# آزمایش شمارهٔ ۳

زمان اجرا : ۶ ساعت آموزشی

## مقاومت متغیر

### هدف کلی آزمایش

اندازه‌گیری انواع مقاومت‌های متغیر در فضای آزمایشگاه واقعی و فضای نرم‌افزاری

**هدف‌های رفتاری** : پس از اجرای این آزمایش از فراگیرنده انتظار می‌رود که بتواند :

۱ــ مقدار مقاومت متغیر را اندازه بگیرد

۲ــ تفاوت مقاومت‌های متغیر خطی و غیرخطی را با توجه به زاویه گردش توضیح دهد

۳ــ انواع مقاومت‌های متغیر پله‌ای ، پیوسته و مولتی‌ترن (multiturn) را از یکدیگر تمیز دهد

۴ــ مقدار مقاومت تابع حرارت را با گرم و سرد کردن محیط آن اندازه بگیرد

۵ ــ مقدار مقاومت تابع نور را در تاریکی و روشنایی اندازه بگیرد

۶ــ با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم آزمایش شماره ۳ را شبیه‌سازی کند

۷ــ گزارش کار را به‌طور کامل و دقیق و مستند بنویسد

۸ ــ هدف‌های رفتاری در حیطهٔ عاطفی که در آزمایش اول آمده است را در این آزمایش نیز اجرا کند

### ۱ــ۳ــ اطلاعات اولیه

مقاومت‌ها را در انواع مقاومت های ثابت و متغیر می‌سازند. مقاومت‌های ثابت مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها تقریباً ثابت است. مقاومت‌هایی را که تاکنون در مورد آن‌ها صحبت کردیم از انواع مقاومت‌های ثابت هستند.

مقاومت‌های متغیر مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها قابل تغییر است. مقاومت‌های متغیر را در دو دسته به شرح زیر تقسیم می‌کنند.

- مقاومت‌های متغیر با تنظیم دستی
- مقاومت‌های متغیر تابع عوامل فیزیکی.

مقاومت‌های متغیر با تنظیم دستی یا قابل تنظیم، سه پایه دارند که دو پایهٔ آن ثابت و پایهٔ دیگر آن به یک لغزنده اتصال‌دارد و توسط یک محور یا با استفاده از پیچ‌گوشتی قابل تنظیم است. در شکل ۱ــ۳ چند نمونه مقاومت متغیر را ملاحظه می‌کنید. این نوع مقاومت‌ها را در اصطلاح عمومی

شکل ۱ــ۳ــ چند نمونه مقاومت متغیر

پتانسیومتر نیز (potentiometer) می‌نامند.

در شکل ۲ــ۳ ساختمان داخلی و نماد یک نمونه مقاومت متغیر را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۲ــ۳ــ ساختمان داخلی مقاومت

برای جست‌وجو در شبکهٔ اینترنت اگر از کلمهٔ potentiometer استفاده کنید، سریع‌تر و بهتر به نتیجه می‌رسید.

مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها در اثر عوامل فیزیکی مانند نور، حرارت و ولتاژ تغییر می‌کند. در این آزمایش به بررسی عملی انواع مقاومت‌های متغیر می‌پردازیم.

## ۲ــ۳ــ نکات ایمنی

نکات ایمنی ارائه شده در آزمایش‌های گذشته را در این آزمایش نیز رعایت کنید.

## ۳ــ۳ــ کار با نرم‌افزار

قبل از اجرای آزمایش در آزمایشگاه واقعی، آن‌ها را توسط نرم‌افزارهای ادیسون، مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار دیگری که در دسترس دارید اجرا نمایید.

در جلد اول کتاب آزمایشگاه مجازی کد ۳۵۸/۳ چگونگی استفاده از نرم‌افزارهای مولتی‌سیم و ادیسون به‌طور کامل آموزش داده شده است.

**نکتهٔ مهم :** از مربیان عزیز درخواست می‌شود قبل از اجرای آزمایش، آن‌ها را به‌صورت نرم‌افزاری برای دانش‌آموزان به نمایش درآورند.

## ۴ــ۳ــ قطعات، ابزار، تجهیزات و مواد موردنیاز

### تجهیزات و ابزار عمومی

ــ کیف ابزار معرفی شده در آزمایش شمارهٔ ۲

### تجهیزات و ابزار خاص

| | |
|---|---|
| ــ بردبُرد | ۱ قطعه |
| ــ سیم تلفن | به مقدار کافی |
| ــ مولتی‌متر دیجیتالی | ۱ دستگاه |
| ــ مقاومت متغیر از نوع B | ۲ عدد |
| ــ مقاومت متغیر از نوع A | ۲ عدد |
| ــ مقاومت متغیر با کلید | ۱ عدد |
| ــ مقاومت متغیر چند دور (مولتی‌ترن ــ multiturn) | ۱ عدد |
| ــ مقاومت تابع نور (LDR) | ۲ عدد |
| ــ مقاومت تابع حرارت (NTC) | ۱ عدد |
| ــ مقاومت تابع حرارت (PTC) | ۱ عدد |

**توجه:** پاسخ مواردی که با ستاره (*) مشخص شده است را در جلد دوم کتاب آزمایشگاه اندازه‌گیری بنویسید.

## ۵ــ۳ــ مراحل اجرای آزمایش

* **۱ــ۵ــ۳ــ** هدف کلی آزمایش را در جلد دوم کتاب آزمایشگاه اندازه‌گیری بنویسید.

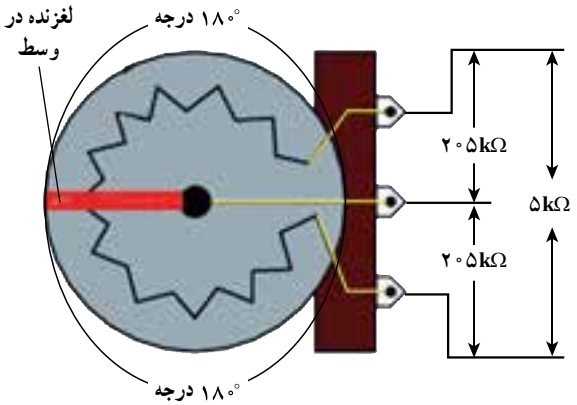
### مقاومت‌های متغیر قابل تنظیم ساده

**۲ــ۵ــ۳ــ** همان‌طور که اشاره شد مقاومت‌های متغیر

ساده دارای سه‌پایه هستند. معمولاً مقدار مقاومت متغیر را روی آن می‌نویسند. در شکل ۳ــ۳ مقدار نوشته شده روی یک نمونه مقاومت متغیر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۳ــ۳ــ مقدار نوشته شده روی مقاومت

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، در کنار نوشتهٔ ۵KΩ حرف انگلیسی B وجود دارد. حرف B نشان‌دهندهٔ تغییرات خطی مقاومت است. یعنی با تغییر زاویهٔ چرخش، مقدار مقاومت به‌صورت خطی تغییر می‌کند. به‌عبارت دیگر اگر اتصال لغزندهٔ مقاومت را دقیقاً در وسط دایره قرار دهیم، مقدار مقاومت بین پایهٔ متصل شده به لغزنده و دو پایه دیگر، مساوی و برابر با نصف مقدار مقاومت است. یعنی اگر مقدار یک مقاومت خطی برابر با ۵ کیلواهم باشد، با قرار گرفتن سر لغزنده روی ۱۸۰ درجه، مقدار مقاومتِ بینِ هریک از پایه‌ها و لغزنده برابر با ۲/۵ کیلو اهم خواهد شد (شکل ۴ــ۳).




شکل ۴ــ۳ــ شرایط پتانسیومتر خطی وقتی لغزنده در وسط قرار دارد

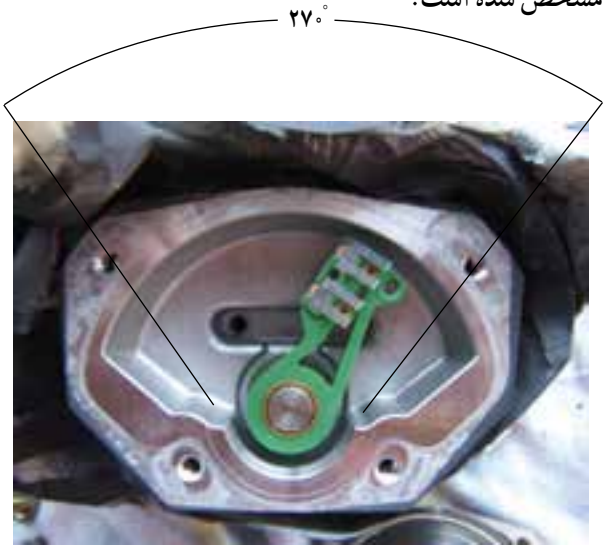
*۳ــ۵ــ۳ــ یک عدد مقاومت متغیر ساده از نوع خطی را در اختیار بگیرید شکل ظاهری آن را ترسیم کنید و مشخصات آن را در جدول ۱ــ۳ بنویسید. روی شکل پایه‌های ثابت و پایه‌های متصل به لغزنده را از طریق بررسی چشمی مشخص کنید.

**نکتهٔ مهم:** درصورتی که روی مقاومت متغیری مقدار مقاومت نوشته نشده باشد، باید به برگهٔ اطلاعات (Datasheet) مراجعه کنید یا از طریق اندازه‌گیری مقدار آن را به‌دست آورید.

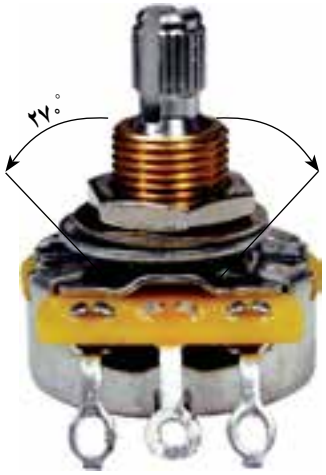
**۴ــ۵ــ۳ــ** مقاومت‌های متغیر مانند مقاومت‌های ثابت دارای توان ماکزیمم مجاز است. مقدار توان مجاز را در برگه اطلاعات، یا روی مقاومت یا روی بسته‌بندی مقاومت مشخص می‌کنند. علاوه بر توان، سایر مشخصات مقاومت متغیر مانند ولتاژ کار، تولرانس، نیروی گردشی و فشاری وارد بر مقاومت، درجه حرارت کار و زاویهٔ چرخش محور مقاومت را نیز مشخص می‌کنند.

