را رسم کنید.

کار عملی ۷: نحوی کار با فانکشن زنر انور موجود در آزمایشگاه را یا دقت تعزیز و تحلیل کنید.

توسط سه کلید شماره ۱۰، هفت حالت مختلف می توانند بوجود آورد. اگر هر سه کلید بیرون باشند حالت هشتم پدیده می آید؛ مثلاً در صورتی که کلید ۱ و ۴ فشار داده شوند،

مقدار تضعیف ۵۰ دسی بیل می شود و با فشار دادن کلیدهای دیگر ضرایب تضعیف مختلف بوجود خواهد آمد. پکن دیگر از امکاناتی که بر روی همه فانکشن زنر انورها وجود دارد، کلید و ولومن

است به نام DC Offset. در حالت عادی کار فانکشن زنر انور ممکن است موج مربعی با مثلثی و با حتی سینوسی، همراه با یک مؤلفه DC باشند و باز عکس. اگر ما بخواهیم شکل ولتاژ خروجی را بر روی یک مؤلفه DC سوار کنیم به کمک این کلید و ولومن – برای ما کاملاً امکان پذیر است.

در حالت اول، اگر بخواهیم مؤلفه DC همراه یک شکل موج خروجی فانکشن زنر انور را حذف کنیم کلید DC Offset را فعال و توسط ولومن آن ولتاژ را در جهت عکس ولتاژ DC همراه سیگنال، به آن اعمال می کنیم.

در نتیجه مؤلفه DC همراه سیگنال حذف می شود. اگر بخواهیم سیگنال خروجی را بر ولتاژ DC سوار کنیم (منتظر متنقی) با قعال کردن این کلید و جرخاندن ولومن به سمت علامت + و - با این کار کاملاً امکان پذیر است.

از امکانات دیگر فانکشن زنر انورها، که در تمامی انواع آن وجود دارد، داشتن سیگنال مدوله شده دامنه، در خروجی است.

فصل هفتم

روش‌های اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:

- مقدار مقاومت اهمی را به روش غیرمستقیم اندازه بگیرد.

- با استفاده از پل و تستون مقدار مقاومت‌های را اندازه بگیرد.

- ساختمان پل و تستون را شرح دهد.

- برای مقاومت‌های کم و زیاد، روش اندازه‌گیری مناسب را شرح دهد.

- مقدار مقاومت نابع حرارت را با گرم و سرد کردن محیط آن اندازه بگیرد.

- مقدار مقاومت نابع تور را در نازیکی و روزنایی اندازه بگیرد.

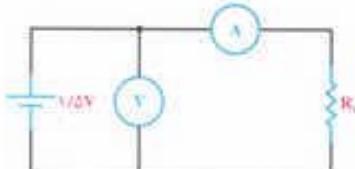
- مقدار مقاومت‌های متغیر را اندازه بگیرد.

- خواص مقاومت‌های متغیر خطی و غیرخطی را با توجه به زاویه‌ی گردش توضیح دهد.

نام آزمایش: روش‌های اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی

۱. عدد	۷. مقاومت N.T.C	۱۷- هدف آزمایش
۱ عدد	۸. مقاومت P.T.C	اندازه‌گیری مقاومت‌های کم یا مقاومت‌های زیاد به روش ولت‌متر - آمپر متر، آنسنایی با پل و تستون و طریقه‌ی اندازه‌گیری مقاومت مجهول با آن، و اندازه‌گیری مقاومت‌های نابع عوامل فزیکی.
۱ عدد	۹. کلید فقط و وصل ساده (decade)	
۱ عدد	۱۰- مقاومت دهه (decade)	
۱ عدد	۱۱. بُرد آزمایشگاهی	وسایل مورد نیاز
۱ عدد	۱۲. سیم‌های رابط	۱. منبع تغذیه DC ۵V/۰.۱A
۱ عدد	۱۳. هویه فلمنی ۰-۲ وات	۱ دستگاه
۱ عدد	۱۴. فنورزیستور	۲. ولت‌متر آزمایشگاهی (۰-۳۷V)
۷- شرح آزمایش		(ناموتلی متر)
همان طور که می‌دانیم، طبق قانون اهم، مقدار مقاومت اهمی از رابطه‌ی $R = \frac{U}{I}$ بدست می‌آید:		۳. آمپر متر آزمایشگاهی (۰-۲mA)
(۷-۱)		(ناموتلی متر)
۴. گالوا متر صفر وسط		۴. مقاومت 2Ω ، 10Ω ، $1K\Omega$
۵. مقاومت 2Ω ، 10Ω ، $1K\Omega$		۵. مقاومت 2Ω ، 10Ω ، $1K\Omega$
۶. مقاومت 2Ω ، 10Ω ، $1K\Omega$		۶. مقاومت 2Ω ، 10Ω ، $1K\Omega$

یندید و مقادیر مقاومت اهمی را دقیقاً اندازه گیرید.
 R_x را یک مقاومت حدود ۱۰۰۰۰۰ انتخاب کنید. ولت متر و آمپر متر را از نوع عقرهای انتخاب کنید.
 رنج ولت متر و آمپر متر را طوری انتخاب کنید که حداقلتر انتحراف را داشته باشید.
 ولت = U \Rightarrow مقادار ولتاژی را که ولت متر نشان می‌دهد.
 آمپر = I \Rightarrow مقادار جریانی را که آمپر متر نشان می‌دهد.
 $R_x = R_x$ مقادیر مقاومت مجھول $\frac{U}{I}$
 ب - مقادیر مقاومت R_x را ترجیحاً با یک اهمتر دیجیتالی اندازه گیرید و در نیزه باده است کنید:
 $A_m = R_x$ مقادیر مقاومت اندازه گیری شده توسط اهمتر دیجیتالی
 ج - این مدار شکل ۷-۲ را روی برد بُرد و باید آزمایشگاهی یندید و مقادیر مقاومت مجھول شکل ۷-۱ را محاسبه کنید.



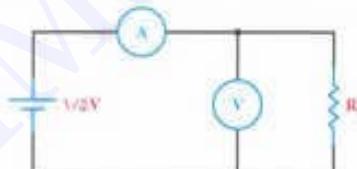
شکل ۷-۲

حال برای اندازه گیری یک مقاومت مجھول، کافی است که جریان عبوری و افت ولتاژ دو سر آن را اندازه گیریم و با استفاده از رابطه ۱-۷) مقادیر مقاومت را محاسبه کنیم.
 همان‌طور که در درس دستگاه‌های اندازه گیری خوانده اید، ولت متر و آمپر متر هر دو دارای مقاومت داخلی هستند. در اندازه گیری مقاومت اهمی بهروش ولت متر - آمپر متر، مقاومت‌های داخلی ولت متر و آمپر متر بر روی مقادیر اندازه گیری شده اثر می‌گذارد و باعث خطای می‌شود. برای کم کردن مقادیر خطای بالاتر، به مقادیر مقاومت (کم و یا زیاد) از دوروش مختلف استفاده می‌کنند.

الف - اندازه گیری مقاومت‌های کم بهروش ولت متر - آمپر متر

کار عملی ۱: برای اندازه گیری مقاومت‌های کم، از مدار شکل ۷-۱ استفاده می‌شود:

الف - مدار شکل ۷-۱ را روی برد بُرد و باید آزمایشگاهی



شکل ۷-۱

مقادیری که اهمتر دیجیتالی نشان می‌دهد.	مقادیر مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۷-۱ بدست آمده است.	مقادیر مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۷-۲ بدست آمده است.
$R_x =$ A_m	$R_x =$ A_m	$R_x =$ A_m

جدول ۷-۱

جدول ۷-۱ را بر کنید.
 د - بعد از مقاومت‌ها را به روشن فوچ اندازه گیری کنید.
 سوال: تعیین کنید که مقادیر مقاومت اهمی کدام روش دقیق‌است و جرا؟

رنج ولت متر و آمپر متر را طوری انتخاب کنید که انتحراف عقره حداقل باشد.
 $A_m = R_x$ همان مقاومت مدار شکل ۷-۱ است.
 ولت = U \Rightarrow مقادار ولتاژی را که ولت متر نشان می‌دهد.
 آمپر = I \Rightarrow مقادار جریانی را که آمپر متر نشان می‌دهد.

$$R_x = \frac{U}{I}$$

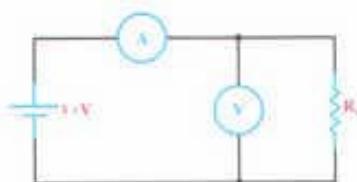
رنج ولت متر و آمپر متر را طوری انتخاب کنید که انحراف عفریه خدا کنتر باشد.

ولت = U \Rightarrow مدار ولتاژی را که ولت متر شناس می دهد.

آمپر = I \Rightarrow مقدار جریانی را که آمپر متر شناس می دهد.

$$R_x = \frac{U}{I}$$

ب - مقدار مقاومت R_x را ترجیحاً با یک آمپر متر دیجیتالی اندازه بگیرید و در زیر بادواد است کنید:



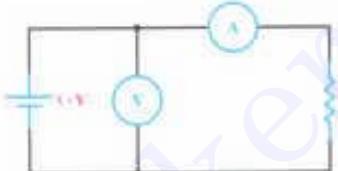
شکل ۷-۴

ب - اندازه گیری مقاومت های زیاد به روش ولت متر - آمپر متر

کار عملی ۲: برای اندازه گیری مقاومت های زیاد از مدار شکل ۳-۷ استفاده من شود.

الف - مدار شکل ۳-۷ را روی برد بفرموده بازدید آزمایشگاهی بینید و مقدار مقاومت اهمی را دقیقاً اندازه بگیرید.

مقدار R_x را حدود ۱۸ کیلو امپاگ (KΩ) در نظر بگیرید. ولت متر و آمپر متر را از نوع عفریه ای انتخاب کنید.



شکل ۳-۷

مقداری که آمپر متر دیجیتالی شناس می دهد.	مقدار مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۳-۷ بدست آمد است.	مقدار مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۴-۷ بدست آمد است.			
$R_x =$	اهم	$R_x =$	اهم	$R_x =$	اهم

جدول ۳-۷

راه دیگر اندازه گیری مقاومت اهمی به روش غیر مستقیم استفاده از بیل و ستون است. بیل و ستون، به مرورت بک دستگاه ساخته شده در بازار موجود است. با دستگاه بیل و ستون در کار عملی ۳ آشنا خواهید شد و طرز کار آن را باد خواهید گرفت. در این قسمت از آزمایش بک بیل و ستون مساده را روی برد بفرموده بازدید آزمایشگاهی بینید و مقاومت های مجھول را آن اندازه بگیرید.

کار عملی ۳

الف - مدار شکل ۳-۵ را روی برد بفرموده بازدید آزمایشگاهی بینید و مقاومت های مجھول را با آن اندازه بگیرید. مقاومت مجھول را در محل R_x بگذارید و با تغییر مقاومت R_m کاری کنید که عفریه گالوانومتر روی صفر فرار گیرد. در این حالت مقادیر مقاومت های علوم را باده است کنید و مقدار R_x را با استفاده از رابطه $(7-۲)$ محاسبه کنید.

اهم = R_x مقدار مقاومت اندازه گیری شده با آمپر متر دیجیتالی

ج - این بار مدار شکل ۳-۷ را روی برد بفرموده بازدید آزمایشگاهی بینید و مقدار مقاومت مجھول شکل ۳-۷ را محاسبه کنید.

ولت = U \Rightarrow مقدار ولتاژی را که ولت متر شناس می دهد.

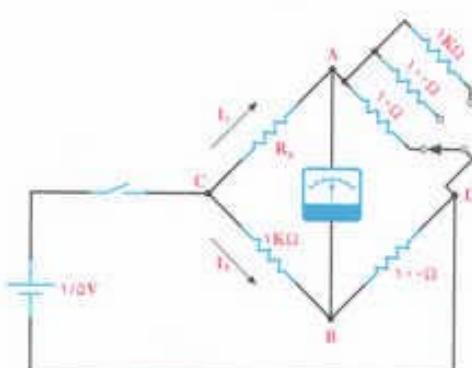
آمپر = I \Rightarrow مقدار جریانی را که آمپر متر شناس می دهد.

$$R_x = \frac{U}{I}$$

جدول ۳-۷ را بر کنید.

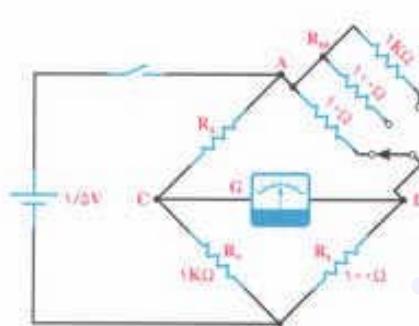
سوال: دقیقاً توضیح دهد جرا اندازه گیری مقاومت های اهم زیاد به روش شکل ۳-۷ دقیق تر از روش شکل ۴-۷ است؟

د - تعدادی مقاومت با اهم زیاد را به روش فوق اندازه گیری کنید.



شکل ۷-۶

آیا گالوانومتر عددی غیر از صفر را تسانی می‌دهد؟ جواب
هــ در پک بل متعادل جای قطب‌های ولتاژ منبع تغذیه را
عوض کنید و مشاهدات خود را پادداشت و آن را تحلیل کنید.
سوال: آیا نظر شما چه عواملی در وقت بل تأثیر دارند؟ جواب؟
سوال: آیا حساسیت گالوانومتر نقشی در مقدار اندازه‌گیری
دارد؟
وــ در بل متعادل، ولتاژ تغذیه را از ۱/۵ ولت به ۵ ولت
افزایش دهید. آیا عقره‌ی گالوانومتر همچنان روزی صفر باقی
نمی‌ماند یا خیر؟ جواب؟
زــ بعد از تعادل بل با یک مقاومت مجهول، جای عناصر
مقابل یکدیگر را عوض کنید (مانند شکل ۷-۷). آیا عقره‌ی



شکل ۷-۷

گالوانومتر صفر وسط مقاومت R_s را از نوع مقاومت دهد (decide)
استفاده کنید تا هر لحظه مقادیر آن متناسب باشد و یا آن مقاومت استفاده
کنید که در انتهای آن یک تراکتور مکانیکی متصصل است و هر لحظه مقادیر
را تستان می‌دهد. در غیر این صورت از مقاومت معصومی استفاده کنید و
در هر مرحله مقادیر آن را با اوومتر دیجیتال اندازه بگیرید.

$$R_v = \text{اهم}$$

$$R_m = \text{اهم}$$

$$R_s = 1\text{ k}\Omega \text{ اهم}$$

$$R_s = \frac{R_v \cdot R_m}{R_v} \text{ اهم} \quad (7-2)$$

$$R_s = \dots \Omega$$

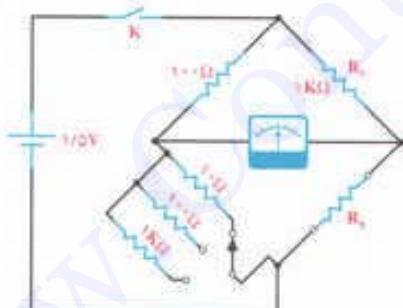
بــ مقادیر مقاومت مجهول را با استفاده از اهمتر
دیجیتالی اندازه بگیرید و پادداشت کنید.

$$R_s = \dots \Omega$$

سوال: آیا دو مقادیر مقاومت به دست آمده با هم تفاوت
دارند؟ جواب؟

جــ چند عدد مقاومت مختلف را با بل آزمایشگاهی فوق
اندازه گیری کنید.

دــ در بل متعادل شده (عقره‌ی گالوانومتر روزی صفر
قرار می‌گیرد) جای دو سر گالوانومتر (C,D) و منبع تغذیه (نقطه
(A,B) را با یکدیگر عوض کنید، یعنی بل و تستون را به صورت
شکل ۷-۶ درآورید.



شکل ۷-۷

$$\star V_A = V_B \quad I_{D1} = \dots \quad V_{CA} = R_s \cdot I_1 \quad V_{BD} = R_s \cdot I_2 \quad R_s = \frac{R_v \cdot R_m}{R_v}$$

$$V_{CA} = V_{CB} \quad V_{CD} = R_v \cdot I_1 \quad \frac{R_s \cdot I_1}{R_m \cdot I_1} = \frac{R_v \cdot I_2}{R_m \cdot I_1}$$

$$V_{AD} = V_{BD} \quad V_{AD} = R_m \cdot I_1$$

۴-۷- اندازه‌گیری مقاومت‌های تابع حرارت کار عملی ۵

الف - یک مقاومت N.T.C را به اهم‌متر دیجیتالی متصل کنید و مقادیر مقاومت آن را اندازه‌بگیرید و باداشت کنید.

$$R = \dots \Omega \quad \text{در درجه حرارت محیط}$$

حال به کمک یک هویه‌ی قلم ۲۰ وات اندازه‌گیری مقاومت N.T.C را گرم کنید و مقادیر مقاومت آن را اندازه‌بگیرید و باداشت کنید.

$$R = \dots \Omega \quad \text{در درجه حرارت پیش‌تر از محیط}$$

سوال: بر اثر گرمای، مقادیر مقاومت چه تغییری کرده‌اند؟

ب - یک مقاومت P.T.C را به اهم‌متر دیجیتالی متصل کنید و مقادیر مقاومت آن را اندازه‌بگیرید و باداشت کنید.

$$R = \dots \Omega \quad \text{در درجه حرارت محیط}$$

حال به کمک یک هویه‌ی قلم ۲۰ وات اندازه‌گیری مقاومت P.T.C را گرم کنید و مقادیر مقاومت آن را اندازه‌بگیرید و باداشت کنید.

$$R = \dots \Omega \quad \text{در درجه حرارت پیش‌تر از محیط}$$

سوال: بر اثر گرمای، مقادیر مقاومت چه تغییری کرده‌اند؟

۵-۷- اندازه‌گیری مقاومت تابع نور

کار عملی ۶: یک فتورزیستور (مقاومت تابع نور) را به یک اهم‌متر متصل کنید و مقادیر مقاومت اهمی را در حالات زیر اندازه‌بگیرید.

الف - روی مقاومت را با یک نوار منکی کاملاً بپوشانید.

$$R = \dots \Omega \quad \text{در تاریکی مطلق}$$

ب - روی مقاومت را با یک کاغذ سفید (به طوری که اندکی نور از آن عبور کند) بپوشانید.

$$R = \dots \Omega \quad \text{نیمه تاریک}$$

ج - بر روی مقاومت کاملاً نور بناباید (مثلثاً توسط یک لامپ ۴۰ وات).

$$R = \dots \Omega \quad \text{در روشنایی کامل}$$

سوال: مقادیر مقاومت، از تاریکی مطلق تا روشنایی کامل، چقدر تغییر می‌کنند؟

سوال: کاربرد مقاومت تابع نور کجاست؟

گالوانومتر تغییر می‌کند یا خیر؟ مدار را در این حالت تحلیل کنید.

۳-۷- اندازه‌گیری مقاومت‌های متغیر خطی و غیرخطی کار عملی ۴

الف - به کمک اهم‌متر دیجیتالی، مقادیر یک مقاومت متغیر خطی (بتانسیومتر) را با زاویه‌ی مختلف جرخیس قسمت متحرک (مطابق شکل ۷-۸) اندازه‌بگیرید و در جدول مربوط باداشت کنید.

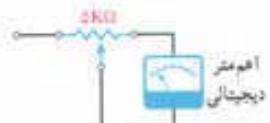
= ۰°	= ۹۰°	= ۱۸۰°	= ۲۷۰°



شکل ۷-۸

ب - به کمک اهم‌متر دیجیتالی، مقادیر یک مقاومت متغیر غیرخطی (لگاریتمی) را با زاویه‌ی مختلف جرخیس قسمت متحرک (مطابق شکل ۷-۹) اندازه‌بگیرید و در جدول مربوط باداشت کنید.

= ۰°	= ۹۰°	= ۱۸۰°	= ۲۷۰°



شکل ۷-۹

سوال: با توجه به زاویه‌ی جرخیس قسمت متحرک و مقادیر مقاومت اهمی، آیا مقاومت متغیر مورد آزمایش فوق خطي است یا جر؟

سوال: با توجه به شکل ۷-۹، آیا مقاومت متغیر مورد آزمایش غیرخطی است یا جر؟

ج - تعدادی مقاومت متغیر را از آثار تحويل بگیرید و خطی و غیرخطی بودن آن‌ها را تعیین کنید.

فصل هشتم

کاربرد دستگاه پل LCR

هدف‌های رفتاری: از هرچو انتظار می‌رود که پس از بیان این فصل بتواند:

- اصول استفاده از دستگاه پل LCR را در اندازه‌گیری مقاومت اهمی توضیح دهد.
- انواع مقاومت اهمی را با پل LCR اندازه‌گیری کند.
- نحوه اندازه‌گیری ضرب خودالقایی سیم پیچ (L) را با استفاده از پل LCR توضیح دهد.
- دکمه‌های کنترل L و Q پل LCR را تشریح کند.
- نحوه اندازه‌گیری طرفیت خازن‌ها را با پل LCR توضیح دهد.
- ضرب تلفات در خازن‌ها را با پل LCR اندازه‌بگیرد.
- ضرب کیفیت سلف را با پل LCR اندازه‌بگیرد.

نام آزمایش: کار با دستگاه پل LCR

۱-۸-۱- هدف آزمایش

در این آزمایش عملیاتی کنکنکنی اندازه‌گیری مقاومت اهمی، ضرب خودالقایی سلف، ضرب کیفیت سلف، طرفیت خازن و ضرب تلفات خازن را با پل اندازه‌گیری LCR پادخواهید گرفت. پل LCR در حقیقت مجموعه‌ی سه پل وین، وین- ماکسول و وین- وین است. دلیل فرآوردادن سه پل در یک مجموعه، شباهت عناصر به کار رفته در این پل است، برای توجه شما عناصر پل وین و وین- ماکسول پکن هستند و فقط نحوه اتصال پل‌ها با یکدیگر فرق دارد.

امروزه، اکثر سازندگان پل‌ها، پل LCR را از این سه پل می‌سازند و فقط شکل ظاهری آن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد. بنابراین طرز کار انواع پل‌های ساخته شده توسط سازندگان مختلف، یکسان است.

در این قسمت از آزمایش، طرز کار یک پل را با دفتر مورد بررسی قرار می‌دهیم و نحوه اندازه‌گیری کیفیت‌های نامبرده شده را در عمل پادخواهیم گرفت. شکل ظاهری این پل به صورت

۱-۸-۲- شرح آزمایش

آنلاین با پل‌های LCR و طبقه‌ی اندازه‌گیری R، C، L، Q

وسایل مورد نیاز L، D، C، R، Q پل دستگاه

۱. مقارنهای مختلف برای اندازه‌گیری

از هر کدام یک عدد

۲. سلف‌های با مقدار مشخص

از هر توجه موجود در

ابزار آزمایشگاه ۱ عدد

۳. خازن‌های با مقدار مشخص

از هر توجه موجود در

ابزار آزمایشگاه ۱ عدد

۴. مولتی متر دیجیتالی یا عقرهای

۵. سیگنال زلزله‌نور صوتی

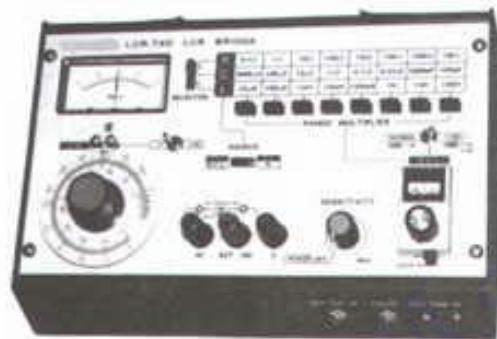
۶. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹۷

وجود نماید. لذا با یک ولت‌متر، این آزمایش را انجام دهید.

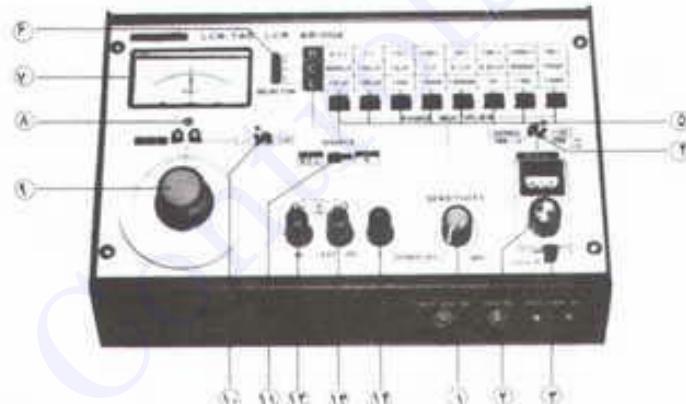
۳-۸-۳ - اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی
در ایندای آزمایش، جگونگی اندازه‌گیری مقاومت اهمی توضیح داده می‌شود، در اینجا کلیدها و ولوم‌های روی بلو را با یک شماره مشخص می‌کنیم، در شکل ۸-۲ شماره‌ی کلیدها و ولوم‌هایی که به آن‌ها اشاره می‌شود مشخص شده‌اند.

شکل ۸-۱ است.

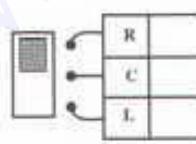
این بلو اندازه‌گیری، نیاز به یک باتری ۹ ولت (از نوع ۰۰۶P) و یا یک ولتاژ ۹ ولت DC دارد. بلو از کارگردان بلو، مطمئن شوید که باتری بلو سالم است و با اگر با آذینبور، ولتاژ DC را به بلو اعمال می‌کنید مقدار ولتاژ تعیین، برای ۹ ولت باشد. بر روی بعضی از بلوها کلیدی وجود دارد که باتری را آزمایش می‌کند ولی بر روی این نوع بخصوص بلو چنین کلیدی



شکل ۸-۱



شکل ۸-۲



شکل ۸-۳

کار عملی ۱: در ایندای تعدادی مقاومت با ریج‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) را از اینار آزمایشگاه تحول بگیرید. یکی از مقاومت‌های را که قرار است مقدار آن را اندازه بگیرید بین دو ترمینال ۱۲ و ۱۳ وصل کنید.

کلید شماره ۶ را در حالت R فراز دهد (طبق شکل ۸-۳).

کار عملی ۲: تعدادی از مقاومت‌های را یک بار با فراردادن کلید در حالت $1/0 +$ محاسبه کنید و باز دیگر همین کلید را در حالت NORMAL فرار دهید و یک شماره در هر حالت مشابه اندازه‌گیری از نماینده مکانیکی کم نموده و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

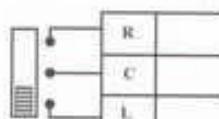
سوال: ساختمان کلید فوق را در پل ترسیح کنید.

۸-۴- اندازه‌گیری ضرب خودالقابی سلف و ضرب

کیفیت سلف

اگر مراحلی را که در زیر، برای اندازه‌گیری ضرب خودالقابی سلف، در قالب کار عملی توضیح می‌دهیم رعایت نکنید اندازه‌گیری ضرب خودالقابی سلف بسیار مشکل و در بعضی اوقات ناممکن خواهد بود.

کار عملی ۳ (اندازه‌گیری ضرب خودالقابی سلف و ضرب کیفیت سلف): ابتدا کلید شماره ۶ را مطابق شکل ۸-۶ در حالت 1 فرار دهید.



شکل ۸-۶

کلید شماره ۱۱ را مطابق شکل ۸-۷ در حالت AC (RCL) فرار دهید.



شکل ۸-۷

کلید شماره ۱۰ را مطابق شکل ۸-۸ در حالت 1×1 فرار دهید.



شکل ۸-۸

کلید شماره ۱۱ را در حالت R فرار دهید (مطابق شکل ۸-۴).



شکل ۸-۸

کلید شماره ۴ را در حالت NORMAL فرار دهید. (مطابق شکل ۸-۵).



شکل ۸-۵

با جرخاندن ولوم شماره ۲ کاری کنید که عدد $100/5$ روی نماینده مکانیکی ظاهر شود.

توجه: اگر قفل قست باین این ولوم فعال باشد، ولوم فوق العاده سخت منجر خواهد شد. لذا لازم است ابتدا قفل (LOCK) را آزاد کنید و سپس ولوم را بجز خانید. به کمک کلیدهای شماره ۱، دو شماره ۱ دستگاه را روشن کنید. به کمک کلیدهای شماره ۱، دو کلیدی را بیدا کنید که با قشتارهای دنگی، عفریه از وسط به سمت جب متوجه و با قشتارهای دنگی عفریه از وسط به سمت راست متوجه شود.

یکی از دو کلید فوق را قشتار دهید. آن گاه آنقدر ولوم شماره ۲ را بجز خانید تا عفریه‌ی گالوانومتر روی عدد صفر فرار گیرد. در این صورت پل متعادل شده است. برای بدست آوردن مقدار R کافی است که ضرب کلید R را Range Multiplier را در عدد شنان داده شده توسط نماینده ضرب کنید ا عدد نماینده پک رقم صحیح و دور قم اعشاری است. اندازه‌گیری را برای سایر مقاومت‌ها تکرار کنید.

