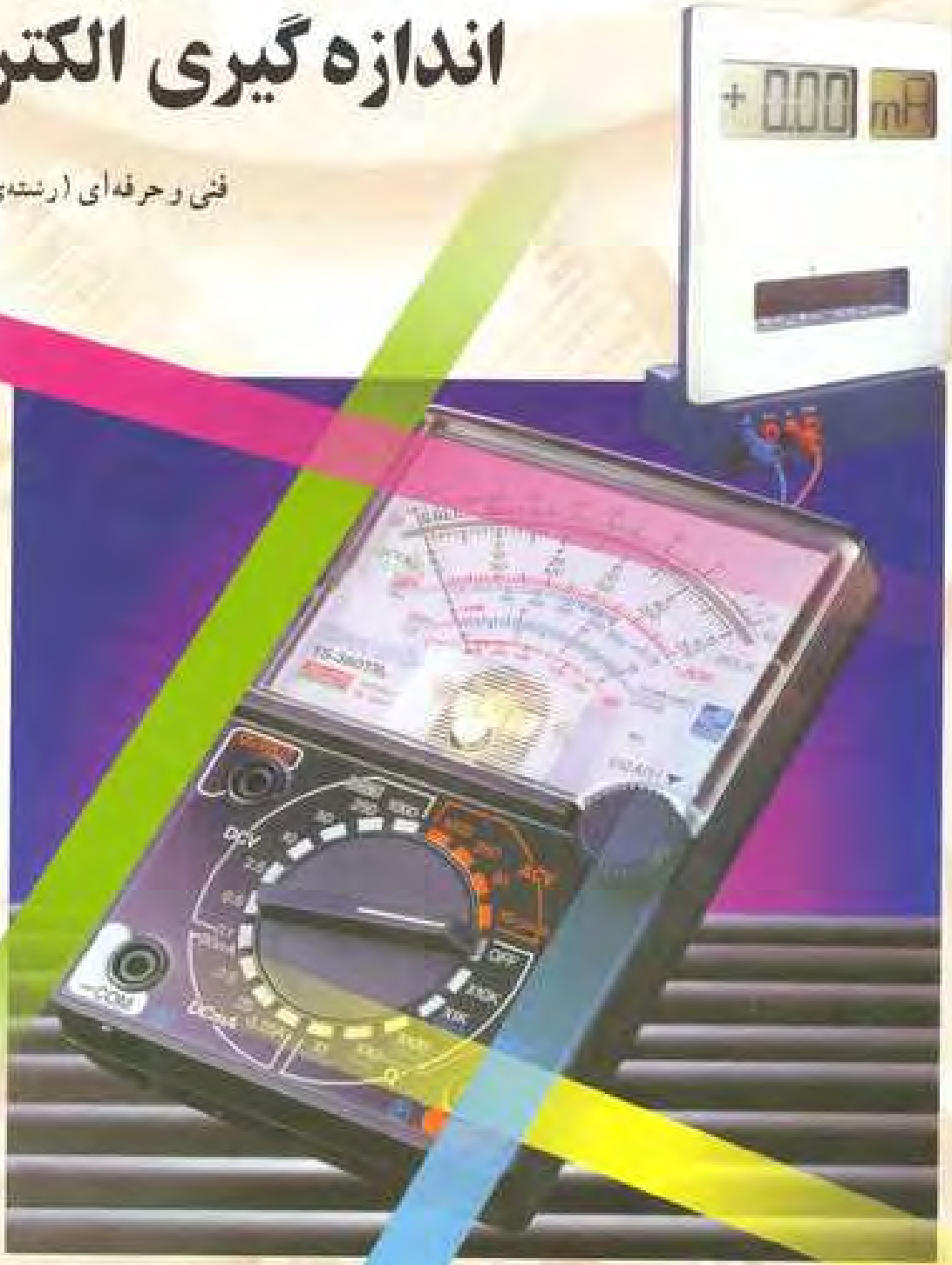
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
تهیه و تحریر است

آزمایشگاه اندازه گیری الکتریکی

فنی و حرفه‌ای (رشته‌ی الکترونیک)



نظام جدید آموزش متوسطه

۳۵۹/۹۴

بسم الله الرحمن الرحیم

آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی

رشته‌ی الکترونیک

زمینه‌ی صنعت

شاخه‌ی آموزش فنی و حرفه‌ای

نظام جدید آموزش متوسطه

شماره‌ی درس ۲۰۹۲

۶۲۱ نظریان، فتح‌الله
/۳۷۴ آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی/ مؤلف: فتح‌الله نظریان. ـ تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های
۰۲۸ درسی ایران، ۱۳۸۴.
آ ۵۱۲ ن ۱۲۸ ص.: مصور. ـ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره‌ی درس ۲۰۹۲)
۱۳۸۴ متون درسی رشته‌ی الکترونیک، زمینه‌ی صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌ی الکترونیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. برق ـ اندازه‌گیری ـ آزمایش‌ها. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌ی الکترونیک. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۸۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شماره‌ی ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

پست الکترونیکی info@tvoccd.sch.ir

آدرس الکترونیکی www.tvoccd.sch.ir

جداول هدف ـ محتوای این کتاب در کمیسیون تخصصی رشته‌ی الکترونیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش تهیه شده و در گردهمایی هنرآموزان منتخب سراسر کشور در مردادماه سال ۱۳۷۹ مورد بررسی و تجدیدنظر قرار گرفته است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب: آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی ـ ۳۵۹/۹۲

مؤلف: فتح‌الله نظریان

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

رسام: مروی فرآزمایشین، مریم دهقان‌زاده

صفحه‌آرا: زهره بهشتی‌شیرازی

طراح جلد: مریم کیوان

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جاده‌ی مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن: ۴ ـ ۶۰۲۶۴۴۱، دورنگار: ۶۰۲۶۴۲۰، صندوق پستی: ۱۳۲۱۵/۱۶۸۴

چاپخانه: انتشارات حکمت

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ پنجم ۱۳۸۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۲-۲۶۴-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0264-2

شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست

سخنی با همکاران

سخنی با هنرجویان

فصل اوّل: شناخت عناصر غیرفعال مورد استفاده در مدارهای الکتریکی (مقاومت اهمی، خازنی، سلفی) و شناخت باتری‌ها ۱

۱ـ مقاومت اهمی ۱

۲ـ خازن ۸

۳ـ سلف ۱۱

۴ـ پیل‌ها و باتری‌ها ۱۴

فصل دوم: شناخت و کاربرد آوومتر عقربه‌ای ۲۱

فصل سوم: شناخت و کاربرد آوومتر دیجیتالی ۳۰

فصل چهارم: توسعه‌ی حدود اندازه‌گیری گالوانومتر (ولت‌متر) ۳۸

فصل پنجم: توسعه‌ی حدود اندازه‌گیری گالوانومتر (آمپرمتر) ۴۳

فصل ششم: شناخت و کاربرد سیگنال ژنراتور صوتی (AF)، فرکانس‌متر دیجیتالی و فانکشن ژنراتور ۴۷

فصل هفتم: روش‌های اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی ۵۶

فصل هشتم: کاربرد دستگاه پل LCR ۶۱

فصل نهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت اوّل) ۶۸

فصل دهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت دوم) ۷۷

فصل یازدهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت سوم) ۹۳

فصل دوازدهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت چهارم) ۱۰۳

فصل سیزدهم: کاربرد اسیلوسکوپ (قسمت پنجم) ۱۱۲

فصل چهاردهم: ساختمان آوومتر دیجیتالی ۱۲۳

منابع و مآخذ ۱۲۸

سخنی با همکاران

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

همان‌طور که می‌دانید، یکی از نقاط ضعف هنرجویان رشته‌ی برق و الکترونیک، در کلیه‌ی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها، آشنا نبودن آن‌ها با دستگاه‌های اندازه‌گیری و کاربرد صحیح آن‌هاست در حالی که مهم‌ترین مسئله در آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها، همین اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی است. لذا ضروری است که کلیه‌ی هنرجویان در یک آزمایشگاه اختصاصی، دستگاه‌های اندازه‌گیری متداول را بشناسند و کاربرد صحیح آن‌ها را عملاً تجربه کنند. این امر، جزء یکی 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 وسایل مشابه استفاده شود؛ به‌عنوان مثال، هر جا که نیاز به ولتاژ AC بوده از یک ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V و هر جا به ولتاژ DC نیاز بوده از یک منبع تغذیه‌ی ۳۰۷ – ۰ استفاده کرده‌ایم. این امر سبب می‌شود درصد زیادی از مشکلات شما در تهیه وسایل آزمایشگاهی کاسته شود. شما نیز به منظور دسترسی آسان به تجهیزات، در صورت امکان، وسایل آزمایشگاهی را روی میز آزمایشگاه نصب کنید.

۲. آزمایش‌ها طوری تدوین شده‌اند که به سادگی می‌توان آن‌ها را در آزمایشگاه الکترونیک عمومی اجرا کرد. از این رو عملاً فضایی به نام آزمایشگاه اندازه‌گیری مورد نیاز نیست.

۳. تدوین آزمایش‌ها بر مبنای کتاب درسی اصول اندازه‌گیری صورت گرفته و مکمل آن برای رشته‌ی الکترونیک است.

۴. توصیه می‌شود که مربی درس تئوری اصول اندازه‌گیری و آزمایشگاه اصول اندازه‌گیری یک نفر باشند، تا تطبیق مطالب تئوری و عملی به نحو مطلوب صورت گیرد.

۵. در بعضی از آزمایش‌ها، برحسب ضرورت، نیاز به محاسبات ریاضی است؛ لذا توصیه می‌شود هنرجویان را راهنمایی کنید تا عادت کنند قبل 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 اتلاف وقت آنان در آزمایشگاه جلوگیری می‌شود.

۶. در ابتدای هر نیم‌سال تحصیلی، کلیه‌ی وسایل مورد نیاز هر سیزده آزمایش را تهیه کنید و آن‌ها را تحویل انبار آزمایشگاه دهید، تا در خلال انجام آزمایش‌ها، به علت کمبود قطعه و یا وسایل، دچار مشکل نشوید.

۷. در حال حاضر چون اکثر هنرستان‌های کشور بیش از ۹۰ درصد از دستگاه‌ها و قطعات مورد نیاز خود را در اختیار دارند، لذا لازم است در ابتدای ترم، کلیه‌ی دستگاه‌ها مورد بازبینی قرار گیرد و آماده کار شود.

۸. در تدوین آزمایش‌ها سعی شده است دستگاه‌هایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند که از نظر فراوانی و کاربرد عمومیت داشته باشند.

۹. با توجه به حساس 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 توان مصرفی دستگاه‌های اندازه‌گیری کم است، در حد امکان سعی شود برق اصلی آزمایشگاه، توسط ترانسفورماتور ۲۲۰/۲۲۰۷ از شبکه‌ی اصلی جدا گردد تا خطر برق گرفتگی احتمالی، به حداقل برسد.

۱۱. در متن کتاب هر یک از آزمایش‌ها با عنوان کار عملی شماره ... مشخص شده‌اند. مراحل انجام آزمایش‌ها نیز به‌ترتیب و به صورت مرحله به مرحله بیان شده است.

۱۲. سؤالات داده شده، در ارتباط با تحلیل آزمایش‌های انجام شده توسط هنرجویان است؛ لذا آنان را در این مورد راهنمایی کنید تا در هر آزمایش، مراحل را با دقت کافی اجرا کنند.

۱۳. جلسه‌ی اول آزمایشگاه را به امور آشنایی هنرجویان با آزمایشگاه، مسائل ایمنی، چگونگی دریافت وسایل از انبار، آشنایی با پرده پُرد یا پُرد آزمایشگاهی و از همه مهم‌تر تهیه‌ی گزارش کار و نحوه‌ی نوشتن آن اختصاص دهید.

۱۴. در بعضی از آزمایش‌ها، به دلیل آشنا نبودن هنرجویان با برخی از وسایل و دستگاه‌ها، قید شده است که «با کمک مربی آزمایشگاه انجام گیرد.» رعایت این مسأله نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۱۵. به اقتضای نوع آزمایش، سؤالاتی در متن آزمایش و یا در پایان آن آورده شده‌اند. لازم است از هنرجویان بخواهید تا در گزارش کار، به تمامی سؤالات پاسخ دهند. در ضمن بعد از تصحیح گزارش کار، گزارش کارها را به هنرجویان عودت دهید.

در پایان موفقیت شما همکاران ارجمند را از خداوند متعال خواستاریم.

با تشکر ــ مؤلف

سخنی با هنرجویان

هنرجویان گرامی! درس «آزمایشگاه اندازه‌گیری الکتریکی» یکی از درس‌های مهم شما در رشته‌ی الکترونیک است ؛ و این کتاب برای درک بهتر این درس تألیف شده است. اساساً باید بدانید که موفقیت شما در رشته‌ی الکترونیک بستگی به تسلط شما بر دستگاه‌های اندازه‌گیری دارد ؛ چرا که در هر آزمایشگاه یا کارگاه برای انجام آزمایش‌ها نیاز به اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی همچون مقاومت اهمی، جریان، ولتاژ و ... دارید.

اکنون به منظور بهره‌برداری هر چه بیش‌تر از کتاب، توجهتان را به نکات زیر جلب می‌کنیم :

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

۲. قبل از ورود به آزمایشگاه، متن کامل آزمایش‌ها را دقیقاً مطالعه کنید و چنانچه نیاز به محاسبه‌ی بعضی از پارامترها باشد، سعی کنید آن‌ها را در منزل انجام دهید تا وقتی وارد آزمایشگاه می‌شوید بدانید که آزمایش چیست؟ چه هدفی را دنبال می‌کند و به کجا ختم می‌شود.

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

۴. قبل از شروع آزمایش وسایل موردنیازی را که در ابتدای هر آزمایش نوشته شده است با وسایل موجود تطبیق دهید و کسری‌های آن را تأمین کنید.

۵. دستگاه‌های اندازه‌گیری بسیار حساس‌اند، مواظب باشید در هنگام حمل و نقل به آن‌ها ضربه وارد نشود و صدمه نبینند، زیرا اگر یک آومتر عقربه‌ای از روی میز و یا از دست شما به زمین بیفتد ممکن است به شدت آسیب ببیند و دیگر قابل استفاده نباشد.

۶. سعی کنید پاسخ سؤالات داده شده را در خلال آزمایش به‌دست آورید.

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

۸. به شعار «اول ایمنی، بعد کار» در آزمایشگاه توجه کنید. چنانچه وسایلی 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 شما هنرجویان عزیز، آرزوی موفقیت می‌کنیم.

با تشکر ــ مؤلف

هدف کلی درس

شناخت قطعات الکترونیکی و کاربرد صحیح دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی و شناخت دستگاه‌های اندازه‌گیری متداول در برق و الکترونیک.

فصل اوّل

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

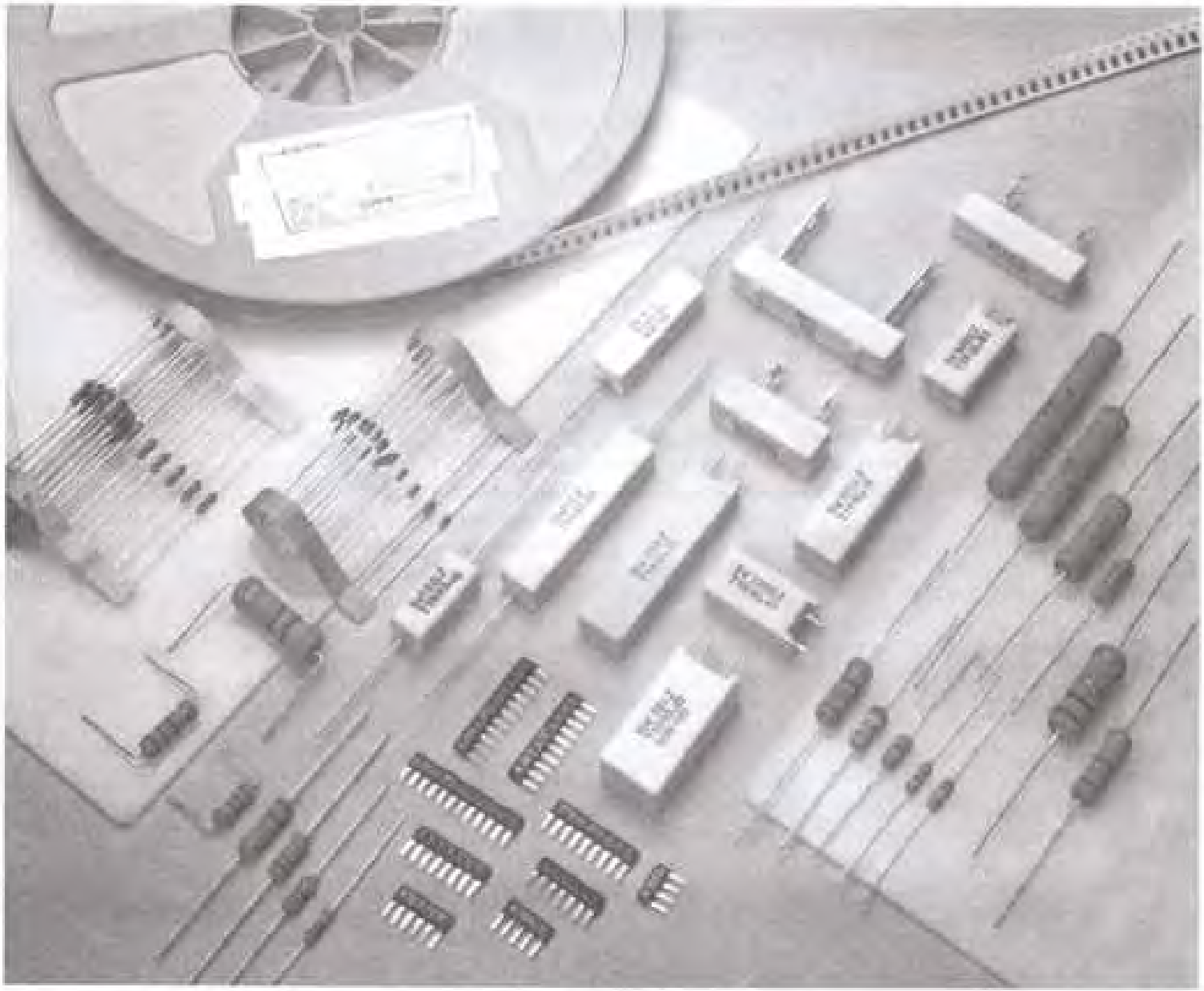
هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:

- انواع مقاومت‌های الکتریکی را از نظر تغییر مقاومت توضیح دهد.
- کد رنگی مقاومت‌ها را توضیح دهد.
- مقاومت خطی و غیرخطی را تعریف کند.
- ساختمان مقاومت‌های متغیر را توضیح دهد.
- مقدار مقاومت‌ها و تلرانس‌های استاندارد را بخواند.
- مقاومت‌های تابع نور را توضیح دهد.
- مقاومت‌های تابع حرارت را توضیح دهد.
- خازن را تعریف کند.
- خازن‌های الکترولیتی و سرامیکی را از یکدیگر تشخیص دهد.
- ظرفیت خازن‌های سرامیکی را بخواند.
- سلف را تعریف کند.
- فرق سیم‌های لاکی و غیرلاکی را توضیح دهد.
- باتری را تعریف کند.
- انواع باتری‌ها را از یکدیگر تمیز دهد.

۱ــ مقاومت اهمی

تعریف مقاومت اهمی را در درس مبانی برق و الکترونیک عمومی یاد گرفته‌اید. در اینجا به موارد کاربرد مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی و همچنین انواع مقاومت‌ها و مشخصات آن‌ها خواهیم پرداخت.

در شکل ۱ــ۱ تعدادی از مقاومت‌های پرکاربرد در مدارهای الکترونیکی نشان داده شده‌اند.



(الف)

(ب)

شکل ۱ـ۱ـ الف ـ نمونه‌هایی از مقاومت‌های قابل استفاده در مدارات الکترونیکی
ب ـ علامت فنی مقاومت اهمی

۱ـ۱ـ کاربرد مقاومت‌های اهمی

مقاومت‌های اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی نقش‌هایی به شرح زیر دارند:

الف ـ محدود کردن جریان در مدار و ایجاد افت ولتاژ در نقاط مختلف مدارها

ب ـ ایجاد حرارت

ج ـ تعیین مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی

د ـ تطابق ولتاژ بین دو طبقه در تقویت‌کننده‌ها

هـ ـ تعیین بهره‌ی ولتاژ و جریان در تقویت‌کننده‌ها

و ــ تعیین بهنای باند و فرکانس قطع در تقویت کننده‌ها و فیلترها و موارد مشابه. (موارد ج تا و را در درس الکترونیک عمومی ۲ به‌طور مفصل می‌خوانید)

۲ــ۱ــ انواع مقاومت‌های اهمی

به‌طور کلی مقاومت‌ها را می‌توان از نظر کاربرد به سه دسته‌ی کلی : ثابت، متغیر و تابع عوامل فیزیکی تقسیم کرد.

۱ــ۲ــ۱ــ مقاومت‌های ثابت : مقاومت‌های ثابت، همان‌طور که از اسم آن‌ها برمی‌آید، مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها ثابت است و تابع عواملی چون دما، فرکانس، میدان مغناطیسی، نور، ولتاژ، رطوبت و ... نیستند. شکل ۲ــ۱ یک نمونه از مقاومت ثابت را نشان می‌دهد.

۱ــ۱ــ۲ــ۱ــ مشخصه‌های مقاومت ثابت

الف ــ مقدار مقاومت : مقدار مقاومت غالباً به‌وسیله‌ی نوارهای رنگی که روی مقاومت وجود دارد مشخص می‌شود و با این که آن را به‌صورت عدد بر روی آن می‌نویسند.

ب ــ مقدار خطا : مقاومت‌های ساخته شده، از نظر مقدار، همواره با خطا همراه‌اند، که مقدار خطا، بر روی بدنه‌ی مقاومت نوشته می‌شود. کنترل عوامل مؤثر بر روی مقدار مقاومت در حین ساخت به‌طور دقیق ممکن نیست، اما هر چه کنترل مراحل ساخت دقیق‌تر باشد، خطای نهایی مقاومت تولید شده کمتر خواهد بود.

ج ــ ماکزیمم حرارت مجاز : بیش‌ترین حرارتی را که ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده‌ی مقاومت می‌توانند تحمل کنند و تغییر ماهیت ندهند، ماکزیمم حرارت مجاز مقاومت می‌نامند. این مقدار برای مقاومت‌های غیرسیمی حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

د ــ ماکزیمم قدرت تلف شده : انرژی اعمال شده به مقاومت، تماماً به انرژی حرارتی تبدیل و بدین صورت تلف می‌شود. قدرت تلف شده در مقاومت از حاصل ضرب ولتاژ در جریان مقاومت به‌دست می‌آید (رابطه‌ی ۱ــ۱).

$$P_{تلف} = U.I \text{ وات} \qquad (۱ــ۱)$$

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

هر مقاومت برای تحمل یک توان مشخص ساخته می‌شود. رایج‌ترین توان‌های یک مقاومت ساخته شده به صورت $\frac{۱}{۱۶}$ ، $\frac{۱}{۸}$ ، $\frac{۱}{۴}$ ، $\frac{۱}{۲}$ ، ۱، ۲، ۳ و ۵ وات هستند.

ماکزیمم قدرت تلف شده‌ی یک مقاومت را می‌توان از روی ابعاد فیزیکی آن مقاومت تشخیص داد.

هـ ــ ماکزیمم افت ولتاژ DC : در مقاومت‌های با مقدار زیاد، ماکزیمم افت ولتاژ DC مجاز، از مهم‌ترین پارامترهای مقاومت محسوب می‌شود. برای مثال اگر بخواهیم افت ولتاژ DC

شکل ۲ــ۱ــ یک نمونه از مقاومت ثابت

مجاز را در یک مقاومت یک مگااهمی یک وات به دست آوریم از رابطه‌ی ۲ـ۱ استفاده می‌کنیم.

$$P = \frac{U^2}{R} \qquad (۱ـ۲)$$

$$U = \sqrt{P.R} = \sqrt{۱ \times ۱۰۰۰۰۰۰} = ۱۰۰۰V$$

روشن است که در عمل چنین ولتاژی را نمی‌توان به مقاومت اعمال کرد زیرا در این صورت ممکن است به علت ایجاد میدان الکتریکی ناشی از این ولتاژ، در اطراف مقاومت جرقه زند.

و ـ ضریب حرارتی : تأثیر حرارت بر روی مقدار مقاومت را با ضریبی که ضریب حرارتی نامیده می‌شود مشخص می‌کنند. هر قدر ضریب حرارتی یک مقاومت به صفر نزدیک‌تر باشد، نمایشگر این است که حرارت بر روی مقدار مقاومت تأثیر کم‌تری دارد. ضریب حرارتی ممکن است مثبت یا منفی باشد.

ز ـ ماکزیمم فرکانس کار : ماکزیمم فرکانسی را که به مقاومت اعمال می‌شود ولی مقاومت، در برابر آن از خود خاصیت سلفی یا خازنی نشان نمی‌دهد، ماکزیمم فرکانس کار مقاومت می‌نامند.

ح ـ قابلیت لحیم‌کاری : گرمای تولید شده‌ی ناشی از لحیم‌کاری، می‌تواند مقدار یک مقاومت را تغییر دهد. بویژه اگر مدت لحیم‌کاری محدود نشود ـ مخصوصاً برای مقاومت‌های با وات کم (مقاومت‌های میناتوری) ـ این تغییر می‌تواند زیاد باشد.

زمان لحیم‌کاری را می‌توان به وسیله‌ی تمیز کردن سطوح لحیم‌کاری کوتاه کرد. قلع‌کاری پایه‌ها نیز زمان لحیم‌کاری را کوتاه می‌کند. این عمل اکثراً به‌وسیله‌ی سازندگان مقاومت صورت می‌گیرد.

زمان لحیم‌کاری مناسب برای مقاومت‌ها در ثانیه در دمای ۲۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و ماکزیمم آن پانزده ثانیه، در همین دما، است.

۲ـ۱ـ۲ـ۱ـ مقدار مقاومت : هر مقاومت دارای یک مقدار ثابت، همراه با درصدی خطاست. مثلاً مقدار قابل قبول یک مقاومت ۱۰ اهم، با تلرانس ۱۰٪±، از ۹ تا ۱۱ اهم است. پس اگر نیاز به یک مقاومت ۹/۵ اهم داشته باشیم می‌توانیم از یک مقاومت ۱۰Ω ± ۱۰٪ استفاده کنیم. در بسیاری از مدارهای الکتریکی و الکترونیکی درصدی از تلرانس قابل قبول است. از طرفی برای دستگاه‌های خاص، مقاومت‌هایی با تلرانس بسیار کم می‌سازند. اگر تلرانس را ۲۰ درصد در نظر بگیریم، یک دهه مقاومت (از یک تا ده) به شش قسمت تقسیم می‌شود و اگر مقدار خطا را ۱۰ درصد درنظر بگیریم، یک دهه به دوازده قسمت و چنانچه تلرانس را ۵ درصد در نظر بگیریم، یک دهه مقاومت به ۲۴ قسمت تقسیم می‌شوند.

مقاومت‌های با مقدار خطای ۲۰٪ را سری E_6، با خطای ۱۰٪ را سری E_{12} و با خطای ۵٪ را سری E_{24} می‌نامند. جدول ۱ـ۱ تقسیم‌بندی یک دهه را برای این سه سری نشان می‌دهد.

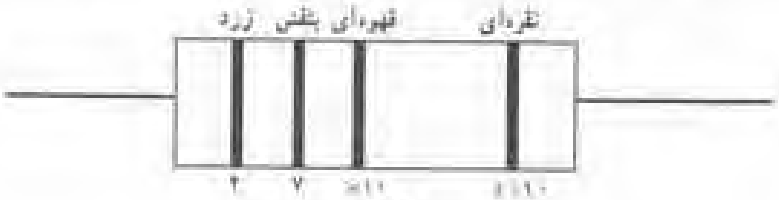
با دانستن جدول تقسیم‌بندی یک دهه می‌توان مقاومت‌های استاندارد را به‌دست آورد.

برای مثال با دانستن عدد ۴/۷ در هر سه سری، می‌توان پی برد که مقاومت‌های ۴/۷Ω، ۴۷Ω، ۴۷۰Ω، ۴/۷kΩ، ۴۷kΩ، ۴۷۰kΩ و ۴/۷MΩ در هر سه سری موجودند.

مقدار یک مقاومت و تلرانس آن را معمولاً با نوارهای رنگی روی بدنه‌ی آن مشخص می‌کنند. تعداد نوارهای رنگی برای استاندارد سری E_6، E_{12} و E_{24} چهار عدد است که نوار اول و دوم عدد صحیح، نوار سوم ضریب و نوار چهارم تلرانس مقاومت را مشخص می‌کنند. مثلاً مقدار مقاومت در شکل ۳ـ۱ برابر ۴۷۰Ω با مقدار خطای ۱۰٪ است.

سری E_{24}	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۸	۲	۲/۲	۲/۴	۲/۷	۳/۰	۳/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۳	۴/۷	۵/۱	۵/۶	۶/۲	۶/۸	۷/۵	۸/۲	۹/۱
سری E_{12}	۱/۰		۱/۲		۱/۵		۱/۸		۲/۲		۲/۷		۳/۳		۳/۹		۴/۷		۵/۶		۶/۸		۸/۲	
سری E_6	۱/۰				۱/۵				۲/۲				۳/۳				۴/۷				۶/۸			

جدول ۱ـ۱ـ تقسیم‌بندی یک دهه برای سه سری استاندارد



شکل ۳ـ۱

جدول ۲ـ۱ بیانگر استاندارد کد نوارهای رنگی است.

رنگ	اعداد صحیح		ضریب	تلرانس
	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم
سیاه	ـ	ـ	×۱	ـ
قهوه‌ای	۱	۱	×۱۰	ـ
قرمز	۲	۲	×۱۰۰	ـ
نارنجی	۳	۳	×۱۰۰۰	ـ
زرد	۴	۴	×۱۰kΩ	ـ
سبز	۵	۵	×۱۰۰kΩ	ـ
آبی	۶	۶	×۱۰۰۰kΩ	ـ
بنفش	۷	۷	ـ	ـ
خاکستری	۸	۸	ـ	ـ
سفید	۹	۹	ـ	ـ
طلایی	ـ	ـ	×۰/۱	۵٪
نقره‌ای	ـ	ـ	×۰/۰۱	۱۰٪
بی‌رنگ	ـ	ـ	ـ	۲۰٪

جدول ۲ـ۱ـ 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 یا R برای اهم، K برای کیلواهم و M برای مگااهم مشخص می‌کنند، سپس تلرانس آن را با M برای ۲۰ درصد، K برای ۱۰ درصد و J برای ۵ درصد مشخص می‌کنند. در زیر چند نمونه از این روش آمده است.

۱۰RJ = ۱۰Ω±٪۵

۲K۲K = ۲/۲KΩ±٪۱۰

۶MAJ = ۶/۸MΩ±٪۵

۳۳KK = ۳۳KΩ±٪۱۰

۲۷۰RM = ۲۷۰Ω±٪۲۰

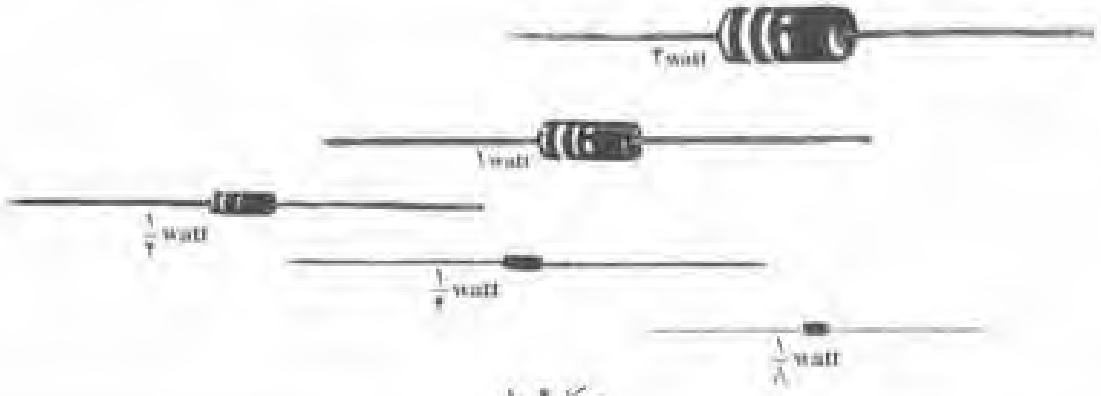
۳ـ۱ـ۲ـ۱ـ توان قابل تحمل[1] با توجه به ابعاد مقاومت: ماکزیمم قدرت تلف شده در یک مقاومت بستگی به سطح تماس مقاومت با هوای محیط دارد. هر قدر ابعاد مقاومت بیش‌تر باشد توان بیش‌تری را می‌تواند تحمل کند.

شکل ۲ـ۱، پنج 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 ۵ـ۱ نمونه‌هایی از این نوع مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.

۲ـ۲ـ۱ـ مقاومت‌های متغیر: مقاومت‌های متغیر، مقاومت‌هایی هستند که مقدار مقاومتشان را می‌توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه‌ی محور متحرک آن‌ها تنظیم کرد. شکل ۶ـ۱ چند نمونه از مقاومت متغیر را نشان می‌دهد.

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



شکل ۲ـ۱

۱ـ Wattage (واتیج)، توان قابل تحمل یا توان مجاز مقاومت که در حدل بیش‌تر واتیج گفته می‌شود.

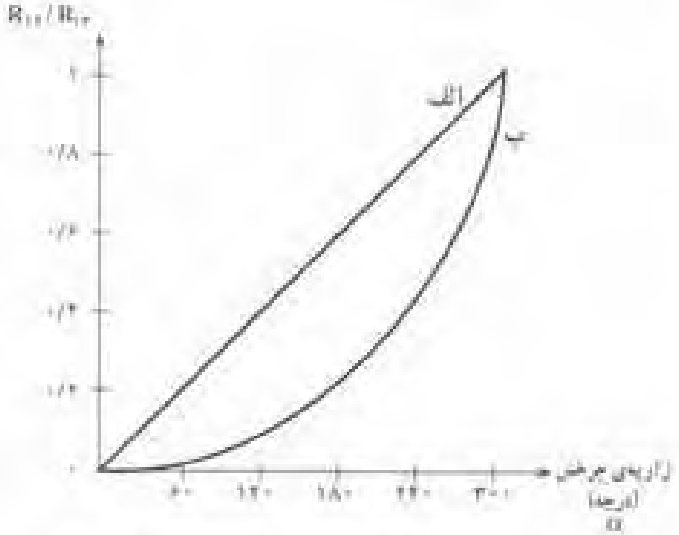
شکل ۵ـ۱ـ نمونه‌هایی از مقاومت‌های پروات ثابت

شکل ۶ـ۱ـ نمونه‌هایی از مقاومت‌های متغیر

ترمینال متغیر به انتهای لغزنده متصل است و این انتهای لغزنده می‌تواند به وسیله‌ی گردش محور بر روی لایه‌ی کربن حرکت کند و مقدار مقاومت این ترمینال را نسبت به ترمینال‌های ثابت تغییر دهد. علامت فنی مقاومت متغیر در شکل ۷ـ۱ نشان داده شده است.

شکل ۷ـ۱ـ علامت فنی مقاومت متغیر

تغییر مقاومت بین ترمینال ۲ و ۱ و یا ۲ و ۳ نسبت به تغییرات محور می‌تواند خطی باشد؛ در این صورت مقاومت متغیر را مقاومت متغیر خطی می‌نامند. همچنین تغییرات مقاومت، نسبت به تغییرات محور می‌تواند غیرخطی (مثلاً لگاریتمی) باشد. در شکل ۸ـ۱ منحنی الف مربوط به یک مقاومت خطی و منحنی ب مربوط به یک مقاومت لگاریتمی است.



شکل ۸ـ۱ـ منحنی تغییرات مقدار مقاومت نسبت به زاویه‌ی چرخش محور
الف ـ مقاومت متغیر خطی و ب ـ مقاومت متغیر لگاریتمی

۳ـ۲ـ۱ـ مقاومت‌های تابع حرارت (ترمیستور):

مقاومت تابع حرارت یا ترمیستور به مقاومت‌هایی گفته می‌شود که مقدار مقاومتشان تابع حرارت است. تأثیر حرارت بر روی مقدار مقاومت به دو صورت ظاهر می‌شود: دسته‌ای از ترمیستورها که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می‌یابد و به آن‌ها ترمیستورهای یا ضریب حرارتی منفی یا ترمیستورهای N.T.C[۱] گفته می‌شود.

۱ـ N.T.C = Negative Temperature Coefficient

ترمیستورهای N.T.C اکثراً به شکل‌های دیسکی و استوانه‌ای ساخته می‌شوند. شکل ۹ـ۱ چند نمونه ترمیستور N.T.C و علامت فنی آن را نشان می‌دهد.

علامت فنی N.T.C

شکل ۹ـ۱ـ نمونه‌هایی از مقاومت‌های تابع حرارت

دسته‌ی دیگری از ترمیستورها وجود دارند که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومتشان افزایش می‌یابد و به آن‌ها ترمیستورهای با ضریب حرارتی مثبت یا ترمیستورهای P.T.C [1] گفته می‌شود.

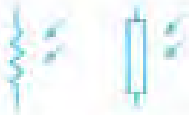
در شکل ۱۰ـ۱ دو نمونه مقاومت P.T.C همراه با علامت فنی آن نشان داده شده‌اند.

۴ـ۲ـ۱ـ مقاومت تابع نور: مقاومت تابع نور[2] (L.D.R) یا فتورزیستور[3] به مقاومتی اطلاق می‌شود که با تغییرات نور تابانیده شده به سطح آن، مقدار مقاومت آن تغییر کند. به‌عبارت دیگر، مقاومت تابع نور، مقاومتی است که مقدار آن، در هر لحظه، بستگی به مقدار نوری دارد که به سطح آن تابانیده شده است. شکل ۱۱ـ۱ نمای ظاهری و علامت فنی این نوع مقاومت را نشان می‌دهد.

الف ـ علامت فنی P.T.C

ب ـ شکل ظاهری

شکل ۱۰ـ۱ـ دو نمونه از مقاومت‌های P.T.C همراه با علامت فنی آن



ب ـ علامت فنی مقاومت تابع نور

الف ـ نمای ظاهری مقاومت تابع نور

شکل ۱۱ـ۱

۱ـ P.T.C = Positive Temperature Coefficient

۲ـ Light Dependant Resistor

۳ـ Photo resistor

۲ــ خازن

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

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

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

۱ــ۲ــ مشخصات خازن

۱ــ۱ــ۲ــ ظرفیت خازن: نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به ولتاژ آن را ظرفیت خازن می‌نامند. (رابطه‌ی ۳)، ظرفیت خازن را بیان می‌کند.

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{\text{بار الکتریکی ذخیره شده}}{\text{ولتاژ دو سر خازن}} \quad \text{فاراد} \qquad (۳ــ۱)$$

مهم‌ترین مشخصه‌ی خازن ظرفیت آن است؛ بنابراین ظرفیت هر خازن همواره بر روی بدنه‌ی آن نوشته می‌شود.

۲ــ۱ــ۲ــ ولتاژ کار: ماکزیمم ولتاژی که به دو سر خازن اعمال می‌شود تا آن حد مولکول‌های عایق درون خازن شکسته نشوند، ولتاژ بلاتریاسیون یا ولتاژ کار نامیده می‌شود. معمولاً همراه ظرفیت، ولتاژ کار خازن نیز بر روی بدنه نوشته می‌شود.

۳ــ۱ــ۲ــ ضریب حرارتی: ظرفیت خازن به عوامل مختلفی بستگی دارد که یکی از آن‌ها حرارت است. وابستگی ظرفیت خازن به حرارت را ضریب حرارتی خازن می‌گویند.

۴ــ۱ــ۲ــ ماکزیمم فرکانس کار: با افزایش فرکانس، راکتانس خازن کم می‌شود.

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C} \qquad (۴ــ۱)$$

کاهش در امپدانس خازن، در عمل، تا فرکانس معینی روی می‌دهد و معمولاً از این فرکانس به بالا اثر سلفی صفحات خازن ظاهر می‌شود و امپدانس خازن افزایش می‌یابد. این فرکانس را فرکانس کارخازن می‌گویند.

۵ــ۱ــ۲ــ ضریب تلفات خازن: ضریب تلفات خازن به‌صورت (رابطه‌ی ۵) تعریف می‌شود:

$$D = \frac{1}{2\pi.f.C.R} \quad \text{ضریب تلفات خازن} \qquad (۵ــ۱)$$

در (رابطه‌ی ۵ــ۱)، R مقاومت اهمی صفحات خازن و C ظرفیت آن است.

۶ــ۱ــ۲ــ ماکزیمم درجه حرارت مجاز: به حداکثر دمایی که در آن عایق خازن تغییر حالت ندهد و خاصیت عایقی آن از بین نرود ماکزیمم درجه حرارت مجاز گفته می‌شود.

۲ــ۲ــ انواع خازن‌ها

۱ــ۲ــ۲ــ خازن‌های الکترولیتی: در میان خازن‌ها بیش‌ترین ظرفیت را خازن‌های الکترولیتی دارند. این ظرفیت زیاد ناشی از به کار بردن یک لایه‌ی دی‌الکتریک نازک با ضخامت تقریبی یک نانومتر است. در عمل چنین لایه‌ای را به‌وسیله‌ی اکسیداسیون آندی یک فلز مناسب تهیه می‌کنند.

خازن‌های الکترولیتی اکثراً قطبی و دارای آند و کاتد هستند؛ بنابراین باید توجه داشت که در حین کار، دو قطب آن‌ها جابه‌جا نصب نشود. در صورت اشتباه متصل کردن دو قطب خازن الکترولیتی، واکنش‌های الکتروشیمیایی درون خازن روی می‌دهد و خازن معیوب می‌شود. شکل ۱۲ــ۱ تعدادی خازن الکترولیتی را نشان می‌دهد.

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

۲ــ۲ــ۲ــ 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 فیزیکی زیاد هستند و در ولتاژهای زیاد کاربرد دارند.

الف ــ علامت فنی خازن

ب ــ شکل ظاهری

شکل ۱۲ــ۱ــ نمونه‌هایی از خازن‌های الکترولیتی صنعتی با علامت فنی خازن

۲ــ۲ــ۲ــ خازن‌های سرامیکی: این نوع خازن‌ها اکثراً به صورت دیسکی (عدسی) تولید می‌شوند. از مزایای این نوع خازن‌ها ولتاژ کار زیاد است. ظرفیت خازن‌های سرامیکی معمولاً بین ۱۰۰PF تا ۰/۱μF است. شکل ۱۳ــ۱ نمونه‌هایی از این خازن‌ها را نشان می‌دهد.

۲ــ۲ــ۳ــ خازن‌های متغیر: ظرفیت خازن را می‌توان با تغییر سه عامل تغییر داد:

الف ــ تغییر فاصله‌ی صفحات

ب ــ تغییر سطح صفحات

ج ــ تغییر نوع دی الکتریک.

از سه روش فوق رایج‌ترین روش، تغییر سطح مؤثر صفحات است. شکل ۱۴ــ۱ یک نمونه خازن متغیر را نشان می‌دهد.

در یک خازن متغیر دو نوع صفحه وجود دارد:

الف ــ صفحات ثابت

ب ــ صفحات متغیر

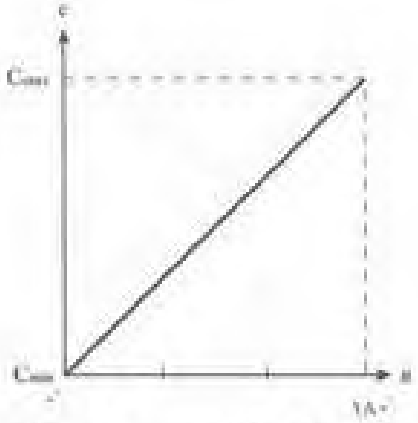
محور خازن، به صفحات متغیر، متصل است.

با چرخاندن محور می‌توان صفحات متغیر را درون صفحات ثابت قرار داد و بدین ترتیب سطح مؤثر صفحات خازن و ظرفیت آن را افزایش داد. ماکزیمم زاویه‌ی چرخش محور در خازن‌های متغیر ۱۸۰ درجه است. بدین ترتیب باید گفت:

دی‌الکتریک خازن متغیر شکل ۱۴ــ۱ هواست. ظرفیت خازن در هر زمان بستگی به زاویه‌ی محور دارد یعنی می‌توان با تغییر زاویه‌ی محور ظرفیت خازن را کم و زیاد کرد. شکل صفحات خازن متغیر شکل ۱۴ــ۱ نیم‌دایره است؛ بنابراین تبعیت ظرفیت خازن به زاویه‌ی محور خطی است (شکل ۱۵ــ۱).

در یک دستگاه رادیو، یا به‌طور کلی در گیرنده‌های رادیویی، خازن متغیر است که فرکانس ایستگاه رادیویی را تنظیم می‌کند. بنابراین برای داشتن یک کنترل خطی روی فرکانس، باید صفحات

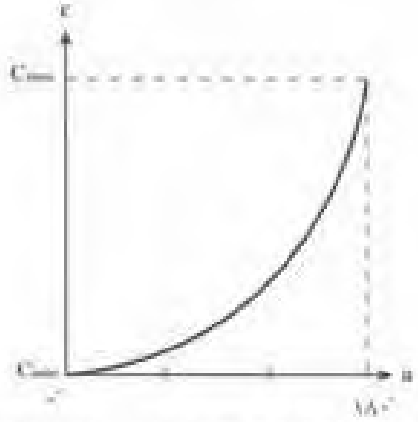
شکل ۱۳ـ۱ـ نمونه‌هایی از خازن سرامیکی



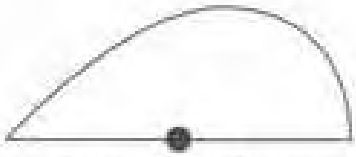
الف ـ منحنی تغییرات ظرفیت خازن برحسب چرخش صفحات متغیر

ب ـ شکل صفحات متغیر خازن

شکل ۱۵ـ۱

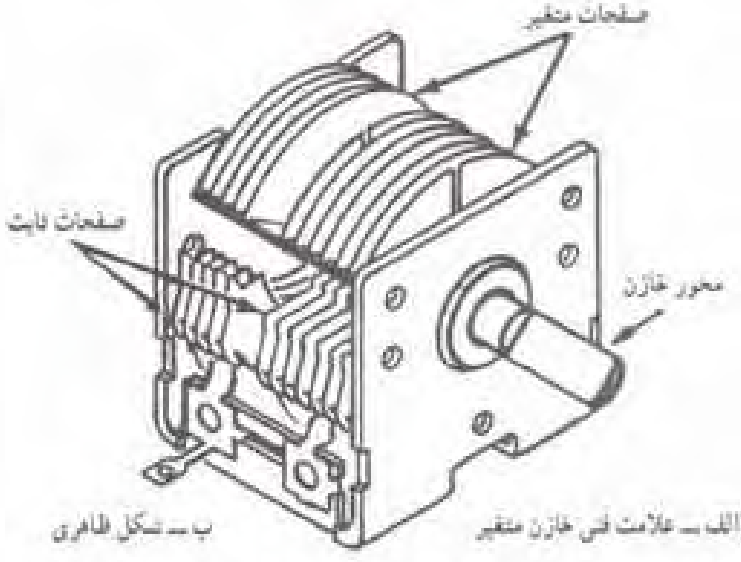


الف ـ منحنی تغییرات ظرفیت خازن برحسب چرخش صفحات خازن



ب ـ شکل صفحات متغیر خازن

شکل ۱۶ـ۱



الف ـ علامت فنی خازن متغیر ب ـ شکل ظاهری

شکل ۱۴ـ۱ـ ساختمان یک خازن متغیر

متغیر به صورت شکل ۱۶ـ۱ باشند، رنج تغییر ظرفیت خازن‌های متغیر رایج ۵/۷PF تا ۷۸PF و ۶/۳PF تا ۱۲۳PF و ۱۰PF تا ۳۶۵PF است.

۳ـ۲ـ روش خواندن مقدار ظرفیت خازن

امروزه، سازندگان مختلف، بر روی خازن‌های ساخته شده، ظرفیت آن را می‌نویسند و فقط بر روی بعضی از خازن‌های عدسی است که، به جای نوشتن مستقیم ظرفیت، یک عدد سه رقمی را قید می‌کنند. در این عدد سه رقمی، رقم یکان، نشان‌دهنده‌ی تعدادی صفر است که باید جلوی دو رقم باقی‌مانده بگذاریم تا ظرفیت قطعی خازن برحسب پیکوفاراد (PF) به دست آید. مثلاً اگر بر روی خازنی عدد ۱۰۴ نوشته شده باشد ظرفیت آن برابر است با:

$$10 \quad 4 \\ 10 \quad 0000 \ \text{PF}$$

یعنی ظرفیت این خازن ۱۰۰/۰۰۰PF و یا ۰/۱μF است.

۳ـ سلف

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

الف ـ سیم‌پیچ: که از پیچیدن طول معینی از یک سیم هادی، با روکش عایق، بر روی یک پایه‌ی عایق شکل می‌گیرد.

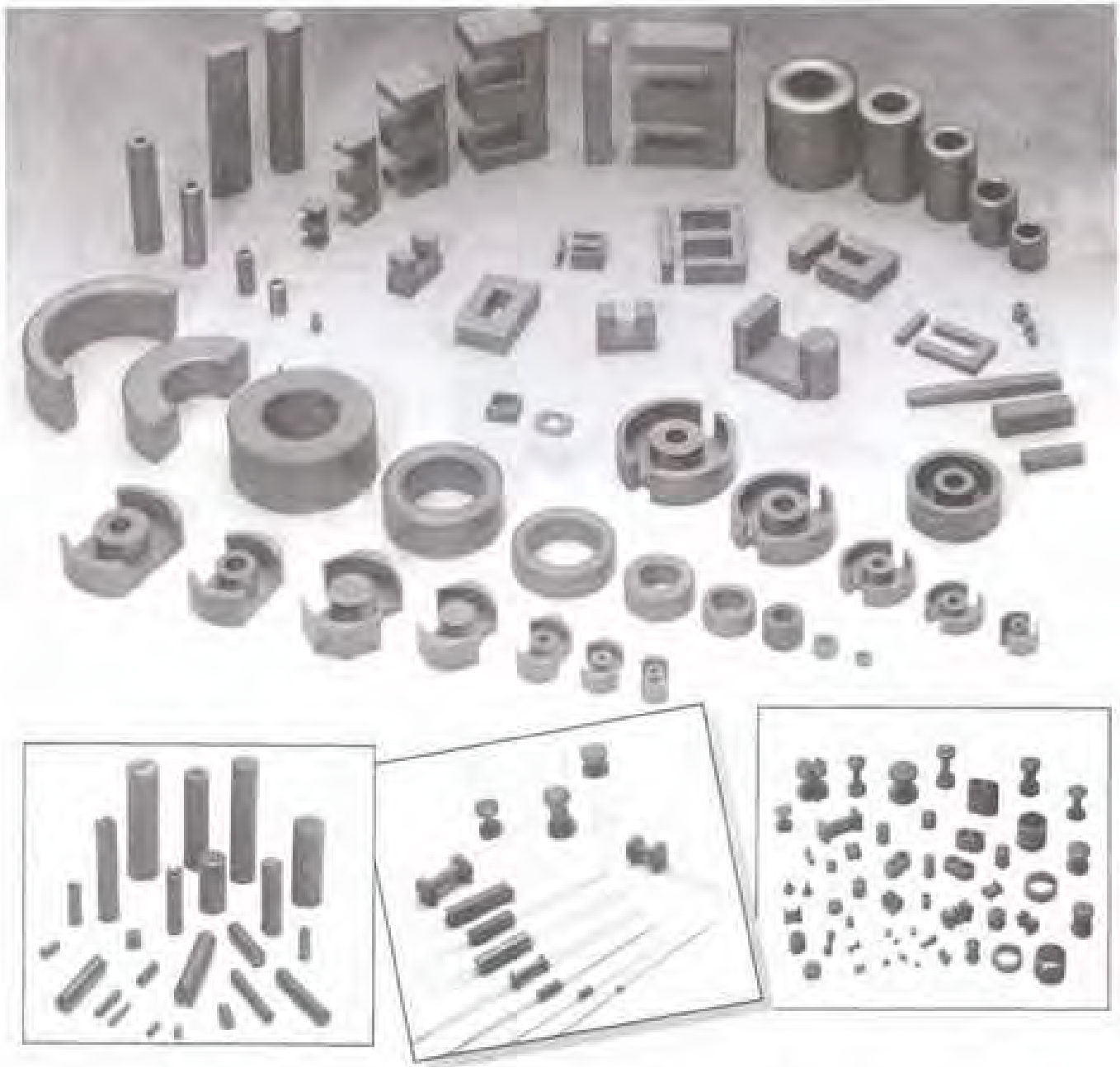
ب ـ هسته: که درون سیم‌پیچ قرار می‌گیرد تا مسیر مناسبی برای میدان مغناطیسی فراهم آورد. در فرکانس‌های زیاد (بیش‌تر از ۵۰ مگاهرتز) به علت استفاده از سلف‌های با خودالقایی کم، جنس هسته از هواست. شکل ۱۷ـ۱ نمونه‌هایی از سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک را نشان می‌دهد.

در سلف‌های با خودالقایی زیاد، اگر بخواهند هسته را از هوا قرار دهند ابعاد سلف بزرگ می‌شود. بنابراین لازم است به‌جای هوا از یک هسته‌ی مناسب استفاده شود. هسته‌ی مناسب برای این کار، بخصوص در صنعت الکترونیک، فریت‌ها هستند. در شکل ۱۸ـ۱ تعدادی از فریت‌های آماده برای سلف‌ها و ترانسفورماتورها، نشان داده شده‌اند.

الف ـ علامت فنی سلف

ب ـ شکل ظاهری سلف

شکل ۱۷ـ۱ـ نمونه‌هایی از سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک



شکل ۱۸ـ۱ـ نمونه‌هایی از فریت‌های آماده برای سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک

۱ـ۳ـ مشخصه‌های سلف

۱ـ۱ـ۳ـ ضریب خودالقایی سلف (L) : مهم‌ترین مشخصه‌ی سلف، خودالقایی آن است. خودالقایی یک سلف، نسبت میدان مغناطیسی اطراف آن به جریان عبورکننده از سلف است؛ یعنی:

$$\text{هانری} = \frac{\text{وبر}}{\text{آمپر}} = \frac{\text{فوران ایجاد شده اطراف سلف}}{\text{جریان عبوری از سلف}} \qquad L = \frac{\Phi}{I}$$

واحد خودالقایی (L) هانری است و واحدهای کوچک‌تر آن میلی‌هانری (۱/۱۰۰۰ هانری) و میکروهانری (۱/۱۰۰۰۰۰۰ هانری) هستند.

۲ـ۱ـ۳ـ عوامل مؤثر بر ضریب خودالقایی : تعداد دور، قطر و طول سیم‌پیچ و همچنین جنس هسته‌ی به کار رفته از عوامل مؤثر بر ضریب خودالقایی یک سلف هستند.

۳ـ۱ـ۳ـ ضریب کیفیت یک سلف (Q) : یک سلف با طول معینی از یک سیم هادی ساخته می‌شود؛ بنابراین دارای مقاومت اهمی نیز هست. بنابراین یک سلف واقعی، از یک سلف ایده‌آل و یک مقاومت سری شده با آن مطابق شکل ۱۹ـ۱ تشکیل

شده است.

شکل ۱۹ـ۱ـ مدار معادل یک سلف واقعی

طبق تعریف، ضریب کیفیت یک سلف، عبارت است از: نسبت راکتانس سلف به مقدار مقاومت آن در یک فرکانس معین، یعنی:

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi . f . L}{R}$$

هر قدر مقدار R را کاهش دهیم، ضریب کیفیت سلف زیادتر می‌شود.

۴ـ۱ـ۳ـ ماکزیمم فرکانس کار: با افزایش فرکانس، راکتانس سلف افزایش می‌یابد؛ یعنی:

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

در عمل، این افزایش در امپدانس سلف تا فرکانس مشخصی صورت می‌گیرد و از این فرکانس به بالا اثر فوران‌های پراکنده در سلف ظاهر می‌شود و امپدانس سلف کاهش می‌یابد. شکل ۲۰ـ۱ منحنی امپدانس ـ فرکانس یک سلف واقعی و یک سلف ایده‌آل را نشان می‌دهد.

۲ـ۳ـ نحوه‌ی ساختن سلف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک

برای ساخت یک سلف و یا یک ترانسفورماتور کوچک، بعد از انجام محاسبات لازم، ابتدا قرقره‌ی مورد نیاز را (معمولاً از جنس پلاستیک) انتخاب می‌کنند و سپس سیم مشخص شده را به تعداد دور (محاسبه شده) روی قرقره می‌پیچند و سپس هسته را در داخل آن قرار می‌دهند.

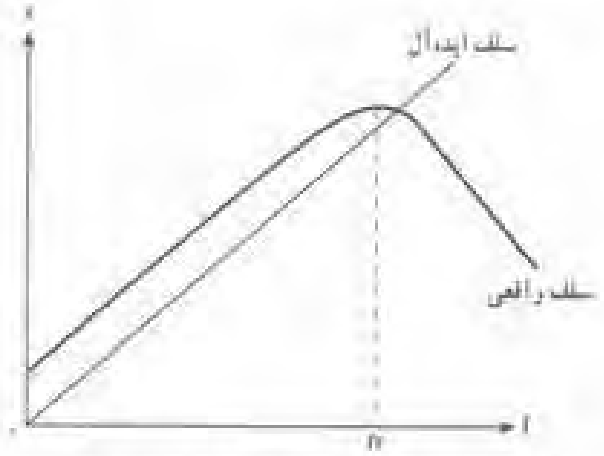
شکل ۲۱ـ۱ نمونه‌هایی از قرقره‌های آماده را در فرم‌های مختلف نشان می‌دهد.

سیم‌های مورد استفاده در سلف‌ها از نوع سیم با عایق لاک (سیم لاکی) و معمولاً از جنس مس هستند و در قطرهای مختلف توسط کارخانه‌های سیم‌سازی تولید می‌شوند.

سیم لاکی را معمولاً با قطر آن مشخص می‌کنند؛ مثلاً سیم لاکی ۰/۳ (صفر ـ سی) یعنی سیم لاکی‌ای که قطر آن ۰/۳ میلی‌متر است.

در جدول ۳ـ۱ مشخصات کامل سیم‌های لاکی از نمره ۰/۱۵ تا ۲/۰۰ 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 سانتی‌متر مربع آورده شده است.



شکل ۲۰ـ۱ـ منحنی امپدانس ـ فرکانس یک سلف ایده‌آل و واقعی

شکل ۲۱ـ۱ـ نمونه‌هایی از انواع قرقره برای ساخت سقف‌ها و ترانسفورماتورهای کوچک

۱ قطر سیم mm	۲ قطر سیم لاک‌دار mm	۳ سطح مقطع سیم mm^2	۴ وزن به‌ازای هر متر طول	۵ مقاومت به‌ازای هر متر طول Ω/m	۶ تعداد حلقه در هر cm^2	۱ قطر سیم mm	۲ قطر سیم لاک‌دار mm	۳ سطح مقطع سیم mm^2	۴ وزن به‌ازای هر متر طول	۵ مقاومت به‌ازای هر متر طول Ω/m	۶ تعداد حلقه در هر cm^2
۰/۰۵	۰/۰۹۲	۹۵×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۹	۸/۱	۲۰۰۰	۰/۳۲	۰/۳۷	۹۱×۱۰$^{-۴}$	۰/۸۳۵	۰/۱۹۳۲	۹۱۰
۰/۰۴	۰/۰۷۵	۲۸×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۲۷	۶/۳۱	۱۵۰۰	۰/۳۵	۰/۳۸	۸۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۸۹۰	۰/۱۸۲۲	۵۸۰
۰/۰۷	۰/۰۸۵	۳۹×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۳۷	۴/۹۲	۱۱۰۰	۰/۳۶	۰/۳۹	۱۰۲×۱۰$^{-۴}$	۰/۹۴۰	۰/۱۷۲۲	۵۴۰
۰/۰۸	۰/۰۹۵	۵۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۴۸	۳/۵۵	۹۰۰	۰/۳۷	۰/۴۰	۱۰۸×۱۰$^{-۴}$	۰/۹۹۴	۰/۱۶۳۲	۵۲۰
۰/۰۹	۰/۱۰۸	۶۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۸۰	۲/۷۶	۷۱۰۰	۰/۳۸	۰/۴۱	۱۱۳×۱۰$^{-۴}$	۱/۰۴۶	۰/۱۵۲۷	۵۰۰
۰/۱۰	۰/۱۱۵	۷۹×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۷۴	۲/۲۲	۶۰۰۰	۰/۴۰	۰/۴۳	۱۲۶×۱۰$^{-۴}$	۱/۱۰۲	۰/۱۴۴۹	۴۷۵
۰/۱۱	۰/۱۲۳	۹۵×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۸۵	۱/۸۲	۵۰۰۰	۰/۴۰	۰/۴۳	۱۲۶×۱۰$^{-۴}$	۱/۱۶۰	۰/۱۳۶۲	۴۵۰
۰/۱۲	۰/۱۳	۱۱۳×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۰۵	۱/۵۵	۴۲۰۰	۰/۴۵	۰/۴۸	۱۵۹×۱۰$^{-۴}$	۱/۳۸۰	۰/۱۱۰۳	۳۷۰
۰/۱۳	۰/۱۴	۱۳۳×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۲۰	۱/۳۲	۳۶۰۰	۰/۵۰	۰/۵۳۵	۱۹۶×۱۰$^{-۴}$	۱/۸۳۰	۰/۰۸۹۲	۳۰۰
۰/۱۴	۰/۱۶	۱۵۹×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۴۳	۱/۱۹	۳۲۰۰	۰/۵۵	۰/۵۹	۲۳۸×۱۰$^{-۴}$	۲/۲۰۰	۰/۰۷۲۸	۲۵۰
۰/۱۵	۰/۱۷۰	۱۷۷×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۶۲	۰/۹۶	۲۸۰۰	۰/۶۰	۰/۶۳	۲۸۳×۱۰$^{-۴}$	۲/۶۲	۰/۰۶۲۱	۲۱۰
۰/۱۶	۰/۱۸۰	۲۱۱×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۸۶	۰/۸۶	۲۵۰۰	۰/۶۵	۰/۶۹	۳۳۲×۱۰$^{-۴}$	۲/۹۷	۰/۰۵۲۶	۱۸۰
۰/۱۷	۰/۱۹۰	۲۲۷×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۹۰	۰/۷۷۲	۲۲۵۰	۰/۷۰	۰/۷۴	۳۸۵×۱۰$^{-۴}$	۳/۴۳	۰/۰۴۵۵	۱۶۰
۰/۱۸	۰/۲۰۰	۲۵۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۲۵	۰/۶۸۰	۲۰۰۰	۰/۷۵	۰/۷۹	۴۴۲×۱۰$^{-۴}$	۳/۹۵	۰/۰۳۹۵	۱۴۰
۰/۱۹	۰/۲۱۰	۲۸۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۴۰	۰/۶۲۷	۱۸۰۰	۰/۸۰	۰/۸۴	۵۰۲×۱۰$^{-۴}$	۴/۴۸	۰/۰۳۴۸	۱۳۰
۰/۲۰	۰/۲۲	۳۱۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۷۸	۰/۵۵۷	۱۶۵۰	۰/۸۵	۰/۹۰	۵۶۷×۱۰$^{-۴}$	۵/۰۷	۰/۰۳۰۸	۱۱۰
۰/۲۱	۰/۲۳	۳۴۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۳۰	۰/۵۰۷	۱۵۰۰	۰/۹۰	۰/۹۵	۶۳۶×۱۰$^{-۴}$	۵/۶۶	۰/۰۲۷۵	۱۰۰
۰/۲۲	۰/۲۴	۳۸۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۵۰	۰/۴۶۰	۱۳۰۰	۰/۹۵	۱/۰۰	۷۱۰×۱۰$^{-۴}$	۶/۳۲	۰/۰۲۴۶	۹۰
۰/۲۳	۰/۲۵	۴۱۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۷۰	۰/۴۲۹	۱۲۰۰	۱/۰۰	۱/۰۵	۷۸۶×۱۰$^{-۴}$	۷/۰۰	۰/۰۲۲۳	۸۳
۰/۲۴	۰/۲۶	۴۵۶×۱۰$^{-۴}$	۰/۲۹۵	۰/۳۸۸	۱۱۰۰	۱/۱۰	۱/۱۶	۹۵۰×۱۰$^{-۴}$	۸/۴۹	۰/۰۱۸۲	۶۷
۰/۲۵	۰/۲۷	۴۹۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۳۲۰	۰/۳۵۷	۱۰۰۰	۱/۲۰	۱/۲۴	۱/۱۳۱	۱۰/۰۹	۰/۰۱۵۵	۵۵
۰/۲۶	۰/۲۸۵	۵۳۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۳۴۵	۰/۳۳۰	۹۰۰	۱/۳۰	۱/۳۶	۱/۲۲۹	۱۱/۸۱	۰/۰۱۴۲	۴۵
۰/۲۸	۰/۲۹۵	۵۷۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۳۷۰	۰/۳۰۸	۸۵۰	۱/۴۰	۱/۴۴	۱/۵۴۰	۱۳/۷۰	۰/۰۱۱۲	۴۰
۰/۲۹	۰/۳۰۵	۶۴۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۴۱۵	۰/۲۸۵	۸۰۰	۱/۵۰	۱/۵۴	۱/۷۷۰	۱۵/۷۵	۰/۰۰۹۹	۳۳
۰/۳۱	۰/۳۱۵	۶۹۷×۱۰$^{-۴}$	۰/۴۱۲	۰/۲۶۹	۷۵۰	۱/۶۰	۱/۶۹	۲/۰۱۵	۱۷/۹۱	۰/۰۰۸۷	۲۸
۰/۳۰	۰/۳۳	۷۱۰×۱۰$^{-۴}$	۰/۴۲۵	۰/۲۴۸	۷۰۰	۱/۷۰	۱/۷۴	۲/۲۷۵	۲۰/۲۰	۰/۰۰۷۷	۲۴
۰/۳۱	۰/۳۴	۷۵۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۴۴۹	۰/۲۳۱	۶۴۰	۱/۷۵	۱/۸۱	۲/۴۲۵	۲۱/۵۰	۰/۰۰۷۳	۲۰
۰/۳۲	۰/۳۵	۸۰۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۴۷۱	۰/۲۱۸	۶۰۰	۱/۸۰	۱/۸۴	۲/۵۴۵	۲۲/۶۵	۰/۰۰۶۹	۱۷
۰/۳۳	۰/۳۶	۸۴۸×۱۰$^{-۴}$	۰/۴۹۸	۰/۲۰۵۱	۵۵۰	۱/۹۰	۱/۹۴	۲/۸۴۰	۲۸/۱۵	۰/۰۰۶۱	۱۴
						۲/۰۰	۲/۰۷	۳/۱۴۲	۲۸/۰	۰/۰۰۵۴	۱۲

جدول ۳ـ۱ـ مشخصات سیم‌های لاکی مورد استفاده در ساخت سلف‌ها و ترانسفورماتورها

۴ــ پیل‌ها و باتری‌ها

به مجموعه‌ای که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند پیل الکتروشیمیایی گفته می‌شود.

