

آزمایش ۷

بررسی ظرفیت خازن و اندازه‌گیری ضریب دی‌الکتریک

آموزش کار با اسیلوسکوپ و بررسی رابطه $C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$

تئوری آزمایش

اگر یک خازن در مداری با اختلاف پتانسیل متناوب $V = V_m \sin \omega t$ قرار داده شود، صفحات خازن به طور متناوب دارای بار مثبت و منفی می‌شوند.

$$q = CV = CV_m \sin \omega t$$

شدت جریان حاصل از این تغییرات بار برابر است با:

$$I = dq/dt = C\omega V_m \cos(\omega t) = C\omega V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$X_C = \frac{1}{C\omega} \quad I_m = \frac{V_m}{X_C}$$

ولتاژ مؤثر V و جریان مؤثر I مدار از رابطه‌های $V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ و $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ به دست می‌آیند. بنابراین رابطه بین ولتاژ و جریان مؤثر مدار نیز برابر است با:

$$I = \frac{V}{X_C} \quad X_C = \frac{1}{C\omega}$$

بازاء یک فرکانس مشخص با اندازه‌گیری V و I و استفاده از رابطه بالا می‌توان X_C (مقاومت ظاهری خازن) و سپس ظرفیت خازن را محاسبه کرد و از رابطه $C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$ وابستگی ظرفیت خازن به فاصله صفحات و جنس عایق بین صفحات (دی‌الکتریک) را بررسی کرد.

وسایل آزمایش

نوسان‌ساز (اسیلاتور)، نوسان‌نما (اسیلوسکوپ)، خازن تخت که فاصله صفحات آن قابل تنظیم است، دی‌الکتریک، آمپرتر، سیم رابط (۳ عدد).

راهنمای استفاده از اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ دیجیتال یک ابزار بسیار مناسب برای اندازه گیری طول موج و ولتاژ در سیستم‌های مختلف است. اسیلوسکوپ ذخیره سازی دیجیتال (DSO) نوعی اسیلوسکوپ است که به جای استفاده از تکنیک‌های آنالوگ، سیگنال ورودی را به صورت دیجیتال ذخیره می‌کند. در اسیلوسکوپ‌های دیجیتال، سیگنال آنالوگ ورودی به صورت دوره‌ای نمونه‌برداری شده و به مقادیر دیجیتال تبدیل می‌شود. این مقادیر دیجیتال سپس به یک سیگنال آنالوگ برای نمایش بر روی لوله اشعه کاتدی (CRT) تبدیل می‌شوند یا برای انواع مختلف خروجی‌ها مانند نمایشگر کریستال مایع، ثبت کننده نموداری، رسم کننده یا رابط شبکه، تغییر شکل می‌دهند. این مقادیر در حافظه داخلی دستگاه ذخیره می‌شوند. مقادیر دیجیتال ذخیره شده به شکل یک نمودار دو بعدی (ولتاژ در مقابل زمان) روی صفحه نمایش، نمایش داده می‌شوند. این نمودار به مهندسان و کاربرها اجازه می‌دهد تا شکل موج سیگنال را به دقت بررسی کنند. اسیلوسکوپ‌های دیجیتال معمولاً فرم‌های موج را تجزیه و تحلیل می‌کنند و مقادیر عددی و نمایش‌های بصری را ارائه می‌دهند. این مقادیر معمولاً شامل میانگین، حداکثر و حداقل، میانگین مربعات (RMS) و فرکانس‌ها می‌شود. اسیلوسکوپ‌های دیجیتال قادر به ذخیره هزاران نمونه از یک سیگنال هستند. این داده‌ها را می‌توان برای تحلیل‌های بعدی، مقایسه با سیگنال‌های دیگر یا چاپ گزارش استفاده کرد. همچنین با استفاده از قابلیت ماشه، می‌توان رویدادهای نادر و گذرا را به راحتی ثبت و تحلیل کرد.

توضیحات اجزای پنل جلویی اسیلوسکوپ

تصویر زیر نمای جلویی یک اسیلوسکوپ معمولی را نشان می‌دهد و اجزای مختلف آن به شرح زیر نام‌گذاری شده‌اند:

۱- **نمایشگر LCD:** این صفحه نمایش کریستال مایع (LCD) است که اطلاعات مختلفی از قبیل شکل

موج سیگنال ورودی، تنظیمات دستگاه و نتایج اندازه‌گیری را نمایش می‌دهد.