نکته مهم: اگر کلید شماره ۴ را در حالت $1/0 +$ فرار دهید، مفهوم آن این است که عدد واقعی نماینده، مقداری که شنان می‌دهد به علاوه یک ($+1$) است. مثلاً اگر نماینده عدد $7/85$ را شنان می‌دهد و کلید شماره ۴ در حالت $1/0 +$ باشد عدد واقعی نماینده $7/85 + 7/85 = 8/85 = 1/0 +$ است؛ لذا هنگام اندازه‌گیری مقاومت مجھول این نکته را باید در نظر گرفت.

نقطه به طرف صفر می برد و آن گاه پرسی گردد، لذا به کمک این ولوم (RQ) عقره را تا جایی که می خواهد مجدداً یدانجا برگردد برود و آن گاه به سراغ ولوم ۹ می رویم. با تغیرات این ولوم عقره را یه سمت صفر تردیک من کنم. برای این که بتوانم این کار را دقیق تر انجام دهیم سعی می کنم به ازای هر تغییرات در ولوم شماره ۲ و یا ۹ به کمک ولوم شماره ۱ و گرداندن آن در جهت عقره های ساخت، عقره هی گالوانومتر را خواهی عدد ۷ ببرم (در حقیقت حساسیت بیل را مرتباً زیاد کنیم)، با تغییرات متاپول ولوم شماره ۲ و ولوم شماره ۹ و هجین افزایش حساسیت بیل، کاری می کنم که با کوچک ترین تغییرات ولوم شماره ۲ و یا شماره ۹ عقره بشدت تغییر کند. آن گاه می گوییم بیل متعادل شده است، حاصل ضرب ربع کلید شماره ۵ و مقدار عدد نشان داده شده توسط نمایور مکانیکی مقدار ضرب خود القابی سلف را نشان می دهد و عدد مقابله فلش صفحه ولوم شماره ۹ مقدار ضرب کلیفت سلف را (اگر کلید شماره ۱۰ در حالت $10 \times$ باشد مقدار ضرب کلیفت خوانده شده از ولوم شماره ۹ باید در عدد $10 \times$ ضرب شود تا مقادیر واقعی بدست آید).

روشنی که برای اندازه گیری سلف در بیل شکل ۸-۱ گفته شد در تمامی بیل های LCR که توسط سازندگان مختلف ساخته می شود صادق است. اگر موارد بالا را دقیقاً رعایت کنید با اندکی تمرین، خیلی سریع می توانید ضرب خود القابی سلف بوردنظر را بدست آورید.

کار عملی ۴: تعدادی سلف مشخص را که از اپتار تحويل گرفته اید با بیل و با روش گفته شده اندازه بگیرید و با مقداری که روی سلف نوشته است مقایسه کنید.

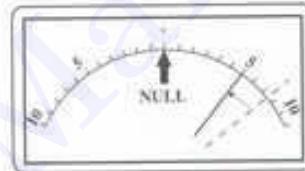
کار عملی ۵: دو سلف مشخص را با یکدیگر به صورت موازی بیند و مقدار معادل آن هارا بدست آورید و با محاسبات مربوط به سلف معادل دو سلف موازی مقایسه کنید (سلف معادل دو سلف موازی از رابطه $\frac{1}{L_1+L_2} = \frac{1}{L_1 \cdot L_2}$ بدست می آید).

کار عملی ۶: دو سلف مشخص را با یکدیگر به صورت سری بیند و مقدار معادل آن هارا بدست آورید و با محاسبات مربوط به سلف معادل دو سلف سری مقایسه کنید (سلف معادل دو سلف که به صورت سری بسته شده اند از رابطه $L_1 + L_2 = L_{\text{total}}$ بدست می آید).

کلید شماره ۴ را در حالت NORMAL قرار دهید.
در کلیدهای شماره ۵، کلید 10 mH را فشار دهید.
ولوم شماره ۹ (صفحه DQ) را در حالت وسط مکانیکی $10 \times / 2$ (قرار دهید).

ولوم شماره ۲ را طوری بچرخانید که نمایور مکانیکی عدد $100/5$ را نشان دهد (هنگام بچرخاندن دقت کنید که قفل نمایور باز باشد).

سلف مجهول (سلفی که قرار است مقدار آن اندازه گیری شود) به دو ترمیثال 12 و 13 وصل کنید.
کلید ولوم شماره ۱ را به آرامی در جهت عقره های ساعت بچرخانید تا دستگاه روش نشود و عقره هی گالوانومتر روی صفحه مدرج بین عدد 6 و 7 قرار گیرد (مکان خط جین در شکل ۸-۹).



شکل ۸-۹

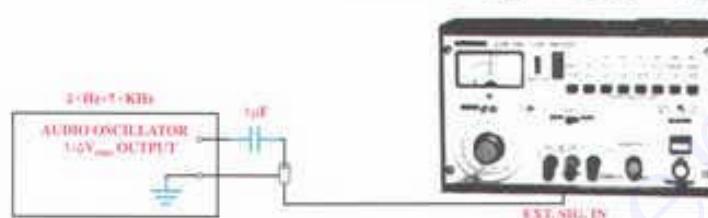
این کار ایندا ممکن است کمی مشکل به نظر آید ولی با اندکی تمرین سیار آسان خواهد شد. حال ولوم شماره ۲ را طوری تغییر دهید که عقره هی گالوانومتر به سمت صفر (NULL) حرکت کند. اگر با تغییرات ولوم شماره ۲ عقره هی حرکت چندانی نداشت رفع کلید شماره ۵ را تغییر دهید. این کار را آنقدر ادامه دهید تا با تغییرات ولوم شماره ۹ عقره هی گالوانومتر به طور محسوسی تغییر کند. با تغیر ولوم کاری کنید که عقره هی گالوانومتر به سمت صفر نزدیک شود، لکن ممکن است عقره هی تا یک نقطه به سمت صفر برود و مجدداً از آن نقطه دور نشود (به سمت راست حرکت کند). این نقطه را نقطه Dip می گویند. بنابراین ایندا به کمک ولوم شماره ۹ عقره را به نقطه Dip می رسانیم، سپس ولوم شماره ۹ را تغییر می دهیم تا عقره به سمت صفر حرکت کند. اگر تغییرات این ولوم چندان تأثیری روی حرکت عقره نداشت کلید شماره $10 \times$ را در حالت $10 \times$ قرار دهید. تغییرات این ولوم نیز عقره را تا یک

را به آن اعمال کیم. سکل ۸-۱۰ جگونگی اعمال ولتاژ توسط یک ادیوزر انور به بیل را نشان می‌دهد.

کار عملی ۷: دامنه‌ی خروجی سیگنال زنر انور صوتی را روی ۵ ولت و فرکانس آن را روی ۵۰ Hz تنظیم و به بیل وصل کنید و مقدار جند آ مجھول را با این فرکانس اندازه‌بگیرید.

پدست می‌آید).

فرکانس داخلی ولتاژ اعمال شده به بیل ۲ KHz است. جتابجه سلف مورد اندازه‌گیری دارای هسته‌ی آهنی و یا فربت پائند و نتوان یا این فرکانس (۲ KHz) ضرب خودالقایی آن را حساب کرد، در روی بیل ترمیال وجود دارد که از بیرون می‌توانه یک ولتاژ یک تابع ولت مؤثر و با فرکانس بین ۵۰ Hz تا ۲ KHz



شکل ۸-۸-۱۰ اسپلیتور صوتی ۱/۵ ولت مؤثر خروجی.

با استفاده از این بیل می‌توان نسبت دوره‌های اولیه و ناتویه‌ی یک ترانسفورماتور را نیز بدست آورده. برای این کار ضرب خودالقایی اولیه‌ی ترانسفورماتور و ناتویه‌ی آن را بدست آورده و با استفاده از رابطه‌ی (۸-۳) نسبت دوره‌ها را محاسبه می‌کیم.

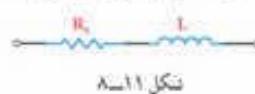
$$T = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \quad (8-3)$$

T : نسبت دوره‌ها

۱- ضرب خودالقایی سیم پیچ اولیه
۲- ضرب خودالقایی سیم پیچ ناتویه
با استفاده از این بیل، اندوکتانس پراکنده‌ی را نیز می‌توان محاسبه کرد.

کار عملی ۹: نسبت دوره‌های یک ترانسفورماتور ۲۲۰/۹۷ را با استفاده از این بیل بدست آورید.

سوال: رابطه‌ی (۸-۳) را اثبات کنید.
نهگامی که ضرب خودالقایی سلف را محاسبه کردید، می‌توانید مدار معادل سلف را به صورت شکل ۸-۱۱ رسم کنید.



شکل ۸-۱۱

بعض مقاومت اهنی سیم پیچ سلف را به صورت سری

کار عملی ۸: در این آزمایش فرکانس سیگنال زنر انور صوتی را روی ۴ KHz تنظیم کنید و همان سلف‌ها را در این فرکانس اندازه‌بگیرید.

سوال: آیا مقدار L اندازه‌گرفته شده در دو فرکانس ۵۰ Hz و ۲ KHz با یکدیگر فرق دارند؟ جزو همان طور که در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری توضیح داده شد مقدار Q از رابطه‌ی (۸-۱) بدست می‌آید:

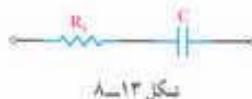
$$Q = RQ.C_1.2\pi.F \quad (8-1)$$

رابطه‌ی (۸-۱) نشان می‌دهد که مقدار Q بستگی به فرکانس دارد. درجه‌بندی روی بیل بر مبنای فرکانس ۱ KHz که در داخل بیل تولید می‌شود - مدرج شده است: بنابراین اگر بیل با فرکانس غیر از ۱ KHz کار کند - مانند اعمال فرکانس خارجی به بیل - درجه‌بندی Q باید بر مبنای فرکانس جدید انجام گرد. بنابراین برای محاسبه‌ی Q در فرکانس جدید (غیر از ۱ KHz) باید از رابطه‌ی (۸-۲) استفاده کرد.

فرکانس اعمالی به بیل بر حسب Hz

$$Q_f = \frac{1}{1000} \times Q \quad (8-2)$$

در رابطه‌ی (۸-۲) Q_f ضرب کنیت بر مبنای فرکانس جدید و Q مقدار خوانده نمده از صفحه‌ی DQ است.



شکل ۸-۱۲

فوق اندازه بگیرید و با مقدار واقعی مقایسه کنید.
توجه: در اندازه گیری ظرفیت خازن معمولاً از حالت

- ۱۰ × کلید شماره ۱۰ استفاده نمی شود.
- معمولًا ظرفیت خازن را با یک مقاومت اهمی (R_i) پر حسب μF به صورت سری در نظر می گیرند (شکل ۸-۱۲).
- مقدار R_i از رابطه‌ی (۸-۵) بدست می آید.

$$\Omega \text{ (مقدار } R_E \text{ بر حسب } \Omega \text{ که از روی صفحه‌ی DQ قابل خواندن است)} = \frac{R_E \times 10^9}{C_{(PF)}} \quad (8-5)$$

۶-۸-۴- اندازه گیری مقاومت‌های اهمی بزرگ ($R > 1M\Omega$)

برای اندازه گیری مقاومت‌های بزرگ (معمولًا بزرگتر از $1M\Omega$) به جای ولتاز DC، از ولتاز AC استفاده می کنند. روش اندازه گیری همانند پند ۶-۴ است و فقط کلید شماره ۱۱ را در حالت (RCL)AC فرار دهید (البته در این حالت عفریه فقط در یک جهت حرکت می کند).

کار عملی ۱۴: تعدادی مقاومت‌های کاملاً مشخص بالای $1M\Omega$ را در دو حالت DC و AC بیاندازه بگیرید و با مقدار مقاومت که با یک بزرگی بر روی آنها مشخص است مقایسه کنید. بله مورد بحث کاربردهای دیگری نیز دارد، مانند محاسبه خطاهای اندازه گیری و ... که از حوصله‌ی این بحث خارج است. در مقابل این نوع بل ها که باید با دست متعادل شوند و مقدار کم مجهول یا استفاده از محاسبه به دست آید، بله ای نیز ساخته شده اند که به محض اتصال کم مجهول (مقادیر، سلف، خازن و ...) بلا فاصله مقدار این عنصر را به صورت رقم روی صفحه‌ی نمایش آن (Display) ظاهر می کنند. شکل ۸-۱۲

شکل یک نمونه از این بله دیجیتالی را نشان می دهد.



شکل ۸-۱۲

مثال: در صورتی که $C = 10^{-12} F$ باشد
مقدار R_i چند اهم است؟

$$R_i = \frac{R_E}{C(\mu F)} = \frac{500}{10^{-12}} = 50\Omega$$

در صورتی که C پر حسب PF باشد

$$R_i = \frac{R_E \times 10^9}{C(PF)} = \frac{500 \times 10^9}{10^{-12} \times 10^9} = 5\Omega$$

در مورد اندازه گیری ظرفیت خازن به دو نکته زیر توجه کنید:

نکته اول: خازن‌های مرغوب دارای ضریب تلفات (D) بسیار کم هستند.

نکته دوم: برای اندازه گیری ظرفیت خازن‌های بزرگ - مخصوصاً خازن‌های الکترولیتی - سعی کنید از فرکانس کم که از بیرون به بله اعمال می کنید استفاده کنید مثلاً فرکانس $120 Hz$ و با ... زیرا خازن‌های بزرگ خود دارای یک ضریب خودکافی بیشتر هستند که این امر در اندازه گیری ظرفیت خازن اثر ممکن است داشته باشد.

کار عملی ۱۵: دو خازن با مقدار مشخص را به صورت موازی بشنید و ظرفیت معادل آن را با استفاده از بله بدست آورید و با مقدار $\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ مقایسه کنید.

کار عملی ۱۶: دو خازن با مقدار مشخص را به صورت سری بشنید و ظرفیت معادل آن را با استفاده از بله بدست آورید و با مقدار $\frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$ مقایسه کنید.

فصل نهم

کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت اول)

هدف های رفتاری: از هرچو انتظار می رود که پس از بیان این فصل بتواند:

- اهمیت استفاده از اسیلوسکوپ را توضیح دهد.
- اهمیت تنظیم FOCUS و INTEN را در اسیلوسکوپ بیان کند.
- دکمه های مربوط به FOCUS و INTEN را در ارتباط با لامپ اشعه کالبدیک توضیح دهد.
- تحریری تنظیم دکمه های FOCUS و INTEN را در اسیلوسکوپ ترسیخ کند.
- اصول اندازه گیری دامنه و ولتاژ های DC و AC را توضیح دهد.
- کلید زمان پر تغییرات را روی اسیلوسکوپ تشخیص دهد.
- اصول اندازه گیری زمان تناوب را توضیح دهد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت اول)

از جمله اسیلوسکوپ بسیار حساس هستند؛ لذا هنگام کار گردن

با اسیلوسکوپ به نکات زیر دقیقاً توجه کنید.

۱. هنگام تغییر رنج کلید سلکتورها، به آرامی و یا دقت،

رنج ها را عوض کنید، زیرا کناتک ثابت اکثر این کلید سلکتورها

از نوع مدار جایی است و احتمال خراب شدن آن ها زیاد است.

۲. سمت تو را، مخصوصاً هنگامی که اسیلوسکوپ روی

X-فراز دارد، بیش از اندازه زیاد نگذیند؛ در این حالت موج

جاروب صفحات اجزای افقی فلکی منته و روی صفحه حساس

فقط یک نقطه نفخ می شود. در این حالت اشتعه به طور مدام به

صفحه من تابد و مواد فسفرساز آن نقطه را خراب می کند. این

خرابی منجر به ایجاد یک لکه‌ی سیاه روی صفحه من شود.

۳. کلید های فشاری روی پائل اسیلوسکوپ را هنگام

تغییر حالت به آرامی فشار دهید.

۴. اسیلوسکوپ را در مکانی فرار دهید که امکان افتد

آن به طور مطلق وجود نداشته باشد.

۱-۹- هدف آزمایش

شناسخت پائل اسیلوسکوپ، کالیبره کردن اسیلوسکوپ،

کالیبره کردن پروب، نحوه اعمال سیگنال به اسیلوسکوپ، اندازه گیری

دامنه و لذان، اندازه گیری زمان تناوب و محاسبه‌ی فرکانس سیگنال،

وسایل مورده بیاز تعداد یا مقدار

۱. اسیلوسکوپ یک کالاله با دو کاناله ۱ دستگاه

۲. پروب اسیلوسکوپ ۱ عدد

۳. پیچ گوشنی دوسو کوچک ۱ عدد

۴. سیگنال رزتراتور صوتی ۱ دستگاه

۵. منبع تغذیه DC (۷-۳) ۱ دستگاه

۶. سیم رابط ۴ عدد

۷. آرومتر عفره‌ای و یا دیجیتالی ۱ دستگاه

۲-۹- قبل از شروع آزمایش‌ها

به بیان داشته باشید که کلیه‌ی دستگاه‌های اندازه گیری

7ms پگنارید.

ب - کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد 5 ولت فوار دهید.

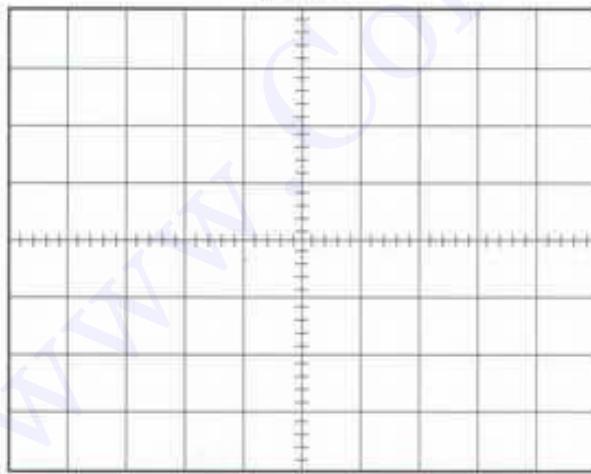
ج - ولوم تغیر وضعیت افقی (→) و عمودی (↑) را در وسط بگذارید.

د - کلید AC-GND-DC را در حالت GND فوار دهید.

ه - کلید Source Trig را در حالت INT و یا CH1 فوار دهید.

و - اسیلوسکوب را روش گردید، بعد از مدت کوتاهی روی صفحه حساس اسیلوسکوب یک خط ظاهر می شود. ولوم های FOCUS و INTEN را طوری تغیر دهید که خط ظاهر شده در روی صفحه حساس دارای شدت نور کافی در کمترین ضخامت باشد. در صورتی که خط مشاهده شده دقیقاً موازی خط افقی مدرج روی صفحه حساس نیست از مرنی آزمایشگاه بخواهد با تغیر پتانسیومتر (Trace Rotation) به کمک یک یچ گوشتی کوچک، خط را دقیقاً موازی درجه بندی محور افقی کند. حال خط مشاهده شده را در شکل ۹-۱ رسم کنید. حال کلید سلکتور Time / Div را روی ۱S قرار دهید. آنچه را که روی صفحه حساس می بینید در شکل ۹-۲ رسم کنید.

شکل ۹-۲



۶۹

۵. اسیلوسکوب را در مکانی که اطراف آن حرارت زیاد (مانند بخاری و ...) وجود دارد با نور خورشید مستقیماً به آن من ناید فوار ندهید.

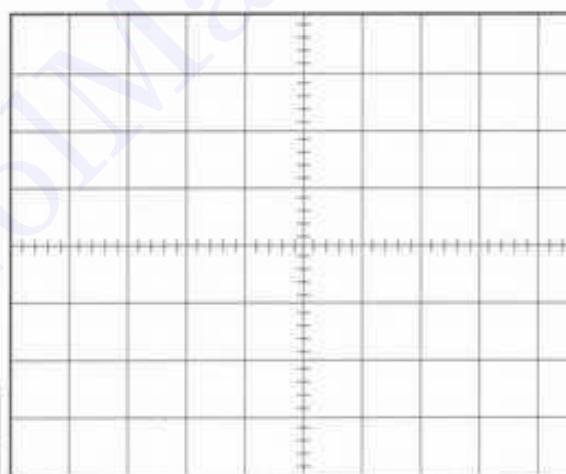
۶. سیم بروب را هیچ گاه نکشید.

۷. جنابجه ولناز مورد اندازه گیری در ایندا مشخص نیست از حالت $\times 1 \times$ (ضریب ده) بروب استفاده کنید و برج کلید سلکتور Volt / Div را در بین ترین مقدار خود فوار دهید.

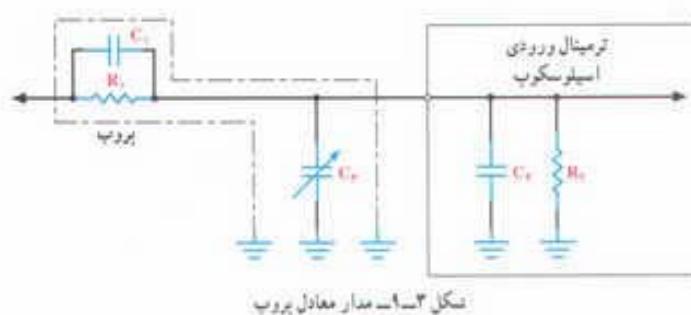
۸. اگر بعد از روشن کردن اسیلوسکوب اشعه روی صفحه حساس ظاهر نند از مرئی آزمایشگاه گمک بخواهد.

کار عملی ۱: این آزمایش مربوط به شناخت پالل یک اسیلوسکوب است. قبل از روشن کردن اسیلوسکوب مراحل ذیر را اجرا کنید:

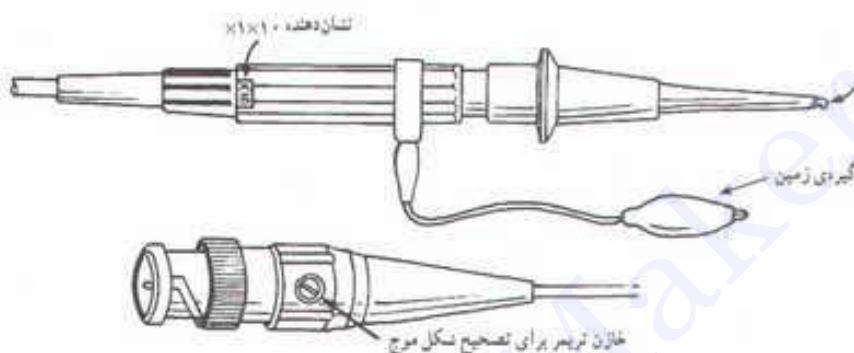
الف - کلید سلکتور Time / Div را روی عدد



شکل ۹-۱



شکل ۴-۹- مدار معادل پرور



شکل ۴-۹- یک نمونه از پرورهای رایج

قابل دریافت است. این ولتاژ مربعی برای تنظیم پرور به کار می‌رود. در قسمت ترمیتال ورودی اسیلوسکوپ، ایندانس ورودی اسیلوسکوپ و ظرفیت خازن ورودی آن را معمولاً می‌تویند. پرور، زمانی تنظیم است که رابطه‌ی (۴-۱) صادق باشد.

شکل ۴-۹ مدار داخلی یک نمونه از پرور را نشان می‌دهد.

هداف طور که گفته شد مقدار مقاومت R_7 (معمولأ $10\text{M}\Omega$) و ظرفیت خازن C_4 را روی اسیلوسکوپ می‌تویند. برای تنظیم پرور باید مقدار R_1 ، C_1 و C_2 مشخص باشد. با تغییر مقدار C_2 که روی پرور به صورت یک خازن تریس قابل تنظیم است، می‌توان رابطه‌ی (۴-۱) را برقرار کرد، راه دیگر برای تنظیم پرور استفاده از موج مربعی است.

برای انجام این کار موج مربعی روی بال اسیلوسکوپ را نوسط پرور به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم. شکل ۴-۵ نحوه‌ی اتصال پرور به اسیلوسکوپ و همچنین اعمال موج مربعی به ورودی اسیلوسکوپ را نشان می‌دهد.

سوال: جرا وقتي کلید سلکتور Time / Div روی حالت ms است (شکل ۴-۹) و در حالت ۱/۱۰ (شکل ۴-۹) روی صفحه‌ی حساس دده می‌شود؟

سوال: نهن کلید Time / Div جست و ضرب این کلید پیان کنندی چه جزئی هستند؟

حال کلید سلکتور Time / Div را روی عدد ۵ قرار دهید و از های اشعه را روی صفحه‌ی حساس بینند. در این حالت، ولوم Time Variable را بر عکس عقرهای ساعت بجزخانید و همزمان با جریاندن ولوم از های آن را روی صفحه‌ی حساس مشاهده کنید.

سوال: نهن ولوم Time Variable جست؟

$$R_7 C_1 = R_7 C_4 (C_1 = C_4 + C_2) \quad (4-1)$$

کار عملی ۲: برای اعمال سیگنال به اسیلوسکوپ از پرور استفاده می‌کنند. همچنین در روی بال اسیلوسکوپ یعنی وجود دارد که از روی این ولتاژ مربعی با دامنه‌ی حدود ۰/۵ ولت و فرکانس نظری 1KHz که در داخل اسیلوسکوپ تولید می‌شود،



نکل ۵ - اعمال موج مربع به ورودی اسکوپ

حال شکل موجی را که روی صفحه حساس می‌بیند روی

حال با تنظیم خازن نماین برو布 که در شکل ۴-۹ شان

داده شده است شکل موج روی صفحه حساس را مطابق شکل

۴-۷ رسم کنید.

زمانی که موج مربع به اسکوپ وصل است مراحل

۶-۹ تنظیم کنید. برای این کار کلید سلکتور Time / Div را

روی $\frac{1}{2} \text{ms}$ و کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد $\frac{1}{2} \text{V}$

فرار دهید.

الف - کلید DC - GND - AC - GND - DC را در حالت GND قرار

فرار دهید.

دهید.

ب - نقطه‌ی صفر را روی اولین خانه از باین تنظیم کنید.

حال با تنظیم خازن نماین بروب که در شکل ۴-۹ شان

داده شده است شکل موج روی صفحه حساس را مطابق شکل

۴-۸ رسم کنید.

دهید.

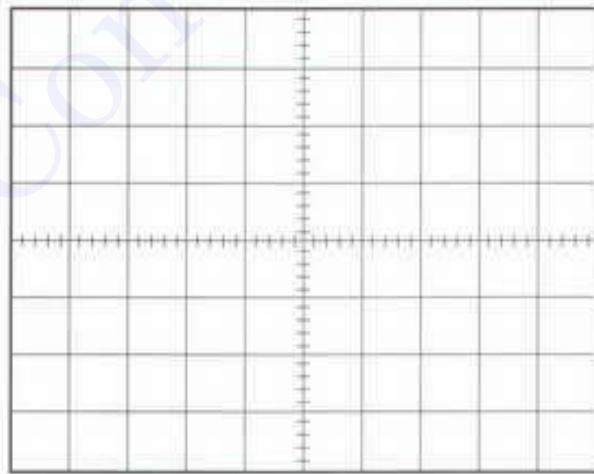
ج - کلید DC - GND - AC - GND - DC را در حالت DC قرار

فرار دهید.

دهید.

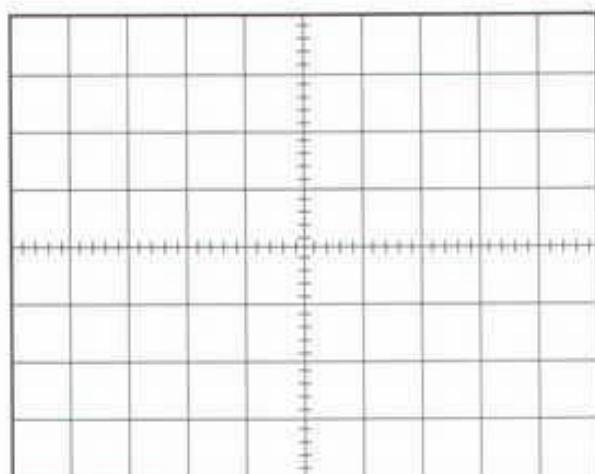


نکل ۶ -

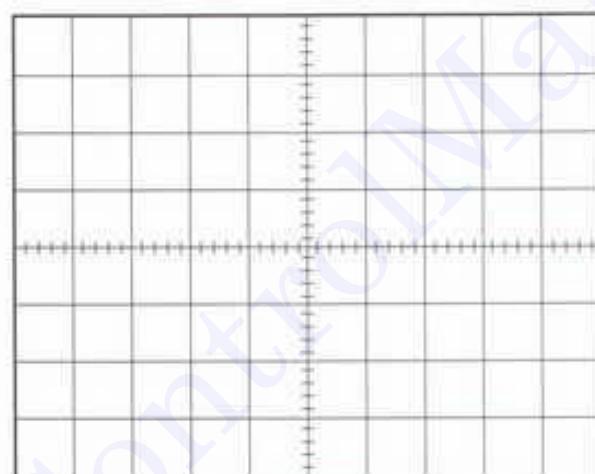


نکل ۷-۹ - با فرار دادن کلید AC-GND-DC روی حالت GND و با تغییر رقوم تغییر مکان عصردی، نقطه‌ی صفر را روی

یکی از خانه‌ها به دلخواه تنظیم کنید و برای تنظیم بروب کلید را در حالت DC قرار دهید.