یک باتری معمولاً از یک یا چند پیل الکتروشیمیایی تشکیل شده است.

کوچک‌ترین و در دسترس‌ترین منابع انرژی الکتریکی باتری‌ها هستند. به همین جهت در وسایل قابل حمل (پرتابل) از باتری‌ها به‌عنوان منبع جریان مستقیم استفاده می‌شود. علاوه بر این باتری‌ها برعکس قطعات متحرک، از کارکرد ثابت و منظمی برخوردارند.

پیل‌ها به دو دسته، پیل‌های اولیه و پیل‌های ثانویه تقسیم می‌شوند. پیل‌های اولیه به پیل‌هایی می‌گویند که قابل شارژ کردن نبوده و پس از شارژ دیگر قابل استفاده نیستند. به عبارت دیگر یک بار مصرف‌اند ! اما پیل‌های ثانویه پیل‌هایی هستند که قابلیت پر شدن (شارژ) و مصرف شدن (دشارژ) مکرر دارند.

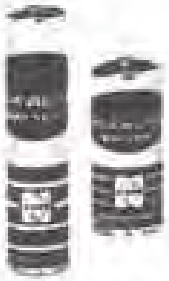
۱ــ۴ــ پیل‌های اولیه

همان‌طور که گفته شد این پیل‌ها یک بار مصرف‌اند و در انواع مختلف ساخته می‌شوند. در زیر چند نوع پیل اولیه را شرح می‌دهیم:

۱ــ۱ــ۴ــ پیل روی ــ کربن: رایج‌ترین باتری‌ها باتری‌هایی است که از پیل روی ــ کربن ساخته می‌شود. شکل ۲۲ــ۱ یک نمونه از رایج‌ترین پیل‌های روی ــ کربن را در سه اندازه‌ی مختلف نشان می‌دهد. ولتاژ یک باتری روی ــ کربن که تنها از یک پیل ساخته شده باشد، ۱/۵ ولت است، و باتری‌های با ولتاژ بیش‌تر از سری شدن چند پیل روی ــ کربن در داخل باتری ساخته می‌شوند. برای مثال باتری ۹ ولت از شش پیل روی ــ کربن به‌صورت سری ساخته می‌شود.

شکل ۲۲ــ۱ــ نمونه‌ای از باتری روی ــ کربن در سه اندازه‌ی مختلف

۲ــ۱ــ۴ــ پیل قلیایی: ولتاژ پیل قلیایی مانند پیل روی ــ کربن ۱/۵ ولت است. با ابعاد مشابه، پیل قلیایی می‌تواند گنجایش جریانی دو تا پنج برابر پیل روی ــ کربن را داشته باشد. همچنین در اثر کشیدن جریان، ولتاژ پیل قلیایی افت کم‌تری نسبت به پیل روی ــ کربن دارد (زیرا مقاومت داخلی کوچک‌تری دارد). بنابراین در جایی که جریان بیش‌تر، همراه با عمر بیش‌تر، مورد نظر باشد می‌توان از باتری قلیایی به جای باتری روی ــ کربن استفاده کرد. شکل ۲۳ــ۱ دو نمونه از باتری قلیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۱ــ نمونه‌ای از باتری قلیایی در دو اندازه‌ی مختلف

۳ــ۱ــ۴ــ پیل اکسید نقره: پیل اکسید نقره یکی از جدیدترین پیل‌های اولیه است. این پیل دارای ولتاژ ۱/۵ ولت است که ولتاژی ثابت و دارای مقاومت داخلی کم است. پیل اکسید نقره را می‌توان در ابعاد بسیار کوچک تولید کرد به همین جهت از آن در وسایل الکترونیک با ابعاد کوچک مانند ساعت مچی الکترونیکی، ماشین حساب جیبی و سمعک استفاده می‌شود. شکل ۲۴ــ۱ شکل ظاهری و ساختمان داخلی آن را نشان می‌دهد.

۴ــ۱ــ۴ــ 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.

از مزایای بارز این نوع باتری‌ها، طول عمر بسیار زیاد آن‌ها (۵ تا ۷ سال) است. این نوع باتری‌ها نیز در انواع و اقسام مختلف ساخته می‌شوند. شکل ۲۵ـ۱ نمونه‌هایی از باتری لیتیوم را نشان می‌دهد.

شکل ۲۴ـ۱ـ ساختمان باتری اکسید نقره

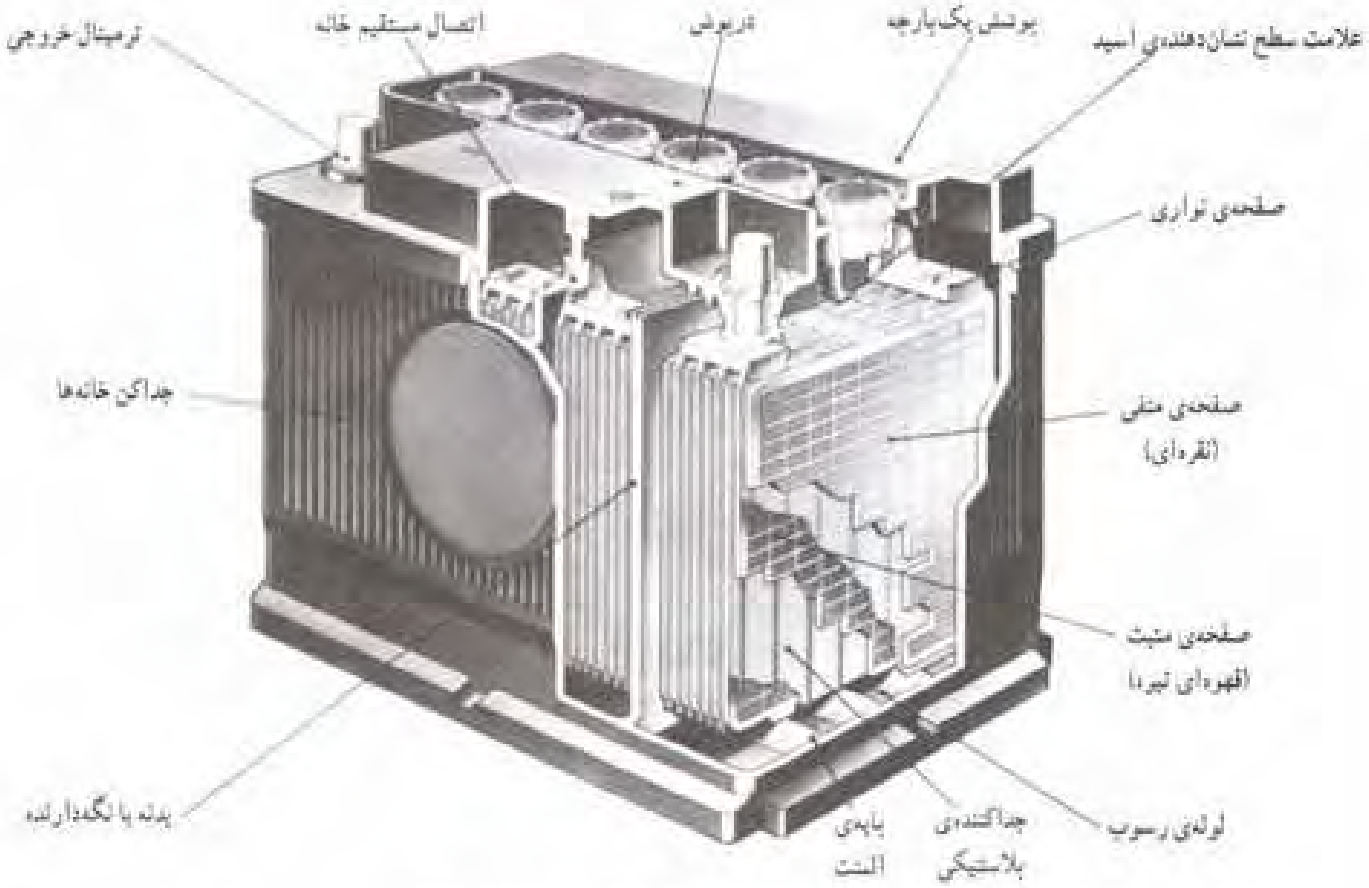
شکل ۲۵ـ۱ـ نمونه‌هایی از باتری لیتیوم

۲ـ۴ـ پیل‌های ثانویه

این نوع پیل‌ها قابلیت شارژ شدن را دارند. در زیر دو نمونه از پیل‌های ثانویه‌ی رایج را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱ـ۲ـ۴ـ پیل سرب ـ اسید: پیل سرب ـ اسید یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین پیل‌های ثانویه است. باتری‌های به کار رفته در اتومبیل از این نوع‌اند.

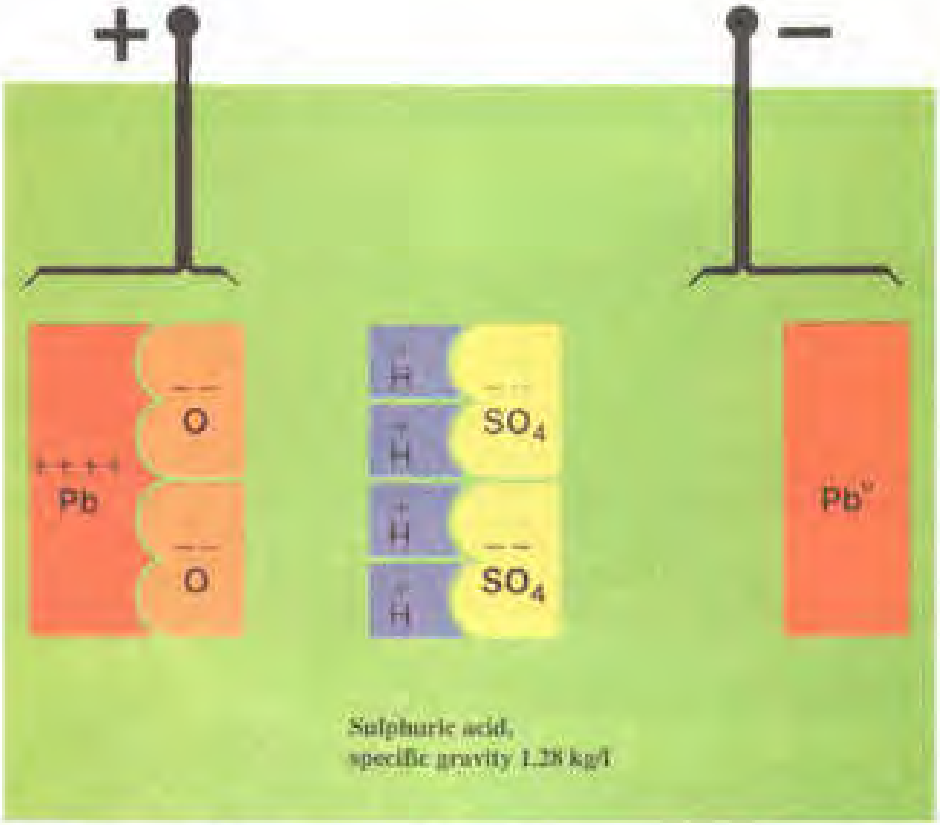
در این پیل الکترود مثبت از جنس سرب اسفنجی و الکترود منفی از جنس اکسید سرب است و الکترولیت درون پیل، محلول اسید سولفوریک است. شکل ۲۶ـ۱ ساختمان یک نمونه از این باتری‌ها را که در اتومبیل به کار می‌رود نشان می‌دهد.



شکل ۲۶ـ۱ـ ساختمان داخلی باتری سرب ـ اسید

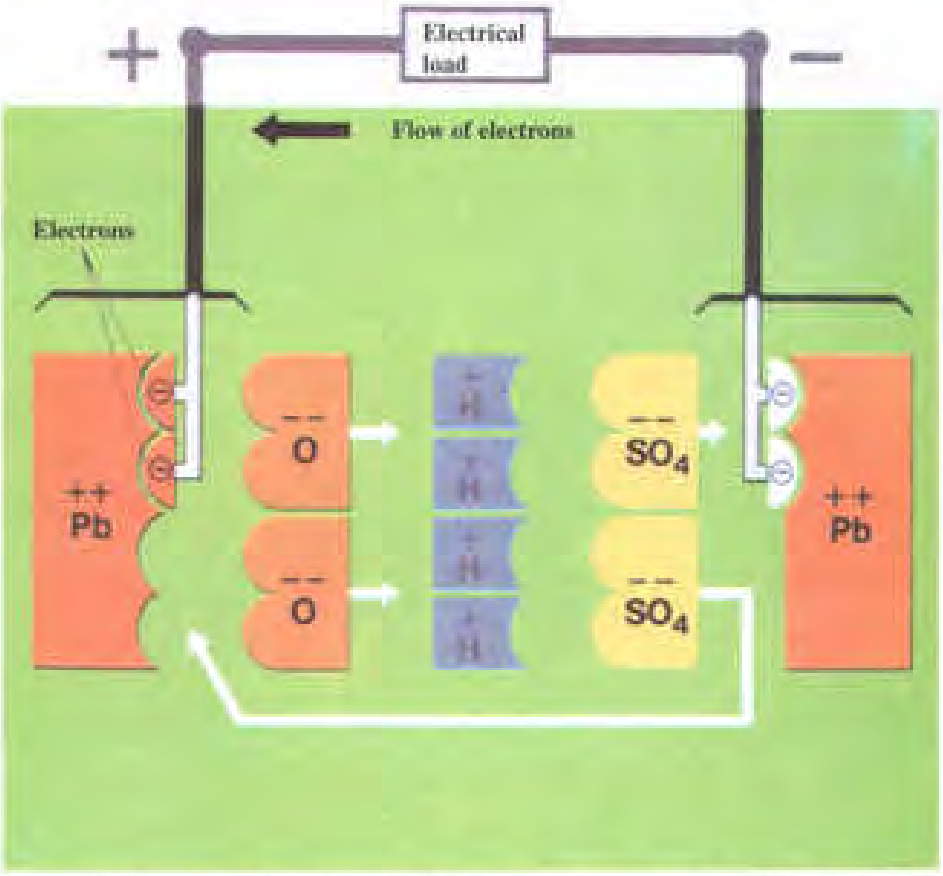
در زیر به طرز کار این باتری می‌پردازیم :

الف ـ



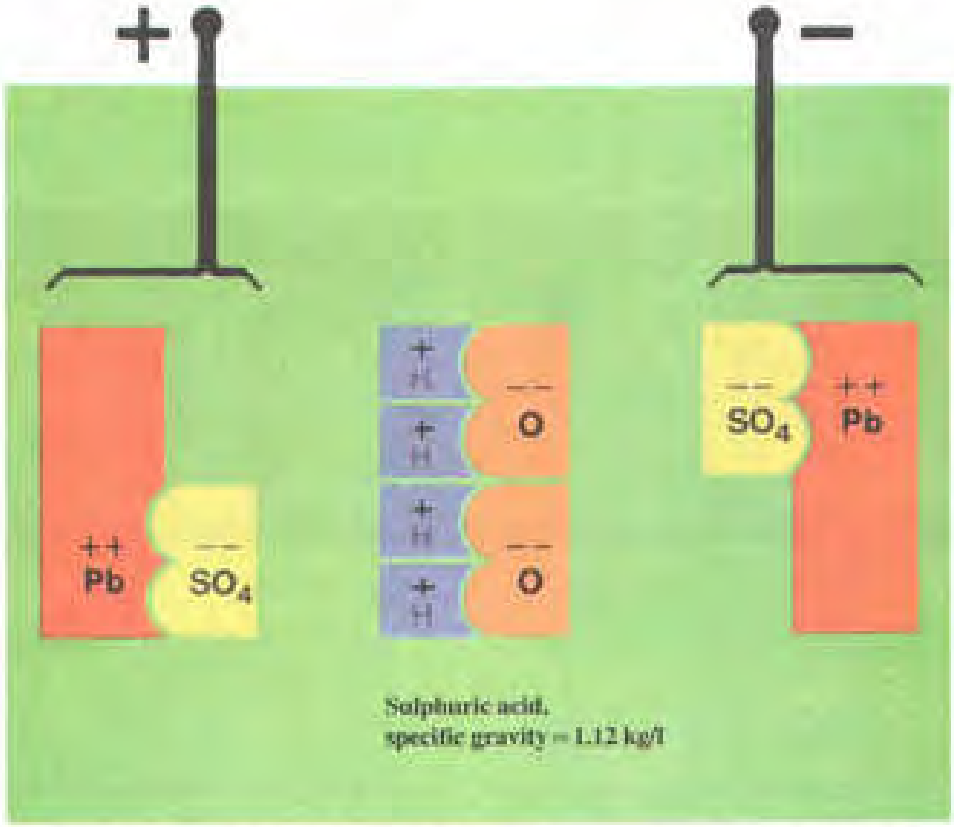
شکل ۲۷ـ۱ـ پیل سرب ـ اسید شارژ شده، صفحه‌ی منفی سرب اسفنجی ـ صفحه‌ی مثبت اکسید سرب، غلظت اسید ۱/۲۸kg/l

ب -

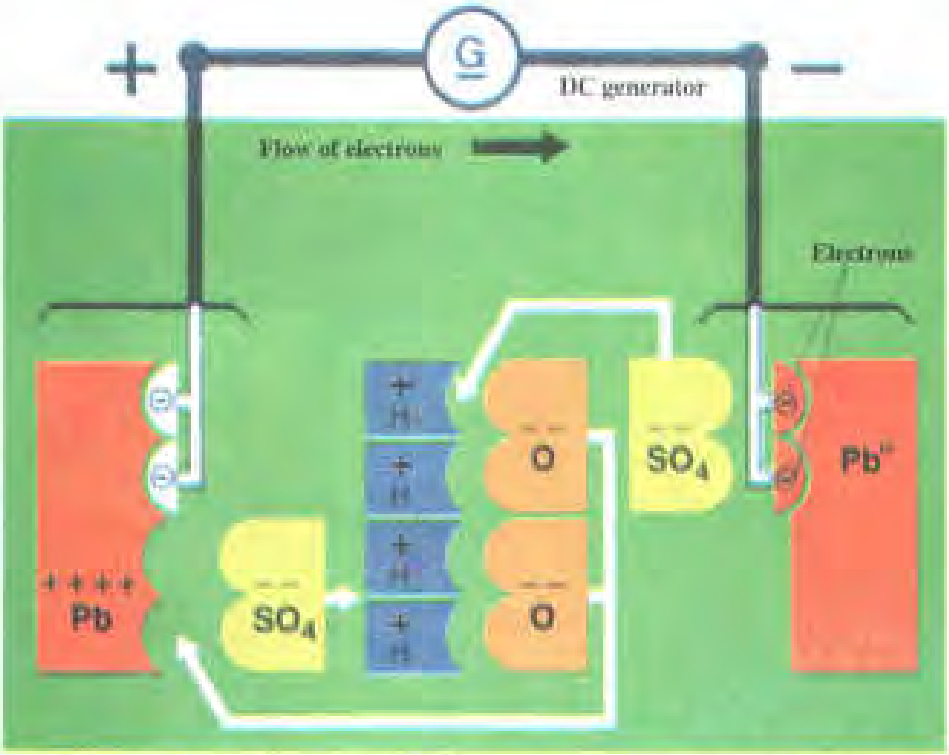


شکل ۲۸ــ۱ــ پیل در حال دشارژ: به تدریج صفحه‌ی منفی سربی تبدیل به سولفات سرب و صفحه‌ی مثبت اکسیدسرب تبدیل به سولفات سرب می‌شود و در ضمن از غلظت اسید سولفوریک کاسته می‌شود.

ج -



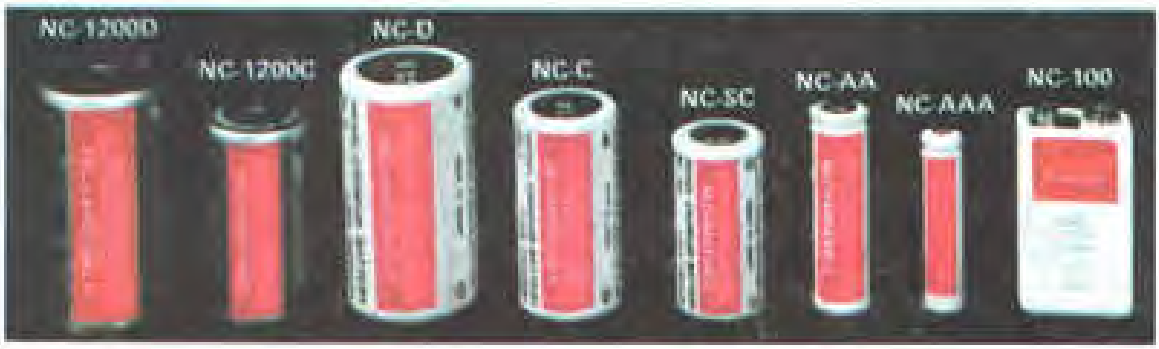
شکل ۲۹ــ۱ــ پیل کاملاً دشارژ شده است. صفحات منفی و مثبت هر دو به سولفات سرب تبدیل شده‌اند و غلظت اسید نیز به حداقل مقدار خود یعنی ۱/۱۲kg/l رسیده است.



شکل ۳۰ـ۱ـ پیل در حال شارژ: صفحه‌ی مثبت مجدداً به اکسیدسرب و صفحه‌ی منفی به سرب اسفنجی تبدیل می‌شود و غلظت اسید سولفوریک افزایش می‌یابد و پیل مجدداً شارژ می‌شود.

ولتاژ نامی پیل سرب ـ اسید ۲/۱ ولت است. بزرگ‌ترین مزیت پیل سرب ـ اسید قابلیت جریان‌دهی زیاد آن است.

۲ـ۲ـ۴ـ پیل نیکل ـ کادمیوم: این پیل نیز از پیل‌های ثانویه است و ولتاژ نامی آن ۱/۲ تا ۱/۳ ولت است. ولتاژ آن در حین دشارژ ثابت‌تر از پیل سرب ـ اسید است. تعداد دفعات عمل شارژ و دشارژ کردن این پیل، بیش‌تر از پیل سرب ـ اسید بوده و قادر به نگه‌داری انرژی الکتریکی بیش‌تری است. در صنایع هوایمایی و صنایع نظامی از این پیل زیاد استفاده می‌شود. شکل ۳۱ـ۱ نمونه‌هایی از این نوع باتری‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱ـ۱ـ نمونه‌هایی از باتری‌های نیکل ـ کادمیوم

فصل دوم

شناخت و کاربرد آوومتر عقربه‌ای

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

- آوومتر عقربه‌ای 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 ــ روش استفاده از آوومتر عقربه‌ای

۲ــ۱ــ هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش شناخت علایم فنی 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.

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۲. منبع تغذیه DC (۳۰ـ۰ V)	۱ دستگاه
۳. مقاومت‌های : ۰/۸Ω،۱Ω،	
۱/۲KΩ،۶۸۰Ω،۱۵۰Ω،۲۷Ω،	
۱MΩ،۴۷۰KΩ،۱۵۰KΩ،۲۷KΩ	
و ۱/۵MΩ	از هر کدام ۱ عدد
۴. مقاومت ۱۰KΩ	۲ عدد
۵. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹	۱ عدد
۶. سیم‌های رابط	۵ عدد

۲ــ۲ــ 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 اهم‌متر، ولت‌متر و آمپرمتر است. شکل ۱ــ۲ نمونه‌ای از آوومتر عقربه‌ای را نشان می‌دهد.

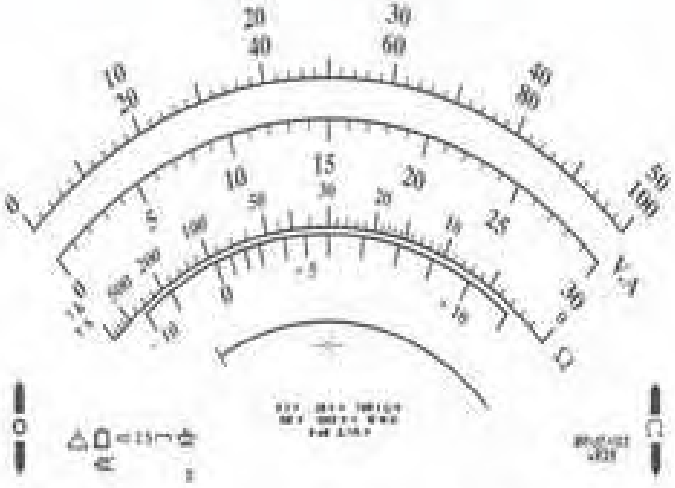
۲ــ۳ــ تشریح علایم روی صفحه‌ی مدرج یک آوومتر عقربه‌ای

شکل ۲ــ۲ یک نمونه از صفحه‌ی مدرج آوومتر عقربه‌ای را نشان می‌دهد که علایم آن در زیر تشریح شده‌اند.

علامت ⚠ به معنای **دقت شود** است. مثلاً در خلال اندازه‌گیری ولتاژ زیاد، دقت شود ! رنج ولت‌متر روی ولتاژ کم نباشد.

علامت ⊓ نوع ساختمان گالوانومتر را مشخص می‌کند، مثلاً در شکل ۲ــ۲ این علامت نشان‌دهنده‌ی آن است که دستگاه

شکل ۱ـ۲ـ یک نمونه از آرومتر عقربه‌ای



شکل ۲ـ۲ـ یک نمونه از صفحه‌ی مدرج آرومتر عقربه‌ای

از نوع قاب‌گردان (گالوانومتر دآرسونوال) است.

علامت ≂ نشان‌دهنده‌ی توانایی دستگاه در اندازه‌گیری کمیت‌های AC و DC است.

اگر در زیر علامت ∩ علامت دیود —▷|— بگذاریم (—▷|— ∩) مفهوم آن این است که در داخل دستگاه، برای اندازه‌گیری ولتاژ AC، ابتدا ولتاژ را با دیود یکسو می‌کنند و سپس با گالوانومتر دآرسونوال آن را اندازه می‌گیرند.

اعدادی چون ۲/۵ یا ۱/۵ و یا... تلرانس دستگاه را نشان می‌دهند؛ یعنی خطای دستگاه در انحراف کامل ۲/۵ یا ۱/۵ و یا... درصد است.

علامت ⌐¯¯ نحوه‌ی قرار گرفتن دستگاه را مشخص می‌کند و مفهوم آن این است که هنگام اندازه‌گیری کمیت باید دستگاه کاملاً در حالت افقی قرار گیرد.

علامت ☆ پیانگر ولتاژ آزمایش دستگاه، تا ۳۰۰۰ ولت است.

علامت —|▷|— نشان‌دهنده‌ی وجود مدارهای الکترونیکی در دستگاه است. معمولاً توسط این مدارها (مدارهای الکترونیکی) جریان و ولتاژ AC اعمال شده به آومتر ابتدا یکسو شده، آن‌گاه اندازه‌گیری می‌شود. اگر بخواهند تنها از یک دیود برای یکسوسازی استفاده کنند، اندازه‌گیری ولتاژهای AC کم با خطای زیاد همراه خواهد بود و اندازه‌گیری جریان‌های AC کم تقریباً ناممکن است (یعنی در بعضی از حالات خطا حتی از ۵۰٪ نیز بیش‌تر می‌شود).

علامت —|—، این علامت، در بسیاری از آومترها، وضعیت باتری داخل آومتر را از نظر مقدار ولتاژ نشان می‌دهد. برای این منظور، یک رنج ولتاژ حدود ۳ ولت روی صفحه‌ی مدرج وجود دارد که محدوده‌ی ۱/۳ تا ۱/۷ ولت آن با رنگ قرمز یا سبز مشخص می‌شود. اگر عقربه در این محدوده قرار گیرد نشان می‌دهد که باتری دستگاه سالم است. در ضمن همین علامت —|— روی کلید سلکتور اصلی وجود دارد. اگر کلید سلکتور در حالت —|— قرار گیرد، عقربه‌ی دستگاه وضعیت باتری را نشان می‌دهد. شکل ۳ـ۲ علامت باتری را روی کلید سلکتور اصلی نشان می‌دهد.

شکل ۳ـ۲ـ یک نمونه از کلید سلکتور آومتر که علامت —|— روی آن وجود دارد.

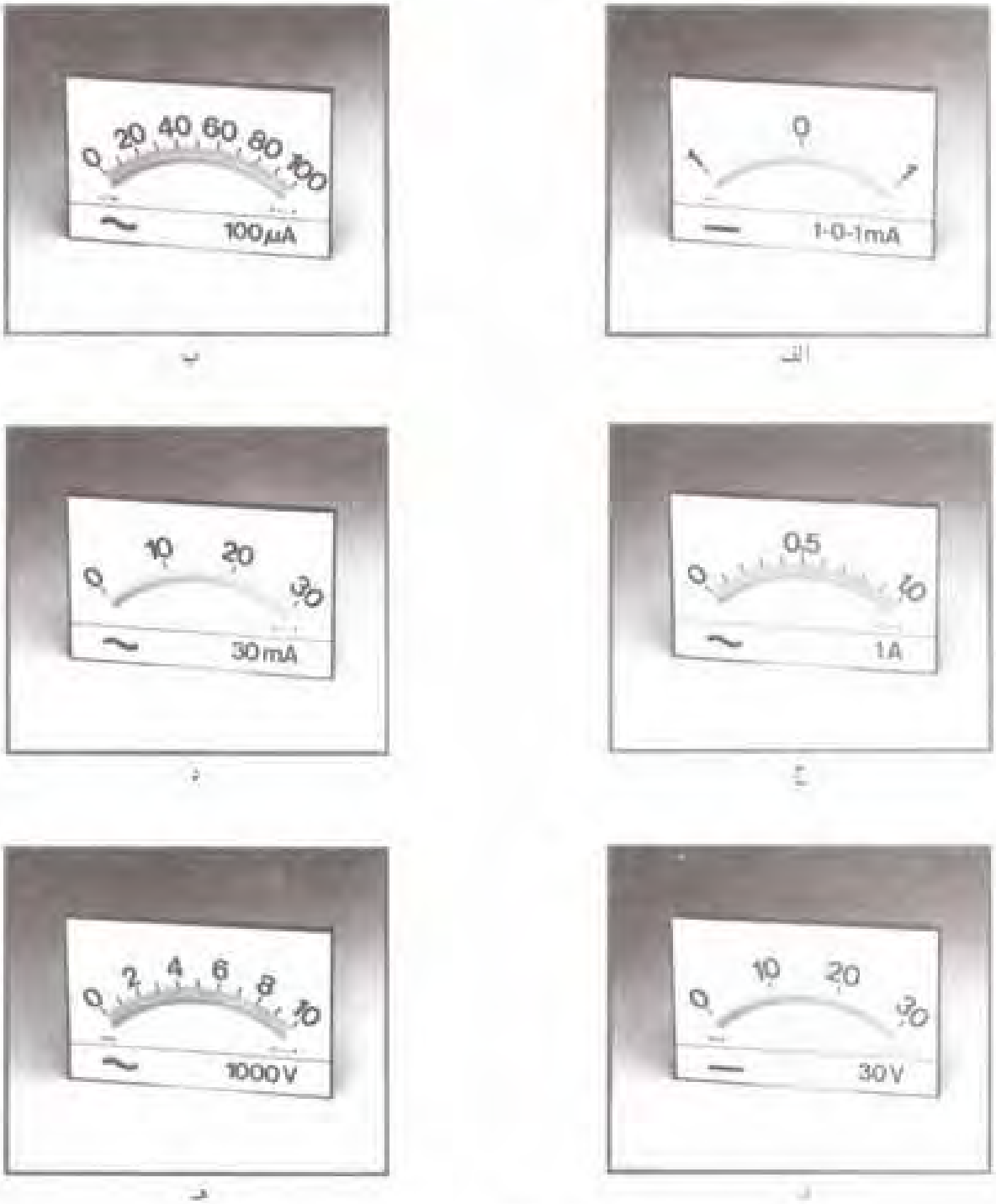
در بعضی آومترها، علامت —|— نشان‌دهنده‌ی وجود یک رنج برای اندازه‌گیری وضعیت ولتاژ باتری‌های ۱/۵ ولت است که به آومتر متصل می‌شوند. از دیگر علایم روی صفحه‌ی مدرج، عدد حساسیت است که آن را با علامت $\frac{\Omega}{V}$ نشان می‌دهند. هرقدر این عدد بزرگ‌تر باشد، دستگاه حساس‌تر است.

در آومترهای غیرالکترونیکی، عکس عدد $\frac{\Omega}{V}$، میزان جریانی را که آومتر لازم دارد تا عقربه‌ی آن ۱۰۰٪ منحرف شود نشان می‌دهد. مثلاً اگر حساسیت یک آومتر غیرالکترونیکی $۱۰K\frac{\Omega}{V}$ باشد این دستگاه برای انحراف کامل عقربه نیاز به جریانی برابر با $\frac{۱}{۱۰K\Omega} = ۱۰۰\mu A$ دارد.

۴ـ۲ـ نحوه‌ی خواندن مقادیر ضریب ثابت سنجش

این قسمت از مهم‌ترین قسمت‌های آزمایش شماره ۱ است. بطور کلی برای خواندن دقیق ولتاژ و جریان باید به کلید سلکتور اصلی آومتر، که ماکزیمم مقدار ولتاژ یا جریان را روی صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد، توجه کرد و به تعداد تقسیمات آن کمیت را روی صفحه‌ی مدرج درنظر گرفت.

برای درک بهتر این مطلب، به شکل ۴ـ۲ مراجعه کنید. شکل (الف ـ ۴ـ۲) درجه‌بندی یک میلی‌آمپرمتر با صفر وسط را نشان می‌دهد. در این صفحه فاصله‌ی بین صفر تا یک (میلی‌آمپرمتر) به ۲۰ قسمت تقسیم شده است و هر قسمت $\frac{۱}{۲۰}$



شکل ۴ـ۲

میلی‌آمپر را نشان می‌دهد. مقدار $\frac{۱}{۲۰}$ را **ضریب ثابت سنجش** می‌گویند. ضریب ثابت سنجش از رابطه‌ی (۲ـ۲) قابل محاسبه است.

$$\text{ضریب ثابت سنجش} = \frac{\text{ماکزیمم مقدار اندازه‌گیری}}{\text{تعداد تقسیمات}}$$

$$\frac{\text{میلی‌آمپر } ۱}{\text{قسمت } ۲۰} = \frac{۱\text{mA}}{۲۰ \text{ قسمت}} \qquad (۲ـ۲)$$

برای به‌دست آوردن مقدار کمیت اندازه‌گیری شده، ابتدا باید دید که عقربه چند قسمت منحرف شده است، آن‌گاه تعداد این تقسیمات را در ضریب ثابت سنجش ضرب کرد. مثلاً اگر عقربه به‌اندازه‌ی ۱۵ قسمت منحرف شود مقدار جریان برابر

$$۱۵ \times \frac{۱}{۲۰} = \frac{۱۵}{۲۰} = ۰/۷۵\text{mA}$$

می‌شود.

شکل (ب ـ۴ـ۲)، یک میکروآمپرمتر (۱۰۰μA) را نشان می‌دهد. تعداد تقسیمات این میکروآمپرمتر ۱۰۰ قسمت است. در این حالت ضریب ثابت سنجش برابر است با:

$$\text{ضریب ثابت سنجش} = \frac{۱۰۰\mu A}{۱۰۰\ \text{قسمت}} = \frac{۱\mu A}{\text{قسمت}}$$

یعنی انحراف عقربه به‌ازای هر تقسیم جزء، برابر با ۱μA است. لذا اگر عقربه به‌اندازه‌ی ۳۵ قسمت منحرف شود، مقدار جریان برابر است با:

$$\text{قسمت} ۳۵ \times \frac{۱\mu A}{\text{قسمت}} = ۳۵\mu A$$

در شکل (ج ـ۴ـ۲) صفحه‌ی مدرج یک آمپرمتر ۱ آمپری نشان داده شده است. تعداد تقسیمات صفحه‌ی مدرج ۱۰۰ قسمت است در این حالت ضریب ثابت سنجش برابر است با:

$$\text{ضریب ثابت سنجش} = \frac{۱A}{۱۰۰\ \text{قسمت}}$$

$$= ۰/۰۱\frac{A}{\text{قسمت}} = \frac{۱۰mA}{\text{قسمت}}$$

لذا اگر عقربه ۲۶ قسمت منحرف شود، مقدار جریان برابر خواهد بود با:

$$\text{قسمت} ۲۶ \times \frac{۱۰mA}{\text{قسمت}} = ۲۶۰mA$$

در شکل (د ـ۴ـ۲)، صفحه‌ی مدرج یک میلی‌آمپرمتر ۳۰ میلی‌آمپری را نشان می‌دهد. درضمن، تعداد تقسیمات این میلی‌آمپرمتر ۶۰ قسمت است لذا ضریب ثابت سنجش برابر خواهد بود با:

$$\text{ضریب ثابت سنجش} = \frac{۳۰mA}{۶۰\ \text{قسمت}} = \frac{۰/۵mA}{\text{قسمت}}$$

لذا اگر عقربه به اندازه‌ی ۲۷/۵ قسمت منحرف شود، مقدار جریان اعمال شده به میلی‌آمپرمتر برابر است با:

$$\text{قسمت} ۲۷/۵ \times \frac{۰/۵mA}{\text{قسمت}} = ۱۳/۷۵mA$$

درجه‌بندی شکل (هـ ـ۴ـ۲) نیز مشابه درجه‌بندی شکل (ج ـ۴ـ۲) است و فقط به‌جای mA، ولت در نظر گرفته می‌شود. در شکل (و ـ۴ـ۲) صفحه‌ی مدرج یک ولت‌متر ۱۰۰۰ ولتی نشان داده شده است. تعداد تقسیمات این صفحه‌ی مدرج برابر ۱۰۰ قسمت است، لذا ضریب ثابت سنجش برابر است با:

$$\text{ضریب ثابت سنجش} = \frac{\text{ولت}\ ۱۰۰۰}{\text{قسمت}\ ۱۰۰} = \frac{\text{ولت}\ ۱۰}{\text{قسمت}}$$

به‌عنوان مثال اگر عقربه به اندازه‌ی ۶۳/۲۵ قسمت منحرف شود مقدار ولتاژ اعمالی به ولت‌متر برابر است با:

$$\text{قسمت} ۶۳/۲۵ \times \frac{\text{ولت}\ ۱۰}{\text{قسمت}} = \text{ولت}\ ۶۳۲/۵$$

در شکل ۵ـ۲، کلید سلکتور روی ۵۰۰ ولت قرار داده و انحراف کامل عقربه در این رنج برابر با ۵۰۰ ولت است. از طرفی درجه‌بندی این رنج ۵۰ قسمت است؛ بنابراین ضریب ثابت سنجش برابر:

$$\text{ضریب ثابت سنجش} = \frac{\text{ولت}\ ۵۰۰}{\text{قسمت}\ ۵۰} = \frac{\text{ولت}\ ۱۰}{\text{قسمت}}$$

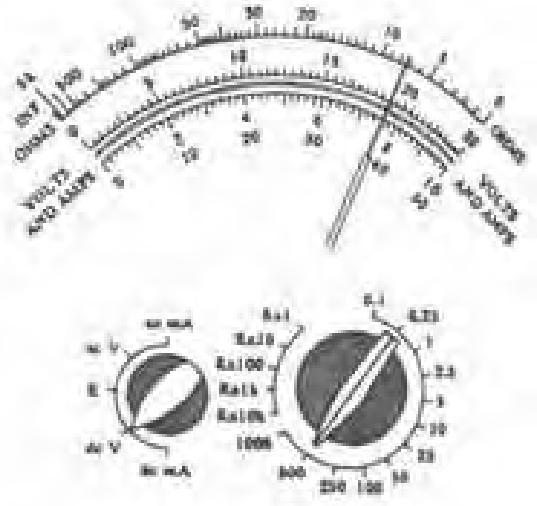
خواهد بود.

در شکل ۵ـ۲ عقربه به اندازه‌ی ۳۸ قسمت منحرف شده است؛ لذا ولتاژی برابر با:

$$\text{قسمت} ۳۸ \times \frac{\text{ولت}\ ۱۰}{\text{قسمت}} = \text{ولت}\ ۳۸۰$$

را نشان می‌دهد.

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



شکل ۵ـ۲

که در مورد نحوه‌ی خواندن ولتاژ و جریان گفته شد تفاوت دارد. برای اندازه‌گیری و خواندن مقاومت اهمی، ابتدا مقاومت را به دو ترمینال دستگاه وصل می‌کنیم و کلید سلکتور اصلی را روی قسمت مقاومت اهمی (R) قرار می‌دهیم؛ سپس آن‌قدر ضرایب کلید سلکتور را تغییر می‌دهیم تا عقربه در مکانی قرار گیرد که عدد واضحی را روی صفحه‌ی مدرج نشان دهد.

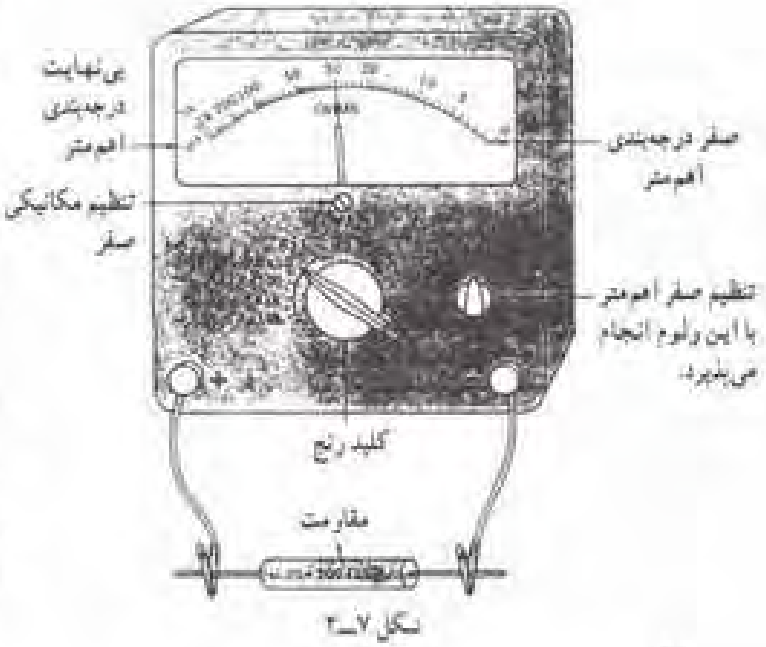
توصیه می‌شود مقدار مقاومت اهمی را در فاصله‌ی A تا B، طبق شکل ۶ـ۲، بخوانید؛ زیرا در این فاصله، اعداد کاملاً واضح و به‌راحتی قابل خواندن هستند.

شکل ۷ـ۲ یک اهم‌متر را در حال اندازه‌گیری یک مقاومت

شکل ۶ـ۲

> توجه داشته باشید چنانچه رنج مناسب کلید سلکتور را برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی و خواندن کاملاً واضح پیدا کردید، قبل از خواندن مقدار روی صفحه‌ی مدرج، ابتدا دو سیم رابط اهم‌متر را به هم اتصال کوتاه کنید و عقربه را به کمک ولوم مخصوصی که روی دستگاه تعبیه شده است روی صفر درجه‌بندی اهم‌متر تنظیم کنید. پس از تنظیم صفر دستگاه، مقدار مقاومت را روی صفحه‌ی مدرج بخوانید و در ضریب کلید سلکتور ضرب کنید تا مقدار دقیق مقاومت به‌دست آید.
>
> چنانچه در خلال اندازه‌گیری مقاومت اهمی مجبور به تغییر رنج کلید سلکتور شدید، حتماً قبل از خواندن، مجدداً صفر اهم‌متر 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 عقربه را روی صفر اهم‌متر تنظیم کرد.

۳۰۰ اهمی نشان می‌دهد. عدد نشان داده شده توسط عقربه ۳۰ است که پس از ضرب کردن در رنج کلید سلکتور (R×۱۰) برابر ۳۰۰ اهم می‌شود. صفر اهم‌متر قبل از اندازه‌گیری تنظیم شده است.



شکل ۷ـ۲

۵ـ۲ـ اندازه‌گیری مقاومت اهمی

همان‌طور که شرح داده شد، برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی، کافی است کلید سلکتور را در حالت R (مقاومت اهمی) قرار دهید و مقاومت مورد اندازه‌گیری را بین دو ترمینال Com و Ω (در بسیاری از آومترها ترمینال Ω، همان ترمینال + است) متصل کنید و مقدار R را اندازه بگیرید.

در بسیاری از اهم‌مترها رنج ۱K× و یا ۱۰K× نیاز به یک باتری ۹ یا ۱۰/۵ و یا ۲۲/۵ ولت دارد. چنانچه در یک آومتر این باتری فرسوده باشد یا اصلاً در اهم‌متر وجود نداشته باشد، رنج‌های مزبور غیرقابل استفاده خواهند بود.

کار عملی ۱: تعدادی مقاومت را در رنج‌های متفاوت (مثلاً ۱Ω، ۶/۸Ω، ۲۷Ω، ۱۵۰Ω، ۶۸۰Ω، ۱/۲KΩ، ۱۰KΩ، ۲۷KΩ، ۱۵۰KΩ، ۲۷۰KΩ، ۱MΩ و ۱/۵MΩ) توسط اهم‌متر موجود در آزمایشگاه اندازه بگیرید و مقادیر به‌دست آمده را در جدولی یادداشت کنید، آن‌گاه این مقادیر را با مقداری

که از روی کد رنگی مقاومت‌ها می‌خوانید مقایسه کنید.

۶ــ۲ــ اندازه‌گیری ولتاژ DC با اُومتر

برای اندازه‌گیری ولتاژ DC با اُومتر، ابتدا کلید سلکتور اصلی را در حالت ولتاژ DC قرار دهید و ولتاژ مجهول را بین دو ترمینال + و Com اعمال کنید. شکل ۸ــ۲ نحوه‌ی اندازه‌گیری ولتاژ DC را نشان می‌دهد.

شکل ۸ــ۲ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری ولتاژ

اگر حدود ولتاژ قابل اندازه‌گیری از قبل مشخص باشد (مثلاً ولتاژ یک باتری قلمی که حدود ۱/۵ ولت است) کلید رنج را در حدود ولتاژ مورد اندازه‌گیری قرار دهید. درصورتی‌که ولتاژ مورد اندازه‌گیری از قبل مشخص نباشد، ابتدا کلید سلکتور را در بیش‌ترین مقدار خود قرار دهید و به‌تدریج مقدار آن را طوری کم کنید تا عقربه انحراف مناسب را داشته باشد؛ سپس با توجه به مطالبی که گفته شد مقدار دقیق ولتاژ را بخوانید.

کار عملی ۲: منبع تغذیه‌ی DC را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و به کمک قسمت ولت‌متر DC یک اُومتر (موجود در آزمایشگاه) مقدار ولتاژ را در حالات مختلف اندازه بگیرید و جدولی برای آن تنظیم نموده و مقادیر را در آن یادداشت کنید.

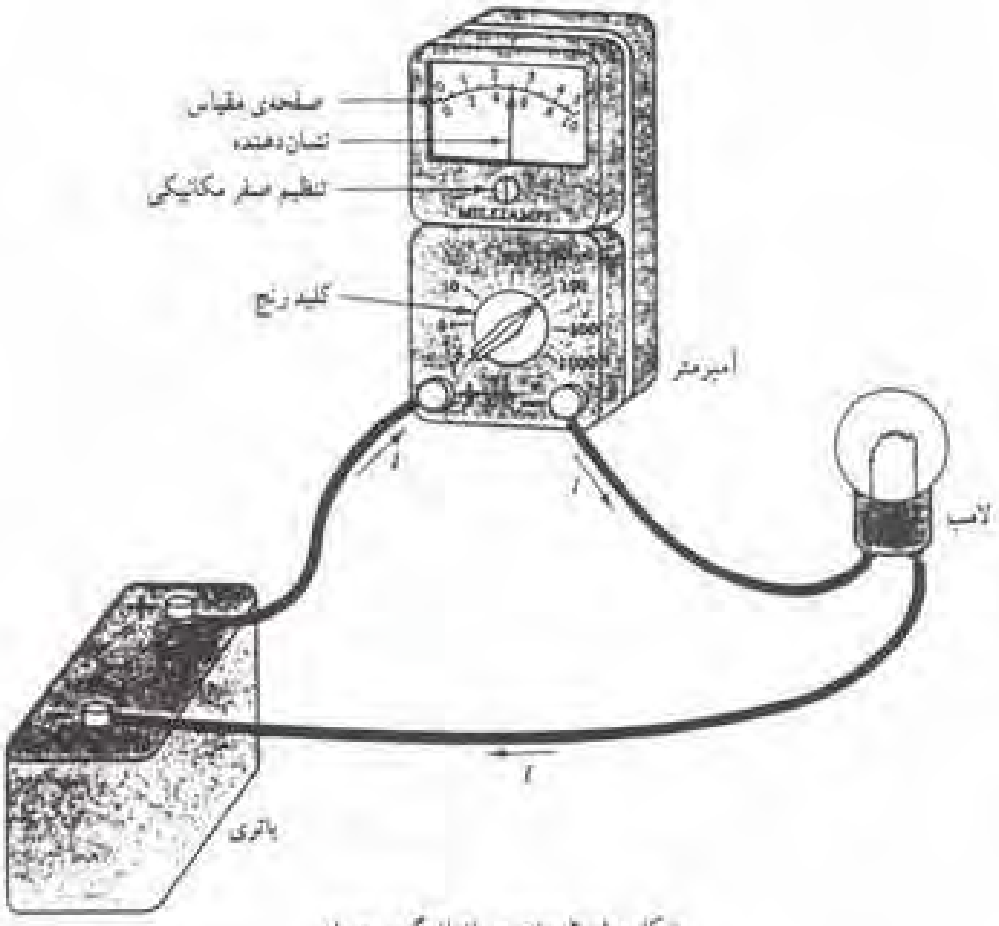
شکل ۹ــ۲

کار عملی ۳: مداری را، مطابق شکل ۹ــ۲، روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و با استفاده از ولت‌متر DC اُومتر، ولتاژ دو سر a و b را اندازه بگیرید.

اگر حدود جریان مورد اندازه‌گیری از قبل مشخص باشد، رنج مناسب را انتخاب کنید (مثلاً اگر جریان مورد اندازه‌گیری حدود ۲mA باشد، رنج جریان را در حالت ۳mA قرار دهید) و مقدار جریان را اندازه بگیرید. چنانچه مقدار تقریبی جریان از قبل مشخص نبود، ابتدا رنج آمپرمتر را در بیش‌ترین مقدار خود قرار دهید و به‌تدریج مقدار رنج را کم کنید تا انحراف مناسب به‌دست آید. **هنگام تغییر رنج اندازه‌گیری، جریان آمپرمتر را حتماً قطع کنید** یا دو سر آن را اتصال کوتاه کنید و بعد از تعویض رنج آن را باز کنید.

۷ــ۲ ــ اندازه‌گیری جریان DC

برای اندازه‌گیری جریان DC، ابتدا کلید سلکتور اصلی را در حالت جریان DC قرار دهید و مولتی‌متر را طبق شکل ۱۰ــ۲ به مدار ببندید. کلید را وصل کنید و مقدار جریان را با توجه به‌روشی گفته شده، اندازه بگیرید.



شکل ۱۰ــ۲ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری جریان

معمولاً، به‌علت وجود مقاومت داخلی آمپرمتر، ممکن است مقدار جریان اندازه‌گیری شده در دو رنج مختلف، تفاوت داشته باشد. هر قدر رنج جریان روی عدد بزرگ‌تر باشد مقاومت داخلی آمپرمتر کم‌تر و دقت اندازه‌گیری زیادتر می‌شود؛ ولی از طرف دیگر از مقدار انحراف کاسته می‌شود که این امر موجب کاهش دقت اندازه‌گیری خواهد شد. بنابراین انتخاب رنج مناسب در اندازه‌گیری جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

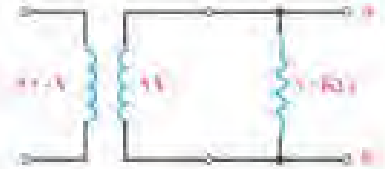
کار عملی ۴: مدار شکل ۱۱ــ۲ را روی برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و جریان مدار را توسط آمپرمتر اندازه بگیرید.

شکل ۱۱ــ۲

کار عملی ۵: در شکل ۱۱ــ۲، مقدار منبع را روی ۵ ولت تنظیم کنید و مقدار مقاومت را به ۴۷۰Ω تغییر دهید سپس مقدار جریان منبع را اندازه بگیرید.

۸ــ۲ــ اندازه‌گیری ولتاژ AC

برای اندازه‌گیری ولتاژ AC، ابتدا کلید سلکتور اصلی را در حالت ولتاژ AC قرار دهید و ولتاژ مورد اندازه‌گیری را بین دو ترمینال + و Com اعمال کنید. سپس مقدار ولتاژی را که عقربه روی صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد اندازه بگیرید.



شکل ۱۲ــ۲

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

مجدداً تأکید می‌شود اگر حدود مقدار ولتاژ مورد اندازه‌گیری مشخص نیست ابتدا بالاترین رنج ولتاژ را انتخاب کنید سپس، در صورت کم بودن انحراف عقربه، به‌تدریج رنج ولتاژ را کاهش دهید تا انحراف مطلوب به‌دست آید.

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

کار عملی ۶: مدار شکل ۱۲ـ۲ را روی پرد پُرد و یا پُرد آزمایشگاهی ببندید و ولتاژ دو سر a و b را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

اگر مقدار ولتاژ AC در یک مدار، همراه یک مؤلفه‌ی DC باشد و هدف فقط اندازه‌گیری ولتاژ AC باشد، در این صورت می‌توانید به‌جای ترمینال + از ترمینال OUTPUT استفاده کنید؛ زیرا بین دو ترمینال ۰ و OUTPUT یک خازن قرار دارد که مؤلفه‌ی DC را حذف می‌کند.

کار عملی ۷: مدار شکل ۱۳ـ۲ را روی پرد پُرد و یا پُرد آزمایشگاهی ببندید و ولتاژ خروجی را به ترمینال‌های + و Com اعمال کنید و مقدار آن را اندازه بگیرید.

سپس بار دیگر ولتاژ خروجی را به ترمینال‌های OUTPUT و Com متصل کنید و مقدار ولتاژ را اندازه بگیرید. نتایج به‌دست آمده را با مقادیر به‌دست آمده در کار عملی ۶ مقایسه کنید.

شکل ۱۲ـ۲

۹ـ۲ـ اندازه‌گیری جریان زیاد DC، ولتاژ زیاد و درجه حرارت

در بعضی از آوومترهای معمولی، ترمینال جداگانه‌ای برای اندازه‌گیری جریان‌های زیاد DC وجود دارد که با یک رنج مجزا روی کلید سلکتور اصلی کار می‌کند. این رنج دارای درجه‌بندی مجزا روی صفحه‌ی مدرج است.

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

در بسیاری از آوومترها، درجه‌بندی اندازه‌گیری درجه حرارت نیز وجود دارد که با استفاده از پروب 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 مربی آزمایشگاه کمیت‌های نام‌برده را اندازه بگیرید.

فصل سوم

شناخت و کاربرد آوومتر دیجیتالی

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

- آوومتر دیجیتالی را از سایر دستگاه‌ها تمیز دهد.
- پانل یک آوومتر دیجیتالی را تشریح کند.
- مقاومت اهمی را با آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرد.
- جریان‌های DC و AC را با آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرد.
- ولتاژهای DC و AC را با آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرد.
- دیود را با آوومتر دیجیتالی امتحان کند و جنس آن را تشخیص دهد.

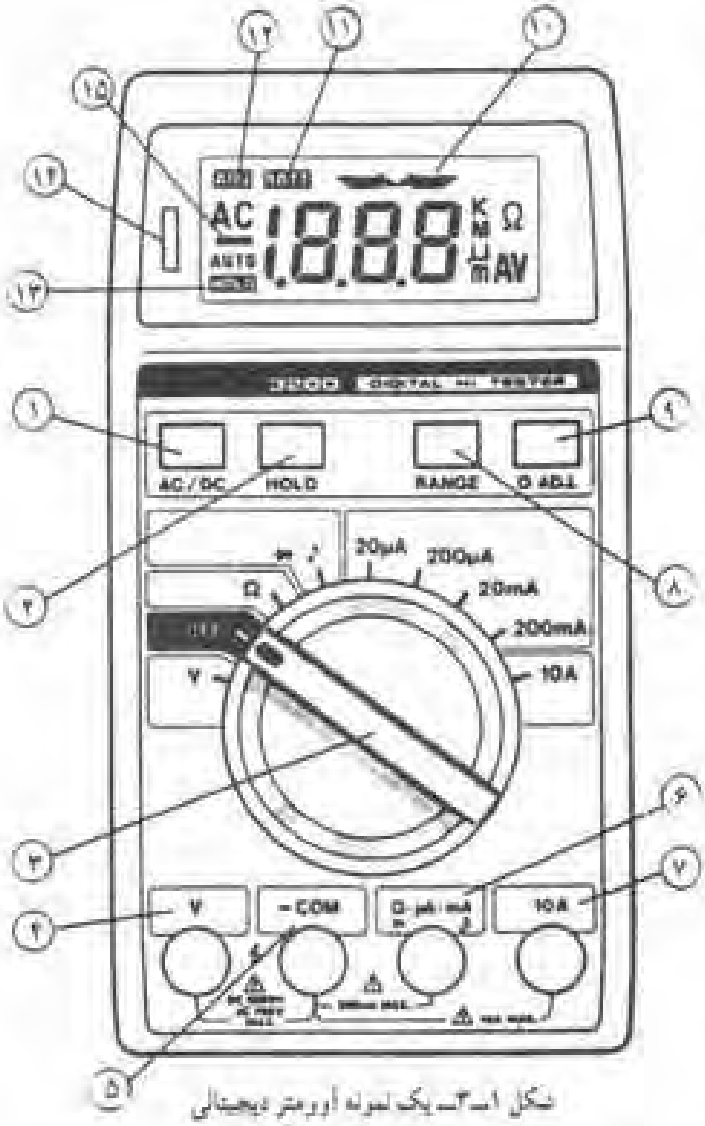
قبل از شرح آزمایش این قسمت، ابتدا پانل یک نوع آوومتر دیجیتالی رایج توضیح داده می‌شود و سپس شرح آزمایش این قسمت آورده خواهد شد.

شکل ۱ـ۳ یک نمونه آوومتر دیجیتالی را که پانل آن تشریح شده است را نشان می‌دهد.

(۱) کلید انتخاب نوع جریان یا ولتاژ (DC یا AC): آوومتر را که روشن می‌کنیم، این کلید خود به خود در حالت DC قرار می‌گیرد. حال برای اندازه‌گیری 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 آوومتر برای اندازه‌گیری جریان و یا ولتاژ AC است.

(۲) کلید HOLD، که برای ضبط کردن مقادیر خوانده شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از اندازه گرفتن مقادیر، اگر این دکمه را فشار دهیم، مقدار اندازه‌گیری شده روی صفحه‌ی نمایش ثابت می‌ماند. لازم به یادآوری است که تا زمانی که مقدار اندازه‌گیری شده با دوباره فشار دادن این دکمه پاک نشده است مقدار جدیدی را نمی‌توان اندازه گرفت. همچنین تا زمانی که اطلاعات ثابت نگه‌داشته شده است، لغت HOLD روی صفحه‌ی نمایش نمایان است.

(۳) کلید سلکتور: اگر این کلید روی Off باشد، کلاً آوومتر خاموش است و اگر روی ۷ قرار گیرد، فقط قسمت



شکل ۱ـ۳ـ یک نمونه آوومتر دیجیتالی

ولت‌متر آن فعال است و می‌تواند ولتاژ DC یا AC را اندازه بگیرد. اگر کلید روی Ω قرار بگیرد، فقط قسمت اهم‌متر آوومتر فعال خواهد بود و اگر روی علامت ⊣◀ قرار گیرد، در دو سر ترمینال مشترک و ترمینال ⊣◀ حدود ۱۵۰۰mV (که مقدار دقیق آن روی صفحه‌ی نمایش نشان داده می‌شود) ولتاژ برقرار می‌شود. حال اگر دو ترمینال ⊣◀ و مشترک را به هم اتصال کوتاه کنیم، بوی آوومتر صدا می‌دهد. بنابراین یکی از کاربردهای ⊣◀ می‌تواند نشان دادن اتصال دو نقطه به یکدیگر باشد (نشان‌دهنده‌ی حالت پیوستگی). کاربرد دیگر آن، تست دیود هاست. چنانچه آند دیود را به ترمینال ⊣◀ و کاتد آن را به ترمینال Com وصل کنیم، در صورت سالم بودن دیود، اگر جنس آن از سیلیکون باشد صفحه‌ی نمایش ولتاژی حدود ۵۰۰mV را نشان می‌دهد و چنانچه دیود از جنس ژرمانیوم باشد، حدود ۱۸۰mV روی صفحه‌ی نمایش نشان داده می‌شود. اگر قطب‌های دیود را نسبت به حالت فوق معکوس کنیم، آوومتر هیچ‌گونه واکنشی از خود نشان نمی‌دهد (به شرط سالم بودن دیود). اگر دیود سوخته باشد، دستگاه حالت اتصال کوتاه را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر کلید سلکتور در حالت ⊣◀ باشد و دو سر سیم‌های رابط به هر عنصری که متصل باشد عدد نشان‌دهنده روی صفحه‌ی نمایش، مقدار ولتاژ دو سر عنصر برحسب میلی‌ولت است. قسمت بعدی کلید سلکتور مربوط به آمپرمتر است. در حالت آمپرمتر، سیستم به‌صورت رنج اتوماتیک (AUTO RANGE) نیست، بلکه به‌صورت دستی است. اگر در هر یک از رنج‌های 20μA، 200μA، 20mA و 200mA، جریانی بیش‌تر از این اعداد به‌آوومتر اعمال کنیم، ضمن این‌که آوومتر چیزی را نشان نمی‌دهد بیزر آوومتر به علامت اضافه‌بار (Over load) به صدا درمی‌آید. در تمامی رنج‌های فوق، جریان می‌تواند DC و یا AC باشد و بالاخره ترمینال ۱۰A نیز برای اندازه‌گیری جریان‌های DC و AC از صفر تا ده آمپر به‌کار می‌رود. **توجه داشته باشید که در حالت ۱۰A حداکثر یک دقیقه مجازید که آمپرمتر را در مدار قرار دهید.**

④ ترمینال مخصوص اندازه‌گیری ولتاژ؛ چنانچه کمیّت مورد اندازه‌گیری ولتاژ، اعم از DC یا AC، باشد، باید از این ترمینال و ترمینال مشترک (Common) استفاده نماییم.