۲- **کلیدهای عملکردی:** این کلیدها برای انجام عملیات‌های مختلف مانند تنظیمات، پیمایش در منو و

انتخاب گزینه‌های مختلف استفاده می‌شوند.

۳- **دگمه‌ی متغیر:** این دکمه برای تنظیم دقیق پارامترهای مختلف مانند ولتاژ و زمان استفاده می‌شود.

۴- **دگمه‌ی موقعیت عمودی:** برای تنظیم موقعیت عمودی شکل موج روی صفحه نمایش استفاده

می‌شود.

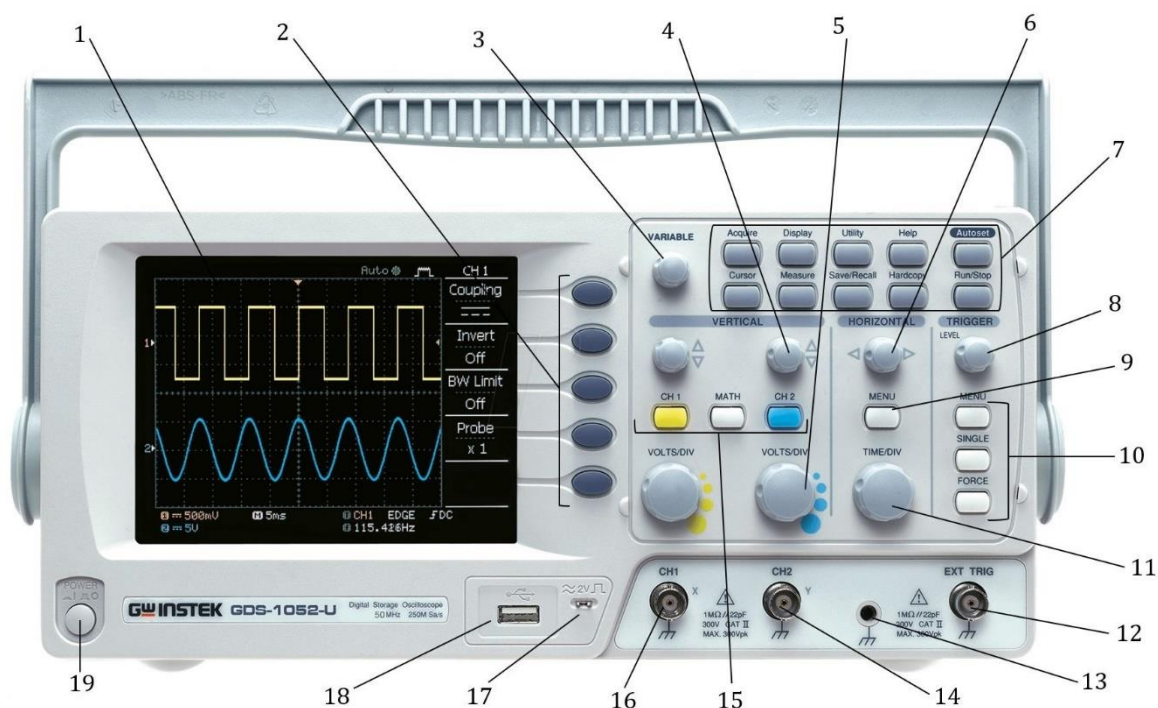
۵- دگمه‌ی ولتاژ به تقسیم: برای تنظیم مقیاس ولتاژ هر تقسیم‌بندی عمودی روی صفحه نمایش استفاده می‌شود.

۶- دگمه‌ی موقعیت افقی: برای تنظیم موقعیت افقی شکل موج روی صفحه نمایش استفاده می‌شود.

۷- کلیدهای منو: برای دسترسی به منوهای مختلف دستگاه و تنظیمات پیچیده‌تر استفاده می‌شوند.

۸- دگمه‌ی سطح ماشه: برای تنظیم سطح ولتاژی که در آن ماشه فعال می‌شود، استفاده می‌شود.