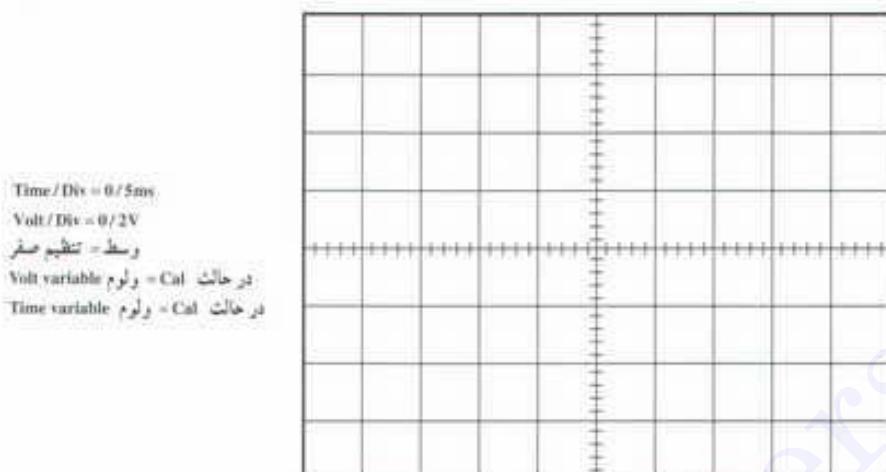


شکل ۱-۸



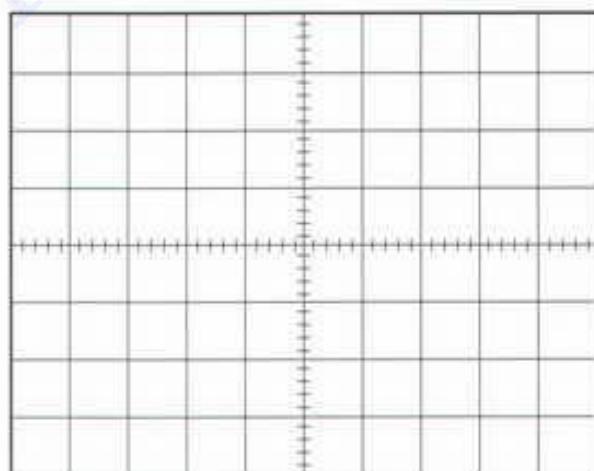
شکل ۱-۹

- ۵- کلید Volt / Div را یک بار روی $1V/10$ و بار دیگر روی $1V/1$ قرار دهید.
- ۶- در هر دو حالت شکل مشاهده شده روی شکل ۱-۸ رسم کنید.
- ۷- نشانش کلید Volt / Div چیست؟
- ۸- ضرایب کلید Volt / Div چه جزی را نشان می دهد؟
- ۹- مجدداً کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد $1V/1$ قرار دهید.
- سوال: اگر ولوم Volt Variable را در خلاف عقره های ساعت ن آخر بچرخانید و شکل موج مشاهده شده را در شکل ۹ رسم کنید.
- سوال: اگر ولوم Volt Variable چه کاری را انجام می دهد؟
- سوال: نسبت دامنه تنشی داده شده در این حالت با حالتی که ولوم Volt Variable را در حالت Cal قرار دارد چقدر است؟



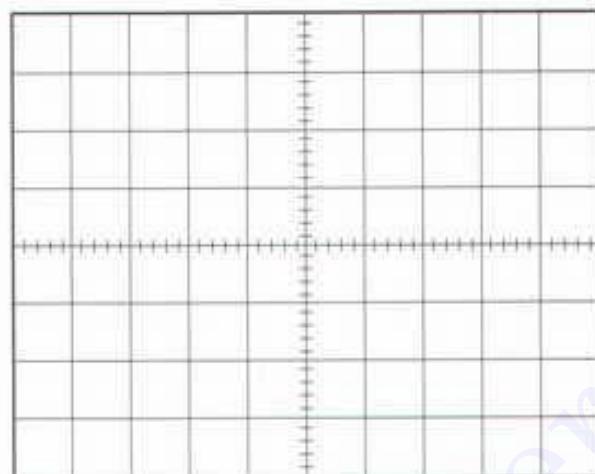
شکل ۹-۱۰

- ح - کلید انتخاب AC-GND-DC را در حالت AC دستیار روی ۲ ولت تنظیم کنید.
- فرار دهد و شکل موج معنی را روی صفحهٔ حساس مشاهد،
و آن را در شکل ۹-۱۰ رسم کنید.
- ب - کلید انتخاب AC-GND-DC را روی حالت DC دستیار روی ۱ ولت تنظیم کنید.
- سوال: جراحت شکل موج در حالت AC به صورت شکل ۹-۱۰ روی صفحهٔ حساس دهد؛ منشود؟
- ج - به کمک سیم‌های رابط و پررب این ولتاژ را به اسپلسوکوبی که تنظیم صفر آن را قبل تنظیم کرده‌اید وصل کنید.
- کار عملی ۲: همان طور که در درس توری نیز خوانده‌اید،
پکی از موارد کاربرد اسپلسوکوب اندازه‌گیری ولتاژ است. آن قسمت از آزمایش، اختصاص به اندازه‌گیری ولتاژ دارد. برای انجام آزمایش مراحل زیر را انجام دهید.
- د - کلید سلکتور Time / Div را روی ۱ms قرار دهد.
- ه - کلید سلکتور Volt / Div را روی ۱ ولت بگذارد.
- منکان صفر و مکان جدید خط مشاهدهشته (قیمت مکان اتفاق در جهت عمودی) را در شکل ۹-۱۱ رسم کنید.
- الف - ولتاژ خروجی منبع تغذیه‌ی DC را به کمک مولتی‌متر



شکل ۹-۱۱

Time / Div = 1ms
Volt / Div = 1.2V
AC-GND-DC=DC
عکس را در خانه اول از بایین تنظیم کنید.



شکل ۹-۱۲

- زنارتور صوتی وصل کنید.
د - شکل ولناز خروجی را در حالت سینوسی قرار دهد.
ه - با ولوم تنظیم، دامنه‌ی سیگنال را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی سیگنال روی صفحه‌ی حساس برابر ۳ خانه شود.
و - شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۹-۱۲ رسم کنید.
ز - کلید AC-GND-DC را در حالت AC قرار دهد و شکل موج را مجدداً روی شکل ۹-۱۲ رسم کنید. جه فرقی بین شکل موج نشان داده شده در حالت DC و AC دارد؟
ح - دامنه و مقدار مؤثر موج سینوسی شکل ۹-۱۲ را حساب کنید.
کار عملی ۴: همان طور که قبلاً در درس تئوری دستگاه‌های اندازه‌گیری توضیح داده شده است و در قسمت اول این آزمایش نیز دیده‌ی دیده، مدت زمانی طول می‌کشد تا انشعاع از پک خانه به خاله‌ی دیگر حرکت کند. لذا من توان زمان تناوب (مدت زمان یک سیکل کامل) سیگنال‌ها را محاسبه کرد.
برای انجام این عمل مراحل زیر را انجام دهید:
الف - فرکانس سیگنال زنارتور را در حدود ۲۵KHz در حالت موج سینوسی قرار دهید.
ب - برو布 اسیلوسکوپ را به سیگنال زنارتور وصل کنید.
ج - شکل موج نفس پستانه روی صفحه‌ی حساس را روی

سوال: آیا به ازای هر ولت به اندازه‌ی یکی از تقسیمات انحراف اشعه داشته‌ایم؟

و - حال کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد ۵/۰ ولت قرار دهد و شکل انحراف اشعه در جهت عمودی را روی شکل ۹-۱۲ رسم کنید.

سوال: از شکل‌های ۹-۱۱ و ۹-۱۲ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

سوال: برای خواندن ولناز جگونه باید عمل کرد؟

سوال: اندازه‌گیری ولناز در کدام پک از شکل‌های ۹-۱۱ یا ۹-۱۲ دقیق‌تر صورت می‌گیرد؟

بعد از این که شکل ۹-۱۲ را رسم کردید، ولوم Time Variable و Volt Variable را مقداری در جهت عکس غربه‌های ساعت بچرخانید. متأهدهات خود را یادداشت و سپس آن را تحلیل کنید.

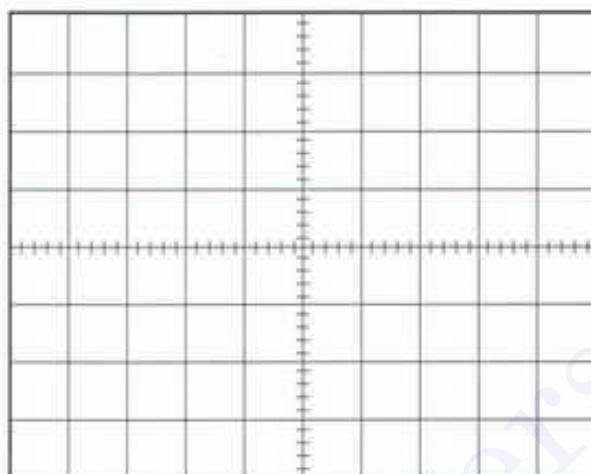
کار عملی ۳: در این قسمت از آزمایش، می‌خواهیم شکل موج سیگنال AC را روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ بیسیم. برای این کار مراحل زیر را انجام دهید:

الف - سیگنال زنارتور صوتی را روشن کنید و آن را روی فرکانس ۱KHz قرار دهید.

ب - کلید AC-DC-G را روی حالت DC قرار دهید.

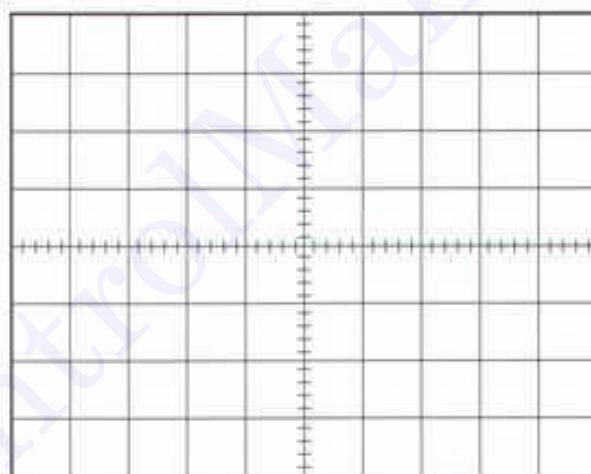
ج - بروب اسیلوسکوپ را به زمینه‌های خروجی سیگنال

Time / Div = 1 ms
 Volt / Div = 5 V
 AC-GND-DC=DC
 صفر را در وسط صفحه حساس تنظیم کنید.
 Volt variable = Cal



شکل ۹-۱۲

Time / Div = 1 μs
 Time - variable = Cal.
 Volt / Div = 5 V
 Volt variable = Cal.
 AC-GND-DC=DC
 صفر را در وسط صفحه حساس تنظیم کنید.



شکل ۹-۱۴

شکل ۹-۹ رسم کنید.

د- زمان تناوب سیگنال اعمالی به اسیلوسکوپ را با

$$(9-2) \quad \text{زمان تناوب} = \text{زمان تناوب} \times \text{تعداد خانه های در یک گرفته شده} \times \text{تعداد خانه های در یک سیکل کامل}$$

بنابراین توسط اسیلوسکوپ های معمولی نمی توان فرکانس را بدطور مستقیم اندازه گیری کرد؛ بلکه ایندا باید زمان تناوب آنرا از روی صفحه حساس محاسبه کرد و سپس به کمک رابطه‌ی (۹-۳) مقدار فرکانس را بدست آورد.

$$(9-3) \quad F = \frac{1}{T(\text{sec})} \quad \text{Hz}$$

- هـ - حال دامنه و فرکانس سیگنال زنر اتور را به دلخواه
تغییر دهید و کلید سلکتورهای Div / Volt / Time / Div را
طوری تنظیم کنید که حدود دو سیکل کامل و دامنه‌ی ۲ خانه
روی صفحه‌ی حساس نشانش بینند.
- زـ - دامنه و فرکانس موج رسم شده در شکل ۱۵-۹ را
محاسبه کنید.
- سوال: به طور مترادفع توضیح دهید که از این آزمایش‌ها
چه نتیجه‌ای گرفته‌اید.
- وـ - شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۵-۹

مقادیر ۱ و ۴ ذیل را از روی اسیلوسکوپ در اینجا
پاداالت کنید.

۱ - Time / Div =

Time variable = Cal.

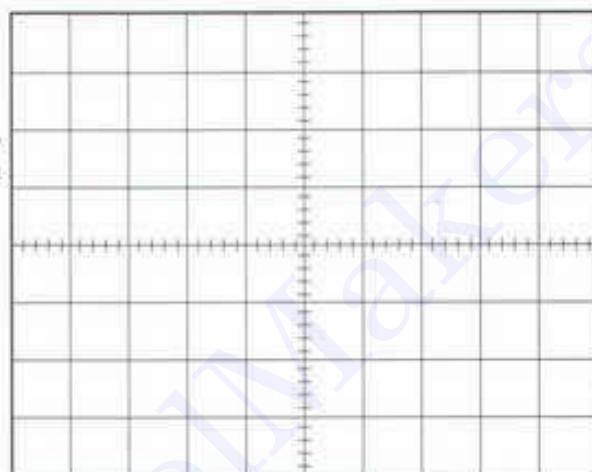
۲ - Volt / Div =

Volt variable = Cal.

AC-GND-DC>AC

صفر را در وسط صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

Time / Div



شکل ۱۵-۹

فصل دهم

کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت دوم)

هدف‌های رفتاژی: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از یادان این فصل بتواند:

- اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ را با استفاده از اسیلوسکوپ تشریح کند.
- اندازه‌گیری مؤلفه‌ی AC سوار بر ولتاژ DC را با استفاده از اسیلوسکوپ تشریح کند.
- اصول اندازه‌گیری اختلاف فاز را با اسیلوسکوپ توضیح دهد.
- نحوه‌ی اتصال دادن اسیلوسکوپ به مدار مورد نظر را جهت اندازه‌گیری اختلاف فازها انجام دهد.
- با استفاده از یک اسیلوسکوپ دو کاتاله اختلاف فاز دو سیگنال را بدست آورد.
- با استفاده از یک اسیلوسکوپ یک کاتاله اختلاف فاز دو سیگنال را بدست آورد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت دوم)

۱-۱-هدف آزمایش	چگونگی اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ (مؤلفه‌ی DC ولتاژ)، اندازه‌گیری مؤلفه‌ی AC سوار بر DC، اندازه‌گیری اختلاف فاز (با استفاده از اسیلوسکوپ یک کاتاله و دو کاتاله)، وسائل مورد نیاز
۸. سیم‌های رابط	
۹. یروب اسیلوسکوپ	
۱۰-۱-شرح آزمایش	
همینه قابل از روشن کردن اسیلوسکوپ، کلیدها و ولوم‌های ذلیل را در حالت نشان داده شده قرار دهد.	تعداد یا مقدار
نام کلید یا ولوم وضعیت قرار گرفتن	۱. دستگاه
وسط	۲. دیود ۱ IN4001
۱. ولوم فوکوس	۳. مقاومت‌های ۳k۲۲، ۱۲k۲۲، ۱۴k۲۲ و ۲۳k۲۲
وسط	۴. مقاومت ۲k۲۲
۲. ولوم شدت روشنایی	۵. حازن‌های ۱۰۰۰ μ F، ۱۰۰ μ F و ۱۰۰۰۰ μ F
وسط	۶. آمپر متر غرقی‌بای
۳. ولوم تغییر مکان عصودی ()	۷. ترانزیستور مانور ۲۲۰/۲×۹۷
وسط	
۴. ولوم تغییر مکان آفی ()	
GND	۵. کلید AC-GND-DC
۱ ولت	۶. کلید Volt / Div
Cal.	۷. ولوم Volt Variable

اسیلوسکوپ و ورودی مدارهای الکترونیکی قرار می‌گیرد. اگر سیگال ورودی، سیگال متأثر سینتوسی باشد، خازن به راحتی این سیگال‌ها را از خود عبور می‌دهد. در صورتی که ولتاژ ورودی DC باشد خازن از عبور آن جلوگیری می‌کند. چنانچه سیگال ورودی ترکیبی از (DC+AC) باشد، خازن سیگال را عبور می‌دهد و از عبور مؤلفه DC جلوگیری می‌کند.

با استفاده از مجموعه کلید AC-GND-DC می‌توان مقدار ولتاژ DC یک موج را بدست آورد. به عبارت دیگر اگر کلید AC-GND-DC روی حالت DC قرار گیرد، اشعه به اندازه می‌گیرند؛ مثلاً ولت متر DC مقدار ولتاژ متوسط را اندازه می‌گیرد. همان طور که در بخش نهم دیدیم، اندازه گیری ولتاژ در اسیلوسکوپ به کمک انحراف اشعه در جهت عمودی صورت می‌گیرد. در اسیلوسکوپ نوع ولتاژ نه تنست؛ یعنی در هر لحظه، انحراف اشعه مناسب با ولتاژی است که به ورودی اسیلوسکوپ اعمال می‌شود. نتایج مقادیری همچون میانگین متوسط و ... برای اسیلوسکوپ می‌مفهوم هستند.

الف- مدار شکل ۱۰-۱ را روی پرده باریز آزمایشگاهی بیندید.

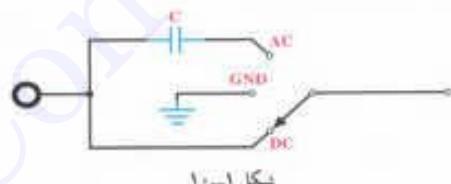
ب- در سر مقاومت اهمی را به کمک پروفیل به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ج- کلید AC-GND-DC را روی حالات AC و DC قرار دهید و شکل موج را در هر حالت روی شکل‌های ۱۰-۳ و ۱۰-۴ رسم کنید.

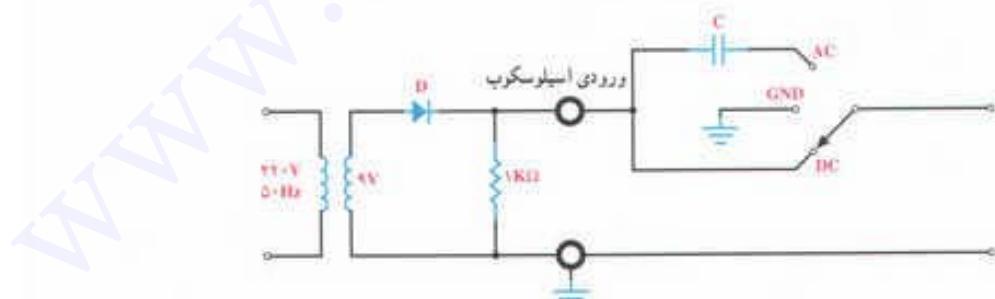
Cal.	Time Variable A
INT	EXT - INT A
روی صفر	Level V
CH1	11. اگر اسیلوسکوپ دوپاندی است
AUTO	کلید Source Trig.
1ms	۱۲. کلید AUTO/NORM Time / Div

کلیدی دستگاه‌های اندازه گیری DC، کسب متوسط را اندازه می‌گیرند؛ مثلاً ولت متر DC مقدار ولتاژ متوسط را اندازه می‌گیرد. همان طور که در بخش نهم دیدیم، اندازه گیری ولتاژ در اسیلوسکوپ به کمک انحراف اشعه در جهت عمودی صورت می‌گیرد. در اسیلوسکوپ نوع ولتاژ نه تنست؛ یعنی در هر لحظه، انحراف اشعه مناسب با ولتاژی است که به ورودی اسیلوسکوپ اعمال می‌شود. نتایج مقادیری همچون میانگین متوسط و ... برای اسیلوسکوپ می‌مفهوم هستند.

در ورودی اسیلوسکوپ، کلیدی مانند شکل ۱۰-۱ وجود دارد که دارای سه حالت است. در حالت DC، سیگال ورودی هر چه باند و ارد مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ و عین آن روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود. در حالت GND ارتباط سیگال ورودی با مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ فقط قطع می‌شود و ورودی مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ به زمین اتصال می‌باشد. در حالت AC یک خازن حدود ۲۲ میلی‌فرازین ورودی



شکل ۱۰-۱



شکل ۱۰-۲

Time / Div = 2ms

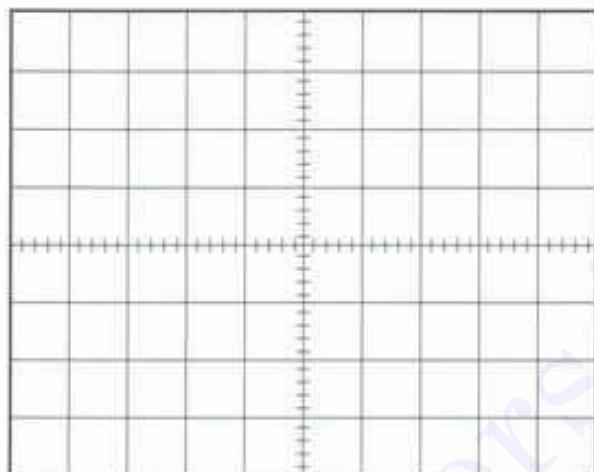
Time variable = Cal.

Volt / Div = 5V

Volt variable = Cal

AC-GND-DC=DC

مکان صفر را در وسط صفحه حساس تنظیم کنید.



شکل ۱۰-۳

Time / Div = 2ms

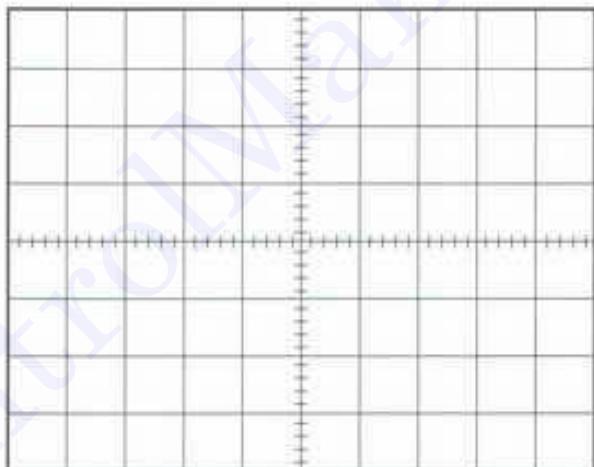
Time variable = Cal

Volt / Div = 5V

Volt variable = Cal

AC-GND-DC = AC

مکان صفر را در وسط صفحه حساس تنظیم کنید.



شکل ۱۰-۴

مقدار ولتاژ متوسط محاسبه شده به کمک رابطه ۱۰-۱	مقدار ولتاژ متوسط محاسبه شده به کمک اسکالوسکوب	مقدار ولتاژ خواهد شد نویس آوومتر عنوانی

جدول ۱۰-۱

د- با استفاده از رابطه (۱۰-۱) مقدار متوسط ولتاژ را حساب کنید.

$$\text{تعداد خطاهای تعبیر مکان یافته شکل موج در} \times \text{رنج کلید Volt / Div} = \text{مقدار متوسط}$$

دو حالت DC و AC کلید AC-GND-DC =

(۱۰-۱)

خواندن به کمک آوومتر و محاسبه‌ی ریاضی) را در جدول ۱۰-۱ بتوانید.

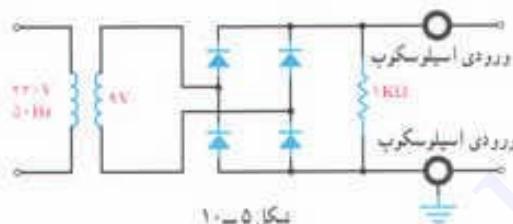
سوال: جرا این سه مقدار اندکی با پکدیگر تفاوت دارد؟
کار عملی ۲: به جای مدار پکسونتدهی شکل ۱۰-۲، مدار شکل ۱۰-۵ را بینندید و مراحل بالا را تکرار کنید. شکل موج ولتاژها را در شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷ رسم کنید و نتایج را در جدول ۱۰-۲ بتوانید.

هد: به کمک آوومتر عقره‌ای، ولتاژ DC دو سر مقاومت اهمی را اندازه‌بگیرید.

و- مقدار متوسط را با استفاده از رابطه‌ی ریاضی (۱۰-۲) حساب کنید.

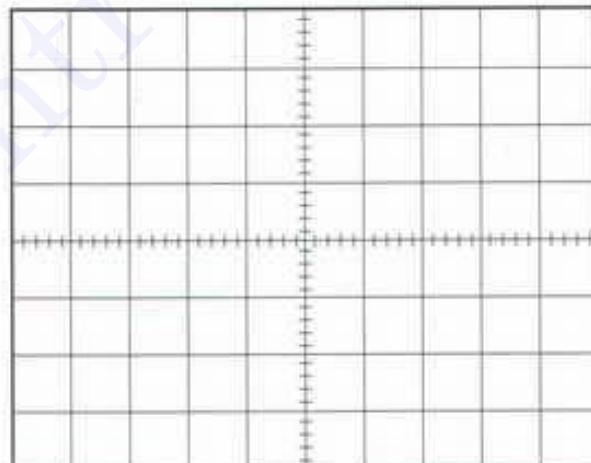
$$(به علت نسبه موج سینوسی) \quad \text{ولتاژ ماکریم} = \frac{V_{av}}{\pi} \quad \text{ولتاژ متوسط} \quad (10-2)$$

ز- سه مقدار بدست آمده (خواندن از طریق اسیلوسکوپ)،



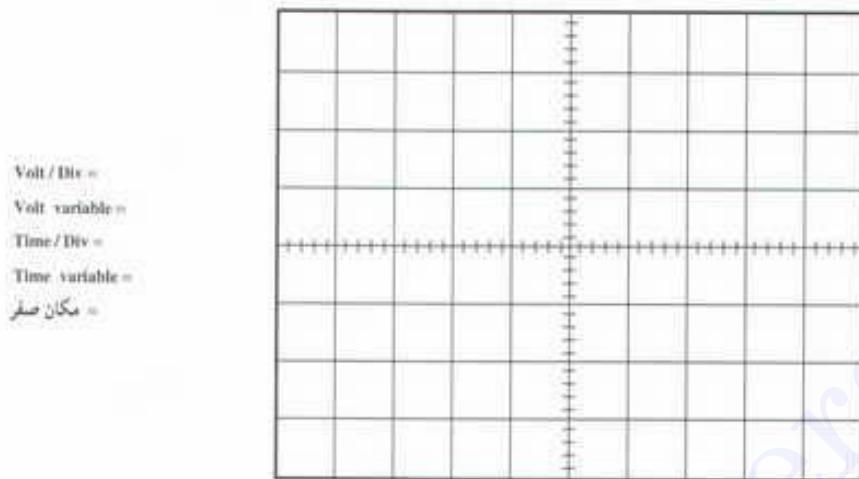
مقدار ولتاژ متوسط محاسبه شده به کمک رابطه‌ی ۱۰-۲	مقدار ولتاژ متوسط محاسبه شده به کمک اسیلوسکوپ	مقدار ولتاژ خوانده شده توسط آوومتر عقره‌ای

جدول ۱۰-۲



اسیلوسکوپ را خودتان تنظیم و
مقادیر ذیل را پیاده‌داشت کنید.
Volt / Div =
Volt variable =
Time / Div =
Time variable =
مکان صفر =

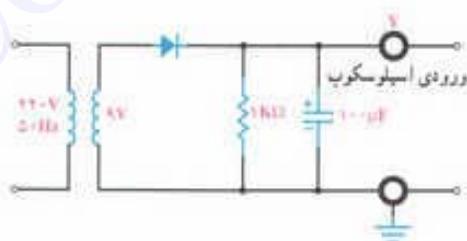
۱- ولتاژ ماکریم را می‌توانید از روی اسیلوسکوپ بخوانید.



شکل ۱۰-۷

کار عملی ۳: اگر ولتاژی داشته باشیم که شامل مؤلفه‌ی DC+AC باشد (DC سوار بر AC)، به طوری که دامنه‌ی DC تسبیث کم و دامنه‌ی AC تسبیث زیاد باشد می‌توان با استفاده از کلید AC-GND-DC هر دو ولتاژ را به طور مجزا و با دقت اندازه گرفت. برای این کار اگر کلید AC-GND-DC روی حالت AC باشد از ورود مؤلفه‌ی DC به داخل اسکوپ جلوگیری بعمل می‌آید و می‌توان مؤلفه‌ی AC را (هر قدر دامنه‌ی آن نیز کم باشد) اندازه گرفت و در حالت DC، می‌توان مقدار DC ولتاژ را اندازه گرفت.