⑤ ترمینال مشترک برای کلیه‌ی اندازه‌گیری‌ها (ولتاژ ـ جریان ـ مقاومت اهمی و تست اتصال دو نقطه).

⑥ ترمینال مخصوص اندازه‌گیری مقاومت اهمی، جریان و حالت پیوستگی مدار.

⑦ ترمینال مخصوص اندازه‌گیری جریان ۱۰A برای جریان‌های DC و AC.

⑧ همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، اکثر آوومترها دارای سیستم رنج اتوماتیک هستند لکن این امکان را نیز در اختیار مصرف‌کننده می‌گذارند که مصرف‌کننده بتواند به‌صورت دستی نیز رنج را انتخاب نماید. با فشار دادن بر روی این شستی، اهم‌متر و یا ولت‌متر این آوومتر از حالت رنج اتوماتیک خارج شده و به‌صورت دستی قابل انتخاب خواهد بود. لازم به یادآوری است که با هربار فشار دادن روی این شستی، رنج دستگاه یک پله افزایش می‌یابد.

⑨ این کلید برای تنظیم صفر به‌کار می‌رود، به‌این صورت که قبل از هر اندازه‌گیری ابتدا دو سیم رابط را به هم متّصل می‌نمایند، اگر عددی غیر از صفر روی صفحه‌ی نمایش ظاهر شد این دکمه را فشار می‌دهند تا عدد صفر روی صفحه‌ی نمایش ظاهر گردد.

⑩ این علامت، نشانه‌ی متّصل بودن دو نقطه به یکدیگر است. چنانچه مقاومت اهمی دو نقطه زیاد نباشد و دو سیم رابط هنگامی که کلید سلکتور در حالت ⊣◀ قرار دارد با یک مقاومت نسبتاً کم به هم متّصل گردند، این علامت روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌گردد.

⑪ این آوومتر به دو عدد باتری قلمی ۱/۵ ولت نیاز دارد. چنانچه ولتاژ باتری‌ها از مقدار مشخّصی کوتاه شود، این علامت (BATT) روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌گردد، در این حالت باید سریعاً باتری‌ها را تعویض کرد.

⑫ اگر کلید ۹ (تنظیم صفر) را فشار دهیم این علامت روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌گردد.

⑬ اگر شستی HOLD را برای ضبط مقادیر اندازه‌گیری شده فشار دهیم، این علامت روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌گردد.

⑭ زمانی که مقاومت اهمی یک مدار را اندازه می‌گیریم، اگر ولتاژ دو سر مقاومت اهمی بیش‌تر از ۸۰ ولت باشد، این لامپ کوچک نئون روشن می‌شود.

⑮ در هنگام اندازه‌گیری ولتاژ DC، اگر قطب مثبت ولتاژ به ترمینال ۴ و قطب منفی ولتاژ به ترمینال ۵ وصل شده

باشد، این علامت را روی صفحه‌ی نمایش نداریم ولی اگر قطب‌ها را برعکس کنیم، این علامت به نشانه‌ی مثبت‌تر بودن ولتاژ ترمینال ۵ نسبت به ۴ روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌شود.

به‌طور کلی به همراه هر آوومتر یک دفترچه‌ی راهنمای استفاده از طرف سازندگان به خریداران عرضه می‌گردد. در دفترچه‌ی راهنما، کلیه‌ی نکات استفاده‌ی صحیح از آوومتر تذکر داده می‌شود، درضمن، مشخصات دستگاه برای اندازه‌گیری رنج‌ها و کمیت‌های مختلف، همراه با خطاهای احتمالی به‌صورت یک جدول ارائه می‌گردد. جدول ۱ـ۳، نمونه‌ای از این جدول‌ها است که سازندگان در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند (این جدول مربوط به آوومتر شکل ۱ـ۳ می‌باشد).

در جدول ۱ـ۳، ستون اول، بیان‌کننده‌ی کمیت مورد اندازه‌گیری است، مثلاً ولتاژ DC یا AC و غیره.

ستون دوم، رنج‌های موجود در کمیت مورد اندازه‌گیری هستند. این رنج در ولت‌متر و اهم‌متر به‌صورت Auto Range و دستی است ولی در آمپرمتر فقط به‌صورت 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 دو ولت به‌صورت ۱/۹۹۹ نشان داده می‌شود، چون سه رقم بعد از ممیز داریم

محدوده‌ی اندازه‌گیری و دقت (برای درجه حرارت ^{C}۲۳±۵ ^{C} RH گم‌تر از ۸۰٪ بعد از تنظیم صفر)

۱	۲	۳	۴	۵
	محدوده‌ی کار	حداقل مورد اندازه‌گیری	(دقت)	(توجه)
DCV	200mV	100μV	±0.3%rdg+1dgt	Input resistance:>1000MΩ
	2V	1mV	±0.5%rdg+1dgt	Input Approx 12MΩ
	20V	10mV	±0.5%rdg+1dgt	Input Approx 11MΩ
	200V	0.1V	±0.5%rdg+1dgt	Input Approx 11MΩ
	1000V	1V	±1.0%rdg±1dgt	Input Approx 11MΩ
ACV	2V	1mV	±1.0%rdg±1dgt	Input Approx 12MΩ 40Hz~500Hz
			±1.0%rdg±1dgt	Input Approx 12MΩ 500Hz~1KHz
	20V	10mV	±1.0%rdg±4dgt	Input Approx 11MΩ 40Hz~1KHz
			±2.0%rdg±4dgt	Input Approx 11MΩ 1KHz~5KHz
	200V	0.1V	±1.0%rdg±4dgt	Input Approx 11MΩ 40Hz~1KHz
			±2.0%rdg±4dgt	Input Approx 11MΩ 1KHz~5KHz
	750V	1V	±1.0%rdg±4dgt	Input Approx 11MΩ 40Hz~500Hz
			±2.0%rdg±4dgt	Input Approx 11MΩ 500Hz~1KHz
OHMS	200Ω	0.1Ω	±0.7%rdg±2dgt	Open-terminal voltage 0.45V
	2KΩ	1Ω	±0.7%rdg±2dgt	Open-terminal voltage 0.45V
	20KΩ	10Ω	±0.7%rdg±2dgt	Open-terminal voltage 0.45V
	200KΩ	100Ω	±0.7%rdg±2dgt	Open-terminal voltage 0.45V
	2000KΩ	1KΩ	±1.0%rdg±2dgt	Open-terminal voltage 0.45V
	20MΩ	10KΩ	±2.0%rdg±2dgt	Open-terminal voltage 0.45V
DCA	20μA	10nA	±1.0%rdg±1dgt	Int resistance 10kΩ
	200μA	100nA	±1.0%rdg±1dgt	Int resistance 1kΩ
	20mA	10μA	±1.0%rdg±1dgt	Int resistance 10Ω
	200mA	100μA	±1.0%rdg±1dgt	Int resistance 1Ω
	10A	10mA	±1.2%rdg±1dgt	Int resistance <15mΩ
ACA	20μA	10nA	±1.5%rdg±4dgt	Int resistance 10kΩ 40~500Hz
	200μA	100nA	±1.2%rdg±4dgt	Int resistance 1kΩ 40~1kHz
	20mA	10μA	±1.2%rdg±4dgt	Int resistance 10Ω 40~1kHz
	200mA	100μA	±1.2%rdg±4dgt	Int resistance 1Ω 40~1kHz
	10A	10mA	±1.5%rdg±4dgt	Int resistance <15mΩ 40~500Hz

جدول ۱ـ۳

بنابراین رقم اول از سمت راست هر شماره مبین یک میلی‌ولت است. بنابراین ولتاژهای کسری از میلی‌ولت، اصلاً در این رنج قابل نمایش نیست تا بتوان مقدار آن‌ها را قرائت نمود.

ستون چهارم، دقّت سنجش را مشخّص می‌نماید. مثلاً ±۰/۵%rdg±۱dgt یعنی خطای اندازه‌گیری نیم‌درصد و ۱± رقم سمت راست.

ستون پنجم، شرایط کار را مشخّص می‌کند، مثلاً در قسمت ولت‌متر، DC امپدانس ورودی را در هر رنج مشخّص نموده در رنج ولتاژ AC ضمن این که امپدانس ورودی را مشخّص می‌کند، محدوده‌ی فرکانس را نیز تعیین می‌نماید. در قسمت اهم‌متر ولتاژ دو سر ترمینال‌های اهم را نشان می‌دهد که در همه‌ی رنج‌ها حدود ۰/۴۵ ولت است و الی آخر.

نام آزمایش: روش استفاده از آورمتر دیجیتالی

۱ـ۳ـ هدف آزمایش

کار با اهم‌متر، ولت‌متر DC، AC و آمپرمتر DC، AC و تست دیود با آورمتر دیجیتالی

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. آورمتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۲. منبع تغذیه DC (۰ـ۳۰V)	۱ دستگاه
۳. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V	۱ عدد
۴. مقاومت‌های ۰/۱Ω، ۱Ω، ۱۸Ω، ۱۸۰Ω، ۳۳۰Ω، ۶۸۰Ω، ۱KΩ، ۱/۵KΩ، ۲/۷KΩ، ۶/۸KΩ، ۱۰KΩ، ۲۷KΩ، ۱۰۰KΩ، ۱۵۰KΩ و ۴۷۰KΩ	از هر کدام ۱ عدد

شکل ۲ـ۳ـ نمونه‌هایی از آورمترهای دیجیتالی

الف ــ نشان‌دهنده‌های LCD برای نمایش مقادیر، واحدها، قطب و نوع اندازه‌گیری و نقاط شناور

ب ــ یک آومتر دیجیتالی هنگام اندازه‌گیری جریان

شکل ۲ــ۳

۵. دیود از جنس سیلیکون (1N4001) ۱ عدد

۶. دیود از جنس ژرمانیوم (1N34A) ۱ عدد

۲ــ۳ــ شرح آزمایش

در این آزمایش شما با چگونگی استفاده از آومتر دیجیتالی در اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی آشنا می‌شوید.

شکل ۲ــ۳ نمونه‌های دیگری از آومترهای دیجیتالی را نشان می‌دهد.

۳ــ۳ــ نحوه‌ی خواندن مقادیر از روی آومترهای دیجیتالی

به‌طور کلی از بزرگ‌ترین امتیازات آومترهای دیجیتالی این است که این دستگاه‌ها مقدار یک کمیت را همراه با واحد آن به‌صورت ارقام و علامت واحد نشان می‌دهند.

شکل ۳ــ۳ــ ب، یک نمونه از آومتر دیجیتالی را درحال اندازه‌گیری جریان نشان می‌دهد. به کمیت mA روی دستگاه توجه کنید.

هنگام اندازه‌گیری یک کمیت الکتریکی، به منظور داشتن دقت بیش‌تر، همیشه رنجی را انتخاب می‌کنیم که تقریباً تمام رقم‌های روی صفحه‌ی نمایش (Display) بتوانند مقدار آن کمیت را نشان دهند. به‌عنوان مثال اگر بخواهیم ولتاژی برابر با ۱/۳۵۳ ولت را اندازه بگیریم، آومتر دیجیتالی در رنج‌های مختلف مقدار ولتاژ را به‌صورت جدول ۲ــ۳ نشان می‌دهد.

رنج	مقدار نشان داده شده
۲V ــ	۱/۳۵۳
۲۰V ــ	۱/۳۵
۲۰۰V ــ	۱/۳
۱۰۰۰V ــ	۱

جدول ۲ــ۳

۴ــ۳ــ اندازه‌گیری مقاومت اهمی

در اکثر آومترهای دیجیتالی که امروزه ساخته می‌شوند، رنج اندازه‌گیری اهم به‌صورت اتوماتیک (Auto Range) تعیین می‌شود، یعنی اهم‌متر هنگام اندازه‌گیری مقدار مقاومت اهمی، ابتدا کم‌ترین رنج (معمولاً ۲۰۰ Ω ــ) را انتخاب می‌کند چنانچه

مقدار مقاومت مجهول در این رنج نبود، رنج بعدی (۲KΩ ـ ۰) را انتخاب می‌کند و چنانچه باز هم مقدار مقاومت مجهول در این رنج نبود، رنج بعدی (۲۰KΩ ـ ۰) را انتخاب می‌کند و این کار را تا جایی ادامه می‌دهد که مقدار مقاومت در آن محدوده باشد؛ بدین‌ترتیب آومتر مناسب‌ترین رنج را انتخاب می‌کند و مقدار مقاومت را به‌صورت ارقام دیجیتالی روی صفحه‌ی نمایش می‌نویسد.

برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت اهمی، کافی است مقاومت مجهول را بین دو ترمینال Com و Ω ببندید و کلید سلکتور اصلی را روی Ω قرار دهید. در بعضی از آومترهای دیجیتالی، ضمن داشتن رنج اتوماتیک، می‌توان رنج را به‌صورت دستی نیز تنظیم کرد.

کار عملی ۱: تعدادی مقاومت (به‌عنوان مثال ۱Ω، ۱۰Ω، ۱۸Ω، ۱۸۰Ω، ۶۸۰Ω، ۱۵۰۰Ω، ۴/۸KΩ، ۲۷KΩ، ۱۵۰KΩ و ۴۷۰KΩ) را از انبار تحویل گرفته و با اهم‌متر دیجیتالی مقدار آن‌ها را اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده را با کد رنگی یا مقادیر روی مقاومت مقایسه کنید.

چنانچه اهم‌متری که در اختیار دارید هم به‌صورت Auto Range و هم‌دستی است، در حالت دستی نیز رنج مناسب را انتخاب کنید و مقاومت‌ها را اندازه بگیرید سپس مقادیر اندازه‌گیری شده در دو حالت اتوماتیک و دستی را با هم مقایسه کنید.

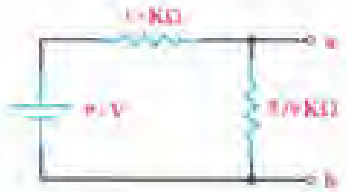
۵ـ۳ـ اندازه‌گیری ولتاژ DC

اندازه‌گیری ولتاژ DC با آومتر نیز به دو صورت رنج اتوماتیک و رنج دستی صورت می‌گیرد. در مورد رنج اتوماتیک همانند اندازه‌گیری مقاومت اهمی مولتی‌متر، ابتدا کم‌ترین رنج (معمولاً ۲۰۰mV ـ ۰) را انتخاب می‌کند. چنانچه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در این رنج قرار نداشته باشد، به‌طور اتوماتیک به‌رنج بعدی (۲V ـ ۰) می‌رود و این کار را تا جایی ادامه می‌دهد که ولتاژ مورد نظر در رنج مناسبی باشد. بدین‌ترتیب خود آومتر بهترین رنج را انتخاب می‌کند. بعضی از آومترها ضمن داشتن رنج اتوماتیک، مجهز به کلیدی هستند که رنج اتوماتیک را تبدیل به رنج دستی می‌کند.

در همه‌ی آومترها، سیستمی وجود دارد که اگر ولتاژ مثبت را به ورودی V و ولتاژ منفی را به Com وصل کنیم مقدار ولتاژ را بدون هیچ‌گونه علامتی و یا بعضاً با علامت + به نشانه‌ی درست بودن اتصال ولتاژ به آومتر نشان می‌دهد. چنانچه ولتاژ منفی را به ورودی V و مثبت را به Com وصل کنیم جلوی مقدار ولتاژ نشان داده شده، علامت ـ (منفی) به نشانه‌ی معکوس بودن اتصالات ورودی ظاهر می‌شود.

در هر حال، آومترها در هر دو مورد مقدار ولتاژ را دقیقاً اندازه می‌گیرند و نشان می‌دهند.

کار عملی ۲: مدار شکل ۳ـ۴ را روی برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و ولتاژ خروجی را هم به‌صورت Auto Range و هم دستی (Manual) اندازه بگیرید. سپس جای ترمینال‌های مثبت و منفی منبع تغذیه را عوض کنید و مجدداً ولتاژها را اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید.



شکل ۳ـ۴

۶ـ۳ـ اندازه‌گیری ولتاژ AC

اندازه‌گیری ولتاژ AC مشابه 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 آومترها فرق می‌کند. معمولاً از حداقل ۳۰Hz شروع می‌شود و تا ۱۰KHz قابل اندازه‌گیری است.

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

در جدول ۳ـ۳، کاتالوگ مربوط به یک نمونه آومتر دیجیتالی در ارتباط با فرکانس قابل اندازه‌گیری، و همچنین خطای افزایش فرکانس نشان داده شده است.

Voltage, current and resistance measurement ranges

Voltage and current ranges	Internal resistance	Accuracy referred to full-scale deflection			
		Operating mode: DC	Frequency range depending on accepted error: 1% + 2d	3% + 2d	6% + 2d
1000V ⎓					
450V ⎓			30Hz...400Hz	not specified	
300V ⎓			50Hz...1kHz		
30V ⎓	10MΩ	0.5% ± 1d	50Hz...1kHz	30Hz...1.5kHz	50Hz...1.5kHz
2V ⎓	≤100pF		50Hz...1kHz	50Hz...2.5kHz	50Hz...4kHz
300 mV ⎓			50Hz...4kHz	50Hz...6 kHz	50Hz...12kHz
20 A ⎓	0.01Ω				
2A ⎓	0.01Ω				
300 mA ⎓	1.2Ω	1% ± 1d	50Hz...1kHz	50Hz...4kHz	50Hz...4kHz
20 mA ⎓	10.2Ω				
2m A ⎓	100.2Ω				
200 μA ⎓	1kΩ				

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

جدول ۳ـ۴

کار عملی ۴: مدار شکل ۵ـ۳ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی مونتاژ کنید و ولتاژ خروجی AC را به کمک آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرید. اندازه‌گیری را در دو حالت Auto Range و دستی (Manual) انجام دهید و مقادیر اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید.

شکل ۵ـ۳

۷ـ۳ـ اندازه‌گیری جریان DC

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

برای اندازه‌گیری جریان، ابتدا کلید سلکتور را در مقدار ماکزیمم خود قرار دهید. اگر مقدار جریان توسط تمامی ارقام صفحه‌ی نمایش نشان داده نشد، رنج را به‌تدریج کم کنید[1] تا مقدار جریان توسط تمامی رقم‌های صفحه‌ی نمایش نشان داده شود. در ضمن در بسیاری از آوومترها ترمینال جریان از ترمینال ولتاژ جداست. در این آوومترها باید جریان را به ترمینال‌های mA و Com اعمال کرد.

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

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

اکثر آوومترها مجهز به یک ترمینال جریان زیاد (معمولاً ۱۰A و یا ۲۰A) هستند. اگر بخواهید از این ترمینال استفاده کنیم باید کلید سلکتور را نیز در حالت ۱۰A یا ۲۰A قرار دهید.

اگر جهت جریان اعمالی به آمپرمتر دیجیتالی معکوس باشد (جریان به ترمینال mA وارد نشود) عدد حاصل بر روی صفحه‌ی نمایش (Display) منفی (-) خواهد بود.

کار عملی ۴: جریان مدار شکل ۶ـ۳ را با آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرید. هنگام اندازه‌گیری مناسب‌ترین رنج را انتخاب کنید.

مناسب‌ترین رنج برای اندازه‌گیری جریان شکل ۶ـ۳ کدام است؟ چرا؟

شکل ۶ـ۳

۸ـ۳ـ 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 آمپرمتر AC نیز دقیقاً همانند ولتاژ AC است.

۱ـ هنگام تعویض رنج، حتماً جریان مدار را قطع کنید و یا دو سر آن را اتصال کوتاه کنید.

کار عملی ۵: مدار شکل ۷ـ۳ را روی بُرد آزمایشگاهی یا بردبُرد ببندید و جریان مدار را اندازه بگیرید.

مناسب‌ترین رنج انتخابی برای اندازه‌گیری جریان مدار شکل ۶ـ۳ کدام است؟

کار عملی ۶: در مدار شکل ۷ـ۳ مقاومت ۱۰KΩ را جایگزین مقاومت ۳۳۰ اهمی کنید و جریان مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

مناسب‌ترین رنج انتخابی برای اندازه‌گیری این جریان کدام است؟

۹ـ۳ـ تست دیود

یکی دیگر از امکاناتی که بعضی از آوومترهای دیجیتالی دارند، این است که در یک رنج مخصوص، ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت را در دو سر ترمینال مشترک و یکی دیگر از ترمینال‌ها، که معمولاً با علامت دیود مشخص می‌شود، برقرار می‌کنند. اگر این دو ترمینال را به هم اتصال کوتاه کنید آوومتر مقدار ولتاژ دو سر ترمینال را که مقدار آن صفر است نشان می‌دهد. در این حالت ممکن است بوق آوومتر نیز به صدا درآید که این امر نشان‌دهنده‌ی پیوسته بودن دو نقطه است. حال اگر مقاومتی را به این دو ترمینال متصل کنیم، صفحه‌ی نمایش عددی را نشان می‌دهد که همان ولتاژ

شکل ۷ـ۳

دو سر مقاومت اهمی برحسب ولت و یا میلی‌ولت است.

اگر یک دیود را به دو ترمینال فوق ببندیم، به‌طوری که کاتد دیود به ترمینال مشترک و آند آن به ترمینالی که دارای علامت دیود است وصل شود، آوومتر افت ولتاژ دو سر دیود (حدود ۵۰۰ میلی‌ولت) را روی صفحه‌ی نمایش نشان می‌دهد که نشان‌دهنده‌ی سالم بودن دیود است. درصورتی‌که جنس دیود از ژرمانیوم باشد مقدار ولتاژ حدود ۱۵۰ میلی‌ولت خواهد بود؛ حال چنانچه دیود را به‌طور معکوس ببندیم و دیود سالم باشد ولتاژ دو سر آن حدود ۱/۵ ولت خواهد بود که این مقدار روی صفحه‌ی نمایش ظاهر می‌شود. بدین‌ترتیب با استفاده از این روش می‌توانید دیود را مورد آزمایش قرار دهید.

کار عملی ۷: به کمک آوومتر دیجیتالی جنس یک دیود ژرمانیومی و یک سیلیکونی را مشخص کنید و سالم بودن آن‌ها را مورد آزمایش قرار دهید.

فصل چهارم

توسعه‌ی حدود اندازه‌گیری گالوانومتر (ولت‌متر)

هدف‌های رفتاری: از هنرجو 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 شده با گالوانومتر را در ولت‌متر DC محاسبه کند.
- از یک گالوانومتر، یک ولت‌متر AC با رنج دلخواه بسازد.
- چگونگی تبدیل گالوانومتر به اهم‌متر سری را شرح دهد.
- مقاومت‌های سری شده با گالوانومتر را در ولت‌متر AC محاسبه کند.

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

۱ـ۴ـ هدف آزمایش

آشنایی با ساختمان داخلی ولت‌مترهای مولتی رنج DC و ولت‌متر‌های مولتی‌رنج AC و اهم‌متر سری.

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. آوومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۲. آوومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۳. گالوانومتر	۱ دستگاه
۴. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲۲۰×۹V	۱ عدد
۵. منبع تغذیه DC (۰ـ۲۰V)	۱ دستگاه
۶. ولوم خطی ۱۰KΩ	۱ عدد
۷. مقاومت‌های ۴۷۰Ω، ۲۷KΩ و ۱۲۰KΩ	از هر کدام ۱ عدد
۸. مقاومت ۱۵KΩ	۲ عدد
۹. سیم‌های رابط	۸ عدد

۲ـ۴ـ شرح آزمایش

در اولین قسمت این آزمایش، توسعه‌ی رنج اندازه‌گیری ولت‌متر موردنظر است. فرض بر این است که ما فقط یک گالوانومتر دآرسونوال در اختیار داریم و می‌خواهیم با آن ولتاژهای بیش‌تر از اُفت ولتاژ دو سر گالوانومتر را اندازه بگیریم. اگر در آزمایشگاه گالوانومتر دآرسونوال دارید، ابتدا جریان انحراف کامل آن را مشخص کنید. معمولاً جریان انحراف کامل (Full Scale) گالوانومترهای دآرسونوال را بر روی صفحه‌ی مدرج آن می‌نویسند (مانند شکل ۲ـ۴ـ الف و ب) مقاومت داخلی گالوانومتر به کمک اهم‌متر قابل اندازه‌گیری است. یا به‌دست آوردن مقدار جریان انحراف کامل و مقاومت گالوانومتر می‌توانید برای آن مدار معادلی مشابه شکل ۱ـ۴ رسم کنید.

درصورتی که گالوانومتر در اختیار ندارید، از گالوانومتر یک آوومتر استفاده کنید. بدین‌نحو که بر روی کلید سلکتور اکتر

شکل ۱ـ۴

آوومترها، رنجی وجود دارد که روی آن مقدار ولتاژ و جریان توأماً نوشته شده است. شکل ۲ـ۴ این رنج را نشان می‌دهد.

شکل ۲ـ۴

در شکل ۲ـ۴ رنج ولتاژ ۱۰۰mV و جریان ۵۰μA است. اگر کلید سلکتور در این رنج قرار گیرد، ترمینال‌های + و Com، دو سر گالوانومتر هستند. اگر عقربه‌ی این گالوانومتر به‌ازای جریان ۵۰μA انحراف کامل داشته باشد ولتاژ دو سر آن ۱۰۰mV است. بنابراین مقدار مقاومت داخلی این گالوانومتر برابر است با:

$$R_G = \frac{۱۰۰mV}{۵۰\mu A} = ۲K\Omega$$

مدار معادل این گالوانومتر در شکل ۳ـ۴ رسم شده است.

شکل ۳ـ۴

کار عملی ۱: اگر گالوانومتر در اختیار دارید مقادیر ولتاژ و جریان و مقاومت داخلی آن را به‌دست آورید و طبق شکل ۳ـ۴ مدار معادل آن را رسم کنید و مقادیر را روی آن بنویسید.

کار عملی ۲: چنانچه می‌خواهید از گالوانومتر آوومتر استفاده کنید، مدار معادل قسمت گالوانومتر را طبق شکل ۳ـ۴ 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 DC، AC و همچنین مولتی‌متر اهم‌متر استفاده خواهید کرد.

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 ابتدا، یک ولت‌متر با یک حوزه، کار را مورد بررسی قرار می‌دهیم و سپس به بررسی یک ولت‌متر مولتی‌رنج می‌پردازیم.

مقاومتی که با گالوانومتر سری می‌شود باید طوری محاسبه شود که به‌ازای عبور «جریان انحراف کامل گالوانومتر» از آن، افت ولتاژ دو سر آن، برابر تفاوت ولتاژ ورودی و ولتاژ ماکزیمم دو سر گالوانومتر باشد. به‌عنوان مثال اگر در دو سر یک گالوانومتر به‌ازای عبور جریان ۵۰μA، ولتاژی برابر ۱۰۰ میلی‌ولت افت کند (شکل ۴ـ۴) و ما بخواهیم ولتاژ ۱۷ـ۰ را با آن اندازه بگیریم، باید ولتاژ دو سر مقاومت سری شده با گالوانومتر به‌ازای عبور جریان ۵۰μA مقدار ۹۰۰mV = ۱۰۰mV − ۱V افت

کند. بنابراین مقدار مقاومت برابر است با:

$$R_s = \frac{9.0\,mV}{30\,\mu A} = 300\,K\Omega$$

در شکل ۲ـ۴ مقدار افت ولتاژها نشان داده شده است.

شکل ۴ـ۴

کار عملی ۳: با هر نوع گالوانومتری که در اختیار دارید مقدار مقاومت سری یک ولت‌متر با رنج ۲۷ـ را محاسبه کنید و آن را روی برد برد و با برد آزمایشگاهی سوار و گالوانومتر را با آن سری کنید. این ولت‌متر را به منبع تغذیه متصل کنید و مقدار ولتاژ را از روی صفحه‌ی مدرج بخوانید.

برای مقایسه‌ی مقادیر، یک ولت‌متر دیجیتالی را نیز با ورودی ولت‌متر به‌صورت موازی ببندید. در این حالت باید مقداری را که از روی صفحه‌ی مدرج می‌خوانید با مقداری که ولت‌متر دیجیتالی نشان می‌دهد تقریباً یکسان باشد.

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

۲۷ـ،

۵۷ـ،

۱۰۷ـ،

۳۰۷ـ،

داشته باشید. افت ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها در شکل ۵ـ۴ نشان داده شده‌اند. در این مدار، جریان را در تمامی مقاومت‌ها برابر جریان انحراف کامل گالوانومتر در نظر بگیرید.

مقدار مقاومت‌ها با توجه به مقدار افت ولتاژ دو سر آن‌ها جریان عبوری محاسبه می‌شود.

شکل ۵ـ۴

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

۲۷ـ،

۶۷ـ،

۱۵۷ـ،

۴۰۷ـ،

طرح کنید؛ سپس آن را روی بردبرد و با برد آزمایشگاهی ببندید. ولتاژهای مختلف را با توجه به رنج‌های مختلف اندازه بگیرید. مقادیر اندازه‌گیری شده در هر مرحله را با آومتر دیجیتالی مقایسه کنید و از صحت کار خود مطمئن شوید.

سؤال: چرا ولت‌مترها را عملاً به‌صورت مولتی‌رنج می‌سازند؟

توسعه‌ی حوزه‌ی کار ولت‌متر AC: در آومترهای معمولی برای اندازه‌گیری ولتاژ AC، ابتدا آن را به کمک دیود تبدیل به DC می‌کنند و آن‌گاه به گالوانومتر دارسونوال اعمال می‌کنند. گالوانومتر دارسونوال نیز مقدار متوسط این ولتاژ را روی صفحه‌ی درجه‌بندی شده نشان می‌دهد؛ بنابراین حرکت عقربه متناسب با مقدار متوسط ولتاژ یکسو شده است. از طرفی ما می‌خواهیم حرکت عقربه بیانگر

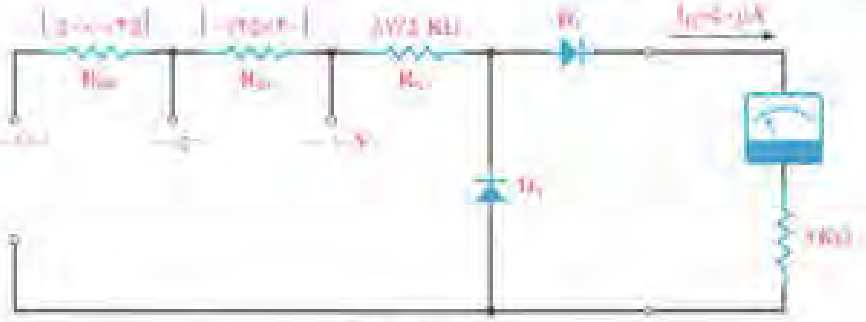
مقدار مؤثر ولتاژ متناوب ورودی ولت‌متر باشند؛ لذا با اصلاح مقدار مقاومت‌ها، کاری می‌کنیم که حرکت عقربه متناسب با مقدار مؤثر ولتاژ ورودی باشد. رابطه‌ی مقدار مؤثر با مقدار متوسط ولتاژ یکسو شده به صورت رابطه‌ی (۱ـ۴) است.

$V_{DC} = 0/45 Veff$ (ولتاژ متوسط یکسو شده) (۱ـ۴)

از این‌رو افت ولتاژ AC دو سر مقاومت‌ها را در عدد ۰/۴۵ ضرب می‌کنیم. برای درک بهتر و توضیحات بیش‌تر به فصل اول کتاب دستگاه‌های اندازه‌گیری مراجعه کنید. مدار ولت‌متر AC در شکل ۶ـ۴ نشان داده شده است:

شکل ۶ـ۴

فرض کنید با این گالوانومتر می‌خواهیم ولتاژ AC را در محدوده‌ی ۱۰ـ۰ اندازه بگیریم. از این‌رو افت دو سر R_s را باید برابر $10 \times 0/45 = 4/5V$ درنظر بگیریم.



شکل ۷ـ۴

کار عملی ۶: با گالوانومتر موجود در آزمایشگاه، یک ولت‌متر AC مولتی‌رنج با رنج‌های:

۱۰ـ۰

۲۵ـ۰

۵۰ـ۰

۷۵ـ۰

۱۵۰ـ۰

طرح کنید و سپس روی برد برد و یا برد آزمایشگاهی ببندید 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 وروده‌ی ولت‌متر به‌صورت موازی ببندید تا از صحت مقادیر خوانده شده مطمئن شوید.

تبدیل گالوانومتر به اهم‌متر سری: در این مرحله یک گالوانومتر را به یک اهم‌متر سری تبدیل می‌کنید. برای این منظور از طرفی مقاومت دیود D_1 را نیز حدود ۲/۵KΩ درنظر می‌گیریم (دیود D_2 فقط برای حفاظت D_1 به‌کار رفته است و هیچ نقشی در محاسبات مقاومت‌های سری ندارد).

$$R_s = \frac{4/5V}{50\mu A} - 2/5K\Omega = 87/5K\Omega$$

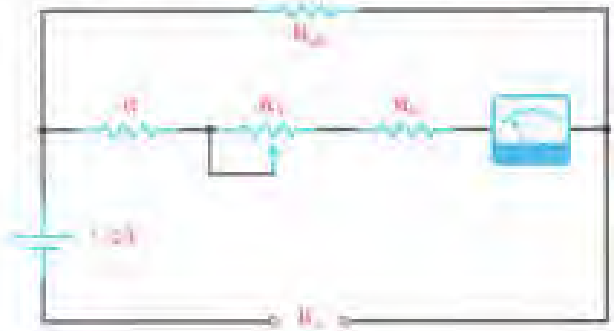
بنابراین با سری کردن یک مقاومت ۱۴۷/۵KΩ با دیود و گالوانومتر، می‌توانیم ولتاژهای تا ۱۰ ولت مؤثر را روی درجه‌بندی گالوانومتر بخوانیم.

کار عملی ۵: با گالوانومتر موجود در آزمایشگاه و مدار شکل ۶ـ۴، یک ولت‌متر AC با رنج ۱۰ـ۰ محاسبه و سپس روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید. در ضمن ولتاژ خروجی ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V را اندازه بگیرید و در ضمن برای تأیید درستی محاسبات، مقاوری را که از روی صفحه‌ی مدرج می‌خوانید با مقدار نشان داده شده توسط ولت‌متر AC دیجیتالی مطابقت دهید.

در ولت‌مترهای AC مولتی‌رنج محاسبات، شبیه ولت‌متر DC است؛ با این تفاوت که افت ولتاژ متناوب دو سر مقاومت‌های سری شده را در عدد ۰/۴۵ ضرب می‌کنیم. شکل ۷ـ۴ ولت‌متر AC مولتی‌رنج را با رنج‌های ۱۰ـ۰ و ۵۰ـ۰ و ۱۰۰ـ۰ نشان می‌دهد.

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

در شکل ۸ـ۴، یک اهم‌متر سری ترسیم شده است. اصول کار این مدار را در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری خوانده‌اید.



شکل ۸ـ۴

در مدار شکل ۸ـ۴ مقادیر مقاومت‌ها را به‌شرح زیر محاسبه کنید.

الف ـ مقدار R_G همان مقاومت داخلی گالوانومتر آوومتر شماست.

ب ـ مقدار R_1 را ۱۰KΩ خطی درنظر بگیرید.

ج ـ مقدار R را طوری محاسبه کنید که اگر دو سر مقاومت R_1 را اتصال کوتاه کنیم و ولوم ۱۰KΩ در وسط خود قرار گیرد ($R_1 = 5K\Omega$) جریان I_G (جریان انحراف کامل) از گالوانومتر عبور کند.

د ـ در روی صفحه‌ی مدرج ـ قسمت درجه‌بندی اهم ـ ببینید در وسط درجه‌بندی چه عددی قرار دارد (معمولاً ۱۵، ۲۰، ۲۵ یا ۳۰). آن‌گاه R_{G1} را طوری محاسبه کنید که عدد وسط درجه‌بندی اهم $= (R_1 + R + R_G) \| R_{G1}$ شود. سپس مقاومت‌های مختلف را به‌جای R_1 قرار دهید و مقدار مقاومت‌ها را روی درجه‌بندی اهم‌متر بخوانید. برای اطمینان از صحت کار خودتان مقاومت‌های اندازه‌گیری شده را مجدداً با آوومتر دیجیتالی اندازه بگیرید.

کار عملی ۷: مقدار R_{G1} را طوری محاسبه کنید که عدد وسط درجه‌بندی اهم $= ۱۰ \times R_1 + R + R_G \| R_{G1}$ شود. آن‌گاه مقاومت‌های مختلف را با این رنج 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.

سؤال: چرا در اهم‌مترها از مقاومت‌های ثابت برای مولتی‌رنج کردن اهم‌متر استفاده می‌کنند؟

سؤال: تقتین ولوم ۱۰KΩ در مدار شکل ۸ـ۴ کدام است؟

سؤال: چرا مقاومت‌های ثابت را بر مبنای وسط درجه‌بندی اهم‌متر تعیین می‌کنیم؟

فصل پنجم

توسعه‌ی حدود اندازه‌گیری گالوانومتر (آمپرمتر)

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

- مدار معادل گالوانومتر را رسم کند.
- از گالوانومتر در مواقع نیاز به‌عنوان آمپرمتر استفاده کند.
- مدار داخلی آمپرمترهای یک رنج و مولتی‌رنج را تشریح کند.
- مقاومت شنت را برای آمپرمتر یک‌رنج و مولتی‌رنج محاسبه کند.
- در یک آمپرمتر که در دسترس اوست، عملاً گسترش رنج دهد.
- نحوه‌ی حفاظت از یک گالوانومتر را توضیح دهد.

نام آزمایش: توسعه‌ی حدود اندازه‌گیری آمپرمتر با استفاده از گالوانومتر

۱ـ۵ـ هدف آزمایش

آشنایی با ساختمان آمپرمتر مولتی‌رنج یا استفاده از مقاومت‌های موازی (شنت) و نحوه‌ی محاسبه‌ی مقاومت‌های شنت

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. گالوانومتر یا آومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۲. آومتر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳. منبع تغذیه DC (۰ـ۳۰V)	۱ دستگاه
۴. دیود ژرمانیومی	۲ عدد
۵. مقاومت‌های ۱۰Ω، ۲۷Ω، ۸۲Ω و ۱kΩ	از هر کدام ۱ عدد
۶. سیم‌های رابط	۱۰ عدد

۲ـ۵ـ شرح آزمایش

در این آزمایش توسعه‌ی حوزه‌ی کار آمپرمتر را تجربه خواهید کرد. به‌عنوان مثال آمپرمتری داریم که دارای رنج ۱۰mA است و می‌خواهیم جریانی تا ۱۰۰mA را با آن اندازه بگیریم. با روشی که در زیر گفته می‌شود و شما آن را آزمایش می‌کنید، قادر خواهید بود هر رنج آمپرمتر موجود را به هر رنج دلخواه تبدیل کنید.

۳ـ۵ـ توسعه‌ی رنج آمپرمتر با استفاده از مقاومت‌های موازی

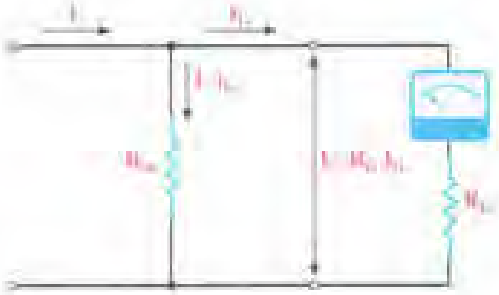
گالوانومتری را که در فصل چهارم، برای توسعه‌ی رنج اندازه‌گیری ولت‌متر، به کار بردید مجدداً در اختیار بگیرید و یک بار دیگر مقادیر جریان انحراف کامل و مقاومت داخلی آن را در شکل ۱ـ۵ یادداشت کنید.

شکل ۱ـ۵

اگر برایتان مقدور است از گالوانومتر داخلی آومتر استفاده کنید، زیرا صفحه‌ی مدرج آن دارای درجه‌بندی‌های مختلف است

و امکان خواندن مقادیر را کمی آسان‌تر می‌کند.

فرض کنید این گالوانومتر می‌تواند جریان ۳۰ μA یا ۵۰ μA را اندازه بگیرد و شما می‌خواهید با آن جریان ۱mA را اندازه بگیرید. با موازی کردن یک مقاومت با گالوانومتر، جریان مازاد گالوانومتر که برابر با (۱mA − ۵۰ μA) است از مقاومت موازی با آن عبور می‌کند. شکل ۲ـ۵ مقاومت موازی با گالوانومتر را نشان می‌دهد.



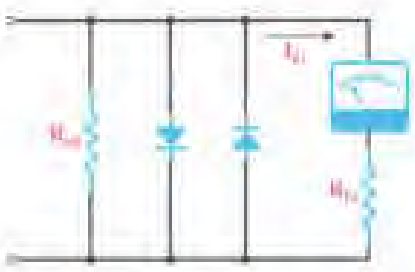
شکل ۲ـ۵

برای محاسبه‌ی R_{sh} از رابطه‌ی (۱ـ۵) استفاده کنید.

$$R_{sh} = \frac{R_G I_G}{I - I_G} \qquad (۱ـ۵)$$

کار عملی ۱

الف ـ با گالوانومتر موجود در آزمایشگاه، یک میلی‌آمپرمتر ۱۰۰mA ـ۰ را طرح کنید و آن را روی بُرد آزمایشگاهی ببندید. اگر مقاومت محاسبه‌شده‌ی R_{sh} به‌صورت استاندارد در آزمایشگاه موجود نبود، با سری و موازی کردن تعدادی مقاومت استاندارد، مقاومت مورد نظر را به‌دست آورید. برای اطمینان از صحت مقدار مقاومت، آن را با اهم‌متر دیجیتالی اندازه بگیرید. از طرفی برای حفاظت گالوانومتر حتماً دو دیود از جنس ژرمانیوم به‌صورت موازی و معکوس (مانند شکل ۳ـ۵) به گالوانومتر متصل کنید.

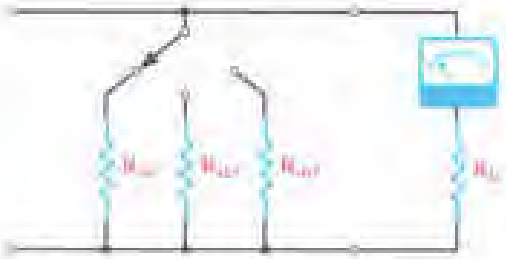


شکل ۳ـ۵

ب ـ با میلی‌آمپرمتر شکل ۳ـ۵، جریان مدار شکل ۴ـ۵ را اندازه بگیرید. برای اطمینان از صحت مقادیر اندازه‌گیری شده، یک میلی آمپرمتر دیجیتالی را نیز با مدار سری کنید.

شکل ۴ـ۵

ج ـ مقدار ولتاژ منبع را طی پنج مرحله تغییر دهید، و جریان‌ها را در هر مرحله با میلی‌آمپرمتر اندازه بگیرید. اگر مقدار جریان کم باشد، عقربه به‌اندازه‌ی کافی منحرف نمی‌شود و مقدار خوانده شده، چندان دقیق نخواهد بود. برای این‌که بتوانیم جریان‌های مختلف را با دقت بخوانیم، از میلی‌آمپرمترهای مولتی‌رنج استفاده می‌کنیم. شکل ۵ـ۵ یک نمونه میلی‌آمپرمتر مولتی‌رنج را نشان می‌دهد.



شکل ۵ـ۵

محاسبات هریک از مقاومت‌های شنت جداگانه همانند رابطه‌ی ۱ـ۵ صورت می‌گیرد. فقط این روش یک عیب دارد و آن این‌که هنگام تعویض کلید، یک لحظه‌ی کوتاه، R_{sh} از میکروآمپرمتر جدا می‌شود و تمامی جریان از میکروآمپرمتر می‌گذرد و باعث صدمه‌دیدن میکروآمپرمتر می‌شود. در عمل، همان‌طور که در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری گفته شد، ابتدا دو مقاومت شنت (R_{sh}) توسط سلکتور با هم موازی می‌شوند، سپس مقاومت شنت اول از مدار جدا می‌شود.

کار عملی ۲

الف ـ یک آمپرمتر را با چهار رنج مختلف به شرح زیر

طرح کنید. پس از انجام محاسبات، مقاومت‌های به‌دست‌آمده را اگر استاندارد نیستند، با سری و موازی کردن مقاومت‌های استاندارد، مقدار مقاومت مطلوب را به‌دست آورید. با استفاده از مقاومت‌های شنت، مدار را روی بُرد آزمایشگاهی با بردبُرد ببندید.

- ۱ mA ———
- ۱۵ mA ———
- ۵۰ mA ———
- ۱۵۰ mA ———

ب ـ آمپرمتر مورد آزمایش را به مدار شکل ۶ـ۵ متصل کنید و جریان مدار را هر بار با تغییرات ولتاژ منبع تغذیه اندازه بگیرید. در ضمن برای اطمینان از صحت کار آمپرمتر آزمایشگاهی، یک میلی‌آمپرمتر دیجیتالی را نیز با مدار به‌صورت سری ببندید و مقادیر اندازه‌گیری شده روی صفحه‌ی مدرج آمپرمتر را با میلی‌آمپرمتر دیجیتالی مقایسه کنید و نتیجه‌ی کار خود را در گزارش کار منعکس کنید.

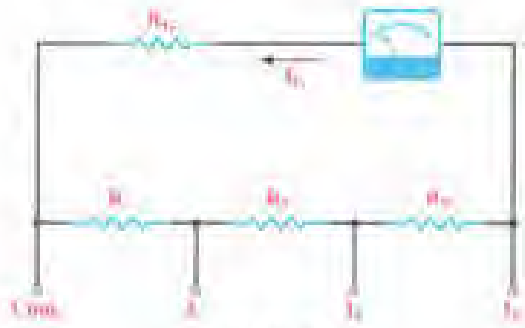
شکل ۶ـ۵

برای تعویض رنج، ابتدا جریان کل مدار را قطع کنید و آن‌گاه رنج را تعویض و مجدداً جریان را به مدار وصل کنید و آن را اندازه بگیرید.

مطالعه آزاد

۵ـ۵ـ توسعه‌ی رنج اندازه‌گیری آمپرمتر با شنت آیرتون[1]

آمپرمتر مولتی‌رنج دیگری که در اکثر آمپرمترهای آزمایشگاهی به‌کار می‌رود آمپرمتر با شنت آرتون است. شکل ۷ـ۵ یک نمونه شنت آیرتون با سه رنج اندازه‌گیری جریان را نشان می‌دهد.



شکل ۷ـ۵

کار عملی ۳: محاسبات مربوط به مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 در کتاب دستگاه‌های اندازه‌گیری در فصل اول آمده است. با مراجعه به کتاب یاد شده، مقاومت‌های R_1 ، R_2 ، R_3 را در این قسمت محاسبه کنید.

کار عملی ۴

الف ـ یک آمپرمتر با شنت آیرتون را با سه رنج جریان:

$I_1 = 0 - 50\ mA$

$I_2 = 0 - 250\ mA$

$I_3 = 0 - 1\ A$

طرح کنید و آن‌را روی بردبُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید.

ب ـ گالوانومتر را از نوع شکل ۳ـ۵ که یک گالوانومتر محافظت شده با دو دیود ژرمانیومی است انتخاب کنید.

ج ـ آمپرمتر را به مدار شکل ۸ـ۵ وصل کنید و با تغییر ولتاژ منبع تغذیه جریان‌های مختلف را در مقاومت $47\ \Omega$ جاری سازید و مقدار آن را اندازه بگیرید.

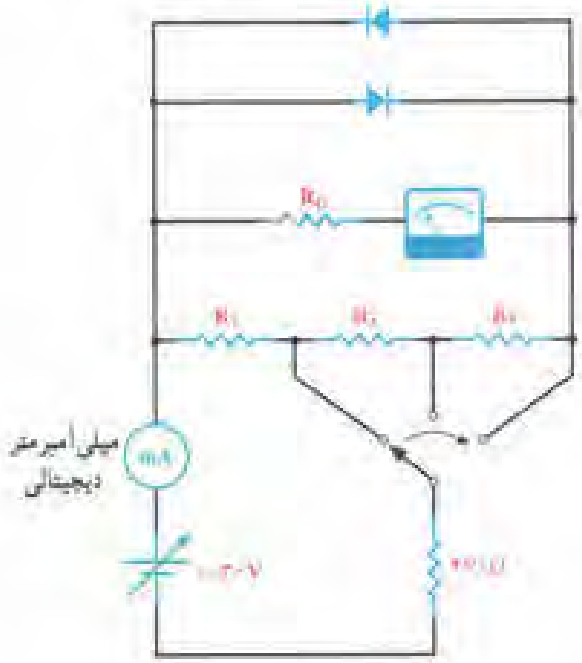
۱ـ Ayrton

د ـ برای اطمینان از صحت اندازه‌گیری، یک آمپرمتر دیجیتالی را نیز با مدار به صورت سری ببندید و اعداد خوانده شده توسط آمپرمتر آزمایشگاهی و آمپرمتر دیجیتالی را مقایسه کنید.

چنانچه مقاومت‌های به‌دست‌آمده به‌صورت استاندارد نبودند، همانند کار عملی ۲ عمل کنید.

سؤال: آیا می‌توان با اضافه کردن یک مقاومت، به صورت موازی، یا قسمت آمپرمتر یک آومتر دیجیتالی، رنج آن‌را تغییر داد (زیاد کرد)؟ چرا؟

سؤال: چرا در آمپرمترهای آزمایشگاهی از شنت آرتون استفاده می‌کنند؟



شکل ۸ـ۵

فصل ششم

شناخت و کاربرد سیگنال ژنراتور صوتی (AF)، فرکانس‌متر دیجیتالی و فانکشن ژنراتور

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

- طریقه‌ی تنظیم فرکانس و دامنه را در سیگنال ژنراتور صوتی توضیح دهد.
- چگونگی فرم‌دادن به سیگنال‌های اعوجاج‌دار را به کمک سیگنال ژنراتور صوتی شرح دهد.
- تضعیف کننده‌ها و مقدار تضعیف را برحسب دسی‌بل، توضیح دهد.
- فانکشن ژنراتور را تعریف کند.
- دکمه‌های روی پانل فانکشن ژنراتور را توضیح دهد و کاربرد هریک را شرح دهد.
- از سیگنال ژنراتور و فانکشن ژنراتور در مواقع ضروری عملاً استفاده کند.
- به کمک فرکانس‌متر دیجیتالی، فرکانس سیگنال‌ها را اندازه بگیرد.

نام آزمایش: کار با سیگنال ژنراتور صوتی (AF)، فرکانس‌متر دیجیتالی و فانکشن ژنراتور

۱ـ۶ـ هدف آزمایش

کار عملی با این سه دستگاه شامل شناخت پانل آن‌ها، تنظیم دامنه و فرکانس خروجی، سنکرون کردن دستگاه‌ها با یکدیگر، فرم‌دادن شکل ولتاژ خروجی به کمک سیگنال ژنراتور صوتی است.

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. سیگنال ژنراتور صوتی	۱ دستگاه
۲. فرکانس‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۳. فانکشن ژنراتور	۱ دستگاه
۴. ولت‌متر دیجیتالی	۱ دستگاه
۵. اسیلوسکوپ یک کاناله	۱ دستگاه
۶. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹۷	۱ عدد
۷. پروب	۱ عدد
۸. سیم‌های رابط	۵ عدد

۲ـ۶ـ شرح آزمایش

در این آزمایش عملاً با سه دستگاه آزمایشگاهی متداول آشنا می‌شوید و خواهید توانست در صورت نیاز دستگاه مورد نظر خود را انتخاب کنید و با توجه به نیاز، دستگاه را آماده و از آن استفاده کنید.

۳ـ۶ـ سیگنال ژنراتور صوتی (Audio Generator)

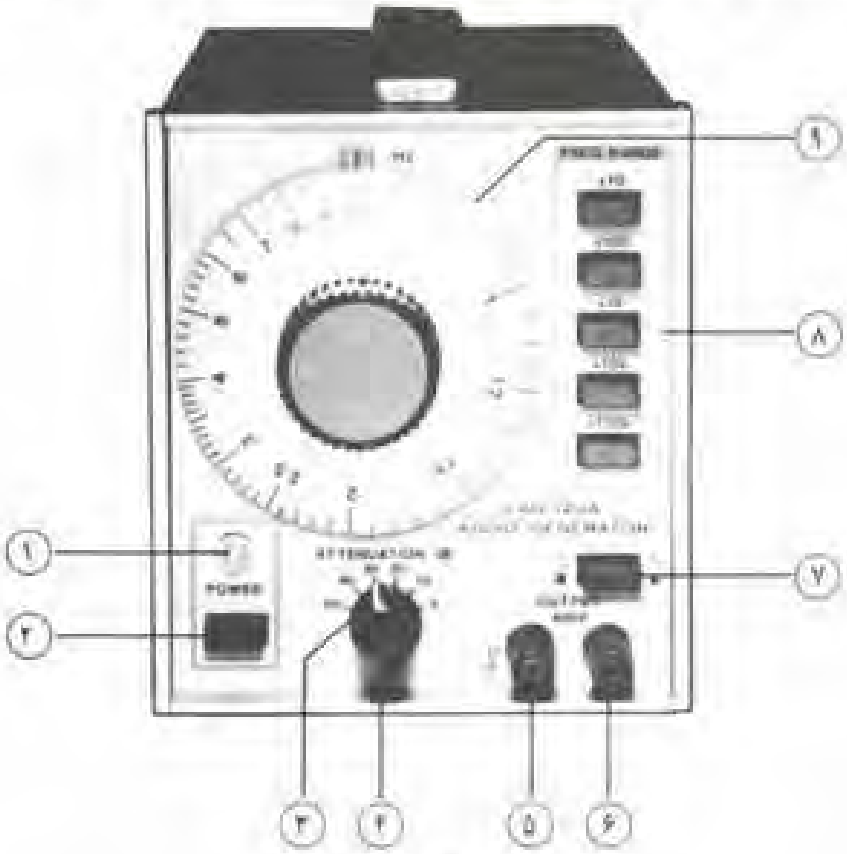
سیگنال ژنراتور صوتی یا سیگنال ژنراتور AF[1] را به‌عنوان اولین دستگاه انتخاب کرده‌ایم. با توجه به این‌که مدل‌های ساخته‌شده از این نوع دستگاه بسیار متنوع است، و بررسی یکایک مدل‌ها یا مارک‌های مختلف در این کتاب امکان‌پذیر نیست؛ لذا نمونه‌ای از این دستگاه‌ها انتخاب و پانل آن توضیح داده می‌شود. لازم به یادآوری است که دستگاه سیگنال ژنراتور صوتی از

۱ـ Audio Frequency

هر مدلی که باشد مطالب توضیح داده شده در زیر برای آن صادق است.

نمونه‌ی انتخاب‌شده، در شکل ۱ـ۶ نشان داده شده است.

محدوده‌ی فرکانس سیگنال ژنراتورهای صوتی معمولاً بین چند هرتز تا ۱۰۰KHz یا ۱MHz است. سیگنال ژنراتور نشان داده شده در شکل ۱ـ۶ دارای محدوده‌ی فرکانس ۱۰Hz تا ۱MHz است.



شکل ۱ـ۶

برای تنظیم فرکانس مورد نظر از صفحه‌ی مدرج‌شده‌ی شماره ۹ و کلید رنج‌های شماره ۸ استفاده می‌کنیم. صفحه‌ی مدرج دارای درجه‌بندی از ۱ تا ۱۰ است. برای تنظیم فرکانس ابتدا فرکانس مورد نظر را به‌صورت حاصل ضرب یک عدد یک‌رقمی در مضرب صحیحی از ده درمی‌آوریم. مثلاً ۴۰۰Hz را به صورت ۱۰۰×۴ و یا ۹۵۰۰Hz را به‌صورت ۱۰۰۰×۹/۵ می‌نویسیم. عدد یک‌رقمی را روی صفحه‌ی ۹ مشخص می‌کنیم و آن‌را در مقابل علامت مخصوصی که در بالای صفحه است قرار می‌دهیم. سپس مضرب صحیحی از ده را روی کلید سلکتورهای شماره ۸ انتخاب می‌کنیم و آن‌را فشار می‌دهیم. مثلاً برای به‌دست‌آوردن فرکانس ۹۵۰۰Hz، عدد ۹/۵ را روی صفحه‌ی مدرج شماره ۹ تنظیم می‌کنیم و ضریب عدد ۱۰KHz که همان ۱۰۰۰ است روی سلکتور شماره ۸ فشار می‌دهیم. در این حالت، فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور حاصل‌ضرب عدد صفحه‌ی مدرج، در رنج کلیدهای شماره ۸ است.

اکثر سیگنال ژنراتورهای صوتی دو نوع سیگنال سینوسی و مربعی تولید می‌کنند. سیگنال ژنراتور شکل ۱ـ۶ نیز دارای دو نوع شکل موج است. اگر کلید شماره ۷ فشار داده نشود خروجی سیگنال ژنراتور صوتی دارای موج سینوسی است و اگر کلید شماره ۷ به داخل فشار داده شود خروجی سیگنال ژنراتور صوتی موج مربعی است. یادآور می‌شود که به‌طور همزمان نمی‌توانیم موج مربعی و سینوسی داشته باشیم.

در شکل ۱ـ۶ ترمینال‌های شماره ۵ و ۶، به‌عنوان خروجی‌های شکل ژنراتور هستند.

کلید شماره ۲ به‌عنوان کلید اصلی خاموش و روشن کردن سیگنال ژنراتور است که اگر آن را فشار دهیم سیگنال ژنراتور

روشن می‌شود و لامپ سیگنال کوچک بالای کلید شماره ۱ روشن می‌شود. به‌عبارت دیگر روشن‌شدن لامپ سیگنال نشان‌دهنده‌ی روشن‌بودن سیگنال ژنراتور است.

کلید سلکتور شماره ۳ و ولوم شماره ۴ دامنه‌ی خروجی را در رنج وسیعی تغییر می‌دهد. با ولوم شماره ۴ می‌توان دامنه‌ی سیگنال را به‌صورت پیوسته (آنالوگ) و با کلید سلکتور شماره ۳ می‌توان دامنه را به‌صورت پله‌ای تغییر داد.

در تعدادی از سیگنال ژنراتورها، رنج کلید سلکتور برای تغییر دامنه، به‌صورت ۱×، ۰/۱×، ۰/۰۱× و ... است. یعنی اگر کلید در حالت ۱× باشد و توسط ولوم، دامنه را روی ۲ ولت تنظیم کنیم و کلید سلکتور را از حالت ۱× به حالت ۰/۱× ببریم، دامنه‌ی خروجی برابر ۰/۲ ولت می‌شود. اگر کلید سلکتور را به حالت ۰/۰۱× ببریم دامنه‌ی خروجی برابر ۰/۰۲ ولت می‌شود. لذا با استفاده از ولوم و کلید سلکتور می‌توان دامنه‌ی خروجی را در رنج وسیعی تغییر داد.

در شکل ۱ـ۶ ضرایب کلید سلکتور به‌صورت ۱×، ۰/۱× و ... نیست بلکه به‌صورت دسی‌بل (dB) بیان شده است. می‌دانیم که رابطه‌ی دسی‌بل در مورد ولتاژ به‌صورت رابطه‌ی (۱ـ۶) بیان می‌شود:

$$dB = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad (۱ـ۶)$$

همان‌طور که می‌دانیم در سیگنال ژنراتورها، همیشه دامنه را تضعیف می‌کنند؛ لذا قسمت تضعیف‌کننده را می‌توان مانند بلوک شکل ۲ـ۶ نشان داد.

شکل ۲ـ۶

چون مدار تضعیف‌کننده است بنابراین اعداد دسی‌بل منفی هستند؛ لذا در حالت ۱۰ دسی‌بل تضعیف، میزان تضعیف را مشخص می‌کنیم (اولین رنج تضعیف کلید سلکتور شماره ۳).

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

$$\frac{-1}{2} = \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$10^{\frac{-1}{2}} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{out} = 10^{\frac{-1}{2}} \cdot V_{in} = 0.3167 V_{in}$$

یعنی اگر کلید سلکتور شماره ۳ روی عدد ۱۰ قرار گیرد دامنه‌ی خروجی ۰/۳۱۶ برابر حالتی می‌شود که کلید سلکتور شماره ۴ روی عدد صفر قرار دارد (تقریباً ۳ برابر تضعیف می‌شود).

این بار برای حالت ۲۰ دسی‌بل تضعیف، مقدار تضعیف را محاسبه می‌کنیم:

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

$$10^{-1} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 0.1$$

$$V_{out} = 0.1 V_{in}$$

یعنی خروجی این بار ۱۰ برابر تضعیف می‌شود و برای حالت‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دسی‌بل به‌ترتیب مقدار تضعیف عبارت خواهد بود از:

۳۰ دسی‌بل ⟵ ۰/۰۳۱۶

۴۰ دسی‌بل ⟵ ۰/۰۱

۵۰ دسی‌بل ⟵ ۰/۰۰۳۴

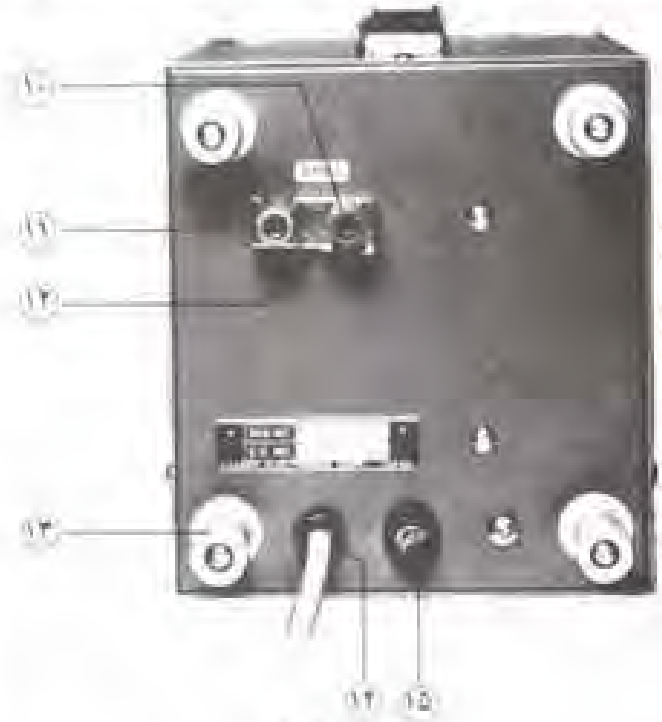
کار عملی ۱

الف ـ هر نوع سیگنال ژنراتوری را که در اختیار دارید، فرکانس خروجی آن را روی ۵۰Hz تنظیم کنید.

ب ـ دامنه‌ی خروجی را در فرکانس ۵۰Hz برای ۰/۱۷، ۰/۲۷، ۰/۵۷، ۱۷، ۱/۵۷ و ۲۷ تنظیم کنید و با ولت‌متر دیجیتالی آن را اندازه بگیرید.