زاویهٔ چرخش محور مقاومت عبارت است از زاویه‌ای که لغزنده می‌تواند روی لایهٔ مقاومت جابه‌جا شود.

در شکل ۵ــ۳ــ الف و ب زاویهٔ چرخش دو نمونه مقاومت مشخص شده است.




شکل ۵ــ۳ــ الف ــ زاویه چرخش ۲۷۰ درجه

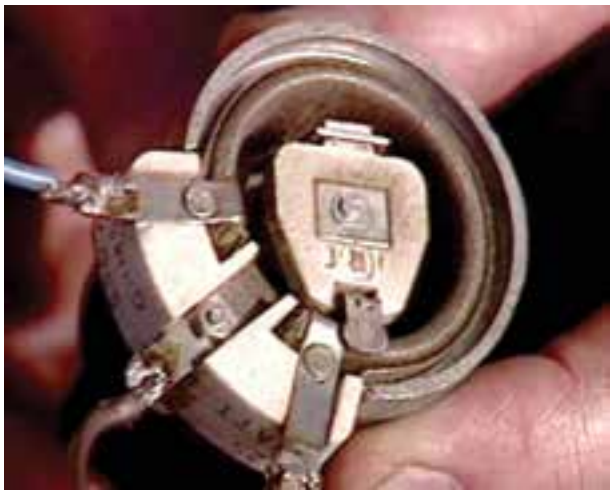



شکل ۵ــ۳ــ ب ــ زاویه چرخش در پتانسیومترهای معمولی ساده ۲۷۰ درجه

از آن‌جا که معمولاً قسمتی از کمان دایرهٔ مربوط به پتانسیومتر را پایه‌های خروجی می‌پوشاند، زاویهٔ چرخش پتانسیومترها معمولاً ۲۷۰ درجه است.

**نکتهٔ مهم:** توجه داشته باشید که محدودیت زاویهٔ چرخش فقط مربوط به مقاومت‌های متغیر ساده است.

* **۵ــ۵ــ۳ــ** زاویهٔ چرخش مقاومت متغیری را که در اختیار دارید و مقاومت متغیر نشان داده شده در شکل ۶ــ۳ را اندازه بگیرید و در جدول ۲ــ۳ یادداشت کنید.



شکل ۶ــ۳ــ اندازه‌گیری زاویهٔ چرخش

**۶ــ۵ــ۳ــ** مشخصات مقاومت متغیر را در برگهٔ اطلاعات یا (Datasheet) نیز ارائه می‌کنند. در شکل ۷ــ۳ یک نمونه مقاومت متغیر را ملاحظه می‌کنید.

- نوع مقاومت متغیر = ساده
- ماکزیمم ولتاژ کار = ۵۰VAC و ۲۰VDC
- تولرانس = ۲۰ درصد
- نیروی چرخشی قابل تحمل = ۰/۳ نیوتون متر
- نیروی فشاری و کششی قابل تحمل = ۵۰ نیوتون
- درجه حرارت کار از ۱۰- درجهٔ سانتی‌گراد تا ۷۰+ درجه سانتی‌گراد

- Single turn (280 degree) vertical type
- 50VAC or 20VDC maximum operating voltage
- +/- 20% resistance tolerance
- 0.3Nm stopper strength
- 50N maximum push-pull strength
- -10C to +70C operating temperature

شکل ۷ــ۳ــ مشخصات فنی یک نمونه مقاومت متغیر

* **۷ــ۵ــ۳ــ** با مراجعه به سایت‌های اینترنتی، مشخصات نمونهٔ دیگری از مقاومت متغیر را پیدا کنید و بنویسید.

**۸ــ۵ــ۳ــ** مقاومت‌های متغیر را به‌صورت غیرخطی نیز می‌سازند. در این نوع مقاومت‌ها، مقدار مقاومت متناسب با چرخش زاویهٔ لغزنده تغییر نمی‌کند. برای مثال، اگر محور را ۱۰ درجه تغییر دهیم و مقدار مقاومت از صفر به ۱۰۰ اهم برسد، در ده درجهٔ بعدی از ۱۰۰ اهم به ۱۰۰۰ اهم خواهد رسید. این نوع تغییرات را لگاریتمی می‌گویند. مقاومت‌های غیرخطی را با حرف A مشخص می‌کنند. برای مثال اگر مقاومت متغیر شکل ۳ــ۳ غیرخطی باشد، به‌جای حرف B، حرف A را روی آن می‌نویسند.

* **۹ــ۵ــ۳ــ** یک نمونه مقاومت متغیر غیرخطی را در

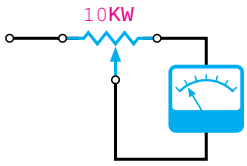
اختیار بگیرید و مشخصات فنی و میزان زاویهٔ چرخش آن را در جدول ۳ــ۳ یادداشت کنید.

### اندازه‌گیری مقاومت متغیر ساده

**۱۰ــ۵ــ۳ــ** برای اندازه‌گیری مقاومت متغیر ساده از حوزهٔ کار اهم‌متر مولتی‌متر دیجیتالی استفاده کنید. در شکل ۸ــ۳ چگونگی اتصال مولتی‌متر دیجیتالی به پتانسیومتر نشان داده شده است.

شکل ۸ــ۳ــ اتصال مقاومت متغیر به مولتی‌متر دیجیتالی

در شکل ۹ــ۳ روش دیگر اتصال مقاومت متغیر به مولتی‌متر دیجیتالی را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۹ــ۳ــ اتصال مقاومت متغیر با استفاده از گیرهٔ سوسماری

**توجه :** در صورت نیاز می‌توانید سیم تلفنی به پایه‌های مقاومت متغیر لحیم کنید و با اتصال آن به بردبُرد مقدار آن را اندازه‌گیری نمایید.

* **۱۱ــ۵ــ۳ــ** یک عدد مقاومت متغیر معمولی خطی و یک عدد مقاومت معمولی غیرخطی را در اختیار بگیرید و با استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی مقدار مقاومت بین دو پایهٔ ثابت را اندازه بگیرید و نتایج را در جدول ۴ــ۳ بنویسید. درحالی که اهم‌متر به مقاومت متغیر وصل است، محور مقاومت متغیر را بچرخانید و اثر آن را روی مقاومت بررسی کنید و توضیح دهید.

* **۱۲ــ۵ــ۳ــ** محور هریک از پتانسیومترها را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و مقاومت بین پایهٔ متصل شده به سر لغزنده و هریک از دو پایه را اندازه بگیرید. به منظور جلوگیری از اشتباه، پایه‌ها را طبق شکل ۱۰ــ۳ با حروف یا شماره مشخص کنید. نتایج را در جدول ۵ــ۳ بنویسید.

شکل ۱۰ــ۳ــ شماره‌گذاری پایه‌های مقاومت متغیر

* **۱۳ــ۵ــ۳ــ** محور مقاومت‌ها را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید و مقاومت بین پایه‌های «۲ و ۱» و «۲ و ۳» را اندازه بگیرید در جدول ۶ــ۳ یادداشت کنید.

* **۱۴ــ۵ــ۳ــ** جدول‌های شمارهٔ ۵ ــ۳ و ۶ ــ۳ را با هم مقایسه کنید و دربارهٔ عملکرد مقاومت متغیر توضیح دهید.

* **۱۵ــ۵ــ۳ــ** برای هریک از مقاومت‌ها، محور را به‌گونه‌ای بچرخانید که زاویهٔ چرخش پایهٔ وسط (متصل به لغزنده) نسبت به دو پایه دیگر برابر با ۱۸۰ درجه باشد. سپس مقاومت بین پایه‌های «۲ و ۱» و «۲ و ۳» را برای هریک از مقاومت‌ها اندازه بگیرید و در جدول ۷ــ۳ یادداشت کنید.

* **۱۶ــ۵ــ۳ــ** نتایج به‌دست آمده در جدول ۷ــ۳ را بررسی کنید و دربارهٔ آن توضیح دهید. آیا اندازه‌گیری‌های انجام شده، خطی بودن یا غیرخطی بودن مقاومت‌های متغیر را مشخص می‌کند؟ توضیح دهید.

### ولوم و سر ولوم

**۱۷ــ۵ــ۳ــ** از مقاومت متغیر برای تغییر و تنظیم ولتاژ یا جریان استفاده می‌کنند. توسط این مقاومت‌ها می‌توان حجم صدا یا شدت نور را تغییر داد. مقاومت‌های متغیر را در اصطلاح عمومی، ولوم (Volume) نیز می‌نامند. ولوم به معنی حجم است. برای این‌که بتوانیم میزان تغییرات را ملاحظه کنیم روی محور مقاومت دکمه‌ای را نصب می‌کنند که آن را سر ولوم می‌نامند. در شکل ۱۱ــ۳ چند نمونه سر ولوم را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۱۱ــ۳ــ چند نمونه سر ولوم

در شکل ۱۲ــ۳ یک نمونه ولوم و سر ولوم آن را ملاحظه می‌کنید.

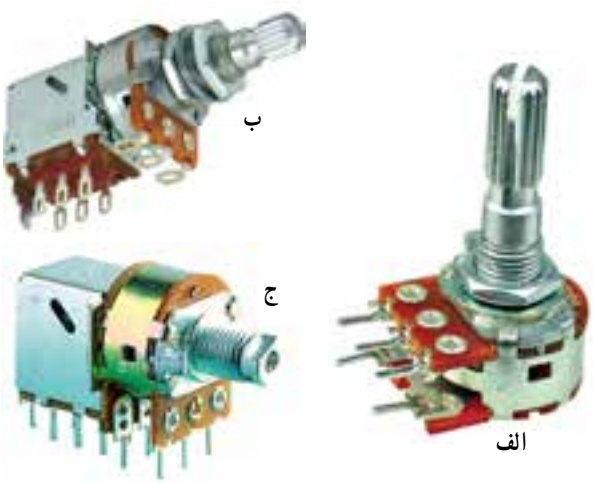
شکل ۱۲ــ۳ــ یک نمونه ولوم و سر ولوم

مراحل ۱۷ـ۵ـ۳ و ۱۸ـ۵ـ۳ را در صورت داشتن وقت اضافی انجام دهید.