الف - مدار شکل ۱۰-۸ را روی پرد پسرد آزمایشگاهی بینید و مقدار ولتاژ متوسط و مقدار ولتاژ ریبل آن حالت خواندن ولتاژ دقیق‌تر خواهد بود.



شکل ۱۰-۸

اسکوپ را تنظیم کنید
و ملادیر زیر را بتوسید.

Time / Div =

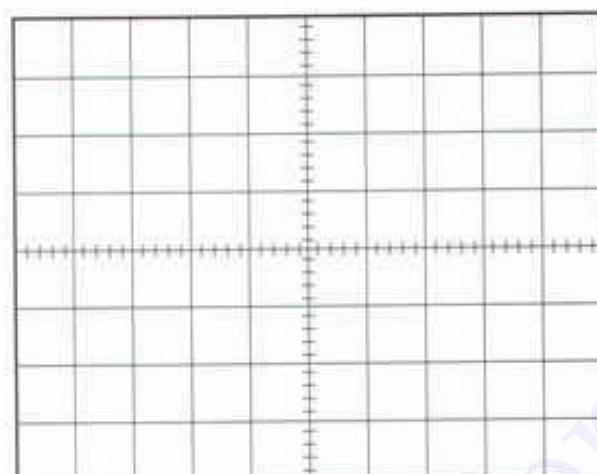
Time variable =

Volt / Div =

Volt variable =

AC-GND-DC =

مکان صفر =



شکل ۱۰-۹

Time / Div =

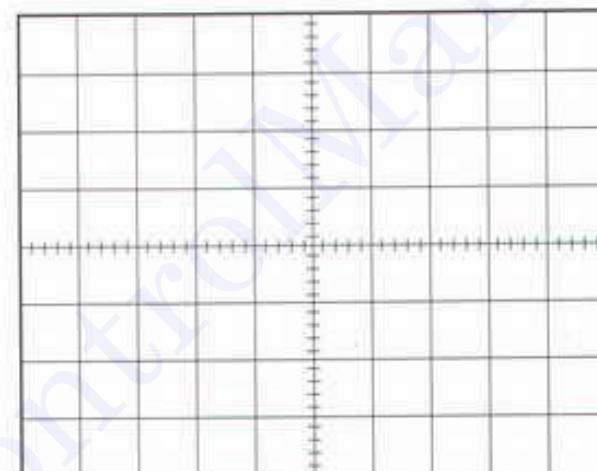
Time variable =

Volt / Div =

Volt variable =

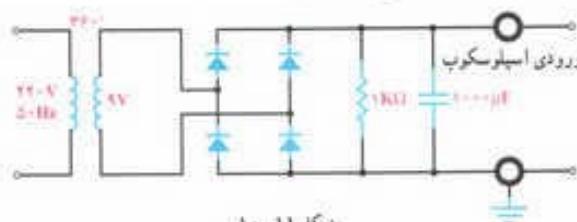
AC-GND-DC =

مکان صفر =



شکل ۱۰-۱۰

کار عملی ۴: مدار شکل ۱۰-۱۱ را روی پرینتر یا پُرد
شکل های ۱۰-۱۲ و ۱۰-۱۳ رسم کنید.
آزمایشگاهی بینندید و مراحل بالا را تکرار کنید و نتایج را روی



شکل ۱۰-۱۱

بعد از تنظیم اسپلوسکوپ
مقادیر را پساده است کنید.

Time / Div =

Time variable =

ولت ۲۲۰

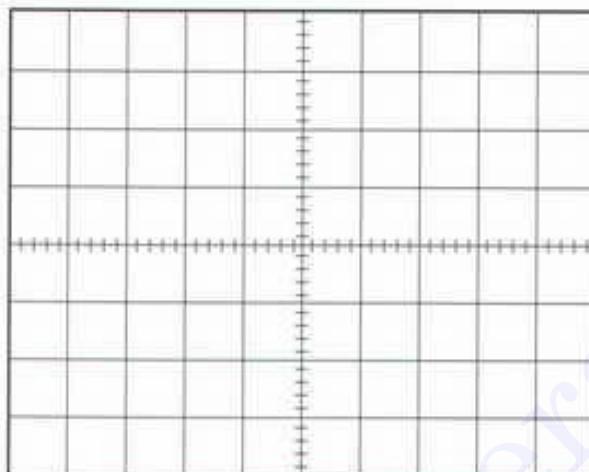
Volt / Div =

۵ هرتز

Volt variable =

AC-GND-DC=DC

مکان صفر =



شکل ۱۰-۱۲

Time / Div =

Time variable =

Volt / Div =

Volt variable =

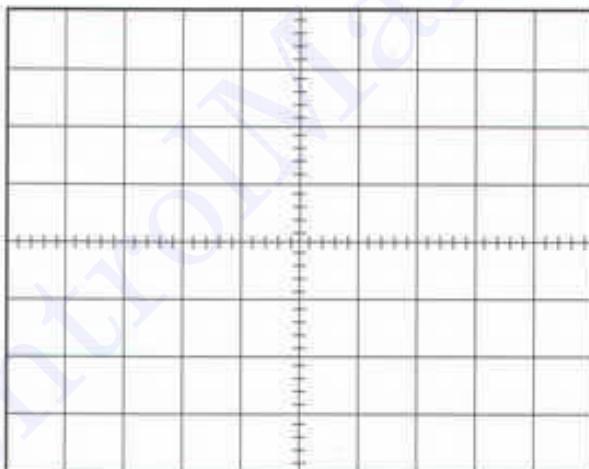
AC-GND-DC=AC

مکان صفر =

ولتاز متوسط =

ولتاز پیک تا پیک =

V
V



شکل ۱۰-۱۳

به عنوان مثال اختلاف فاز دو سیگنال در شکل ۱۰-۱۴

کار عملی ۵: در اندازه گیری اختلاف فاز، با استفاده از

برابر است با:

اسپلوسکوپ دو کاناله، دو سیگنال را به دو کانال اعمال می کنیم.

$$\text{روی صفحه اسپلوسکوپ شکل موج دو کانال به طور همزمان} \\ \text{شان داده می شود. با استفاده از شکل موج ها می توان بدآسانی} \\ \text{اختلاف فاز بین آن ها را محاسبه کرد. روشن محاسبه ای اختلاف} \\ \text{فاز در روابط ۱۰-۲ و ۱۰-۴ آمده است.}$$

$$\alpha = 114^\circ - 28^\circ = 86^\circ$$

$$\text{الف - مدار شکل ۱۰-۱۵ را روی پرده برد و سایر} \\ \text{آزمایشگاهی بیندید.}$$

د - اختلاف فاز بین دو سیگنال کانال های ۱ و ۲ اسیلوسکوپ را محاسبه کنید.

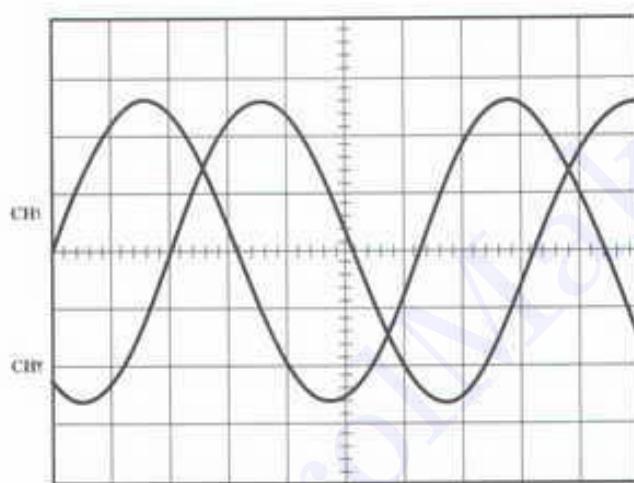
ه - گلید حالت را روی CHOP فرار دهید زیرا فرکانس معنی ۵ Hz است.

ب - خروجی آن ها را به کانال های اسیلوسکوپ وصل کنید.

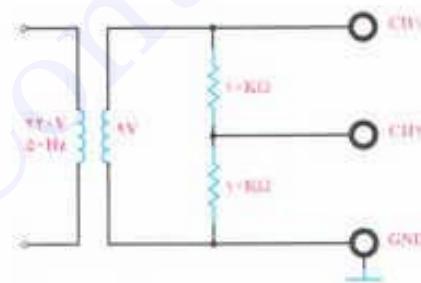
ج - شکل موج ظاهر شده روی صفحه ای حساس را در شکل ۱۶ - ۱ رسم کنید.

$$\text{تعداد خانه های در یک گرفته شده توسط یک سیکل} = \frac{\text{اختلاف فاز به ازای هر خانه}}{\text{اختلاف فاز به ازای هر خانه}} \quad (1\text{-}3)$$

$$\text{اختلاف فاز به ازای هر خانه} \times \text{تعداد خانه های اختلاف فاز} = \text{اختلاف فاز} \quad (1\text{-}4)$$



شکل ۱۶-۱



شکل ۱۶-۲

اسیلوسکوپ را تنظیم و بس

مقادیر رنچ را پیاده‌آسست کنید.

Volt / Div =

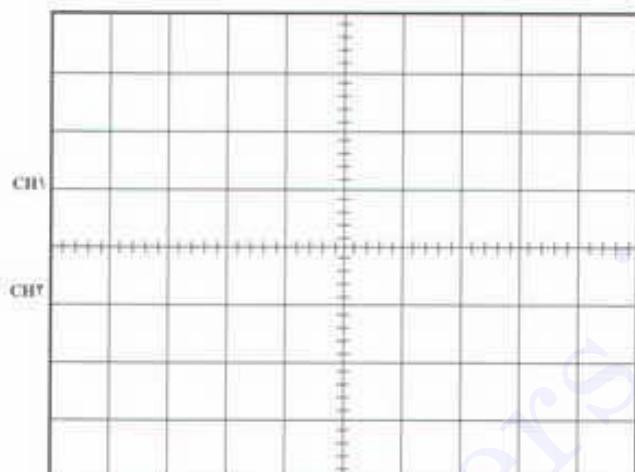
در محاسبه اخلاف فاز نیازی =
به کالیبرهون آین و لوم نیست.

Volt / Div =

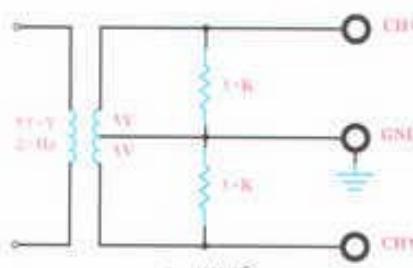
Time / Div =

نیازی به کالیبر نیست

Source Trig = CH1 or Line or CH1



شکل ۱۰-۱۶



شکل ۱۰-۱۷

$\frac{360}{...} = \text{اختلاف فاز بمازای هر خانه}$

درجه ... = ... \times ... = ...

اختلاف فاز در سیگنال

گار عملی ۶: مدار شکل ۱۰-۱۷ را بینید و مراحل کار

عملی ۵ را تکرار کنید.

اسیلوسکوپ را تنظیم و بس

مقادیر رنچ را پیاده‌آسست کنید.

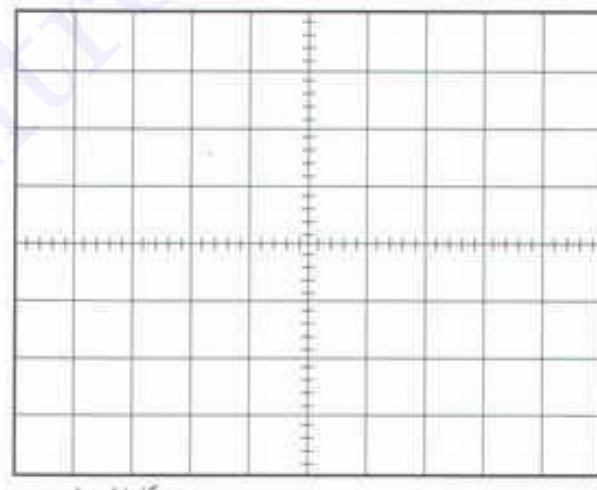
Volt / Div = CH1

Volt / Div = CH1'

Time / Div =

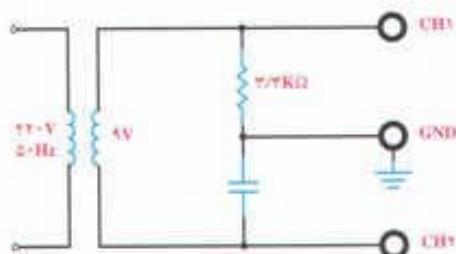
Source Trig = CH1 or CH1' or Line

'MODE: ALT or Chop



شکل ۱۰-۱۸

ا) در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها سیستم Chop و ALT اتوماتیک است این‌ها اگر بطور اتفاقی دو شکل موج را به طور همزمان ببینم باید کنید MODE را در حالت Dual قرار دهی اما در بعضی دیگر از اسیلوسکوپ‌ها اگر بطور اتفاقی دو شکل موج را به طور همزمان ببینیم، باید اگر فرکانس کم باشد (کمتر از ۱۰ کیلوهرتز) Chop و اگر زیاد باشد دکمه‌ی ALT را فشار دهیم.



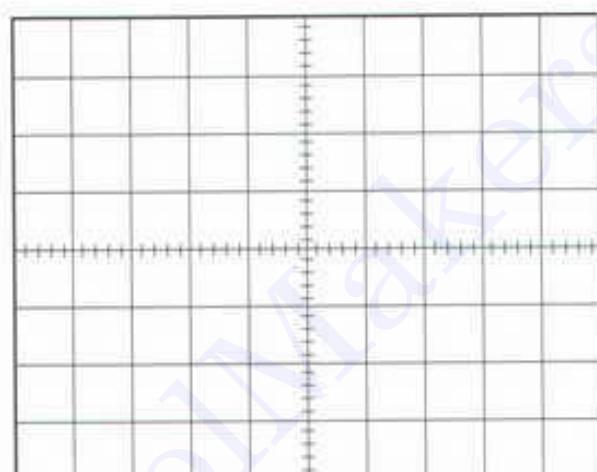
شکل ۱۹

اختلاف فاز برازی هر خانه $= \frac{۳۶۰}{۳} = ...$

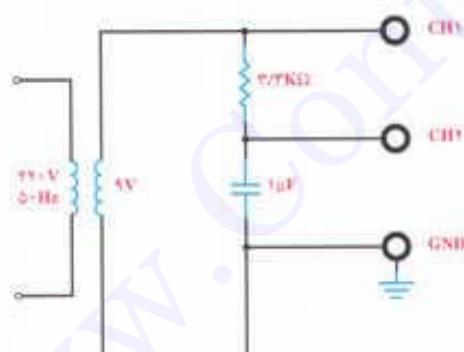
درجه ... = ... \times ... = اختلاف فاز دو سیگنال

کار عملی ۷: مدار شکل ۱۹-۱ را بینندید و مراحل کار

عملی ۵ را تکرار کنید.



شکل ۲۰



شکل ۲۱

اختلاف فاز برازی هر خانه $= \frac{۳۶۰}{۳} = ...$

درجه ... = ... \times ... = اختلاف فاز دو سیگنال

کار عملی ۸: مدار شکل ۲۱-۱ را بینندید و مراحل کار

عملی ۵ را تکرار کنید و شناور را در شکل ۲۲-۱ رسم کنید.

به جای ترانسفورماتور من توانید از یک سیگنال زنگ انوار

صوتی استفاده کنید. در این صورت فرکانس آن را نیز من توانید

به دلخواه تنظیم کنید. در آزمایش های بعدی نیز من توانید به جای

ترانسفورماتور از سیگنال زنگ انوار استفاده کنید.

اسیلوسکوپ را تنظیم و بس

مقادیر رنچ را پادا نماید.

Volt / Div = CH1

Volt / Div = CH2

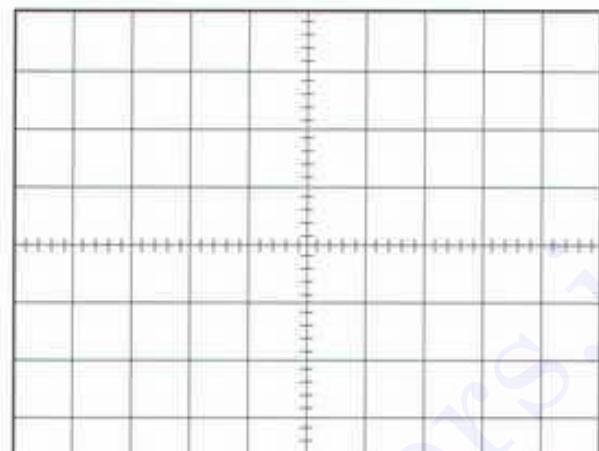
Time / Div =

Source Trig = CH1 or CH2 or Line

MODE: Dual or Chop

$$\text{اختلاف فاز به ازای هر خانه} = \frac{36}{...} = ...$$

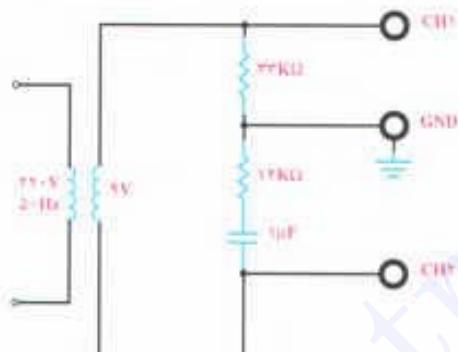
درجه ... = ... × ... = ... اختلاف فاز در سیگنال



شکل ۱۰-۲۲

کار عملی ۹: مدار شکل ۱۰-۲۲ را بینندید و مراحل کار

عملی شماره ۵ را تکرار کنید و نتایج را روی شکل ۱۰-۲۲ رسم کنید.



شکل ۱۰-۲۲

اسیلوسکوپ را تنظیم و بس

مقادیر رنچ را پادا نماید.

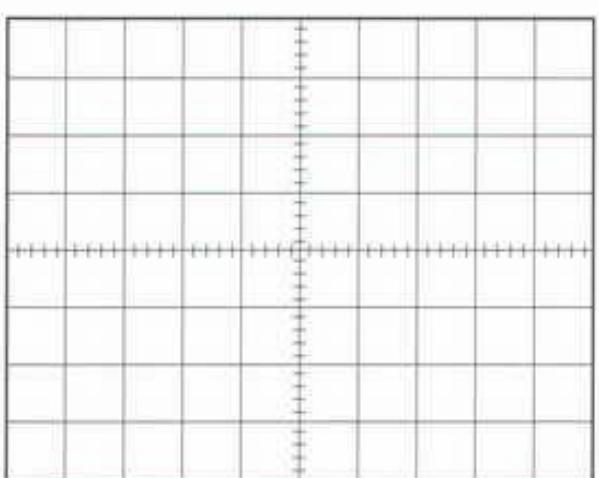
Volt / Div = CH1

Volt / Div = CH2

Time / Div =

Source: Trig = CH1 or CH2 or Line

MODE: Dual or Chop



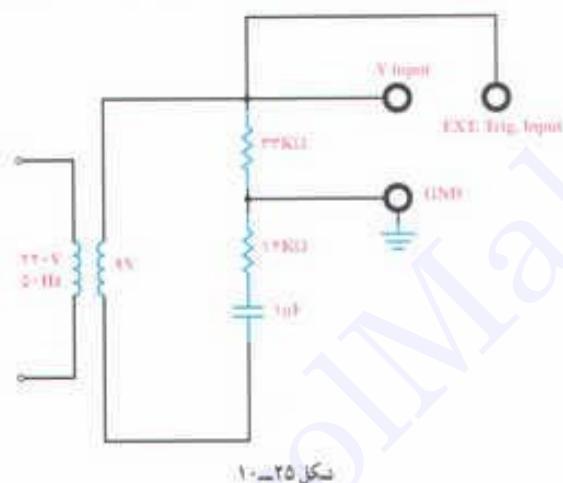
شکل ۱۰-۲۴

را عملاً مورد بررسی قرار می دهیم.
کار عملی ۱۰

- الف - مدار شکل ۱۰-۲۵ را روی پرینتر برد
از مایشگاهی پسندید.
- ب - نقاط مشخص شده را مطابق شکل ۱۰-۲۵
به ترمیال های اسیلوسکوپ یک کاتاله وصل کنید.
- ج - شکل موجی را که روی صفحه حساس مشاهده
می کنید در شکل ۱۰-۲۶ رسم کنید.

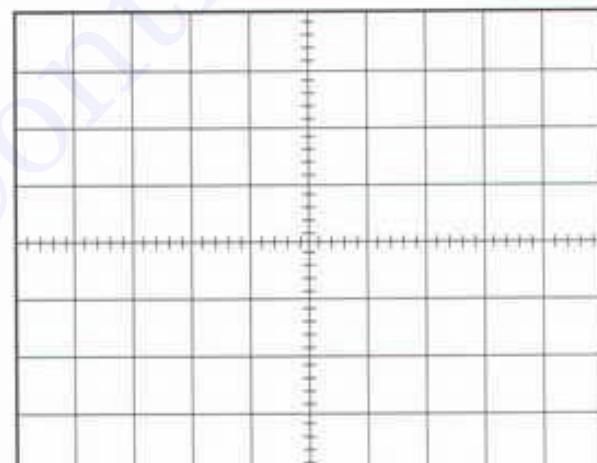
۳۶ = اختلاف فاز پهلوی هر خانه
... = ...

درجه ... = ... × ... = اختلاف فاز دو سیگنال
اگر اسیلوسکوپ یک کاتاله باشد نیز می توان اختلاف فاز
ین دو سیگنال را با همان دقیقت اسیلوسکوپ دو کاتاله اندازه گرفت.
در این حالت از قسمت EXT. Trig. اسیلوسکوپ استفاده
می شود. جگونه کی عمل اندازه گیری در درس «دستگاه های
اندازه گیری» ترجیح داده شده است و در اینجا روش اندازه گیری



شکل ۱۰-۲۵

Time / Div =
Volt / Div =
Source: Trig = EXT
وضعیت = مکان صفر



(تجزیه کنید شکلی را که روی صفحه حساس می بینید از نظر مکانی دلیقاً روی شکل ۱۰-۲۶ رسم کنید.)

شکل ۱۰-۲۶

آورید و در شکل ۱۰-۲۸ رسم کنید.

سوال: اختلاف فاز دو سیگنال شکل ۱۰-۱ را محاسبه و با اختلاف فاز شکل ۱۰-۲۰ ۱ مقایسه کنید.

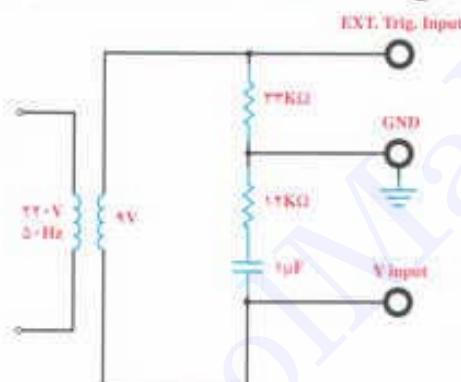
کار عملی ۱۲: روش اندازه گیری اختلاف فاز توضیح داده شده، یکی از دقیق ترین روش های اندازه گیری اختلاف فاز است. روش دیگری نیز وجود دارد که بین مرد آن اسیلوسکوپ های پک کاتاله از آن استفاده می شود. در این روش از اشکال لیسازور استفاده می شود. تک روی مربوط به شکل های لیسازور را در درس دستگاه های اندازه گیری خواند. در شکل ۱۰-۲۹ ۱ یک نمونه از اشکال لیسازور رسم شده است.

دسته بجای اتصالات شکل ۱۰-۲۵، نقاط شکل ۱۰-۲۷ را به اسیلوسکوب وصل کنید و شکل موج مشاهده شده روی صفحه ای حساس را با دقت و با رنگ مجرزا روی شکل ۱۰-۲۶ ۱ را بنویسید.

د- اختلاف فاز بین دو سیگنال را محاسبه و با اختلاف فاز شکل ۱۰-۲۶ ۱ مقایسه کنید.

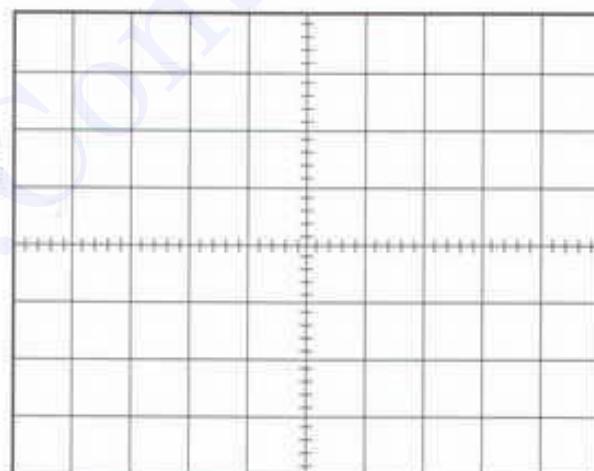
سوال: طریقه ای پیدا کردن اختلاف فاز دو سیگنال به کمک اسیلوسکوپ پک کاتاله را دقیقاً توضیح دهد.

کار عملی ۱۱: اختلاف فاز شکل ۱۰-۱۹ ۱ را به کمک اسیلوسکوپ پک کاتاله و به روشی که توضیح داده شده به دست

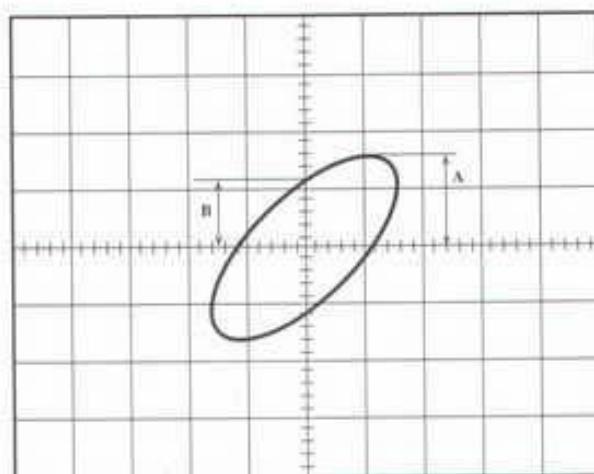


شکل ۱۰-۲۷

مشخصات رله ها و ولوم های تنظیم شده را در زیر بررسی کنید.



شکل ۱۰-۲۸



شکل ۱۰-۲۹

زاویه اختلاف فاز از رابطه (۱۰-۵) بدست می آید :

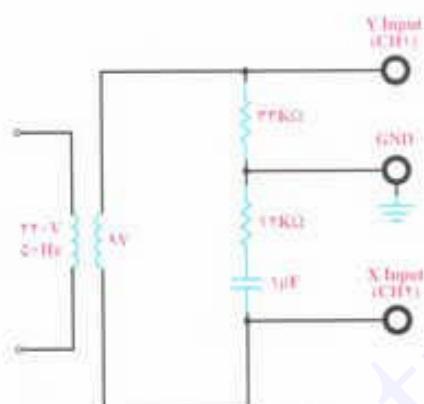
$$\phi = \sin^{-1} \left(\frac{B}{A} \right) \quad (10-5)$$

و B تعداد خانه ها هستند.

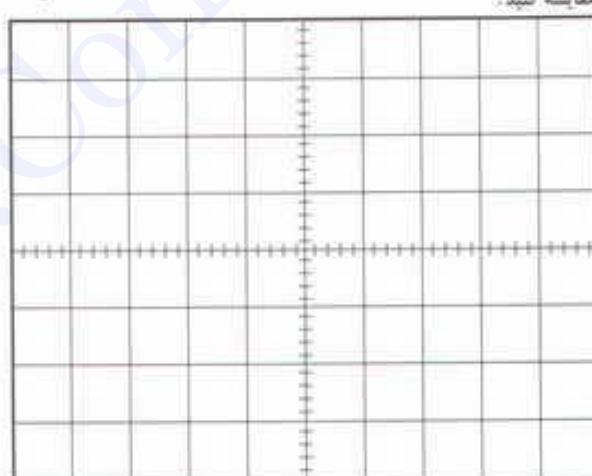
الف - مدار شکل ۱۰-۳۰ را روی برد و با پردازشگاهی سیندید و به کمک متحنی لیزرور اختلاف فاز دو ولتاژ را بدست آورید.

$$\phi = \sin^{-1} \left(\frac{B}{A} \right) = \sin^{-1} \text{_____} = \text{_____} \text{ درجه}$$

سوال: اختلاف فاز بدست آمده در شکل ۱۰-۳۱ را با اختلاف فاز شکل ۱۰-۲۴ مقایسه کنید.