یکی دیگر از امکانات بسیار جالبی که روی سیگنال ژنراتورهای صوتی وجود دارد سنکرون‌کردن (همزمان‌کردن) فرکانس خروجی با یک فرکانس خارجی و یا برعکس است؛ یعنی این که این سیگنال ژنراتور می‌تواند، سیگنال ژنراتور و یا

دستگاه دیگری را با فرکانس خود سنکرون کند. برای این منظور، روی اکثر سیگنال ژنراتورها، دو ترمینال به نام SYNC وجود دارد. در سیگنال ژنراتور شکل ۱ـ۶ در پشت دستگاه این دو



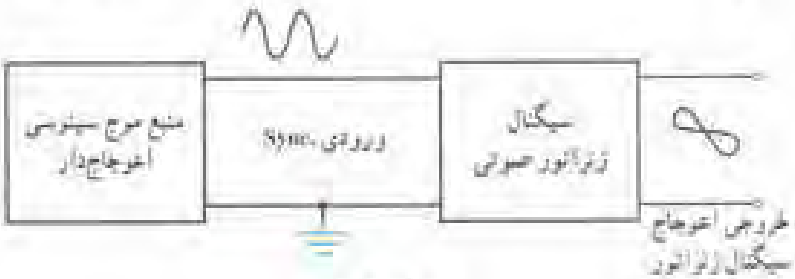
شکل ۳ـ۶

ترمینال مطابق شکل ۳ـ۶ شماره‌های ۱۰ و ۱۱ وجود دارند.

اگر بخواهیم فرکانس این سیگنال ژنراتور، به‌عنوان مثال روی ۱KHz دقیقاً تنظیم شود، و ما در جای دیگر این فرکانس بسیار دقیق را داشته باشیم، این سیگنال با فرکانس بسیار دقیق (۱KHz) را به این دو ترمینال اعمال کنیم و فرکانس خود سیگنال ژنراتور را حوالی ۱KHz تنظیم می‌کنیم، حال خروجی این سیگنال ژنراتور دقیقاً همان سیگنال اعمالی به دو ترمینال SYNC خواهد بود. حتی اگر فرکانس سیگنال ژنراتور بین ۹۹۰ تا ۱۰۱۰ هرتز هم باشد باز خروجی سیگنال ژنراتور همان فرکانس اعمالی به دو ترمینال SYNC خواهد بود.

از دیگر موارد کاربرد ترمینال‌های SYNC قرم‌دادن به شکل موج است: به عنوان مثال اگر یک موج سینوسی اعوجاج‌دار داشته باشیم و نیاز به یک موج بدون اعوجاج باشد، موج اعوجاج‌دار را به دو ترمینال SYNC اعمال می‌کنیم و موج بدون اعوجاج را از خروجی سیگنال ژنراتور دریافت می‌نماییم.

شکل ۴ـ۶ بلوک این قسمت را نشان می‌دهد.



شکل ۴ـ۶

همچنین از خروجی دو ترمینال SYNC می‌توان نمونه‌ای از فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور با ولتاژ ۴/۵ ولت مؤثر دریافت و به مدار دیگری جهت سنکرون کردن و یا ... اعمال کرد.

امپدانس ترمینال‌های SYNC چه در حالت ورودی و چه در حالت خروجی تقریباً برابر ۱۰KΩ است.

همچنین لبه‌ی شماره ۱۱ در شکل ۳ـ۶ وجود دارد. زمانی که با ورودی SYNC کاری نداریم این دو ترمینال را به‌وسیله‌ی این تیغه اتصال کوتاه می‌کنیم. همچنین در شکل ۳ـ۶، شماره ۱۵ جاقبوزی است که به‌صورت پیچی است و با چرخاندن، در آن بازمی‌شود. اگر فیوز دستگاه سوخته باشد به‌راحتی می‌توان آن‌را تعویض کرد. سیم شماره ۱۴ سیم رابط اصلی برق است و شماره ۱۳ قرقره‌هایی هستند که سیم اصلی برق را در موقع عدم نیاز به دور آن‌ها می‌پیچند.

۴ـ۶ـ فرکانس‌متر دیجیتالی

فرکانس‌متر دیجیتالی، دستگاهی است که با اعمال سیگنال جریان متناوب به آن مقدار فرکانس سیگنال را روی صفحه‌ی نمایش (Display) نشان می‌دهد. شکل ۵ـ۶ نمونه‌ای از فرکانس‌متر دیجیتالی را نشان می‌دهد.

شکل ۵ـ۶ـ یک نمونه از فرکانس متر دیجیتالی

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

کار کردن با فرکانس‌متر دیجیتالی بسیار ساده است. کافی است که دستگاه را به برق متصل و توسط کلید (on-off) آن را روشن و سپس سیگنال مورد نظر را توسط پروب به آن وصل کنید. با کلیدهای رنج فرکانس می‌توان رنج مناسب را انتخاب کرد. در این صورت مقدار فرکانس به‌صورت ارقام دیجیتالی روی صفحه‌ی نمایش قابل خواندن است.

حداقل و حداکثر دامنه‌ی سیگنال اعمالی به فرکانس‌متر‌ها در انواع مختلف فرکانس متر‌ها تفاوت دارد. در بعضی از فرکانس‌متر‌ها دامنه‌ی سیگنال‌های ورودی از حدود چند ولت تا ده‌ها ولت است و در برخی دیگر از حدود چند میلی‌ولت 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 ـ چند فرکانس مختلف را به دلخواه روی سیگنال ژنراتور صوتی تنظیم کنید و با فرکانس متر دیجیتالی مقدار دقیق آن‌ها را اندازه بگیرید.

ب ـ به ورودی فرکانس متر یک‌بار سیگنال سینوسی و بار دیگر سیگنال موج مربعی با فرکانس یکسان اعمال کنید و در هر دو بار فرکانس را اندازه بگیرید. آیا مقدارهایی که فرکانس متر نشان می‌دهد با یکدیگر فرق دارند؟ چرا؟

کار عملی ۳ (اندازه‌گیری فرکانس): مدار شکل ۶ـ۶ را ببندید و فرکانس سیگنال ژنراتور را بین ۴۵ تا ۵۵ هرتز تغییر دهید. آیا فرکانس متر فرکانس ۵۰Hz را نشان می‌دهد؟ چرا؟

شکل ۶ـ۶

کار عملی ۴ (استفاده از SYNCH): فرکانس سیگنال

ژنراتور را روی ۱۰KHz 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 مربوط به دامنه‌ی سیگنال‌های کم، از حدود mV تا چندین ولت است و ورودی دیگر مربوط به دامنه‌های چندین ولت تا چند ده‌ولت است.

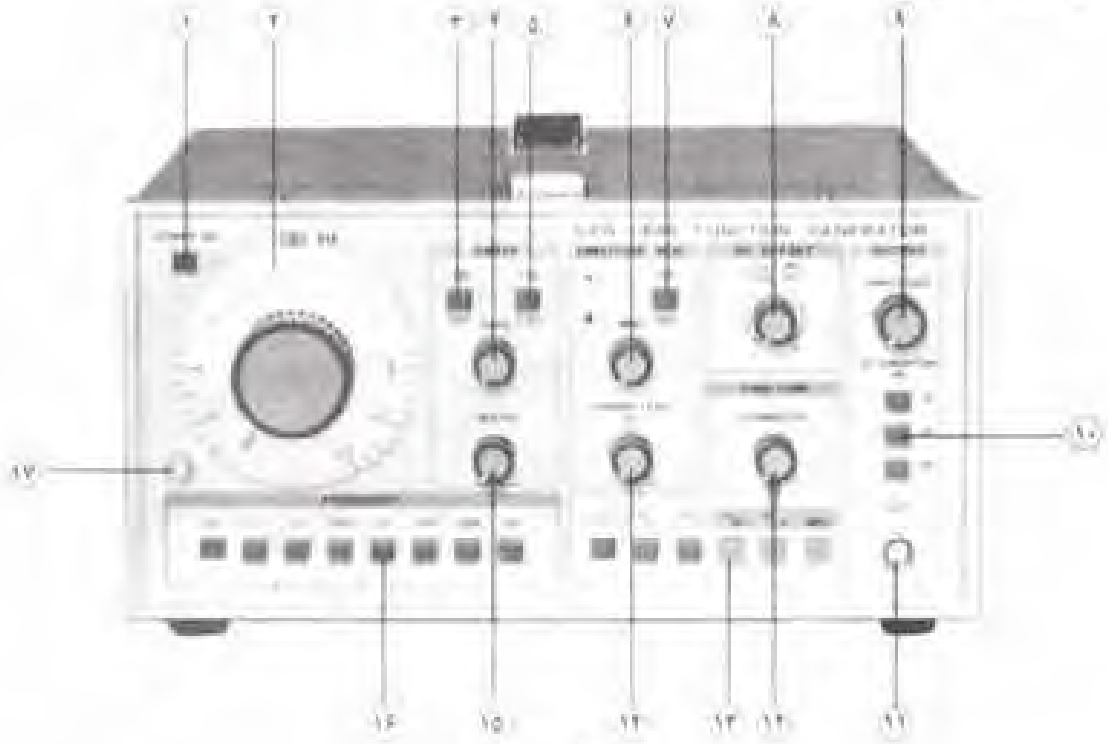
۵ـ۶ـ فانکشن ژنراتور (Function Generator)

فانکشن ژنراتور دستگاهی است که می‌تواند سیگنال‌های سینوسی، مربعی، مثلثی، بالسی و دندانه‌اره‌ای را در محدوده‌ی فرکانس، معمولاً کمتر از یک هرتز تا حوالی MHz، تولید کند.

فانکشن ژنراتور‌ها در انواع و اقسام مدل‌ها ساخته می‌شوند ولی همگی تقریباً کار مشابهی را انجام می‌دهند.

در این قسمت یک نمونه فانکشن ژنراتور مورد بررسی قرار می‌گیرد و خلاصه‌ای از امکانات آن شرح داده می‌شود. در

شکل ۷ـ۶ این دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۷ـ۶

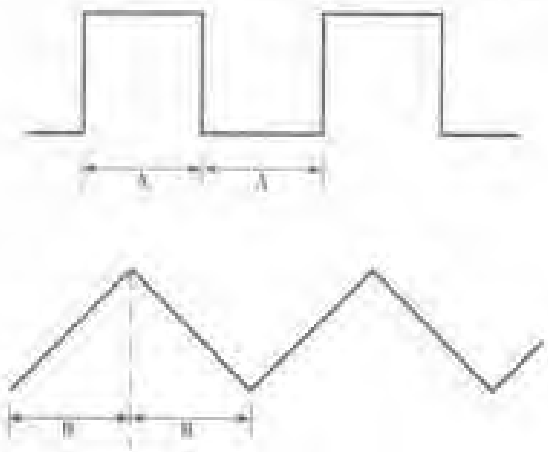
برای تنظیم مقدار فرکانس خروجی، همانند سیگنال ژنراتور صوتی، کافی است که عدد صحیح فرکانس را روی صفحه‌ی شماره ۲ و ضریب آن را که مضرب صحیحی از ده است روی کلیدهای شماره ۱۶ انتخاب کنیم. مثلاً برای به‌دست‌آوردن فرکانس ۲۶۴۰Hz ابتدا مقدار فرکانس را به صورت ۱۰۰۰ × ۲/۶۴ می‌نویسیم؛ سپس مقدار ۲/۶۴ را روی صفحه‌ی شماره ۲ تعیین می‌کنیم و سپس عدد ۱۰۰۰ را روی کلیدهای ۱۶ یعنی کلید 1K انتخاب می‌کنیم و آن را فشار می‌دهیم. برای انتخاب نوع موج خروجی (سینوسی، مربعی و یا مثلثی) باید دستگاه، مطابق شکل‌های ۸ـ۶، ۹ـ۶ و ۱۰ـ۶ تنظیم شود.

شکل ۹ـ۶ـ نحوه‌ی تنظیم دستگاه برای موج مربعی

شکل ۱۰ـ۶ـ نحوه‌ی تنظیم دستگاه برای موج مثلثی

شکل ۸ـ۶ـ نحوه‌ی تنظیم دستگاه برای موج سینوسی

در حالت کار عادی فانکشن ژنراتور، موج مربعی و مثلثی مانند شکل ۱۱ـ۶ کاملاً قرینه هستند.



شکل ۱۱ـ۶

اگر بخواهیم موج مربعی و یا مثلثی را از حالت قرینه خارج کنیم دستگاه را مطابق شکل ۱۲ـ۶ تنظیم می‌کنیم و با انتخاب موج مربعی و یا مثلثی و همچنین با ولوم شماره ۱۲ مقدار قرینگی را تنظیم می‌کنیم.

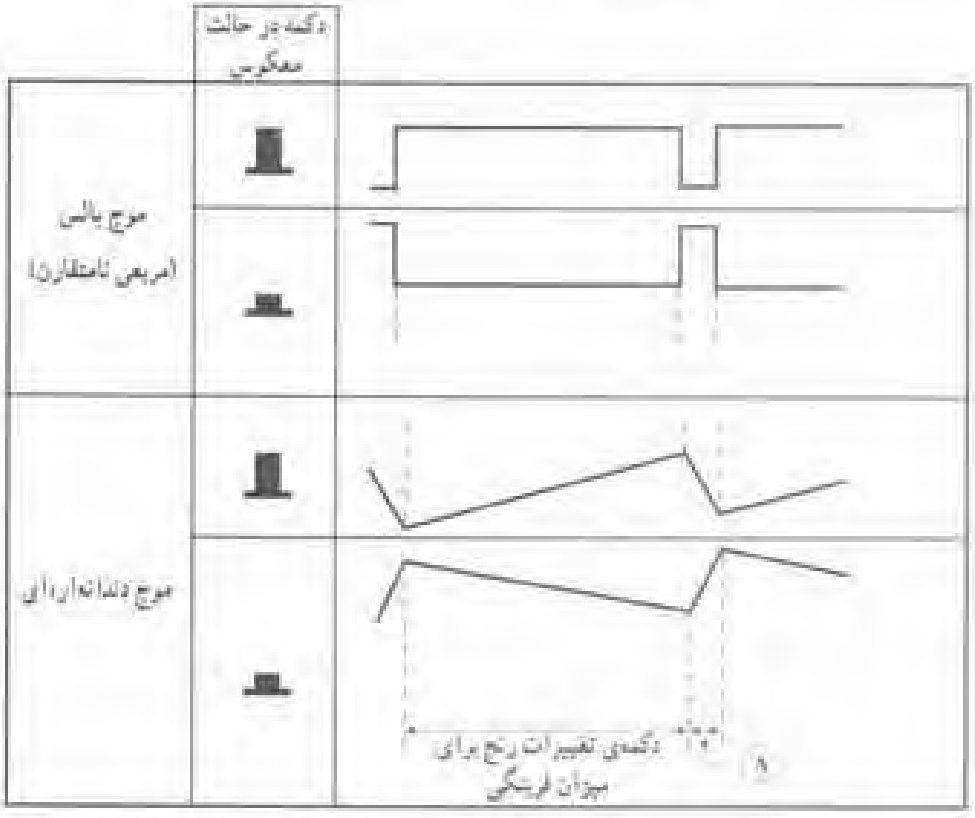
همچنین اگر بخواهیم موج نامتقارن را معکوس کنیم، کافی است که کلید INV ـ اولین کلید از سمت راست کنار کلیدهای انتخاب نوع موج ـ را فشار دهیم.

شکل ۱۳ـ۶، موج‌های مربعی و مثلثی نامتقارن را همراه با دو حالت کلید INV و NONINV را نشان می‌دهد.

با توجه به میزان عدم قرینگی، مقدار فرکانس، از رابطه‌ی (۲ـ۶) به‌دست می‌آید.

$$f = \frac{۲}{۱ + \frac{B}{A}}$$

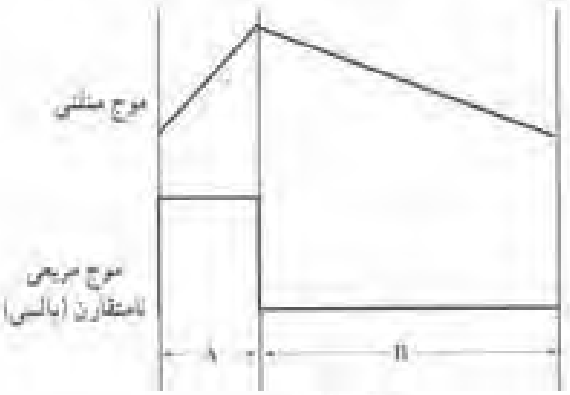
شکل ۱۲ـ۶



شکل ۱۳ـ۶

(رنج کلید شماره ۱۶ × عدد نشان داده شده روی صفحه‌ی شماره ۲).

مقدار A و B در شکل ۱۴ـ۶ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۴ـ۶

ترمینال شماره ۱۱ ترمینال خارجی دستگاه است که دارای امپدانس برابر با ۵۰Ω است.

برای تنظیم دامنه‌ی خروجی از ولوم شماره ۹ و سه کلید شماره ۱۰ استفاده می‌شود. مقدار دامنه‌ی خروجی در یک حالت تنظیم شده برای شکل موج سینوسی و مربعی و مثلثی با یکدیگر تفاوت دارد.

جدول ۱ـ۶ مینیمم و ماکزیمم دامنه‌ی سیگنال را که به‌وسیله‌ی ولوم می‌توان تعیین کرد در حالت‌های مختلف خروجی باز یا امپدانس بالا و همچنین با امپدانس خروجی ۵۰Ω نشان می‌دهد.

رنج ولتاژ خروجی (تغییرات توسط دکمه AMPLITUDE)						نحوه‌ی قرارداد تضعیف‌کننده‌ها			تضعیف برحسب dB
V_{p-p}		موج مربعی / مثلثی		ولتاژ مؤثر		موج سینوسی			
حالت وصل‌نبودن به بار		حالت باز		حالت وصل‌نبودن به بار		حالت باز			
MIN~MAX		MIN~MAX		MIN~MAX		MIN~MAX		۴۰ ۲۰ ۱۰	
۱	~۱۰	۲	~۲۰	۰/۳۵	~۳/۵	۰/۷	~۷/۰		۰
۰/۳۴	~۳/۴	۰/۶۴	~۶/۴	۰/۱۱	~۱/۱	۰/۲۲	~۲/۲	۱۰	۱۰
۰/۱	~۱	۰/۲	~۲	۳۵mV	~۰/۳۵	۱۰mV	~۰/۷	۲۰	۲۰
۳۴ mV_{p-p}	~۰/۳۴	۶۴ mV_{p-p}	~۰/۶۴	۱۱mV	~۰/۱۱	۲۲mV	~۰/۲۲	۱۰ ۲۰	۳۰
۱۰ mV_{p-p}	~۰/۱	۲۰ mV_{p-p}	~۰/۲	۳/۵mV	~۳۵mV	۷mV	~۷۰mV	۴۰	۴۰
۳/۴ mV_{p-p}	~۳۴ mV_{p-p}	۶/۴ mV_{p-p}	~۶۴ mV_{p-p}	۱/۱mV	~۱۱mV	۲/۲mV	~۲۲mV	۱۰ ۴۰	۵۰
۱ mV_{p-p}	~۱۰ mV_{p-p}	۲ mV_{p-p}	~۲۰ mV_{p-p}	۰/۳۵mV	~۳/۵mV	۰/۷mV	~۷mV	۲۰ ۴۰	۶۰
۰/۳۴ mV_{p-p}	~۳/۴ mV_{p-p}	۰/۶۴ mV_{p-p}	~۶/۴ mV_{p-p}	۰/۱۱mV	~۱/۱mV	۰/۲۲mV	~۲/۲mV	۱۰ ۲۰ ۴۰	۷۰

جدول ۱ـ۶

شکل ۱۵ـ۶

توسط سه کلید شماره ۱۰، هفت حالت مختلف می‌توان به‌وجود آورد. اگر هر سه کلید بیرون باشند حالت هشتم پدید می‌آید؛ مثلاً در صورتی که کلید ۱- و ۲- فشار داده شوند، مقدار تضعیف ۵۰ دسی‌بل می‌شود و با فشاردادن کلیدهای دیگر ضرایب تضعیف مختلف به‌وجود خواهد آمد. یکی دیگر از امکاناتی که بر روی همه‌ی فانکشن ژنراتورها وجود دارد، کلید و ولومی است به نام DC OffSet. در حالت عادی کار فانکشن ژنراتور ممکن است موج مربعی یا مثلثی و یا حتی سینوسی، همراه با یک مؤلفه‌ی DC باشند و یا برعکس. اگر ما بخواهیم شکل ولتاژ خروجی را بر روی یک مؤلفه‌ی DC سوار کنیم به کمک این کلید و ولوم ـ DC OffSet ـ برای ما کاملاً امکان‌پذیر است.

در حالت اول، اگر بخواهیم مؤلفه‌ی DC همراه یک شکل موج خروجی فانکشن ژنراتور را حذف کنیم کلید DC OffSet را فعال و توسط ولوم آن ولتاژی در جهت عکس ولتاژ DC همراه سیگنال، به آن اعمال می‌کنیم.

درنتیجه مؤلفه‌ی DC همراه سیگنال حذف می‌شود. اگر بخواهیم سیگنال خروجی را بر ولتاژ DC سوار کنیم (مثبت یا منفی) با فعال کردن این کلید و چرخاندن ولوم به سمت علامت + و یا ـ این کار کاملاً امکان‌پذیر است.

از امکانات دیگر فانکشن ژنراتورها، که در تمامی انواع آن وجود دارد، داشتن سیگنال مدوله‌شده‌ی دامنه در خروجی است. کاربرد این قسمت بسیار وسیع و در ضمن تخصصی است و شما در آزمایشگاه، مطالبات به‌طور مفصل آن را خواهید خواند و کاربرد عملی آن را خواهید آموخت.

از دیگر امکانات فانکشن ژنراتورها، ایجاد یک موج جاروب است. چون کاربرد این قسمت نیز بسیار وسیع و خارج از برنامه درسی است ذکر نام آن در اینجا کافی است.

امکانات دیگری نیز بر روی فانکشن ژنراتورها وجود دارد که در دروس تخصصی به آن‌ها اشاره خواهد شد.

کار عملی ۵ (اندازه‌گیری دامنه): دامنه‌ی خروجی فانکشن ژنراتور موجود در آزمایشگاه را روی یک ولت تنظیم کنید و فرکانس آن را روی ۵ Hz قرار دهید. به کمک فرکانس‌متر دیجیتالی مقدار فرکانس و به‌کمک ولت‌متر دیجیتالی، مقدار ولتاژ آن را اندازه بگیرید.

کار عملی ۶ (مشاهده شکل): این کار عملی را به‌کمک مدرس انجام دهید. شکل ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور را در حالت موج مربعی متقارن، مثلثی متقارن، مربعی نامتقارن، مثلثی نامتقارن و سیگنال سینوسی و مربعی و مثلثی سوار بر ولتاژ DC را روی اسیلوسکوپ ببینید و سپس آن‌ها را رسم کنید.

کار عملی ۷: نحوه‌ی کار با فانکشن ژنراتور موجود در آزمایشگاه را با دقت تجزیه و تحلیل کنید.

روش‌های اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی

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

- مقدار مقاومت اهمی را به‌روش غیرمستقیم اندازه بگیرد.
- با استفاده از پل وتستون مقدار مقاومت‌ها را اندازه بگیرد.
- ساختمان پل وتستون را شرح دهد.
- برای مقاومت‌های کم و زیاد، روش اندازه‌گیری مناسب را شرح دهد.
- مقدار مقاومت تابع حرارت را با گرم و سرد کردن محیط آن اندازه بگیرد.
- مقدار مقاومت تابع نور را در تاریکی و روشنایی اندازه بگیرد.
- مقدار مقاومت‌های متغیر را اندازه بگیرد.
- تفاوت مقاومت‌های متغیر خطی و غیرخطی را با توجه به زاویه‌ی گردش توضیح دهد.

نام آزمایش: روش‌های اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی

۱ـ۷ـ هدف آزمایش

اندازه‌گیری مقاومت‌های کم یا مقاومت‌های زیاد به روش ولت‌متر ـ آمپرمتر، آشنایی با پل وتستون و طریقه‌ی اندازه‌گیری مقاومت مجهول با آن، و اندازه‌گیری مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی.

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. منبع تغذیه (۰ـ۱۵V/۵A)DC	۱ دستگاه
۲. ولت‌متر آزمایشگاهی (۰ـ۳۷) (یا مولتی‌متر)	۱ دستگاه
۳. آمپرمتر آزمایشگاهی (۰ـ۲mA) (یا مولتی‌متر)	۱ دستگاه
۴. گالوانومتر صفر وسط	۱ عدد
۵. مقاومت ۱۰۰Ω، ۱KΩ	از هر کدام ۲ عدد
۶. مقاومت ۱۰Ω، ۱۸۰KΩ	از هر کدام ۱ عدد
۷. مقاومت N.T.C	۱ عدد
۸. مقاومت P.T.C	۱ عدد
۹. کلید قطع و وصل ساده	۱ عدد
۱۰ـ مقاومت دهه (decade)	۱ عدد
۱۱. پُرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۱۲. سیم‌های رابط	۱۰ عدد
۱۳. هویه‌ی قلمی ۴۰ وات	۱ عدد
۱۴. فتورزیستور	۱ عدد

۲ـ۷ـ شرح آزمایش

همان‌طورکه می‌دانید، طبق قانون اهم، مقدار مقاومت اهمی از رابطه‌ی (۱ـ۷) به‌دست می‌آید:

$$R = \frac{U}{I} \qquad (۱ـ۷)$$

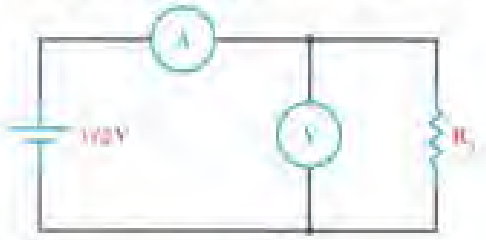
حال برای اندازه‌گیری یک مقاومت مجهول، کافی است که جریان عبوری و افت ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیریم و با استفاده از رابطه‌ی (۱ـ۷) مقدار مقاومت را محاسبه کنیم.

همان‌طور که در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری خوانده اید، ولت‌متر و آمپرمتر هر دو دارای مقاومت داخلی هستند. در اندازه‌گیری مقاومت اهمی به‌روش ولت‌متر ـ آمپرمتر، مقاومت‌های داخلی ولت‌متر و آمپرمتر بر روی مقدار اندازه‌گیری شده اثر می‌گذارد و باعث خطا می‌شود. برای کم کردن مقدار خطا با توجه به مقدار مقاومت (کم و یا زیاد) از دو روش مختلف استفاده می‌کنند.

الف ـ اندازه‌گیری مقاومت‌های کم به‌روش ولت‌متر ـ آمپرمتر

کار عملی ۱: برای اندازه‌گیری مقاومت‌های کم، از مدار شکل ۱ـ۷ استفاده می‌شود:

الف ـ مدار شکل ۱ـ۷ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی



شکل ۱ـ۷

ببندید و مقدار مقاومت اهمی را دقیقاً اندازه بگیرید.

R_x را یک مقاومت حدود ۱۰ Ω انتخاب کنید. ولت‌متر و آمپرمتر را از نوع عقربه‌ای انتخاب کنید.

رنج ولت‌متر و آمپرمتر را طوری انتخاب کنید که حداکثر انحراف را داشته باشند.

ولت = U ⇐ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

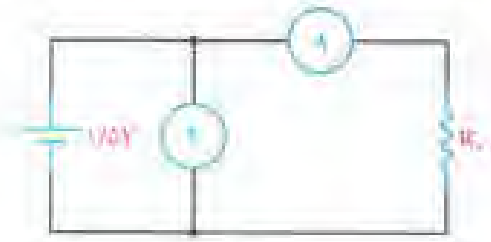
آمپر = I ⇐ مقدار جریانی را که آمپرمتر نشان می‌دهد.

اهم = R_x مقدار مقاومت مجهول $R_x = \frac{U}{I}$

ب ـ مقدار مقاومت R_x را ترجیحاً با یک اهم‌متر دیجیتالی اندازه بگیرید و در زیر یادداشت کنید:

اهم = R مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده توسط اهم‌متر دیجیتالی

ج ـ این بار مدار شکل ۲ـ۷ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مقاومت مجهول شکل ۱ـ۷ را محاسبه کنید.



شکل ۲ـ۷

مقدار مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۲ـ۷ به‌دست آمده است.	مقدار مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۱ـ۷ به‌دست آمده است.	مقداری که اهم‌متر دیجیتالی نشان می‌دهد.
اهم R_x =	اهم R_x =	اهم R_x =

جدول ۱ـ۷

رنج ولت‌متر و آمپرمتر را طوری انتخاب کنید که انحراف عقربه حداکثر باشد.

اهم = R_x همان مقاومت مدار شکل ۱ـ۷ است.

ولت = U ⇐ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

آمپر = I ⇐ مقدار جریانی را که آمپرمتر نشان می‌دهد.

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

جدول ۱ـ۷ را پر کنید.

د ـ تعدادی از مقاومت‌ها را به روش فوق اندازه‌گیری کنید

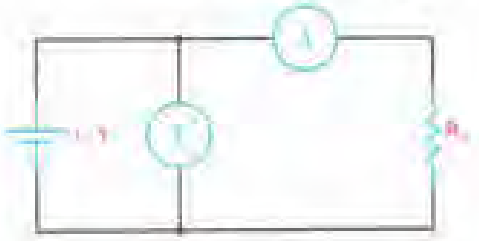
سؤال: تعیین کنید که مقدار مقاومت اهمی کدام روش دقیق است و چرا؟

ب ــ اندازه‌گیری مقاومت‌های زیاد به روش ولت‌متر ــ آمپرمتر

کار عملی ۲: برای اندازه‌گیری مقاومت‌های زیاد از مدار شکل ۳ــ۷ استفاده می‌شود.

الف ــ مدار شکل ۳ــ۷ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مقدار مقاومت اهمی را دقیقاً اندازه بگیرید.

مقدار R_x را حدود ۱۸۰ KΩ در نظر بگیرید. ولت‌متر و آمپرمتر را از نوع عقربه‌ای انتخاب کنید.



شکل ۳ــ۷

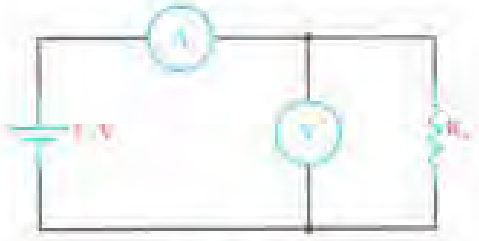
رنج ولت‌متر و آمپرمتر را طوری انتخاب کنید که انحراف عقربه حداکثر باشد.

ولت = U ⇒ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

آمپر = I ⇒ مقدار جریانی را که آمپرمتر نشان می‌دهد.

اهم = R_x $\qquad R_x = \frac{U}{I}$

ب ــ مقدار مقاومت R_x را ترجیحاً با یک اهم‌متر دیجیتالی اندازه بگیرید و در زیر یادداشت کنید:



شکل ۴ــ۷

مقدار مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۴ــ۷ به‌دست آمده است.	مقدار مقاومت اهمی که با استفاده از محاسبه و مدار شکل ۳ــ۷ به‌دست آمده است.	مقداری که اهم‌متر دیجیتالی نشان می‌دهد.
اهم R_x =	اهم R_x =	اهم R_x =

جدول ۲ــ۷

اهم = R_x مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده با اهم‌متر دیجیتالی

ج ــ این بار مدار شکل ۴ــ۷ را روی برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مقدار مقاومت مجهول شکل ۳ــ۷ را محاسبه کنید.

ولت = U ⇒ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

آمپر = I ⇒ مقدار جریانی را که آمپرمتر نشان می‌دهد.

اهم = R_x $\qquad R_x = \frac{U}{I}$

جدول ۲ــ۷ را پر کنید.

سؤال: دقیقاً توضیح دهید چرا اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی زیاد به روش شکل ۳ــ۷ دقیق‌تر از روش شکل ۴ــ۷ است؟

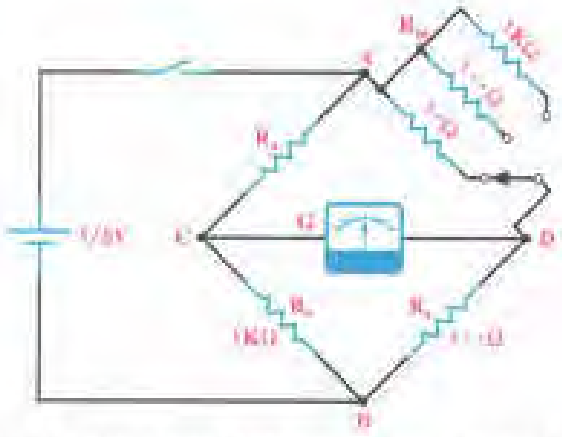
د ــ تعدادی مقاومت با اهم زیاد را به‌روش فوق اندازه‌گیری کنید.

راه دیگر اندازه‌گیری مقاومت اهمی به روش غیرمستقیم استفاده از پل ولستون است. پل ولستون، به‌صورت یک دستگاه ساخته‌شده در بازار موجود است. با دستگاه پل ولستون در کار عملی ۳ آشنا خواهید شد و طرز کار آن را یاد خواهید گرفت. در این قسمت از آزمایش یک پل ولستون ساده را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مقاومت‌های مجهول را با آن اندازه بگیرید.

کار عملی ۳

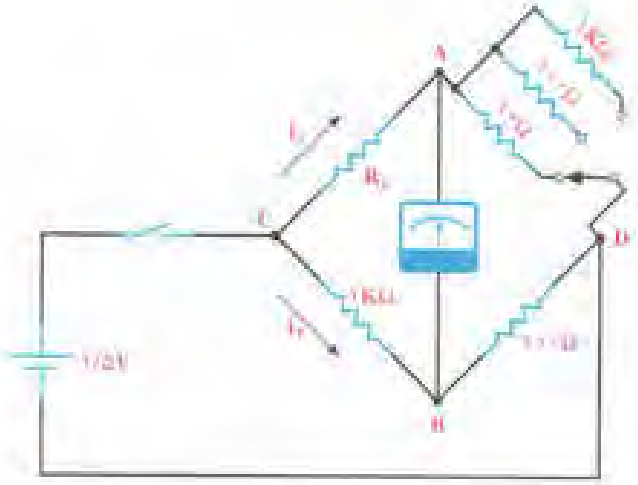
الف ــ مدار شکل ۵ــ۷ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مقاومت‌های مجهول را با آن اندازه بگیرید.

مقاومت مجهول را در محل R_x بگذارید و با تغییر مقاومت R_1 و R_{VR} کاری کنید که عقربه‌ی گالوانومتر روی صفر قرار گیرد. در این حالت مقادیر مقاومت‌های معلوم را یادداشت کنید و مقدار R_x را با استفاده از رابطه‌ی (۲ــ۷) محاسبه کنید.



ج) گالوانومتر صفر و سط مقاومت R_x را از نوع مقاومت دهه (decade) استفاده کنید تا هر لحظه مقدار آن مشخص باشد و یا از مقاومتی استفاده کنید که در انتهای آن یک نمراتور مکانیکی متصل است و هر لحظه مقدار R_x را نشان می‌دهد. در غیر این صورت از مقاومت معمولی استفاده کنید و در هر مرحله مقدار آن را با اُورمتر دیجیتالی اندازه بگیرید.

شکل ۵ـ۷



شکل ۶ـ۷

آیا گالوانومتر عددی غیر از صفر را نشان می‌دهد؟ چرا؟

هـ ـ در یک پل متعادل جای قطب‌های ولتاژ منبع تغذیه را عوض کنید و مشاهدات خود را یادداشت و آن را تحلیل کنید.

سؤال: به نظر شما چه عواملی در دقت پل تأثیر دارند؟ چرا؟

سؤال: آیا حساسیت گالوانومتر نقشی در مقدار اندازه‌گیری دارد؟

و ـ در پل متعادل، ولتاژ تغذیه را از ۱/۵ ولت به ۵ ولت افزایش دهید. آیا عقربه‌ی گالوانومتر همچنان روی صفر باقی می‌ماند یا خیر؟ چرا؟

ز ـ پس از تعادل پل با یک مقاومت مجهول، جای عناصر مقابل یکدیگر را عوض کنید (مانند شکل ۷ـ۷). آیا عقربه‌ی

شکل ۷ـ۷

اهم $R_x =$

اهم $R_m =$

اهم $R_3 = 1\,\cdots\,\Omega$

$$R_x = \frac{R_2 \cdot R_m}{R_3} \quad \text{اهم} \qquad (۷ـ۲)$$

$R_x = \ldots\ \Omega$

ب ـ مقدار مقاومت مجهول را با استفاده از اهم‌متر دیجیتالی اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R_x = \ldots\ \Omega$

سؤال: آیا دو مقدار مقاومت بدست‌آمده با هم تفاوت دارند؟ چرا؟

ج ـ چند عدد مقاومت مختلف را با پل آزمایشگاهی فوق اندازه‌گیری کنید.

د ـ در پل متعادل شده (عقربه‌ی گالوانومتر روی صفر قرار می‌گیرد) جای دو سر گالوانومتر (C,D) و منبع تغذیه (نقاط A,B) را با یکدیگر عوض کنید، یعنی پل وتستون را به‌صورت شکل ۶ـ۷ درآورید.

$$*V_A = V_B \qquad I_G = 0 \qquad V_{EA} = R_1 I \qquad V_{EB} = R_2 I \qquad R_x = \frac{R_1 \cdot R_m}{R_3}$$

$$V_{CA} = V_{CB} \qquad V_{CD} = R_m I \qquad \frac{R_1 I}{R_m I} = \frac{R_2 I}{R_3 I}$$

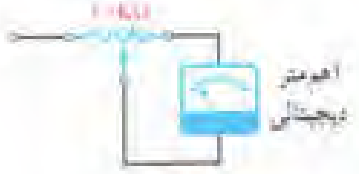
$$V_{AD} = V_{BD} \qquad V_{AD} = R_m I$$

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

۳ـ۷ـ اندازه‌گیری مقاومت‌های متغیر خطی و غیرخطی

کار عملی ۴

الف ـ به کمک اهم‌متر دیجیتالی، مقدار یک مقاومت متغیر خطی (پتانسیومتر) را با زاویه‌ی مختلف چرخش قسمت متحرک (مطابق شکل ۸ـ۷) اندازه بگیرید و در جدول مربوط یادداشت کنید.



شکل ۸ـ۷

ب ـ به کمک اهم‌متر دیجیتالی، مقدار یک مقاومت متغیر غیرخطی (لگاریتمی) را با زاویه‌ی مختلف چرخش قسمت متحرک (مطابق شکل ۹ـ۷) اندازه بگیرید و در جدول مربوط یادداشت کنید.

شکل ۹ـ۷

سؤال: با توجه به زاویه‌ی چرخش قسمت متحرک و مقدار مقاومت اهمی، آیا مقاومت متغیر مورد آزمایش قوانین خطی است؟ چرا؟

سؤال: با توجه به شکل ۹ـ۷، آیا مقاومت متغیر مورد آزمایش غیرخطی است؟ چرا؟

ج ـ تعدادی مقاومت متغیر را از انبار تحویل بگیرید و خطی و غیرخطی بودن آن‌ها را تعیین کنید.

۴ـ۷ـ اندازه‌گیری مقاومت‌های تابع حرارت

کار عملی ۵

الف ـ یک مقاومت N.T.C را به اهم‌متر دیجیتالی متصل کنید و مقدار مقاومت آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R = \ldots\ \Omega$ در درجه حرارت محیط

حال به کمک یک هویه‌ی قلمی ۴۰ وات اندکی مقاومت N.T.C را گرم کنید و مقدار مقاومت آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R = \ldots\ \Omega$ در درجه حرارت بیش‌تر از محیط

سؤال: بر اثر گرما، مقدار مقاومت چه تغییری کرد؟ چرا؟

ب ـ یک مقاومت P.T.C را به اهم‌متر دیجیتالی متصل کنید و مقدار مقاومت آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R = \ldots\ \Omega$ در درجه حرارت محیط

حال به کمک یک هویه‌ی قلمی ۴۰ وات اندکی مقاومت P.T.C را گرم کنید و مقدار مقاومت آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$R = \ldots\ \Omega$ در درجه حرارت بیش‌تر از محیط

سؤال: بر اثر گرما، مقدار مقاومت چه تغییری کرد؟ چرا؟

۵ـ۷ـ اندازه‌گیری مقاومت تابع نور

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

الف ـ روی مقاومت را با یک نوار مشکی کاملاً بپوشانید.

$R = \ldots\ \Omega$ در تاریکی مطلق

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

$R = \ldots\ \Omega$ نیمه تاریک

ج ـ بر روی مقاومت کاملاً نور بتابانید (مثلاً توسط یک لامپ ۴۰ وات).

$R = \ldots\ \Omega$ در روشنایی کامل

سؤال: مقدار مقاومت، از تاریکی مطلق تا روشنایی کامل، چقدر تغییر می‌کند؟

سؤال: کاربرد مقاومت تابع نور کجاست؟

فصل هشتم

کاربرد دستگاه پل LCR

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان 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.
- نحوه‌ی اندازه‌گیری ضریب خودالقایی سیم‌پیچ (L_x) را با استفاده از پل LCR توضیح دهد.
- دکمه‌های کنترل L و Q پل LCR را تشریح کند.
- نحوه‌ی اندازه‌گیری ظرفیت خازن‌ها را با پل LCR توضیح دهد.
- ضریب تلفات در خازن‌ها را با پل LCR اندازه بگیرد.
- ضریب کیفیت سلف را با پل LCR اندازه بگیرد.

نام آزمایش: کار با دستگاه پل LCR

۱ـ۸ـ هدف آزمایش

آشنایی با پل‌های LCR و طریقه‌ی اندازه‌گیری R، C، L، D ،Q با دستگاه پل LCR

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. پل LCR	۱ دستگاه
۲. مقاومت‌های مختلف برای اندازه‌گیری	از هر کدام یک عدد
۳. سلف‌های با مقدار مشخص	از هر نمونه موجود در انبار آزمایشگاه ۱ عدد
۴. خازن‌های با مقدار مشخص	از هر نمونه موجود در انبار آزمایشگاه ۱ عدد
۵. مولتی‌متر دیجیتالی یا عقربه‌ای	۱ دستگاه
۶. سیگنال ژنراتور صوتی	۱ دستگاه
۷. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V	۱ عدد

۲ـ۸ـ شرح آزمایش

در این آزمایش عملاً چگونگی اندازه‌گیری مقاومت اهمی، ضریب خودالقایی سلف، ضریب کیفیت سلف، ظرفیت خازن و ضریب تلفات خازن را با پل اندازه‌گیری LCR یاد خواهید گرفت.

پل LCR در حقیقت مجموعه‌ی سه پل وین، وین ـ ماکسول و وتستون است. دلیل قراردادن سه پل در یک مجموعه، تشابه عناصر به‌کار رفته در این پل است. برای نمونه تمامی عناصر پل وین و وین ـ ماکسول یکی هستند و فقط نحوه‌ی 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 دقت مورد بررسی قرار می‌دهیم و نحوه‌ی اندازه‌گیری کمیت های نام‌برده شده را در عمل یاد خواهیم گرفت. شکل ظاهری این پل به‌صورت

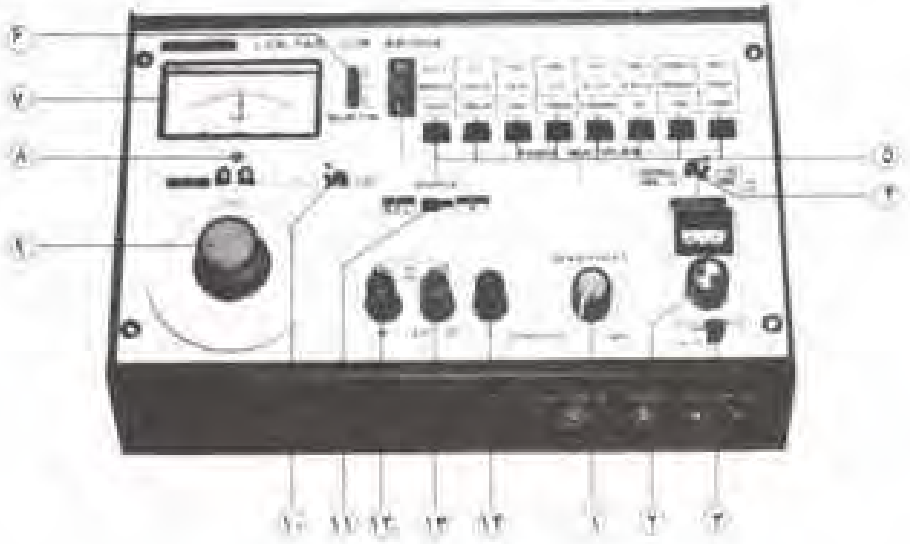
شکل ۱ـ۸ است.

این پل اندازه‌گیری، نیاز به یک باتری ۹ ولت (از نوع 006P) و یا یک ولتاژ ۹ ولت DC دارد. قبل از کارکردن با پل، مطمئن شوید که باتری پل سالم است و یا اگر با آداپتور، ولتاژ DC را به پل اعمال می‌کنید مقدار ولتاژ تغذیه، برابر با ۹ ولت باشد. بر روی بعضی از پل‌ها کلیدی وجود دارد که باتری را آزمایش می‌کند ولی روی این نوع بخصوص پل چنین کلیدی وجود ندارد، لذا با یک ولت‌متر، این آزمایش را انجام دهید.

۳ـ۸ ـ اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی

در ابتدای آزمایش، چگونگی اندازه‌گیری مقاومت اهمی توضیح داده می‌شود. در این جا کلیدها و ولوم‌های روی پل را با یک شماره مشخص می‌کنیم. در شکل ۲ـ۸ شماره‌ی کلیدها و ولوم‌هایی که به آن‌ها اشاره می‌شود مشخص شده‌اند.

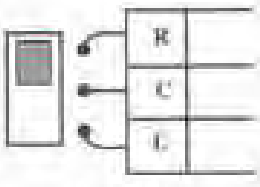
شکل ۱ـ۸



شکل ۲ـ۸

کار عملی ۱: در ابتدا تعدادی مقاومت با رنج‌های مختلف (کم، متوسط و زیاد) را از انبار آزمایشگاه تحویل بگیرید. یکی از مقاومت‌ها را که قرار است مقدار آن را اندازه بگیرید بین دو ترمینال ۱۲ و ۱۳ وصل کنید.

کلید شماره ۶ را در حالت R قرار دهید (طبق شکل ۳ـ۸).

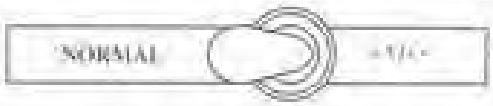


شکل ۳ـ۸

کلید شماره ۱۱ را در حالت R قرار دهید (مطابق شکل ۸ـ۴).

شکل ۸ـ۴

کلید شماره ۲ را در حالت NORMAL قرار دهید. (مطابق شکل ۸ـ۵).



شکل ۸ـ۵

با چرخاندن ولوم شماره ۲ کاری کنید که عدد ۵/۰۰ روی نمراتور مکانیکی ظاهر شود.

توجه: اگر قفل قسمت پایین این ولوم فعال باشد، ولوم فوق‌العاده سخت می‌چرخد. لذا لازم است ابتدا قفل (LOCK) را آزاد کنید و سپس ولوم را بچرخانید. به کمک کلید ولوم شماره ۱ دستگاه را روشن کنید. به‌کمک کلیدهای شماره ۵، دو کلیدی را پیدا کنید که با فشاردادن یکی، عقربه از وسط به سمت چپ منحرف و با فشاردادن کلید دومی عقربه از وسط به‌سمت راست منحرف شود.

یکی از دو کلید فوق را فشار دهید. آن‌گاه آن‌قدر ولوم شماره ۲ را بچرخانید تا عقربه‌ی گالوانومتر روی عدد صفر قرار گیرد. در این صورت پل متعادل شده است. برای به‌دست‌آوردن مقدار R_x کافی است که ضریب کلید Range Multiplier را در عدد نشان داده شده توسط نمراتور ضرب کنید (عدد نمراتور یک رقم صحیح و دو رقم اعشاری است).

اندازه‌گیری را برای سایر مقاومت‌ها تکرار کنید.

نکته مهم: اگر کلید شماره ۲ را در حالت ×۱/۰۰ قرار دهید، مفهوم آن این است که عدد واقعی نمراتور، مقداری که نشان می‌دهد به علاوه یک (+۱) است. مثلاً اگر نمراتور عدد ۷/۸۵ را نشان می‌دهد و کلید شماره ۲ در حالت ×۱/۰۰ باشد عدد واقعی نمراتور ۸/۸۵ = ۷/۸۵ + ۱/۰۰ است؛ لذا هنگام اندازه‌گیری مقاومت مجهول این نکته را باید در نظر گرفت.

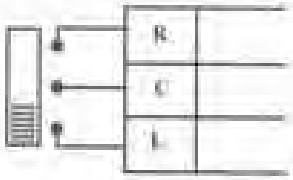
کار عملی ۲: تعدادی از مقاومت‌ها را یک‌بار با قراردادن کلید در حالت ×۱/۰۰ محاسبه کنید و بار دیگر همین کلید را در حالت NORMAL قرار دهید و یک شماره در هر حالت مشابه اندازه‌گیری از نمراتور مکانیکی کم نموده و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

سؤال: ساختمان کلید فوق را در پل تشریح کنید.

۸ـ۴ـ اندازه‌گیری ضریب خودالقایی سلف و ضریب کیفیت سلف

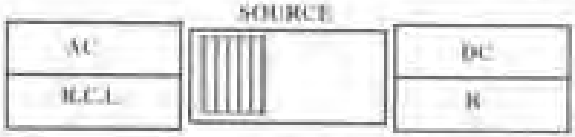
اگر مراحلی را که در زیر، برای اندازه‌گیری ضریب خودالقایی سلف، در قالب کار عملی توضیح می‌دهیم رعایت نکنید اندازه‌گیری ضریب خودالقایی سلف بسیار مشکل و در بعضی اوقات ناممکن خواهد شد.

کار عملی ۳ (اندازه‌گیری ضریب خودالقایی سلف و ضریب کیفیت سلف): ابتدا کلید شماره ۶ را مطابق شکل ۸ـ۶ در حالت L قرار دهید.



شکل ۸ـ۶

کلید شماره ۱۱ را مطابق شکل ۸ـ۷ در حالت AC (RCL) قرار دهید.



شکل ۸ـ۷

کلید شماره ۱۰ را مطابق شکل ۸ـ۸ در حالت ×۱ قرار دهید.

شکل ۸ـ۸

کلید شماره ۴ را در حالت NORMAL قرار دهید.

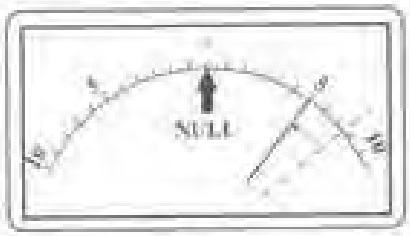
در کلیدهای شماره ۵، کلید ۱۰mH را فشار دهید.

ولوم شماره ۹ (صفحه DQ) را در حالت وسط مکانیکی (Q = ۰/۳) قرار دهید.

ولوم شماره ۲ را طوری بچرخانید که نمراتور مکانیکی عدد ۵/۰۰ را نشان دهد (هنگام بیچاندن دقت کنید که قفل نمراتور باز باشد).

سلف مجهول (سلفی که قرار است مقدار آن اندازه‌گیری شود) را به دو ترمینال ۱۲ و ۱۳ وصل کنید.

کلید ولوم شماره ۱ را به‌آرامی در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا دستگاه روشن شود و عقربه‌ی گالوانومتر روی صفحه‌ی مدرج بین عدد ۶ و ۷ قرار گیرد (امکان خط چین در شکل ۹ـ۸).



شکل ۹ـ۸

این کار ابتدا ممکن است کمی مشکل به نظر آید ولی با اندکی تمرین بسیار آسان خواهد شد. حال ولوم شماره ۲ را طوری تغییر دهید که عقربه‌ی گالوانومتر به سمت صفر (NULL) حرکت کند. **اگر با تغییرات ولوم شماره ۲ عقربه حرکت چندانی نداشت رنج کلید شماره ۵ را تغییر دهید. این کار را آن‌قدر ادامه دهید تا با تغییرات ولوم شماره ۲ عقربه‌ی گالوانومتر به‌طور محسوسی تغییر کند.** با تغییر ولوم کاری کنید که عقربه‌ی گالوانومتر به‌سمت صفر نزدیک شود، لکن ممکن است عقربه تا یک نقطه به‌سمت صفر برود و مجدداً از آن نقطه دور شود (به‌سمت راست حرکت کند). این نقطه را نقطه‌ی Dip می‌گویند. بنابراین ابتدا به کمک ولوم شماره ۲ عقربه را به نقطه‌ی Dip می‌رسانیم، سپس ولوم شماره ۹ را تغییر می‌دهیم تا عقربه به سمت صفر حرکت کند. **اگر تغییرات این ولوم چندان تأثیری روی حرکت عقربه نداشت کلید شماره ۱۰ را در حالت ۱۰× قرار دهید.** تغییرات این ولوم نیز عقربه را تا یک نقطه به‌طرف صفر می‌برد و آن‌گاه برمی‌گردد. لذا به کمک این ولوم (RQ) عقربه را تا جایی که می‌خواهد مجدداً بدانجا برگردد برده و آن‌گاه به‌سراغ ولوم ۲ می‌رویم. با تغییرات این ولوم عقربه را به سمت صفر نزدیک می‌کنیم. برای این‌که بتوانیم این کار را دقیق‌تر انجام دهیم سعی می‌کنیم به‌ازای هر تغییرات در ولوم شماره ۲ و یا ۹ به‌کمک ولوم شماره ۱ و گرداندن آن در جهت عقربه‌های ساعت، عقربه‌ی گالوانومتر را حوالی عدد ۷ ببریم (در حقیقت حساسیت پل را مرتباً زیاد کنیم). با تغییرات متناوب ولوم شماره ۲ و ولوم شماره ۹ و همچنین افزایش حساسیت پل، کاری می‌کنیم که با کوچک‌ترین تغییرات ولوم شماره ۲ و یا شماره ۹ عقربه بشدت تغییر کند. آن‌گاه می‌گوییم پل متعادل شده است. حاصل‌ضرب رنج کلید شماره ۵ و مقدار عدد نشان‌داده شده توسط نمراتور مکانیکی مقدار ضریب خودالقایی سلف را نشان می‌دهد و عدد مقابل قلش صفحه‌ی ولوم شماره ۹ مقدار ضریب کیفیت سلف را (اگر کلید شماره ۱۰ در حالت ۱۰× باشد مقدار ضریب کیفیت خوانده شده از ولوم شماره ۹ باید در عدد ۱۰ ضرب شود تا مقدار واقعی به‌دست آید).

روشی که برای اندازه‌گیری سلف در پل شکل ۱ـ۸ گفته شد در تمامی پل‌های LCR که توسط سازندگان مختلف ساخته می‌شود صادق است. اگر موارد بالا را دقیقاً رعایت کنید با اندکی تمرین، خیلی سریع می‌توانید ضریب خودالقایی سلف مورد نظر را به‌دست آورید.

کار عملی ۴: تعدادی سلف مشخص را که از انبار تحویل گرفته‌اید با پل 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 به‌صورت موازی ببندید و مقدار L_t معادل آن‌ها را به‌دست آورید و با محاسبات مربوط به سلف معادل دو سلف موازی مقایسه کنید (سلف معادل دو سلف موازی از رابطه‌ی $\frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ به‌دست می‌آید).

کار عملی ۶: دو سلف مشخص را با یکدیگر به‌صورت سری ببندید و مقدار L_t معادل آن‌ها را به‌دست آورید و با محاسبات مربوط به سلف معادل دو سلف سری مقایسه کنید (سلف معادل دو سلف که به‌صورت سری بسته شده‌اند از رابطه $L_1 + L_2$

به‌دست می‌آید).

فرکانس داخلی ولتاژ اعمال‌شده به پل ۱KHz است. چنانچه سلف مورد اندازه‌گیری دارای هسته‌ی آهنی و یا فریت باشد و نتوان با این فرکانس (۱KHz) ضریب خودالقایی آن را حساب کرد، در روی پل ترمینال وجود دارد که از بیرون می‌توانیم یک ولتاژ یک تا پنج ولت مؤثر و با فرکانس بین ۵۰Hz تا ۴۰KHz

شکل ۱۰ـ۸ـ اسیلاتور صوتی ۱۵ ولت مؤثر خروجی

را به آن اعمال کنیم. شکل ۱۰ـ۸ چگونگی اعمال ولتاژ توسط یک اُسیلاتور به پل را نشان می‌دهد.

کار عملی ۷: دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور صوتی را روی ۵ ولت و فرکانس آن را روی ۵۰۰Hz تنظیم و به پل وصل کنید و مقدار جند L مجهول را با این فرکانس اندازه بگیرید.

کار عملی ۸: در این آزمایش فرکانس سیگنال ژنراتور صوتی را روی ۲KHz تنظیم کنید و همان سلف‌ها را در این فرکانس اندازه بگیرید.

سؤال: آیا مقدار L اندازه گرفته شده در دو فرکانس ۵۰۰Hz و ۲KHz با یکدیگر فرق دارند؟ چرا؟

همان‌طور که در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری توضیح داده شد مقدار Q از رابطه‌ی (۱ـ۸) به‌دست می‌آید:

$$Q = RQ.C_x.2\pi.F \qquad (۸ـ۱)$$

رابطه‌ی (۱ـ۸) نشان می‌دهد که مقدار Q بستگی به فرکانس دارد. درجه‌بندی روی پل بر مبنای فرکانس ۱KHz ـ که در داخل پل تولید می‌شود ـ مدرج شده است؛ بنابراین اگر پل با فرکانسی غیر از ۱KHz کار کند ـ مانند اعمال فرکانس خارجی به پل ـ درجه‌بندی Q باید بر مبنای فرکانس جدید انجام گیرد.

بنابراین برای محاسبه‌ی Q در فرکانس جدید (غیر از ۱KHz) باید از رابطه‌ی (۲ـ۸) استفاده کرد.

$$Q_f = \frac{\text{فرکانس اعمالی به پل بر حسب Hz}}{1000} \times Q \qquad (۸ـ۲)$$

در رابطه‌ی (۲ـ۸) Q_f ضریب کیفیت بر مبنای فرکانس جدید و Q مقدار خوانده شده از صفحه‌ی DQ است.

با استفاده از این پل می‌توان نسبت دورهای اولیه و ثانویه‌ی یک ترانسفورماتور را نیز به‌دست آورد. برای این کار ضریب خودالقایی اولیه‌ی ترانسفورماتور و ثانویه‌ی آن را به‌دست آورده و با استفاده از رابطه‌ی (۳ـ۸) نسبت دورها را محاسبه می‌کنیم.

$$T = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \qquad (۸ـ۳)$$

T : نسبت دورها

L_1 : ضریب خودالقایی سیم پیچ اولیه

L_2 : ضریب خودالقایی سیم‌پیچ ثانویه

با استفاده از این پل، اندوکتانس پراکندگی را نیز می‌توان محاسبه کرد.

کار عملی ۹: نسبت دورهای یک ترانسفورماتور ۲۲۰/۹۷ را با استفاده از پل به‌دست آورید.

سؤال: رابطه‌ی (۳ـ۸) را اثبات کنید.

هنگامی که ضریب خودالقایی سلف را محاسبه کردید، می‌توانید مدار معادل سلف را به‌صورت شکل ۱۱ـ۸ رسم کنید.

شکل ۱۱ـ۸

یعنی مقاومت اهمی سیم‌پیچ سلف را به‌صورت سری

با L در نظر بگیرید، مقدار R در این حالت از رابطه‌ی (۲ـ۸) به‌دست می‌آید:

$$R_X \text{ برحسب } \Omega = \frac{\text{مقدار L اندازه‌گیری شده برحسب هانری} \times 10^{-3}}{R_E} = \frac{L\text{mH} \times 10^{-3}}{R_E} \qquad (۲ـ۸)$$

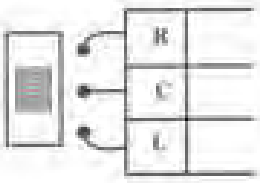
مقدار R_E را روی صفحه‌ی DQ می‌توانید مستقیماً بخوانید (مقدار R_E مقابل فلش). اگر کلید شماره ۱۰ در حالت ×۱۰ باشد باید مقدار R_E خوانده شده در مقابل فلش را در عدد ۱۰ ضرب کنید.

برای محاسبه‌ی مقدار R_X می‌توان مستقیماً از قسمت پل وتستون همین پل نیز استفاده کرد.

۵ـ۸ـ اندازه‌گیری ظرفیت خازن

با رعایت مراحلی که در زیر، در قالب کار عملی ۱۰، برای اندازه‌گیری ظرفیت خازن توضیح داده می‌شود اندازه‌گیری ظرفیت قوی‌العاده آسان خواهد بود.

کار عملی ۱۰: در ابتدا کلید شماره ۶ را مطابق شکل ۱۲ـ۸ در حالت C قرار دهید.



شکل ۱۲ـ۸

کلید شماره ۱۱ را در حالت AC(RCL) قرار دهید.

کلید شماره ۱۰ را در حالت ×۱ قرار دهید.

کلید شماره ۲ را در حالت NORMAL قرار دهید.

ولوم شماره ۹ (صفحه DQ) را در حالت صفر قرار دهید.

ولوم شماره ۲ را طوری بچرخانید که نمراتور مقدار صفر را نشان دهد (هنگام پیچاندن دقت کنید که قفل نمراتور باز باشد).

خازن مجهول (خازنی که قرار است ظرفیت آن اندازه‌گیری شود) را به دو ترمینال ۱۲ و ۱۳ وصل کنید.

در کلیدهای شماره ۵، متناسب با ظرفیت تقریبی خازن، یکی از کلیدها را فشار دهید.

کلید ولوم شماره ۱ را به‌آرامی در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا دستگاه روشن شود و عقربه‌ی گالوانومتر روی صفحه‌ی مدرج روی عدد ۵ قرار گیرد.

این کار ممکن است کمی مشکل به نظر آید ولی با اندکی تمرین بسیار آسان خواهد شد. حال ولوم شماره ۲ را طوری تغییر دهید (در حقیقت مقدار آن را زیاد کنید) که عقربه‌ی گالوانومتر به سمت صفر (NULL) حرکت کند. **اگر با افزایش ولوم شماره ۲ عقربه حرکت چندانی ندانست رنج کلید شماره ۵ را تغییر دهید و مجدداً ولوم شماره ۲ را از صفر زیاد کنید تا با تغییرات ولوم شماره ۲ عقربه گالوانومتر به‌طور محسوسی تغییر کند.**

ولوم شماره ۲ را تا جایی زیاد کنید که عقربه به سمت صفر نزدیک شود و بخواهد مجدداً به عقب برگردد (نقطه‌ی Dip) حال ولوم شماره ۹ را زیاد می‌کنیم تا عقربه به سمت صفر نزدیک شود. با افزایش این ولوم نیز عقربه به یک نقطه نزدیک می‌شود و می‌خواهد مجدداً برگردد (نقطه‌ی Dip جدید). در این حالت دیگر ولوم شماره ۹ را زیاد نمی‌کنیم بلکه با افزایش ولوم شماره ۱ عقربه را روی ۵ تنظیم می‌کنیم و با ولوم شماره ۲ کاری می‌کنیم که عقربه به‌سمت صفر نزدیک شود. در نقطه‌ی Dip ولوم شماره ۹ را تغییر می‌دهیم. این عمل را تا وقتی ادامه می‌دهیم که ولوم حساسیت (شماره ۱) تقریباً در خلاف عقربه‌های ساعت تا آخر پیچانده شده و در ضمن با تغییرات بسیار جزیی ولوم شماره ۲ و یا ولوم شماره ۹ عقربه گالوانومتر تغییرات شدیدی داشته باشد. در این حالت می‌گوییم پل متعادل شده است. مقدار ظرفیت خازن از حاصل‌ضرب رنج کلید شماره ۵ (کلیدی که فشار داده شده است) در عدد نمراتور مکانیکی که به ولوم شماره ۲ وصل است به‌دست می‌آید (به یاد داشته باشید که عدد نمراتور یک رقم صحیح و دو رقم اعشاری دارد) و ضریب تلفات خازن نیز عدد مقابل فلش روی صفحه DQ است.

