

## آزمایش ۴

### باردار شدن و بی بار شدن خازن‌ها

بررسی تجربی باردار شدن و بی بار شدن خازن‌ها و ظرفیت معادل خازن‌های سری و موازی

### تئوری آزمایش

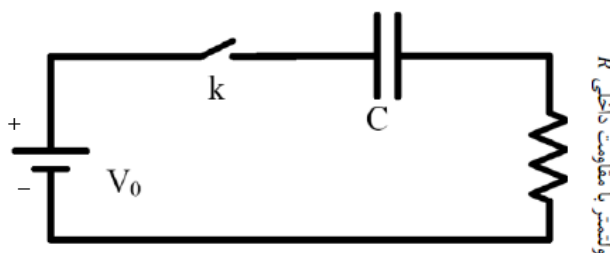
خازن از دو رسانای عایق‌بندی شده تشکیل شده است که اصطلاحاً صفحه نامیده می‌شوند. اگر دو صفحه خازن را به دو سر یک باتری وصل کنیم، بر روی صفحات آن بارهای مساوی و مخالف  $\pm q$  جمع می‌شوند که با ولتاژ دو سر باتری متناسبند ( $q = CV$ ).  $C$  ضریب تناسب، ظرفیت خازن نامیده می‌شود که به شکل و محل نسبی رساناها و همچنین محیطی که رساناها در آن قرار دارند بستگی دارد.

- **باردار شدن خازن (شارژ):** فرض کنید مطابق شکل ۱ خازن و ولت‌متر با مقاومت الکتریکی  $R$ ، به صورت سری در مدار قرار گیرند، پس از بسته شدن کلید  $k$ ، خازن بلافاصله باردار نخواهد شد بلکه بارها کم‌کم بر روی صفحات خازن جمع می‌شوند و با استفاده از اصل پایستگی انرژی (یا قضیه حلقه) اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$V_C = V_0 \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right)$$

(قانون ولتاژ در مدار شکل ۱ در جهت ساعتگرد:  $-V_0 + V_C + V_R = 0$  و با حل این رابطه با استفاده از معادلات دیفرانسیل ولتاژ دوسر خازن بدست می‌آید).

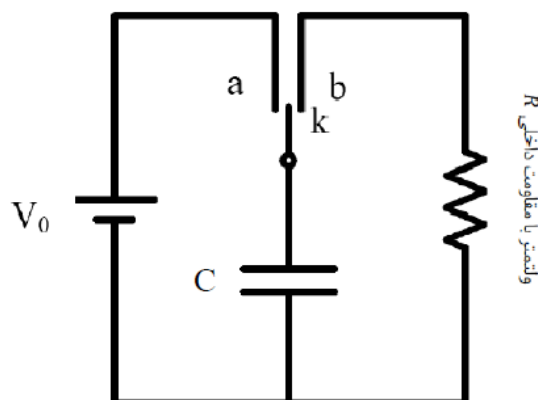
بنابراین در زمان  $t = RC$  اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن  $0.63$  اختلاف پتانسیل منبع تغذیه (اختلاف پتانسیل نهایی بین دو صفحه) است. زمان  $\tau = RC$  ثابت زمانی مدار نامیده می‌شود.



شکل ۱

- بی بار شدن خازن (دشارژ): فرض کنید مطابق شکل ۲ با بستن کلید k به نقطه a خازن را باردار کنیم و سپس با بستن کلید k به نقطه b انرژی جمع شده در خازن را در مقاومت R تخلیه می‌کنیم. با استفاده از اصل پایستگی انرژی (یا قضیه حلقه) اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$V_c = V_0 \left( \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right)$$



شکل ۲

در مدار باردار شدن و بی‌بار شدن خازن‌ها، می‌توان به جای تک خازن از چند خازن به صورت سری یا موازی استفاده کرد. ظرفیت خازن معادل در حالت موازی و در حالت سری از رابطه‌های زیر به دست می‌آیند.

$$C = C_1 + C_2 + \dots \quad \text{حالت موازی}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad \text{حالت سری}$$

### وسایل آزمایش

منبع تغذیه DC، دو عدد خازن  $C_1 = 20 \mu F$  و  $C_2 = 4 \mu F$ ، ولت‌متر، زمان‌سنج، سیم رابط (۶ عدد).