۹- کلید منوی افقی: برای تنظیم پارامترهای مربوط به محور افقی (زمان) استفاده می‌شود.



۱۰- کلیدهای ماشه: برای فعال و غیرفعال کردن ماشه و انتخاب نوع ماشه استفاده می‌شوند.

۱۱- دگمه‌ی زمان به تقسیم: برای تنظیم مقیاس زمانی هر تقسیم‌بندی افقی روی صفحه نمایش استفاده می‌شود.

۱۲- ورودی ماشه خارجی: برای اعمال یک سیگنال ماشه خارجی به اسیلوسکوپ استفاده می‌شود.

۱۳- پین زمین: برای اتصال زمین دستگاه تحت آزمایش به اسیلوسکوپ استفاده می‌شود.

۱۴- پورت کانال ۲: برای اتصال پروب به کانال دوم اسیلوسکوپ استفاده می‌شود.

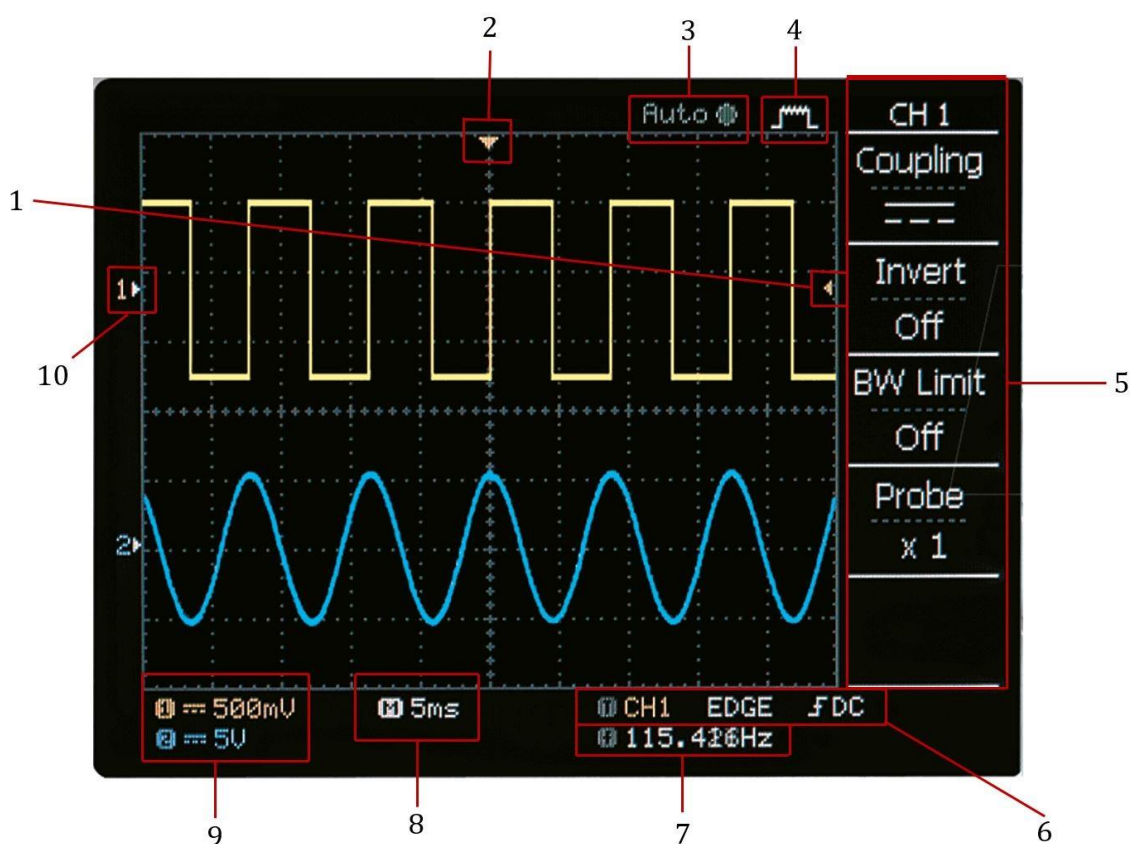
۱۵- کلیدهای محاسبات کانال ۱ و ۲: برای انجام عملیات ریاضی روی سیگنال‌های کانال ۱ و ۲ استفاده می‌شود.