* **۱۸ــ۵ــ۳ــ** یک مقاومت متغیر خطی را در اختیار بگیرید و آن را برحسب مقدار مقاومت درجه‌بندی کنید. شکل به‌دست آمده را رسم کنید.

### کلید ولوم

**۱۹ــ۵ ــ۳ــ** مقاومت‌های متغیر را به‌صورت ترکیبی با کلید «خاموش ــ روشن» (Off ON) نیز می‌سازند. در شکل ۱۳ــ۳ــ الف یک نمونه مقاومت متغیر با کلید خاموش و روشن را ملاحظه می‌کنید. این نوع مقاومت‌های متغیر را اصطلاحاً «کلید ــ ولوم» می‌نامند. در برخی از مقاومت‌های متغیر به‌جای یک کلید سادهٔ Off ON از کلیدهای ترکیبی چند حالته استفاده می‌کنند. در شکل ۱۳ــ۳ ــ ب و ج سه نمونه از این نوع «کلید ــ ولوم»ها آمده است.




شکل ۱۳ــ۳ــ سه نمونه کلید ولوم

در صورت داشتن وقت اضافی این مرحله را انجام دهید.

*۲۰ــ۵ــ۳ــ دو نمونه کلید ولوم در اختیار بگیرید، اتصال‌های مربوط به کلید آن را با اهم‌متر دیجیتالی شناسایی کنید. نماد کلید ولوم را ترسیم کنید.

۲۱ــ۵ــ۳ــ مقاومت‌های متغیر را به‌صورت چند طبقه نیز می‌سازند. از این نوع مقاومت‌ها در دستگاه‌های صوتی و تصویری مدرن استفاده می‌شود. در شکل ۱۴ــ۳ چند نمونه

شکل ۱۴ــ۳ــ چند نمونه مقاومت متغیر چند طبقه

مقاومت متغیر چندطبقه را مشاهده می‌کنید.

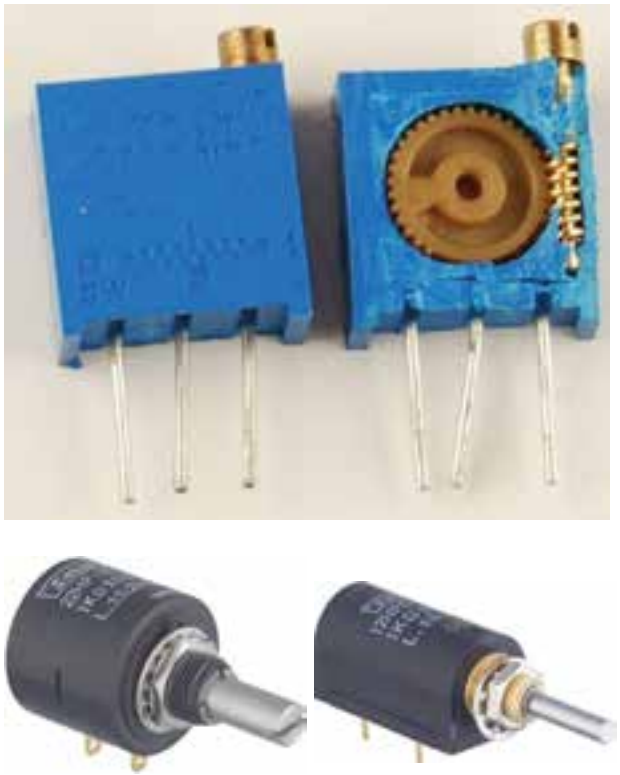
در صورت موجود بودن قطعات انجام دهید.

*۲۲ــ۵ــ۳ــ دو نمونه مقاومت متغیر چندطبقه را در اختیار بگیرید. مقاومت هر طبقه را اندازه بگیرید و مقدار آن را بنویسید. دربارهٔ نتایج به‌دست آمده توضیح دهید.

**مقاومت‌های چند دور مولتی‌تِرن**

**(multiturn variable Resistor)**

۲۳ــ۵ــ۳ــ زاویهٔ گردش مقاومت‌های متغیری را که تاکنون دربارهٔ آن بحث کردیم حداکثر ۳۰۰ درجه بود. مقاومت‌هایی ساخته شده‌اند که می‌توانند زاویهٔ گردشی برابر با چندین دور ۳۶۰ درجه داشته باشند. این مقاومت‌ها را مقاومت‌های متغیر چند دور یا مولتی‌تِرن (multiturn) می‌نامند. در شکل ۱۵ــ۳ چند نمونه از انواع این نوع مقاومت‌ها را مشاهده می‌کنید. تنوع و کاربرد این نوع مقاومت بسیار زیاد است.



شکل ۱۵ــ۳ــ سه نمونه مقاومت متغیر مولتی‌تِرن

در صورت موجود بودن قطعات انجام دهید.

* **۲۴ــ۵ــ۳ــ** دو عدد مقاومت متغیر مولتی‌ترن را در اختیار بگیرید. مقدار کل مقاومت و تعداد دور آن را مشخص کنید و بنویسید.

در برابر هر دور چرخش، مقدار مقاومت چه‌قدر تغییر می‌کند؟ مقاومت خطی است یا غیرخطی؟ توضیح دهید.

**۲۵ــ۵ــ۳ــ** همان‌طور که قبلاً اشاره شد مقاومت‌های متغیر را به‌صورت کشویی و قابل تنظیم با پیچ‌گوشتی نیز می‌سازند. درشکل ۱۶ــ۳ مجموعه‌ای از این نوع مقاومت‌ها را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۱۶ــ۳ــ مقاومت‌های متغیر کشویی، معمولی و قابل تنظیم با پیچ‌گوشتی

* **۲۶ــ۵ــ۳ــ** یک عدد مقاومت قابل تنظیم با پیچ‌گوشتی و یک عدد مقاومت متغیر کشویی در اختیار بگیرید و مراحل زیر را انجام دهید.

- شکل ظاهری آن‌ها را رسم کنید.
- مقدار مقاومت کل را برای هریک با مولتی‌متر دیجیتالی اندازه بگیرید.
- نوع مقاومت از نظر خطی بودن و غیرخطی بودن را مشخص کنید.

* **۲۷ــ۵ــ۳ــ** در نرم‌افزار ادیسون و مولتی‌سیم یا هر نرم‌افزار دیگری که در اختیار دارید، جست‌وجو کنید و انواع مقاومت‌های متغیر موجود در آن را شناسایی کنید و دربارهٔ آن توضیح دهید.

* **۲۸ــ۵ــ۳ــ** سه نمونه مقاومت متغیر موجود در نرم‌افزارهای ادیسون و مولتی‌سیم را انتخاب کنید. ابتدا مقادیر آن‌ها را اندازه بگیرید. سپس نوع آن‌ها را از نظر خطی یا غیرخطی بودن مشخص کنید. در نهایت مقادیر آن‌ها را تغییر دهید. دربارهٔ نتایج حاصل از این آزمایش توضیح دهید.

## مقاومت تابع حرارت

**۲۹ــ۵ــ۳ــ** مقاومت تابع حرارت را Temperature Dependent Resistor می‌نامند. این مقاومت‌ها در دو نوع ساخته می‌شوند.

- مقاومت‌های با ضریب حرارتی مثبت یا PTC (Positive Temperature Coefficient) مقدار این مقاومت‌ها با افزایش حرارت زیاد می‌شود. در شکل ۱۷ــ۳ چند نمونه مقاومت PTC را مشاهده می‌کنید.

مقدار مقاومت‌های PTC را به‌طور مستقیم یا با استفاده از کد عددی روی آن می‌نویسند.

شکل ۱۷ــ۳ــ چند نمونه PTC

از PTC برای کنترل و تشخیص درجه حرارت یا حفاظت دستگاه‌هایی که موتور الکتریکی دارند استفاده می‌کنند. درصورتی

که مقدار مقاومت تابع حرارت PTC روی آن نوشته نشده باشد باید به برگهٔ اطلاعات یا بسته‌بندی اصلی PTC یا اطلاعات داده شده توسط کارخانهٔ سازنده مراجعه کنید.

برای دست‌رسی به برگهٔ اطلاعات باید از شمارهٔ فنی درج شده روی PTC یا روی جعبه بسته‌بندی PTC استفاده نمایید.

* **۳۰ــ۵ــ۳ــ** تعداد دو عدد PTC در اختیار بگیرید و موارد زیر را اجرا نمایید.

- مشخصات فنی آن‌ها را بنویسید.
- آیا می‌توانید از روی مشخصات فنی آن، مقدار مقاومت‌های PTC را در جدول ۸ــ۳ بنویسید؟ درباره آن توضیح دهید.
- مقدار مقاومت PTCها را در درجه حرارت محیط با استفاده از اهم‌متر دیجیتالی اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- با استفاده از گرمای دست، هویهٔ قلمی ۲۰W، سشوار یا هر وسیلهٔ گرم‌کن دیگری، PTC را گرم کنید و مقدار مقاومت را درحالت گرم اندازه بگیرید و یادداشت کنید. آیا مقدار مقاومت تغییر کرده است؟ اگر مقاومت تغییر نکرده باشد علت را شرح دهید.

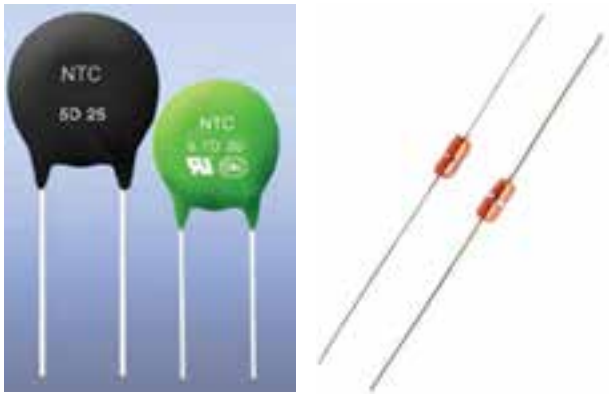
**نکته ایمنی :** هنگام گرم کردن PTC با هویه قلمی، فقط هویه را کمی به آن نزدیک کنید (هرگز نچسبانید)

* **۳۱ــ۵ــ۳ــ** مقادیر مقاومت‌های اندازه‌گیری شده برای PTC را در حالت درجه حرارت محیط و حالت گرم با هم مقایسه کنید و دربارهٔ آن توضیح دهید.