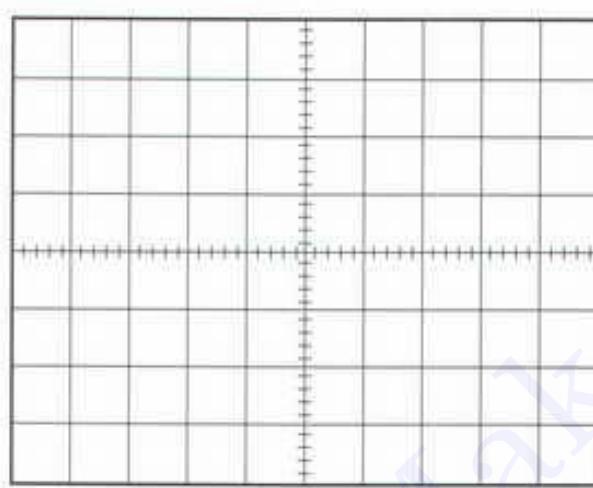


شکل ۱۰-۳۰

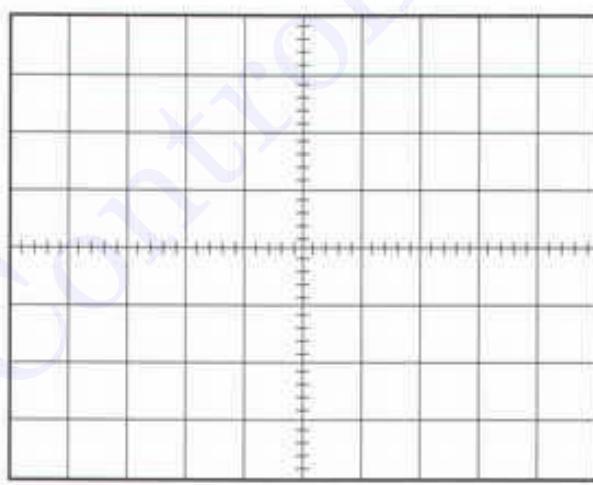


انسحرا در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
شکل ۱۰-۳۱

کار عملی ۱۲: اختلاف فاز مدار شکل ۱۵-۱ را
به صورت اشکال لیسازور به دست آورید، و شکل لیسازور را در
شکل ۱۰-۳۲ رسم کنید.



نقطه صفر را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
شکل ۱۰-۳۲



نقطه صفر را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
شکل ۱۰-۳۲

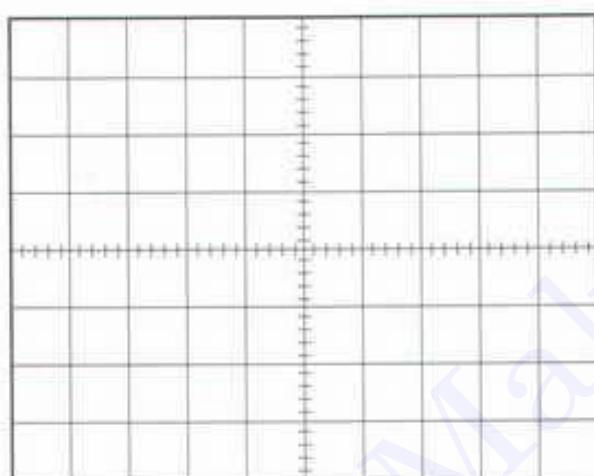
کار عملی ۱۲: اختلاف فاز مدار شکل ۱۷-۱ را با
استفاده از اشکال لیسازور به دست آورید و شکل لیسازور مربوطه

سوال: نحوی اندازه‌گیری دامنه AC، سوار بر پنجه ولتاژ DC را به کمک اسیلوسکوپ کاملاً توضیح دهد.

سوال: به طور جامع جگونگی اندازه‌گیری اختلاف فاز به کمک اسیلوسکوپ را توضیح دهد.

کار عملی ۱۴: اختلاف فاز مدار شکل ۱۰-۳۴ را به صورت اشکال لیساژور به دست آورید و شکل لیساژور مربوطه را در شکل ۱۰-۳۴ رسم کنید.

سوال: به طور خلاصه نحوی اندازه‌گیری مؤلفه DC ولتاژ (مقدار متوسط) را با دقت تحلیل کنید.



نتایج حفظ را در مرکز منځه‌ی حساس تنظیم کنید.

شکل ۱۰-۳۴

فصل پازدهم

کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت سوم)

هدف‌های رفتاری: آن هرچو انتظار می‌رود که بس از پایان این فصل بتواند:

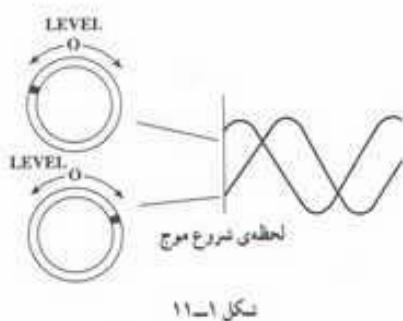
- نحوه‌ی کار و لوم Level را شرح دهد.
- نحوه‌ی کار کلید \pm Slope را شرح دهد.
- در موقع نزوم از کلید \pm Slope استفاده کند.
- فرم دو سیستم CHOP و ALT را شرح دهد.
- در موقع نزوم از دو سیستم بالا استفاده کند.
- کلیدهای در ارتباط با EXT Trig, Line Trig و INT Trig را تشخیص دهد.
- از کلیدهای و ترمیمال‌های مربوط به EXT Trig, Line Trig و INT Trig در موقع نزوم استفاده کند.
- عملکرد کلید CH \pm INV را شرح دهد.
- در موقع نزوم از کلید CH \pm INV استفاده کند.
- نحوه‌ی کار کلیدهای Auto / Norm را شرح دهد.
- در موقع ضروری از کلیدهای Auto / Norm استفاده کند.

نام آزمایش کار با اسیلوسکوپ (قسمت سوم)

۱ عدد	۵. مقاومت ۱۰۰k Ω	۱۱-۱- هدف آزمایش
۱ عدد	۶. خازن ۱۰ μ F	ساخت و کاربرد دکمه‌ها و لوم‌های خاص
۱ عدد	۷. ولوم ۵۰۰k Ω خطی	Line Trig, ALT, CHOP, CH \pm INV Slope \pm , Level
۱ عدد	۸. برد بُرد با بُرد آزمایشگاهی	(AUTO / NORM, EXT Trig
۴ عدد	۹. بیم‌های رابط	وسایل مورد نیاز
		۱. اسیلوسکوپ دو کاناله
		۲. بروب
		۳. سیگنال زیانور صوتی
		۴. زانسکور مانور ۹۷×۲۰/۰۲

۱۱-۲- شرح آزمایش

در این آزمایش با طرز کار و موارد کاربرد یک سری از کلیدهای و لوم‌های روی پالل اسیلوسکوپ آشنایی شود و همراه



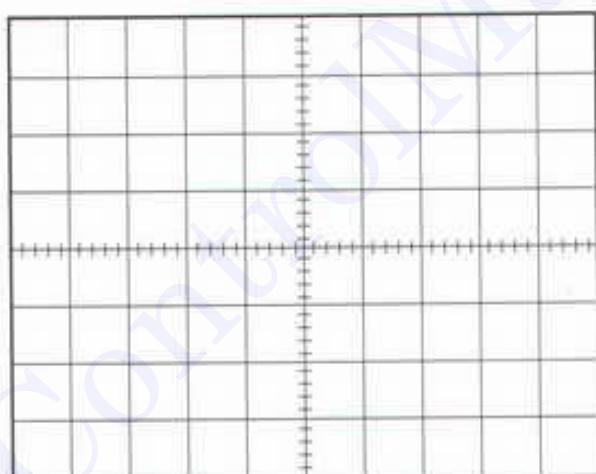
شکل ۱۱-۱

- د - ولوم Level را طوری تنظیم کنید که شروع موج سینوسی از زاویه‌ی 30° درجه باشد.
- ه - شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۱-۲ رسم کنید.
- و - بار دیگر ولوم Level را طوری تنظیم کنید که شروع موج از -20° باشد. شکل مشاهده شده را در شکل ۱۱-۳ رسم کنید.

با آزمایش کاربرد آن‌ها را فراخواهد گرفت.
ولوم Level: با تغییرات این ولوم می‌توان لحظه‌ی شروع موج از سمت چپ صفحه‌ی حساس را تعیین کرد. این ولوم می‌تواند حول نقطه‌ی صفر، به سمت چپ و یا راست، تغییر کند. این تغییرات از لحظه‌ی شروع موج نیم سیکل منفی و یا نیم سیکل موج شروع می‌شود. شکل ۱۱-۱ تغییرات ولوم را در سمت چپ و یا راست در ارتباط با لحظه‌ی شروع موج نشان می‌دهد.

کار عملی ۱

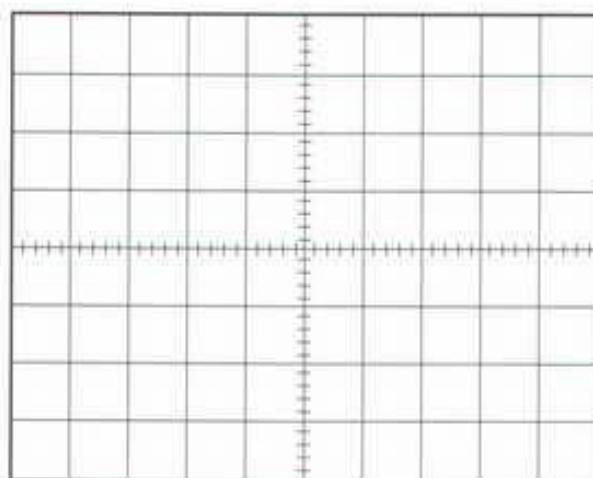
- الف - سیگنال زترانسistor را روشن و فرکانس آن را حدود 1kHz تنظیم کنید.
- ب - اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های اویله‌ی آن را - که شرح آن در فصل دهم داده شده است - انجام دهید.
- ج - خروجی سیگنال زترانسistor را به گمک پرور به آن وصل کنید.



شکل ۱۱-۲

Time / Div = 0 / 1ms

با تنظیم دائمی خروجی سیگنال زترانسistor و کلید سلکتور Volt / Div کاری کنید که دائمی موج حداقل سه خانه را در بر بگیرد.



شکل ۱۱-۳

Time / Div = ۰ / ۲ms

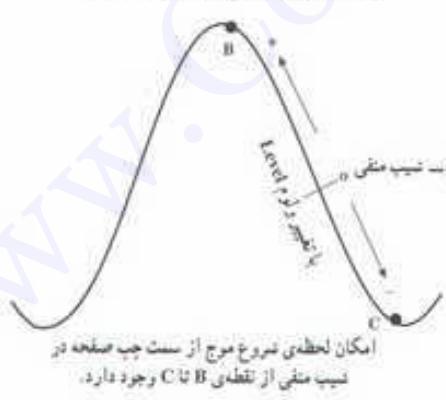
با تنظیم دامنه خروجی سیگنال زنر اتور و کلید سلکتور Volt / Div کاری کنید که

دامنه موج حداقل سه خانه را در بر بگیرد.



کلید - / Slope + : این کلید اگر از حالت + به حالت - درآید نیوب سیگنال ظاهر شده روی صفحه حساس معکوس می شود. (اگر اسیلوسکوپ دو کاتاله باشد نیوب سیگنال های ظاهر شده هر دو کاتال با هم معکوس می شوند). این کلید (Slope + / -) معمولاً همراه با ولوم کار می کند؛ بنابراین با کمک این کلید از هر نقطه‌ی شکل موج که بخواهی از سمت چپ صفحه‌ی حساس شروع شود امکان پذیر می باشد. شکل ۱۱-۴ امکان کنترل نقاط مختلف سیگنال را نشان می دهد.

کار عملی ۴



الف - سیگنال زنر اتور را روی kHz تنظیم و خروجی آن را بواسطه بروب به اسیلوسکوپ وصل کنید.

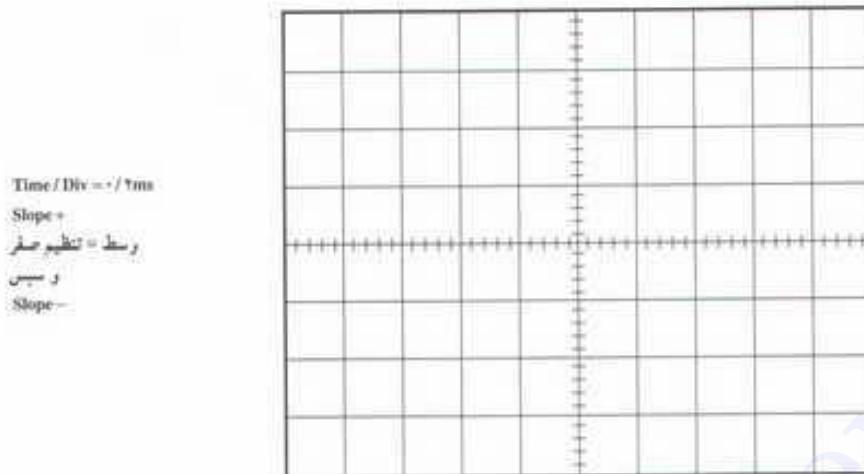
ب - به کمک ولوم دامنه خروجی سیگنال زنر اتور و کلید سلکتور Volt / Div اسیلوسکوپ، سعی کنید که دامنه سیگنال حداقل سه خانه را در بر بگیرد.

ج - کلید Slope را در حالت + قرار دهید و با ولوم Level سعی کنید که سیگنال از نقطه‌ی صفر شروع شود.

د - شکل سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را با دقت روی شکل ۱۱-۵ رسم کنید.

۹۵

شکل ۱۱-۴



شکل ۱۱-۵

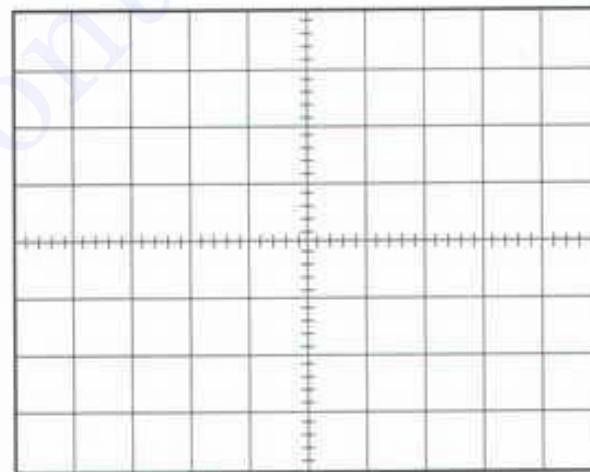
ز- در این حالت نیز با ولوم Level سعی کنید که شروع موج در Slope+ از -20° - درجه باشد. این شکل را در روی شکل ۱۱-۷ رسم کنید. حال کلید Slope را از حالت + به - تغیر وضعت دهید. شکل ظاهر شده روی صفحه حساس در Slope- را بارنگ مجزا در شکل ۱۱-۷ رسم کنید.

سوال: اگر موجی در Slope+ از 10° درجه شروع شود در Slope- از چند درجه شروع می شود؟

سوال: منظور از شبب+ و شبب- در روی یک سیگنال

ه- حال کلید Slope را از حالت + به - درآورید و شکل را که روی صفحه حساس ظاهر می شود بارنگ جدا کنید. با دقت روی شکل ۱۱-۵ رسم کنید.

و- در حالت الف، با ولوم Level سعی کنید که در حالت + شکل موج از 30° درجه شروع شود. حال دقیقاً شکل این سیگنال را روی شکل ۱۱-۶ رسم کنید و سیس کلید Slope را از حالت + به حالت - ببرید و شکل را که روی صفحه حساس نش می بندد بارنگ مجزا روی شکل ۱۱-۶ رسم کنید.



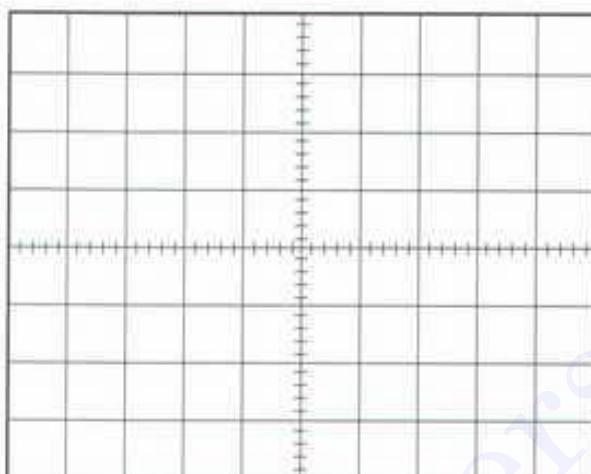
شکل ۱۱-۶

Time / Div = 4 / 4ms

و سط = تنظیم صفر

ایندا رسم نشکل در حالت + و بیس Slope +

رسم نشکل با رنگ مجزا در حالت - Slope -



نکل ۱۱-۷

ب - خروجی سیگنال زیزاتور را به کمک پرزوی به کانال

دوم اسیلوسکوپ وصل کنید.

ج - سعی کنید سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس

حداقل دارای دامنه‌ی ۲ خانه باشد.

د - سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را در نشکل

۱۱-۸ رسم کنید.

ه - کلید CH2INV را فشار دهید و شکل روی

صفحه‌ی حساس را با رنگ جداگانه، دقیقاً روی نکل ۱۱-۸

رسم کنید.

سوال: می‌توان سیگنال زیزاتور صوتی را روی ۱kHz

تنظیم کنید.

جست؟

CH2INV: با تغییر وضعیت این کلید، سیگنال کانال

دوم دقیقاً به صورت معکوس روی صفحه‌ی حساس ظاهر

می‌شود. به عبارت دیگر زمانی که این کلید زده می‌شود قطب‌های

ولنزاژ اندیابی به صفحات انحراف عمودی (فقط در کانال ۲)

معکوس می‌شود.

کار عملی ۳: برای مشاهده‌ی عملکرد این کلید به ترتیب

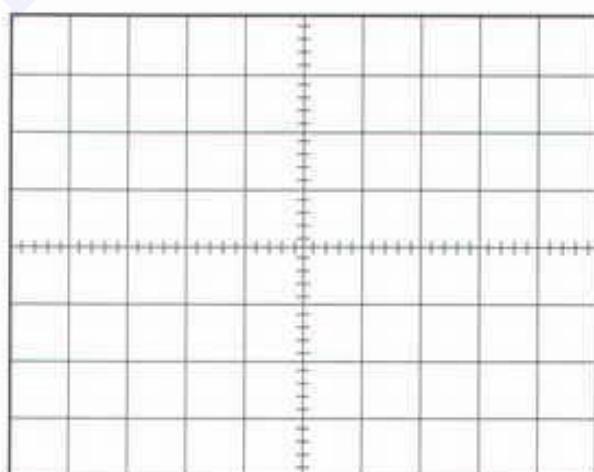
زیر عمل کنید :

الف - فرکانس سیگنال زیزاتور صوتی را روی ۱kHz

Time / Div = 4 / 4ms

و زوادی کانال ۲

Source Trig = CH2



نکل ۱۱-۸

تنظیم کنید و به کمک دو بروب این سیگنال را به دو ورودی اسیلوسکوب وصل کنید.

ب - کلید CHOP را فشار دهید و شکل های ظاهر شده روی صفحه حساس را در شکل ۱۱-۹ رسم کنید.

همان طور که در درس دستگاه های اندازه گیری نیز خواندید، در سیستم CHOP در یک لحظه ای کوتاه، یک نقطه از سیگنال کاتال یک و در لحظه ای دیگر یک نقطه از کاتال دو، روی صفحه حساس نقش می بندد. چون این نقاط فوق العاده کوچک و کار هم هستند جنبه آن ها را به صورت پیوسته می بیند. برای درک بهتر عملکرد سیستم CHOP آزمایش زیر را انجام

دهید :

چند درجه اختلاف فاز مشاهده می کنید؟

ALT و CHOP : هر گدام از این کلیدها زده شود

سیگنال های اعمال شده به دو کاتال اسیلوسکوب به طور همزمان روی صفحه حساس نشان داده می شوند.

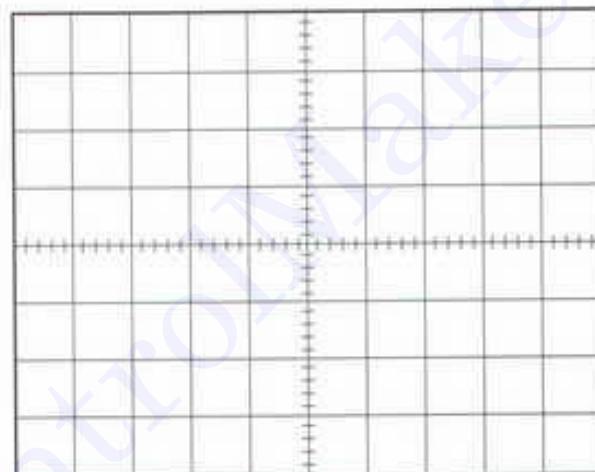
کلید CHOP برای تماش دو سیگنال به طور همزمان است که در فرکانس های کم (کمتر از یک کیلوهرتز) به کار می رود.

سیگنال هایی که در اسیلوسکوب دو کاتال به طور همزمان نشان داده می شوند باید فرکانس های آن ها یا دقیقاً برابر باشد و یا مضرب صحیحی از یکدیگر باشند.

کار عملی ۴

الف - فرکانس خروجی سیگنال زنر انور را روی ۱۰۰ Hz

Time / Div = + / Time
Source Trig = CH1 or CH2
برای هر کاتال جداگانه = نقطه صفر
تنظیم شود تا دو سیگنال اعماقی به در کاتال
کاملاً مجزا روی صفحه حساس نقش بینند.



شکل ۱۱-۹

د - سیگنال ظاهر شده روی کاتال ۱ و ۲ را در شکل ۱۱-۱۰ رسم کنید.

ه - توسط ولوم تغیر مکان عمودی (Z) دو کاتال را روی هم منطبق کنید؛ مشاهده خواهید کرد که لحظه ای که سیگنال اعمالی در کاتال یک وجود دارد در همان لحظه سیگنالی در کاتال دو مشاهده نمی شود و برعکس.

کلید ALT نیز برای تماش دو سیگنال به طور همزمان برای فرکانس های زیاد (در حدود بیش از یک کیلوهرتز) به کار می رود.

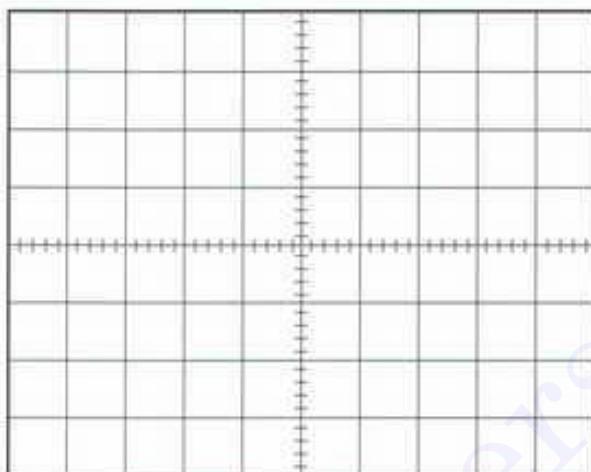
کار عملی ۵

الف - سیگنال زنر انور را روی فرکانس ۱۰ kHz تنظیم کنید و توسط دو بروب به ورودی دو کاتال یک و دو اسیلوسکوب وصل کنید.

ب - دائمی خروجی سیگنال زنر انور و کلید سلکتور Volt / Div را طوری تنظیم کنید که دائمی سیگنال نقش بسته روی صفحه حساس حداقل ۳ خانه را در بینگرد.

ج - کلید سلکتور Time / Div را روی ۱ μs قرار دهید.

Time / Div = 1 μ s
 مکان صفر را در ابتداء برای هر کانال جداگانه تنظیم کنید.
 سیگنالهای نقش بسته روی صفحه حساس را برای هر کانال با یک رنگ رسم کنید.



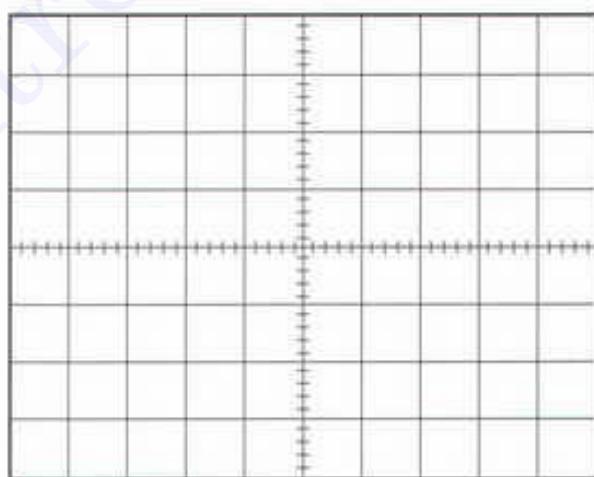
شکل ۱۱-۱۰

در سیستم تعامل دو سیگنال به طور همزمان، در حالت ALT، ابتداء برای صفحه حساس سیگنال اعمالی به کانال یک ظاهر می شود و سپس سیگنال کانال دو ظاهر می شود. بنابراین دو سیگنال اعمالی به دو کانال اسیلوسکوپ به صورت متناوب (Alternation) روی صفحه حساس نقش می شوند.

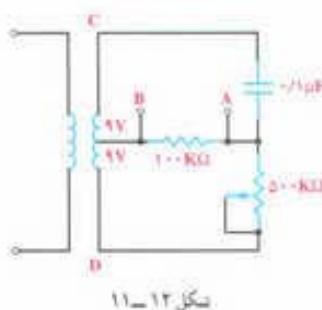
کار عملی ۶

- الف - فرکانس خروجی سیگنال زنگ انور را برای ۱۰۰ KH تنظیم کنید و به کمک دو پروب این سیگنال را به دو ورودی اسیلوسکوپ اعمال کنید.
- ب - کلید ALT را قشار دهید و شکل های نقش بسته روی صفحه حساس را در شکل ۱۱-۱۱ رسم کنید.

اسیلوسکوپ را تنظیم نموده و مقادیر را در زیر تنظیم کنید:
 Time / Div =
 Volt / Div =
 CHOP - ALT = ALT
 Source Trig =
 مکان صفر را در ابتداء برای هر کانال جداگانه تنظیم کنید.
 سیگنال های نقش بسته روی صفحه حساس را برای هر کانال با یک رنگ رسم کنید.



شکل ۱۱-۱۱



با تغیر باتاسیومتر دامنه‌ی ولتاژ نقاط A و B را ثابت می‌ماید و فقط نسبت به ولتاژ CB و یا CD تغیر فاز می‌دهد. حال من خواهیم این تغیر فاز را مشاهده کرد.
ب - آندا اسیلوسکوپ را مطابق نویضیحات شکل ۱۲-۱۲ تنظیم کنید.
ج - زمانی که ولوم در حداقل و زمانی که ولوم در حداقر مقدار خود فرار دارد شکل موج ولتاژ A و ولتاژ B (V_{AB}) را در شکل ۱۲-۱۳ رسم کنید.

همان طور که از شکل ۱۲-۱۲ مشخص است، با تغیر باتاسیومتر اختلاف فاز ولتاژ V_{AB} نسبت به CB یا CD مشخص نیست و همواره سیگنال به صورت ثابت روی صفحه‌ی حساس

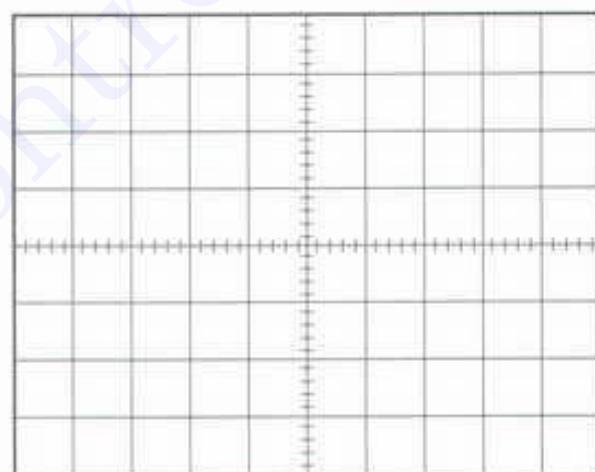
- کار عملی ۷**
- الف - فرکانس خروجی سیگنال زن‌انور صوتی را روی ۴ Hz تنظیم کنید.
 - ب - به کمک دو پریوپ این سیگنال سینوسی ۴ Hz را به وزوودی‌های اسیلوسکوپ دوکالانه اعمال کنید.
 - ج - اسیلوسکوپ را تنظیم و کلید ALT را فعال کنید.
 - د - مشاهدات خود را به طور کامل شرح دهید.