۱۶- پورت کانال ۱: برای اتصال پروب به کانال اول اسیلوسکوپ استفاده می‌شود.

۱۷- خروجی جبران پروب: برای کالیبره کردن پروب‌ها استفاده می‌شود.

۱۸- پورت USB نوع A: برای اتصال اسیلوسکوپ به کامپیوتر و انتقال داده‌ها استفاده می‌شود.

۱۹- کلید روشن/خاموش: برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ استفاده می‌شود.



نمای کلی نمایشگر اسیلوسکوپ دیجیتال

تصویر بالا نمای کلی از بخش نمایشگر یک اسیلوسکوپ را نشان می‌دهد.

هر یک از عناصر نشان داده شده در تصویر، اطلاعات مهمی در مورد سیگنال ورودی و تنظیمات دستگاه ارائه می‌دهند.

۱- **موقعیت ماشه:** نشان‌دهنده نقطه‌ای است که در آن ماشه فعال می‌شود و نمونه‌برداری از سیگنال آغاز می‌شود.

۲- **موقعیت شکل موج:** نشان‌دهنده موقعیت افقی شکل موج روی صفحه نمایش است.

۳- **وضعیت ماشه:** نشان می‌دهد که ماشه فعال است یا غیرفعال.

۴- **اکتساب:** حالت اکتساب سیگنال را نشان می‌دهد (مثلاً تک شات، تکرار).

۵- **منو:** دسترسی به تنظیمات و تنظیمات مختلف دستگاه را فراهم می‌کند.

۶- **شرایط ماشه:** نوع ماشه (لبه، پالس، ویدیو) و سطح ماشه را مشخص می‌کند.

۷- **فرکانس:** فرکانس سیگنال ورودی را نشان می‌دهد.

۸- **وضعیت افقی:** تنظیمات مقیاس زمانی و حالت‌های نمایش افقی را نشان می‌دهد.

۹- **وضعیت عمودی:** تنظیمات مقیاس ولتاژ و حالت‌های نمایش عمودی را نشان می‌دهد.

۱۰- **مارکر شکل موج:** برای اندازه‌گیری دقیق پارامترهای سیگنال مانند ولتاژ، زمان و فرکانس استفاده می‌شود.

اندازه‌گیری ولتاژ: توسط اسیلوسکوپ می‌توان ولتاژهای AC و DC را با دقت خیلی زیاد اندازه‌گیری کرد. با قرار دادن کلید AC-GND-DC روی حالت GND مارکر را ترجیحاً در وسط صفحه نمایش اسیلوسکوپ تنظیم می‌کنیم. حال در صورتی که سیگنال ورودی، یک سیگنال AC باشد برای بدست آوردن ولتاژ پیک آن، تعداد خانه‌های اشغال شده بین محل تنظیم اشعه در حالت GND و پیک سیگنال AC را شمرده و در ضریب Volt/Div ضرب می‌کنیم و برای بدست آوردن ولتاژ مؤثر این سیگنال، مقدار ولتاژ پیک بدست آمده را بر $\sqrt{2}$ تقسیم می‌کنیم. به عنوان مثال در شکل ۳ یک سیگنال سینوسی بر

روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شده است . اگر ضریب Volt/Div برابر با ۵ ولت باشد مقدار ولتاژ ماکزیمم و مؤثر این سیگنال اینگونه بدست می آید:

$$V_m = 2 \times 5 V = 10 v$$

$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.07 v$$

اندازه گیری زمان تناوب و فرکانس : برای اندازه گیری زمان تناوب یک موج متناوب باید ابتدا ولوم **Time variable** را در حالت Cal قرار داده و سپس تعداد خانه های در بر گرفته شده توسط یک موج متناوب را در ضریب **Time/Div** ضرب نمود .