**برای هنرجویان علاقه‌مند**

* ۳۲ـ۵ـ۳ـ با مراجعه به سایت‌های اینترنتی مرتبط مانند google.com یا MSN.com کلمهٔ PTC resistor را جست‌وجو کنید و اطلاعات بیش‌تری را در مورد PTC کسب نمایید. نتایج حاصل را به کلاس ارائه دهید.

**۳۳ــ۵ــ۳ــ** یکی دیگر از انواع مقاومت‌های تابع حرارت، مقاومت با ضریب حرارتی منفی یا NTC است (Negative Temperature Coefficient) با افزایش درجه حرارت مقدار این نوع مقاومت کاهش می‌یابد. NTCها از نظر شکل ظاهری تقریباً مشابه PTCها هستند. مشخصات فنی NTCها را مشابه PTCها روی آن درج می‌کنند. یا در برگهٔ اطلاعات Data sheet می‌نویسند در شکل ۱۸ــ۳ چند نمونه NTC را ملاحظه می‌کنید.




شکل ۱۸ــ۳ــ چند نمونه NTC

همان‌طورکه از شکل‌های ۱۷ــ۳ و ۱۸ــ۳ مشاهده می‌شود، PTCها و NTCها از نظر شکل ظاهری تقریباً شبیه به هم هستند. PTC و NTC را به‌صورت مجتمع (IC) و در بسته‌بندی‌های چندتایی نیز می‌سازند.

درشکل ۱۹ــ۳ــ الف و ب مجموعه‌ای از NTCها و PTCها را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۹ــ۳ــ الف ــ PTC و NTC به‌صورت IC و نصب سطحی

شکل ۱۹ــ۳ــ ب ــ مجموعه‌ای از NTC و PTC به صورت قطعات جدا از هم

همان‌طورکه قبلاً اشاره شد درصورتی که روی قطعهٔ PTC یا NTC نوع آن مشخص نشده باشد از روی شکل ظاهری تشخیص آن‌ها امکان‌پذیر نیست. در این حالت از طریق آزمایش یا مراجعه به برگه اطلاعات می‌توانید نوع و مشخصات آن‌ها را تعیین کنید.

* **۳۴ــ ۵ ــ۳ــ** دو عدد NTC در اختیار بگیرید و مراحل زیر را انجام دهید.

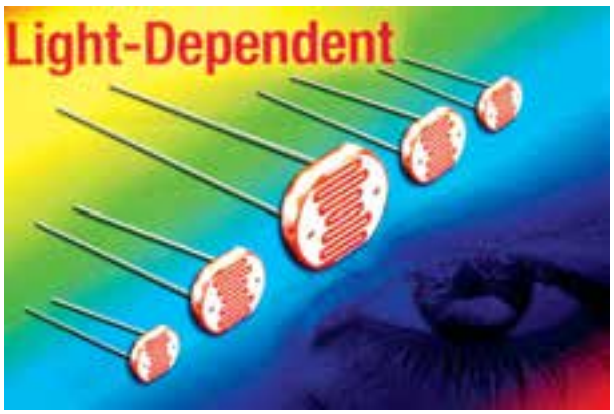
- مشخصات NTC را در جدول ۹ــ۳ بنویسید.
- مقدار مقاومت NTC را در درجه حرارت معمولی با مولتی‌متر دیجیتال اندازه بگیرید.
- NTC را مشابه PTC گرم کنید و مقاومت آن را اندازه بگیرید.
- مقادیر مقاومت درحالت سرد و گرم را با هم مقایسه کنید و دربارهٔ آن توضیح دهید.

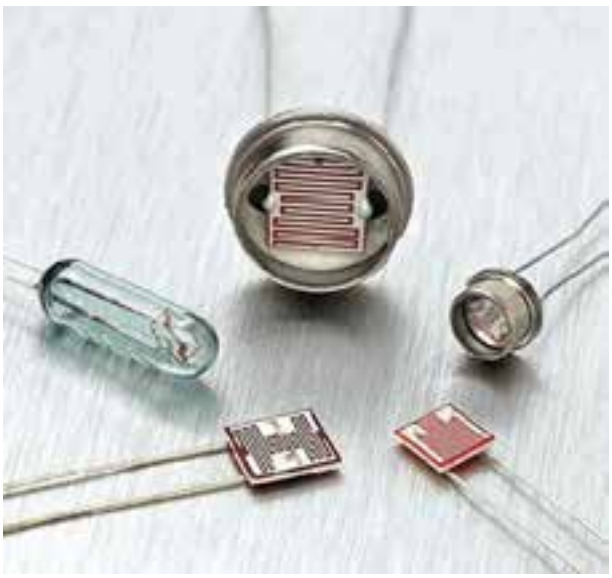
در صورت داشتن وقت اضافی مرحلهٔ ۳۵ــ ۵ ــ۳ را انجام دهید.

* **۳۵ــ ۵ــ۳ــ** تعدادی مقاومت PTC و NTC به‌صورت مدار مجتمع و نصب سطحی (SMD) در اختیار بگیرید و مشخصات فنی آن‌ها را به‌دست آورید، مقادیر آن‌ها را اندازه بگیرید و دربارهٔ آن‌ها توضیح دهید.

### مقاومت‌های تابع نور

**۳۶ــ۵ــ۳ــ** مقاومت‌های تابع نور را LDR می‌نامند. (Light Dependent Resistor) درصورتی که به این مقاومت‌ها نور تابانده شود مقدار مقاومت آن تغییر می‌کند (معمولاً کم می‌شود) مقاومت‌های تابع نور را فتورزیستور (Photo Resistor) نیز می‌نامند. درشکل ۲۰ــ۳ تصویر تعدادی از مقاومت‌های تابع نور را مشاهده می‌کنید.

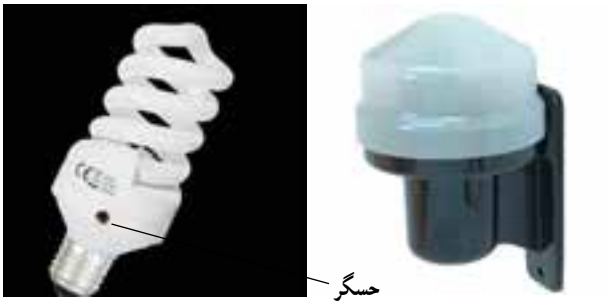


شکل ۲۰ــ۳ــ چند نمونه مقاومت تابع نور

**۳۷ــ۵ــ۳ــ** همان‌طورکه قبلاً اشاره شد PTC و NTC برای کنترل حرارت به‌کار می‌روند. مقاومت تابع نور برای کنترل نور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع قطعات را اصطلاحاً حس‌گر یا سنسور (Sensor) می‌نامند و کاربرد گسترده‌ای در صنایع و دستگاه‌های الکتریکی و الکترونیکی خانگی دارند. یکی از کاربردهای مقاومت تابع نور کنترل نور معابر است، درشکل ۲۱ــ۳ نمونه‌هایی از این نوع حسگرها را ملاحظه می‌کنید. در آزمایش شمارهٔ ۹ دربارهٔ سنسورها بیش‌تر بحث خواهیم کرد. مشخصات

فنی LDR را با استفاده از برگهٔ اطلاعات Datasheet ارائه شده توسط کارخانهٔ سازنده می‌توان تعیین نمود.




حسگر کنترل نور لامپ معابر　　لامپ کم‌مصرف با حسگر نوری

شکل ۲۱ــ۳ــ LDR به‌عنوان سنسور

* ۳۸ــ۵ــ۳ــ تعداد حداقل دو عدد LDR در اختیار بگیرید. مقدار مقاومت آن را در حالت تاریک و در حالت روشن اندازه‌گیری نمایید و مقادیر را در جدول ۱۰ــ۳ یادداشت کنید. در شکل ۲۲ــ۳ نحوهٔ اندازه‌گیری مقاومت LDR با مولتی‌متر دیجیتالی نشان داده شده است.

شکل ۲۲ــ۳ــ اندازه‌گیری مقاومت LDR

## * ۶ــ۳ــ جمع‌بندی

آن‌چه را که در این آزمایش انجام داده‌اید به‌طور خلاصه در ۱۰ سطر جمع‌بندی کنید.

## ۷ــ۳ــ الگوی پرسش

### کامل کردنی

**۱ــ۷ــ۳ــ** مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی، مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها در اثر عواملی مانند.....، ..... و ..... تغییر می‌کنند.

**۲ــ۷ــ۳ــ** روی مقاومت متغیری حروف B10kΩ نوشته شده است. B به مفهوم..... است.

**۳ــ۷ــ۳ــ** زاویهٔ چرخش مقاومت‌های متغیر معمولی، در حدود..... تا ..... درجه است.

### صحیح یا غلط

**۴ــ۷ــ۳ــ** در datasheet مربوط به مقاومت متغیری نوشته شده است، 10 to 70C Operating Temperature حداکثر درجهٔ حرارت کار این مقاومت متغیر ۶۰ درجه سانتی‌گراد است.

صحیح ☐　　غلط ☐

**۵ــ۷ــ۳ــ** حرف A روی مقاومت متغیر معرف تغییرات مقاومت به‌صورت خطی است.

صحیح ☐　　غلط ☐

### چهار گزینه‌ای

**۶ــ۷ــ۳ــ** مقاومت‌های مولتی‌ترن (Multi turn) دارای حداکثر زاویه گردش..... هستند.

۱) ۳۰۰ درجه

۲) ۳۶۰ درجه

۳) چندین دور ۳۶۰ درجه

۴) ۲۷۰ درجه.