روشی که برای اندازه‌گیری خازن در پل شکل ۱ـ۸ گفته شد در تمامی پل‌های LCR که توسط سازندگان مختلف در گوشه و کنار دنیا ساخته می‌شود عمومی است.

کار عملی ۱۱: تعدادی خازن با ظرفیت مشخص را با پل

قوی اندازه بگیرید و با مقدار واقعی مقایسه کنید.

توجه: در اندازه‌گیری ظرفیت خازن معمولاً از حالت ۱۰× کلید شماره ۱۰ استفاده نمی‌شود.

معمولاً ظرفیت خازن را با یک مقاومت اهمی (R_x) به‌صورت سری در نظر می‌گیرند (شکل ۱۲ـ۸).

شکل ۱۲ـ۸

مقدار R_x از رابطه‌ی (۵ـ۸) به‌دست می‌آید.

$$R_x = \frac{R_E \times 10^6}{C_{(pF)}} \qquad (۵ـ۸)$$

(R_E مقدار R_E برحسب Ω که از روی صفحه‌ی DQ قابل خواندن است) R_x بر حسب Ω

C برحسب μF که توسط پل اندازه گرفته شده است

مثال: درصورتی که $R_E = 500\,\Omega$ و $C = 100\,\mu F$ باشد مقدار R_x چند اهم است؟

$$R_x = \frac{R_E}{C(\mu F)} = \frac{500}{100} = 5\Omega$$

درصورتی که C برحسب PF باشد

$$R_x = \frac{R_E \times 10^6}{C(PF)} = \frac{500 \times 10^6}{100 \times 10^6} = 5\Omega$$

در مورد اندازه‌گیری ظرفیت خازن به دو نکته‌ی زیر توجه کنید:

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

نکته دوم: برای اندازه‌گیری ظرفیت خازن‌های بزرگ ـ مخصوصاً خازن‌های الکترولیتی ـ سعی کنید از فرکانس کم که از بیرون به پل اعمال می‌کنید استفاده کنید مثلاً فرکانس ۱۲۰ Hz و یا ... زیرا خازن‌های بزرگ خود دارای یک ضریب خودالقایی نیز هستند که این امر در اندازه‌گیری ظرفیت خازن اثر می‌گذارد و باعث خطا می‌شود.

کار عملی ۱۲: دو خازن با مقدار مشخص را به صورت موازی ببندید و ظرفیت معادل آن را با استفاده از پل به‌دست آورید و با مقدار $(C_1 + C_2)$ مقایسه کنید.

کار عملی ۱۳: دو خازن با مقدار مشخص را به‌صورت سری ببندید و ظرفیت معادل آن را با استفاده از پل به‌دست آورید و با مقدار $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ مقایسه کنید.

۶ـ۸ـ اندازه‌گیری مقاومت‌های اهمی بزرگ ($R > 1M\Omega$)

برای اندازه‌گیری مقاومت‌های بزرگ (معمولاً بزرگ‌تر از ۱MΩ) به‌جای ولتاژ DC، از ولتاژ AC استفاده می‌کنند. روش اندازه‌گیری همانند بند ۴ـ۸ است و فقط کلید شماره ۱۱ را در حالت AC(RCL) قرار دهید (البته در این حالت عقربه فقط در یک جهت حرکت می‌کند).

کار عملی ۱۴: تعدادی مقاومت‌های کاملاً مشخص بالای ۱MΩ را در دو حالت DC و AC پل اندازه بگیرید و با مقدار مقاومت که با کد رنگی بر روی آن‌ها مشخص است مقایسه کنید.

پل مورد بحث کاربردهای دیگری نیز دارد، مانند محاسبه‌ی خطاها در اندازه‌گیری و ... که از حوصله‌ی این بحث خارج است.

در مقابل این نوع پل‌ها که باید با دست متعادل شوند و مقدار کمیت مجهول با استفاده از محاسبه به دست آید، پل‌هایی نیز ساخته شده‌اند که به محض اتصال کمیت مجهول (مقاومت، سلف، خازن و ...) بلافاصله مقدار این عناصر را به‌صورت رقم روی صفحه‌ی نمایش آن (Display) ظاهر می‌کنند. شکل ۱۴ـ۸ شکل یک نمونه از این پل دیجیتالی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۴ـ۸

فصل نهم

کاربرد اسیلوسکوپ
(قسمت اول)

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:
- اهمیت استفاده از اسیلوسکوپ را توضیح دهد.
- اهمیت تنظیم FOCUS و INTEN را در اسیلوسکوپ بیان کند.
- دکمه‌های مربوط به FOCUS و INTEN را در ارتباط با لامپ اشعه کاتدیک توضیح دهد.
- نحوه‌ی تنظیم دکمه‌های FOCUS و INTEN را در اسیلوسکوپ تشریح کند.
- اصول اندازه‌گیری دامنه و ولتاژهای DC و AC را توضیح دهد.
- کلیه زمان یا تقسیمات را روی اسیلوسکوپ تشخیص دهد.
- اصول اندازه‌گیری زمان تناوب را توضیح دهد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت اول)

۱ـ۹ـ هدف آزمایش

شناخت پانل اسیلوسکوپ، کالیبره‌کردن اسیلوسکوپ، کالیبره‌کردن پروب، نحوه‌ی اعمال سیگنال به اسیلوسکوپ، اندازه‌گیری دامنه‌ی ولتاژ، اندازه‌گیری زمان تناوب و محاسبه‌ی فرکانس سیگنال.

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. اسیلوسکوپ یک کاناله یا دوکاناله	۱ دستگاه
۲. پروب اسیلوسکوپ	۱ عدد
۳. پیچ‌گوشتی دوسو کوچک	۱ عدد
۴. سیگنال ژنراتور صوتی	۱ دستگاه
۵. منبع تغذیه DC (۷ـ۲۰)	۱ دستگاه
۶. سیم رابط	۴عدد
۷. آوومتر عقربه‌ای و یا دیجیتالی	۱ دستگاه

۲ـ۹ـ قبل از شروع آزمایش‌ها

به‌یاد داشته باشید که کلیه‌ی دستگاه‌های اندازه‌گیری از جمله اسیلوسکوپ بسیار حساس هستند؛ لذا هنگام کارکردن با اسیلوسکوپ به نکات زیر دقیقاً توجه کنید.

۱. هنگام تغییر رنج کلید سلکتورها، به‌آرامی و با دقت، رنج‌ها را عوض کنید، زیرا کنتاکت ثابت اکثر این کلید سلکتورها از نوع مدار چاپی است و احتمال خراب‌شدن آن‌ها زیاد است.

۲. شدت نور را، مخصوصاً هنگامی که اسیلوسکوپ روی X-Y قرار دارد، بیش از اندازه زیاد نکنید؛ در این حالت موج جاروب صفحات انحراف افقی قطع می‌شود و روی صفحه‌ی حساس فقط یک نقطه نقش می‌بندد. در این حالت اشعه به طور مداوم به صفحه می‌تابد و مواد فسفرسانس آن نقطه را خراب می‌کند. این خرابی منجر به ایجاد یک لکه‌ی سیاه روی صفحه می‌شود.

۳. کلیدهای فشاری روی پانل اسیلوسکوپ را هنگام تغییر حالت به‌آرامی فشار دهید.

۴. اسیلوسکوپ را در مکانی قرار دهید که امکان افتادن آن به‌طور مطلق وجود نداشته باشد.

۵. اسیلوسکوپ را در مکانی که اطراف آن حرارت زیاد (مانند بخاری و ...) وجود دارد یا نور خورشید مستقیماً به آن می‌تابد قرار ندهید.

۶. سیم پروب را هیچ‌گاه نکشید.

۷. چنانچه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در ابتدا مشخص نیست از حالت ×۱۰ (ضربدر ده) پروب استفاده کنید و زنج کلید سلکتور Volt / Div را در بیش‌ترین مقدار خود قرار دهید.

۸. اگر بعد از روشن کردن اسیلوسکوپ لکه روی صفحه‌ی حساس ظاهر نشد از مربی آزمایشگاه کمک بخواهید.

کار عملی ۱: این آزمایش مربوط به شناخت پانل یک اسیلوسکوپ است. قبل از روشن کردن اسیلوسکوپ مراحل زیر را اجرا کنید:

الف ـ کلید سلکتور Time / Div را روی عدد ۱ms بگذارید.

ب ـ کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد ۵ ولت قرار دهید.

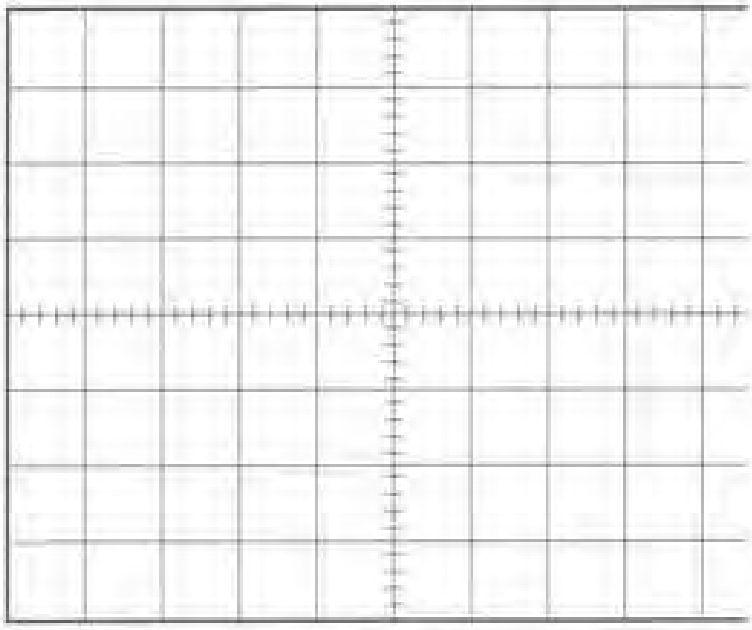
ج ـ ولوم تغییر وضعیت افقی (↔) و عمودی (↕) را در وسط بگذارید.

د ـ کلید AC-GND-DC را در حالت GND قرار دهید.

هـ ـ کلید Source Trig را در حالت INT و یا CH1 قرار دهید.

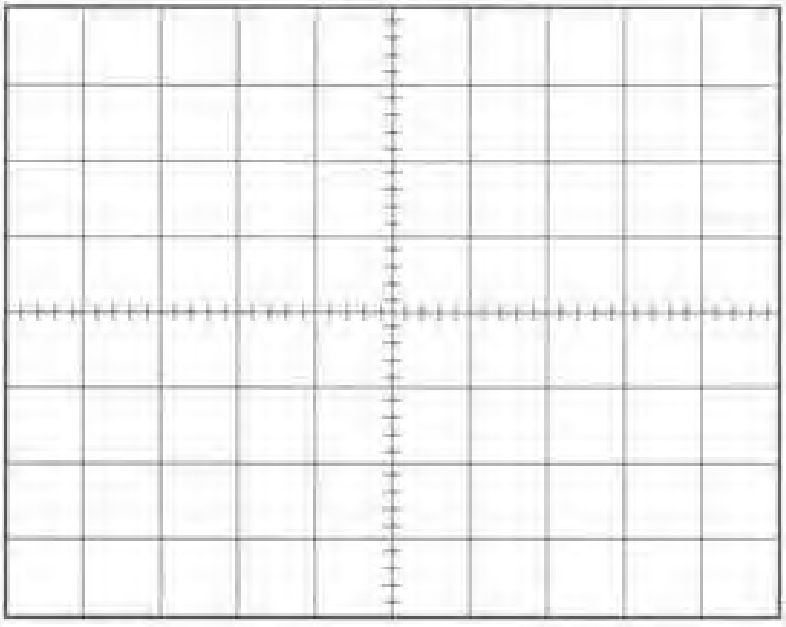
و ـ اسیلوسکوپ را روشن کنید. بعد از مدت کوتاهی روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ یک خط ظاهر می‌شود. ولوم‌های INTEN و FOCUS را طوری تغییر دهید که خط ظاهر شده در روی صفحه‌ی حساس دارای شدت نور کافی در کم‌ترین ضخامت باشد. درصورتی که خط مشاهده شده دقیقاً موازی خط افقی مدرج روی صفحه‌ی حساس نیست از مربی آزمایشگاه بخواهید با تغییر پتانسیومتر (Trace Rotation) به کمک یک پیچ‌گوشتی کوچک، خط را دقیقاً موازی درجه‌بندی محور افقی کند. حال خط مشاهده شده را در شکل ۱ـ۹ رسم کنید.

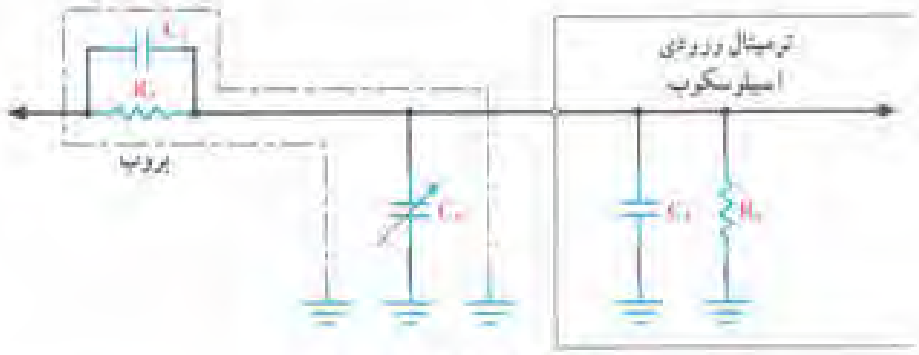
حال کلید سلکتور Time / Div را روی ۰/۱S قرار دهید. آنچه را که روی صفحه‌ی حساس می‌بینید در شکل ۲ـ۹ رسم کنید.



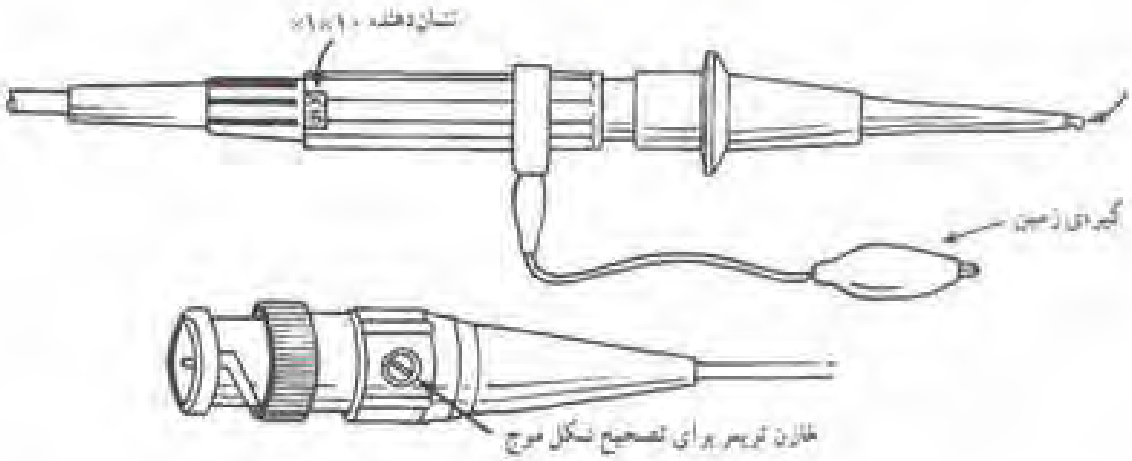
شکل ۱ـ۹

شکل ۲ـ۹





شکل ۴ـ۹ـ مدار معادل پروب



شکل ۴ـ۹ـ یک نمونه از پروب‌های رایج

سؤال: چرا وقتی کلید سلکتور Time / Div روی حالت ۱ms است (شکل ۴ـ۹) و در حالت ۰/۱ (شکل ۴ـ۹) روی صفحه‌ی حساس دیده می‌شود؟

سؤال: نقش کلید Time / Div چیست و ضرایب این کلید بیان‌کننده‌ی چه چیزی هستند؟

حال کلید سلکتور Time / Div را روی عدد ۵۰ ms قرار دهید و ارزهای اشعه را روی صفحه‌ی حساس ببینید. در این حالت، ولوم Time Variable را برعکس عقربه‌های ساعت بچرخانید و همزمان با چرخاندن ولوم ارزهای آن را روی صفحه‌ی حساس مشاهده کنید.

سؤال: نقش ولوم Time Variable چیست؟

$$R_1C_1 = R_2C_2(C_2 = C_c + C_s) \qquad (۹ـ۱)$$

کار عملی ۲: برای اعمال سیگنال به اسیلوسکوپ از پروب استفاده می‌کنند. همچنین در روی پانل اسیلوسکوپ پینی وجود دارد که از روی این پین ولتاژ مربعی با دامنه‌ی حدود ۰/۵ ولت و فرکانس تقریبی ۱KHz که در داخل اسیلوسکوپ تولید می‌شود، قابل دریافت است. این ولتاژ مربعی برای تنظیم پروب به کار می‌رود.

در قسمت ترمینال ورودی اسیلوسکوپ، امپدانس ورودی اسیلوسکوپ و ظرفیت خازن ورودی آن را معمولاً می‌نویسند. پروب، زمانی تنظیم است که رابطه‌ی (۱ـ۹) صادق باشد.

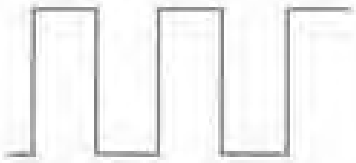
شکل ۴ـ۹ مدار داخلی یک نمونه از پروب را نشان می‌دهد.

همان‌طور که گفته شد مقدار مقاومت R_2 (معمولاً ۱MΩ) و ظرفیت خازن C_2 را روی اسیلوسکوپ می‌نویسند. برای تنظیم پروب باید مقدار R_1 ، C_1 و C_c مشخص باشند. با تغییر مقدار C_c که روی پروب به‌صورت یک خازن تریمر قابل تنظیم است، می‌توان رابطه‌ی (۱ـ۹) را برقرار کرد. راه دیگر برای تنظیم پروب استفاده از موج مربعی است.

برای انجام این کار موج مربعی روی پانل اسیلوسکوپ را توسط پروب به ورودی اسیلوسکوپ وصل می کنیم. شکل ۵ـ۹ نحوه‌ی اتصال پروب به اسیلوسکوپ و همچنین اعمال موج مربعی به ورودی اسیلوسکوپ را نشان می‌دهد.

شکل ۵ـ۹ـ اعمال موج مربعی به ورودی اسیلوسکوپ

حال با تنظیم خازن تریمر پروب که در شکل ۴ـ۹ نشان داده شده است شکل موج روی صفحه‌ی حساس را مطابق شکل ۶ـ۹ تنظیم کنید. برای این کار کلید سلکتور Time / Div را روی ۰/۴ms و کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد ۰/۲V قرار دهید.



شکل ۶ـ۹

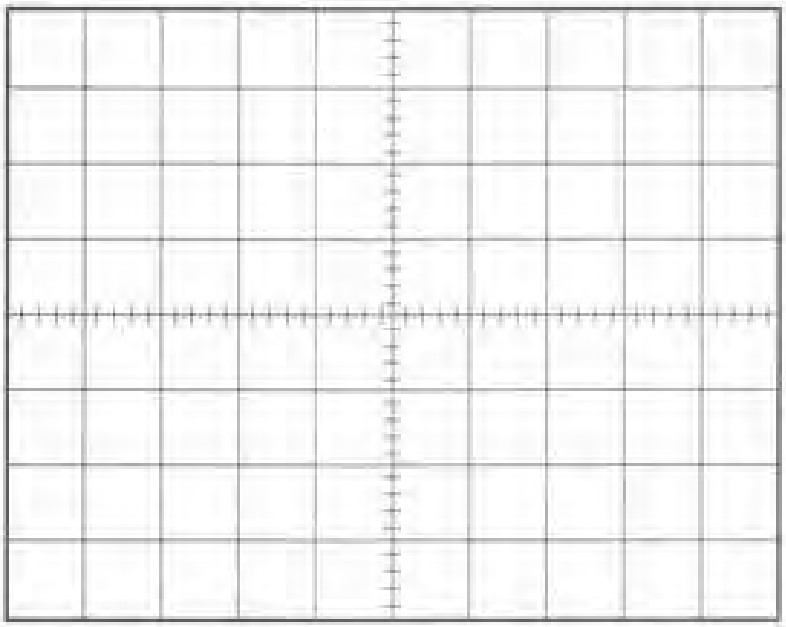
حال شکل موجی را که روی صفحه حساس می‌بینید روی شکل ۷ـ۹ رسم کنید.

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

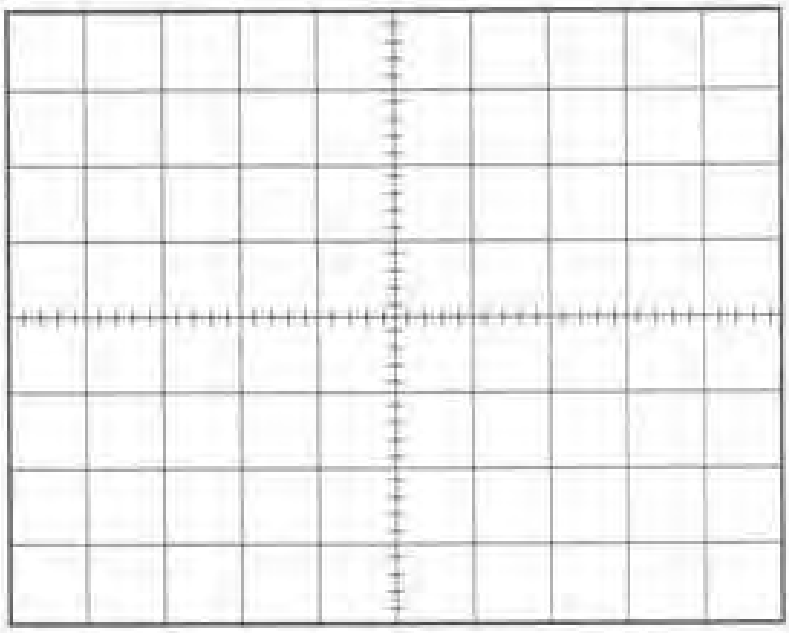
الف ـ کلید AC - GND - DC را در حالت GND قرار دهید.

ب ـ نقطه‌ی صفر را روی اولین خانه از پایین تنظیم کنید.

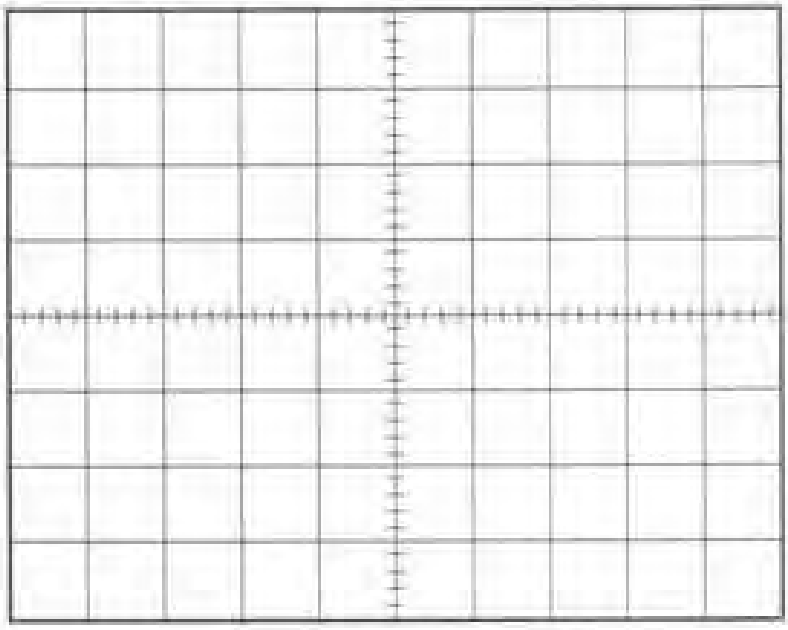
ج ـ کلید AC - GND - DC را در حالت DC قرار دهید.



شکل ۷ـ۹ـ با قرار دادن کلید AC-GND-DC روی حالت GND و با تغییر ولوم تغییر مکان عمودی، نقطه‌ی صفر را روی یکی از خانه‌ها به دلخواه تنظیم کنید و برای تنظیم پروب کلید را در حالت DC قرار دهید.



شکل ۸ـ۹



شکل ۹ـ۹

د ـ کلید Volt / Div را یک بار روی ۵۷/۰ و بار دیگر روی ۱۷/۰ قرار دهید.

هـ ـ در هر دو حالت شکل مشاهده‌شده روی شکل ۸ـ۹ رسم کنید (با دو رنگ مختلف).

سؤال: نقش کلید Volt / Div چیست؟

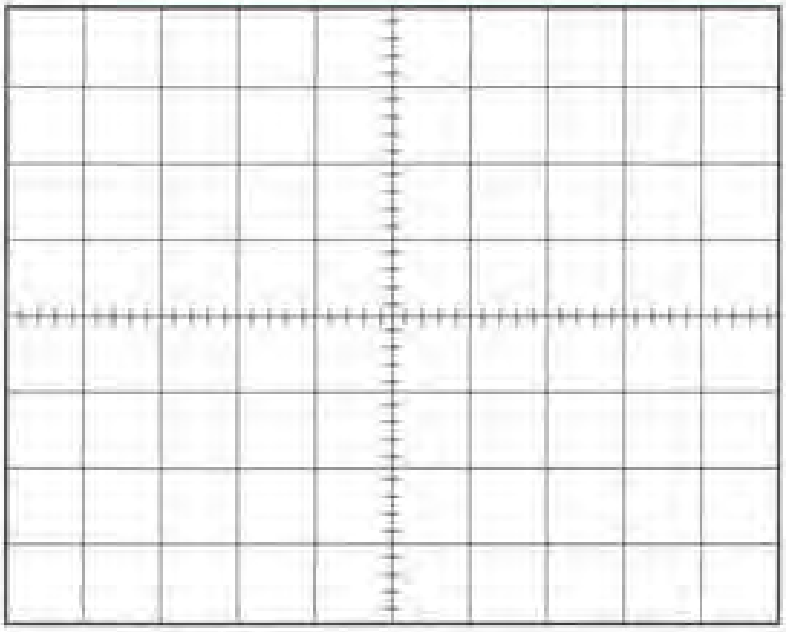
سؤال: ضرایب کلید Volt / Div چه چیزی را نشان می‌دهند؟

و ـ مجدداً کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد ۱۷/۰ قرار دهید.

ز ـ ولوم Volt Variable را در جهت خلاف عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و شکل موج مشاهده‌شده را در شکل ۹ـ۹ رسم کنید.

سؤال: ولوم Volt Variable چه کاری را انجام می‌دهد؟

سؤال: اگر ولوم Volt Variable را در خلاف عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانیم نسبت دامنه نشان داده شده در این حالت با حالتی که ولوم Volt Variable در حالت .Cal قرار دارد چقدر است؟



Time / Div = 0/5ms
Volt / Div = 0/2V
وسط = تنظیم صفر
در حالت Cal = ولوم Volt variable
در حالت Cal = ولوم Time variable

شکل ۱۰ـ۹

ج ـ کلید انتخاب AC - GND - DC را در حالت AC قرار دهید و شکل موج مربعی را روی صفحه‌ی حساس مشاهده و آن را در شکل ۱۰ـ۹ رسم کنید.

سؤال: چرا شکل موج در حالت AC به‌صورت شکل ۱۰ـ۹ روی صفحه‌ی حساس دیده می‌شود؟

کار عملی ۲: همان‌طور که در درس تئوری نیز خوانده‌اید، یکی از موارد کاربرد اسیلوسکوپ اندازه‌گیری ولتاژ است. این قسمت از آزمایش، اختصاص به اندازه‌گیری ولتاژ دارد. برای انجام آزمایش مراحل زیر را انجام دهید.

الف ـ ولتاژ خروجی منبع تغذیه‌ی DC را به‌کمک مولتی‌متر دقیقاً روی ۳ ولت تنظیم کنید.

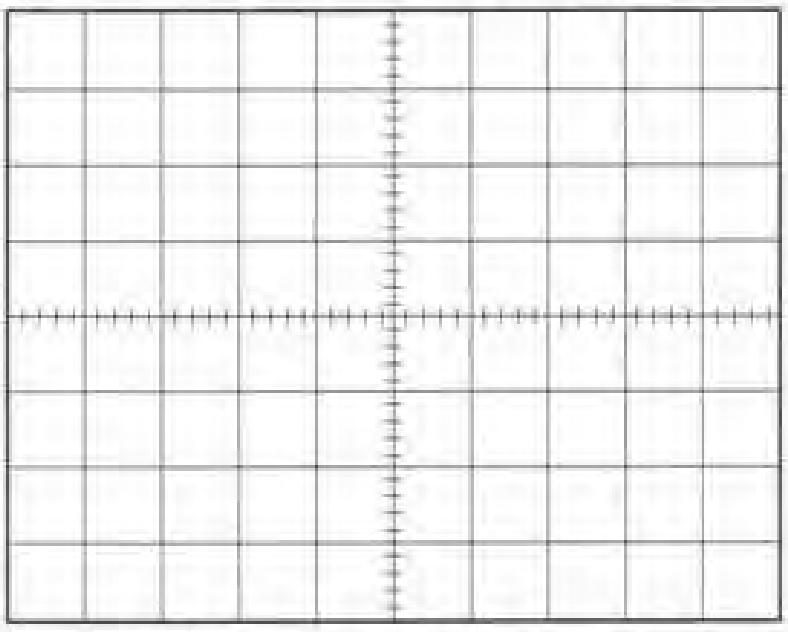
ب ـ کلید انتخاب AC - GND - DC را روی حالت DC قرار دهید.

ج ـ به کمک سیم‌های رابط و بروب این ولتاژ را به اسیلوسکوپی که نقطه‌ی صفر آن را قبلاً تنظیم کرده‌اید وصل کنید.

د ـ کلید سلکتور Time / Div را روی ۱ms قرار دهید.

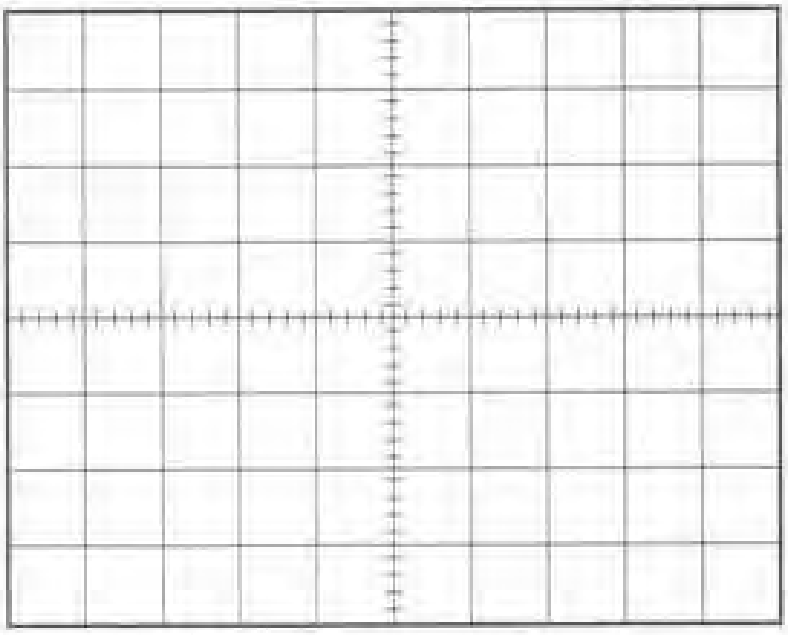
هـ ـ کلید سلکتور Volt / Div را روی ۱ ولت بگذارید.

مکان صفر و مکان جدید خط مشاهده‌شده (تغییر مکان افقی در جهت عمودی) را در شکل ۱۱ـ۹ رسم کنید.



Time / Div = 1ms
Volt / Div = 1V
AC-GND-DC=DC
صفر را در یک خانه‌ی دلخواه تنظیم کنید.

شکل ۱۱ـ۹



شکل ۱۲ـ۹

سؤال: آیا به‌ازای هر ولت به اندازه‌ی یکی از تقسیمات انحراف اشعه داشته‌ایم؟

و ـ حال کلید سلکتور Volt / Div را روی عدد ۵/۰ ولت قرار دهید و شکل انحراف اشعه در جهت عمودی را روی شکل ۱۲ـ۹ رسم کنید.

سؤال: از شکل‌های ۱۱ـ۹ و ۱۲ـ۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

سؤال: برای خواندن ولتاژ چگونه باید عمل کرد؟

سؤال: اندازه‌گیری ولتاژ در کدام یک از شکل‌های ۱۱ـ۹ یا ۱۲ـ۹ دقیق‌تر صورت می‌گیرد؟

بعد از این‌که شکل ۱۲ـ۹ را رسم کردید، ولوم Volt Variable و Time Variable را مقداری در جهت عکس عقربه‌های ساعت بچرخانید. مشاهدات 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 ببینیم. برای این کار مراحل زیر را انجام دهید:

الف ـ سیگنال ژنراتور صوتی را روشن کنید و آن‌را روی فرکانس ۱KHz قرار دهید.

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

ج ـ پروب اسیلوسکوپ را به ترمینال‌های خروجی سیگنال ژنراتور صوتی وصل کنید.

د ـ شکل ولتاژ خروجی را در حالت سینوسی قرار دهید.

هـ ـ با ولوم تنظیم، دامنه‌ی سیگنال را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی سیگنال روی صفحه‌ی حساس برابر ۳ خانه شود.

و ـ شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۳ـ۹ رسم کنید.

ز ـ کلید AC-GND-DC را در حالت AC قرار دهید و شکل موج را مجدداً روی شکل ۱۳ـ۹ رسم کنید. چه فرقی بین شکل موج نشان داده شده در حالت DC و AC دارد؟

ح ـ دامنه و مقدار مؤثر موج سینوسی شکل ۱۳ـ۹ را حساب کنید.

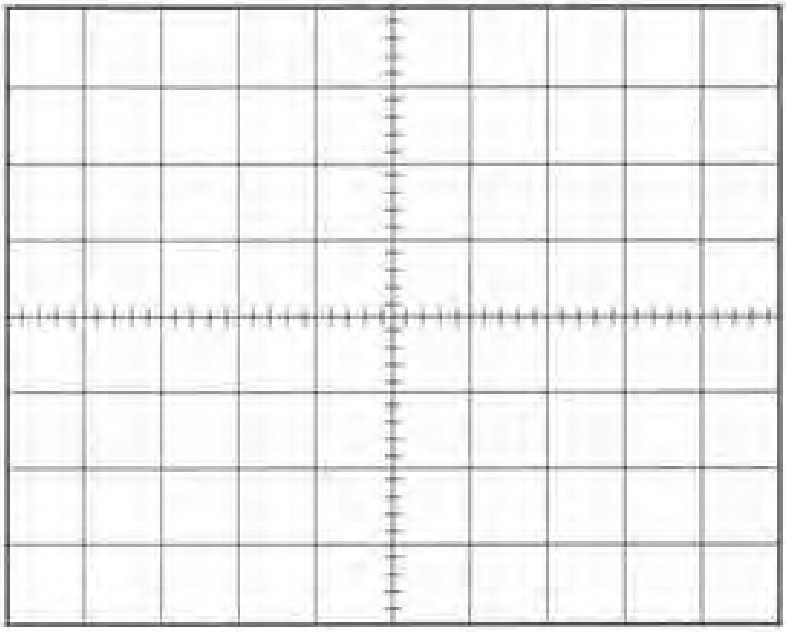
کار عملی ۴: همان‌طورکه قبلاً در درس تئوری دستگاه‌های اندازه‌گیری توضیح داده شده است و در قسمت اول این آزمایش نیز دیدید، مدت زمانی طول می‌کشد تا اشعه از یک خانه به خانه‌ی دیگر حرکت کند. لذا می‌توان زمان تناوب (مدت‌زمان یک سیکل کامل) سیگنال‌ها را محاسبه کرد.

برای انجام این عمل مراحل زیر را انجام دهید:

الف ـ فرکانس سیگنال ژنراتور را در حدود ۲۵KHz در حالت موج سینوسی قرار دهید.

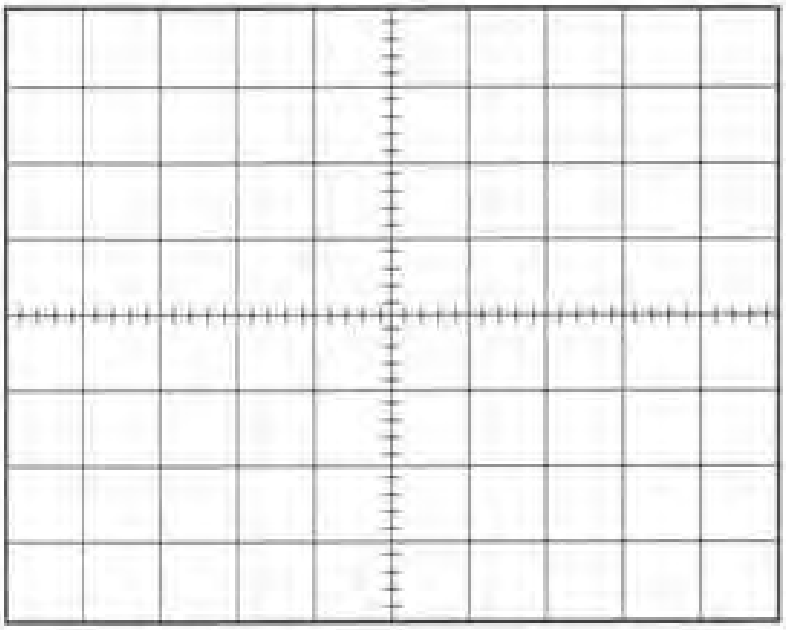
ب ـ پروب اسیلوسکوپ را به سیگنال ژنراتور وصل کنید.

ج ـ شکل موج نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را روی



Time / Div = ۰/۲ms
Volt / Div = ۱V
AC-GND-DC=DC
صفر را در وسط صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.
Volt variable = Cal

شکل ۱۲ـ۹



Time / Div = ۲۰μs
Time variable = Cal.
Volt / Div = ۱V
Volt variable = Cal.
AC-GND-DC=DC
صفر را در وسط صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

شکل ۱۳ـ۹

شکل ۱۴ـ۹ رسم کنید.

د ـ زمان تناوب سیگنال اعمالی به اسیلوسکوپ را با استفاده از رابطه‌ی (۲ـ۹) محاسبه کنید.

(۲ـ۹) زمان تناوب T = تعداد خانه‌های درگرفته‌شده یک سیکل کامل × رنج کلید سلکتور Time / Div

با داشتن زمان تناوب یک سیگنال می‌توان با استفاده از رابطه‌ی (۳ـ۹) سیگنال را محاسبه کرد.

$$F = \frac{۱}{T(sec)} \quad Hz \qquad (۳ـ۹)$$

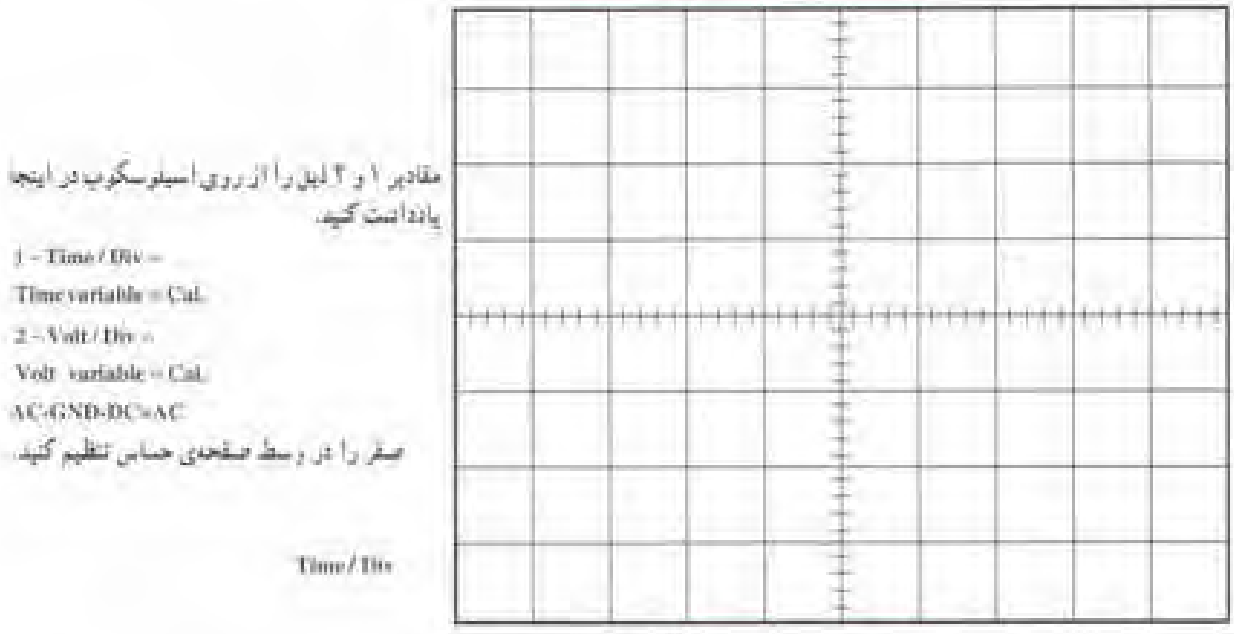
بنابراین توسط اسیلوسکوپ‌های معمولی نمی‌توان فرکانس را به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد؛ بلکه ابتدا باید زمان تناوب آن‌را از روی صفحه‌ی حساس محاسبه کرد و سپس به‌کمک رابطه‌ی (۳ـ۹) مقدار فرکانس را به‌دست آورد.

هـ ـ حال دامنه و فرکانس سیگنال ژنراتور را به دلخواه تغییر دهید و کلید سلکتورهای Time / Div و Volt / Div را طوری تنظیم کنید که حدود دو سیکل کامل و دامنه‌ی ۴ خانه روی صفحه‌ی حساس نقش ببندد.

و ـ شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۵ـ۹ رسم کنید.

ز ـ دامنه و فرکانس موج رسم شده در شکل ۱۵ـ۹ را محاسبه کنید.

سؤال: به‌طور مشروح توضیح دهید که از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای گرفته‌اید.



شکل ۱۵ـ۹

فصل دهم

کاربرد اسیلوسکوپ
(قسمت دوم)

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان 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 دوکاناله اختلاف فاز دو سیگنال را به‌دست آورد.
- با استفاده از یک اسیلوسکوپ یک‌کاناله اختلاف فاز دو سیگنال را به‌دست آورد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت دوم)

۱ــ۱۰ــ هدف آزمایش

چگونگی اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ (مؤلفه‌ی DC ولتاژ)، اندازه‌گیری مؤلفه‌ی AC سوار بر DC، اندازه‌گیری اختلاف فاز (با استفاده از اسیلوسکوپ یک‌کاناله و دوکاناله).

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. اسیلوسکوپ دوکاناله	۱ دستگاه
۲. دیود ۱N۴۰۰۱	۴ عدد
۳. مقاومت‌های ۱kΩ، ۱۲kΩ، ۳/۳kΩ و ۳۳kΩ	از هر کدام ۱ عدد
۴. مقاومت ۱۰kΩ	۲عدد
۵. خازن‌های ۱μF، ۱۰۰μF و ۱۰۰۰μF	از هر کدام ۱ عدد
۶. آومتر عقربه‌ای	۱ دستگاه
۷. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V	۱ عدد
۸. سیم‌های رابط	۶ عدد
۹. پروب اسیلوسکوپ	۲ عدد

۲ــ۱۰ــ شرح آزمایش

همیشه قبل از روشن کردن اسیلوسکوپ، کلیدها و ولوم‌های ذیل را در حالت نشان‌داده شده قرار دهید.

نام کلید یا ولوم	وضعیت قرارگرفتن
۱. ولوم فوکوس	وسط
۲. ولوم شدت روشنایی	وسط
۳. ولوم تغییر مکان عمودی ( )	وسط
۴. ولوم تغییر مکان افقی ( )	وسط
۵. کلید AC-GND-DC	GND
۶. کلید Volt / Div	۱ ولت
۷. ولوم Volt Variable	Cal.

۸. ولوم Time Variable	Cal.
۹. کلید EXT - INT	INT
۱۰. ولوم Level	روی صفر
۱۱. اگر اسیلوسکوپ دوباندی است کلید Source Trig.	CH1
۱۲. کلید AUTO/NORM	AUTO
۱۳. کلید سلکتور Time / Div	1ms

کلیه‌ی دستگاه‌های اندازه‌گیری DC، کمیت متوسط را اندازه می‌گیرند؛ مثلاً ولت‌متر DC مقدار ولتاژ متوسط را اندازه می‌گیرد. همان‌طور که در بخش نهم دیدیم، اندازه‌گیری ولتاژ در اسیلوسکوپ به‌کمک انحراف اشعه در جهت عمودی صورت می‌گیرد. در اسیلوسکوپ نوع ولتاژ مهم نیست؛ یعنی در هر لحظه، انحراف اشعه متناسب با ولتاژی است که به ورودی اسیلوسکوپ اعمال می‌شود. بنابراین مقادیری همچون مؤثر، متوسط و ... برای اسیلوسکوپ بی‌مفهوم هستند.

در ورودی اسیلوسکوپ، کلیدی مانند شکل ۱ـ۱۰ وجود دارد که دارای سه حالت است. در حالت DC، سیگنال ورودی هر چه باشد وارد مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ و عین آن روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود. در حالت GND ارتباط سیگنال ورودی با مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ قطع می‌شود و ورودی مدارهای الکترونیکی اسیلوسکوپ به زمین اتصال می‌یابد. در حالت AC یک خازن حدود ۰/۲۲μF بین ورودی اسیلوسکوپ و ورودی مدارهای الکترونیکی قرار می‌گیرد. اگر سیگنال ورودی، سیگنال متناوب سینوسی باشد، خازن به‌راحتی این سیگنال‌ها را از خود عبور می‌دهد. درصورتی که ولتاژ ورودی DC باشد خازن از عبور آن جلوگیری می‌کند. چنانچه سیگنال ورودی ترکیبی از (DC + AC) باشد، خازن سیگنال AC را عبور می‌دهد و از عبور مؤلفه‌ی DC جلوگیری می‌کند.

با استفاده از مجموعه کلید AC- GND - DC می‌توان مقدار ولتاژ DC یک موج را به‌دست آورد. به‌عبارت دیگر اگر کلید AC- GND - DC روی حالت DC قرار گیرد، اشعه به اندازه‌ی مجموع مؤلفه‌ی DC و مؤلفه‌ی AC منحرف می‌شود. در حالتی که کلید AC-GND-DC روی حالت AC است، اشعه به‌اندازه‌ی مؤلفه‌ی AC منحرف می‌شود. با استفاده از این تغییر انحراف اشعه می‌توان مقدار DC ولتاژ را محاسبه کرد.

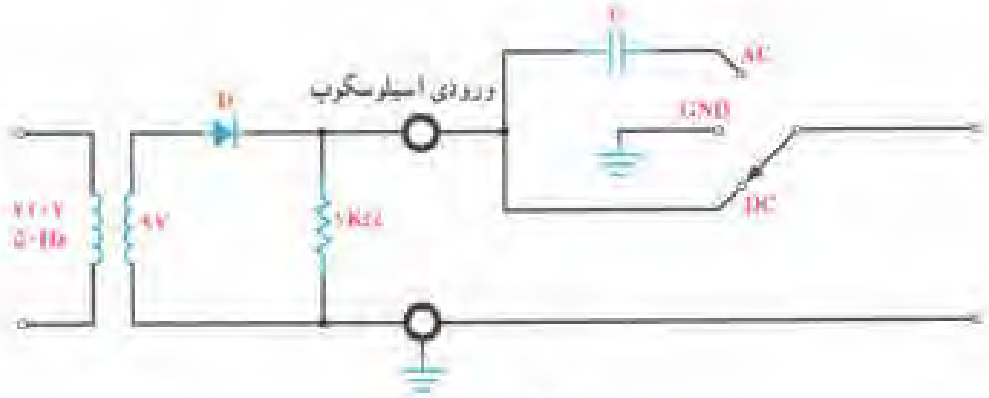
کار عملی ۱

الف ـ مدار شکل ۲ـ۱۰ را روی برد بورد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

ب ـ دو سر مقاومت اهمی را به کمک پروب به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ج ـ کلید AC- GND - DC را روی حالات AC و DC قرار دهید و شکل موج را در هر حالت روی شکل‌های ۳ـ۱۰ و ۴ـ۱۰ رسم کنید.

شکل ۱ـ۱۰



شکل ۲ـ۱۰

Time / Div = 5ms

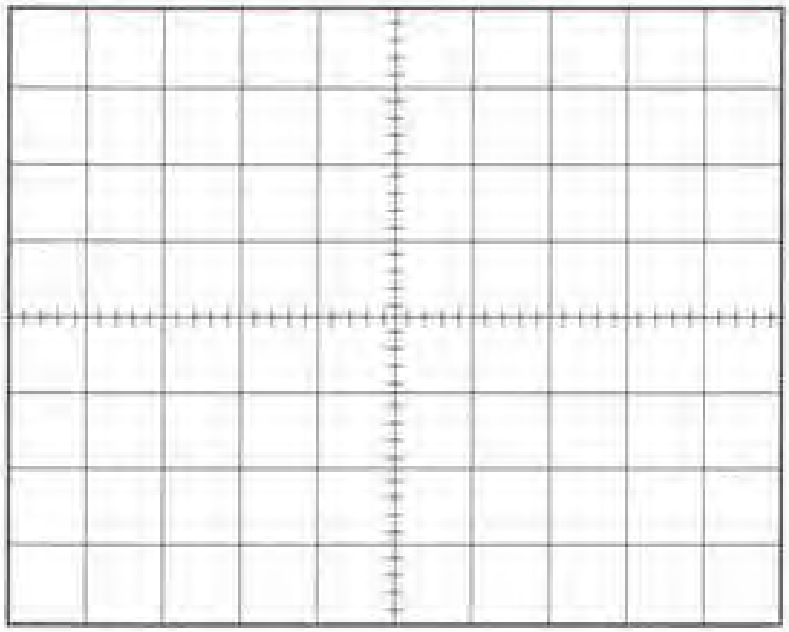
Time variable = Cal.

Volt / Div = 5V

Volt variable = Cal

AC-GND-DC=DC

مکان صفر را در وسط صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.



شکل ۳ـ۱۰

Time / Div = 5ms

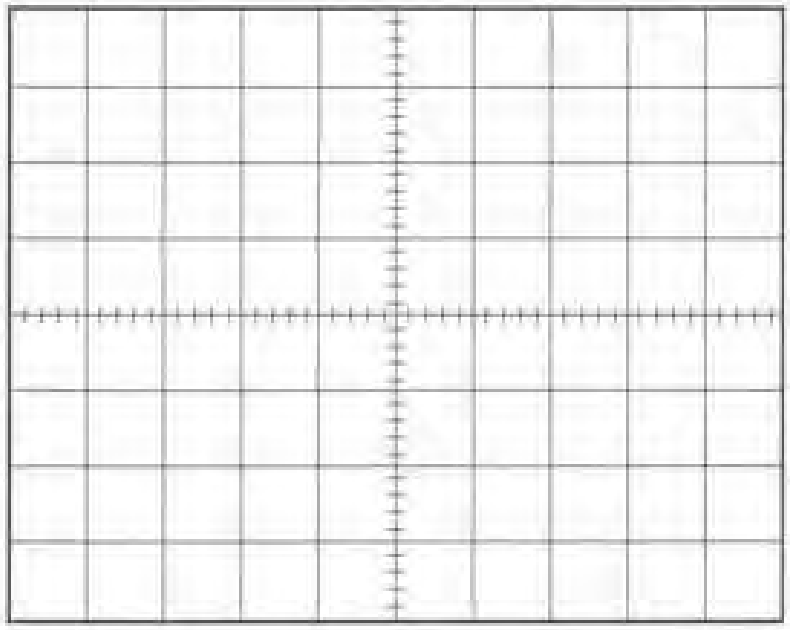
Time variable = Cal

Volt / Div = 5V

Volt variable = Cal

AC-GND-DC = AC

مکان صفر را در وسط صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.



شکل ۴ـ۱۰

مقدار ولتاژ خوانده‌شده توسط آومتر عقربه‌ای	مقدار ولتاژ متوسط محاسبه‌شده به‌کمک اسیلوسکوپ	مقدار ولتاژ متوسط محاسبه‌شده به‌کمک رابطه‌ی ۲ـ۱۰

جدول ۱ـ۱۰

د ـ با استفاده از رابطه‌ی (۱ـ۱۰) مقدار متوسط ولتاژ را حساب کنید.

$$\text{مقدار متوسط} = \text{رنج کلید Volt / Div} \times \frac{\text{تعداد خانه‌های تغییر مکان‌یافته شکل موج در حالت DC و AC کلید AC- GND - DC}}{} \quad (۱ـ۱۰)$$

هـ ـ به کمک آوومتر عقربه‌ای، ولتاژ DC دو سر مقاومت اهمی را اندازه بگیرید.

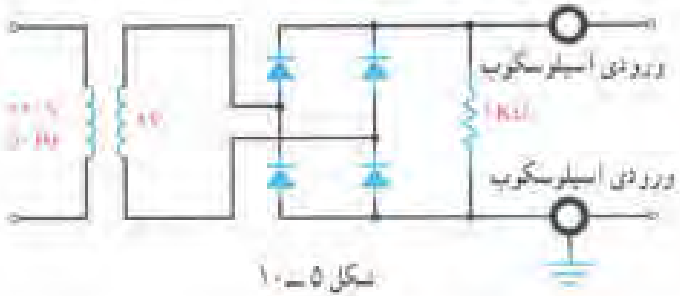
و ـ مقدار متوسط را با استفاده از رابطه‌ی ریاضی (۲ـ ۱۰) حساب کنید.

(به علت تمام‌موج سینوسی) $V_{DV} = \frac{\text{ولتاژ ماکزیمم}^{1}}{\pi}$ = ولتاژ متوسط (۲ـ ۱۰)

ز ـ سه مقدار به‌دست‌آمده (خواندن از طریق اسیلوسکوپ، خواندن به‌کمک آوومتر و محاسبه‌ی ریاضی) را در جدول ۲ـ ۱۰ بنویسید.

سؤال: چرا این سه مقدار اندکی با یکدیگر تفاوت دارند؟

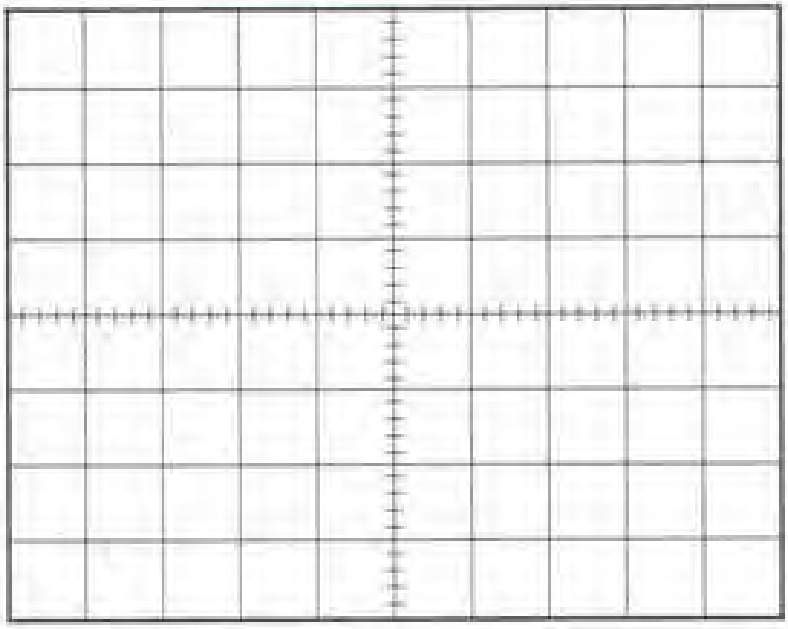
کار عملی ۲: به جای مدار یک‌سو کننده‌ی شکل ۲ـ ۱۰، مدار شکل ۵ـ ۱۰ را ببندید و مراحل بالا را تکرار کنید. شکل موج ولتاژها را در شکل‌های ۶ـ ۱۰ و ۷ـ ۱۰ رسم کنید و نتایج را در جدول ۲ـ ۱۰ بنویسید.



شکل ۵ـ ۱۰

مقدار ولتاژ خوانده‌شده توسط آوومتر عقربه‌ای	مقدار ولتاژ متوسط محاسبه‌شده به‌کمک اسیلوسکوپ	مقدار ولتاژ متوسط محاسبه‌شده به‌کمک رابطه‌ی ۲ـ ۱۰

جدول ۲ـ ۱۰



اسیلوسکوپ را خودتان تنظیم و مقادیر ذیل را یادداشت کنید.

Volt / Div =

Volt variable =

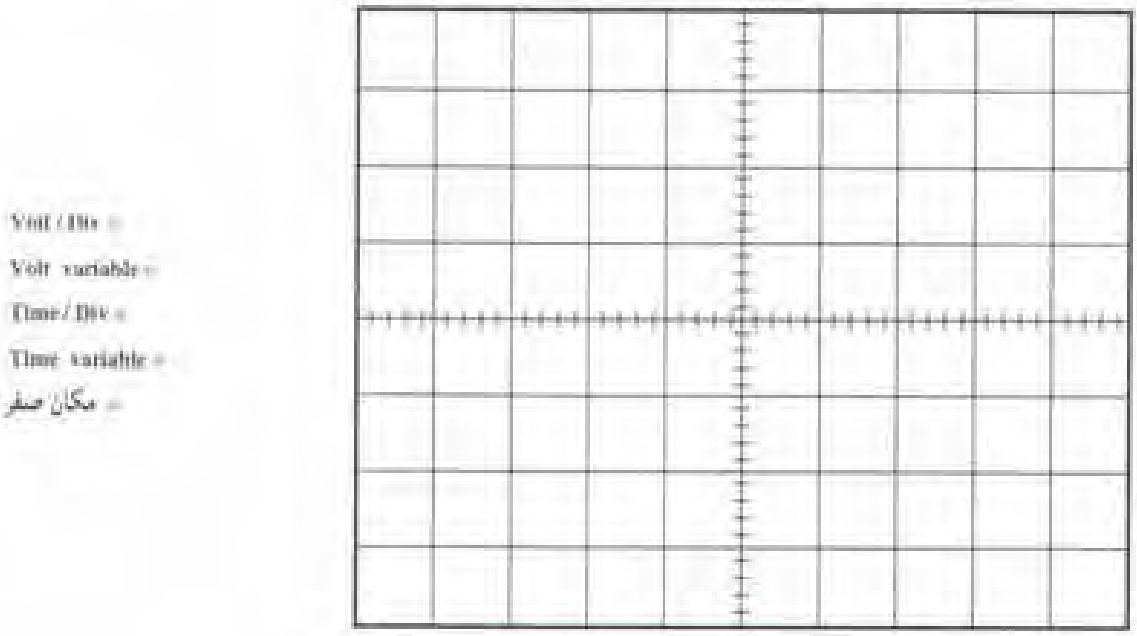
Time / Div =

Time variable =

مکان صفر =

شکل ۶ـ ۱۰

۱ـ ولتاژ ماکزیمم را می‌توانید از روی اسیلوسکوپ بخوانید.



شکل ۷ـ۱۰

کار عملی ۳: اگر ولتاژی داشته باشیم که شامل مؤلفه‌ی DC + AC باشد (AC سوار بر DC)، به‌طوری که دامنه‌ی AC نسبتاً کم و دامنه‌ی DC نسبتاً زیاد باشد می‌توان با استفاده از کلید AC-GND-DC هر دو ولتاژ را به‌طور مجزا و با دقت اندازه گرفت. برای این کار اگر کلید AC-GND-DC روی حالت AC باشد از ورود مؤلفه‌ی DC به داخل اسیلوسکوپ جلوگیری به‌عمل 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 ـ مدار شکل ۸ـ۱۰ را روی برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مقدار ولتاژ متوسط و مقدار ولتاژ ریپل آن را اندازه بگیرید.

ب ـ کلید AC-GND-DC را در حالت DC قرار دهید و شکل موج ولتاژ را روی شکل ۹ـ۱۰ رسم کنید.

ج ـ کلید AC-GND-DC را در حالت AC قرار دهید و شکل موج ولتاژ آن را روی شکل ۱۰ـ۱۰ رسم کنید.

به یاد داشته باشید که هر قدر شکل موج ظاهرشده روی صفحه‌ی حساس، خانه‌های بیش‌تری را در بر بگیرد، اندازه‌گیری دامنه‌ی آن دقیق‌تر خواهد بود؛ از این‌رو در اندازه‌گیری دامنه‌ی AC سعی کنید رنج کلید سلکتور Volt / Div را کم‌تر انتخاب کنید تا ولتاژ ریپل خانه‌های بیش‌تری را در بر بگیرد. در این حالت خواندن ولتاژ دقیق‌تر خواهد بود.

شکل ۸ـ۱۰

اسیلوسکوپ را تنظیم کنید
و مقادیر زیر را بنویسید.

