



آزمایش ۲

آشنایی با مولتی مترهای دیجیتال

هدف از این آزمایش :

استفاده صحیح از مولتی‌مترهای دیجیتال معمولی
چگونگی اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی با استفاده از مولتی‌مترهای دیجیتال
بررسی مقاومت داخلی مولتی‌متر در عملکردها و گستره‌های مختلف
بررسی بازه فرکانسی قابل قبول برای اندازه‌گیری و خطای مولتی‌متر در فرکانس‌های مختلف

✓ نمایش ولتاژ و جریان متناوب توسط مولتی‌متر

نمایش ولتاژ و جریان متناوب در مولتی‌مترهای دیجیتال معمولی همواره بر اساس مقدار مؤثر انجام می‌شود. با فرض سینوسی بودن شکل موج ولتاژ، این اندازه‌گیری و نمایش با در نظر گرفتن ضریب 0.707 معادل خواهد بود. این روش در بسیاری از مولتی‌مترهای دیجیتال امروزی وجود دارد، اگر چه می‌تواند دارای ساختاری باشند که این خطا را کمتر کنند. لذا هنگام اندازه‌گیری ولتاژها و جریان‌های غیرسینوسی باید مطمئن شد که ابزارها دچار خطای زیادی نمی‌شوند. در جایگاه‌هایی که اندازه‌گیری دقیق مورد نیاز است باید از مولتی‌مترهایی استفاده کرد که *True RMS* هستند. در اینگونه مولتی‌مترها مقدار دقیق مؤثر نشان داده می‌شود. در مولتی‌مترهایی که دارای این قابلیت می‌باشند، عبارت *True RMS* روی آنها درج شده است. رابطه مقدار مؤثر یا *RMS* سیگنال متناوب:

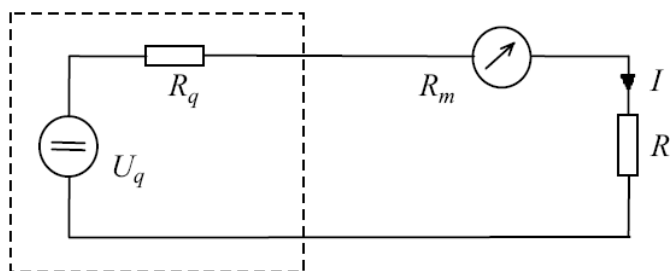
$$U_{eff} = U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (u(t))^2 dt}$$

✓ عملکرد اهم‌متر

عملکرد اهم‌مترهای دیجیتال نیز به این شکل است که در مدار داخلی شان با برقراری یک جریان ثابت روی مقاومت اندازه‌گیری، ولتاژ دو سر عنصر را می‌خواند و از تقسیم ولتاژی که می‌خواند به جریان ثابت عدد مقاومت را روی صفحه نمایش می‌دهد. از این رو برای اندازه‌گیری درست در این حالت نباید منبع جریان یا منبع ولتاژ دیگری در مدار اندازه‌گیری قرار داشته باشد.

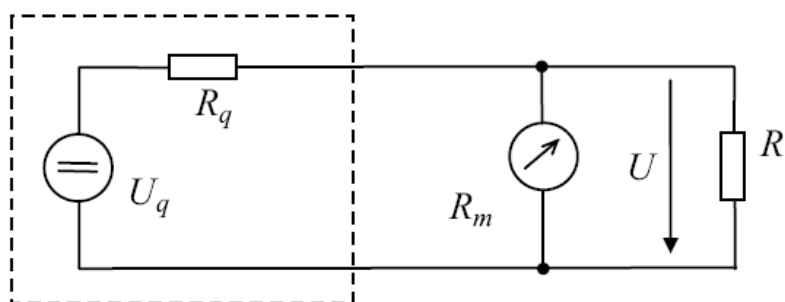
✓ نحوه قرارگیری مولتی‌مترها در مدار

آمپرمتتر به طور سری در مدار قرار می‌گیرد. در این حالت علاوه بر مقاومت داخلی منبع تغذیه، مقاومت داخلی آمپرمتتر نیز در مقدار اندازه‌گیری تأثیر می‌گذارد. به این تأثیر روی مقدار اندازه‌گیری شده، اثر بارگذاری آمپرمتتر و منبع تغذیه گفته می‌شود. در شکل (۲-۱) آمپرمتتر جریان I را اندازه می‌گیرد، R_m و R_q به ترتیب مقاومت داخلی آمپرمتتر و منبع تغذیه U_q می‌باشند.