**۷ــ۷ــ۳ــ** با افزایش دما مقدار اهم مقاومت PTC..... و با کاهش دما مقدار اهم مقاومت NTC..... می‌یابد.

۱) افزایش ــ کاهش

۲) افزایش ــ افزایش

۳) کاهش ــ افزایش

۴) کاهش ــ کاهش

**تشریحی**

**۸ــ۷ــ۳ــ** چگونگی تغییر مقدار اهم مقاومت‌های متغیر خطی و لگاریتمی را شرح دهید.

**۹ــ۷ــ۳ــ** مفهوم زاویهٔ گردش در مقاومت متغیر را شرح دهید. زاویهٔ گردش در مقاومت‌های متغیر معمولی چند درجه است؟

زاویهٔ گردش مقاومت‌های مولتی‌ترن چند درجه است؟

**۱۰ــ۷ــ۳ــ** کاربرد کلیدی که در، «کلید ولوم» قرار دارد را شرح دهید.

**۱۱ــ۷ــ۳ــ** NTC و PTC اول کدام کلمات انگلیسی هستند؟ کلمات انگلیسی آن‌ها را بنویسید.

**۱۲ــ۷ــ۳ــ** با افزایش نور مقاومت LDR کم می‌شود یا زیاد؟ کاربرد این مقاومت را شرح دهید.

## ۸ــ۳ــ ارزش‌یابی

پس از پاسخ‌گویی به سؤال‌های الگوی پرسش و تکمیل کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی، در تاریخ تعیین شده توسط مربی، کتاب گزارش کار را جهت ارزش‌یابی ارائه کنید.

# آزمایش شمارهٔ ۴

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

## کار با سیگنال ژنراتور صوتی و فرکانس‌متر

### هدف کلی آزمایش

آشنایی با دکمه‌ها و سلکتورهای دستگاه سیگنال ژنراتور AF و فرکانس‌متر با استفاده از دفترچهٔ راهنمای آن

**هدف‌های رفتاری** : پس از پایان این آزمایش از فراگیرنده انتظار می‌رود که بتواند :

۱ــ اطلاعات فنی کاربردی را از کاتالوگ یک نمونه دستگاه سیگنال ژنراتور صوتی استخراج کند

۲ــ طریقهٔ تنظیم فرکانس و دامنه را در سیگنال ژنراتور توضیح دهد

۳ــ چگونگی فرم‌دادن به سیگنال‌های اعوجاج‌دار به کمک سیگنال ژنراتور صوتی را شرح دهد

۴ــ تضعیف کننده‌ها و مقدار تضعیف را برحسب دسی‌بل توضیح دهد

۵ ــ عملاً از دکمه‌های تضعیف کننده استفاده کند

۶ــ فانکشن ژنراتور را تعریف کند

۷ــ کاربرد دکمه‌های روی پانل و پشت دستگاه فانکشن ژنراتور را شرح دهد

۸ ــ از سیگنال ژنراتور در مواقع ضروری عملاً استفاده کند

۹ ــ کاربرد دکمه‌های فرکانس متر را توضیح دهد

۱۰ــ به کمک فرکانس متر دیجیتالی، فرکانس سیگنال‌های مختلف را عملاً اندازه بگیرد

۱۱ــ با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم، کاربرد سیگنال ژنراتور و فرکانس متر دیجیتالی را شبیه‌سازی کند

۱۲ــ گزارش کار را به‌طور کامل، دقیق و مستند بنویسد

۱۳ــ هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی که در آزمایش اول آمده است را در این آزمایش نیز اجرا کند

### ۱ــ۴ــ اطلاعات اولیه

در این آزمایش با کاربرد دو نمونه دستگاه آزمایشگاهی آشنا می‌شوید. نام این دستگاه‌ها به شرح زیر است.

- **سیگنال ژنراتور AF**

(Audio Frequency Signal Generator)

یا مولد سیگنال‌های صوتی

- فرکانس‌متر Frequency meter یا Frequency counter

دستگاه مولد سیگنال‌های صوتی یا AF یک دستگاه آزمایشگاهی است که می‌تواند سیگنال‌های سینوسی و مربعی در محدودهٔ فرکانسی چند هرتز تا ۱۰۰ کیلوهرتز و یا فرکانس‌های بیش‌تر تا حدود یک مگاهرتز (۱MHz) را تولید کند. این دستگاه در واقع یک مولد است که انرژی خود را از طریق باتری یا برق شهر تأمین می‌کند.

دستگاه فرکانس‌متر دستگاهی است که می‌تواند مقدار فرکانس موج سینوسی را اندازه بگیرد. محدودهٔ کار دستگاه فرکانس‌متر متنوع است و توسط کارخانهٔ سازندهٔ دستگاه مشخص می‌شود.

برای آشنایی با دکمه‌ها و سلکتورهای دستگاه لازم است به راهنمای کاربرد که با دستگاه ارائه می‌شود مراجعه کنید. اگر دستگاه ایرانی باشد، راهنمای کاربرد آن به زبان فارسی و اگر ساخت سایر کشورها باشد معمولاً به چند زبان ارائه می‌شود که یکی از

زبان‌ها، زبان انگلیسی است. در شکل ۱ـ۴ یک نمونه دستگاه سیگنال ژنراتور AF را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۱ـ۴ـ یک نمونه دستگاه سیگنال ژنراتور AF

شکل ۲ـ۴ یک نمونه دستگاه فرکانس‌متر را نشان می‌دهد.

شکل۲ـ۴ـ یک نمونه دستگاه فرکانس‌متر

## ۲ـ۴ـ نکات ایمنی

**۱ـ۲ـ۴ـ** کلیهٔ نکات ایمنی عمومی که در آزمایش شماره ۱ بیان شده است را در این آزمایش نیز به‌کار بگیرید.

**۲ـ۲ـ۴ـ** قبل از کار با هر نوع دستگاهی، حتماً راهنمای کاربرد آن را مطالعه کنید و دستورات ارائه شده در آن را حتماً اجرا کنید.

**۳ـ۲ـ۴ـ** هنگام اتصال دستگاه به برق شهر حتماً به ولتاژ کار آن توجه کنید.

**۴ـ۲ـ۴ـ** به سلکتورها و دکمه‌های دستگاه فشار بیش از حد وارد نکنید.

## ۳ـ۴ـ کار با نرم‌افزار

با توجه به شرایطی که پیش می‌آید از نرم‌افزار برای شبیه‌سازی استفاده کنید.

## ۴ـ۴ـ قطعات، ابزار، تجهیزات و مواد مورد نیاز

**تجهیزات و ابزار عمومی**

ـ کیف ابزار معرفی شده در آزمایش شمارهٔ ۱

**تجهیزات و ابزار خاص**

| | |
|---|---|
| ـ سیگنال ژنراتور AF | یک دستگاه |
| ـ فانکشن ژنراتور AF | یک دستگاه |

معمولاً این دستگاه‌ها روی میز آزمایشگاه نصب شده است.

| | |
|---|---|
| ـ فرکانس‌متر | یک دستگاه |
| ـ سیم رابطه یک‌سر BNC یک سرسوسماری | |
| ـ سیم رابط یک‌سر BNC یک‌سر بنانا (یک سر موزی) | |
| ـ سیم رابط دوسر سوسماری | |
| ـ سیم رابط دوسر موزی | |
| ـ سیم رابط یک سر سوسماری و یک سر موزی | به مقدارکافی |

## ۵ـ۴ـ مراحل اجرای آزمایش

**۱ـ۵ـ۴ـ** راهنمای کاربرد دستگاه سیگنال ژنراتور AF را در اختیار بگیرید و آن را مطالعه کنید. در صورتی که راهنمای کاربرد دستگاهی که در اختیار دارید به زبان انگلیسی است، از معلم کارگاه کمک بگیرید.

**۲ـ۵ـ۴ـ** سیگنال ژنراتورها در دو نوع ساخته می‌شود.

- با دکمه‌ها و سلکتورهای مکانیکی
- با دکمه‌ها و سلکتورهای لمسی

در شکل ۳ـ۴ـ الف یک نمونه سیگنال ژنراتور AF با سلکتورهای مکانیکی را ملاحظه می‌کنید. این نوع سیگنال ژنراتور معمولاً روی میز آزمایشگاه الکترونیک هنرستان‌ها وجود دارد.

در شکل ۳ــ۴ــ ب یک نمونه سیگنال ژنراتور AF با سلکتورهای مکانیکی و شمارنده دیجیتالی آمده است.

شکل ۱ــ۴ سیگنال ژنراتور AF با دکمه‌ها و سلکتور لمسی (تماسی Toch control) را نشان می‌دهد.

شکل ۳ــ۴ــ یک نمونه سیگنال ژنراتور با سلکتور و کلیدهای مکانیکی

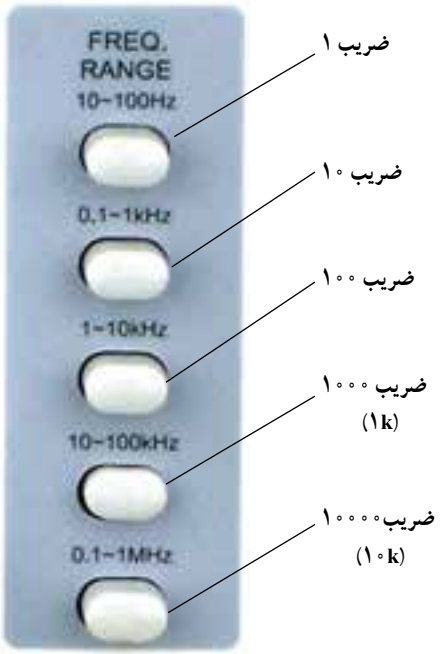
**۳ــ۵ــ۴ــ** همان‌طور که در شکل ۳ــ۴ مشاهده می‌شود این سیگنال ژنراتور دارای تعدادی دکمه و سلکتور است که عملکرد هرکدام روی آن نوشته شده است. در ادامه به شرح عملکرد هریک از کلیدها می‌پردازیم.

۱ ***صفحهٔ مدرج انتخاب فرکانس:*** این دکمه به صورت ولوم کار می‌کند و روی آن یک صفحهٔ مدرج قرار دارد و توسط این صفحهٔ مدرج مقدار فرکانس بین ۱۰ تا صد انتخاب می‌شود (شکل ۴ــ۴).

این ولوم در ارتباط با کلیدهای حوزهٔ کار شمارهٔ ۷ کار می‌کند.