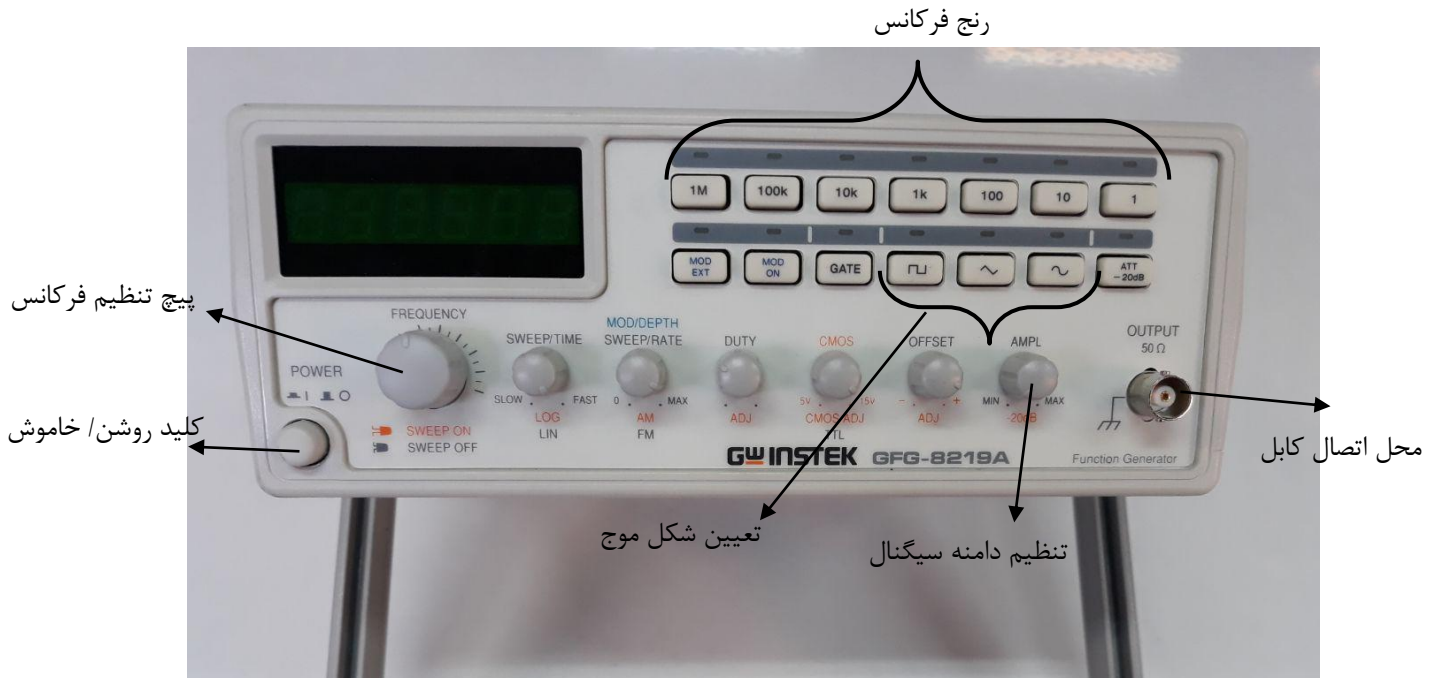
به عنوان مثال با فرض اینکه ضریب **Time/Div** برابر با ۰,۵ میلی ثانیه و ولوم **Time variable** در حالت Cal باشد زمان تناوب شکل موج نمایش داده شده در شکل 3 را اینگونه بدست میآوریم :

$$T = 5.6 \times 0.5 ms = 2.8 ms$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.8} = 357 H$$