شکل (۲-۱): نحوه قرارگیری آمپر متر در مدار

شکل (۲-۲) مدار اندازه‌گیری ولتاژ با ولت‌متر را نشان می‌دهد. در این حالت ولت‌متر به همراه مقاومت داخلی بزرگش موازی با مجموعه قرار می‌گیرد که با توجه به مقدار مقاومت مدار در حال اندازه‌گیری، اثر بارگذاری خواهیم داشت.



شکل (۲-۲): نحوه قرارگیری ولت‌متر در مدار

شرح آزمایش

✓ بررسی رابطه مقدار مورد نمایش و مقدار اندازه‌گیری شده در ولتاژهای متناوب

گام اول: با کمک سیگنال ژنراتور یک ولتاژ سینوسی با فرکانس قدرت (معمولاً به فرکانس‌های بین ۵۰ تا ۴۰۰ هرتز گفته می‌شود که در شبکه‌های برق‌رسانی استفاده می‌شوند. در هواپیماها برای سبک شدن ترانسفورماتورها، موتورهای ژنراتورها و ژنراتورها از برق ۴۰۰ هرتز استفاده می‌شود) و دامنه ۳ ولت تولید کرده، به اسیلوسکوپ و مولتی‌متر دستی در اختیاران متصل کنید. دقت کنید در اتصال مربوط به سیگنال ژنراتور سیم قرمز رنگ سیم سیگنال و سیم مشکی به معنی زمین است.

روی میز کار شما دو نوع مولتی‌متر قرار دارد، یکی از مولتی‌مترها دستی است که به راحتی قابل حمل و نقل می‌باشد. مولتی‌متر دیگر اصطلاحاً مولتی‌متر رومیزی گفته می‌شود که نیاز به برق شهر جهت تأمین تغذیه آن دارد. شکل‌های (۲-۳) و (۲-۴) نمونه‌هایی از این مولتی‌مترها را نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)

شکل (۲-۳): (الف) یک نمونه مولتی‌متر دستی (ب) یک نمونه مولتی‌متر دستی True RMS



شکل (۲-۴): مولتی‌متر رومیزی نمونه



گام دوم: مقدار قله ولتاژ را از اسیلوسکوپ با دقت قرائت کنید و با مقادیر نشان داده شده توسط مولتی‌متر دستی مقایسه نمایید. اعداد اندازه‌گیری را در جدول (۲-۱) یادداشت کنید.

حال با کمک دکمه‌های انتخاب شکل موج بر روی سیگنال ژنراتور، شکل موج مثلی را انتخاب کنید. اندازه‌گیری را مجدد انجام دهید. این کار را برای شکل موج مربعی نیز تکرار کنید.

جدول (۲-۱)

درصد خطای مولتی‌متر دستی	مقدار تئوری RMS سیگنال	مقدار قرائت شده توسط مولتی‌متر دستی	دامنه قرائت شده توسط اسیلوسکوپ	نوع شکل موج دریافتی از سیگنال ژنراتور
				سینوسی
				مثلی
				مربعی

۱- آیا مولتی‌متر در اختیارتان اندازه‌گیری دستی را ارائه می‌کند؟

۲- مدل مولتی‌متر رومیزی و دستی موجود روی میز کارتان را به همراه نام شرکت سازنده آنها در گزارش کار یادداشت کنید.

دقت کنید: در صورت تعویض مدل مولتی‌مترهای در اختیارتان در بخش‌های بعدی آزمایش، حتماً مدل مورد استفاده در آن بخش را یادداشت کنید.