شکل ۴ــ۴ــ صفحهٔ مدرج انتخاب فرکانس

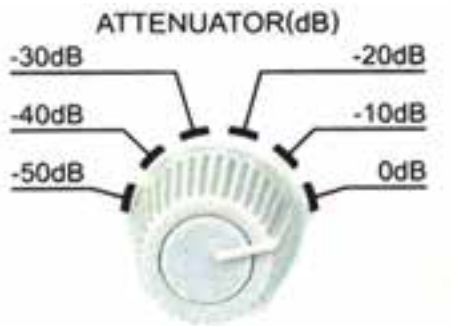
**۲ *کلیدهای انتخاب ضریب فرکانس :*** مجموعهٔ کلیدهای شمارهٔ ۲، ضریب فرکانس صفحه مدرج شمارهٔ ۱ را تعیین می‌کنند. به عنوان مثال اگر کلید حوزهٔ کار روی ۱۰۰× و صفحهٔ مدرج روی عدد ۳۰ باشد، فرکانس خروجی دستگاه برابر با ۳۰×۱۰۰ یعنی ۳KHz خواهد بود (شکل ۵ــ۴).




شکل ۵ــ۴ــ کلید حوزهٔ کار یا رنج فرکانس

**۳ *دامنه Amplitude :*** این ولوم دامنهٔ سیگنال خروجی را بین حداقل و حداکثر تنظیم می‌کند و با سلکتور دوار شمارهٔ ۳ در ارتباط است.

**۴ *کاهش‌دهنده یا Attenuator :*** در شکل ۶ــ۴ این کلید را مشاهده می‌کنید. این سلکتور دارای درجه‌بندی برحسب




شکل ۶ــ۴ــ سلکتور کاهش دامنه Allenoator

دسی‌بل (db) است. چنانچه کلید شماره ۳ روی صفر دسی‌بل (۰db) باشد هیچ تضعیفی در دامنهٔ تولید شده توسط سیگنال ژنراتور صورت نمی‌گیرد و سیگنال عیناً در خروجی ظاهر می‌شود. در صورتی که این سلکتور روی عدد ۱۰ قرار گیرد دامنهٔ خروجی $\frac{۱}{۳}$ و اگر روی عدد ۲۰ قرار گیرد دامنهٔ خروجی به اندازه $\frac{۱}{۱۰}$ تضعیف می‌شود.

سایر حالات به شرح زیر است :

ماکزیمم دامنهٔ خروجی ۰ db

تضعیف با ضریب $\frac{۱}{۳}$ ≃ ۱۰ db

تضعیف با ضریب $\frac{۱}{۱۰}$ ۲۰ db

تضعیف با ضریب $\frac{۱}{۳۰}$ ≃ ۳۰ db

تضعیف با ضریب $\frac{۱}{۱۰۰}$ ۴۰ db

تضعیف با ضریب $\frac{۱}{۳۰۰}$ ≃ ۵۰ db

علامت منـفی نشان می‌دهد که سیگنال خروجی کاهش می‌یابد.

**توجه :** این ضرایب برای دستگاه‌های مختلف متفاوت است ولی اغلب تضعیف $\frac{۱}{۳}$ ، $\frac{۱}{۱۰}$ و $\frac{۱}{۱۰۰}$ متداول مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تضعیف سیگنال ورودی در بسیاری از آزمایش‌ها مورد نیاز است که با استفاده از این سلکتور می‌توانید سیگنال خروجی را در حد نیاز تنظیم کنید.

**۵ *ترمینال خروجی (Out put) :*** از این پایانه می‌توانید سیگنال خروجی را دریافت کنید. حداکثر ولتاژ خروجی در حالتی که بار به آن اتصال ندارد حدود ۲۴V پیک و مقاومت داخلی (امپدانس) آن ۶۰۰ اهم است.

**۶ *کلید خاموش ــ روشن ON/OFF :*** توسط این کلید دستگاه را خاموش یا روشن می‌کنید.

**۷** ***شکل موج Waveform*** : توسط این کلید می‌توانید شکل موج مربعی یا سینوسی را انتخاب کنید.

* **۴ــ۵ــ۴ــ** هدف کلی آزمایش را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

پاسخ موارد که با ستاره * مشخص شده است را در جلد دوم کتاب آزمایشگاه اندازه‌گیری تحت عنوان کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید.

* **۵ــ۵ــ۴ــ** سیگنال ژنراتور AF موجود در کارگاه را مورد بررسی قرار دهید و کلیدهای آن را شناسایی کنید. سپس این کلیدها را با کلیدهای شکل ۳ــ۴ مقایسه کنید. سپس نام و مشخصات کلیدها را در جدول ۱ــ۴ بنویسید.

* **۶ــ۵ــ۴ــ** راهنمای کاربرد دستگاه را مورد مطالعه قرار دهید و محدودهٔ فرکانس تولیدی توسط دستگاه، حوزه کار (Range) تغییر فرکانس، ضرایب تغییر فرکانس، ماکزیمم ولتاژ خروجی، ضرایب تضعیف،وزن، ابعاد، ولتاژ کار، توان مصرفی درجه حرارت کار و دقت فرکانس را در جدول شماره ۲ــ۴ بنویسید.

**توجه :** راهنمای کاربرد سیگنال ژنراتور نشان داده شده در شکل ۳ـ۴ را با عنوان ضمیمهٔ آزمایش شمارهٔ ۴ در ضمائم کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی آورده‌ایم.

* **۷ــ۵ــ۴ــ** چگونگی کار با دستگاه سیگنال ژنراتور AF موجود در کارگاه را با هم گروهی خود تمرین کنید و نتایج حاصل شده را به طور خلاصه در ۴ سطر توضیح دهید.

* **۸ــ۵ــ۴ــ** با مراجعه به اینترنت راهنمای کاربرد یک نمونهٔ دیگر از سیگنال ژنراتور AF را پیدا کنید و آن را با دستگاه‌هایی که تا به حال کار کرده‌اید مقایسه کنید و دربارهٔ آن توضیح دهید.

* **۹ــ۵ــ۴ــ** سیگنال ژنراتور AF شکل ۷ــ۴ را بررسی کنید و دربارهٔ عملکرد دکمه‌های آن توضیح دهید. این سیگنال ژنراتور علاوه بر موج مربعی و سینوسی، موج مثلثی نیز تولید می‌کند. لذا اصطلاحاً به آن فانکشن ژنراتور (Function Generator) می‌گویند.

شکل ۷ــ۴ــ یک نمونهٔ دیگر از سیگنال ژنراتور AF

* **۱۰ــ۵ــ۴ــ** سه سیگنال ژنراتور بررسی شده در این قسمت را با هم مقایسه کنید و تفاوت‌های آن را بنویسید.

**۱۱ــ۵ــ۴ــ** نوع دیگری سیگنال ژنراتور وجود دارد که می‌تواند امواج دیگری مانند امواج مثلثی، دندانه اره‌ای و پالسی را تولید کند. چون این نوع سیگنال ژنراتور می‌تواند امواج متنوعی را تولید کند، به آن فانکشن ژنراتور (Function Generator) می‌گویند. سلکتورها و دکمه‌های فانکشن ژنراتور شباهت بسیار زیادی با سیگنال ژنراتور AF دارد. درحقیقت شکل ۷ــ۴ نوعی فانکشن ژنراتور است زیرا این دستگاه علاوه بر امواج سینوسی و مربعی، موج مثلثی نیز تولید می‌کند.

در شکل ۸ ــ۴ یک نمونه فانکشن ژنراتور را ملاحظه می‌کنید.

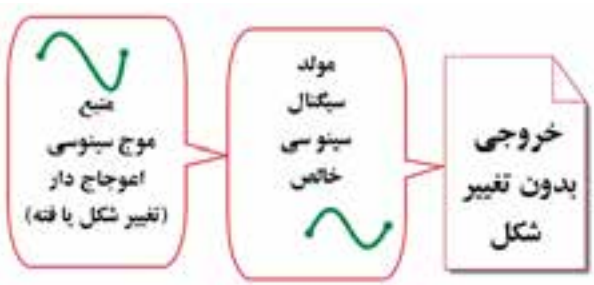
شکل ۸ــ۴ــ یک نمونه فانکشن ژنراتور

* **۱۲ــ۵ــ۴ــ** برای کار با فانکشن ژنراتور لازم است که دفترچهٔ راهنمای کاربرد آن را مطالعه نمایید. با استفاده از دفترچهٔ راهنمای کاربرد فانکشن ژنراتور موجود در آزمایشگاه کلیهٔ دکمه‌های دستگاه را شناسایی کنید و مشخصات فنی دستگاه را در جدول ۳ــ۴ بنویسید.

**۱۳ــ۵ــ۴ــ** معمولاً در پشت یا کنار سیگنال ژنراتورها و فانکشن ژنراتورها ورودی‌ها یا تنظیم‌کننده‌های دیگری نیز وجود دارد. یکی از این نوع ورودی‌ها ورودی Sync یا هم‌زمان کننده است. در صورتی که بخواهیم در خروجی فرکانس دقیقی داشته باشیم از آن استفاده می‌کنیم.

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. 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 می‌کنیم 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 فرم دادن به شکل موج است؛ به‌عنوان 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 ۹ــ۴).




شکل ۹ــ۴ــ استفاده از ترمینال‌های Sync

همچنین از خروجی دو ترمینال Sync می‌توان نمونه‌ای از فرکانس خروجی سیگنال ژنراتور با ولتاژ ۲/۵ ولت مؤثر یا بیش‌تر دریافت و به مدار دیگری جهت سنکرون کردن و یا کاربرد دیگری اعمال کرد.

مقاومت (امپدانس) بین ترمینال‌های سینک در حالتی که به عنوان ورودی یا خروجی به‌کار می‌رود حدود ۱۰ کیلواهم است.

معمولاً سیم برق و فیوز دستگاه نیز در پشت دستگاه قرار دارد.

* **۱۴ــ۵ــ۴ــ** ترمینال‌ها و دکمه‌های پشت و کناره‌های دستگاه‌های سیگنال ژنراتور AF و فانکشن ژنراتور AF را در کارگاه شناسایی کنید و مشخصات آن‌ها را بنویسید.

* **۱۵ــ۵ــ۴ــ** با مراجعه به کتاب راهنمای سیگنال ژنراتور AF و فانکشن ژنراتور موارد کاربرد ترمینال‌ها و دکمه‌های جانبی و پشت دستگاه را شرح دهید.