Time / Div =

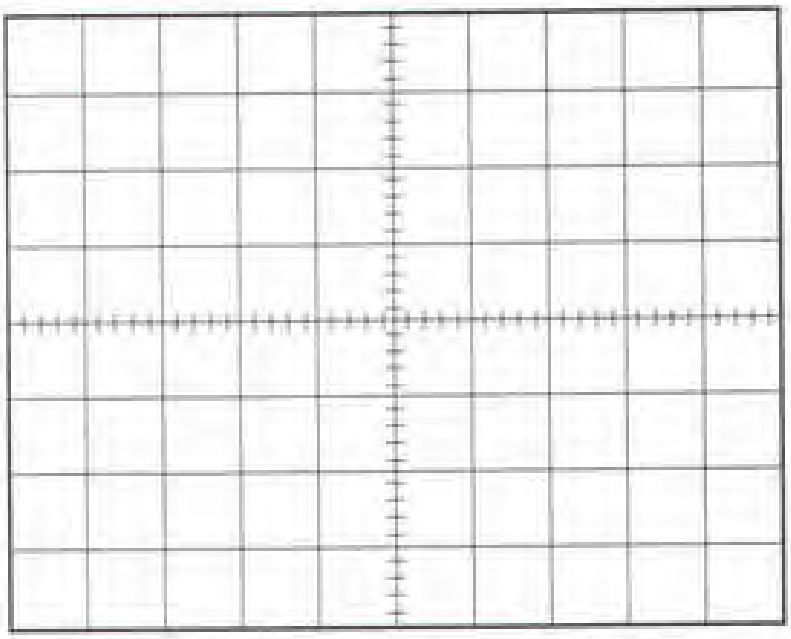
Time variable =

Volt / Div =

Volt variable =

AC-GND-DC =

مکان صفر =



شکل ۹ـ۱۰

Time / Div =

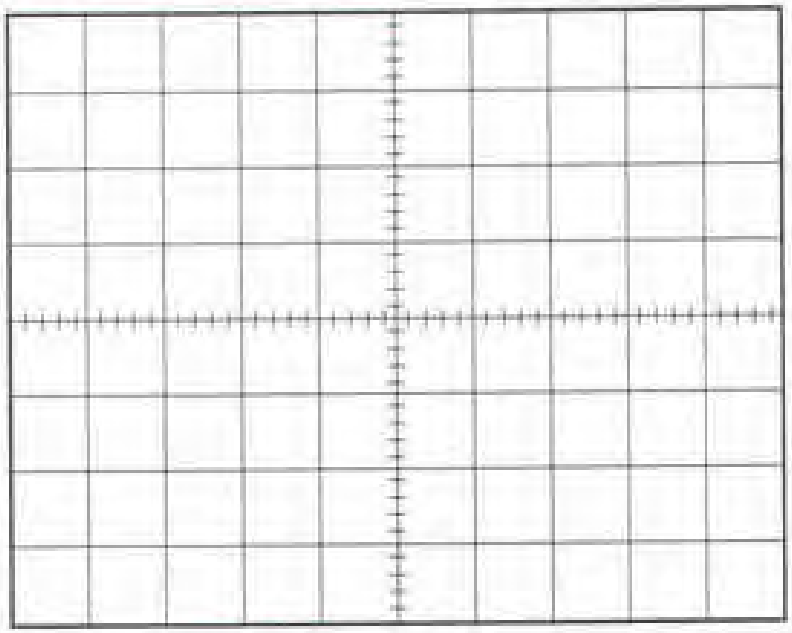
Time variable =

Volt / Div =

Volt variable =

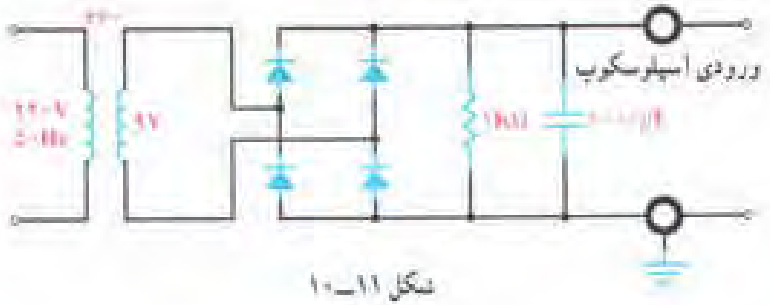
AC-GND-DC

مکان صفر =

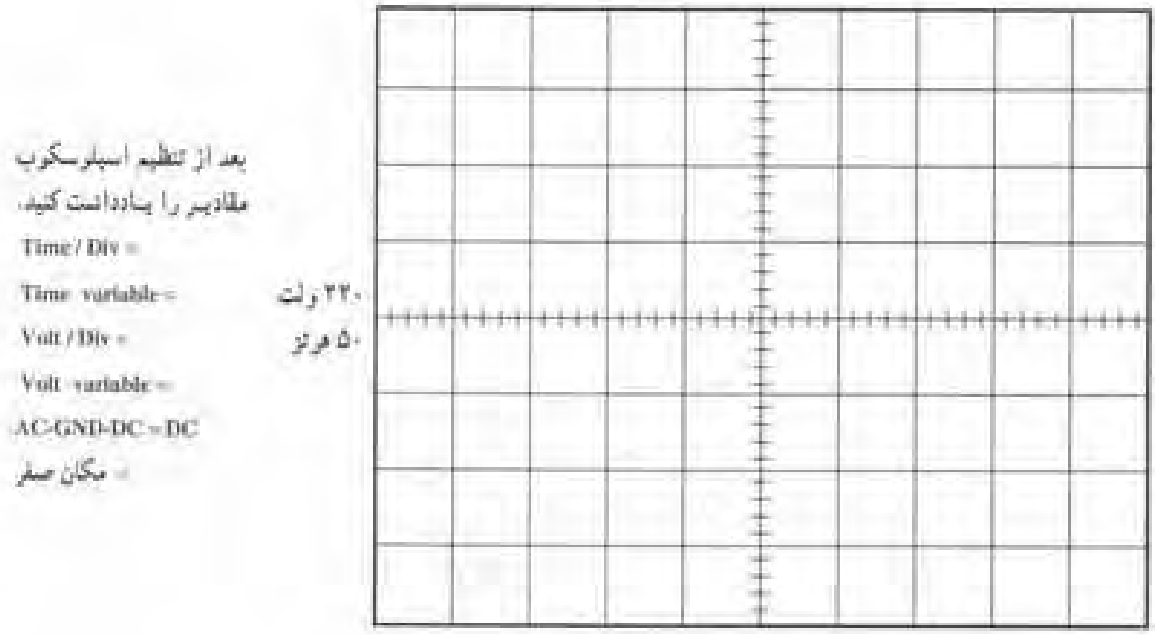


شکل ۱۰ـ۱۰

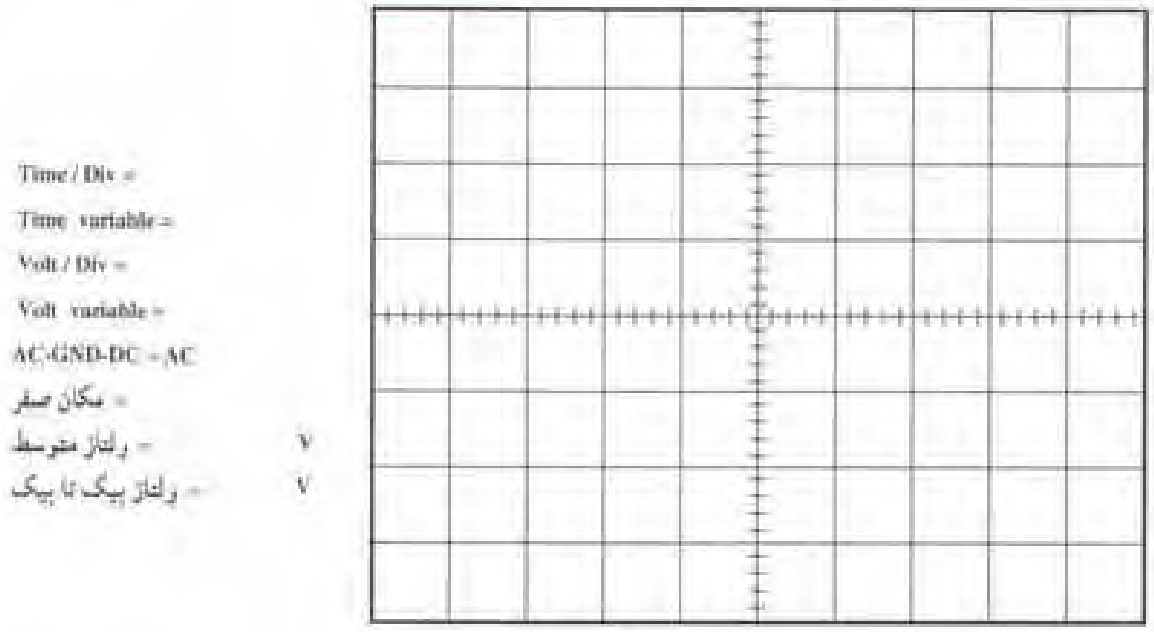
کار عملی ۴: مدار شکل ۱۱ـ۱۰ را روی برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و مراحل بالا را تکرار کنید و نتایج را روی شکل‌های ۱۲ـ۱۰ و ۱۳ـ۱۰ رسم کنید.



شکل ۱۱ـ۱۰



شکل ۱۴ـ۱۰



شکل ۱۳ـ۱۰

کار عملی ۵: در اندازه‌گیری اختلاف فاز، با استفاده از اسیلوسکوپ دوکاناله، دو سیگنال را به دو کانال اعمال می‌کنیم. روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ شکل موج دو کانال به‌طور همزمان نشان داده می‌شوند. با استفاده از شکل موج‌ها می‌توان به‌آسانی اختلاف فاز بین آن‌ها را محاسبه کرد. روش محاسبه‌ی اختلاف فاز در روابط ۳ـ۱۰ و ۴ـ۱۰ آمده است.

به‌عنوان مثال اختلاف فاز دو سیگنال در شکل ۱۴ـ۱۰ برابر است با:

$$\text{اختلاف فاز به‌ازای هر خانه} = \frac{۳۶۰}{۶/۳} = ۵۷/۱۴^\circ$$

$$\text{اختلاف فاز دو سیگنال} = ۲ \times ۵۷/۱۴ = ۱۱۴/۲۸^\circ$$

الف ـ مدار شکل ۱۵ـ۱۰ را روی برد بورد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

ب ـ خروجی آن‌ها را به کانال‌های اسیلوسکوپ وصل کنید.

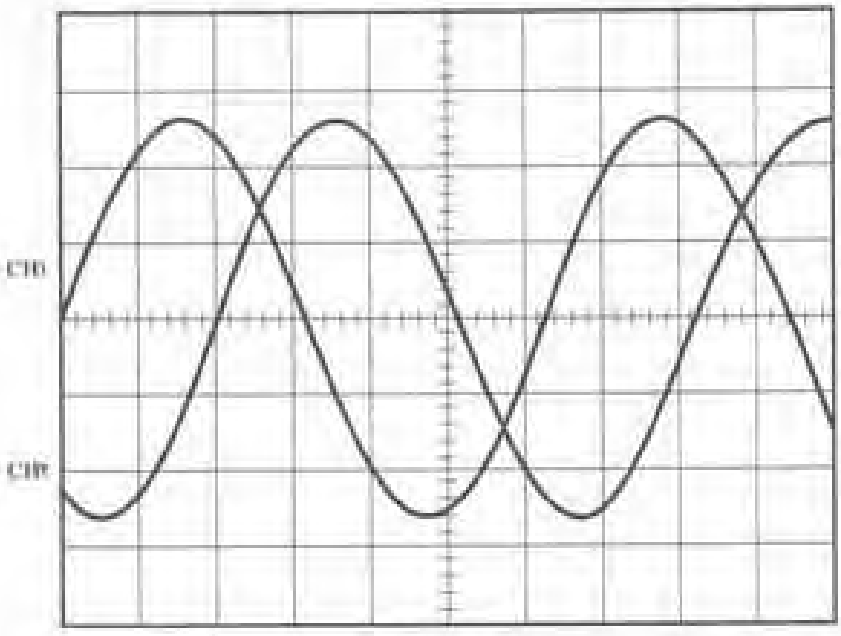
ج ـ شکل موج ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۶ـ ۱۰ رسم کنید.

د ـ اختلاف فاز بین دو سیگنال کانال‌های ۱ و ۲ اسیلوسکوپ را محاسبه کنید.

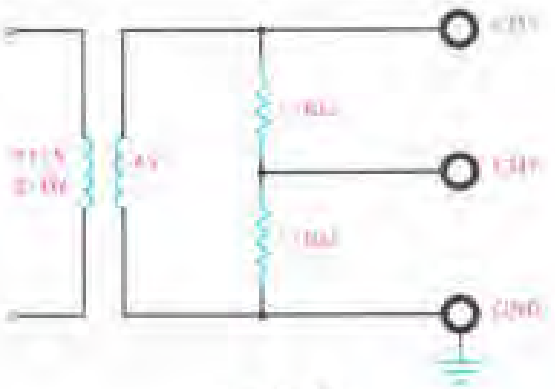
هـ ـ کلید حالت را روی CHOP قرار دهید زیرا فرکانس منبع ۵۰ Hz است.

$$\text{اختلاف فاز به‌ازای هر خانه} = \frac{۳۶۰^\circ}{\text{تعداد خانه‌های درگرفته شده توسط یک سیکل}} \quad (۳ـ۱۰)$$

$$\text{اختلاف فاز} = \text{تعداد خانه‌های اختلاف فاز} \times \text{اختلاف فاز به ازای هر خانه} \quad (۴ـ۱۰)$$



شکل ۱۴ـ ۱۰



شکل ۱۵ـ ۱۰

اسیلوسکوپ را تنظیم و ببین
مقادیر رنج را یادداشت کنید.

Volt / Div =

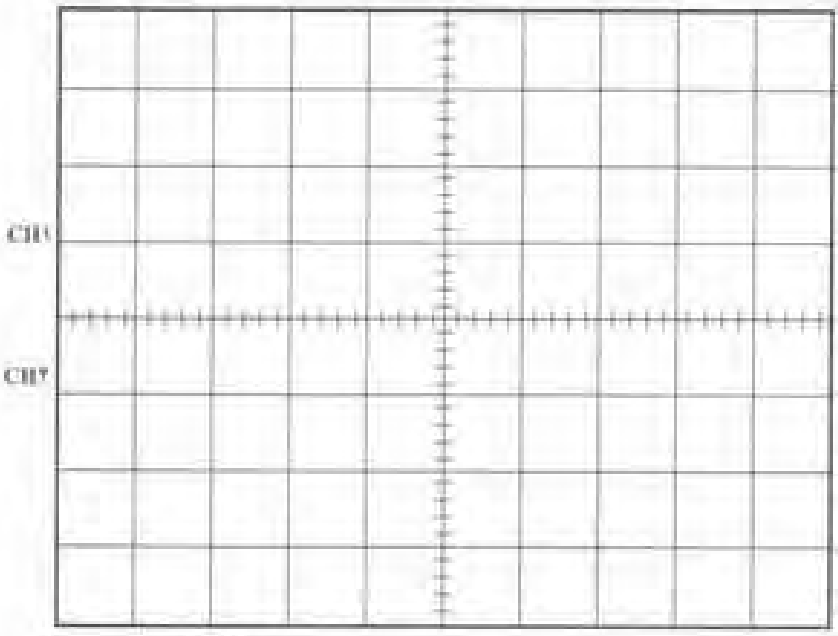
Volt variable = در محاسبه‌ی اختلاف فاز نیازی به کالیبربودن این ولوم نیست.

Volt / Div =

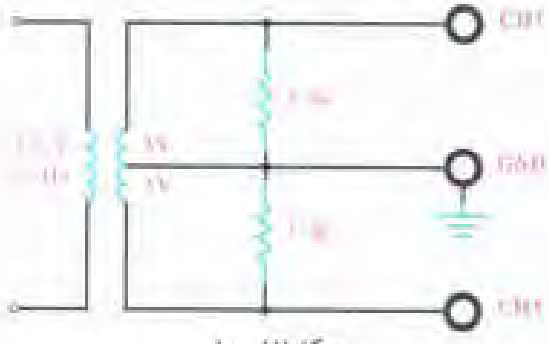
Time / Div =

Time variable = نیازی به کالیبر نیست

Source Trig = CH۱ or Line or CH۲



شکل ۱۶ـ۱۰



شکل ۱۷ـ۱۰

$$\text{اختلاف فاز به‌ازای هر خانه} = \frac{۳۶۰}{\cdots} = \cdots$$

$$\text{اختلاف فاز دو سیگنال} = \cdots \times \cdots = \cdots \text{ درجه}$$

کار عملی ۶: مدار شکل ۱۷ـ۱۰ را ببندید و مراحل کار عملی ۵ را تکرار کنید.

اسیلوسکوپ را تنظیم و ببین
مقادیر رنج را یادداشت کنید.

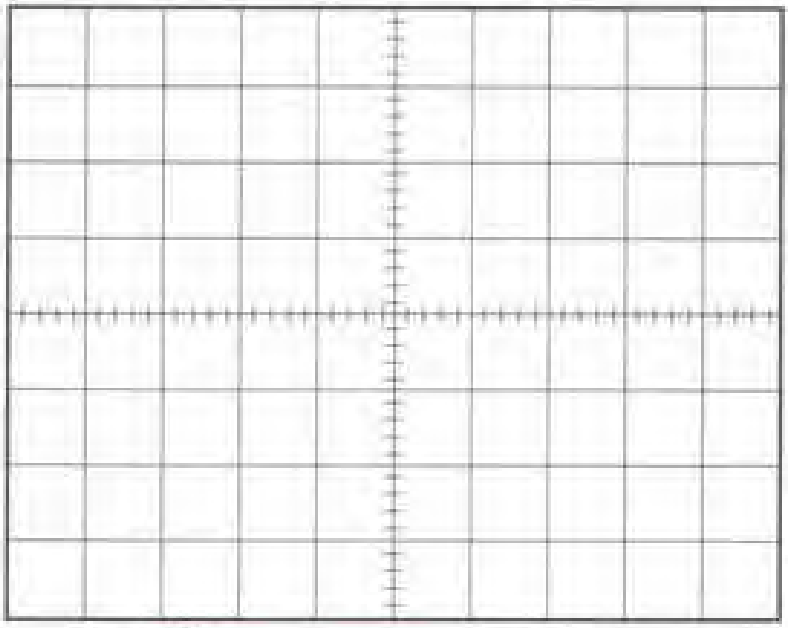
Volt / Div = CH۱

Volt / Div = CH۲

Time / Div =

Source Trig = CH۱ or CH۲ or Line

[۱] MODE: ALT or Chop



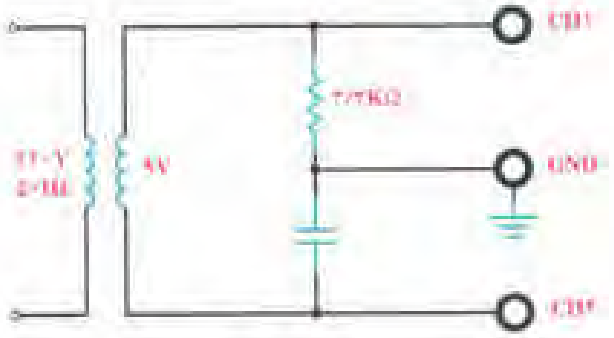
شکل ۱۸ـ۱۰

۱ـ در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها بین Chop و ALT اتوماتیک است؛ یعنی اگر بخواهیم دو شکل موج را به‌طور همزمان ببینیم باید کلید MODE را در حالت Dual قرار دهیم اما در بعضی دیگر از اسیلوسکوپ‌ها اگر بخواهیم دو شکل موج را به‌طور همزمان ببینیم، باید اگر فرکانس کم باشد (کمتر از ۱۰KHz) دکمه‌ی Chop و اگر زیاد باشد دکمه‌ی ALT را فشار دهیم.

اختلاف فاز به‌ازای هر خانه = $\frac{۳۶۰}{\cdots} = \cdots$

درجه $\cdots = \cdots \times \cdots$ = اختلاف فاز دو سیگنال

کار عملی ۷: مدار شکل ۱۹ـ۱۰ را ببندید و مراحل کار عملی ۵ را تکرار کنید.



شکل ۱۹ـ۱۰

اسیلوسکوپ را تنظیم و سپس مقادیر رنج را یادداشت کنید.

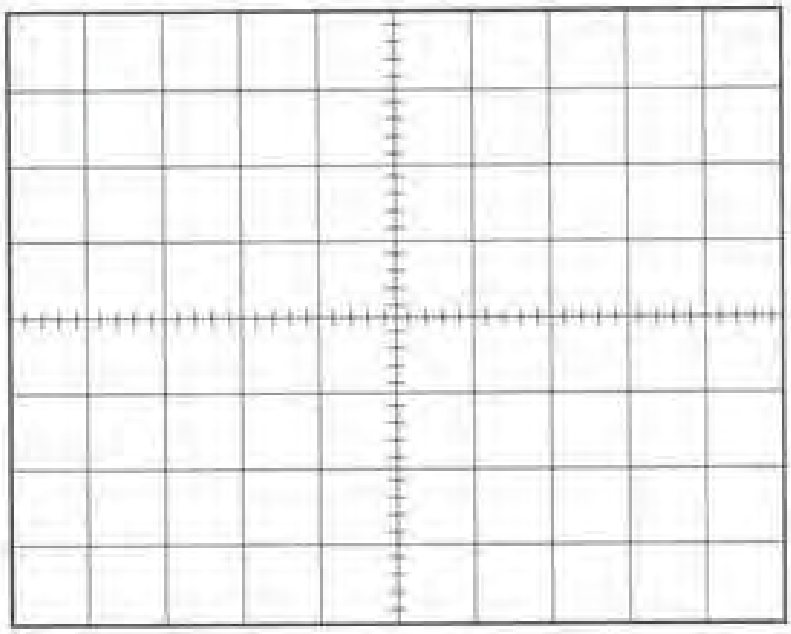
Volt / Div = CH۱

Volt / Div = CH۲

Time / Div =

Source Trig = CH۱ or CH۲ or Line

MODE: Dual or Chop



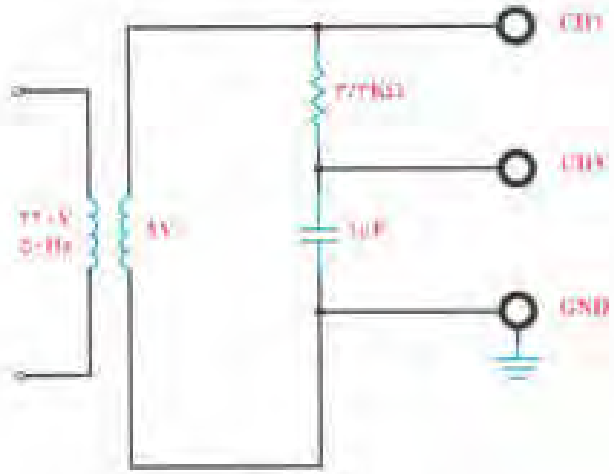
شکل ۲۰ـ۱۰

اختلاف فاز به‌ازای هر خانه = $\frac{۳۶۰}{\cdots} = \cdots$

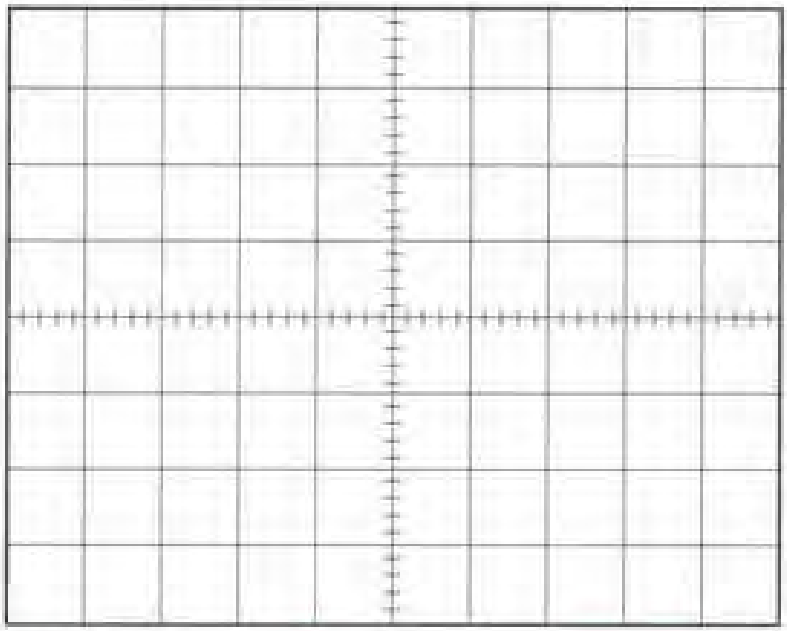
درجه $\cdots = \cdots \times \cdots$ = اختلاف فاز دو سیگنال

کار عملی ۸: مدار شکل ۲۱ـ۱۰ را ببندید و مراحل کار عملی ۵ را تکرار کنید و نتایج را در شکل ۲۲ـ۱۰ رسم کنید.

به جای ترانسفورماتور می‌توانید از یک سیگنال ژنراتور صوتی استفاده کنید. در این صورت فرکانس آن را نیز می‌توانید به‌دلخواه تنظیم کنید. در آزمایش‌های بعدی نیز می‌توانید به جای ترانسفورماتور از سیگنال ژنراتور استفاده کنید.



شکل ۲۱ـ۱۰



شکل ۲۲ـ۱۰

اسیلوسکوپ را تنظیم و سپس
مقادیر رنج را یادداشت کنید.

Volt / Div = CH۱

Volt / Div = CH۲

Time / Div =

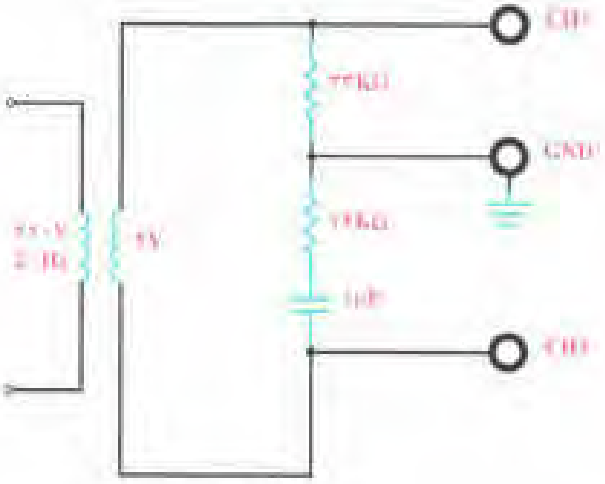
Source Trig = CH۱ or CH۲ or Line

MODE: Dual or Chop

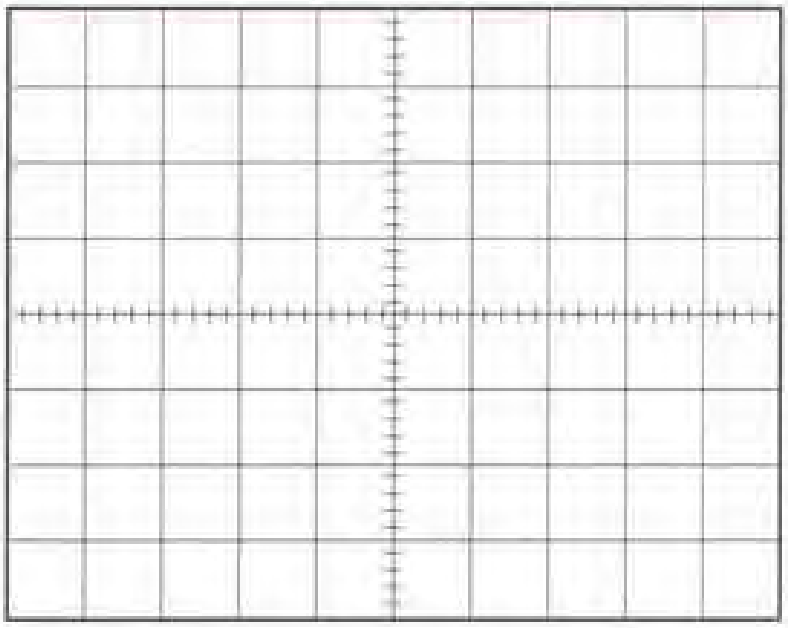
اختلاف فاز به‌ازای هر خانه $= \frac{۳۶۰}{\cdots} = \cdots$

اختلاف فاز دو سیگنال $= \cdots \times \cdots = \cdots$ درجه

کار عملی ۹: مدار شکل ۲۳ـ۱۰ را ببندید و مراحل کار عملی شماره ۵ را تکرار کنید و نتایج را روی شکل ۲۲ـ۱۰ رسم کنید.



شکل ۲۳ـ۱۰



شکل ۲۴ـ۱۰

اسیلوسکوپ را تنظیم و سپس
مقادیر رنج را یادداشت کنید.

Volt / Div = CH۱

Volt / Div = CH۲

Time / Div =

Source Trig = CH۱ or CH۲ or Line

MODE: Dual or Chop

اختلاف فاز به‌ازای هر خانه $= \frac{۳۶۰}{۱۰} = ۳۶$

درجه $۳۶ \times ۱۰ = ۳۶۰$ = اختلاف فاز دو سیگنال

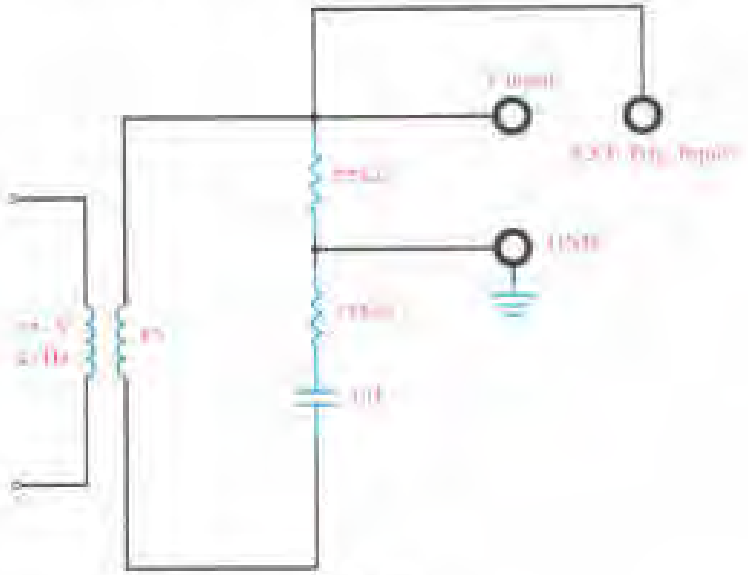
اگر اسیلوسکوپ یک کاناله باشد نیز می‌توان اختلاف فاز بین دو سیگنال را با همان دقت اسیلوسکوپ دو کاناله اندازه گرفت. در این حالت از قسمت EXT. Trig اسیلوسکوپ استفاده می‌شود. چگونگی عمل اندازه‌گیری در درس «دستگاه‌های اندازه‌گیری» شرح داده شده است و در اینجا روش اندازه‌گیری را عملاً مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کار عملی ۱۰

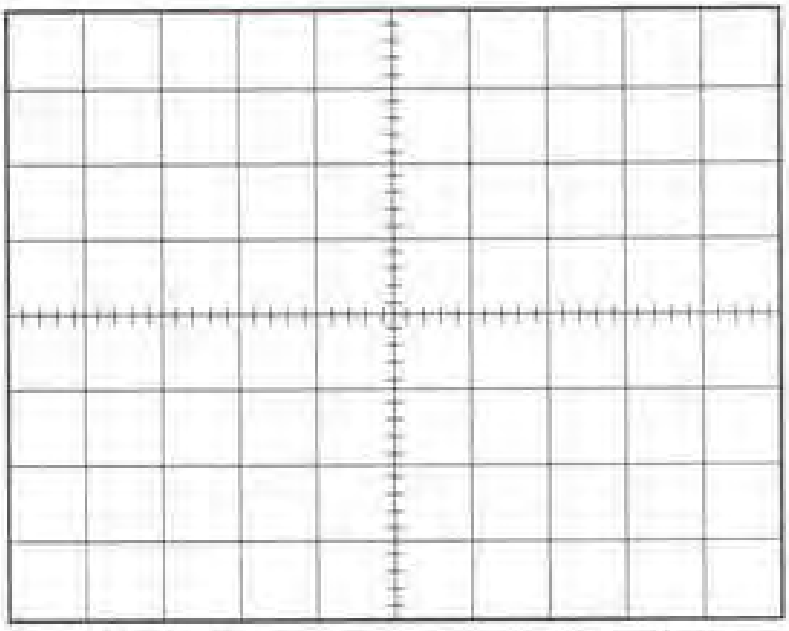
الف ــ مدار شکل ۲۵ــ۱۰ را روی بِرِدبُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید.

ب ــ نقاط مشخص‌شده را مطابق شکل ۲۵ــ۱۰ به ترمینال‌های اسیلوسکوپ یک کاناله وصل کنید.

ج ــ شکل موجی را که روی صفحه‌ی حساس مشاهده می‌کنید در شکل ۲۶ــ۱۰ رسم کنید.



شکل ۲۵ــ۱۰



(توجه کنید شکلی را که روی صفحه‌ی حساس می‌بینید از نظر مکانی دقیقاً روی شکل ۲۶ــ۱۰ رسم کنید.)

شکل ۲۶ــ۱۰

د ـ به جای اتصالات شکل ۲۵ـ۱۰، نقاط شکل ۲۷ـ۱۰ را به اسیلوسکوپ وصل کنید و شکل موج مشاهده‌شده روی صفحه‌ی حساس را با دقت و با رنگ مجزا روی شکل ۲۶ـ۱۰ بکشید.

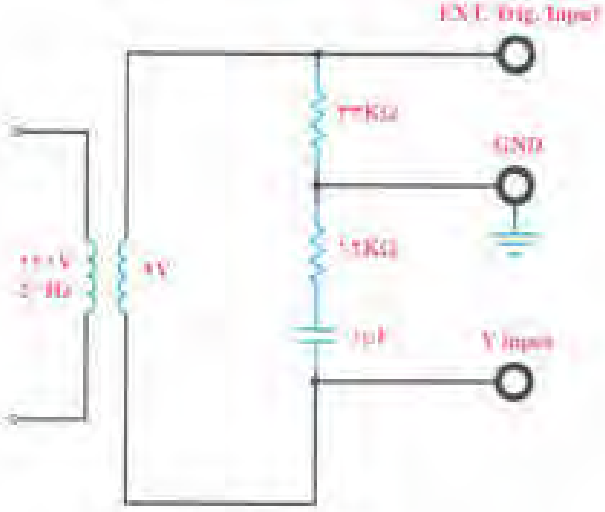
هـ ـ اختلاف فاز بین دو سیگنال را محاسبه و با اختلاف فاز شکل ۲۶ـ۱۰ مقایسه کنید.

سؤال: طریقه‌ی پیدا کردن اختلاف فاز دو سیگنال به کمک اسیلوسکوپ یک کاناله را دقیقاً توضیح دهید.

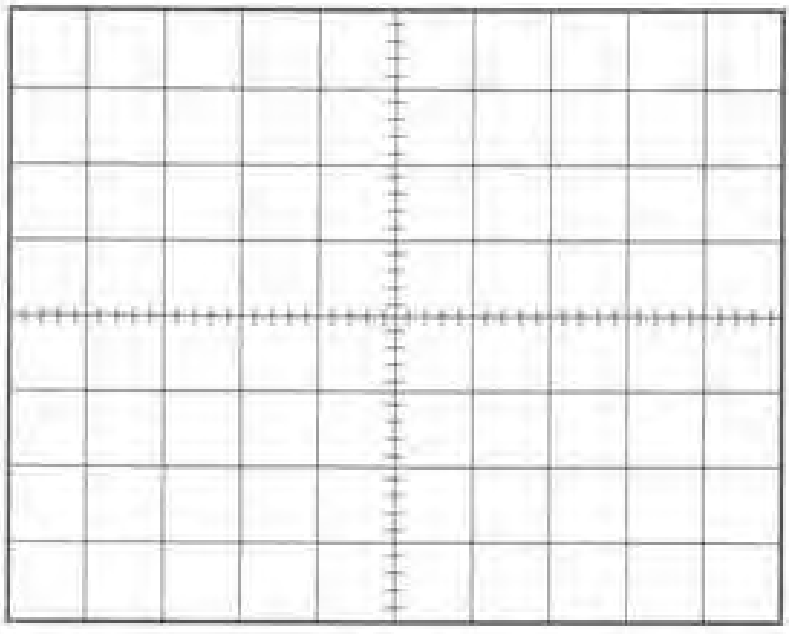
کار عملی ۱۱: اختلاف فاز شکل ۱۹ـ۱۰ را به‌کمک اسیلوسکوپ یک‌کاناله و به‌روشی که توضیح داده شده به‌دست آورید و در شکل ۲۸ـ۱۰ رسم کنید.

سؤال: اختلاف فاز دو سیگنال شکل ۲۸ـ۱۰ را محاسبه و با اختلاف فاز شکل ۲۰ـ۱۰ مقایسه کنید.

کار عملی ۱۲: روش اندازه‌گیری اختلاف فاز توضیح داده شده، یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری اختلاف فاز است. روش دیگری نیز وجود دارد که بیش‌تر در اسیلوسکوپ‌های یک‌کاناله از آن استفاده می‌شود. در این روش از اشکال لیساژور استفاده می‌شود. تئوری مربوط به شکل‌های لیساژور را در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری خوانده‌اید. در شکل ۲۹ـ۱۰ یک نمونه از اشکال لیساژور رسم شده است.

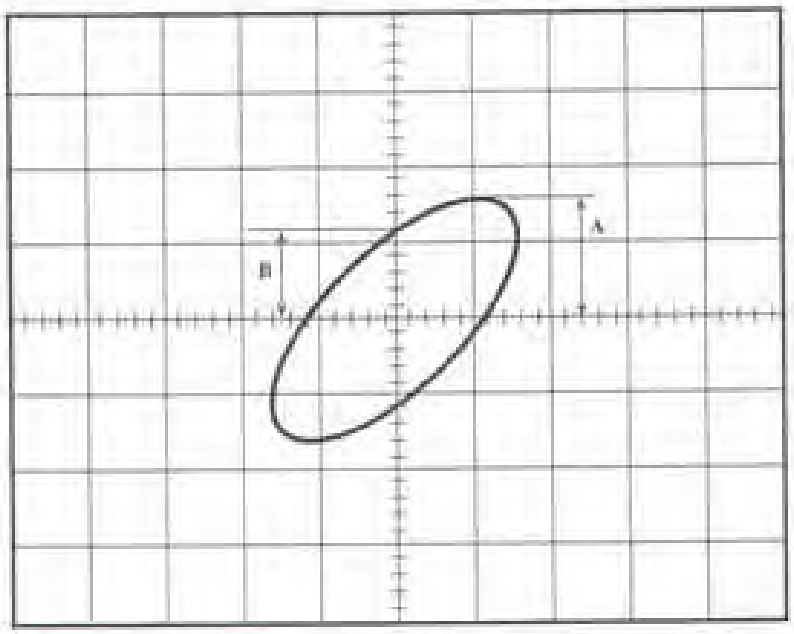


شکل ۲۷ـ۱۰



مشخصات رنج‌ها و ولوم‌های تنظیم‌شده را در زیر بنویسید.

شکل ۲۸ـ۱۰



شکل ۲۹ــ۱۰

زاویه‌ی اختلاف فاز از رابطه‌ی (۵ــ۱۰) به‌دست می‌آید:

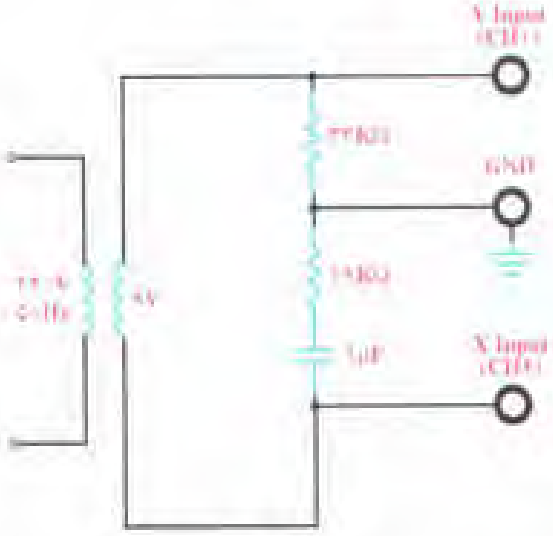
$$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) \qquad (۵ــ۱۰)$$

A و B تعداد خانه‌ها هستند.

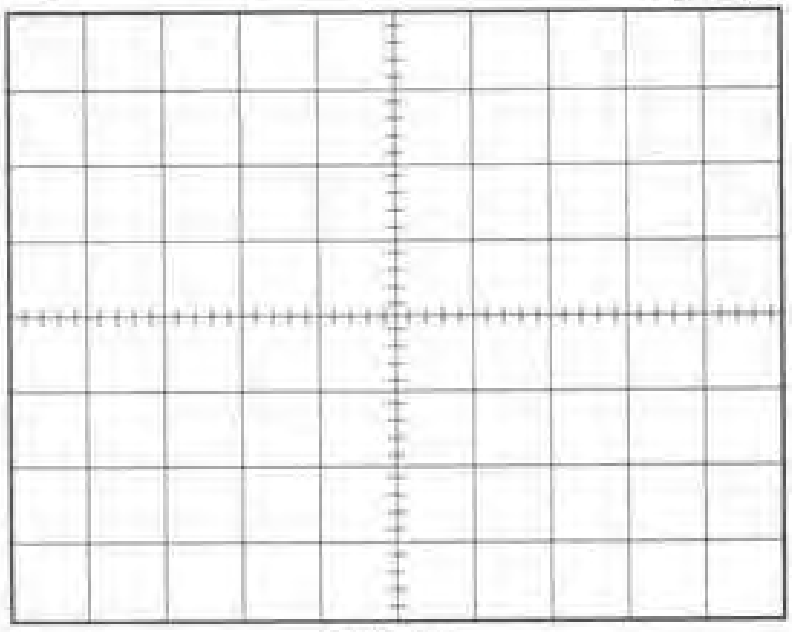
الف ــ مدار شکل ۳۰ــ۱۰ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و به‌کمک منحنی لیساژور اختلاف فاز دو ولتاژ را به‌دست آورید.

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

سؤال: اختلاف فاز به‌دست‌آمده در شکل ۳۱ــ۱۰ را با اختلاف فاز شکل ۲۴ــ۱۰ مقایسه کنید.



شکل ۳۰ــ۱۰

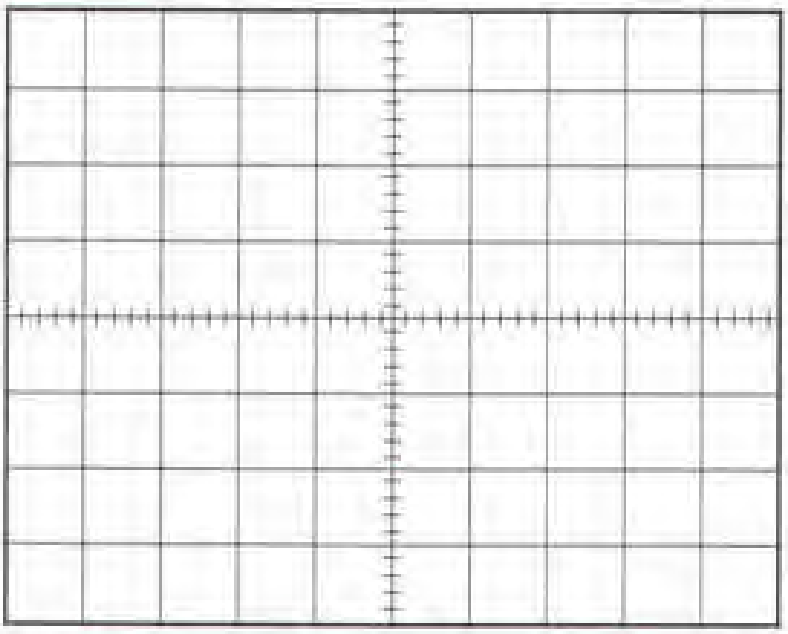


MODE= X-Y

اشعه را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

شکل ۳۱ــ۱۰

کارعملی ۱۲: اختلاف فاز مدار شکل ۱۵ــ۱۰ را به‌صورت اشکال لیساژور به‌دست آورید، و شکل لیساژور را در شکل ۳۲ــ۱۰ رسم کنید.

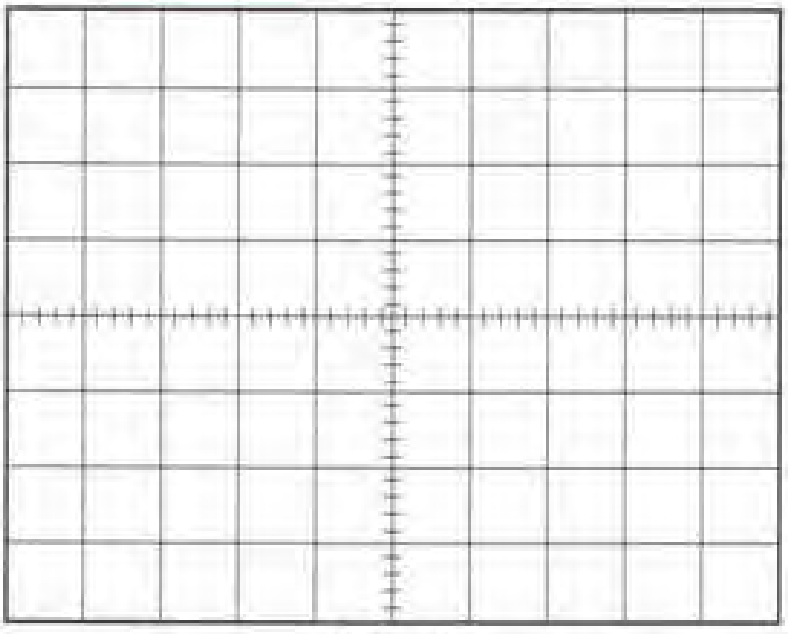


$\theta = \sin^{-1} \frac{\quad}{\quad} =$ درجه

MODE= X-Y

نقطه صفر را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

شکل ۳۲ ــ ۱۰



$\theta = \sin^{-1} \frac{\quad}{\quad} =$ درجه

MODE= X-Y

نقطه‌ی صفر را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

شکل ۳۳ ــ ۱۰

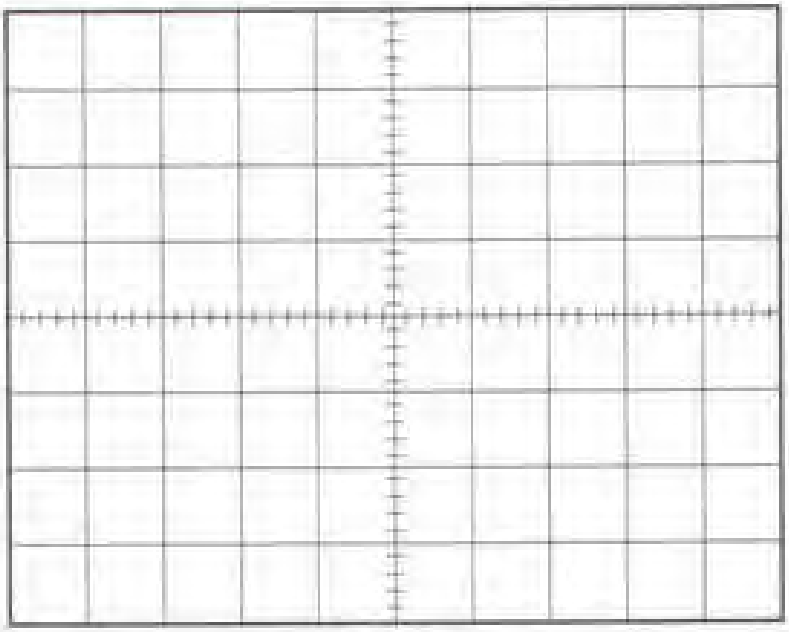
کار عملی ۱۳: اختلاف فاز مدار شکل ۱۷ــ۱۰ را با استفاده از اشکال لیساژور به‌دست آورید و شکل لیساژور مربوطه را در شکل ۳۳ــ۱۰ رسم کنید.

کار عملی ۱۴: اختلاف فاز مدار شکل ۱۹ــ۱۰ را به‌صورت اشکال لیسازور به‌دست آورید و شکل لیسازور مربوطه را در شکل ۳۴ــ۱۰ رسم کنید.

سؤال: به‌طور خلاصه نحوه‌ی اندازه‌گیری مؤلفه‌ی DC ولتاژ (مقدار متوسط) را با دقت تحلیل کنید.

سؤال: نحوه‌ی اندازه‌گیری دامنه‌ی AC، سوار بر یک ولتاژ DC را به‌کمک اسیلوسکوپ کاملاً توضیح دهید.

سؤال: به‌طور جامع چگونگی اندازه‌گیری اختلاف فاز به‌کمک اسیلوسکوپ را توضیح دهید.



MODE= X-Y

نقطه‌ی صفر را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.

شکل ۳۴ــ۱۰

فصل یازدهم

کاربرد اسیلوسکوپ
(قسمت سوم)

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

- نحوه‌ی کار ولوم Level را شرح دهد.
- نحوه‌ی کار کلید ± Slope را شرح دهد.
- در مواقع لزوم از کلید ± Slope استفاده کند.
- فرم دو سیستم CHOP و ALT را شرح دهد.
- در مواقع لزوم از دو سیستم بالا استفاده کند.
- کلیدهای در ارتباط با Line Trig، EXT Trig و INT Trig را تشخیص دهد.
- از کلیدها و ترمینال‌های مربوط به Line Trig، EXT Trig و INT Trig در مواقع لزوم استفاده کند.
- عملکرد کلید CH۲INV را شرح دهد.
- در مواقع لزوم از کلید CH۲INV استفاده کند.
- نحوه‌ی کار کلیدهای Auto / Norm را شرح دهد.
- در مواقع ضروری از کلیدهای Auto / Norm استفاده کند.

نام آزمایش کار با اسیلوسکوپ (قسمت سوم)

۱ــ۱۱ــ هدف آزمایش

شناخت و کاربرد دکمه‌ها و ولوم‌های خاص (Level، ± Slope، CH۲ INV، CHOP، ALT، Line Trig، EXT Trig، AUTO/ NORM)

وسایل موردنیاز	تعداد یا مقدار
۱. اسیلوسکوپ دوکاناله	۱ دستگاه
۲. پروب	۲ عدد
۳. سیگنال ژنراتور صوتی	۱ دستگاه
۴. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V	۱ عدد
۵. مقاومت ۱۰۰kΩ	۱ عدد
۶. خازن ۰/۱μF	۱ عدد
۷. ولوم ۵۰۰kΩ خطی	۱ عدد
۸. برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی	۱ عدد
۹. سیم‌های رابط	۲ عدد

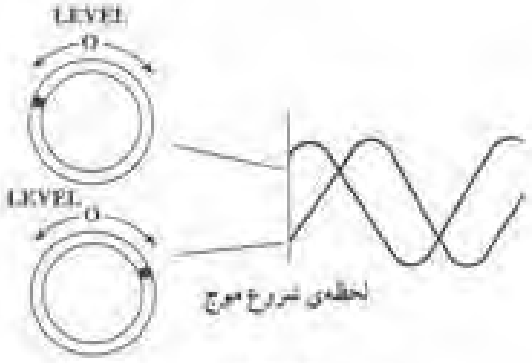
۲ــ۱۱ــ شرح آزمایش

در این آزمایش با طرز کار و موارد کاربرد یک سری از کلیدها و ولوم‌های روی پانل اسیلوسکوپ آشنا می‌شوید و همراه

با آزمایش کاربرد آن‌ها را فراخواهید 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 مثبت یا صفر شروع می‌شود. شکل ۱ـ۱۱ تغییرات ولوم را در سمت چپ و یا راست در ارتباط با لحظه‌ی شروع موج نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۱۱

کار عملی۱

الف ـ سیگنال ژنراتور صوتی را روشن و فرکانس آن را حدود 1kHz تنظیم کنید.

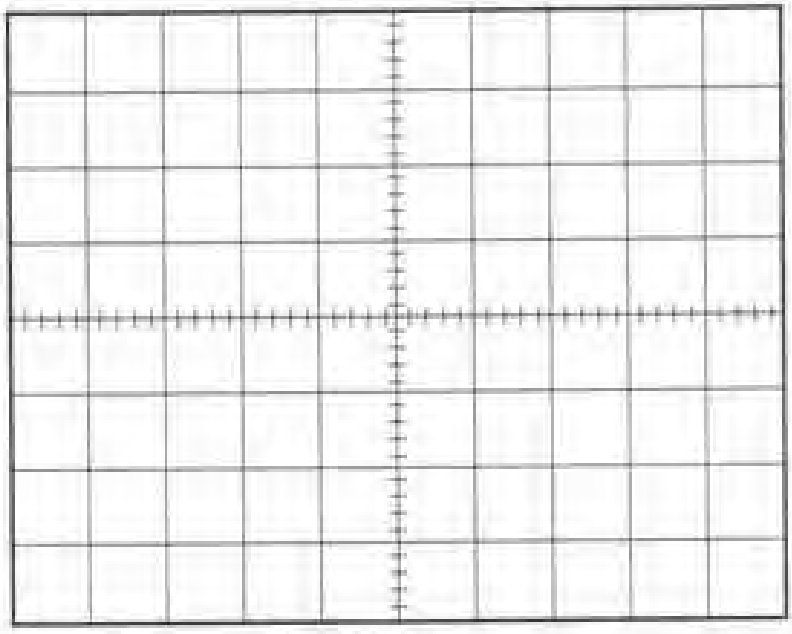
ب ـ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های اولیه‌ی آن را ـ که شرح آن در فصل دهم داده شده است ـ انجام دهید.

ج ـ خروجی سیگنال ژنراتور را به کمک پروب به آن وصل کنید.

د ـ ولوم Level را طوری تنظیم کنید که شروع موج سینوسی از زاویه‌ی ۳۰ درجه باشد.

هـ ـ شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۲ـ۱۱ رسم کنید.

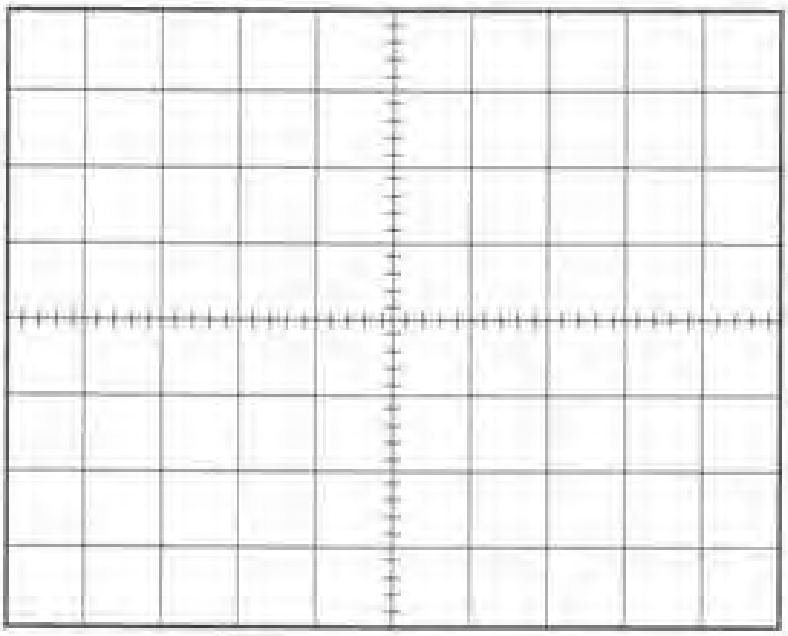
و ـ بار دیگر ولوم Level را طوری تنظیم کنید که شروع موج از "۲۰- باشد. شکل مشاهده شده را در شکل ۳ـ۱۱ رسم کنید.



شکل ۲ـ۱۱

Time / Div = ۰/۱ms

با تنظیم دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور و کلید سلکتور Volt / Div کاری کنید که دامنه‌ی موج حداقل سه خانه را در برگیرد.

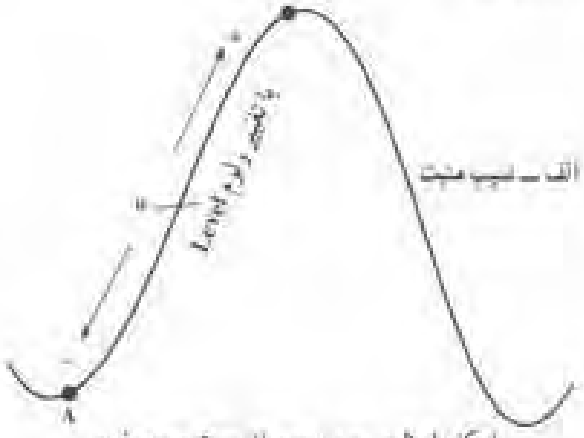


شکل ۳ـ۱۱

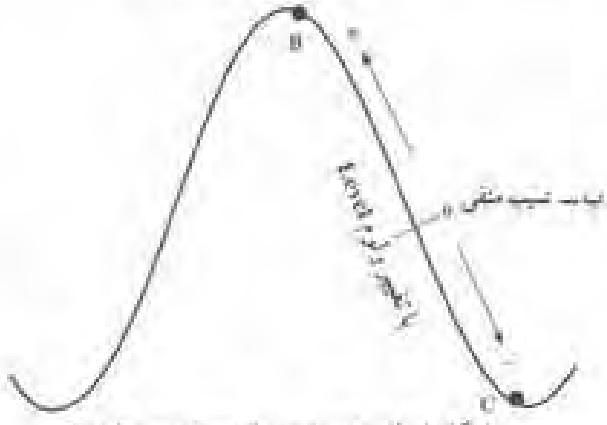
Time / Div ۰.۱ / ۱ms

با تنظیم دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور و کلید سلکتور Volt / Div کاری کنید که دامنه‌ی موج حداقل سه خانه را در برگیرد.

کلید – / + Slope : این کلید اگر از حالت + به حالت – درآید شیب سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس معکوس می‌شود. (اگر اسیلوسکوپ دوکاناله باشد شیب سیگنال‌های ظاهر شده‌ی هر دو کانال با هم معکوس می‌شوند.) این کلید (– / + Slope) معمولاً همراه با ولوم Level کار می‌کند؛ بنابراین با کمک این کلید از هر نقطه‌ی شکل موج که بخواهیم از سمت چپ صفحه‌ی حساس شروع شود امکان‌پذیر می‌باشد. شکل ۴ـ۱۱ امکان کنترل نقاط مختلف سیگنال را نشان می‌دهد.



امکان لحظه‌ی شروع موج از سمت چپ صفحه در شیب مثبت از نقطه‌ی A تا B وجود دارد.



امکان لحظه‌ی شروع موج از سمت چپ صفحه در شیب منفی از نقطه‌ی B تا C وجود دارد.

شکل ۴ـ۱۱

کار عملی۴

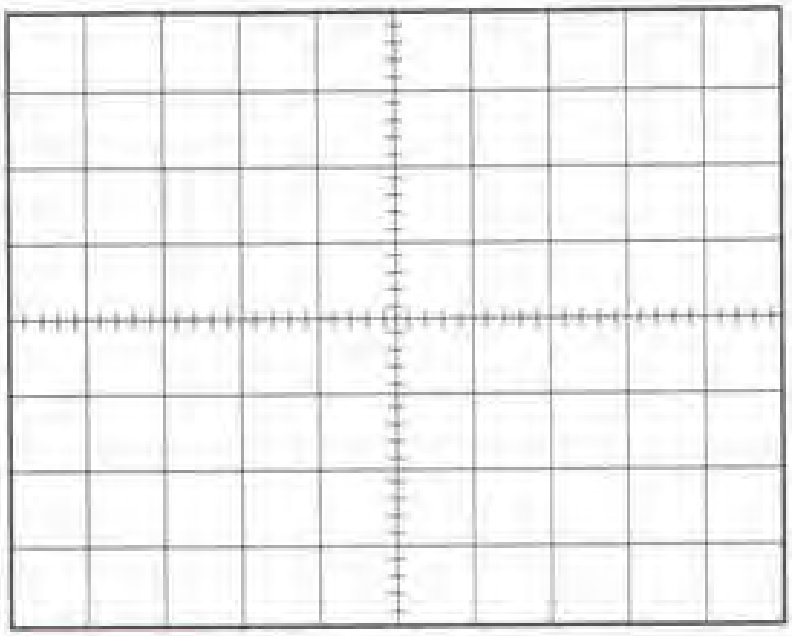
الف ـ سیگنال ژنراتور را روی ۱kHZ تنظیم و خروجی آن را توسط پروب به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ به کمک ولوم دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور و کلید سلکتور Volt / Div اسیلوسکوپ، سعی کنید که دامنه‌ی سیگنال حداقل سه خانه را دربر بگیرد.

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

د ـ شکل سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را با دقت روی شکل ۵ـ۱۱ رسم کنید.

Time / Div = ۰/۲ms
Slope +
وسط = تنظیم صفر
و سپس
Slope –



شکل ۵ـ۱۱

هـ ـ حال کلید Slope را از حالت + به – درآورید و شکلی را که روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود با رنگ جدا گانه، با دقت روی شکل ۵ـ۱۱ رسم کنید.

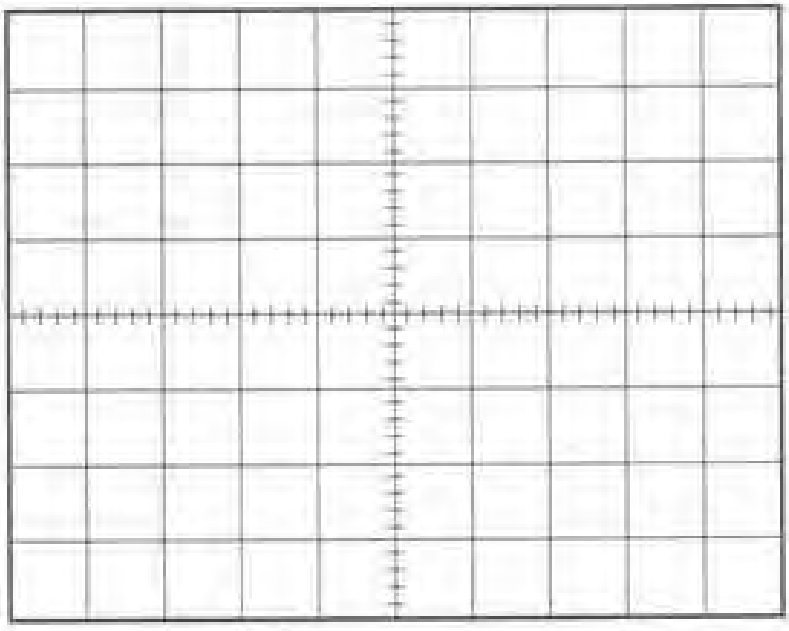
و ـ در حالت الف، با ولوم Level سعی کنید که در حالت + Slope شکل موج از ۳۰ درجه شروع شود. حال دقیقاً شکل این سیگنال را روی شکل ۶ـ۱۱ رسم کنید و سپس کلید Slope را از حالت + به حالت – ببرید و شکلی را که روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد با رنگ مجزا روی شکل ۶ـ۱۱ رسم کنید.

ز ـ در این حالت نیز با ولوم Level سعی کنید که شروع موج در + Slope از ۲۰– درجه باشد. این شکل را در روی شکل ۷ـ۱۱ رسم کنید. حال کلید Slope را از حالت + به – تغییر وضعیت دهید. شکل ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس در – Slope را با رنگ مجزا در شکل ۷ـ۱۱ رسم کنید.

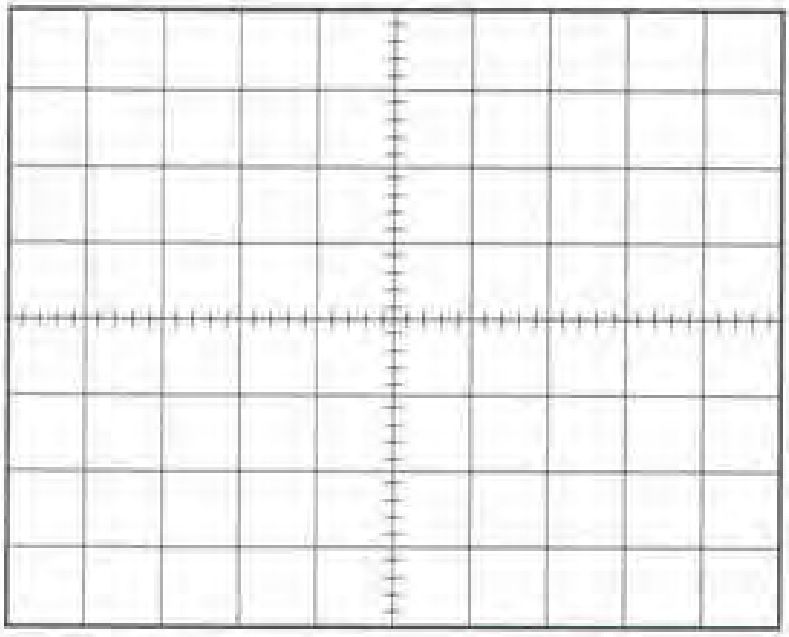
سؤال: اگر موجی در + Slope از ۱۰ درجه شروع شود در – Slope از چند درجه شروع می‌شود؟

سؤال: منظور از شیب + و شیب – در روی یک سیگنال

Time / Div = ۰/۲ms
وسط = تنظیم صفر
ابتدا رسم شکل با + Slope و سپس
رسم شکل با رنگ مجزا با – Slope



شکل ۶ـ۱۱



Time / Div = · / ۲ms

وسط = تنظیم صفر

ابتدا رسم شکل در حالت + Slope و سپس

رسم شکل با رنگ مجزا در حالت - Slope

شکل ۷ـ۱۱

چیست؟

CH۲INV : با تغییر وضعیت این کلید، سیگنال کانال دوم دقیقاً به‌صورت معکوس روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود. به عبارت دیگر زمانی که این کلید زده می‌شود قطب‌های ولتاژ اعمالی به صفحات انحراف عمودی (فقط در کانال ۲) معکوس می‌شود.

کار عملی ۳: برای مشاهده‌ی عملکرد این کلید به ترتیب زیر عمل کنید:

الف ـ فرکانس سیگنال ژنراتور صوتی را روی ۱kHz تنظیم کنید.

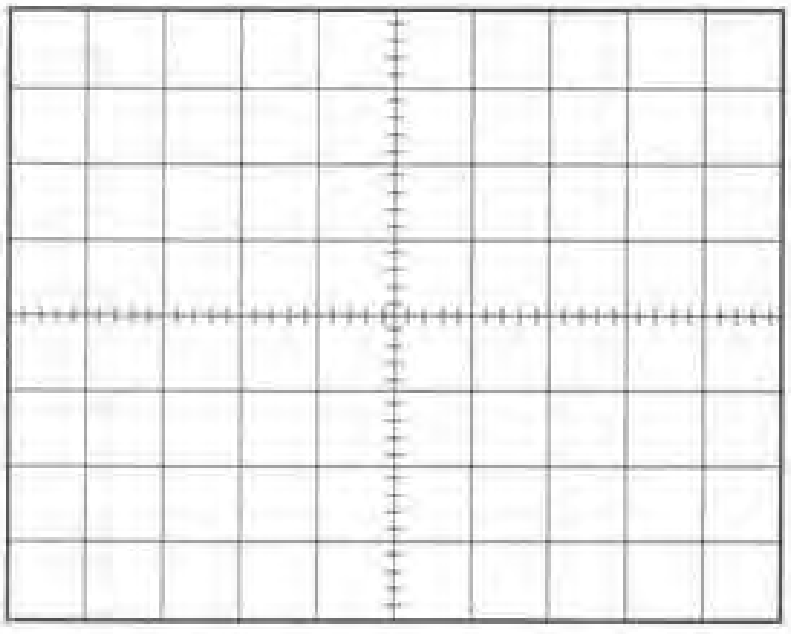
ب ـ خروجی سیگنال ژنراتور را به کمک پروب به کانال دوم اسیلوسکوپ وصل کنید.