✓ بررسی رفتار فرکانسی مولتی‌مترهای دیجیتال در حالت ولت‌متر

مشابه مرحله قبل سیگنال ژنراتور با دامنه ۳ ولت را به اسیلوسکوپ و مولتی‌متر دستی متصل کنید. شکل موج سینوسی را بر روی سیگنال ژنراتور انتخاب کنید.

۱- با تغییر فرکانس از ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۵۰ هرتز، مقادیر قله ولتاژ را از روی اسیلوسکوپ و مقادیر نشان داده شده توسط مولتی‌متر در گستره (۰,۰۰۰) را با هم مقایسه و در جدول (۲-۲) یادداشت کنید. گستره مولتی‌متر باید حتماً در حالت ۰,۰۰۰ تنظیم شود.

دقت کنید: به منظور صحت مقایسه مقادیر بدست آمده می‌توانید در صورت تغییر قله (دامنه) ولتاژ بر روی اسیلوسکوپ، با تنظیم سطح دامنه ولتاژ بر روی سیگنال ژنراتور مقدار آن را ثابت حفظ کنید.

جدول (۲-۲)

$f (Hz)$	۵۰	۱۰۰	۵۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰
اسیلوسکوپ									
مولتی‌متر دستی									

۲- مقادیر بدست آمده را بر اساس فرکانس ۱۰۰ هرتز برای مولتی‌متر یکه کنید (مقادیر بدست آمده را بر مقدار بدست آمده در ۱۰۰ هرتز مولتی‌متر تقسیم کنید) و بر حسب فرکانس در یک نمودار رسم کنید.

دقت کنید: برای مقایسه بهتر معمولاً این نمودار را بصورت نیمه لگاریتمی (محور فرکانس لگاریتمی باشد) نمایش می‌دهند که تمام دهه‌های فرکانسی به یک میزان نشان داده شوند. در غیر این صورت فرکانس‌های کمتر فضای بسیار کمی از نمودار را اشغال خواهند کرد و اطلاعات زیادی از آنها حاصل نمی‌شود. به شکل بدست آمده پاسخ فرکانسی مولتی‌متر می‌گویند.

۳- با استفاده از داده‌های جدول بالا، رفتار فرکانسی مولتی‌متر دستی را با توجه به پهنای باند و میزان نزدیکی به مشخصه ایده‌آل مورد بررسی قرار دهید.

✓ بررسی ولتاژ بایاس مستقیم و تشخیص کاتد و آنود دیود

گام اول: حالت $k\Omega$ را روی مولتی‌متر رومیزی انتخاب کنید.

گام دوم: در مولتی‌متر شرکت گودویل مدل $GDM-8034$ همزمان دو کلید 200Ω و $2k\Omega$ را فشار دهید تا مولتی‌متر در حالت تست دیودی قرار بگیرد (در مولتی‌متر شرکت ماتریکس مدل $MDM-8145$ تنها انتخاب کلید $2k\Omega$ کافی می‌باشد. به شکل دیود که در زیر کلیدها رسم شده دقت شود).

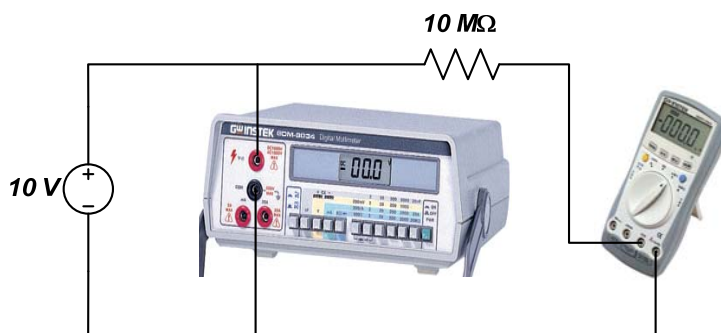
گام سوم: سیم مشکی رنگ را به COM و سیم قرمز رنگ را به $V-\Omega$ متصل کنید.