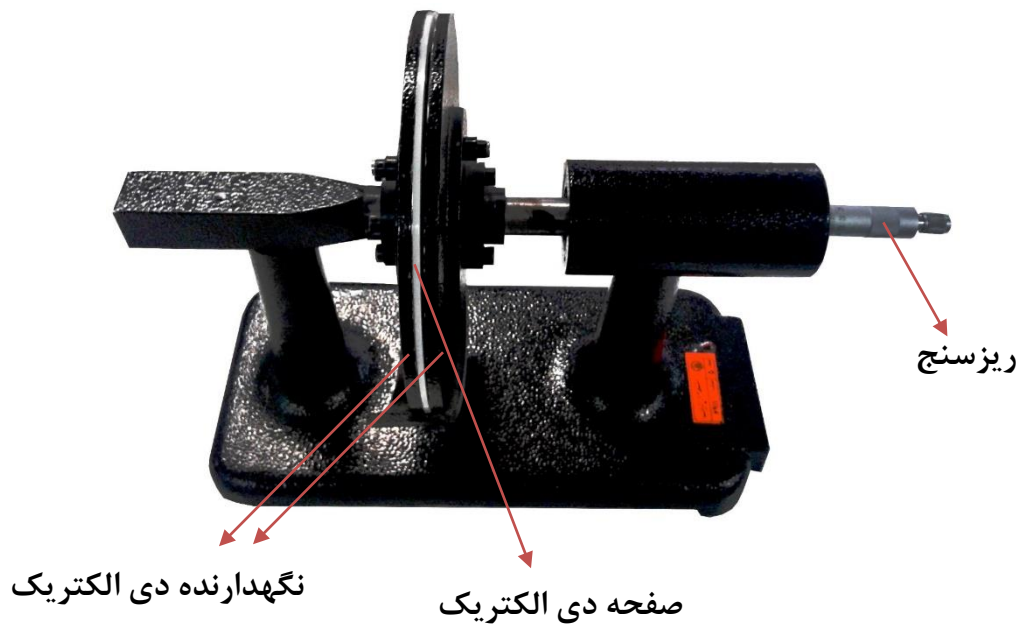
آشنایی با نوسان ساز (اسیلاتور):

نوسان ساز ، یک منبع تغذیه AC است که برق متناوب با دامنه ولتاژ و فرکانس های مختلف تولید میکند.



شکل ۴

خازن مسطح با ظرفیت قابل تغییر:



شکل ۵

شکل ۵ یک خازن با صفحه‌های مسطح نشان می‌دهد که از دو صفحه آلومینیومی دایره‌ای شکل به شعاع ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده و بطور عمودی مقابل هم قرار دارند. صفحه سمت راست در شکل متحرک بوده و به کمک ریزسنجی که به پشت آن متصل است می‌توان فاصله صفحات را با دقت بالایی تنظیم کرد. لازم به ذکر

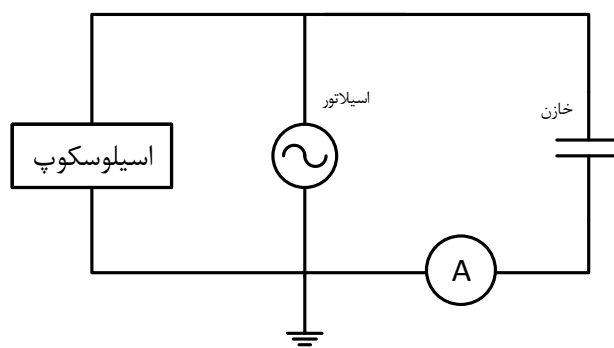
است که ریزسنگ‌ها خطای صفر دارند که برای همه ی دستگاه‌ها متفاوت است ، برای بدست آوردن خطای صفر ریزسنگ ابتدا دی‌الکتریک را که ضخامت آن 2.8 میلیمتر است بین صفحات خازن قرار دهید سپس ریزسنگ را به آرامی ببندید، جایی که ریزسنگ کمی سفت شد، عدد روی آن را بخوانید (ابتداً ریزسنگ را سفت نبندید و یا سریع نپیچانید) اختلاف این عدد با ضخامت دی‌الکتریک خطای صفر ریزسنگ است.

روش آزمایش

(۱) مشاهده شکل موج نوسان ساز اندازه گیری بسامد نوسانساز با نوسان نما و بدست آوردن خطای بسامد از روی نوسان نما نسبت به بسامد نوسان ساز با توجه به اینکه نوسان ساز مقدار دقیق بسامد را نشان میدهد.