ج ـ سعی کنید سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس حداقل دارای دامنه‌ی ۳ خانه باشد.

د ـ سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۸ـ۱۱ رسم کنید.

هـ ـ کلید CH۲INV را فشار دهید و شکل روی صفحه‌ی حساس را با رنگ جداگانه، دقیقاً روی شکل ۸ ـ۱۱ رسم کنید.

سؤال: بین دو سیگنال در دو حالت معمولی و CH۲INV



Time / Div = · / ۲ms

ورودی کانال ۲

Source Trig = CH۲

شکل ۸ ـ۱۱

چند درجه اختلاف فاز مشاهده می‌کنید؟

CHOP و ALT : هر کدام از این کلیدها زده شود سیگنال‌های اعمال شده به دو کانال اسیلوسکوپ به‌طور همزمان روی صفحه‌ی حساس نشان داده می‌شوند.

کلید CHOP برای نمایش دو سیگنال به‌طور همزمان است که در فرکانس‌های کم (کمتر از یک کیلوهرتز) به کار می‌رود.

سیگنال‌هایی که در اسیلوسکوپ دوکاناله به‌طور همزمان نشان داده می‌شوند باید فرکانس‌های آن‌ها یا دقیقاً برابر باشد و یا مضرب صحیحی از یکدیگر باشند.

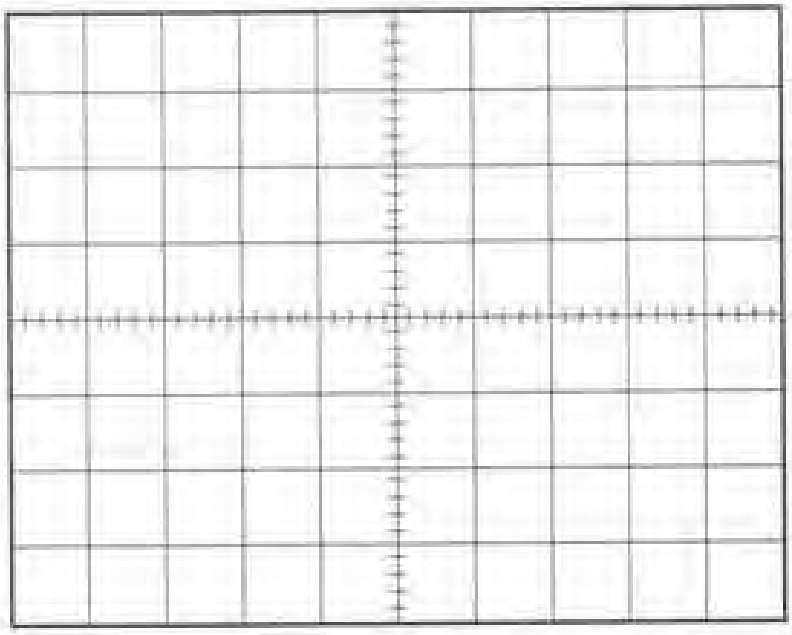
کار عملی ۴

الف ـ فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۱۰۰Hz

تنظیم کنید و به کمک دو پروب این سیگنال را به دو ورودی اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ کلید CHOP را فشار دهید و شکل‌های ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۹ـ۱۱ رسم کنید.

همان‌طور که در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری نیز خواندید، در سیستم CHOP در یک لحظه‌ی کوتاه، یک نقطه از سیگنال کانال یک و در لحظه‌ی دیگر یک نقطه از کانال دو، روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد. چون این نقاط فوق‌العاده کوچک و کنار هم هستند چشم آن‌ها را به‌صورت پیوسته می‌بیند. برای درک بهتر عملکرد سیستم CHOP آزمایش زیر را انجام دهید :



Time / Div = ۰/ ۱ms

Source Trig = CH۱ or CH۲

برای هر کانال جداگانه = نقطه‌ی صفر تنظیم شود تا در سیگنال اعمالی به دو کانال کاملاً مجزا روی صفحه‌ی حساس نقش ببندند.

شکل ۹ـ۱۱

کار عملی۵

الف ـ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰kHz تنظیم کنید و توسط دو پروب به ورودی دو کانال یک و دو اسیلوسکوپ وصل کنید.

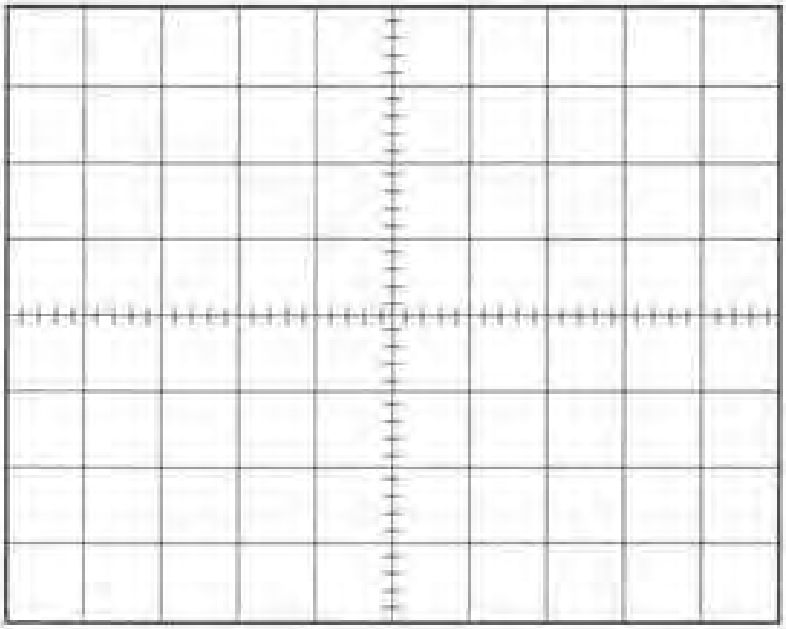
ب ـ دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور و کلید سلکتور Volt / Div را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس حداقل ۳ خانه را در برگیرد.

ج ـ کلید سلکتور Time / Div را روی ۱۰μs قرار دهید.

د ـ سیگنال ظاهر شده روی کانال ۱ و ۲ را در شکل ۱۰ـ۱۱ رسم کنید.

هـ ـ توسط ولوم تغییر مکان عمودی (↕) دو کانال را روی هم منطبق کنید ! مشاهده خواهید کرد که لحظه‌ای که سیگنال اعمالی در کانال یک وجود دارد در همان لحظه سیگنالی در کانال دو مشاهده نمی‌شود و برعکس.

کلید ALT نیز برای نمایش دو سیگنال به‌طور همزمان برای فرکانس‌های زیاد (در حدود بیش از یک کیلوهرتز) به‌کار می‌رود.



Tim / Div = ۰٫۱ ms

مکان صفر را در ابتدا برای هر کانال جداگانه تنظیم کنید.

سیگنالهای نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را برای هر کانال با یک رنگ رسم کنید.

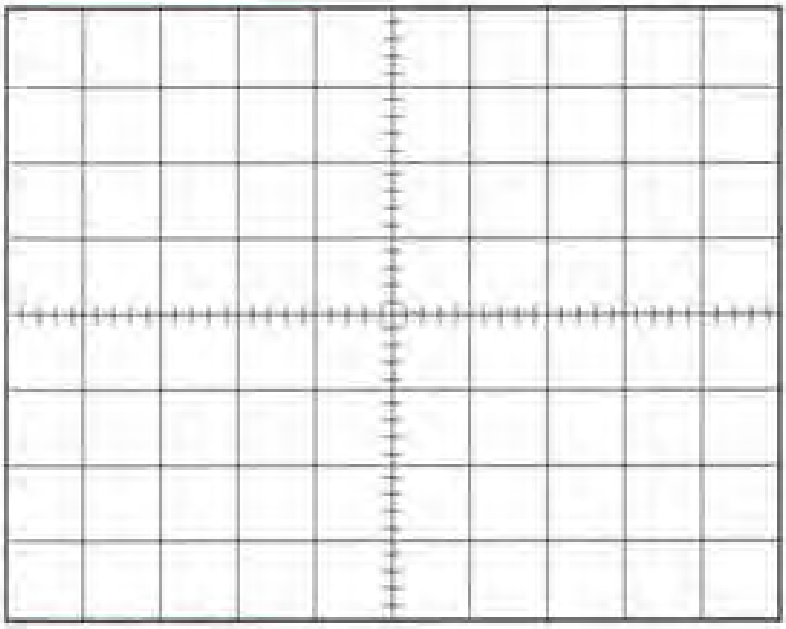
شکل ۱۰ ـ ۱۱

کار عملی ۶

الف ـ فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۱۰۰KH تنظیم کنید و به کمک دو پروب این سیگنال را به دو ورودی اسیلوسکوپ اعمال کنید.

ب ـ کلید ALT را فشار دهید و شکل‌های نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۱ـ۱۱ رسم کنید.

در سیستم نمایش دو سیگنال به‌طور همزمان، در حالت ALT، ابتدا روی صفحه‌ی حساس سیگنال اعمالی به کانال یک ظاهر می‌شود و سپس سیگنال کانال دو ظاهر می‌شود. بنابراین دو سیگنال اعمالی به دو کانال اسیلوسکوپ به صورت متناوب (Alternation) روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد.



اسیلوسکوپ را تنظیم نمود، و مقادیر را در زیر بنویسید.

Tim / Div =

Volt / Div =

CHOP - ALT = ALT

Source Trig =

مکان صفر را در ابتدا برای هر کانال جداگانه تنظیم کنید.

سیگنال‌های نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را برای هر کانال با یک رنگ رسم کنید.

شکل ۱۱ ـ ۱۱

کار عملی۷

الف ــ فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور صوتی را روی ۴۰Hz تنظیم کنید.

ب ــ به کمک دو پروب این سیگنال سینوسی ۴۰Hz را به‌ورودی‌های اسیلوسکوپ دوکاناله اعمال کنید.

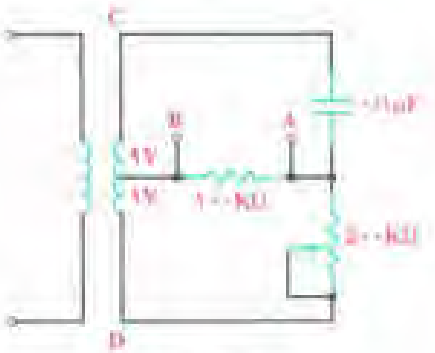
ج ــ اسیلوسکوپ را تنظیم و کلید ALT را فعال کنید.

د ــ مشاهدات خود را به طور کامل شرح دهید.

Line Trig: اگر کلید Source Trig در حالت Line Trig قرار گیرد، از ترانسفورماتور تغذیه‌ی اصلی اسیلوسکوپ یک ولتاژ حدود ۶/۳ ولت به قسمت مقایسه‌کننده‌ی سیگنال ورودی با سطح ولتاژ (Level)DC اعمال می‌شود. در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری توضیحات بیش‌تری در این مورد داده شده است. هرگاه بخواهیم سیگنال‌های مدارهایی را که با برق شهر تغذیه شده‌اند مشاهده کنیم، در بسیاری از موارد[1] بهتر است کلید Source Trig را در حالت Line Trig قرار دهیم.

کار عملی۸

الف ــ مداری مطابق شکل ۱۲ــ۱۱ روی برد نُه و یا نُرد آزمایشگاهی ببندید.



شکل ۱۲ــ۱۱

با تغییر پتانسیومتر دامنه‌ی ولتاژ نقاط A و B ثابت می‌ماند و فقط نسبت به ولتاژ CB و یا CD تغییر فاز می‌دهد. حال می‌خواهیم این تغییر فاز را مشاهده کنیم.

ب ــ ابتدا اسیلوسکوپ را مطابق توضیحات شکل ۱۲ــ۱۱ تنظیم کنید.

ج ــ زمانی که ولوم در حداقل و زمانی که ولوم در حداکثر مقدار خود قرار دارد شکل موج ولتاژ A و B(V_{AB}) را در شکل ۱۳ــ۱۱ رسم کنید.

همان‌طور که از شکل ۱۳ــ۱۱ مشخص است، با تغییر پتانسیومتر اختلاف فاز ولتاژ V_{AB} نسبت به CB یا CD مشخص نیست و همواره سیگنال به‌صورت ثابت روی صفحه‌ی حساس

Volt / Div = 0V / 8v

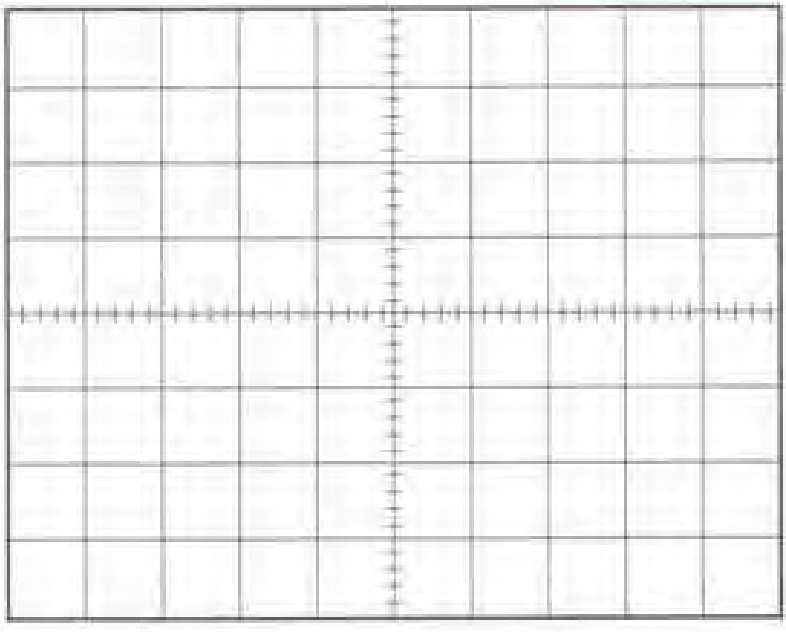
Tim / Div = 5ms

Source Trig = CH1

ورودی سیگنال = CH1

وسط = تنظیم نقطه‌ی صفر

دو سیگنال را با دو رنگ مختلف رسم کنید.



شکل ۱۳ــ۱۱

۱ــ به‌عنوان مثال برای مشاهده‌ی زاویه‌ی برش ولتاژ توسط تریستور و امثال آن.

Volt / Div = ۵V

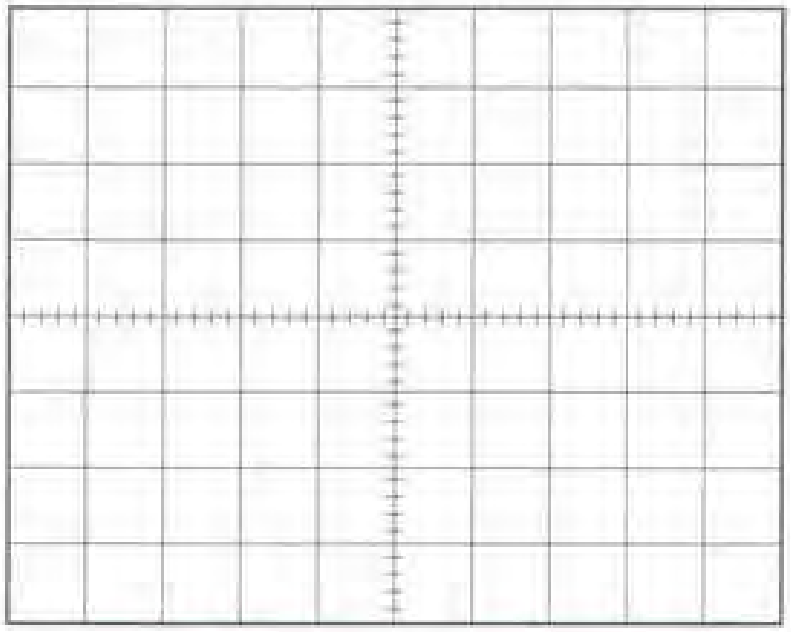
Tim / Div = ۲ms

Source Trig = Line

ورودی سیگنال = CH۱

وسط = تنظیم صفر

دو سیگنال را با دو رنگ مختلف رسم کنید.



شکل ۱۲ ـ ۱۱

دهد می‌شود.

د ـ آزمایش قبلی را تکرار کنید. دراین حالت کلید Source Trig را در حالت Line Trig قرار دهید.

هـ ـ یک بار ولوم ۵۰۰kΩ را در حداقل مقدار و بار دیگر در حداکثر مقدار خود قرار دهید.

و ـ شکل ولتاژ را در دو حالت فوق در شکل ۱۲ـ۱۱ رسم کنید.

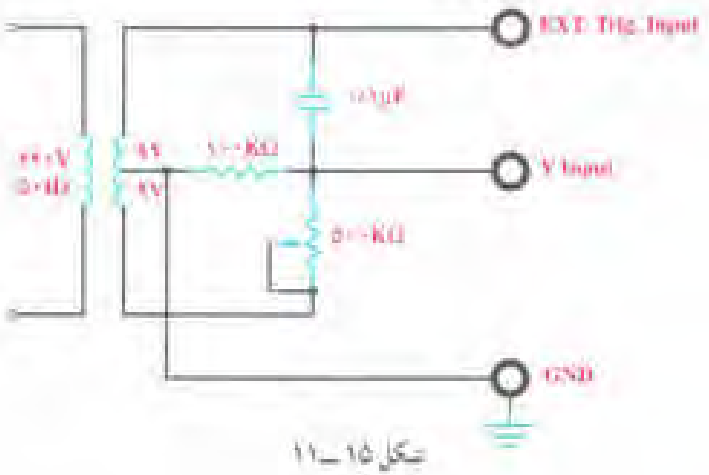
ز ـ هنگامی که ولوم را به آهستگی بین حداقل و حداکثر تغییر می‌دهید، شکل روی صفحه‌ی حساس را نیز مشاهده کنید و نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را کاملاً شرح دهید.

EXT.Trig: اگر کلیدِ Source Trig در حالت EXT.Trig قرار گیرد عملی مشابه Line Trig انجام می‌شود. با این تفاوت که در Line Trig فرکانس سیگنال حتماً می‌بایست فرکانس برق شهر باشد. در EXT.Trig محدودیتی در این زمینه نداریم و فقط کافی است فرکانس سیگنال اعمالی به اسیلوسکوپ با فرکانس سیگنالی که از خارج برای مقایسه با سطح ولتاژ (Level)DC اعمال می‌کنیم ـ EXT.Trig ـ برابر باشد. مثلاً اگر به ترمینال EXT.Trig فرکانس برق شهر را اعمال کنیم اسیلوسکوپ دقیقاً مانند Line. Trig عمل می‌کند.

کار عملی ۹

الف ـ مدار شکل ۱۵ـ۱۱ را روی بِرد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مربوط را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ ولوم ۵۰۰kΩ را یک بار در حداقل و بار دیگر در حداکثر قرار دهید.



شکل ۱۵ ـ ۱۱

ج ـ شکل‌های نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۶ـ۱۱ رسم کنید.

سؤال: با توجه به شکل ۱۳ـ۱۱، دقیقاً توضیح دهید 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 و یا عدم وجود سیگنال ورودی را تشخیص دهد. چنانچه سیگنال ورودی وجود داشته باشد، سیگنال، با موج جارو (Ramp) سنکرون شده و موج به‌صورت پایدار و ثابت روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود. چنانچه 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 می‌پیوندد که کلید AUTO/NORM روی حالت AUTO باشد.

اگر کلید روی حالت NORM قرار گیرد، زمانی سیگنال روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد که اولاً سیگنال ورودی وجود داشته باشد، ثانیاً با موج جارو سنکرون باشد؛ درغیر این‌صورت هیچ شکل موجی روی صفحه‌ی حساس ظاهر نمی‌شود.

کار عملی ۱۰

الف ـ یک سیگنال سینوسی با فرکانس حدود 1kHz را به اسیلوسکوپ متصل کنید.

ب ـ هنگامی که کلید AUTO/NORM روی حالت AUTO قرار دارد، اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.

ج ـ کلید را در حالت NORM قرار دهید.

د ـ سیگنال ورودی را قطع و وصل کنید.

هـ ـ نتیجه‌ی 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: چرا سیستم ALT را برای فرکانس‌های کم به‌کار نمی‌برند؟

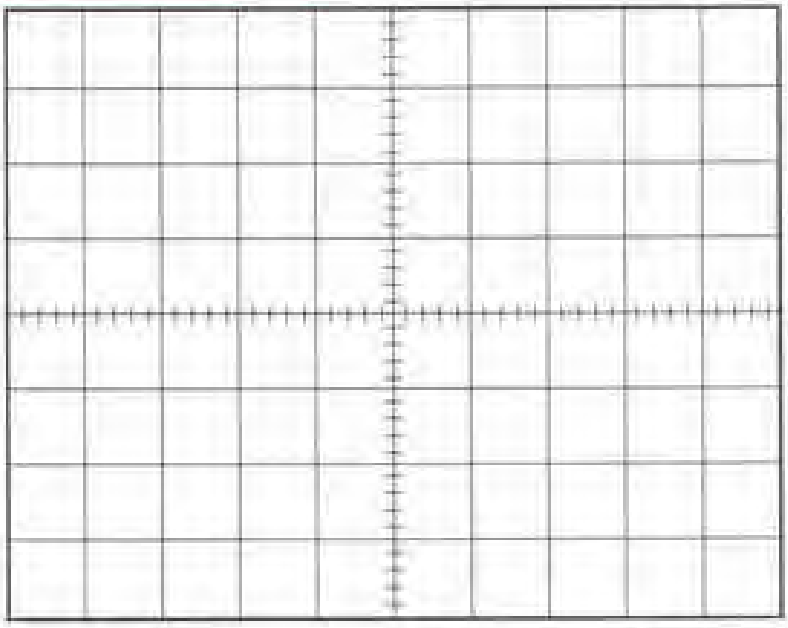
سؤال: چرا سیستم CHOP را در فرکانس‌های زیاد به‌کار نمی‌برند؟

سؤال: یکی از موارد استفاده Line Trig را توضیح دهید.

سؤال: یکی از موارد استفاده‌ی EXT. Trig را توضیح دهید.

سؤال: یکی از کاربردهای حالت AUTO و NORM را توضیح دهید.

سؤال: چگونه می‌توان با استفاده از EXT.Trig، Line Trig را به‌وجود آورد؟



شکل ۱۶ ـ ۱۱

کاربرد اسیلوسکوپ
(قسمت چهارم)

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که پس از پایان این فصل بتواند:
- کلیدهای Add و Diff را از بقیه‌ی کلیدها روی پانل اسیلوسکوپ تشخیص دهد.
- طرز کار و کاربرد کلیدهای Add و Diff را شرح دهد.
- از کلیدهای بالا برای جمع و تفریق 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 اندازه بگیرد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت چهارم)

۱ـ۱۲ـ هدف آزمایش

شناخت و کاربرد کلیدها و ولوم‌های خاص (Add، Delay Time Diff)، اندازه‌گیری تأخیر زمانی و اندازه‌گیری زمان صعود موج مربعی (Rise Time).

وسایل موردنیاز	تعداد یا مقدار
۱. اسیلوسکوپ دوکاناله	۱ دستگاه
۲. پروب اسیلوسکوپ	۲ عدد
۳. سیگنال ژنراتور صوتی	۱ دستگاه
۴. مقاومت ۱KΩ، ۳/۳KΩ، ۱۰KΩ	از هر کدام ۱ عدد
۵. خازن ۱μF	۱ عدد
۶. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V	۱ عدد
۷. دیود ۱N۴۰۰۱ یا دیود مشابه	۶ عدد
۸. سیم‌های رابط	۴ عدد

۲ـ۱۲ـ شرح آزمایش

یکی از امکانات اسیلوسکوپ‌های دوکاناله کلیدهایی است که برای به‌دست آوردن جمع و تفریق لحظه‌ای دو سیگنال، روی اسیلوسکوپ قرار دارد. در این حالت شکل موج منتجه نمایش داده می‌شود. چنانچه کلید Add(Addition) فعال شود سیگنال‌های مربوط به دو کانال که روی صفحه‌ی حساس ظاهر شده‌اند با یکدیگر به‌صورت لحظه‌ای جمع می‌شوند و منتجه‌ی موج روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد.

مجدداً تأکید می‌شود که جمع دو سیگنال، قطعاً جمع دو سیگنال ورودی نیست بلکه جمع دو سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس است. اگر بخواهیم دقیقاً دو سیگنال اعمالی به‌دو کانال اسیلوسکوپ را جمع کنیم، باید هر دو کانال کاملاً یکسان تنظیم شده باشند.

کار عملی۱

الف ـ مدار شکل ۱ـ۱۲ را روی بُرد بُرد و یا بُرد

آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مدار را به ورودی‌های اسیلوسکوپ وصل کنید.

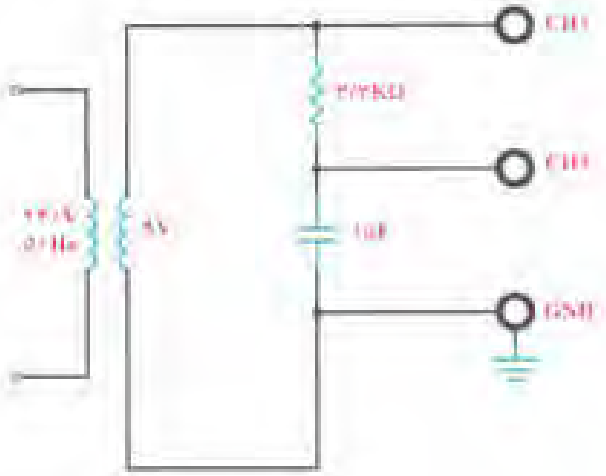
ب ـ شکل‌های نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۲ـ۱۲ رسم کنید.

ج ـ کلید Add را فعال کنید (در پیش‌تر اسیلوسکوپ‌ها با فشار دادن این کلید و یا فشار دادن همزمان کلیدهای CH۱ و CH۲، کلید Add فعال می‌شود).

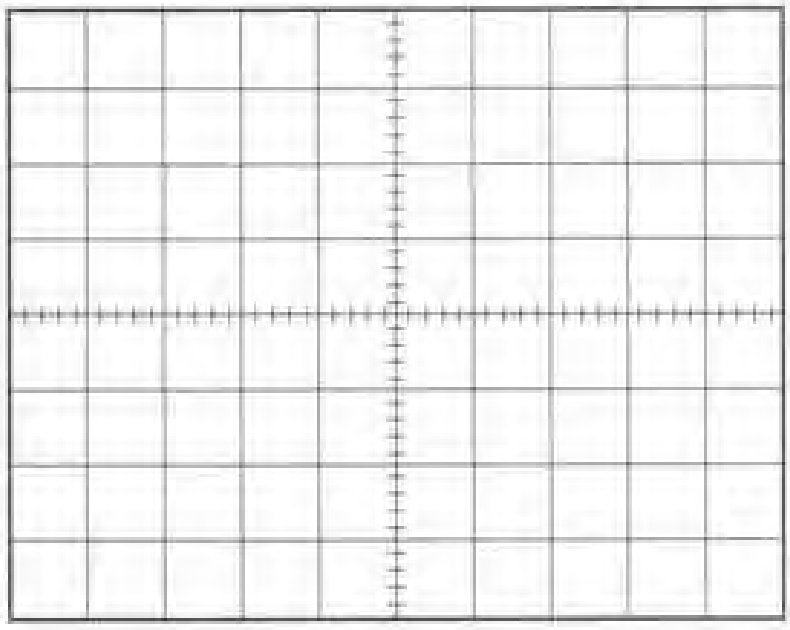
د ـ سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را روی شکل ۳ـ۱۲ رسم کنید.

هـ ـ شکل‌های رسم شده توسط خودتان در شکل ۲ـ۱۲ را روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید و در هر لحظه (یا در هر میلی‌متر) دامنه‌ی دو سیگنال را با یکدیگر جمع کنید. آیا شکل حاصل، همان شکل ۳ـ۱۲ خواهد بود؟ چرا؟

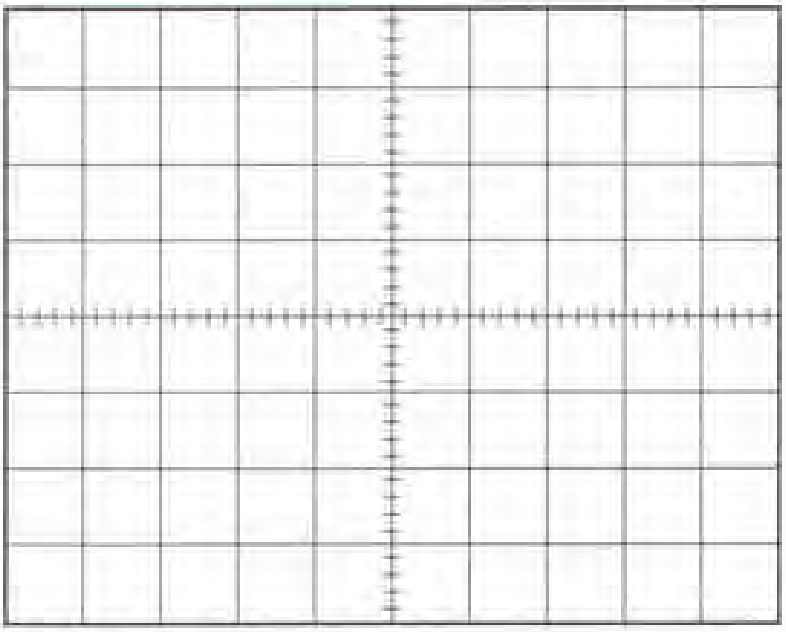
و ـ خروجی سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz تنظیم کنید و توسط دو پروب این سیگنال را به دو ورودی اسیلوسکوپ اعمال کنید (ورودی دو اسیلوسکوپ دقیقاً یکی است).



شکل ۱ـ۱۲



شکل ۲ـ۱۲



Volt / Div = CH۱

Volt / Div = CH۲

Time / Div =

Volt Variable = Cal. CH۱

Volt Variable = Cal. CH۲

Source Trig = CH۱ or CH۲ or Line

MODE = Chop or Dual

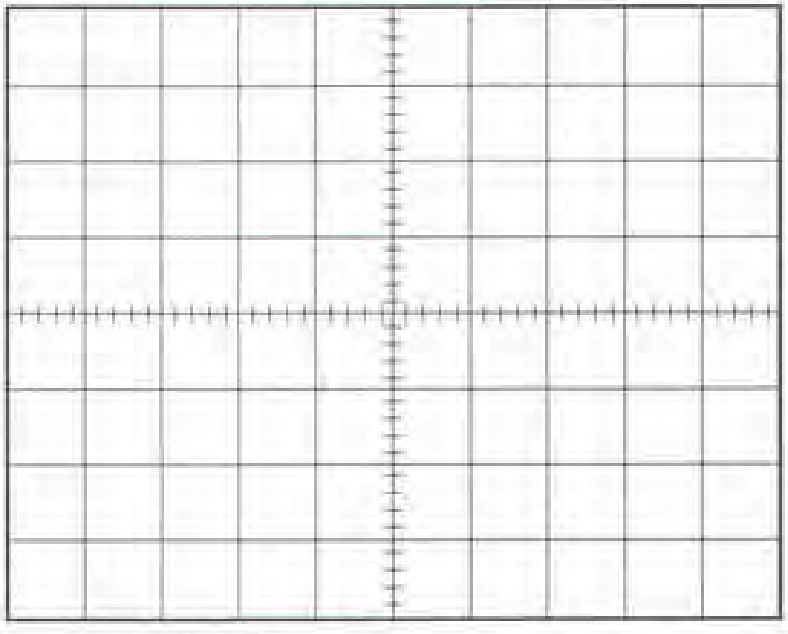
وسط = مکان صفر

شکل ۳ـ۱۲

ز ـ حال اسیلوسکوپ را مطابق توضیحات کنار شکل ۳ـ۱۲ تنظیم و دو سیگنال را با یکدیگر جمع کنید.

ح ـ شکل موج نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۴ـ۱۲ بکشید.

دامنه‌ی سیگنال ژنراتور خروجی را طوری تنظیم کنید که شکل نقش بسته‌ی حاصل از ورودیِ کانال یک، دو خانه را در بر بگیرد.



Volt / Div = ۲V / Div CH۱

Volt / Div = ۵V / Div CH۲

Volt Variable = Cal. CH۱ and CH۲

Source Trig = CH۱

MODE = Alt

وسط = مکان صفر برای هر دو کانال

شکل ۴ـ۱۲

سؤال: با توجه به این‌که ولتاژ دو ورودی یکی است، آیا سیگنال منتجه دو برابر سیگنال کانال یک است؟ چرا؟

ضمن این‌که اسیلوسکوپ دوکاناله می‌تواند دو سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را با یکدیگر جمع لحظه‌ای کند، همچنین می‌تواند دو سیگنال را به‌طور لحظه‌ای تفریق کند.

اگر کلید Diff فعال شود، دو سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس از یکدیگر تفریق لحظه‌ای شده، و نتیجه‌ی تفریق به‌صورت شکل موج روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد.

در خیلی از اسیلوسکوپ‌ها کلیدی به نام Diff وجود ندارد، از این رو برای تفریق لحظه‌ای، ابتدا سیگنال کانال دوم را به‌کمک کلید CH۲INV معکوس می‌کنیم، سپس با استفاده از کلید Add دو سیگنال را با یکدیگر جمع می‌کنیم یعنی

(سیگنال معکوس کانال ۲) + (سیگنال کانال ۱)

= CH۱ − CH۲

بنابراین سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس حاصل تفریق دو کانال است.

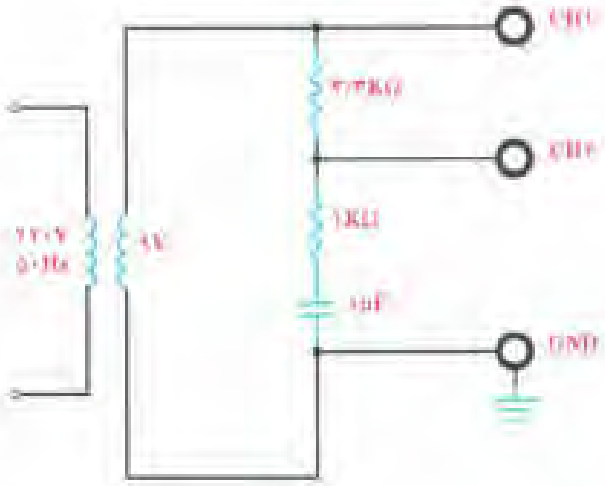
کار عملی ۲

الف ـ مدار ۵ـ۱۲ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مربوط را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

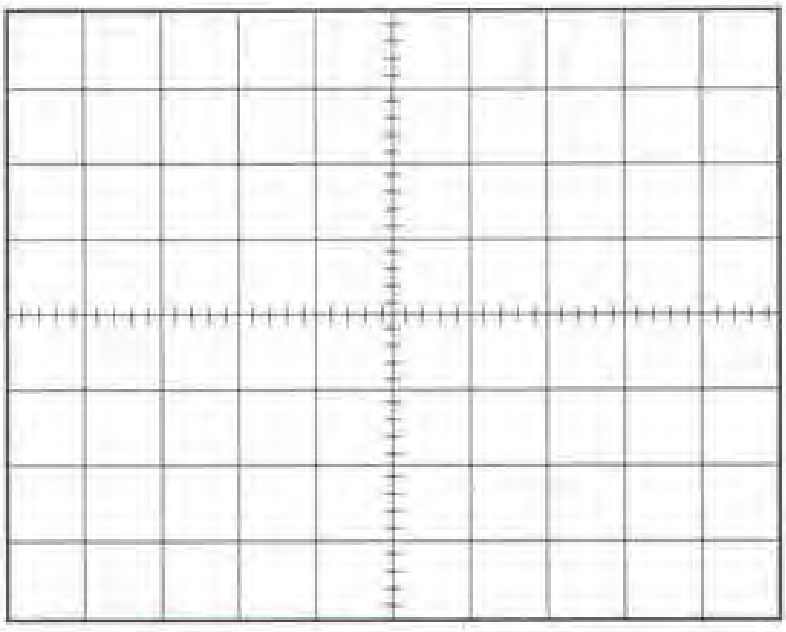
ب ـ اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.

ج ـ شکل موج‌های کانال ۱ و کانال ۲ را که روی صفحه‌ی حساس نقش بسته‌اند، با دقت در روی شکل ۶ـ۱۲ رسم کنید.

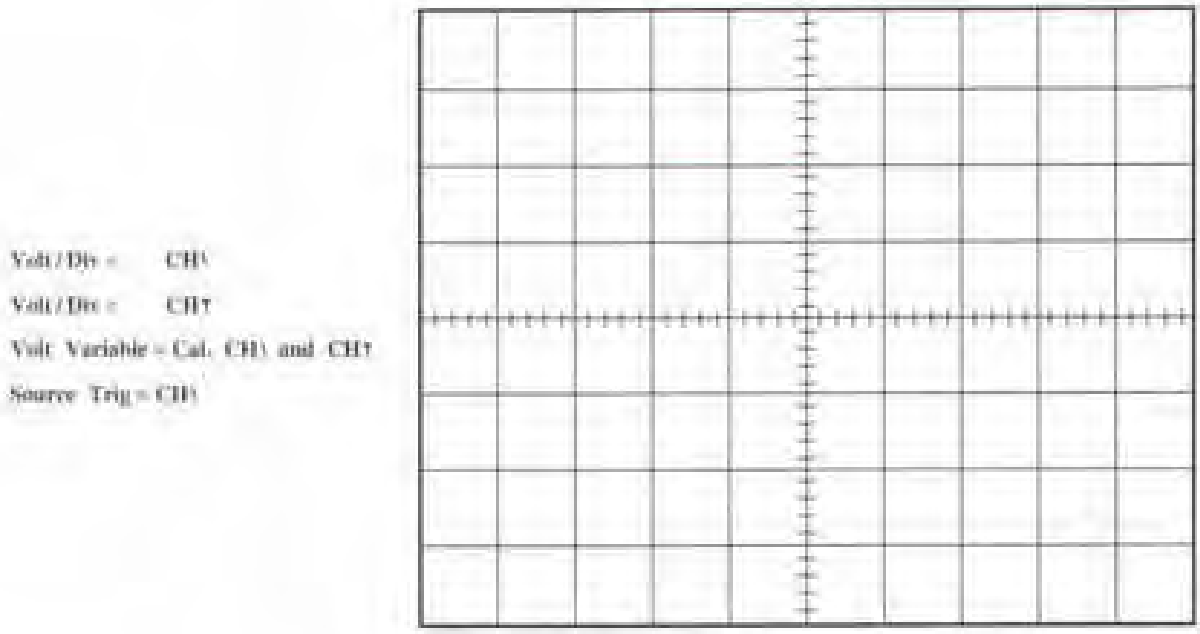
د ـ کلید CH۲INV و کلید Add را فعال کنید (اگر اسیلوسکوپ شما دارای کلید Diff است کافی است فقط کلید Diff را فعال کنید). شکل نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در روی شکل ۷ـ۱۲ رسم کنید.



شکل ۵ـ۱۲



شکل ۶ـ۱۲



شکل ۷ـ۱۲

هـ ـ شکل رسم شده توسط خودتان در شکل ۶ـ۱۲ را، روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید و در هر لحظه (یا در هر میلی‌متر) دامنه‌ی دو سیگنال را از یکدیگر کم کنید (CH۱ − CH۲). آیا شکل حاصل همان شکل ۷ـ۱۲ خواهد بود؟ چرا؟

Delay Time (تأخیر زمانی): اگر بخواهیم قسمت مشخصی از یک سیگنال و یا یک سیگنال از میان انبوهی از سیگنال‌ها انتخاب کنیم و آن سیگنال در سراسر صفحه‌ی حساس نقش ببندد، و همچنین بتوانیم این یک قسمت از سیگنال را با بقیه‌ی قسمت‌ها و یا یک سیگنال را با بقیه‌ی سیگنال‌ها به آسانی مقایسه کنیم، از قسمت تأخیر زمانی یا Delay Time استفاده می‌کنیم. یکی از موارد استفاده از تأخیر زمانی مطالعه‌ی دقیق بر روی قسمت‌های جزییات سیگنال است.

کار عملی ۳

الف ـ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۱۰۰KHz تنظیم کنید و توسط پروب این سیگنال را به ورودی کانال یک اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ ولوم دامنه‌ی خروجی سیگنال را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی سیگنال نقش بسته شده روی صفحه‌ی حساس، حداقل ۳ خانه را در بر بگیرد.

ج ـ سیگنال نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۸ـ۱۲ رسم کنید.

د ـ می‌خواهیم از قسمت ماکزیمم چهارمین سیگنال تا مینیمم سیگنال پنجم را با دقت مورد مطالعه قرار دهیم و آن را با سیگنال‌های قبلی و بعدی مقایسه کنیم. برای این کار، کلید Display را در حالت INTEN قرار دهید.

هـ ـ کلید سلکتور Delay Time و ولوم Delay Var را طوری تنظیم کنید که شروع قسمت پر نور شده از ماکزیمم چهارمین سیگنال باشد.

و ـ حال کلید Display را در حالت Delay قرار دهید.

ز ـ کلید سلکتور Time / Div را روی عدد کم‌تر قرار دهید به‌طوری که شروع و انتهای سیگنال، تقاطی باشد که موردنظر بوده است.

ح ـ مطالب فوق را در مورد شکل ۸ـ۱۲ به اجرا بگذارید و قسمتی از سیگنال را که موردنظر است با دقت ببینید و در شکل ۹ـ۱۲ رسم کنید.

ط ـ با تغییر ولوم Delay Var قسمت قبلی و بعدی سیگنال را نیز می‌توانید ببینید.

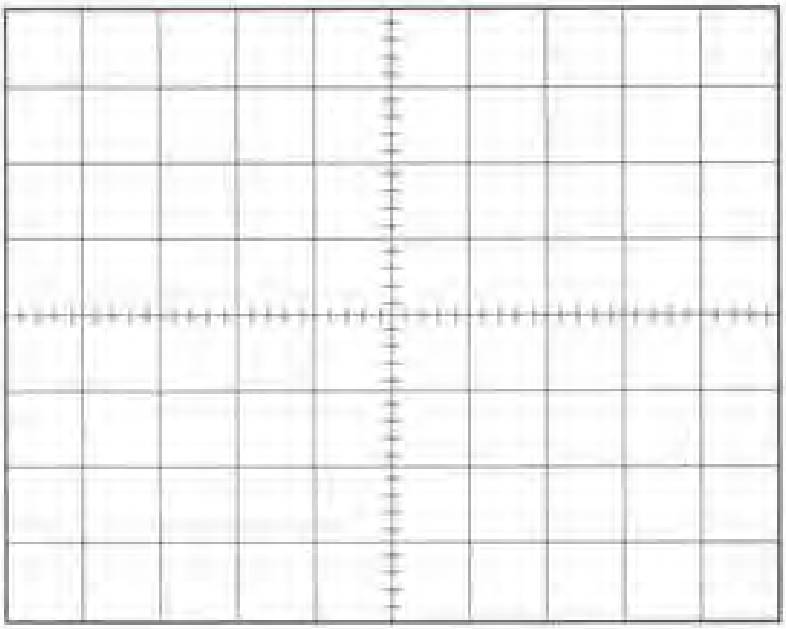
Volt / Div = ۱V / Div

Time / Div = ۱۰μs

Time Variable = Cal.

Source Trig = CH۱

وسط = تنظیم نقطه‌ی صفر



شکل ۸ــ۱۲

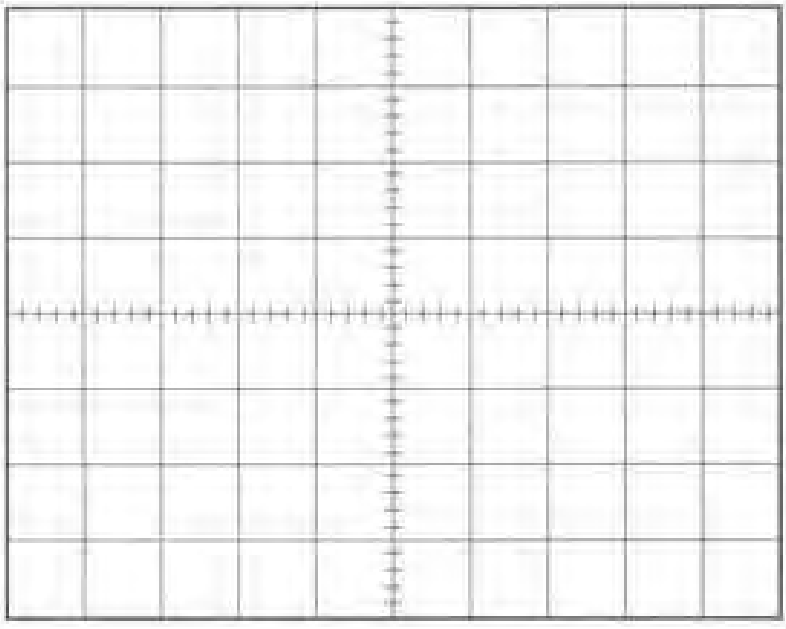
Display = Delay

Time / Div =

Volt / Div = ۱V / Div

Source Trig = CH۱

وسط = تنظیم نقطه‌ی صفر

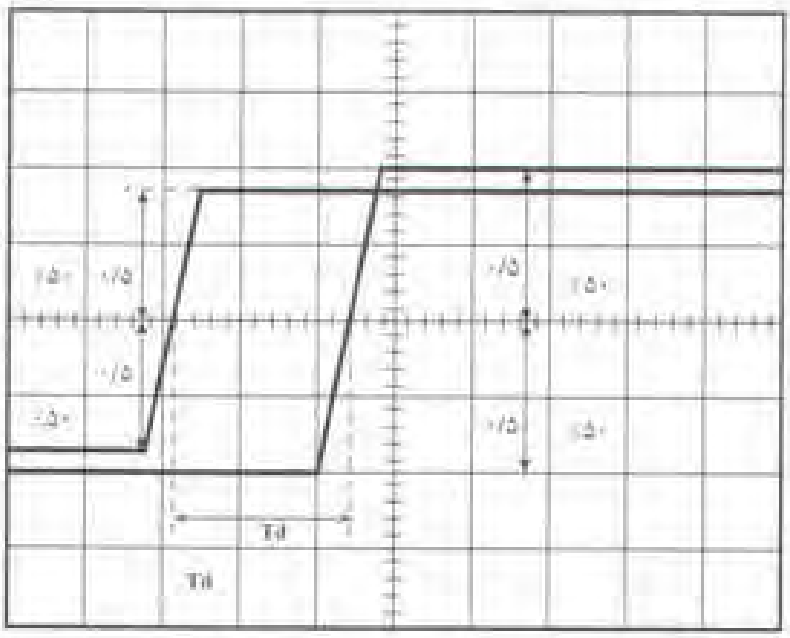


شکل ۹ــ۱۲

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 کرده‌اید روی صفحه‌ی حساس ظاهر شود؛ به‌طوری که بتوانید آن را با قسمت‌های قبلی و بعدی سیگنال نیز مقایسه کنید.

اندازه‌گیری تأخیر زمانی (اختلاف زمانی)

به کمک اسیلوسکوپ می‌توان اختلاف زمانی دو سیگنال را اندازه گرفت. در شکل ۱۰ــ۱۲ اختلاف زمانی دو سیگنال برابر ۷۵μs است (اندازه‌گیری از زمان دامنه‌ی ۵۰٪ سیگنال اول تا ۵۰٪ سیگنال دوم است).



شکل ۱۰ـ۱۲

کارعملی ۵

الف ـ مدار شکل ۱۱ـ۱۲ را روی بردبرد و یا پرینت آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های نشان داده شده را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ شکل نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را بر روی شکل ۱۲ـ۱۲ رسم کنید و زمان تأخیر را به‌دست آورید.

سؤال: چگونه دیود باعث تأخیر زمانی می‌شود؟

سؤال: در مدار بالا هر دیود چقدر تأخیر ایجاد می‌کند؟

سؤال: اگر در مدارهای الکترونیکی نیاز به تأخیر زمانی بود می‌توانیم از دیود استفاده کنیم؟ چرا؟

اندازه‌گیری زمان صعود موج مربعی (Rise_Time)

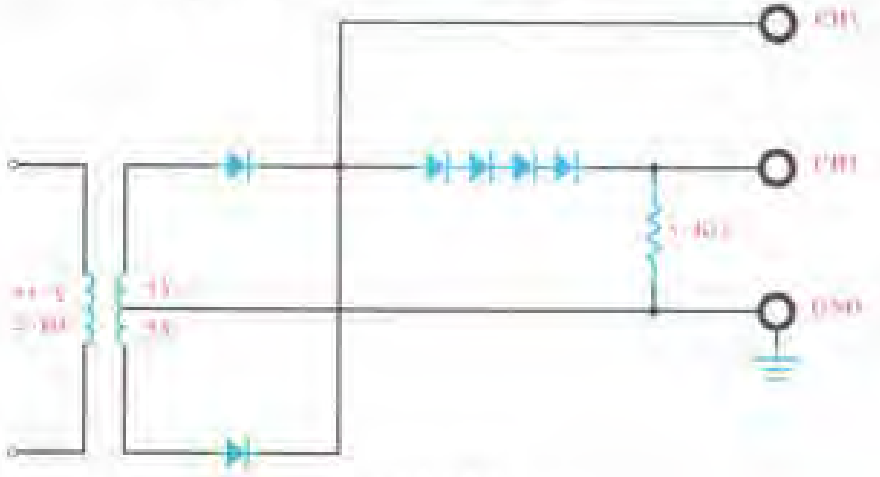
همان‌طور که در درس دستگاه‌های اندازه‌گیری قسمت مولدهای سیگنال توضیح داده شده است، یکی از پارامترهای مهم موج مربعی، زمان صعود یا Rise Time آن است. زمان صعود عبارت از مدت زمانی است که موج مربعی باید از مقدار ۱۰٪ دامنه به ۹۰٪ دامنه برسد. با استفاده از اسیلوسکوپ براحتی می‌توان این زمان را اندازه گرفت.

کار عملی ۶

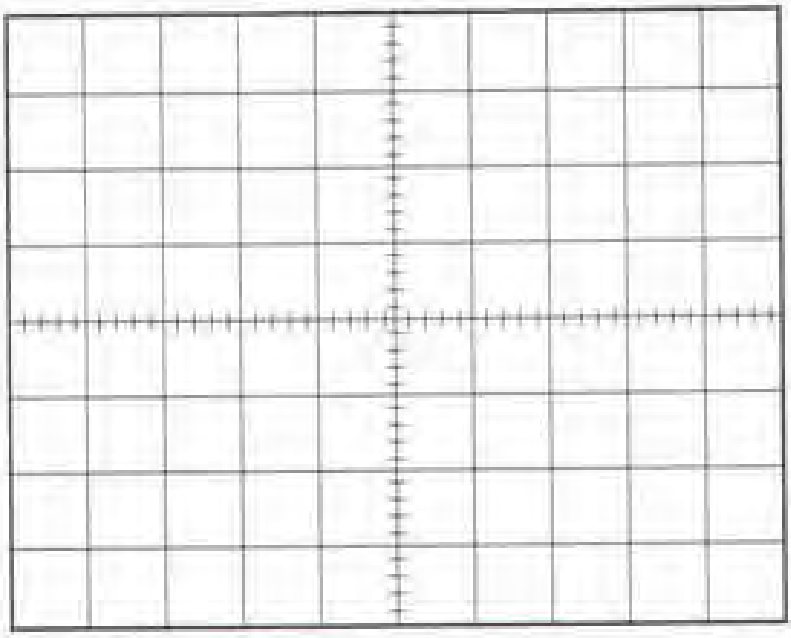
الف ـ فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور را روی 1KHz تنظیم کنید. به کمک کلید انتخاب موج خروجی، شکل موج خروجی مربعی را انتخاب کنید.

ب ـ پروب اسیلوسکوپ را تنظیم کنید.

ج ـ خروجی سیگنال ژنراتور را به کمک پروب به‌اسیلوسکوپ وصل کنید.



شکل ۱۱ـ۱۲



شکل ۱۲ ـ ۱۲

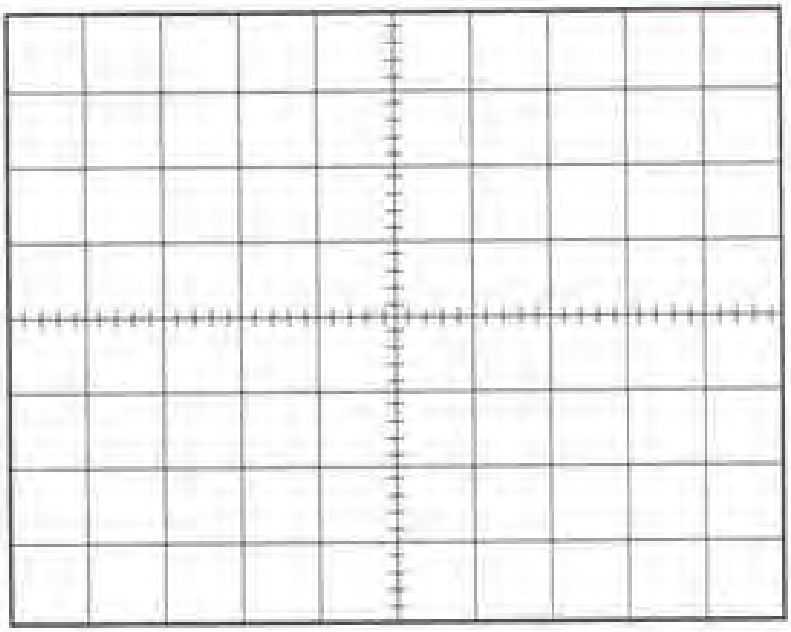
ثانیه = رنج کلید سلکتور Time / Div× تعداد خانه‌های اختلاف زمانی = اختلاف زمانی

(از ۵۰٪ موج اول تا ۵۰٪ موج دوم)

د ـ اسیلوسکوپ را طوری تنظیم کنید که بتوان زمان صعود موج مربعی را به‌سادگی با آن اندازه گرفت (تنظیم طوری صورت گیرد که حدود $\frac{۱}{۵}$ شکل کامل در سراسر صفحه‌ی حساس نقش ببندد).

هـ ـ شکل موج نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۳ـ۱۲ رسم کنید و زمان صعود (Rise Time) آن را اندازه بگیرید.

اسیلوسکوپ را تنظیم کنید و مقادیر تنظیم شده را در زیر بنویسید.



شکل ۱۳ ـ ۱۲

رنج کلید سلکتور Time / Div× تعداد خانه‌های در برگرفته = Rise Time

(از ۱۰٪ دامنه تا ۹۰٪ دامنه)

در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها، در قسمت پایین صفحه‌ی حساس، قسمتی را به نام ۱۰٪ و در قسمت بالای صفحه به نام ۹۰٪ مشخص کرده‌اند. اگر اسیلوسکوپی که شما با آن کار می‌کنید دارای چنین درجه‌بندی‌ای بود از این درجه‌بندی استفاده و زمان صعود را با آن حساب کنید.

کار عملی ۷: زمان صعود موج مربعی تولید شده توسط اسیلوسکوپ را با استفاده از روش یاد شده به‌دست آورید.

فصل سیزدهم

کاربرد اسیلوسکوپ
(قسمت پنجم)

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

- طرز کار دکمه‌ی X-Y را توضیح دهد.
- موارد استفاده‌ی دکمه‌ی X-Y را شرح دهد.
- نحوه‌ی اتصال اسیلوسکوپ جهت بدست آوردن منحنی مشخصه‌ی دیود معمولی و دیود زنر را شرح دهد.
- نحوه‌ی اتصال اسیلوسکوپ جهت بدست آوردن منحنی مشخصه‌ی ترانزیستور را شرح دهد.
- پارامترهای منحنی مشخصه‌ی دیود و دیود زنر را روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ اندازه بگیرد.
- پارامترهای منحنی مشخصه‌ی ترانزیستور را روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ اندازه بگیرد.
- دستگاه کروتریسر را از سایر دستگاه‌ها تمیز دهد.
- انواع دکمه‌های کروتریسر را از یکدیگر تشخیص دهد.
- طرز کار با دستگاه کروتریسر را توضیح دهد.
- نحوه‌ی اتصال کروتریسر به اسیلوسکوپ را شرح دهد.
- ترانزیستورها را به‌طور صحیح به کروتریسر متصل کند و منحنی مشخصه‌ی ترانزیستور را رسم نماید.
- پارامترهای ترانزیستور را به کمک کروتریسر اندازه بگیرد.

نام آزمایش: کار با اسیلوسکوپ (قسمت پنجم)

۱ـ۱۳ـ هدف آزمایش

بررسی، مشاهده و اندازه‌گیری مشخصات ولت ـ آمپر عناصر نیمه هادی (دیود معمولی دیود زنر، دیود نور دهنده LED و ترانزیستور معمولی).

وسایل مورد نیاز	تعداد یا مقدار
۱. اسیلوسکوپ دوکاناله	۱ دستگاه
۲. پروب	۲ عدد
۳. دیود ۱N۴۰۰۱ یا دیود مشابه	۱ عدد
۴. دیود زنر ۴/۸ یا ۷/۵ ولت	۱ عدد
۵. مقاومت ۱kΩ، ۵۶۰Ω	از هر کدام ۱ عدد
۶. ترانزیستور BC۱۰۷ و ۲N۳۸۱۹	از هر کدام ۱ عدد
۷. دستگاه کروتریسر	۱ دستگاه
۸. منبع تغذیه‌ی DC(۰ـ۳۰V)	۱ دستگاه
۹. میکروآمپرمتر	۱ دستگاه
۱۰. ترانسفورماتور ۲۲۰/۲×۹V	۱ عدد
۱۱. دیود LED	۱ عدد
۱۲. هویه ۴۰W	۱ عدد

۲ـ۱۳ـ شرح آزمایش

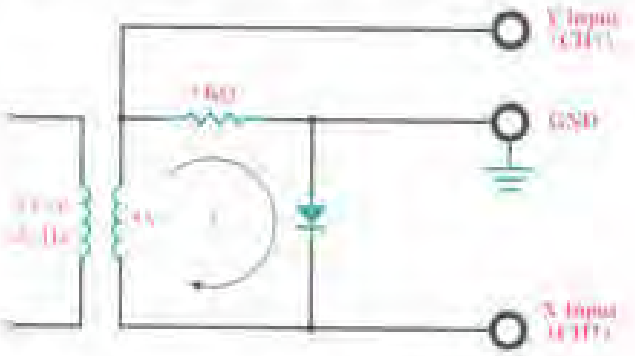
در این آزمایش به بررسی و اندازه‌گیری‌های لازم مشخصه‌های ولت ـ آمپر عناصر نیمه هادی پرکاربرد می‌پردازیم.

۱ـ دیود معمولی: همان‌طور که می‌دانیم در منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر دیود، محور افقی بیان‌کننده‌ی ولتاژ دو سر دیود است و محور عمودی جریان دیود را نشان می‌دهد. از طرفی اسیلوسکوپ فقط می‌تواند ولتاژ را اندازه بگیرد؛ لذا جریان عبوری از دیود را باید از یک مقاومت اهمی عبور دهیم. چون ولتاژ دو سر مقاومت اهمی و جریان عبوری از آن هم‌شکل هستند.

ولتاژ دو سر مقاومت اهمی را به اسیلوسکوپ می‌دهیم و مقدار آن را اندازه می‌گیریم. برای به‌دست آوردن مقدار جریان، کافی است که ولتاژ خوانده شده را بر مقدار مقاومت اهمی تقسیم کنیم.

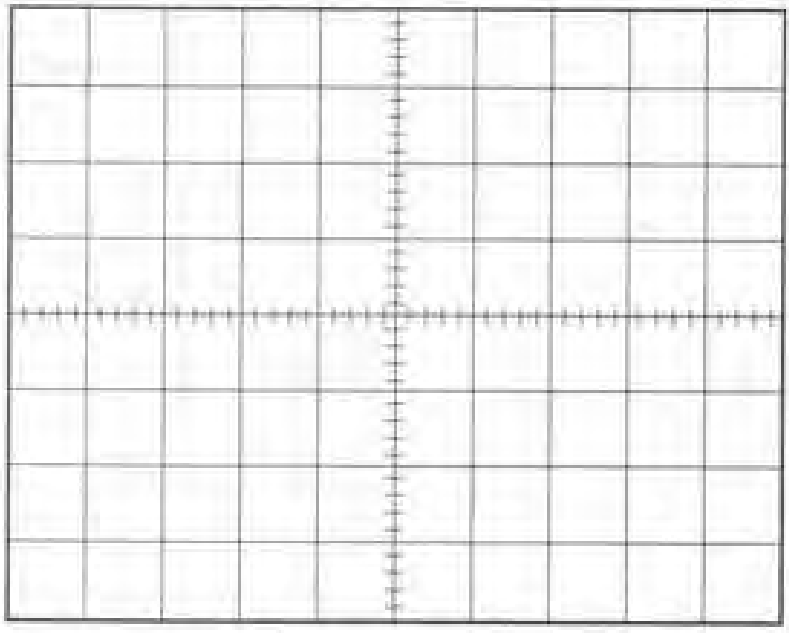
کار عملی ۱

الف ـ برای مشاهده‌ی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر دیود معمولی، مدار شکل ۱ـ۱۳ را روی برد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مشخص شده را به اسیلوسکوپ وصل کنید.



شکل ۱ـ۱۳

ب ـ شکل نقش‌بسته روی صفحه‌ی حساس را روی شکل ۲ـ۱۳ رسم کنید. در مدار شکل ۱ـ۱۳ به‌ازای هر ولت ولتاژ عمودی، جریان دیود معادل ۱mA است؛ زیرا به‌ازای عبور یک میلی‌آمپر جریان از مقاومت یک کیلو اهمی، یک ولت دو سر آن افت می‌کند.



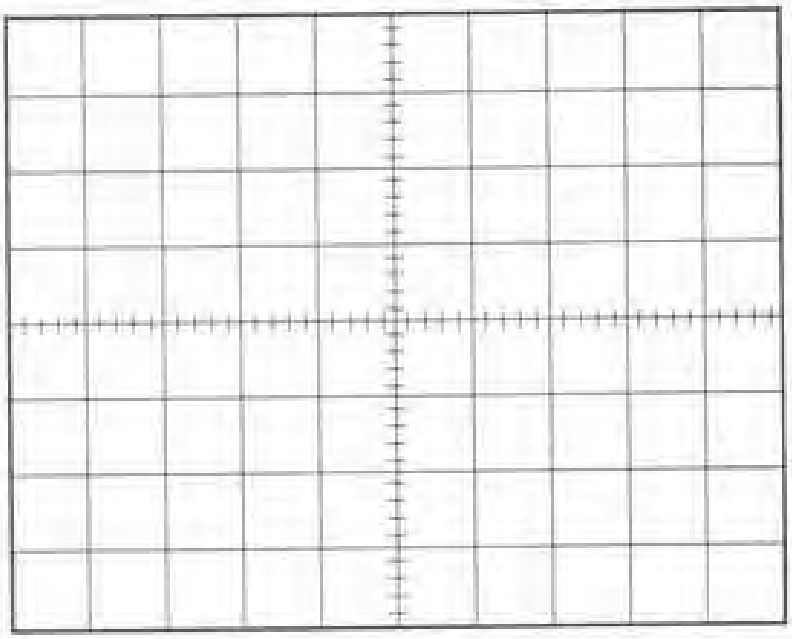
اسیلوسکوپ را در حالت Y - X قرار دهید.
اشعه را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.
برای هر دو کانال AC - GND - DC = DC
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۱V / Div CH۲

شکل ۲ـ۱۳

با توجه به این که ولتاژ کانال ۲ (دو سر دیود) نسبت به‌زمین منفی است، لذا حرکت اشعه در جهت افقی معکوس و منحنی وارونه می‌شود. در صورتی که اسیلوسکوپ دارای کلید CH۲ INV باشد، با فعال کردن این کلید، اشعه در جهت افقی اصلاح می‌شود.