Line Trig Source Trig در حالت Line Trig:

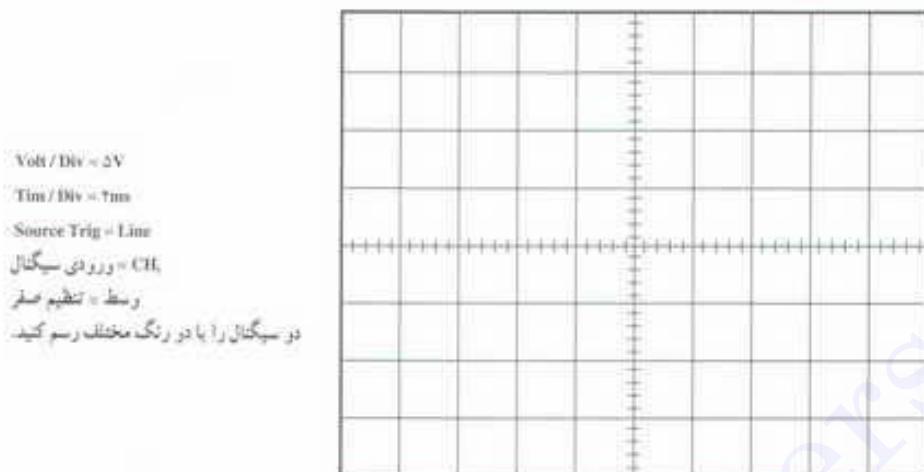
قرار گیرد، از ترانسفورماتور تغذیه‌ی اصلی اسیلوسکوپ یک ولتاژ حدود ۶/۲ ولت به قسم مقایسه‌کننده‌ی سیگنال ورودی با سطح ولتاژ DC (Level) اعمال می‌شود. در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری توضیحات بیشتری در این مورد داده شده است. هرگاه بخراهیم سیگنال‌های مدارهایی را که با برق شهر تغذیه شده‌اند مشاهده کنیم، در بیسیاری از موارد بهتر است کلید Line Trig را در حالت Line Trig فرار دهیم.

کار عملی ۸

- الف - مداری مطابق شکل ۱۲-۱۲ روی پرینتر و یا برآورده آزمایشگاهی بینند.



۱- به عنوان مثال برای مشاهده‌ی زاویه‌ی زرس ولتاژ نویضیحات را امثال آینه



شکل ۱۱-۱۴

فرکانس برق شهر باشد. در قیمت محدودیتی در این زمینه نداریم و فقط کافی است فرکانس سیگنال اعمالی به اسیلوسکوپ با فرکانس سیگالی که از خازج برای مقایسه با سطح ولتاژ (Level) DC (عملی می‌کنیم - EXT.Trig - برابر باشد. مثلاً اگر به ترمیتال EXT.Trig فرکانس برق شهر را اعمال کنیم اسیلوسکوپ دقیقاً مانند Line Trig عمل می‌کند.

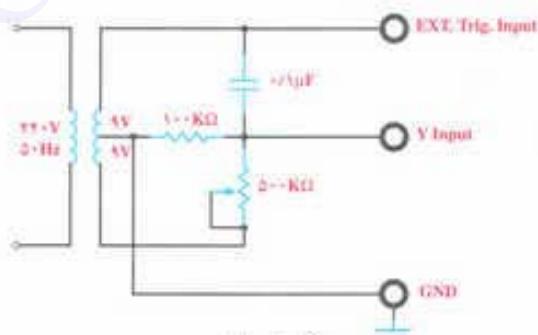
کار عملی ۹

الف - مدار شکل ۱۱-۱۵ را روی پرد برد سایر آزمایشگاهی سینیمه و ترمیتال های مربوط را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب - ولوم $500\text{-k}\Omega$ را یک بار در حداقل و یار دیگر در

دیده می‌شود.
د - آزمایش قبلی را تکرار کنید. در این حالت کلید Source Trig را در حالت Line Trig قرار دهید.
ه - یک بار ولوم $50\text{-k}\Omega$ را در حداقل مقدار و یار دیگر در حداقل خود قرار دهید.
و - شکل ولتاژ را در دو حالت فوق در شکل ۱۱-۱۴ رسم کنید.

ز - هنگامی که ولوم را به آهستگی بین حداقل و حداقل تغیر می‌دهید، شکل رودی صفحه‌ی حاس را نیز مشاهد کنید و نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را کاملاً شرح دهید.
این تفاوت که در Line Trig فرکانس سیگنال جنمای باشد



شکل ۱۱-۱۵

- ب- اسیلوسکوپ متصل کنید.
- ب- هنگامی که کلید AUTO/NORM روی حالت AUTO/NORM قرار دارد، اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.
- ج- کلید را در حالت NORM قرار دهید.
- د- سیگنال ورودی را قطع و وصل کنید.
- ه- نتیجه مشاهدات خود را در ارتباط با کارهای فوق دقیقاً شرح دهید.
- سؤال: فرق Slope + و Slope - چیست؟
- سؤال: فرق سیستم CHOP و ALT کدام است؟
- سؤال: جرا سیستم ALT را برای فرکانس‌های کم به کار نمی‌برند؟
- سؤال: جرا سیستم CHOP را در فرکانس‌های زیاد به کار نمی‌برند؟
- سؤال: یکی از موارد استفاده Line Trig را توضیح دهید.
- سؤال: یکی از موارد استفاده EXT. Trig را توضیح دهید.
- سؤال: یکی از کاربردهای حالت AUTO و NORM را توضیح دهید.
- سؤال: چگونه می‌توان با استفاده از Line Trig, EXT. Trig را بوجود آورد؟

ج- شکل‌های نشانه روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۱-۱۶ رسم کنید.

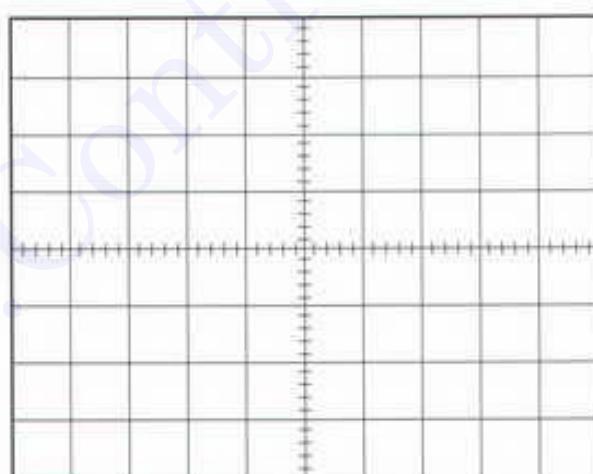
سؤال: با توجه به شکل ۱۱-۱۳، دقیقاً توضیح دهد که چگونه می‌توان اختلاف فاز (و یا تغییرات فاز) را روی صفحه‌ی حساس مشاهده کرد.

AUTO/NORM: در مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ قسمتی وجود دارد که می‌تواند وجود یا عدم وجود سیگنال ورودی را تشخیص دهد. جنابه سیگنال ورودی وجود داشته باشد، سیگنال، با موج جارو (Ramp) سنکرون شده و موج به صورت پایدار و ثابت روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود. جنابه موج ورودی نباشد، مولد موج جارو به طور آزاد توسان می‌کند و روی صفحه‌ی حساس فقط یک خط ظاهر می‌شود. مراحل فوق زمانی به وقوع می‌پوند که کلید AUTO/NORM روی حالت AUTO پاسد.

اگر کلید روی حالت NORM قرار گیرد، زمانی سیگنال روی صفحه‌ی حساس نمی‌بندد که او لا سیگنال ورودی وجود داشته باشد، نهایاً با موج جارو سنکرون باشد! در غیر این صورت هیچ شکل موجی روی صفحه‌ی حساس ظاهر نمی‌شود.

کار عملی ۱۰

الف- یک سیگنال سینوسی با فرکانس حدود ۱kHz را



شکل ۱۱-۱۶

فصل دوازدهم

کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت چهارم)

- هدف‌های رفتاری: از هرچو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:
- کلیدهای Add و Diff را از بقیه کلیدها روی بال اسیلوسکوپ تشخیص دهد.
 - طرزکار و کاربرد کلیدهای Add و Diff را شرح دهد.
 - از کلیدهای بالا برای جمع و تغیر لحظه‌ای دو سیگنال استفاده کند.
 - کاربرد Delay Time را شرح دهد.
 - از قسمت Delay Time در موارد خاصی استفاده کند.
 - زمان صعود (Rise Time) موج‌های مربعی را اندازه‌بگیرد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت چهارم)

۱۲-۱- شرح آزمایش

بکی از امکانات اسیلوسکوپ‌های دو کاتاله کلیدهایی است که برای بدست آوردن جمع و تغیر لحظه‌ای دو سیگنال، روی اسیلوسکوپ فرآور دارد. در این حالت شکل موج منتجه نمایش داده می‌شود. جناتجه کلید (Addition) کلید (Add) فعال شود سیگنال‌های مربوط به دو کاتال که روی صفحه‌ی حساس ظاهر شده‌اند با یکدیگر به صورت لحظه‌ای جمع می‌شوند و منتجه‌ی موج روی صفحه‌ی حساس نش می‌پندد. مجدداً تأکید می‌شود که جمع دو سیگنال، فقط‌آ جمع دو سیگنال ورودی نیست بلکه جمع دو سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس است. اگر بخواهیم دقیقاً دو سیگنال اعمالی به دو کاتال اسیلوسکوپ را جمع کنیم، باید هر دو کاتال کاملاً یکسان تنظیم شده باشند.

کار عملی ۱

الف - مدار شکل ۱۲-۱ را روی برد بُرد و بساُرد

۱۰۳

۱۲-۱- هدف آزمایش

شاخت و کاربرد کلیدها و ولوم‌های خاص (Add, Deny Time Diff, اندازه‌گیری تأخیر زمانی و اندازه‌گیری زمان صعود موج مربعی (Rise Time).	تعداد یا مقدار وسایل مورد نیاز
۱. اسیلوسکوپ دو کاتال	۱ دستگاه
۲. بروب اسیلوسکوپ	۲ عدد
۳. سیگنال زیراکور صوتی	۱ دستگاه
۴. مقاومت $1\text{K}\Omega$, $3/2\text{K}\Omega$, $10\text{K}\Omega$	۱ عدد
۵. خازن μF	۱ عدد
۶. ترانزیستور ماتور $220/2 \times 97V$	۱ عدد
۷. دیود $1N4001$ یا دیود مشابه	۶ عدد
۸. سیم‌های رابط	۴ عدد

هـ - شکل های رسم شده توسط خودتان در شکل ۱۲-۲ را روی کاغذ میلی متری رسم کنید و در هر لحظه (با در هر میلی متر) دامنه‌ی دو سینکال را پاک‌بگر جمع کنید. آیا شکل حاصل، همان شکل ۱۲-۲ خواهد بود؟ جزا؟

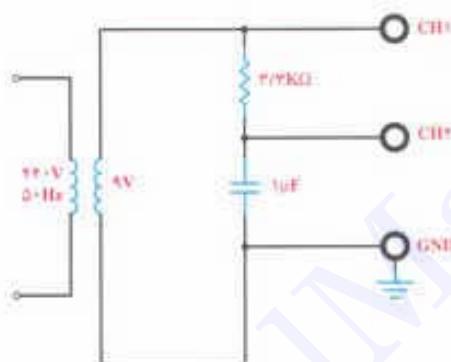
و - خروجی سینکال زنراتور را روی فرکانس ۱KHz تنظیم کنید و توسط دو بروب این سینکال را به دو ورودی اسلوکوب اعمال کنید (ورودی دو اسلوکوب دفیعاً یکی است).

آزمایشگاهی بینندید و ترمیمال‌های مدار را به ورودی‌های اسلوکوب وصل کنید.

ب - شکل های نشسته روی صفحه‌ی حسان را در شکل ۱۲-۲ رسم کنید.

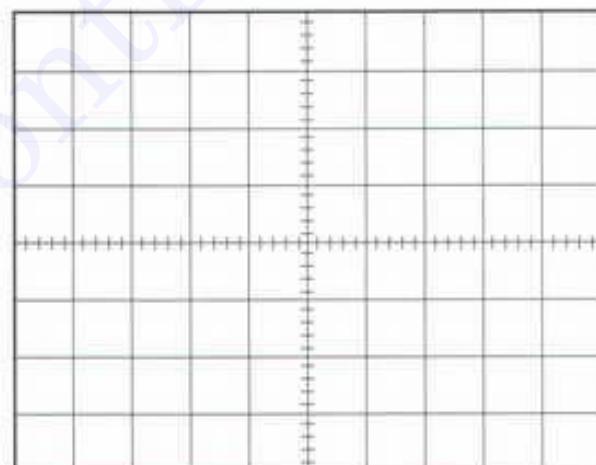
ج - کلید Add را فعال کنید (در بین تر اسلوکوب‌ها پافشار دادن این کلید و با فشار دادن همزمان کلید‌های CH1 و CH2، کلید Add فعال می‌شود).

د - سینکال نشسته روی صفحه‌ی حسان را روی شکل ۱۲-۳ رسم کنید.



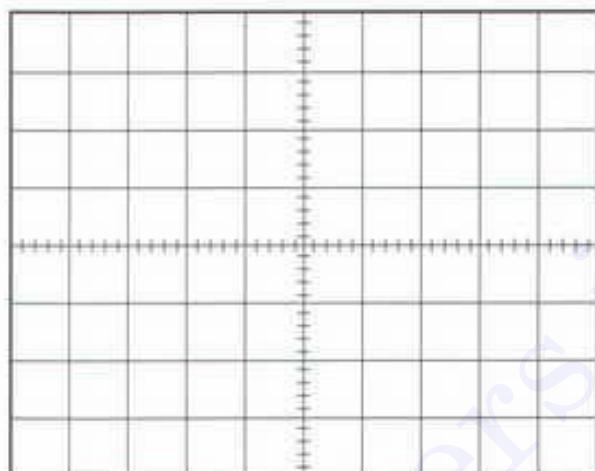
شکل ۱۲-۲

Volt / Div = CH1
Volt / Div = CH2
Time / Div =
Volt Variable = Cal. CH1
Volt Variable = Cal. CH2
Source Trig = CH1 or CH2
or Line
MODE = Chop or Dual
وسط = مکان صفر



شکل ۱۲-۳

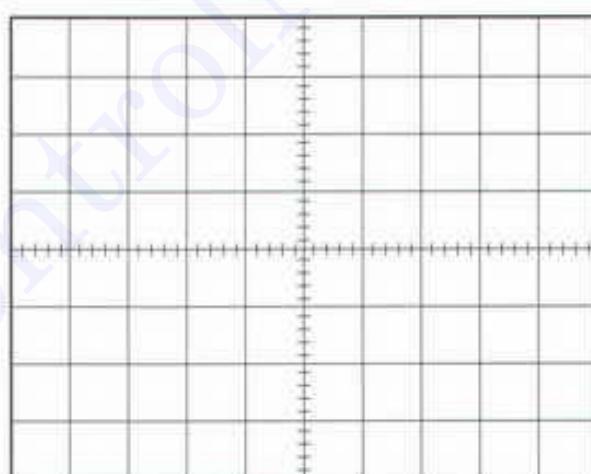
Volt / Div = CH1
 Volt / Div = CH2
 Time / Div =
 Volt - Variable > Cal. CH1
 Volt - Variable > Cal. CH2
 Source: Trig = CH1 or. CH2 or. Line
 MODE = Chop or. Dual
 وسط = مکان صفر



شکل ۱۲-۳

- ز - حال اسیلوسکوپ را مطابق توضیحات کنار شکل ۱۲-۴ تنظیم و دو سیگنال را با یکدیگر جمع کنید.
 شکل نشسته‌ی حاصل از ورودی کانال یک، دو خانه را در بر چ - شکل موج نشسته را روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۲-۴ بکشید.

Volt / Div = 2V / Div / CH1
 Volt / Div = 2V / Div / CH2
 Volt - Variable = Cal. CH1 and. CH2
 Source: Trig = CH1
 MODE = All
 وسط = مکان صفر برای هر دو کانال



شکل ۱۲-۴

- سوال: با توجه به این که ولتاژ دو ورودی یکی است، آیا سیگنال منتهی دو برابر سیگنال کانال یک است؟ جراحتی صمن این که اسیلوسکوپ دو کاناله می‌تواند دو سیگنال نشسته روی صفحه‌ی حساس را با یکدیگر جمع لحظه‌ای به صورت شکل موج روی صفحه‌ی حساس نشیم.

- بیندید و ترمیتال های مربوط را به اسیلوسکوپ وصل کنید.
- ب - اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.
- ج - شکل سرچه های کانال ۱ و کانال ۲ را که روی صفحه دیجیتال نشان نمایند، با دقت در روی شکل ۱۲-۶ رسم کنید.
- د - کلید CH²INV و کلید Add را فعال کنید (اگر اسیلوسکوپ تما دارای کلید Diff است کافی است فقط کلید Diff را فعال کنید). شکل نشان نماین روی صفحه دیجیتال حاس را در روی شکل ۱۲-۷ رسم کنید.

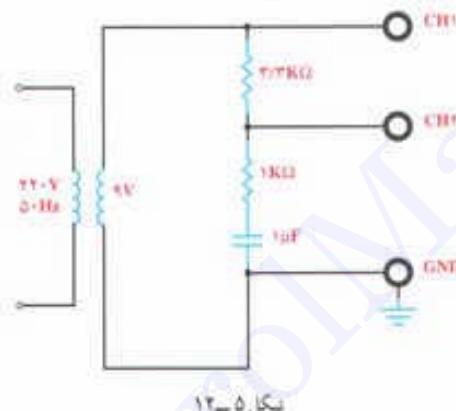
در خیلی از اسیلوسکوپ ها کلیدی به نام Diff وجود ندارد، از آن رو برای تغیر لحظه ای، ابتدا سیگنال کانال دوم را به کلید CH²INV معکوس می کنیم، سپس با استفاده از کلید Add دو سیگنال را با یکدیگر جمع می کنیم یعنی (سیگنال معکوس کانال ۲) + (سیگنال کانال ۱)

$$= \text{CH}^1 - \text{CH}^2$$

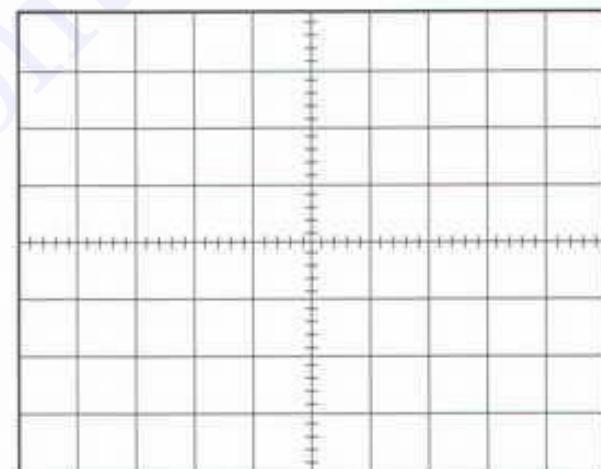
بنابراین سیگنال نشان نماین روی صفحه دیجیتال حاس حاصل تغیر دو کانال است.

کار عملی ۲

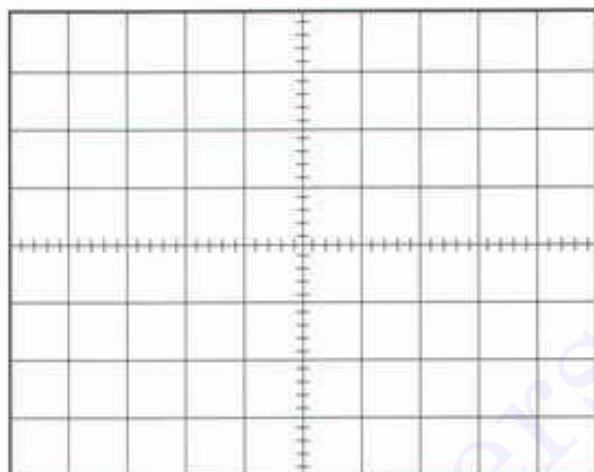
الف - مدار ۱۲-۵ را روی برد و با برد آزمایشگاهی



Volt / Div = 0V / Div. CH1
 Volt / Div = 0V / Div. CH2
 Volt Variable = Cal. CH1 and CH2.
 Source Trig = CH1
 MODE = Chop
 وسط = مکان صفر برای هر دو کانال



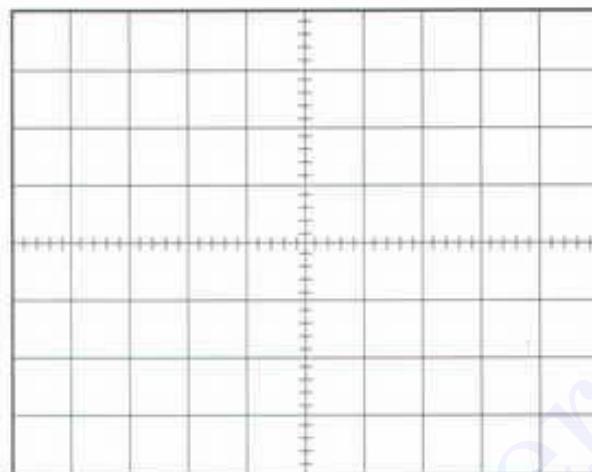
Volt / Div = CH₁
 Volt / Div = CH₂
 Volt Variable = Cal, CH₁ and CH₂
 Source Trig = CH₁



شکل ۱۲-۷

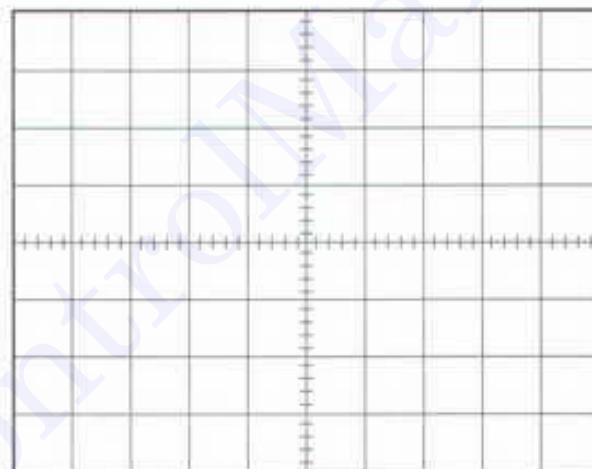
- ۲- خاله را در بر بگیرد.
 ج - سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۲-۸ رسم کند.
 د - من خواهیم از قسمت ماکریم چهارمین سیگنال نا مینیم سیگال پنجم را با دقت مورد مطالعه فرار دهیم و آن را با سیگنال‌های قبلی و بعدی مقایسه کنیم. برای این کار، کلید Display را در حالت INTEN فرار دهید.
 ه - کلید سلکتور Delay Time و ولوم Var را طوری تنظیم کنید که شروع قسمت پر نور شده از ماکریم چهارمین سیگنال باشد.
 و - حال کلید Display را در حالت Delay فرار دهید.
 ز - کلید سلکتور Time / Div را روی عدد کمتر فرار دهید به طوری که شروع و انتهای سیگنال، ناقاطی باشد که موردنظر بوده است.
 ح - مطالب فوق را در مورد شکل ۱۲-۸ به اجرا بگذارد و قسمتی از سیگنال را که موردنظر است با دقت بینندید و در شکل ۱۲-۹ رسم کنید.
 ط - یا تغییر ولوم Delay Var قسمت قبلی و بعدی سیگنال را از می‌توانید بینندید.
- ه - شکل رسم شده، توسط خودتان در شکل ۱۲-۶ را، روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید و در هر لحظه (با در هر میلی‌متر) دامنه‌ی دو سیگنال را از یکدیگر کم کنید (CH₁-CH₂). آیا شکل حاصل همان شکل ۱۲-۷ خواهد بود؟ جرا؟
- Delay Time (تأخير زمانی): اگر بخواهیم قسمت مشخصی از یک سیگنال و با یک سیگنال از میان اینها از سیگنال‌ها انتخاب کنیم و آن سیگنال در سراسر صفحه‌ی حساس نقش بیند، و همچنین بسوایم این یک قسمت از سیگنال را با بقیه‌ی قسمت‌ها و با یک سیگنال را با بقیه‌ی سیگنال‌ها به آسانی مقایسه کنیم، از قسمت تأخیر زمانی با سیگنال‌ها استفاده می‌کنیم. یعنی از موارد استفاده از تأخیر زمانی مطالعه‌ی دقیق بر روی قسمت‌های جزیبات سیگنال است.
- ### کار عملی ۲
- الف - خروجی سیگنال زناتور را روی ۱۰۰-KHz ۱۰۰ تظمیم کنید و توسط بروب این سیگنال را به ورودی کاپال یک اسیلوسکوپ وصل کنید.
- ب - ولوم دامنه‌ی خروجی سیگنال را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی سیگنال نقش بسته شده روی صفحه‌ی حساس، حداقل

Volt / Div = V / Div
 Time / Div = 1 μs
 Time Variable = Cal.
 Source Trig = CH1
 وسط = تنظیم تقطیعی صفر



شکل ۱۲-۸

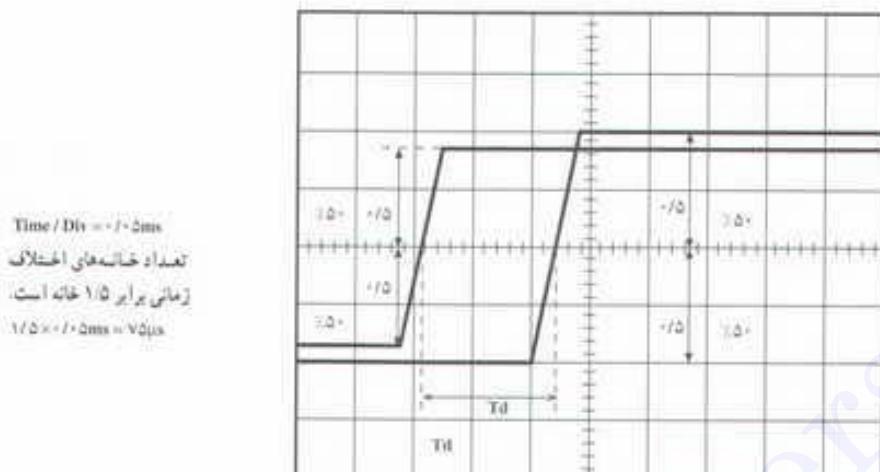
Display = Delay
 Time / Div =
 Volt / Div = 1 V / Div
 Source Trig = CH1
 وسط = تنظیم تقطیعی صفر



شکل ۱۲-۹

اندازه‌گیری تأخیر زمانی (اختلاف زمانی)
 به کمک اسیلوسکوپ می‌توان اختلاف زمانی دو سیگنال
 را اندازه‌گرفت. در شکل ۱۲-۱۰ اختلاف زمانی دو سیگنال
 برابر ۷۵μs است (اندازه‌گیری از زمان دامنه ۵% سیگنال
 اول تا ۵% سیگنال دوم است).

کار عملی ۴: نقاط دیگری از شکل موج نقش بسته روی
 صفحه‌ی حساس را انتخاب کنید و اسیلوسکوپ را طوری تنظیم
 کنید که آن قسمت‌هایی که خود انتخاب کردند روی صفحه‌ی
 حساس ظاهر شود؛ به طوری که بتوانید آن را با قسمت‌های قبلی
 و بعدی سیگنال نیز مقایسه کنید.



شکل ۱۲-۱۱

مولدهای سیگنال توضیح داده شده است، پکی از بارامترهای مهم موج مربعی، زمان صعود یا Rise Time آن است. زمان صعود عبارت از مدت زمانی است که موج مربعی باید از مقدار ۰٪ دامنه به ۹۰٪ دامنه برسد، با استفاده از اسیلوسکوپ براحتی می‌توان این زمان را اندازه گرفت.

کار عملی ۶

الف - فرکانس خروجی سیگنال زنر انور را روی (KHz) تنظیم کنید. به کمک کلید انتخاب موج خروجی، شکل موج خروجی مربعی را انتخاب کنید.

ب - برو布 اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.

ج - خروجی سیگنال زنر انور را به کمک بروب به اسیلوسکوپ وصل کنید.

کار عملی ۵

الف - مدار شکل ۱۲-۱۱ را روی پرینتر و با پرینتر گاهی بینندید و ترمیثهای تشان داده شده را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

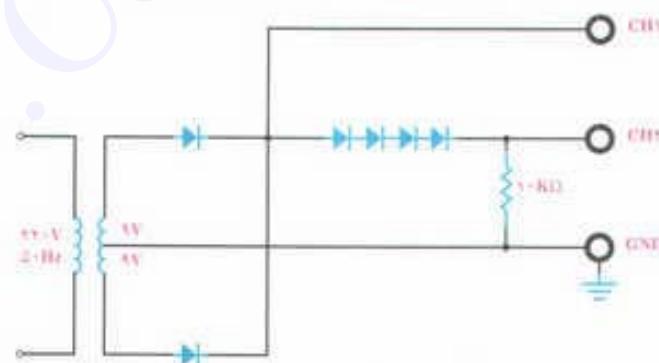
ب - شکل نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را بروی شکل ۱۲-۱۲ رسم کنید و زمان تأخیر را بدست آورید.