- شکل موج نوسان ساز را سینوسی و دامنه ولتاژ آن را ۴ ولت تنظیم کرده و بسامد آن را 10 KHz قرار داده با استفاده از نوسان نما در حالتی که ولوم **Time/Div** روی **50 μ s** است بسامد را از روی شکل موج بدست آورید خطای مطلق و خطای نسبی را برای بسامد 10 KHz حساب کنید با توجه به اینکه نوسان ساز بسامد دقیق را نشان میدهد چرا با نوسان نما مقدار دقیق بسامد را نمی توانیم بدست آوریم؟
- توجه نمایید بعد از مرحله ۲ به بعد ولتاژ نوسان ساز را روی ۴ ولت تنظیم کردید نوسان نما را خاموش نمایید تا عمر مفید آن افزایش یابد .

(۲) تعیین ضریب دی‌الکتریک



شکل ۶

- مدار را مطابق شکل ۶ ببندید (دقت کنید که زمین اسیلوسکوپ به زمین نوسان ساز و آمپر متر وصل شود).
- تنظیم های اولیه اسیلوسکوپ را انجام داده و قبل از روشن کردن نوسان ساز، مدار را به دستیار آزمایشگاه نشان دهید.
- به کمک دی الکتریک پلکسی، مطابق با روشی که در بالا ذکر شد صفر ریزسنج را تعیین کنید.
- نوسان ساز را روشن کرده چند ثانیه صبر کنید و سپس دامنه ولتاژ دو سر خازن را روی ۴ ولت تنظیم کنید.
- فرکانس نوسان ساز را در بازه ۱ تا ۲۵ کیلوهرتز تغییر دهید و به ازاء هر فرکانس شدت جریان را اندازه گیری کرده و جدول ۲ را کامل کنید.
- نمودار جریان بر حسب فرکانس را رسم کرده و با استفاده از شیب خط ظرفیت خازن را حساب کرده و ثابت دی الکتریک را محاسبه کنید.

جدول ۱

f (kHz)	۱	۵	۹	۱۳	۱۷	۲۱	۲۵
I (μA)							

تعیین ضریب گذر دهی هوا

- نوسان ساز را خاموش کنید، ورقه پلکسی را از بین صفحات خازن خارج کرده و فاصله صفحات را به اندازه ۲,۸ میلی متر تنظیم کنید.
- مدار را مطابق شکل ۶ ببندید (دقت کنید که زمین اسیلوسکوپ به زمین نوسان ساز و آمپر متر وصل شود).
- تنظیم های اولیه اسیلوسکوپ را انجام دهید.
- نوسان ساز را روشن کرده و سپس دامنه ولتاژ دو سر خازن را روی ۴ ولت تنظیم کنید (با استفاده از اسیلوسکوپ).
- فرکانس نوسان ساز را در بازه ۱ تا ۲۵ کیلوهرتز تغییر دهید و به ازاء هر فرکانس شدت جریان را اندازه گیری کرده و جدول ۳ را کامل کنید.

- نمودار جریان بر حسب فرکانس را رسم کرده و با استفاده از شیب خط ظرفیت خازن را حساب کنید. ضریب گذردهی هوا را محاسبه کرده و با ضریب گذردهی خلاء مقایسه کنید.

جدول ۲

f (kHz)	۱	۵	۹	۱۳	۱۷	۲۱	۲۵
I (μA)							

بستگی ظرفیت خازن مسطح به فاصله صفحات

- مدار را مطابق شکل ۶ ببندید (دقت کنید که زمین اسیلوسکوپ به زمین نوسان ساز و آمپر متر وصل شود).
- تنظیم های اولیه اسیلوسکوپ را انجام دهید.
- فرکانس نوسان ساز را روی فرکانس مشخصی (۱۴ کیلوهرتز) تنظیم کنید.
- فاصله بین صفحات خازن را تغییر داده، هر دفعه شدت جریان را اندازه گیری کنید و جدول ۴ را کامل کنید.
- نمودار جریان بر حسب عکس فاصله ($1/d$) را رسم نموده و به کمک آن رابطه ظرفیت خازن با فاصله صفحات را نتیجه گیری کنید.

جدول ۳

$f = 14 (KHz)$							
$d(mm)$	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
I (μA)							

پرسش ها

- ۱- چگونه می توان با استفاده از اسیلوسکوپ جریان را اندازه گیری کرد؟
- ۲- خطاهای آزمایش را بررسی کرده و دلایل آن را ذکر کنید.