۱- با اتصال سرهای قرمز و مشکی به دو سر دیود مدل $1N4007$ ، ولتاژ بایاس مستقیم و هم چنین سرهای مثبت و منفی دیود را با توجه به خط روی دیودها تعیین کنید.

۲- چگونه می‌توان فهمید که دیود سالم است؟

✓ بررسی مقاومت ورودی مولتی‌متر در حالت ولت‌متر

گام اول: مقاومت ۱۰ مگا اهمی را با مولتی‌متر دستی در اختیارتان در حالت ولت‌متر سری کنید.
گام دوم: به کمک منابع تغذیه DC موجود روی میز آزمایشگاه، مطابق شکل (۲-۵) ولتاژ مستقیم ۱۰ ولت به مجموعه سری مقاومت و مولتی‌متر دستی اعمال کنید. در این شکل مولتی‌متر رومیزی به منظور اندازه‌گیری دقیق ولتاژ اعمالی به مجموعه سری ولت‌متر دستی و مقاومت ۱۰ مگا اهمی استفاده شده است. در صورتیکه نمایشگر منبع تغذیه دارای دقت کافی بوده و ولت‌متر رومیزی در دسترس نبود، استفاده از آن ضرورتی ندارد.



شکل (۲-۵): اندازه‌گیری مقاومت ورودی مولتی‌متر دستی در حالت ولت‌متر

۱- با کمک عدد قرائت شده توسط ولت‌متر دستی و قانون تقسیم ولتاژ بین مقاومت‌های سری، میزان مقاومت ورودی ولت‌متر دستی را بیابید. با تغییر ولتاژ منبع تغذیه و رنج ولت‌متر دستی جدول (۲-۳) را کامل کنید.

جدول (۲-۳)

گستره ولت‌متر دستی	$\dots V$	$\dots V$	$\dots mV$
ولتاژ منبع تغذیه (ولت)	$10 V$	$5 V$	$250 mV$
ولتاژ قرائت شده توسط ولت‌متر دستی			
مقاومت ورودی ولت‌متر دستی			

۲- آیا مقاومت ورودی به رنج انتخاب شده روی ولت‌متر بستگی دارد یا خیر؟

۳- مولتی‌متر رومیزی را در حالت اهم‌متر قرار دهید و به کمک آن مقدار مقاومت ورودی مولتی‌متر دستی را در حالت ولت‌متری اندازه‌گیری و در جدول (۲-۴) یادداشت کنید.

۴- آیا مقادیر بدست آمده با اعداد جدول (۲-۳) برابر هستند؟

جدول (۲-۴)

گستره ولت‌متر دستی	$\dots V$	$\dots V$	$\dots mV$
مقدار مقاومت ولت‌متر دستی قرائت شده توسط اهم‌متر			

۵- اگر مولتی‌متر در حالت *out of range* یا *over load* قرار بگیرد، نمایشگر چه چیزی را نشان می‌دهد؟

✓ بررسی مقاومت ورودی مولتی‌متر در حالت آمپر متر

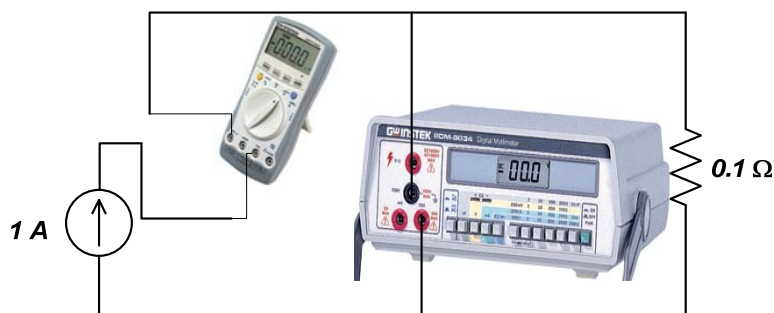
تمام مولتی‌مترهای دیجیتال به طور ذاتی اندازه‌گیر ولتاژ هستند و برای اندازه‌گیری جریان آن را با عبور از مقاومت شنت (موازی) تبدیل به ولتاژ می‌کنند و سپس با توجه به مشخص بودن مقدار مقاومت موازی می‌توانند مقدار جریان را نشان دهند.