ج ـ کلید CH۲ INV را فعال کنید و منحنی مشخصه‌ی ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۳ـ۱۳ رسم کنید.

اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
لنعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.
برای هر دو کانال AC - GND - DC = DC
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۱V / Div CH۲



شکل ۴ـ۱۳

کار عملی ۲

الف ـ کمی دیود را با هویه گرم کنید و اثرات حرارت بر دیود را که بر روی منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر دیود روی صفحه‌ی حساس مشخص است، کاملاً توضیح دهید.

ب ـ مقاومت استاتیکی دیود در جریان ۳mA (با توجه به‌منحنی مشخصه‌ی شکل ۲ـ۱۳) را محاسبه کنید.

ج ـ در مدار شکل ۱ـ۱۳ 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 ـ برای مشاهده‌ی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر دیود زنر و همچنین تعیین مقدار ولتاژ زنر، مدار شکل ۳ـ۱۳ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مربوطه را به‌اسیلوسکوپ وصل کنید.

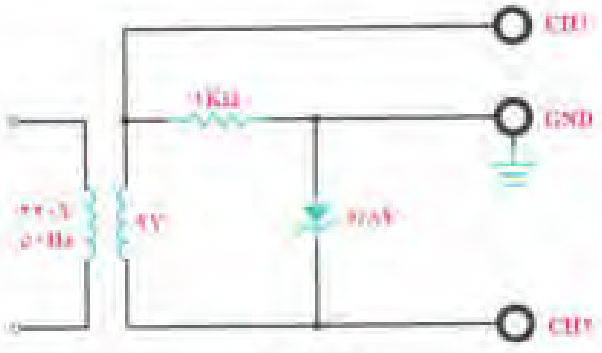
ب ـ شکل نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل رسم کنید.

ج ـ ولتاژ زنر دیود فوق را در جریان ۵mA به‌دست آورید.

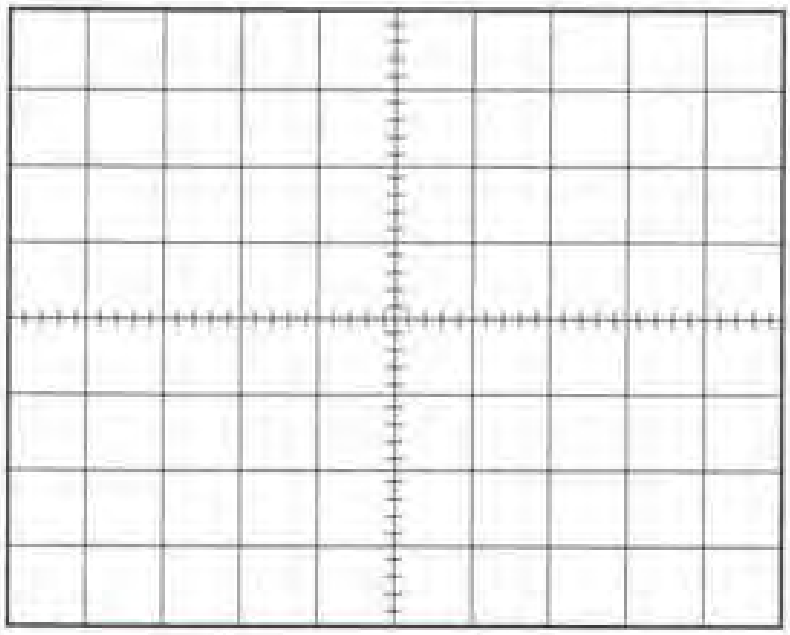
د ـ به کمک هویه دیود زنر را اندکی گرم کنید و اثرات حرارت بر دیود زنر را روی منحنی مشخصه ولت ـ آمپر مشاهده کنید و در گزارش کار خود، آن را کاملاً توضیح دهید.

هـ ـ مقاومت دیود زنر را در جریان‌های ۲mA، ۴mA، ۵mA و ۱۰mA حساب کنید (با استفاده از شکل ۵ـ۱۳).

و ـ در شکل ۴ـ۱۳ دیود زنر را معکوس کنید و منحنی نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را رسم و در مورد آن بحث کنید (منظور از بحث، بیان دلایل نقش بستن به این فرم روی صفحه‌ی حساس است).



شکل ۳ـ۱۳



اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
صفر را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.
CH۲ INV = فعال
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۲V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال

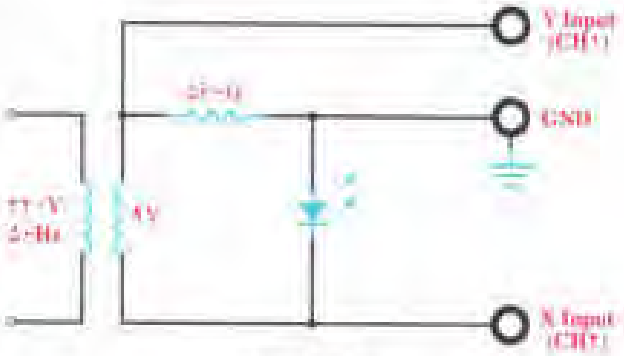
شکل ۵ ـ ۱۳

کار عملی ۴

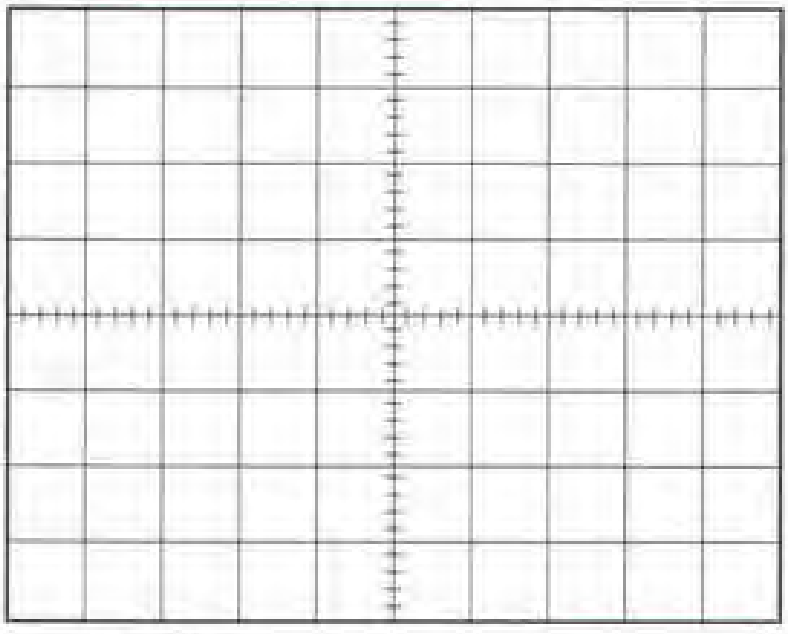
الف ـ مداری مطابق شکل ۶ـ۱۳ روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاه ببندید و ترمینال‌های مربوطه را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر دیود توردهنده را روی صفحه‌ی حساس مشاهده و در شکل ۷ـ۱۳ رسم کنید.

سؤال: ولتاژ آستانه‌ی هدایت کدام دیود (معمولی یا توردهنده) بیش‌تر است؟ چرا؟



شکل ۶ ـ ۱۳



اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
صفر را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.
CH۲ INV = فعال
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۱V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال

شکل ۷ ـ ۱۳

سؤال: آیا منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر دیود نور دهنده با دیود معمولی فرق دارد؟

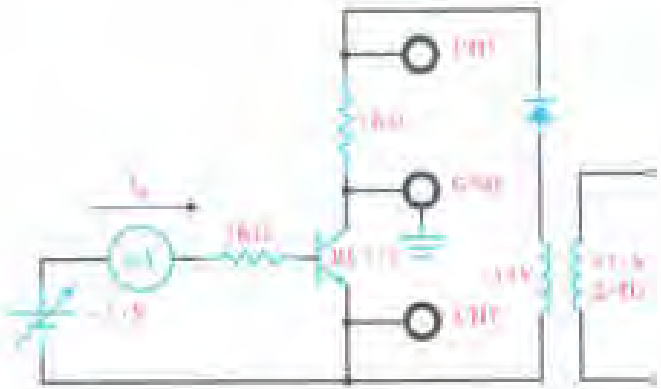
ج ـ به کمک هویه اندکی دیود نور دهنده را گرم کنید و اثرات حرارت را بر روی منحنی مشخصه‌ی آن مشاهده کنید و توضیح دهید.

سؤال: کدام دیود (معمولی، زنر و یا نور دهنده) در مقابل حرارت ناپایدار است؟

همان‌طور که از مدارهای شکل‌های ۱ـ۱۳ و ۴ـ۱۳ و ۶ـ۱۳ پیداست، آرایش مدار برای مشاهده‌ی دیود معمولی، دیود زنر و دیود نور دهنده یکسان است. در حالت کلی، عناصر نیمه‌هادی‌ای که دارای دو پایه هستند می‌توانند جایگزین این دیودها در این مدارها شوند و مشخصه‌ی ولت ـ آمپر آن‌ها روی صفحه‌ی حساس نقش ببندد. فقط باید هنگام قرار دادن عناصر دو پایه به‌جای دیود، مواظب باشیم که جریان بیش از مقدار نامی عنصر از آن عبور نکند و در ضمن ولتاژ نقطه‌ی تیز اندکی بیش‌تر از ولتاژ شکست آن‌ها باشد.

ترانزیستور: برای مشاهده و اندازه‌گیری‌های لازم منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر ترانزیستور، می‌توان از مدار شکل ۸ـ۱۳ استفاده کرد.

جریان I_C از مقاومت 1kΩ عبور و ولتاژ CH_1 یا V_C که در جهت عمودی اشعه را منحرف می‌کند بیانگر جریان کلکتور



شکل ۸ـ۱۳

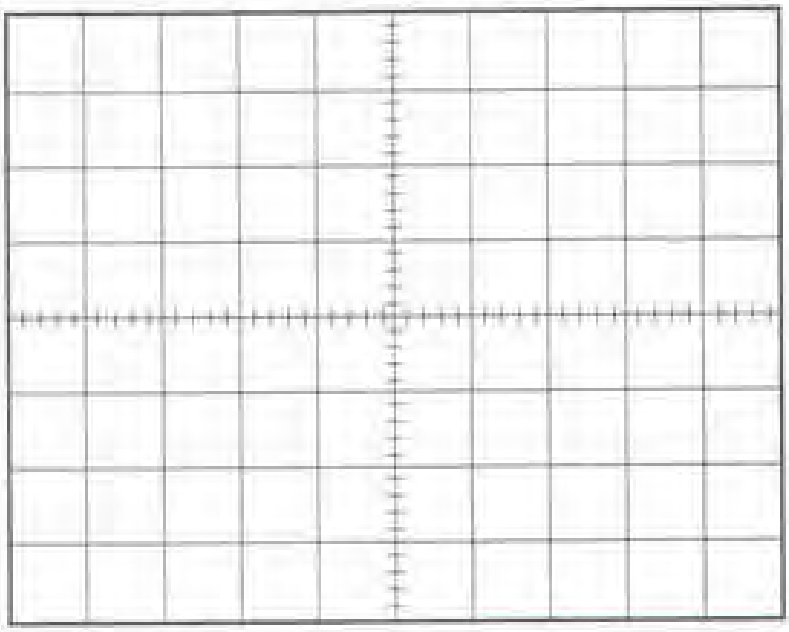
I_C است. ولتاژ CH_2 همان ولتاژ کلکتور امیتر (V_{CE}) است که اشعه را در جهت افقی منحرف می‌کند؛ لذا منحنی حاصل به‌صورت $I_C = f(V_{CE})$ به ازای یک I_B خواهد بود. در مدار فوق می‌توان I_B را با تغییر منبع ولتاژ تغییر داد.

کار عملی ۵

الف ـ مدار شکل ۸ـ۱۳ را روی برد بورد یا برد آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مربوطه را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

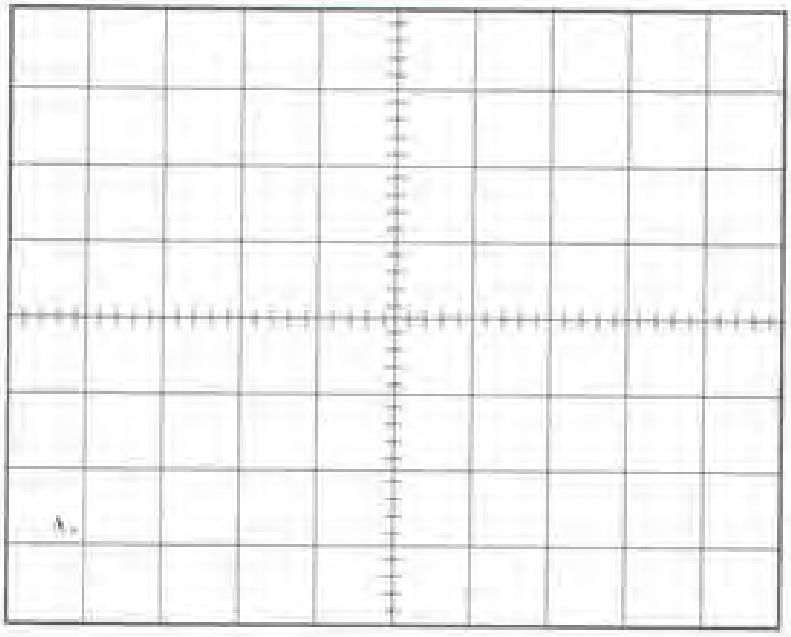
ب ـ منحنی ظاهر شده بر روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۹ـ۱۳ رسم کنید.

ج ـ بر روی شکل ۱۰ـ۱۳، به ازای ۱۰ جریان مختلف I_B ۱۰ منحنی $I_C = f(V_{CE})$ را که در ده مرحله (هر مرحله



شکل ۹ ـ ۱۳

CH1 INV = فعال
اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
صفر را در مرکز صفحه‌ی حساس تنظیم کنید.
Volt/Div = ۲V / Div CH1
Volt/Div = ۲V / Div CH2
برای هر دو کانال AC - GND - DC = DC



صفر را در نقطه‌ی ۸ تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۱V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال
CH۲ INV = فعال

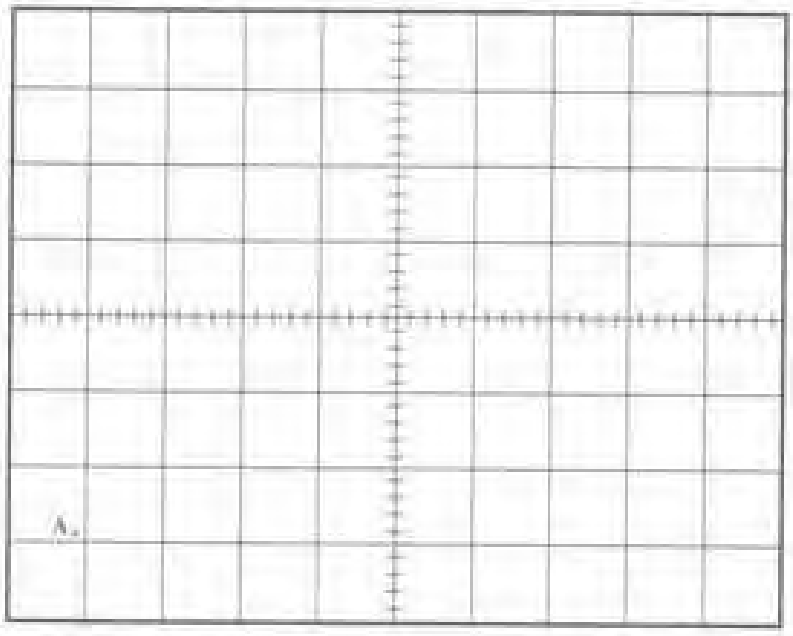
شکل ۱۰ـ۱۳

به‌ازای یک I_B روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد در شکل ۱۰ـ۱۳ رسم کنید.

د ـ موارد مرحله‌ی ج را با گرم کردن ترانزیستور به کمک هویه تکرار و منحنی‌های جدید را در شکل ۱۱ـ۱۳ رسم کنید.

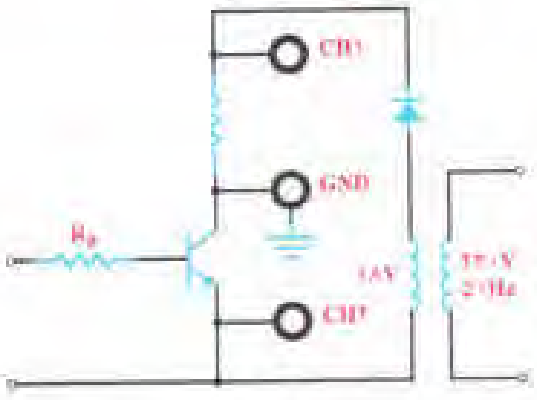
هـ ـ فرق منحنی‌های شکل‌های ۱۰ـ۱۳ و ۱۱ـ۱۳ در چیست؟ و چه عاملی باعث این تفاوت شده است؟ دقیقاً توضیح دهید.

اگر بخواهیم روی صفحه‌ی حساس، تعدادی منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر $I_C = f(V_{CE})$ داشته باشیم باید به پیس ترانزیستور، ولتاژی مطابق شکل ۱۲ـ۱۳ اعمال کنیم.



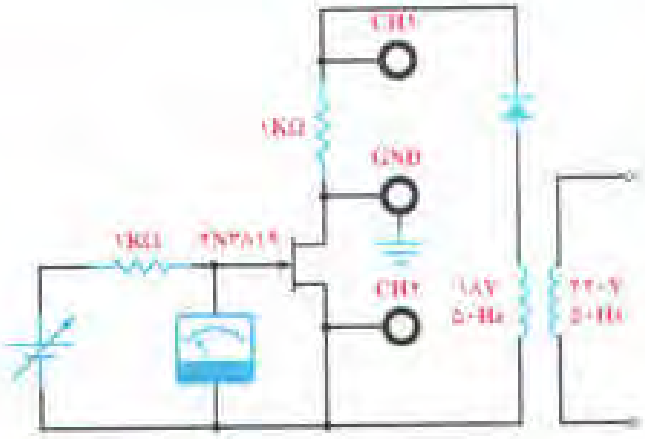
صفر را در نقطه‌ی ۸ تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۲V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال
CH۲ INV = فعال

شکل ۱۱ـ۱۳



شکل ۱۲ ـ ۱۳

* حال اگر به جای ترانزیستور معمولی در شکل ۸ ـ ۱۳، بخواهیم منحنی مشخصه‌ی ترانزیستور اثر میدانی (JFET) را روی صفحه‌ی حساس ببینیم، کافی است که به جای ترانزیستور معمولی، ترانزیستور اثر میدانی قرار دهیم. شکل ۱۳ـ۱۴ مدار موردنیاز برای مشاهده‌ی منحنی مشخصه‌ی ولت آمپر ترانزیستور اثر میدانی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳ ـ ۱۴

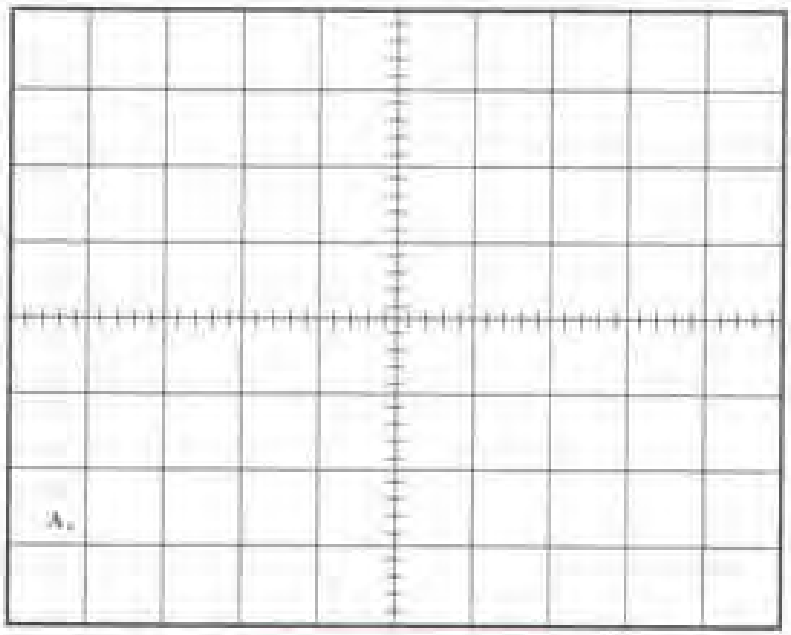
کار عملی ۶

الف ـ مدار شکل ۱۳ـ۱۴ را روی برد بُرد و یا بُرد آزمایشگاهی ببندید و ترمینال‌های مربوطه را به اسیلوسکوپ وصل کنید.

ب ـ منحنی مشخصه‌ی ولت ـ آمپر ترانزیستور (JFET) روی صفحه‌ی حساس به‌ازای یک V_{GS} که ولت‌متر موجود در مدار مقدار آن را نشان می‌دهد، نقش می‌بندد. منحنی نقش بسته روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۱۴ـ۱۳ رسم کنید.

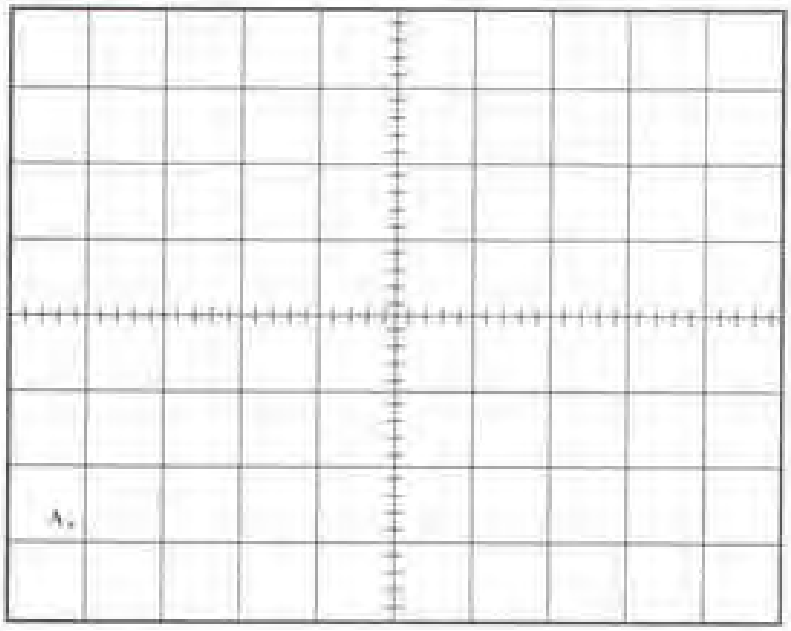
ج ـ بر روی شکل ۱۳ـ۱۳، به‌ازای ۵ ولتاژ مختلف گیت‌سورس (V_{GS}) پنج منحنی مختلف ($I_D = f(V_{DS})$) را که هر بار به‌ازای یک (V_{GS}) روی صفحه‌ی حساس نقش می‌بندد در شکل ۱۵ـ۱۳ رسم کنید.

* انجام آزمایش‌های مربوط به این قسمت برای هنرجویان اجباری نیست.



مکان صفر را در نقطه‌ی A تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۲V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال
CH۲ INV = فعال

شکل ۱۴ ـ ۱۳



مکان صفر را در نقطه‌ی A تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۲V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال
CH۲ INV = فعال

شکل ۱۵ ـ ۱۳

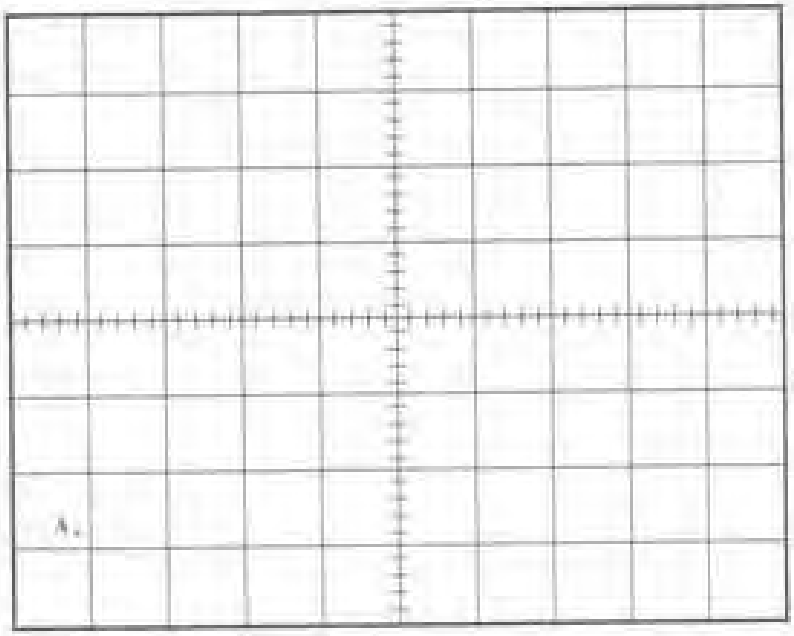
د ـ موارد مرحله‌ی ج را با گرم کردن ترانزیستور از میدانی به کمک هویه تکرار و منحنی‌های جدید را در شکل ۱۶ـ۱۳ رسم کنید.

سؤال: کدام نوع ترانزیستور (معمولی یا JFET) در مقابل حرارت پایدارتر است؟

به‌طور کلی کلیه‌ی المان‌های نیمه‌هادی را که دارای سه‌پایه باشند می‌توان در مدار شکل ۸ـ۱۳ قرار داد و منحنی و مشخصه‌ی ولت ـ آمپر آن‌ها را به‌دست آورد.

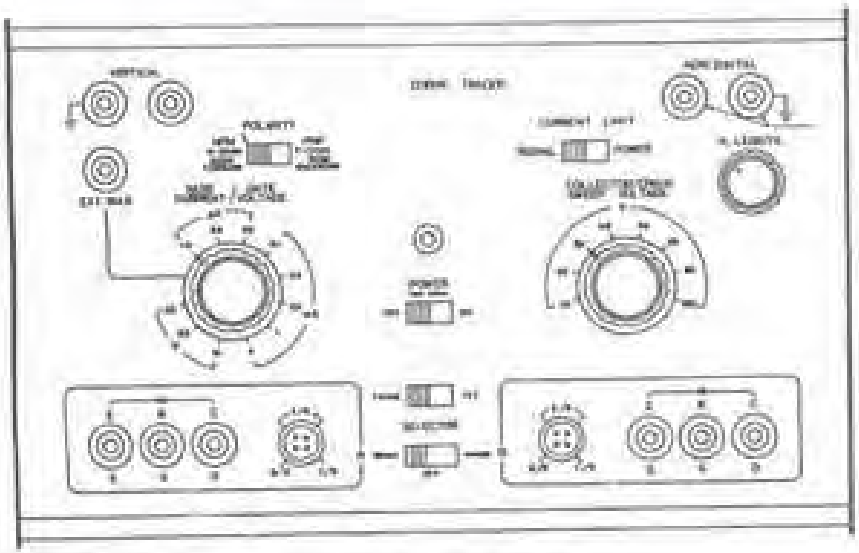
دستگاهی به‌نام کروتریسر (Curve Tracer) وجود دارد که مداری شبیه مدار شکل ۸ـ۱۳ در آن تعبیه شده است؛ ضمن آن‌که یک ولتاژ پله‌ای نیز تولید می‌کند. با استفاده از این شکل موج می‌توانیم تعدادی از منحنی را به‌طور همزمان (معمولاً در

مکان صفر را در نقطه‌ی ۸ تنظیم کنید.
اسیلوسکوپ را در حالت X - Y قرار دهید.
Volt / Div = ۲V / Div CH۱
Volt / Div = ۱V / Div CH۲
AC - GND - DC = DC برای هر دو کانال
CH۲INV = فعال



شکل ۱۶ـ۱۳

شکل ۱۷ـ۳ـ نمونه‌ای از دستگاه کروتریسر



شکل ۱۸ـ۱۳ـ پانل کروتریسر

ترنزیستورهای معمولی ۷ منحنی برای عناصر با نیمه‌هادی از جنس سیلیکون و ۸ منحنی برای عناصر با نیمه‌هادی از جنس ژرمانیوم را روی صفحه‌ی حساس ببینیم. شکل ظاهری این دستگاه در شکل ۱۷ـ۱۳ نشان داده شده است.

شکل ۱۸ـ۱۳ پانل کروتریسر را به‌وضوح نشان می‌دهد.

در شکل ۱۷ـ۱۳ و یا ۱۸ـ۱۳ ترانزیستور در سوکت مخصوصی قرار می‌گیرد و به کمک کلید سلکتور سمت چپ پله‌های جریان و یا ولتاژ را که به بیس ترانزیستور معمولی یا به‌گیت ترانزیستورهای (JFET) اعمال می‌شوند تعیین می‌کند و کلید سلکتور سمت راست مقدار ولتاژ اعمالی به کلکتور ـ امیتر ترانزیستور معمولی و یا درین ـ سورس ترانزیستور اثر میدانی را مشخص می‌کند و همچنین کلید (Current Limit) در حالت سیگنال، به‌ازای هر ولت ولتاژ روی صفحه‌ی حساس، مبین ۱ mA جریان بوده و در حالت Signal هر ولت ولتاژ، مبین ۱۰۰ mA جریان است.

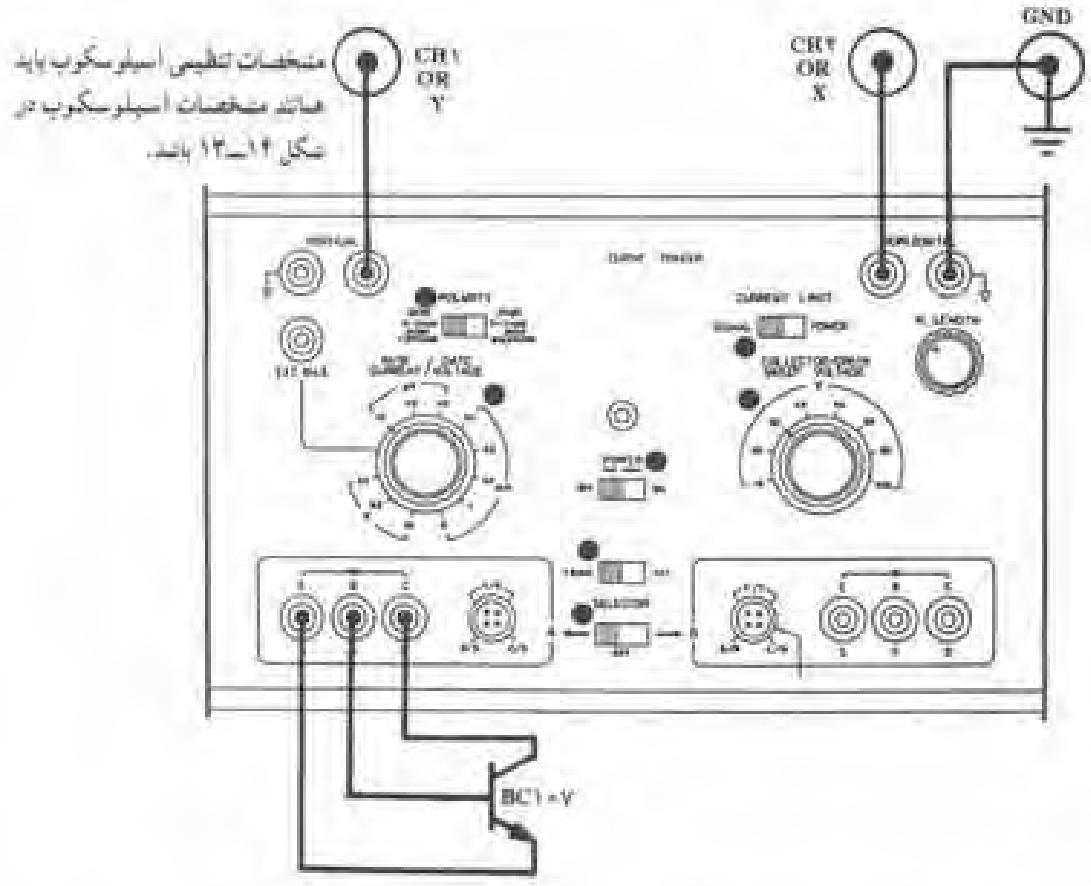
کار عملی ۷: درصورتی که این دستگاه در آزمایشگاه موجود است به کمک مربی آزمایشگاه از آن برای نشان دادن منحنی مشخصه‌های ولت ـ آمپر عناصر نیمه‌هادی استفاده کنید.

شکل ۱۹ـ۱۳ نحوه‌ی اتصال یک ترانزیستور معمولی را به کروتریسر و اتصال کروتریسر به اسیلوسکوپ را نشان می‌دهد. کلیدها باید در نقاط مشخص شده در شکل قرار گیرند.

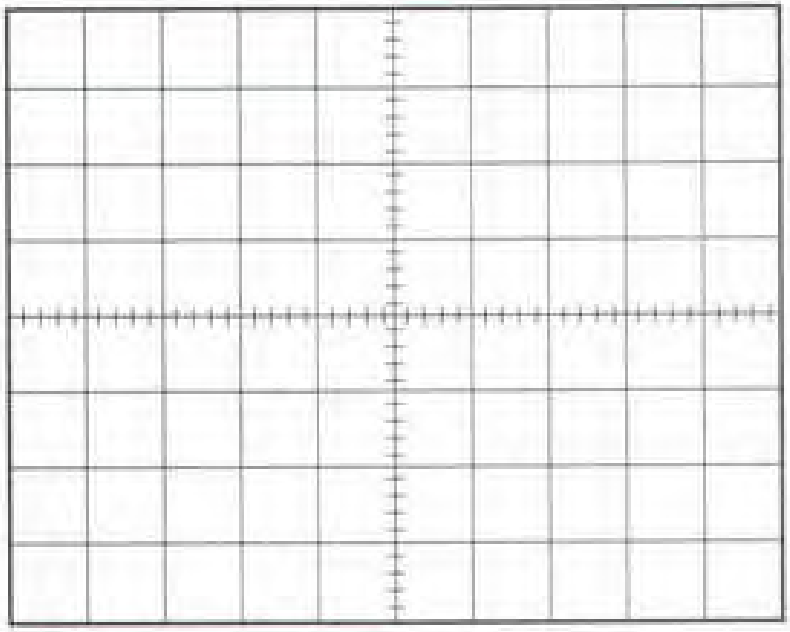
کار عملی ۸: اگر دستگاه کروتریسر در آزمایشگاه دارید مدار فوق را ببندید و منحنی‌های مشخصه‌ی ترانزیستور را روی صفحه‌ی حساس مشاهده و در شکل ۲۰ـ۱۳ رسم کنید.

سؤال: با توجه به آزمایش‌هایی که تاکنون انجام داده‌اید، چگونه می‌توان دیود سیلیکونی و ژرمانیومی را از یکدیگر تشخیص داد؟

سؤال: با توجه به شکل ۱۰ـ۱۳ مقدار β و h_{fe} ترانزیستور را در چند نقطه‌ی دلخواه به‌دست آورید.



شکل ۱۹ـ۱۳ـ نحوه‌ی اتصال ترانزیستور به کروتریسر و اتصال کروتریسر به اسیلوسکوپ



شکل ۲۰ـ۱۳

فصل چهاردهم

ساختمان آوومتر دیجیتالی

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

ـ کاربرد دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی را شرح دهد.

ـ مزایای دستگاه‌های دیجیتالی بر دستگاه‌های آنالوگ (عقربه‌ای) را توضیح دهد.

ـ ساختمان ولت‌متر دیجیتالی را شرح دهد و بتواند با استفاده از یک ولت‌متر دیجیتالی یک ولت‌متر مالتی‌رنج طرح کند.

ـ ساختمان اهم‌متر و آمپرمتر DC دیجیتالی را شرح داده و بتواند با استفاده از یک ولت‌متر دیجیتالی یک اهم‌متر چند رنج و یک آمپرمتر چندرنج طرح کند.

آوومتر دیجیتالی

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی مقادیر اندازه‌گیری شده را به‌صورت رقم یا ارقام روی صفحه‌ی نمایش (Display) نشان می‌دهند ؛ همچنین واحد کمیت اندازه‌گیری شده، مانند ولت، آمپر، میلی‌آمپر، درجه‌ی سانتی‌گراد و غیره را نیز به طریق مناسبی نمایش می‌دهند.

از جمله دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی می‌توان به‌ولت‌متر، آمپرمتر، وات‌متر، cos φ متر، فرکانس‌متر، دورشمارها، حرارت‌سنج و آوومتر اشاره نمود.

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی به‌دلیل نداشتن قطعات متحرک، از طول عمر بسیار بالایی (در صورت به‌کار بردن صحیح آن‌ها) برخوردار هستند و به‌عوامل فیزیکی همچون ارزش، درصد رطوبت، میزان تمیزی هوا و... حساس نیستند، ضمن آن‌که با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک دستگاه‌های ساخته شده‌ی امروزی بسیار دقیق‌تر هستند. علاوه بر این بعضی از این دستگاه‌ها را می‌توان به کامپیوتر متصل کرد به‌طوری که کامپیوتر مقدار کمیتی را که دستگاه روی صفحه نمایش می‌دهد ضمن نشان دادن ـ در فواصل زمانی معینی که تنظیم می‌کنیم ـ ثبت می‌کند. از دیگر مزایای اندازه‌گیری یک کمیت توسط سیستم دیجیتالی این است که وقتی مقدار این کمیت به کامپیوتر منتقل می‌گردد کامپیوتر می‌تواند در مورد مقدار این کمیت تصمیم‌گیری لازم را انجام نماید. مثلاً اگر مقدار آن کم‌تر از حدی است که قبلاً تنظیم شده است کامپیوتر می‌تواند فرمان خاصی را برای این منظور صادر نماید.

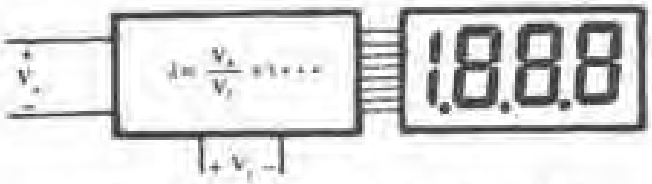
شکل (ـ۱۴ دو نمونه آوومتر دیجیتالی را نشان می‌دهد.

شکل ۱ـ۱۴ـ دو نمونه آوومتر دیجیتالی

قسمت اصلی یک آوومتر دیجیتالی ولت‌متر DC است، و این همانند آوومتر عقربه‌ای (آنالوگ) است که، چنان‌که می‌دانید، قسمت اصلی آن گالوانومتر دارسونوال می‌باشد. اساس کار یک ولت‌متر DC دیجیتالی بر مبنای مقایسه است، یعنی ولتاژ اعمال شده به ولت‌متر، با یک ولتاژ مرجع (معمولاً ۱۰۰ میلی‌ولت و در بعضی از آوومترها در رنج AC یک ولت) مقایسه می‌شود و نتیجه‌ی

مقایسه به کمک مدارات الکترونیکی و دیجیتالی به‌صورت رقم یا ارقام، که مبین مقدار ولتاژ DC اعمالی به ولت‌متر است روی صفحه‌ی نمایش آن ظاهر می‌گردد.

یک ولت‌متر DC دیجیتالی را به‌صورت شکل ۲ـ۱۴ می‌توان نشان داد.

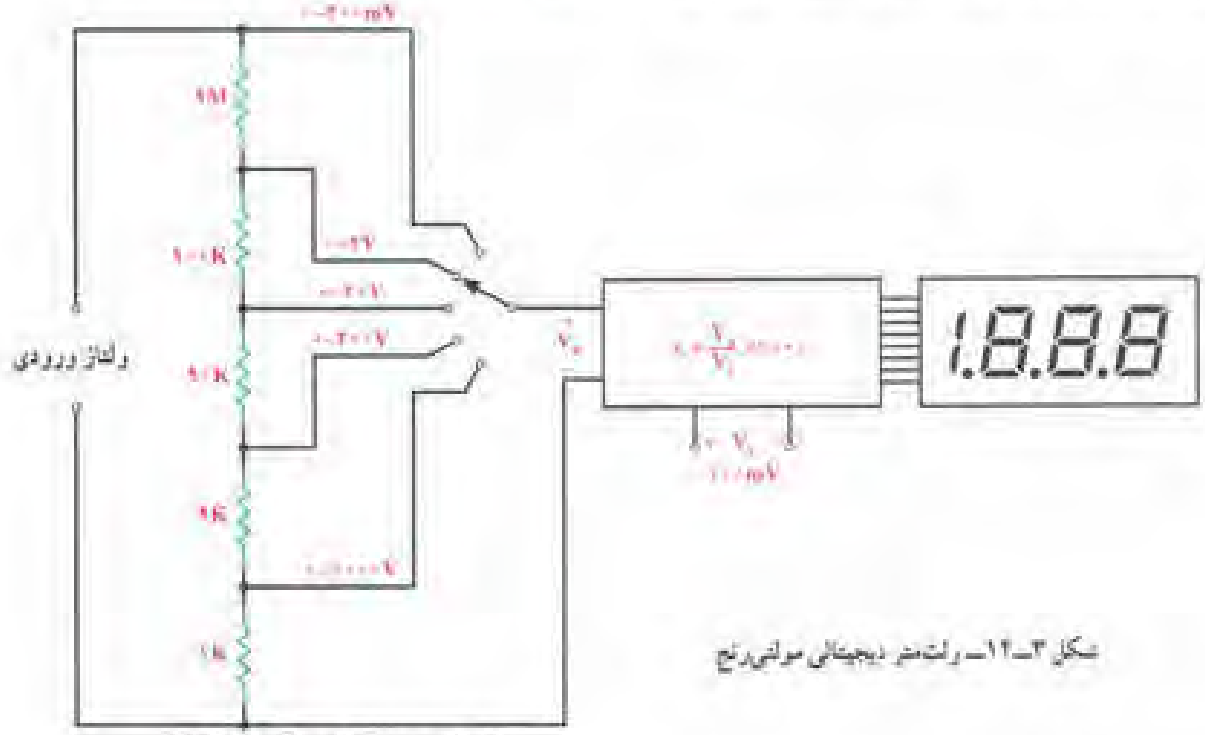


شکل ۲ـ۱۲ـ بلوک دیاگرام ساده‌ی یک ولت‌متر دیجیتالی

در بلوک دیاگرام شکل ۲ـ۱۴، V_x ولتاژ ورودی برای اندازه‌گیری است و V_r ولتاژ مرجع است که معمولاً مقدار آن را برابر ۱۰۰۰mv درنظر می‌گیرند. λ مقدار نمایش اعداد روی صفحه‌ی نمایش (Display) می‌باشد. با $V_r = 1000mv$، مقدار شمارش برابر:

$$\lambda = \frac{V_x}{1000m} \times 1000 = 1 \cdot V_x (mv)$$

چون حداکثر نمایش ارقام ۱۹۹۹ می‌باشد لذا V_x حداکثر می‌تواند ۱۹۹/۹ میلی‌ولت باشد. در حقیقت با ولت‌متر فوق می‌توان ولتاژ از صفر تا ۱۹۹/۹ میلی‌ولت را اندازه گرفت. اکثر ولت‌مترهای دیجیتالی برای اندازه‌گیری ولتاژ از صفر تا ۱۹۹/۹ میلی‌ولت ساخته می‌شوند. برای اندازه‌گیری ولتاژهای بیش‌تر از ۱۹۹/۹ میلی‌ولت، ولتاژ را در یک یا چند مقاومت اهمی افت می‌دهند. شکل ۳ـ۱۴ یک نمونه‌ی عملی ولت‌متر مولتی‌رنج (Multirange) را نشان می‌دهد.



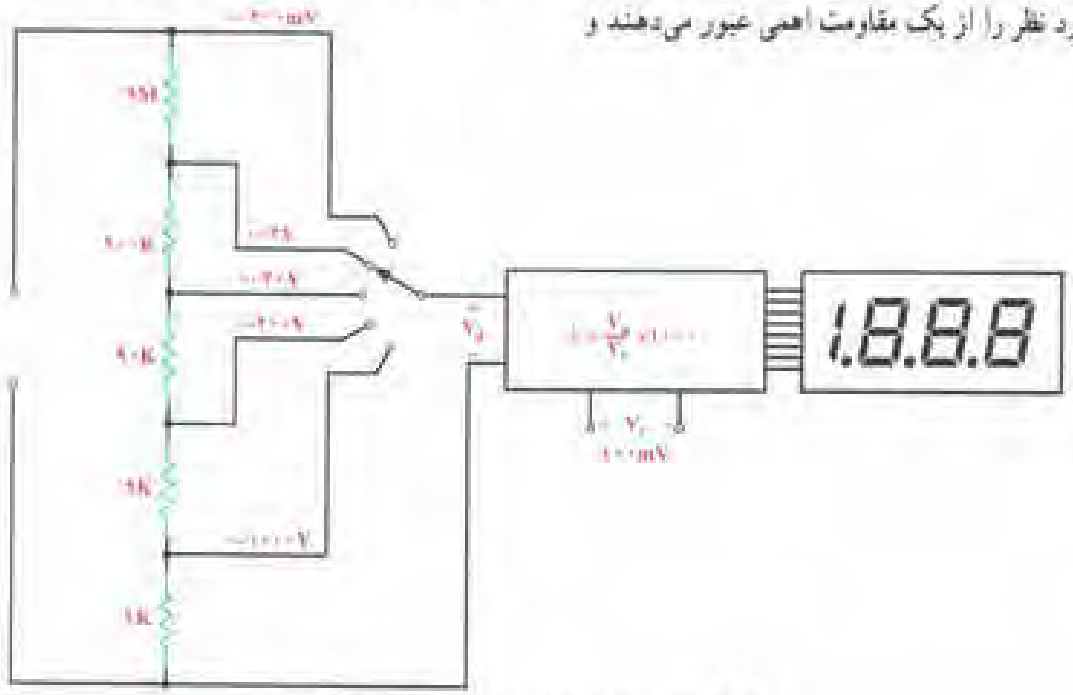
امپدانس ورودی این ولت‌متر در تمامی رنج‌ها ثابت و برابر ۱۰MΩ است.

شکل ۳ـ۱۴ـ ولت‌متر دیجیتالی مولتی‌رنج

امروزه اکثر ولت‌مترهای دیجیتالی دارای رنج اتوماتیک (Auto Range) هستند. رنج اتوماتیک به این‌صورت است که بعد از اعمال ولتاژ DC به ولت‌متر، ولت‌متر ابتدا به‌طور اتوماتیک رنج اول را انتخاب می‌کند و چنانچه 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 به‌صورت اتوماتیک، یک رنج بالاتر را انتخاب می‌کند و چنانچه ولتاژ مورد اندازه‌گیری در این رنج بود مقدار آن را اندازه می‌گیرد و اگر نبود مجدداً رنج بالاتر را انتخاب می‌کند تا این‌که بالاخره مقدار ولتاژ مورد اندازه‌گیری در رنج مورد انتخاب ولت‌متر باشد.

چنانچه ولتاژ مورد اندازه‌گیری AC باشد، بعد از کلید سلکتور و قبل از ورودی ولت‌متر، یک یکسوکننده همراه با

یک فیلتر قرار می‌گیرد تا ابتدا برق AC را تبدیل به DC نموده، سپس به ولت‌متر اعمال کند. برای اندازه‌گیری جریان‌های DC، ابتدا جریان مورد نظر را از یک مقاومت اهمی عبور می‌دهند و سپس افت ولتاژ دو سر آن را اندازه می‌گیرند. شکل ۴ـ۱۲ یک نمونه آمپرمتر را که در عمل ساخته می‌شود نشان می‌دهد.



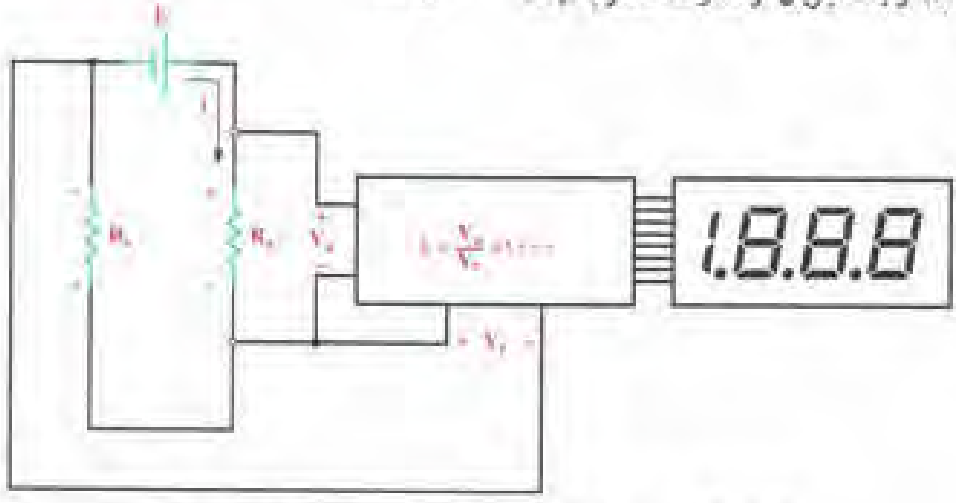
شکل ۴ـ۱۲ـ یک نمونه آمپرمتر مولتی رنج دیجیتالی

آمپرمترهای دیجیتالی معمولاً به‌صورت رنج اتوماتیک نیستند، بلکه با کلید سلکتور باید رنج مناسب را انتخاب نمود. درضمن چنانچه جریان مورد اندازه‌گیری AC باشد، بعد از کلید سلکتور توسّط یکسو کننده‌های الکترونیکی، ولتاژ افت داده شده در دو سر مقاومت‌ها ابتدا یکسو شده و سپس به ولت‌متر اعمال می‌شود.

برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی، ابتدا یک جریان از مقاومت مجهول (R_x) و یک جریان از مقاومت معلوم (R_s) عبور می‌کند، سپس ولتاژ دو سر مقاومت مجهول (R_x.i) به ورودی ولت‌متر دیجیتالی (V_x) و ولتاژ دو سر مقاومت معلوم (R_s.i) به ترمینال ولتاژ مرجع اعمال می‌شود. براساس رابطه‌ی زیر، مقدار نمایش، متناسب با مقاومت مجهول می‌باشد.

$$\lambda = \frac{V_x}{V_s} \times 1000 = \frac{R_x.i}{R_s.i} \times 1000 \qquad (۱۴ـ۱)$$

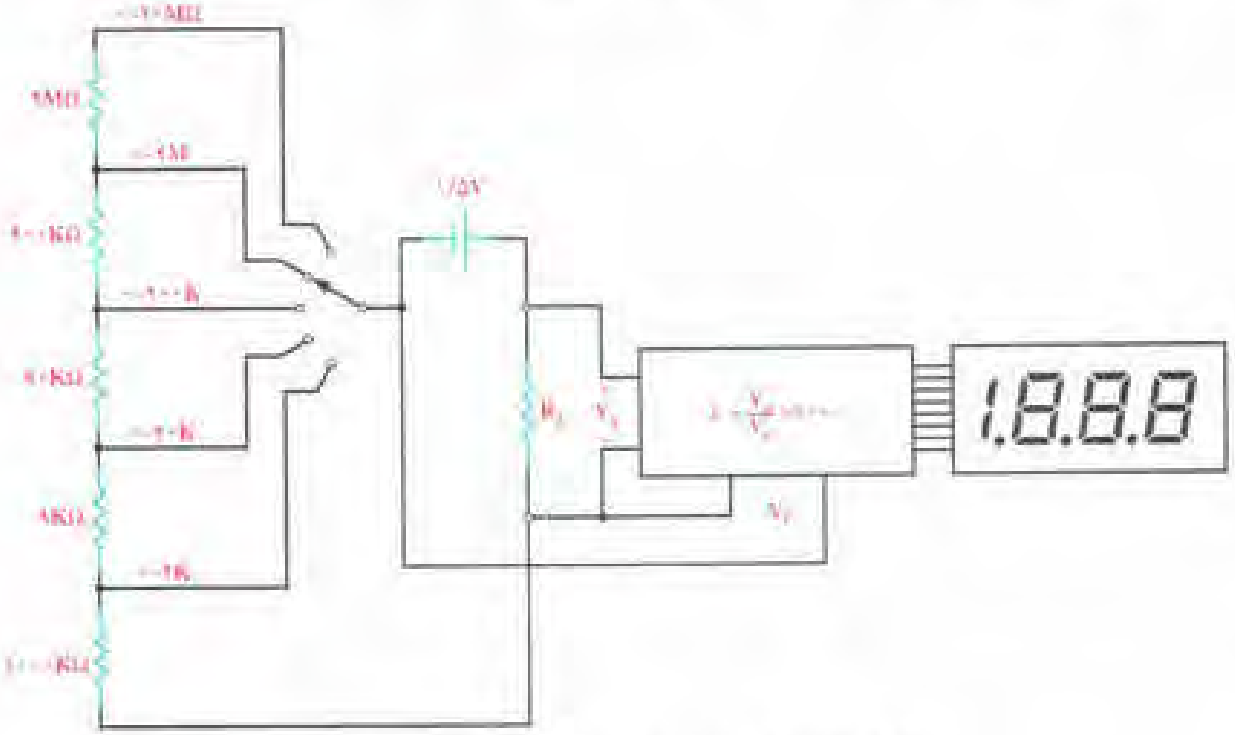
مدار اندازه‌گیری مقاومت اهمی مطابق شکل ۵ـ۱۲ می‌باشد.



شکل ۵ـ۱۲ـ نحوه‌ی اندازه‌گیری مقاومت اهمی به کمک ولت‌متر دیجیتالی

بنابر رابطه‌ی (۱ـ۱۴)، اگر $R_x = 10\Omega$ باشد مقدار λ برابر $10R_x$ می‌شود. از طرفی ماکزیمم λ برابر ۱۹۹۹ است. لذا ولت‌متر می‌تواند مقدار (R_x) از صفر تا ۱۹۹/۹Ω را با $R_x = 10\Omega$ اندازه بگیرد. اگر به‌جای یک مقاومت R_x، از چندین مقاومت استفاده نماییم می‌توانیم یک اهم‌متر مولتی‌رنج داشته باشیم. شکل ۶ـ۱۴ یک اهم‌متر مولتی‌رنج را نشان می‌دهد.

در یک آوومتر دیجیتالی، اگر ولت‌متر آن دارای رنج اتومانیک باشد (Auto Range) اهم‌متر آن نیز قطعاً اتورنج خواهد بود.



شکل ۶ـ۱۴ـ یک اهم‌متر مولتی رنج دیجیتالی (با استفاده از ولت‌متر)

اکثر آوومترهای دیجیتالی، دارای رنج اتومانیک، مجهز به‌کلیدی هستند که هرگاه بخواهیم می‌توانیم آوومتر را از رنج اتومانیک خارج نماییم و آن را به‌صورت دستی درآوریم.

هنرجویانی که مایل به ساختن ولت‌متر دیجیتالی و همچنین آزمایش ولت‌متر مولتی‌رنج، آمپرمتر و اهم‌متر هستند می‌توانند به‌کمک مربی خود نقشه‌ی صفحه‌ی بعد را که مربوط به یک ولت‌متر دیجیتالی است مونتاژ نمایند. قطعات قید شده در نقشه به فراوانی در بازار یافت می‌شوند. نشان‌دهنده‌ها از نوع آند مشترک می‌باشند.

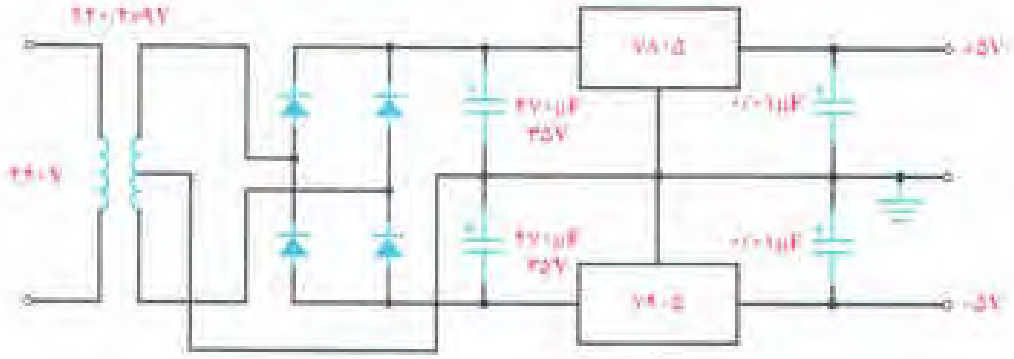
ابتدا بهتر است یک ولت‌متر DC را ساخته و آن را آزمایش کنید. هنگام آزمایش ابتدا یک ولتاژ مشخصی، مثلاً ۵۰ میلی‌ولت، را به ورودی اعمال کرده و پتانسیومتر R_9 را آن‌قدر تغییر دهید که عدد ۵۰ روی صفحه‌ی نمایش ظاهر گردد. این تنظیم برای همیشه کافی است.

نکته‌ی خیلی مهم

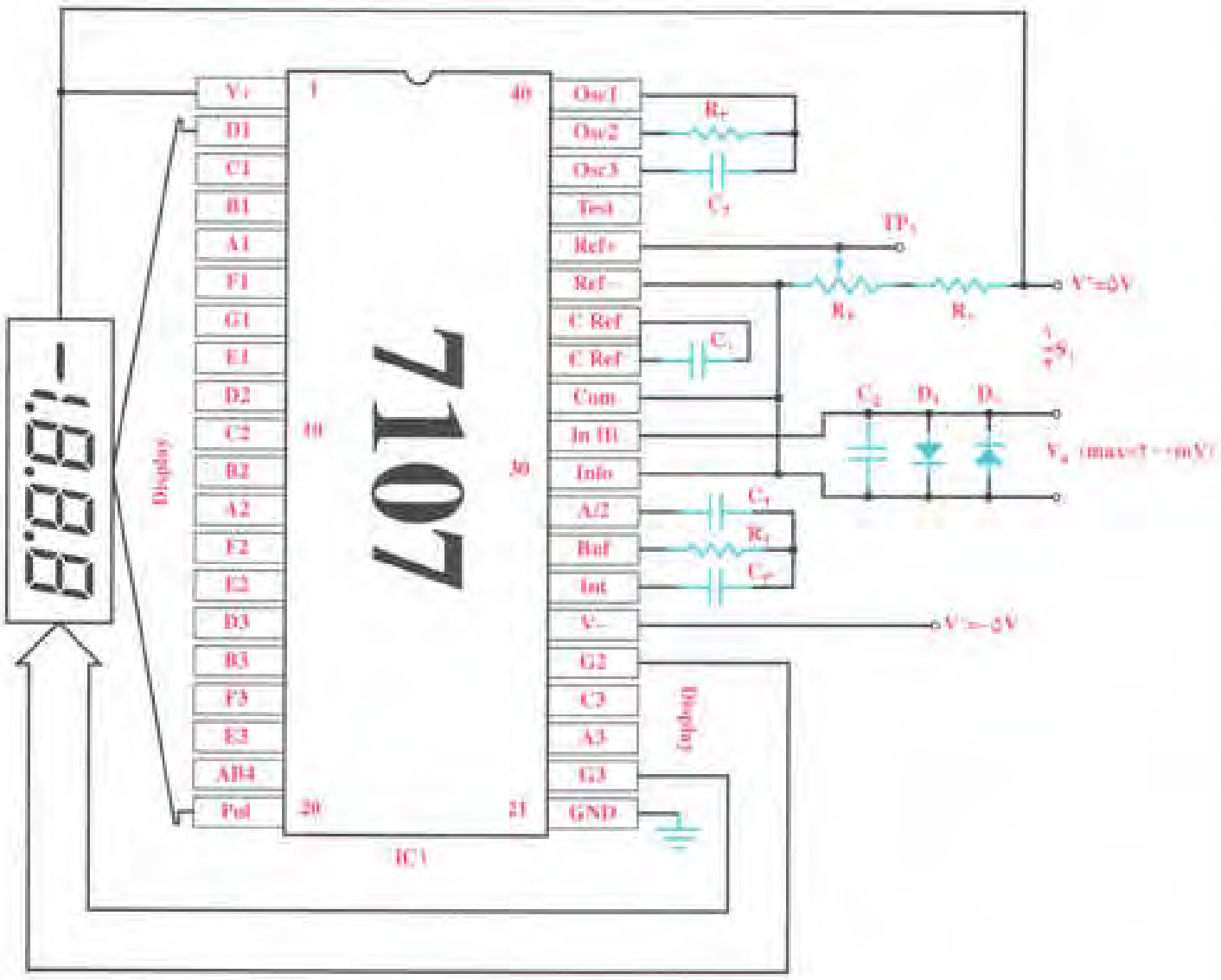
هیچ‌وقت با ولت‌متری که خودتان ساخته‌اید ولتاژ منبع تغذیه‌ای را که به IC ولت‌متر شما وصل شده است اندازه نگیرید، در غیر این‌صورت IC ولت‌متر شما می‌سوزد.

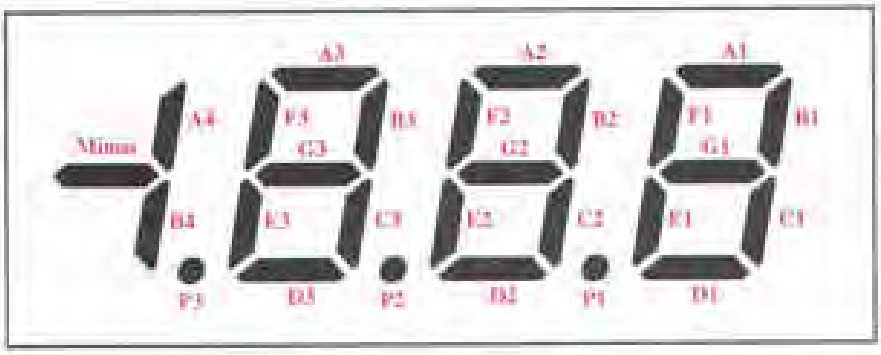
اگر خواستید با این ولت‌متر مقاومت‌های اهمی را اندازه بگیرید پایه‌های ۳۶ و ۳۵ را آزاد و به‌عنوان پایه‌ی V_x درنظر بگیرید. (۳۵ پایه‌ی منفی و ۳۶ پایه‌ی مثبت)

شکل ۷ـ۱۴ مدار تغذیه‌ی این IC را نشان می‌دهد.
5V+ به پایه ۱ و 5V− به پایه ۲۶ و زمین به پایه ۲۱، IC وصل می‌شوند.



شکل ۷ـ۱۴ـ مدار تغذیه‌ی ولت‌متر دیجیتالی





PARTS LIST

Resistors

$R_1 = 24\,k\Omega$

$R_2 = 47\,k\Omega$

$R_3 = 100\,k\Omega$

$R_4 = 1.\,k\Omega$

$R_5 = 9M\Omega$

$R_7 = 900\,k\Omega$

$R_8 = 90\,k\Omega$

$R_9 = 9\,k\Omega$

$R_{10} = 1\,k\Omega$

$R_{11} = 330\,k\Omega$

Capacitors

$C_1 = 0,1\mu F$

$C_2 = 0,47\mu F$

$C_3 = 0,22\mu F$

$C_4 = 100\,PF$

$C_5 = 0,01\mu F$

Semiconductors

$D_1 = D_2 = 1N4007$

$IC_1 = ICL7107$

Miscellaneous

Display type Common anod

$TP_1 = 100mV$

منابع و مآخذ

۱ــ کتاب الکترونیک عمومی سال سوم نظام قدیم

ناشر: مرکز نشر کتاب‌های درسی ایران

مؤلفان: بهرام خلج ــ فتح‌الله نظریان

۲ــ کاتالوگ مختلف دستگاه‌های اندازه‌گیری

ISBN 964-05-0264-2
شابک ۲-۲۶۴-۰۵-۹۶۴

۱۳۸۴

قیمت در تمام کشور - ۵۵۰ ریال