**۱۶ــ۵ــ۴ــ فرکانس‌متر دیجیتالی :** فرکانس متر دیجیتالی، دستگاهی است که با اعمال سیگنال متناوب به آن مقدار فرکانس سیگنال را روی صفحهٔ نمایش (Display) نشان می‌دهد. شکل ۱۰ــ۴ یک نمونه مولتی‌متر را نشان می‌دهد که فرکانس را نیز اندازه می‌گیرد.

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

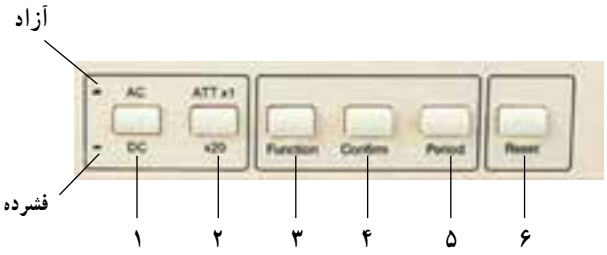
**۱۷ــ۵ــ۴ــ** برای کار کردن با فرکانس‌متر دیجیتالی باید راهنمای کاربرد آن را مورد مطالعه قرار دهید ولی اصولاً کار کردن با فرکانس متر دیجیتالی بسیار ساده است، کافی است که دستگاه را به برق متصل و توسط کلید (on off) آن را روشن و سپس سیگنال موردنظر را توسط پروب به آن وصل کنید. با کلیدهای رنج فرکانس می‌توان رنج مناسب را انتخاب کرد. در این صورت مقدار فرکانس به‌صورت ارقام دیجیتالی روی صفحهٔ نمایش قابل خواندن است. در شکل ۱۱ــ۴ یک نمونه فرکانس‌متر عمومی را ملاحظه می‌کنید. این دستگاه دارای دو ورودی A و B است.

شکل ۱۰ــ۴ــ مولتی‌متری که فرکانس را اندازه می‌گیرد

**توجه :** هنگام تهیه دستگاه‌های اندازه‌گیری، به نیازهای خود توجه کنید. زیرا هرقدر تعداد کمیت‌ها، محدودهٔ حوزه کار و دقت دستگاه‌های اندازه‌گیری افزایش می‌یابد، قیمت آن نیز گران‌تر می‌شود.

شکل ۱۱ــ۴ــ نمونهٔ دیگری از فرکانس‌متر

ورودی A برای اندازه‌گیری فرکانس ۰/۰۱Hz تا ۵۰MHz (حداکثر ۳۰ ولت ماکزیمم) و ورودی B برای اندازه‌گیری ۵۰مگاهرتز تا ۲/۴ گیگاهرتز (حداکثر ۳ ولت ماکزیمم) است. در شکل ۱۲ــ۴ دکمه‌های انتخاب حالت‌های مختلف فرکانس متر را ملاحظه می‌کنید. کار هریک از دکمه‌ها به شرح زیر است :




شکل ۱۲ــ۴ــ دکمه‌های فرکانس‌متر

**۱ــ** در صورتی که سیگنال مورد اندازه‌گیری دارای جزء DC باشد، حالت DC (یعنی کلید فشرده می شود). اگر سیگنال مورد اندازه‌گیری AC باشد کلید در حالت بیرون قرار دارد.

**۲ــ** $ATT\times 1 \times 20$ ــ در صورتی که این کلید آزاد باشد، ولتاژ ورودی عیناً وارد دستگاه می‌شود. چنان چه کلید را فشار دهیم سیگنال ورودی با ضریب $\frac{1}{20}$ تضعیف شده و وارد دستگاه می‌شود.

**۳ــ *Function* :** با فشردن این کلید می‌توانیم حوزهٔ کار دستگاه را انتخاب کنیم.

**۴ــ *Counter* :** با فشردن این کلید، دستگاه به عنوان شمارنده عمل می‌کند.

***Period ــ۵*** : با فشار دادن این دکمه، دستگاه پریود موج مورد نظر را اندازه می‌گیرد.

***Reset ــ۶*** : با فشار دادن این دکمه، دستگاه به حالت بیش تنظیم اولیه برمی‌گردد.

روی دستگاه ولومی وجود دارد که نام آن Gate Time است با این ولوم می‌توانیم سرعت نمونه‌برداری و دقت اندازه‌گیری را تنظیم کنیم.

**نکتهٔ مهم :** روی فرکانس مترهای مختلف دکمه‌های اضافی دیگری نیز وجود دارد که برای آشنایی با عملکرد آن‌ها باید به راهنمای کاربرد آن (Usermanual) مراجعه کنید.

حداقل و حداکثر دامنهٔ سیگنال اعمالی به فرکانس‌مترها، در انواع مختلف فرکانس‌مترها تفاوت دارد. در بعضی از فرکانس مترها دامنهٔ سیگنال‌های ورودی از حدود چندولت تا ده‌ها ولت است و در برخی دیگر از حدود چندمیلی‌ولت تا ده ولت می‌تواند باشد. معمولاً حداقل و حداکثر دامنهٔ سیگنال‌ها را در راهنمای کاربرد فرکانس‌مترها قید می‌کنند.

*** ۱۸ــ۵ــ۴ــ** راهنمای کاربرد فرکانس‌متر موجود در آزمایشگاه را مطالعه کنید و مشخصات فرکانس‌متر را استخراج نمایید و آن را در جدول ۴ــ۴ بنویسید و صفحهٔ آن را رسم کنید.

## آشنایی با دانشمندان

هینریچ هرتز (۱۸۹۴ــ۱۸۵۷) دانشمند و فیزیکدان آلمانی، واحد اندازه‌گیری فرکانس به‌نام او ثبت شده است.

**۱۹ــ۵ــ۴ــ** برای اتصال دستگاه‌ها به یک دیگر، نیاز به انواع سیم‌ها و اتصالات BNC، گیرهٔ سوسماری و اتصال موزی (بنانا) دارید. لذا لازم است قبل از شروع کار با این‌گونه اتصال‌ها آشنا شوید.

● اتصال BNC : در شکل ۱۳ــ۴ این نوع اتصال را ملاحظه می‌کنید. اتصال BNC به صورتی مادگی (Female) و نری (male) ساخته می‌شود.

شکل ۱۳ــ۴ــ اتصال نر و مادهٔ BNC

غالباً قسمت مادگی BNC روی دستگاه نصب می‌شود و قسمت نری آن به سیم رابط اتصال دارد. در کنار بدنهٔ فیش BNC یک شیار کوچک وجود دارد که هنگام اتصال BNC نر به BNC ماده باید این شیار در داخل زایدهٔ موجود در مادگی قرار گیرد. در شکل ۱۴ــ۴ نحوه برقراری این اتصال را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۴ــ۴ــ فرورفتگی و زایده در فیش‌های BNC

پس از قرار دادن فرورفتگی در زایده باید فیش BNC را به آهستگی به داخل فشار دهید و به سمت راست بپیچانید تا در محل خود قفل شود. در شکل ۱۵ــ۴ اتصال چند نوع BNC را به دستگاه ملاحظه می‌کنید.

شکل ۱۵ــ۴ــ اتصال چند BNC به دستگاه

* **۲۰ــ۵ــ۴ــ** چند نمونه BNC نر و ماده را بردارید و اتصالات آن را بررسی کنید. ابتدا آن‌ها را به‌صورت جداگانه به یک‌دیگر وصل کنید. سپس سیم نری را به مادگی یکی از دستگاه‌هایی که دارای این اتصال هستند وصل کنید. تجربه را چند بار تکرار کنید. درباره این فعالیت توضیح دهید.

**۲۱ــ۵ــ۴ــ** نوعی دیگر از پایانه‌های اتصال را فیش و ترمینال موزی یا بنانا (Benana) می‌نامند در شکل ۱۶ــ۴ این نوع اتصال‌ها را ملاحظه می‌کنید. معمولاً این نوع اتصال به صورت نری و مادگی ساخته می‌شوند و استاندارد هستند.

* **۲۲ــ۵ــ۴ــ** سیم‌های رابط دوسر بنانای خود را بررسی کنید و آن‌ها را به ورودی‌های مادگی بنانا که روی دستگاه نصب شده است وصل کنید. در مورد این تجربه توضیح دهید. آیا نوع فیش‌های به‌کار رفته در سیم‌های رابط شما با اتصالات نشان داده شده در شکل ۱۶ــ۴ مشابهت دارد؟ شرح دهید.

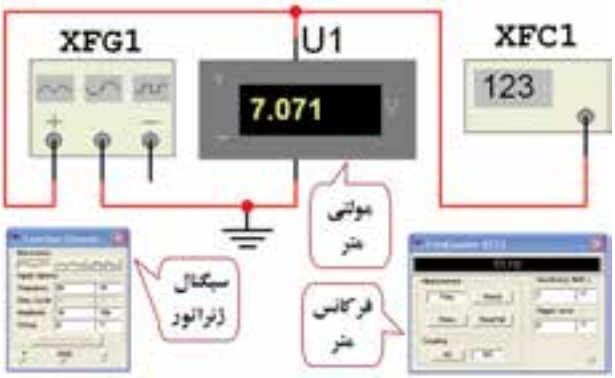
شکل ۱۶ــ۴ــ چند نمونه پایانهٔ نر و مادگی موزی (بنانا)

**۲۳ــ۵ــ۴ــ** یکی دیگر از انواع پایانه‌ها، اتصال سوسماری یا Alligator است. در شکل ۱۷ــ۴ چند نمونه گیرهٔ سوسماری را مشاهده می‌کنید. این نوع گیره‌ها در انواع بسیار متنوعی ساخته می شوند.

شکل ۱۷ــ۴ــ انواع گیره‌های سوسماری

* **۲۴ــ۵ــ۴ــ** گیره‌های دوسر سوسماری یا یک سر بنانا و یک سر سوسماری را بررسی کنید. چگونگی استفاده از این نوع گیره‌ها را توضیح دهید.

* **۲۵ــ۵ــ۴ــ** با استفاده از سیم‌های رابط، مدار شکل ۱۸ــ۴ را ببندید.




شکل ۱۸ــ۴ــ اتصال سیگنال ژنراتور و فرکانس‌متر به برق شهر

دربارهٔ چگونگی بستن مدار توضیح دهید. در صورت نیاز به راهنمای کاربرد دستگاه مراجعه کنید.