سؤال: جگونه دیود باعث تأخیر زمانی می‌شود؟

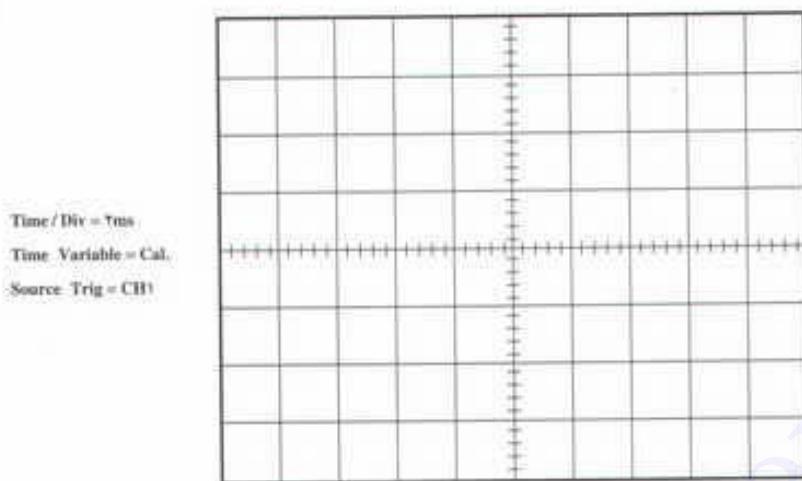
سؤال: در مدار بالا هر دیود چقدر تأخیر ایجاد می‌کند؟

سؤال: اگر در مدارهای الکترونیک نیاز به تأخیر زمانی بود می‌توانیم از دیود استفاده کنیم؟ جزا!

اندازه‌گیری زمان صعود موج مربعی (Rise-Time) همان طور که در درس دستگاههای اندازه‌گیری قسمت



شکل ۱۲-۱۱



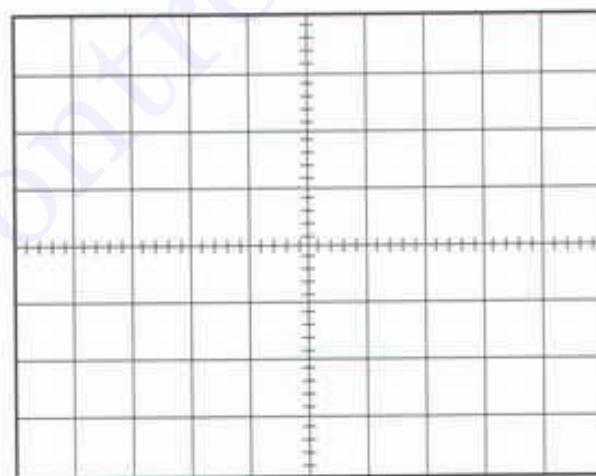
نکل ۱۲-

ناتیه = رنج کلید سلکتور \times Time / Div
تعداد خانه های اختلاف زمانی = اختلاف زمانی
(از ۰٪ تا ۵٪ موج اول تا ۵٪ موج دوم)

د - شکل موج نقش بسته روی صفحه حاس را در
شکل ۱۲-۱۳ رسم کنید و زمان صعود (Rise Time) آن را
اندازه بگیرید.

د - اسیلوسکوپ را طوری تنظیم کنید که بتوان زمان
صعود موج مربعی را به صادگی با آن اندازه گرفت (تنظیم طوری
صورت گیرد که حدود $\frac{1}{5}$ سیکل کامل در سراسر صفحه
حساس نقش بیند).

اسیلوسکوپ را تنظیم کنید و مقادیر
تلیم شده را در زیر بنویسید.



نکل ۱۲-

رنج کلید سلکتور \times Time / Div
تعداد خانه های در یو گرفته = Rise Time
(از ۰٪ دامنه تا ۹۰٪ دامنه)

صعود را با آن حساب کرد.
کار عملی ۷: زمان صعود موج مرتعن تولید شده توسط
اسیلوسکوب را با استفاده از روش پاد شده بدست آورد.

در بعضی از اسیلوسکوب‌ها، در قسمت باین صفحه‌ی
حاسن، قسمتی را به نام ۱۰٪ و در قسمت بالای صفحه به نام
۹۰٪ مشخص کرده‌اند. اگر اسیلوسکوپی که نسباً با آن کار می‌کند
دارای چنین درجه‌بندی‌ای بود از این درجه‌بندی استفاده و زمان

فصل سیزدهم

کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت پنجم)

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار من رود که بس از بایان این فصل بتواند :

- طرز کار دکمه‌ی X-7 را توضیح دهد.
- موارد استفاده‌ی دکمه‌ی 7-X را شرح دهد.
- نحوه‌ی اتصال اسیلوسکوپ جهت بدست آوردن منحنی مشخصه‌ی دیود معمولی و دیود زنگرا شرح دهد.
- نحوه‌ی اتصال اسیلوسکوپ جهت بدست آوردن منحنی مشخصه‌ی ترازیستور را شرح دهد.
- پارامترهای منحنی مشخصه‌ی دیود و دیود زنگرا را روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ اندازه‌پذیرد.
- پارامترهای منحنی مشخصه‌ی ترازیستور را روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ اندازه‌پذیرد.
- دستگاه کروتوسیسر را از سایر دستگاه‌ها تمیز دهد.
- انواع دکمه‌های کروتوسیسر را از یکدیگر تشخیص دهد.
- طرز کار با دستگاه کروتوسیسر را توضیح دهد.
- نحوه‌ی اتصال کروتوسیسر به اسیلوسکوپ را شرح دهد.
- ترازیستورها را به طور صحیح به کروتوسیسر متصل کند و منحنی مشخصه‌ی ترازیستور را رسم نمایند.
- پارامترهای ترازیستور را به کمک کروتوسیسر اندازه‌پذیرد.

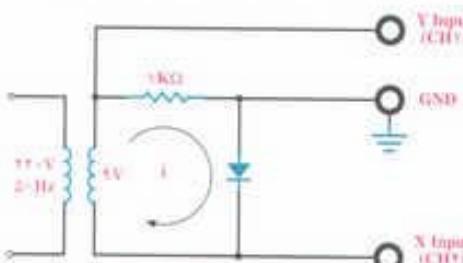
نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت پنجم)

۱. مقدار ۵۶۰Ω	از هر کدام ۱ عدد	۵. مقاومت ۱kΩ	از هر کدام ۱ عدد
۶. ترازیستور BC107 و ۲N3819	از هر کدام ۱ عدد	۷. دستگاه کروتوسیسر	۱ دستگاه
۸. منع تغذیه‌ی DC(-۳۰V) ۱ عدد	۹. میکروآمپرمتر	۱۰. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹۷	۱ عدد
۱۱. دیود LED	۱۲. هویه ۴-W	۱۲. دیود زنگرا ۶/۸ یا ۷/۵ ولت	۱ عدد

۱۳-۱. هدف آزمایش

- بررسی، مشاهده و اندازه‌گیری مشخصات ولت - آمپر عناصر لبنة هادی (دیود معمولی دیود زنگرا، دیود نور دهنده LED و ترازیستور معمولی).
- وسایل مورد نیاز
- | | |
|------------------------------|----------|
| ۱. اسیلوسکوپ دو کاناله | ۱ دستگاه |
| ۲. چرب | ۲ عدد |
| ۳. دیود ۱N4001 یا دیود مشابه | ۱ عدد |
| ۴. دیود زنگرا ۶/۸ یا ۷/۵ ولت | ۱ عدد |

معمولی، مدار شکل ۱۲-۱ را روی برد و با برد آزمایشگاهی پیشید و ترمینال های مشخص شده را به اسیلوسکوپ وصل کنید.



شکل ۱۲-۱

۸ عدد

۱۲. سیم‌های رابط

۱۲-۲- نسخه آزمایش

در این آزمایش به بررسی و اندازه گیری های لازم مشخصه های ولت - آمپر عناصر نیمه هادی بر کار بود من برداشم.

۱- دیود معمولی: همان طور که من دانیم در متحسن مشخصه های ولت - آمپر دیود، محور افقی یا اندازه ولتاژ دو سر دارد است و محور عمودی جریان دیود را نشان می دهد. از طرفی اسیلوسکوپ فقط من واند ولتاژ را اندازه بگیرد: لذا جریان عبوری از دیود را باید از یک مقاومت اهمی عبور دهیم. جون ولتاژ دو سر مقاومت اهمی را به اسیلوسکوپ من دهیم و

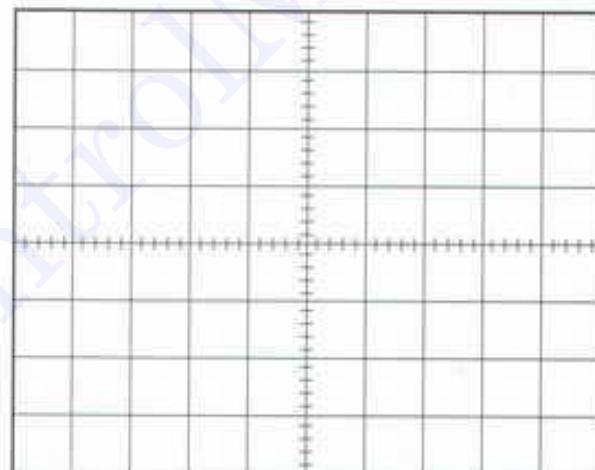
مقادیر آن را اندازه می گیریم، برای بدست آوردن مقادیر جریان، کافی است که ولتاژ خوانده شده را بر مقادیر مقاومت اهمی تقسیم کنیم.

کار عملی ۱

الف - برای مشاهده مشخصه های ولت - آمپر دیود

- ب - شکل نقش بسته روی صفحه های حساس را روی شکل ۱۲-۲ رسم کنید. در مدار شکل ۱۲-۱ به ازای هر ولت ولتاژ عبوری، جریان دیود مغایل 1mA است؛ زیرا به ازای عبور یک میلی آمپر جریان از مقاومت یک کیلو اهمی، یک ولت دو سر آن افت می کند.

اسیلوسکوپ را در حالت Y - X قرار دهید.
انسحه را در مرکز صفحه های حساس تنظیم کنید.
AC - GND - DC - DC
برای هر در کاتال Volt / Div = 1V / Div CH1
Volt / Div = 1V / Div CH2

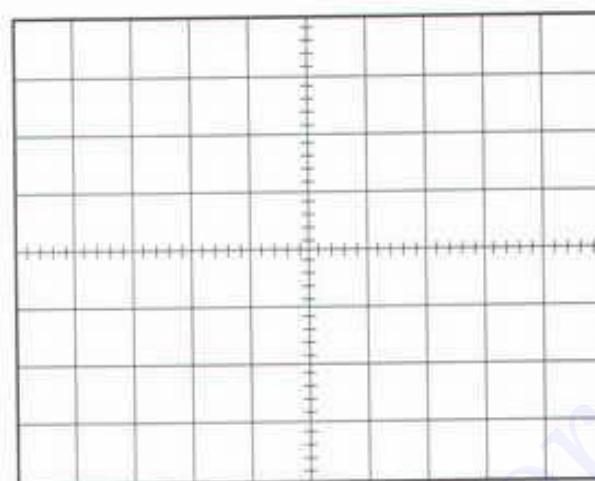


شکل ۱۲-۲

اصلاح می شود.

ج - کلید CH2 INV را فعال کنید و منحنی مشخصه های ظاهر شده روی صفحه های حساس را در شکل ۱۲-۳ رسم کنید.

با توجه به این که ولتاژ کاتال ۴ (دو سر دیود) تسبیت به زمین متفاوت است، لذا حرکت انسحه در جهت افقی معکوس و منحنی وارونه می شود. در تصویری که اسیلوسکوپ دارای کلید CH2 INV باشد، با فعال کردن این کلید، انسحه در جهت افقی



شکل ۱۲-۳

ب - شکل نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل رسم کنید.

ج - ولتاژ زنر دیود فوق را در جریان 5mA به دست آورید.

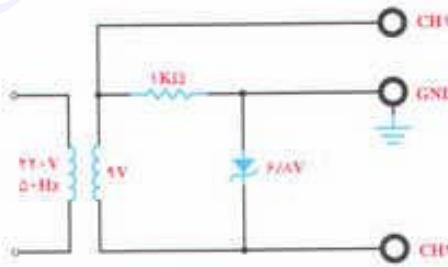
د - به گمک هر یه دیود زنر را اندکی گرم کنید و اثرات حرارت بر دیود را که بر روی منحنی مشخصه‌ی ولت - آمیر دیود روی صفحه‌ی حساس مشخص است، کاملاً نویسیح دهید.

ه - مقاومت استاندارکی دیود در جریان 2mA (یا توجه به منحنی مشخصه‌ی شکل ۱۲-۲) را محاسبه کنید.

ب - مقاومت استاندارکی دیود در جریان 3mA (یا توجه به منحنی مشخصه‌ی شکل ۱۳-۱) جهت دیود را عوض کنید و شکل منحنی نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را مشاهده و راجع به آن بحث کنید.

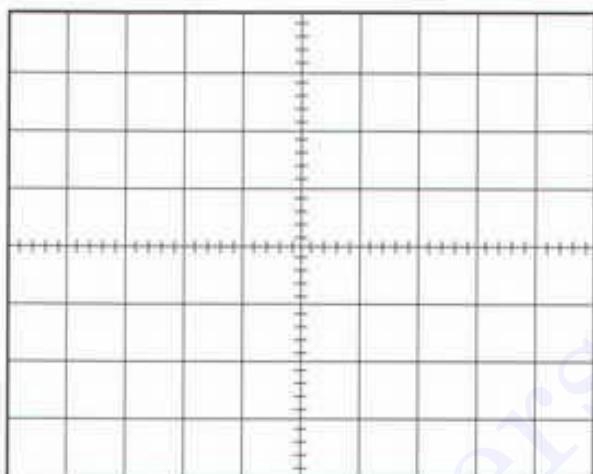
کار عملی ۳

الف - برای مشاهده‌ی مشخصه‌ی ولت - آمیر دیود زنر و همچنین تعیین مقدار ولتاژ زنر، مدار شکل ۱۲-۴ را روی برد و با پردازشگاهی بیندید و ترسیم‌ناله‌ای مربوطه را به اسیلوسکوب وصل کنید.

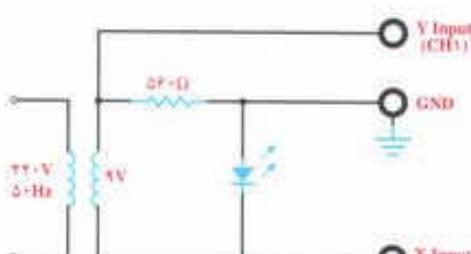


شکل ۱۲-۴

اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
صفرا در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
 $CH_1 INV =$ فعال
 $Volt / Div = 1V / Div CH_1$
 $Volt / Div = 1V / Div CH_2$
 $AC - GND - DC = DC$



شکل ۱۳-۵



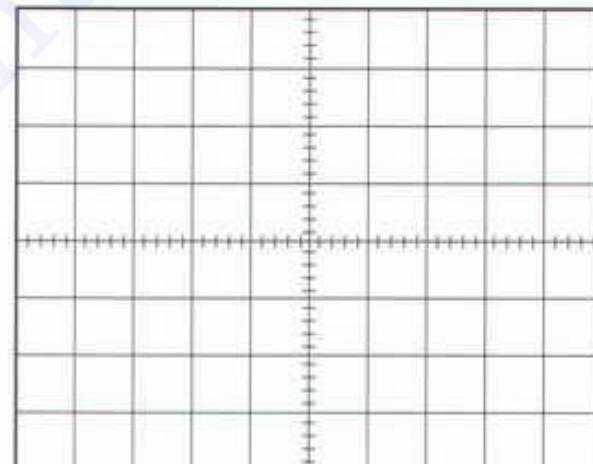
شکل ۱۳-۶

کار عملی ۴

الف - مداری مطابق شکل ۱۳-۶ روی برد پرینت یا برد آزمایشگاه پیندید و ترمیتال های مربوطه را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

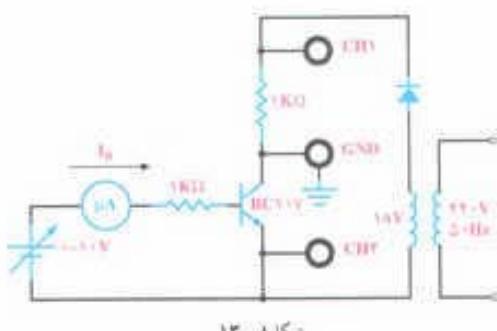
ب - منحنی مشخصه ولت - آمپر دیود نوردهنده را روی صفحه حساس مشاهده و در شکل ۱۳-۷ رسم کنید.

سوال: ولتاژ آستانه‌ی هدایت کدام دیود (معمولی یا نوردهنده) بیشتر است؟ چرا؟



شکل ۱۳-۷

اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
صفرا در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
 $CH_1 INV =$ فعال
 $Volt / Div = 1V / Div CH_1$
 $Volt / Div = 1V / Div CH_2$
 $AC - GND - DC = DC$



شکل ۱۲-۸

ا است. ولتاژ CH_1 همان ولتاژ کلکتور امپیتر (V_{CE}) است که اشعه را در جهت افقی منحرف می‌کند؛ لذا منحنی حاصل به صورت $f = f(V_{CE}) = I_C$ به ازای بکار خواهد بود. در مدار فوق می‌توان I_B را با تغییر منع ولتاژ تغییر داد.

کار عملی ۵

الف - مدار شکل ۱۲-۸ را روی برد نموده و آزمایشگاهی شنیده و ترمیسالهای مربوطه را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب - منحنی ظاهر شد، بر روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۲-۹ رسم کنید.

ج - بر روی شکل ۱۲-۱، به ازای ۱ جریان مختلف I_B ، ۱۰ منحنی $I_C = f(V_{CE})$ را که در ده مرحله (هر مرحله

سوال: آبا منحنی مشخصه‌ی ولت - آمپر دیود نور دهنده

با دیود معمولی فرق دارد؟

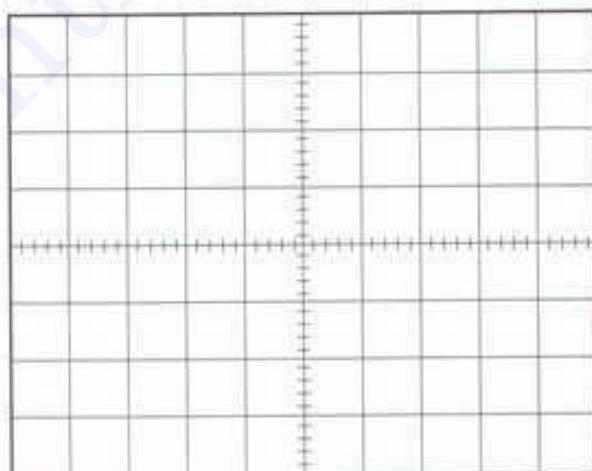
ج - به کمک هر یکی اندکی دیود نور دهنده را گرم کنید و ازات حرارت را بر روی منحنی مشخصه‌ی آن مشاهده کنید و توضیح دهد.

سوال: کدام دیود (معمولی، زنگ و یا نور دهنده) در مقابل حرارت نایابدار است؟

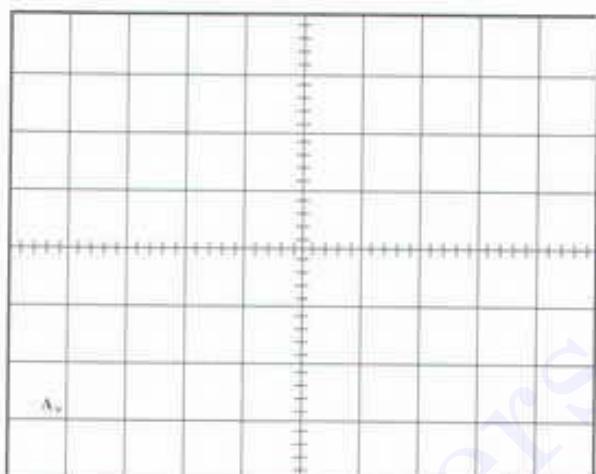
همان طور که از مدارهای شکل‌های ۱۲-۷ و ۱۲-۴ و ۱۲-۱۳ بیداست، آرایش مدار برای مشاهده دیود معمولی، دیود زنگ و دیود نور دهنده بکسان است. در حالت کلی، عناصر نیمه‌هادی‌ای که دارای دو بایه هستند می‌توانند جایگزین این دیودها در این مدارها شوند و مشخصه‌ی ولت - آمپر آن‌ها روی صفحه‌ی حساس نقش بیندازند. فقط باید هنگام فرار دادن عناصر دو بایه به جای دیود، مواظب باشیم که جریان پیش از مدار نامن عنصر، از آن عبور نکند و در ضمن ولتاژ تغذیه نیز اندکی پیش از ولتاژ شکست آن‌ها باشد.

ترانزیستور: برای مشاهده و اندازه گیری های لازم منحنی مشخصه‌ی ولت - آمپر ترانزیستور، می‌توان از مدار شکل ۱۲-۸ استفاده کرد.

جریان I_C از مقاومت ۱۱۷۱ غیر و ولتاژ CH_1 یا ۷، که در جهت عمودی اشعه را منحرف می‌کند بینگر جریان کلکتور



صفر را در نمودار A تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
Volt / Div = 1V / Div CH1
Volt / Div = 1V / Div CH2
برای هر دو کانال DC ~ DC
CH1 INV = فعال

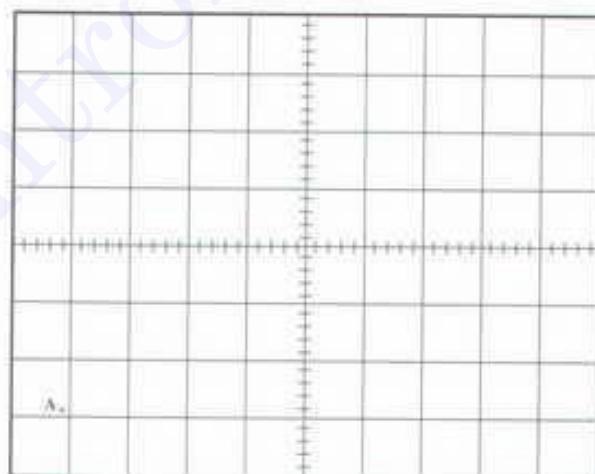


شکل ۱۳-۱۰

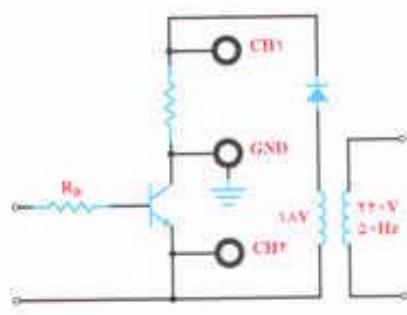
بهازای یک (۱) روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بند در شکل ۱۳-۱ رسم کنید.

اگر بخواهیم روی صفحه‌ی حساس، تعدادی منحنی مشخصه‌ی ولت - آمپر ($I_C = f(V_{CE})$) داشته باشیم باید به پس ترازیستور، ولتاژی مطابق شکل ۱۲-۱۲ اعمال کنیم.

صفر را در نمودار A تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
Volt / Div = 1V / Div CH1
Volt / Div = 1V / Div CH2
برای هر دو کانال DC ~ DC
CH1 INV = فعال

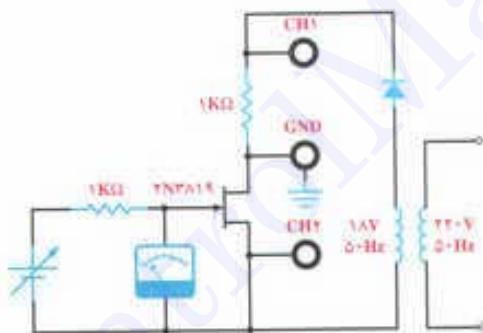


شکل ۱۳-۱۱



شکل ۱۲-۱۴

* حال اگر به جای ترازیستور معمولی در شکل ۸-۱۳ مدار مورد نیاز برای مشاهده مختصه ترازیستور از میدانی (JFET) را روی صفحه حساس بیشم، کافی است که به جای ترازیستور معمولی،



شکل ۱۲-۱۵

مدار مقدار آن را نشان می‌دهد، نقش می‌بندد. منحنی نقش پسنه روی صفحه حساس را در شکل ۱۲-۱۴ رسم کرد.
ج - بر روی شکل ۱۲-۱۴، بیازای ۵ ولتاز مختلف گیت سورس (V_{GS}) پنج منحنی مختلف ($I_D = f(V_{GS})$) را که هر بار بیازای یک (V_{GS}) روی صفحه حساس نقش می‌بندد در شکل ۱۲-۱۵ رسم کرد.

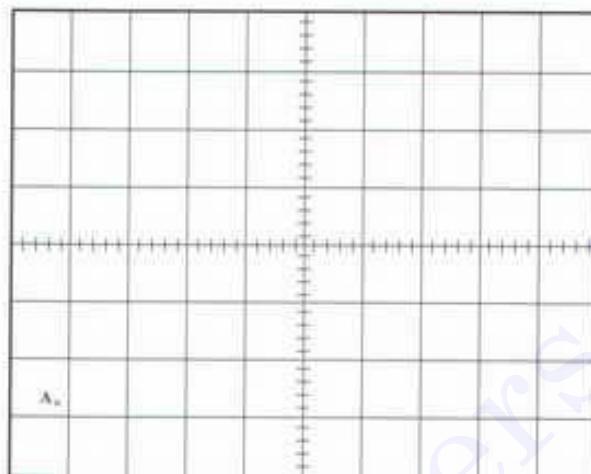
کار عملی ۶

الف - مدار شکل ۱۲-۱۴ را روی پرد برد و با پردازشگاهی بیندید و ترمیتال‌های مربوطه را به اسیلوسکوپ وصل کرد.

ب - منحنی مشخصه ولت-آمپر ترازیستور (JFET) روی صفحه حساس بآزای یک V_{GS} که ولت‌متر موجود در

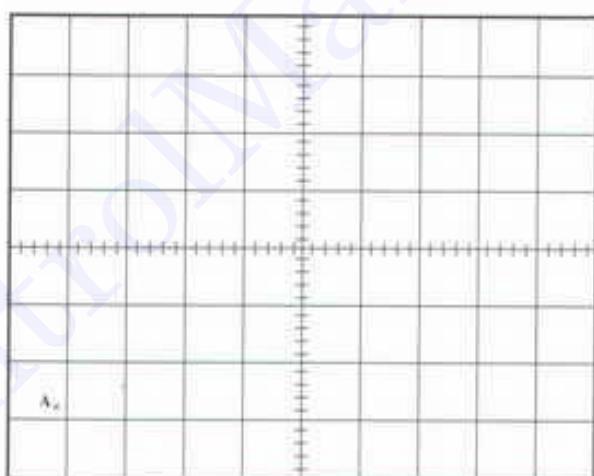
* انجام آزمایش‌های مربوط به این قسمت برای هزوحای اجباری است.

مکان صفر را در نقطه‌ی A تنظیم کنید.
 اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
 Volt / Div = 1V / Div CH1
 Volt / Div = 1V / Div CH2
 برای هر دو کابل AC - GND - DC = DC
 CH1 INV = فعال



شکل ۱۴-

مکان صفر را در نقطه‌ی A تنظیم کنید.
 اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
 Volt / Div = 1V / Div CH1
 Volt / Div = 1V / Div CH2
 برای هر دو کابل AC - GND - DC = DC
 CH1 INV = فعال



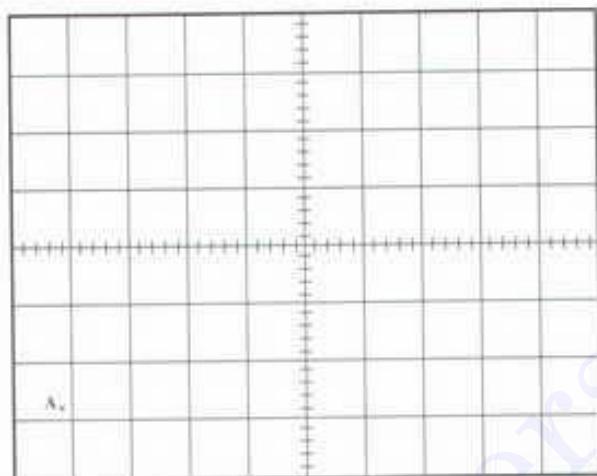
شکل ۱۵-

با شستند می‌توان در مدار شکل ۸-۱۳ قرار داد و منحنی و منحصه‌ی ولت - آمپیر آن‌ها را به دست آورد.
 دستگاهی به نام گروتریسر (Curve Tracer) وجود دارد که مداری تبیه مدار شکل ۸-۱۳ در آن تعیین شده است؛ ضمن آن که یک ولتاژ به‌ای نیز تولید می‌کند. با استفاده از این شکل موج می‌توانیم تعدادی از منحنی را به طور همزمان (ممکن‌آور

د- موارد مرحله‌ی ج را یا گرم کردن ترازیستور از میدانی به کمک همه‌ی تکرار و منعنه‌های جدید را در شکل ۱۶-۱۳ رسم کنید.