گام اول: برای اندازه‌گیری این مقاومت، مولتی‌متر رومیزی را در حالت آمپر متر (اندازه‌گیری جریان در گستره آمپر) قرار داده و با مقاومت 0.1 اهمی (پتانسیومتر $0.1 \times$) موازی کنید.

دقت کنید: با توجه به اهمیت افت ولتاژ روی سیم‌های رابط باید از سیم‌های کوتاه و ضخیم جهت موازی کردن آنها بهره جست، در غیر این صورت مقاومت به دست آمده برای بعضی از گستره‌ها دارای خطای زیادی بوده و قابل قبول نمی‌باشد.

گام دوم: مولتی‌متر دستی را در حالت آمپر متر (اندازه‌گیری جریان در گستره آمپر) با مجموعه موازی مقاومت و آمپر متر رومیزی سری کنید.

گام سوم: از منبع تغذیه ولتاژ DC موجود روی میز آزمایشگاه استفاده کنید. در ابتدا سلکتور تنظیم جریان منبع تغذیه مورد نظر را در حالت حداقل قرار دهید و سپس منبع را به مجموعه کامل شده بالا مطابق شکل (۲-۶) متصل کنید. با افزایش سطح جریان منبع تغذیه به آرامی و قرائت آن توسط مولتی‌متر دستی مقدار جریان را به مقدار ۱ آمپر برسانید.



شکل (۲-۶): اندازه‌گیری مقاومت ورودی مولتی‌متر در حالت آمپر متر

۱- با کمک عدد قرائت شده توسط آمپر متر رومیزی و قانون تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی، مقدار مقاومت ورودی آمپر متر رومیزی را تعیین کنید. در هر گستره آمپر متر، مقدار مقاومت موازی را به گونه‌ای انتخاب کنید که جریان تقریباً به طور مساوی بین دو شاخه موازی تقسیم گردد. در این مرحله لازم می‌شود که از مقاومت‌های دهنده دیگری که در روی میز کارتان قرار دارد استفاده کنید. تغییر مقاومت نیز به این دلیل است که در همه گستره‌ها، مقاومت 0.1Ω منجر به تقسیم جریان مناسب جهت محاسبات نمی‌گردد. با کاهش جریان، تغییر گستره آمپر متر و مقدار مقاومت موازی با آن جدول (۲-۵) را کامل کنید.

دقت کنید: هنگام تغییر گستره آمپر متر از آمپر به میلی‌آمپر، اتصال پورت‌های آمپر مترهای رومیزی و دستی را بر حسب نیاز از آمپر به میلی‌آمپر جابه‌جا کنید.

دقت کنید: هرگز نباید جریانی بیش از گستره انتخاب شده از آمپر مترها عبور کند. چرا؟

۲- چه عوامل خطایی در این آزمایش وجود دارد؟

جدول (۲-۵)

گستره آمپر متر رومیزی	$20 A$	$2000 mA$	$20 mA$
جریان منبع تغذیه (آمپر)	$1 A$	$1 A$	$15 mA$
جریان قرائت شده توسط آمپر متر رومیزی			
مقدار مقاومت موازی شده با آمپر متر رومیزی			
مقاومت ورودی آمپر متر رومیزی			

۳- آیا مقاومت ورودی به گستره انتخاب شده روی آمپر متر بستگی دارد یا خیر؟



۴- مولتی‌متر دستی را در حالت اهم‌متر قرار دهید و به کمک آن مقدار مقاومت ورودی مولتی‌متر رومیزی را در حالت آمپر‌متر اندازه‌گیری و در جدول (۲-۶) یادداشت کنید.

۵- آیا مقادیر بدست آمده با اعداد جدول (۲-۵) برابر هستند؟

جدول (۲-۶)

گستره آمپر‌متر رومیزی	$20\ A$	$2000\ mA$	$20\ mA$	$200\ \mu A$
مقدار مقاومت آمپر‌متر رومیزی قرائت شده توسط اهم‌متر				