* **۲۶ــ۵ــ۴ــ** خروجی سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۵۰ هرتز بگذارید و ولتاژ خروجی آن را با استفاده از مولتی‌متر روی مقادیر ۰/۱ ولت، ۰/۲ولت، ۰/۵ولت، ۱ولت و ۱/۵ ولت و ۳ ولت تنظیم کنید.

دامنه را با مولتی‌متر دیجیتالی و فرکانس را با فرکانس متر تنظیم کنید.

حداقل و حداکثر ولتاژی را که سیگنال ژنراتور AF می‌تواند تولید کند اندازه بگیرید و در جدول ۵ــ۴ یادداشت کنید. این مرحله برای فرکانس‌های ۱۰۰Hz، ۵۰۰Hz، ۱KHz و ۱۰KHz تکرار کنید و نتایج را در جدول ۵ ــ۴ بنویسید. دکمه‌های تضعیف‌کننده (Attenuation) را تغییر دهید و اثر آن را روی دامنه ولتاژ مشاهده نمایید و توضیح دهید.

* **۲۷ــ۵ــ۴ــ** نتایج به‌دست آمده در جدول ۵ــ۴ را با هم مقایسه کنید آیا تغییر فرکانس دامنهٔ ماکزیمم و می‌نیمم تغییر می‌کند شرح دهید.

* **۲۸ــ۵ــ۴ــ** تعدادی فرکانس را با دامنهٔ دلخواه انتخاب کنید و مقادیر آن‌ها را اندازه بگیرید. دامنه سیگنال را نیز به دلخواه انتخاب کنید. در مورد نتایج حاصل از این تجربه توضیح دهید.

* **۲۹ــ۵ــ۴ــ** با توجه به آن چه که تاکنون یاد گرفته‌اید. یک آزمایش دلخواه طراحی کنید و نتایج آن را ثبت نمایید و دربارهٔ آن توضیح دهید.

* **۳۰ــ۵ــ۴ــ** سیگنال ژنراتور را روی موج مربعی با دامنهٔ 5Vp و فرکانس ۲۰۰KHz بگذارید و مقدار فرکانس را اندازه‌گیری کنید. آیا مقدار اندازه‌گیری شده توسط فرکانس‌متر با آن‌چه که روی دستگاه تنظیم کرده‌اید انطباق دارد؟ شرح دهید.

* **۳۱ــ۵ــ۴ــ** آزمایش‌های انجام شده را با فانکشن ژنراتور نیز تجربه کنید و دربارهٔ نتایج به‌دست آمده توضیح دهید.

**۳۲ــ۵ــ۴ــ** مراحل کار را آن قدر تکرار کنید تا تسلط کامل را در کار با سیگنال ژنراتور، فانکشن ژنراتور و فرکانس‌متر به‌دست آورید.

* **۳۳ــ۵ــ۴ــ** با دستگاه‌های سیگنال ژنراتور AF، فانکشن ژنراتور و فرکانس متر موجود در نرم‌افزار کار کنید و تفاوت بین دستگاه‌های موجود در کارگاه و موجود در نرم‌افزار را توضیح دهید.

## * ۶ــ۴ــ جمع‌بندی

یک جمع‌بندی در حداکثر ۶ سطر دربارهٔ آن‌چه که در این آزمایش فراگرفته‌اید انجام دهید.

## ۷ــ۴ــ الگوی پرسش

### کامل کردنی

**۱ــ۷ــ۴ــ** سیگنال ژنراتور AF مولد سیگنال‌های ..... و ..... در محدودهٔ فرکانس چند هرتز تا ..... است.

**۲ــ۷ــ۴ــ** کار سلکتور Attenuator ..... است.

**۳ــ۷ــ۴ــ** اگر صفحهٔ مدرج انتخاب فرکانس سیگنال ژنراتور روی عدد ۲۰ و کلید انتخاب رنج روی ۱K× باشد فرکانس تولیدی توسط سیگنال ژنراتور ..... کیلوهرتز است.

### صحیح یا غلط

**۴ــ۷ــ۴ــ** اگر کلید سلکتور Attenuator روی (۰) دسی‌بل باشد دامنهٔ سیگنال تولید شده توسط سیگنال ژنراتور صفر است.

صحیح □ غلط □

**۵ــ۷ــ۴ــ** ۱۰dB تضعیف، کاهش دامنهٔ سیگنال تولید شده با ضریب $\frac{۱}{۳}$ و ۲۰db کاهش با ضریب $\frac{۱}{۱۰}$ است.

صحیح □ غلط □

**۶ــ۷ــ۴ــ** فانکشن ژنراتور (Function Generator)، همان سیگنال ژنراتور است که علاوه بر موج مربعی و سینوسی، موج‌های دیگری مانند موج مثلثی نیز تولید می‌کند.

صحیح □ غلط □

### چهار گزینه‌ای

**۷ــ۷ــ۴ــ** با اعمال سیگنالی با فرکانس ۱KHz به ورودی Sync سیگنال ژنراتور، سیگنال خروجی دستگاه .....

۱) ۱KHz افزایش می‌یابد.

۲) ۱KHz کاهش می‌یابد.

۳) روی ۱KHz تنظیم می‌شود.

۴) دچار اعوجاج با فرکانس ۱KHz می‌شود.

**۸ــ۷ــ۴ــ** با فشردن کدام کلید فرکانس‌متر دیجیتالی، دستگاه زمان تناوب موجود موردنظر را اندازه می‌گیرد؟

۱) Function

۲) Counter

۳) Period

۴) Reset

### تشریحی

**۹ــ۷ــ۴ــ** دو مورد از دستورهای حفاظت و ایمنی مربوط به کار روی دستگاه سیگنال ژنراتور و فرکانس متر را شرح دهید.

**۱۰ــ۷ــ۴ــ** موارد کاربرد ورودی Sync سیگنال ژنراتور را شرح دهید.

**۱۱ــ۷ــ۴ــ** محدودهٔ فرکانسی را که فرکانس متر شکل ۱۱ــ۴ می‌تواند اندازه بگیرد، بنویسید.

**۱۲ــ۷ــ۴ــ** کار دکمهٔ ۱×۲۰Att× در فرکانس متر را شرح دهید.

## ۸ــ۴ــ ارزشیابی

پس از اتمام آزمایش و پاسخ به سؤالات و تکمیل کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی، به‌منظور ارزشیابی در زمان تعیین شده مراجعه کنید.

قسمتی از راهنمای کاربرد سیگنال ژنراتور AF

# ××– 203D Audio Signal Generator

## Features:

Wide Frequency Range
Low-Distortion, Flat Voltage Output
10 dB-Per-Step Attenuator
Synchronizing to External Signals
Rectangular Wave Output with Good Rise Time Characteristic

## Description

The ××-203D and ××-204D are low-frequency signal generators featuring sine wave output with low distortion and square wave output with good rise time characteristics. They cover the frequency range of 10 Hz to 1 MHz with no breaks, and a designed for versatility, with such features as external synchronization, a 10 dB-per-step attenuator for accurate output voltage setting, and a large dial for frequency setting. All this performance is packed into a slim, compact, easy-to-operate signal generator housing.

**Wide Frequency Range**
The oscillation frequency range extends from 10 Hz to 1 MHz, covered in five continuous steps. A large, single-scale dial is used to simplify the measurement value reading (oscillation frequency setting).

**Low-Distortion, Flat Voltage Output**
With low distortion of below 0.1% with the ××-203D and below 0.02% with the ×-204D and output voltage deviation within .0.5dB over the entire frequency range, these generators will find use in a broad range of applications, particularly in distortion measurements, S/N measurements and frequency response measurements.

**10 dB-Per-Step Attenuator**
The output voltage can be set from 0 to 50 dB in 10 dB steps using a built-in attenuator, this combining with a fine adjustment to enable the output of any desired voltage level in that range.

**Synchronizing to External Signals**
By synchronizing the output to an external signal through the external sync input, it is possible to output more accurate frequencies from these generators.

**Rectangular Wave Output with Good Rise Time Characteristic**
In addition to low-distortion sine waves, square waves with excellent rise time characteristics can be output, this is very convenient for use in the adjustment and servicing of audio equipment, and for educational experimentation in school laboratories etc.

# Specifications

| | |
|---|---|
| **Frequency range** | 10Hz~1MHz<br>×1 range 10Hz to 100Hz<br>×10 range 100Hz to 1kHz<br>×100 range 1kHz to 10kHz<br>×1k range 10kHz to 100kHz<br>×10k range 100kHz to 1MHz |
| **Frequency accuracy** | ±(3% 1Hz) |
| **Sine wave characteristics** | |
| **Output voltage** | 5Vrms or more (at 600Ω load) |
| **Output voltage deviation** | ±0.5dB (10Hz to 1MHz) |
| **Distortion factor** | 400Hz to 20kHz 0.1% or less<br>100Hz to 100kHz 0.3% or less<br>(100Hz : at×10 range)<br>50Hz to 200kHz 0.5% or less<br>20Hz to 500kHz 1.0% or less<br>10Hz to 1MHz 1.5% or less |
| **Square wave characteristics** | |
| **Output voltage** | 10Vp-p (600Ω load) |
| **Rise time** | 200ns max (at maximum output) |
| **Duty ratio** | Within 45:55 (at 1kHz, maximum output) |
| **External sync characteristics** | |
| **Synchronous range** | ±1%/Vrms or more |
| **Maximum input voltage** | 15V (DC AC peak) |
| **Input impedance** | Approx. 100kΩ |
| **Output characteristics** | |
| **Output impedance** | Approx. 600Ω |
| **Output attenuator** | 0dB, -10dB, -20dB, -30dB, -40dB, -50dB (6 steps) |
| **Output attenuator accuracy** | within±1dB |
| **Temperature/humidity for operation** | 0 to 40°C RH85% or less |
| **Temperature/humidity for characteristics in spec.** | 0 to 35°C RH85% or less |
| **Power source** | 100/120/220V/230V AC, ±10% 50/60Hz |
| **Power consumption** | Approx. 5W |
| **Dimensions** | 128 (W)×190 (H)×239 (D) mm |
| **Weight** | Approx. 2.9kg |
| **Accessories** | Instruction manual (1)<br>accessory cable (model: CA-48P)(1)<br>power cord (1) |