سؤال: کدام نوع ترازیستور (معمولی یا JFET) در مقابل حرارت پایدارتر است؟
 به طور کلی کلیدی‌المان‌های نیمه‌هادی را که دارای سه یا

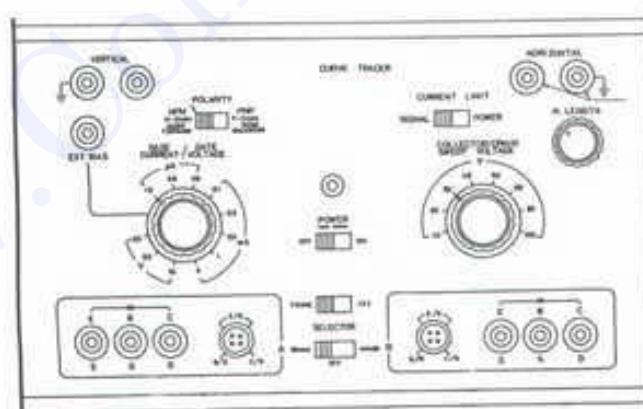
مکان صفر را در نقطه‌ی A تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید.
Volt / Div = 1V / Div CH1
Volt / Div = 1V / Div CH2
برای هر دو گالان AC - GND - DC - DC
CH1INV = فعال



شکل ۱۶-۲



شکل ۱۷-۳- تولیدات از نستگاه کروتیس



شکل ۱۸-۱۲- پالس کروتیس

کار عملی ۷: در صورتی که این دستگاه در آزمایشگاه موجود است به کمک مری آزمایشگاه، از آن برای نشان دادن منحنی مشخصه های ولت - آمپر عناصر بایمه هادی استفاده کنید.

شکل ۱۳-۱۹ نحوی اتصال یک ترانزیستور معمولی را

به کروتوسیر و اتصال کروتوسیر به اسیلوسکوپ را نشان می دهد.

کلیدها باید در نقاط مشخص شده در شکل فوار گیرند.

کار عملی ۸: اگر دستگاه کروتوسیر در آزمایشگاه دارید

مدار فوق را بیندید و منحنی های مشخصه ترانزیستور را روی

صفحه حساس متوجه و در شکل ۱۳-۲۰ رسم کنید.

سوال: با توجه به آزمایش هایی که تاکنون انجام داده اید،

چگونه می توان دیود سیلیکونی و زرماتیومی را از یکدیگر تشخیص داد؟

سوال: با توجه به شکل ۱۳-۱۰ مقدار β و h_{fe}

ترانزیستور را در جند نقطه ای دلخواه بدست آورید.

کروتوسیرهای معمولی ۷ منحنی برای عناصر بایمه هادی از جنس سیلیکون و ۸ منحنی برای عناصر بایمه هادی از جنس زرماتیوم (روی صفحه حساس بینم). شکل ظاهری این دستگاه در شکل ۱۳-۱۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۳-۱۲ پانل کروتوسیر را بهوضوح نشان می دهد.

در شکل ۱۳-۱۷ و ۱۳-۱۸ ترانزیستور در سوکت

مشخصوصی فوار می گیرد و به کمک کلید سلکتور سمت جب بله های

جریان و با ولتاژ را که به بیس ترانزیستور معمولی باشد گسترش

ترانزیستورهای JFET (عمل می شوند) بین می کند و کلید سلکتور

سمت راست مدار ولتاژ اعمالی به کلکتور - امپرس ترانزیستور

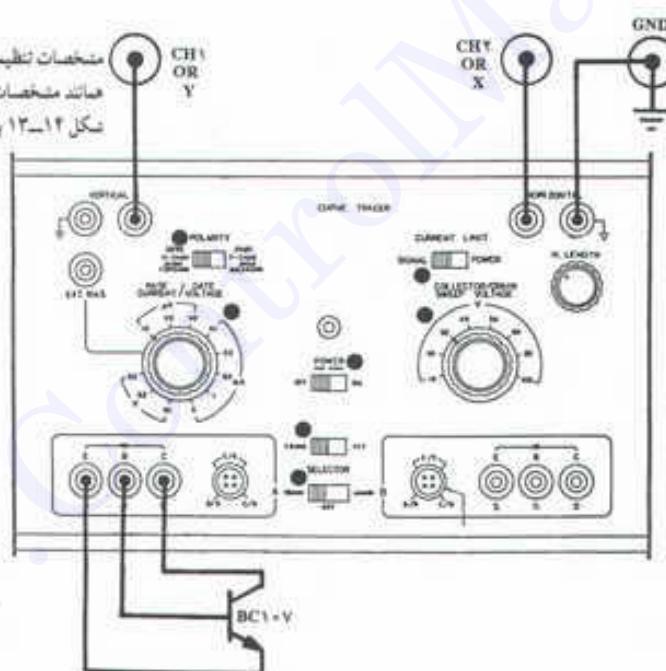
معمولی و با درین - سورس ترانزیستور انر میدانی را مشخص

می کند و همچنین کلید (Current Limit) در حالت سیگنال، بازای

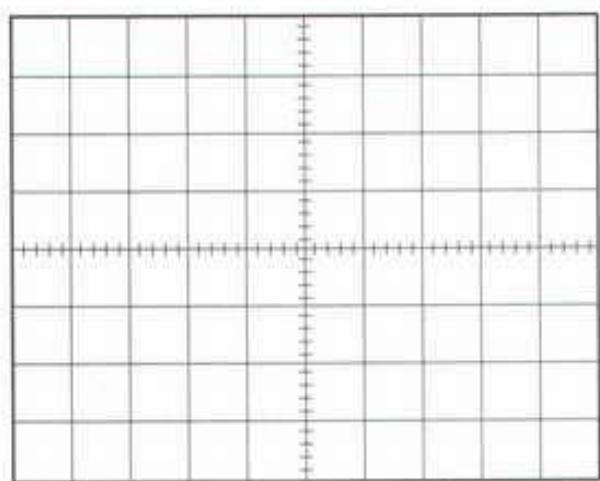
هر ولت ولتاژ روی صفحه حساس، میان ۱۰۰ mA و ۱mA جریان بوده و

در حالت Signal هر ولت ولتاژ، میان ۱۰۰ mA و ۱mA جریان است.

مشخصات تنظیمی اسیلوسکوپ باید
همانند مشخصات اسیلوسکوپ در
شکل ۱۳-۱۴ باشد.



شکل ۱۳-۱۹ نحوی اتصال ترانزیستور به کروتوسیر و اتصال کروتوسیر به اسیلوسکوپ



شکل ۲۰

فصل چهاردهم

ساختمان آوومتر دیجیتالی

هدف‌های رفتاری: از هرچو انتظار می‌رود که پس از بیان این فصل بتواند:

– کاربرد دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی را تصریح کند.

– مزایای دستگاه‌های دیجیتالی بر دستگاه‌های آنالوگ (غیرهای) را توضیح کند.

– ساختمان ولت‌متر دیجیتالی را تصریح کند و بتواند با استفاده از یک ولت‌متر دیجیتالی یک ولت‌متر مالی رنج طرح کند.

– ساختمان اهم‌متر و آمپر‌متر DC دیجیتالی را تصریح کند و بتواند با استفاده از یک ولت‌متر دیجیتالی یک

اهم‌متر جند رنج و یک آمپر‌متر جند رنج طرح کند.

من بتواند در مورد مقدار این کمیت نصیبی گیری لازم را آنخواهد نماید. مثلاً اگر مقدار آن کمتر از حدی است که قابل تظمیم شده است کامپیوتر من توان فرمان خاصی را برای این منظور حساد نماید.

شکل ۱۴-۱ دو نمونه آوومتر دیجیتالی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۱- در شونه آوومتر دیجیتالی

قشت اصلی یک آوومتر دیجیتالی ولت‌متر DC است، و این همانند آوومتر غیرهای (آنالوگ) است که، جنان که می‌دانید، قشت اصلی آن گالوانومتر داروسوتولی می‌باشد. اسلن کار یک ولت‌متر DC دیجیتالی بر مبنای مقایسه است، یعنی ولتاژ اعمال شده به ولت‌متر، با یک ولتاژ مرجع (معمولًاً ۱۰۰ میلی‌ولت) و در بعضی از آوومترها در رنج AC (یک ولت) مقایسه می‌شود و نتیجه‌ی

۱۲۳

آوومتر دیجیتالی
دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی مقدار اندازه‌گیری شده را به صورت رقمی با ارقام روی صفحه نمایش (Display) نشان می‌دهند؛ همچنین واحد کمیت اندازه‌گیری شده مانند ولت، آمپر، میلی آمپر، درجه‌ی سانتی گراد و غیره را نیز به طریق مناسبی نمایش می‌دهند.

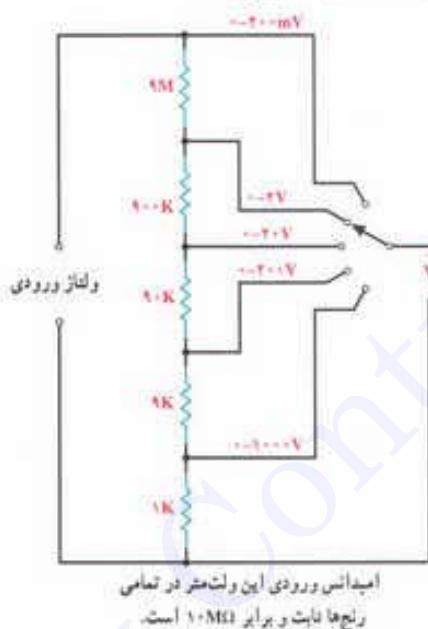
از جمله دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی می‌توان به ولت‌متر، آمپر‌متر، وات‌متر، ۰۰۸۴ متر، فرکانس‌متر، دورنمایها، حرارت‌سنج و آوومتر اشاره نمود.

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی به دلیل نداشتن قطعات متفرق، از طول عمر بسیار بالایی (در صورت بد کار بودن صحیح آن‌ها) برخوردار هستند و به عوامل قبیل کمی همچون اوزیس، درصد رطوبت، میزان تمیزی هوا و... حساس نیستند، ضمن آن که با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک دستگاه‌های ساخته شده امروزی بسیار دقیق‌تر هستند. علاوه بر این بعضی از این دستگاه‌ها را می‌توان به کامپیوتر متصل کرد به طوری که کامپیوتر مقدار کمی را که دستگاه، روی صفحه نمایش می‌دهد ضمن نشان دادن - در فواصل زمانی معینی که تنظیم می‌کنیم - نیت می‌کند. از دیگر مزایای اندازه‌گیری یک کمیت نوسط سیستم دیجیتالی این است که وقتی مقدار این کمیت به کامپیوتر متصل می‌گردد کامپیوتر

برابر 100mV در نقطه می‌گیرند. λ مقدار تغایش اعداد روی صفحه‌ی نمایش (Display) می‌باشد. با $V_r = 10\text{mV}$ ، مقدار شمارش برابر:

$$\lambda = \frac{V_d}{10\text{mV}} \times 1000 = 1000 \frac{V_d}{10\text{mV}} (\text{mv})$$

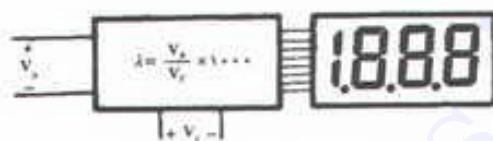
چون حداکثر نمایش ارقام ۱۹۹۹ می‌باشد لذا V_d حداکثر می‌تواند $1999/1000$ میلیولت باشد. در حقیقت با ولت‌متر فوق می‌توان ولتاژ از صفر تا $1999/1000$ میلیولت را اندازه‌گرفت. اکثر ولت‌مترهای دیجیتالی برای اندازه‌گیری ولتاژ از صفر تا $1999/1000$ میلیولت ساخته می‌شوند. برای اندازه‌گیری ولتاژهای بیشتر از $1999/1000$ میلیولت، ولتاژ را در یک یا چند مقاومت اهمی افت دهند. شکل ۱۴-۲ یک نمونه‌ی عملی ولت‌متر مولتی‌رنج (Multirange) را نشان می‌دهد.



یک رنج بالاتر را انتخاب می‌کند و جنابجه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در این رنج بود مقدار آن را اندازه می‌گیرد و اگر بیود مجدد رنج بالاتر را انتخاب می‌کند تا این که بالآخره مقدار ولتاژ مورد اندازه‌گیری در رنج موردنی انتخاب ولت‌متر باشد. جنابجه ولتاژ مورد اندازه‌گیری AC باشد. بعد از کلید سلکتور و قیل از ورودی ولت‌متر، یک، یکسوکنده همراه با

مقایسه به کدک مدارات الکترونیکی و دیجیتالی به صورت رقمی ارقام، که میین مقدار ولتاژ DC اعمالی به ولت‌متر است روی صفحه‌ی نمایش آن ظاهر می‌گردد.

یک ولت‌متر DC دیجیتالی را به صورت شکل ۱۴-۲ می‌توان نشان داد.



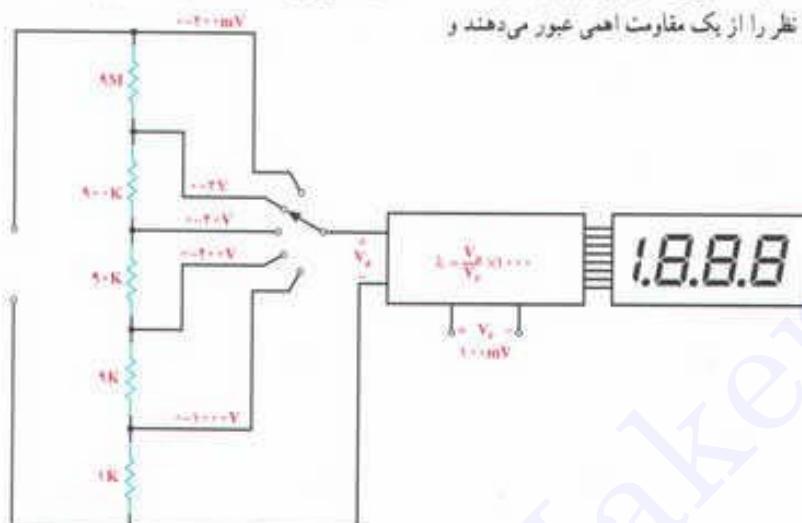
شکل ۱۴-۲-۱. یک دیاگرام ساده‌ی یک ولت‌متر دیجیتالی

در دیاگرام شکل ۱۴-۲، V_d ولتاژ ورودی برای اندازه‌گیری است و V_r ولتاژ مرجع است که معمولاً مقدار آن را

شکل ۱۴-۳-۱. ولت‌متر دیجیتالی مولتی‌رنج

امروزه اکثر ولت‌مترهای دیجیتالی دارای رنج اتوماتیک (Auto Range) هستند. رنج اتوماتیک به این صورت است که بعد از آعمال ولتاژ DC به ولت‌متر، ولت‌متر ایندا به طور اتوماتیک رنج اول را انتخاب می‌کند و جنابجه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در این رنج بود مقدار آن را نشان می‌دهد؛ اما اگر مقدار ولتاژ مورد اندازه‌گیری در این رنج نبود، ولت‌متر باز هم به صورت اتوماتیک،

سیس افت ولتاژ دو سر آن را اندازه می‌گیرند. شکل ۱۴-۴ یک نمونه آمپرمتر را که در عمل ساخته می‌شود تسان می‌دهد.



شکل ۱۴-۴- یک نمونه آمپرمتر مولتی رنج دیجیتال

غور می‌کند، سیس ولتاژ دو سر مقاومت مجھول (R_x) به ورودی ولتی دیجیتالی (V_s) و ولتاژ دو سر مقاومت معلوم (R_s) به ترتیب اول ولتاژ مرجع آعمال می‌شود. براساس رابطه زیر، مقدار شمارش، متناسب با مقاومت مجھول می‌باشد.

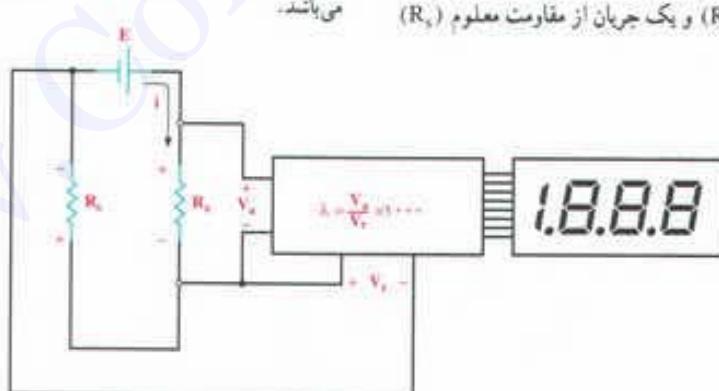
$$\lambda = \frac{V_x}{V_s} \times 1000 = \frac{R_x}{R_s} \times 1000 \quad (14-1)$$

مدار اندازه‌گیری مقاومت اهمی مطابق شکل ۱۴-۵ می‌باشد.

یک فیلتر فوار می‌گیرد تا ابتدا برق AC را تبدیل به DC نموده سپس به ولت متر اعمال کند. برای اندازه‌گیری جریان‌های DC، ابتدا جریان مورد نظر را از یک مقاومت اهمی غبور می‌دهند و

آمپرمترهای دیجیتالی معمولاً به صورت رنج آutomاتیک نیستند، بلکه با کلید سلکتور باید رنج مناسب را انتخاب نمود. در ضمن چنانچه جریان مورد اندازه‌گیری AC باشد، بعد از کلید سلکتور توسط پکسونکنده‌های الکترونیکی، ولتاژ افت داده شده در دو سر مقاومت‌ها ابتدا پکسون شده و سپس به ولت متر اعمال می‌شود.

برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی، ابتدا یک جریان از مقاومت مجھول (R_s) و یک جریان از مقاومت معلوم (R_x)

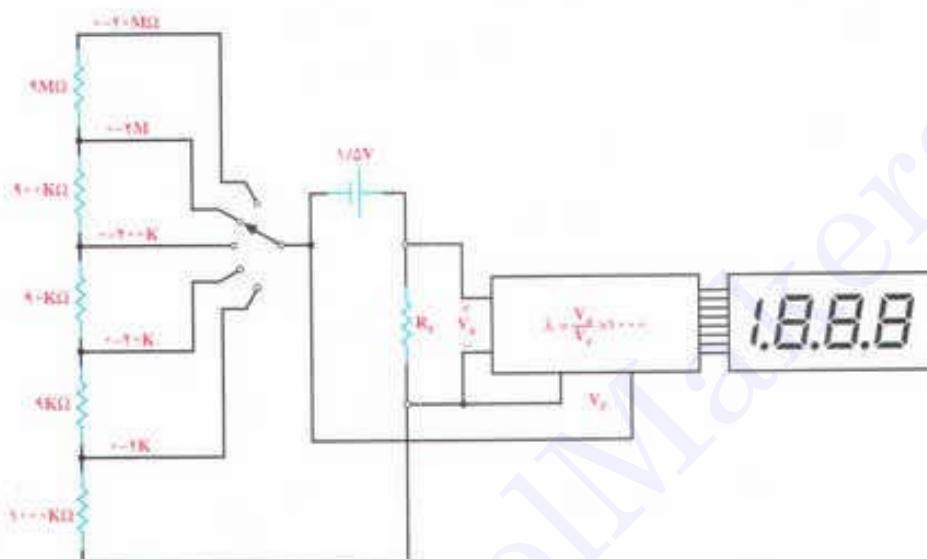


شکل ۱۴-۵- نحوی اندازه‌گیری مقاومت اهمی به کمک ولت متر دیجیتال

داشته باشیم. شکل ۱۴-۶ یک اهمتر متغیر رنج را نشان می‌دهد.

در یک آمپر متر دیجیتالی، اگر ولت‌متر آن دارای رنج اتوماتیک باشد (Auto Range) اهمتر آن بجز قطعاً اتورنج خواهد بود.

بنابر رابطه‌ی (۱۴-۱)، اگر $R_s = 10\ \Omega$ باشد مقادیر R_x برابر $10\ \Omega$ می‌شود، از طرفی ماکریسم λ برابر ۱۹۹ است. لذا ولت‌متر می‌تواند مقادیر (R_s) از صفر تا $199/9\Omega$ را با $R_s = 10\ \Omega$ اندازه‌گیرد. اگر به جای یک مقاومت R_s از چندین مقاومت استفاده نماییم می‌توانیم یک اهمتر متغیر رنج



شکل ۱۴-۶-یک اهمتر متغیر رنج دیجیتالی (با استفاده از ولت‌متر)

فراوانی در بازار یافته می‌شوند. نشان‌دهنده‌ها از نوع آند شتری می‌باشند.

ابدا بهتر است یک ولت‌متر DC را ساخته و آن را آزمایش کنید. هنگام آزمایش ابدا یک ولتاژ متغیر، مثلاً ۵۰ میلیولت، را به ورودی اعمال کرده و پتانسیومتر R_s را آن قدر تنیز دهید که عدد ۵۰ روی صفحه‌ی تماش ظاهر گردد. این تنظیم برای همیشه کافی است.

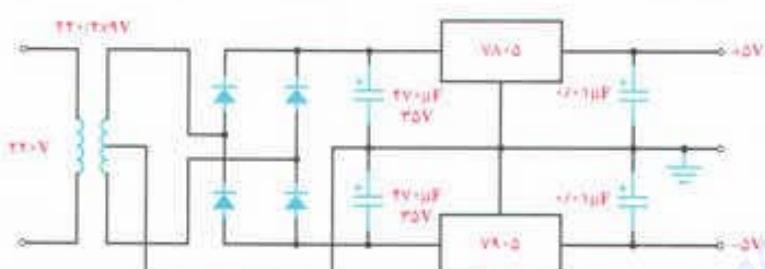
اگر آمپرهای دیجیتالی، دارای رنج اتوماتیک، مجهر به کلیدی هستند که هرگاه بخواهیم می‌توانیم آمپر را از رنج اتوماتیک خارج نماییم و آن را به صورت دستی درآوریم. هر جویانی که مایل به ساختن ولت‌متر دیجیتالی و همچنین آزمایش ولت‌متر متغیر، امپر و اهمتر هستند می‌توانند به کمک مریخ خود نقشه‌ی صفحه‌ی بعد را که مربوط به یک ولت‌متر دیجیتالی است موتاز نمایند. قطعات قید شده در نقشه به

نکته‌ی خیلی مهم

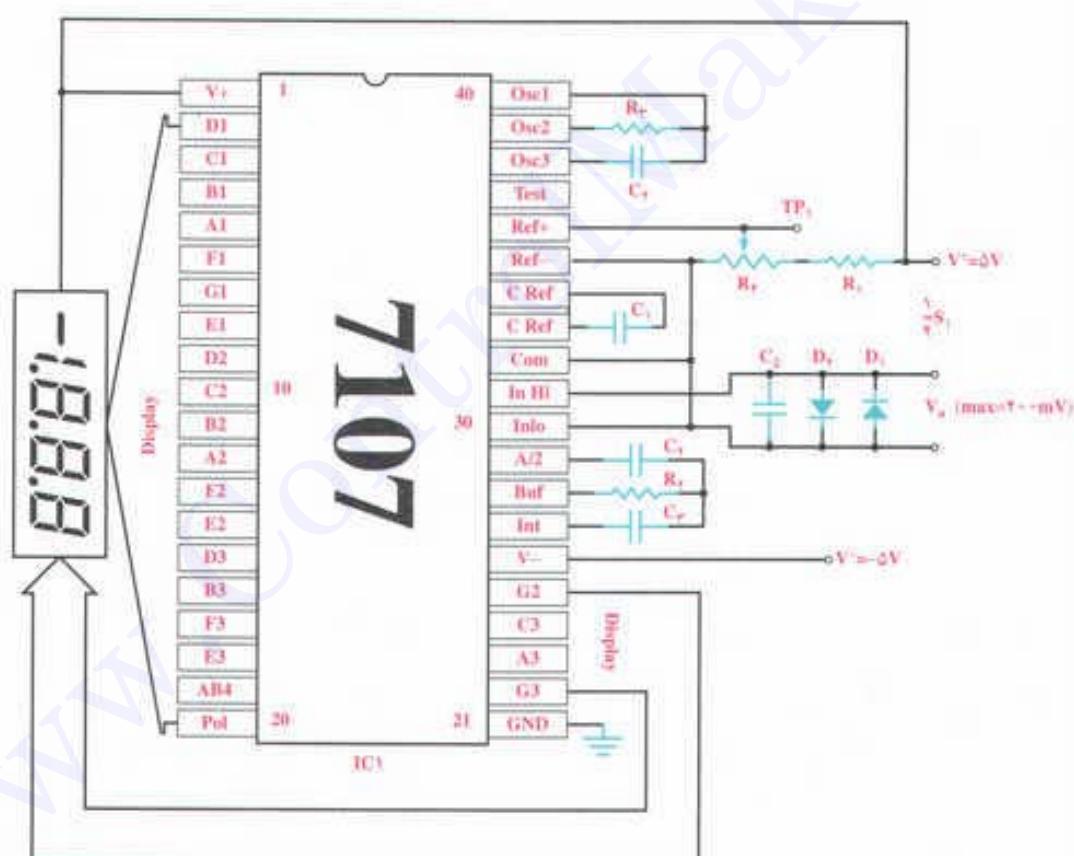
هیچ وقت با ولت‌متری که خودتان ساخته‌اید ولتاژ منع نفذه‌ای را که به IC ولت‌متر شما وصل شده است اندازه نگیرید. در غیر این صورت IC ولت‌متر شما می‌سوزد.

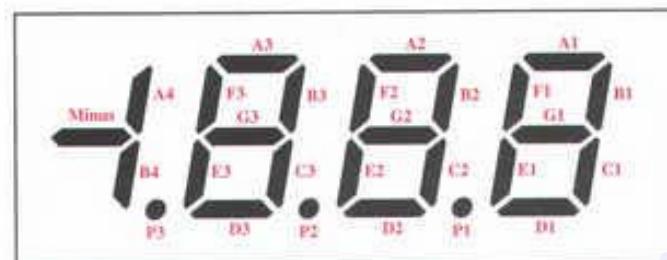
شکل ۷-۱۴- مدار تغذیه این IC را نشان می دهد.
IC ۰۲۱ به بابه ۱ و -۵V به بابه ۲۶ و زمین به بابه ۲۱ درنظر
وصل می شوند.

اگر خواستید با این ولت متر مقاومت های افی از اندازه
پیگرد پایه های ۳۶ و ۳۵ را آزاد و به عنوان پایه هی ۷ درنظر
بگیرید. (۳۵ پایه هی منفی و ۳۶ پایه هی مثبت)



شکل ۷-۱۴- مدار تغذیه ای ولت متر چهارچانلی





PARTS LIST

Resistors

$R_1 = 24\text{ k}\Omega$
 $R_2 = 47\text{ k}\Omega$
 $R_3 = 100\text{ k}\Omega$
 $R_4 = 1\text{ k}\Omega$
 $R_5 = 9\text{ M}\Omega$
 $R_6 = 900\text{ k}\Omega$
 $R_7 = 90\text{ k}\Omega$
 $R_8 = 9\text{ k}\Omega$
 $R_{10} = 1\text{ k}\Omega$
 $R_{11} = 330\text{ k}\Omega$

Capacitors

$C_1 = 0.1\mu\text{F}$
 $C_2 = 0.47\mu\text{F}$
 $C_3 = 0.22\mu\text{F}$
 $C_4 = 100\text{ pF}$
 $C_5 = 0.01\mu\text{F}$

Semiconductors

$D_1 = D_2 = 1N4007$
 $IC_1 = ICL7107$
 Miscellaneous
 Display type: Common anod
 $TP_1 = 100\text{ mV}$

منابع و مأخذ

۱- کتاب الکترونیک عمومی سال سوم نظام قدیم

ناشر: مرکز نشر کتاب‌های درسی ایران

مؤلفان: بهرام خلیج - فتح الله نظریان

۲- کاتالوگ مختلف دستگاه‌های اندازه‌گیری





ISBN 964-05-0264-2
۱۳۸۴

۱۳۸۴

قیمت در تمام کشور: ۵۵۰ ریال