## روش آزمایش

### روش اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل یک خازن باردار با ولت‌متر

- خازن  $C_1$  را با اتصال مستقیم به منبع تغذیه با ولتاژ ۱۰ ولت شارژ کنید (پس از مدت زمانی کوتاه خازن شارژ می‌شود).
- پس از جدا کردن خازن  $C_1$  از منبع تغذیه آن را به صورت موازی به ولت‌متر وصل کنید. تغییر اختلاف پتانسیل دو سر خازن را از روی ولت‌متر مشاهده کنید (توجه داشته باشید که بار خازن از راه مقاومت داخلی ولت‌متر تخلیه می‌شود و ولتاژ آن به آهستگی کاهش می‌یابد).
- خازن  $C_1$  را از ولت‌متر جدا کرده و دو صفحه خازن را با یک سیم به هم وصل کنید تا تخلیه شود.
- خازن را مجدداً شارژ کرده، برای مدت کوتاهی دو دست خود را به دو اتصال خازن وصل کنید سپس به وسیله ولت‌متر اختلاف پتانسیل دو سر خازن را اندازه‌گیری کنید. خواهید دید که ولت‌متر، اختلاف پتانسیل کمتری را نشان می‌دهد که به علت تخلیه خازن توسط بدن شماست (دقت کنید در تمام طول آزمایش، اتصالات خازن‌ها را با دو دست لمس نکنید).
- نتایج این قسمت را شرح دهید.

### رسم منحنی باردار شدن خازن و تعیین مقاومت داخلی ولت‌متر

- مطابق شکل ۱ خازن  $C_1$  را به صورت سری به یک منبع تغذیه (۱۰ ولت) و یک ولت‌متر وصل کنید.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۱، عددی که ولت‌متر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.
- بین اختلاف پتانسیل منبع تغذیه  $V_0$ ، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن  $V_C$  و عددی که ولت‌متر نشان می‌دهد  $V$  رابطه زیر برقرار است (طبق قانون ولتاژها) :

$$V = V_0 - V_C = V_0 \left( \exp \left( -\frac{t}{RC} \right) \right)$$

- منحنی نمایش تغییرات  $V/V_0$  را برحسب زمان روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.
- با استفاده از شیب خط (از روش کمترین مربعات محاسبه شود)، ثابت زمانی مدار را بدست آورده و مقاومت داخلی ولت‌متر را محاسبه کنید.

جدول ۱

t (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵
V (V)										
V/V <sub>0</sub>										

### رسم منحنی بی‌بار شدن خازن و تعیین مقاومت داخلی ولت‌متر

- خازن C<sub>2</sub> را به وسیله یک منبع تغذیه (10 ولت) باردار کنید.
- خازن را از منبع تغذیه جدا کرده و به ولت‌متر وصل کنید تا خازن از راه مقاومت داخلی ولت‌متر، تخلیه شود.

- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۲، عددی که ولت‌متر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.
- منحنی نمایش تغییرات V/V<sub>0</sub> را برحسب زمان روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.
- با استفاده از شیب خط (از روش کمترین مربعات محاسبه شود)، ثابت زمانی مدار را بدست آورده و مقاومت داخلی ولت‌متر را محاسبه کنید.
- مقدار متوسط مقاومت داخلی ولت‌متر ( $\bar{R}$ ) را با استفاده از نتایج بدست آمده در دو قسمت، تعیین کنید و مقدار خطای R نسبت به  $\bar{R}$  را در هر قسمت حساب کنید.

$$\left( \frac{|R - \bar{R}|}{\bar{R}} \right) \times 100 \text{ (درصد خطا)}$$

جدول ۲

t (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵
V (V)										
V/V <sub>0</sub>										

### بررسی تجربی ظرفیت معادل خازن‌های سری

- مطابق شکل ۱ خازن C<sub>1</sub> و C<sub>2</sub> را به صورت سری به یک منبع تغذیه (۱۰ ولت) و یک ولت‌متر وصل کنید.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۳، عددی که ولت‌متر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.

- منحنی نمایش تغییرات  $V$  را برحسب زمان روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.
- با استفاده از منحنی و تعریف  $\tau$  ثابت زمانی مدار،  $\tau$  را بدست آورید.
- با استفاده از  $\tau$  بدست آمده و مقاومت داخلی ولت‌متر، ظرفیت معادل خازنها را بدست آورید. خطای این ظرفیت را نسبت به ظرفیت معادل  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  محاسبه کنید.

جدول ۳

t (s)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵
V (V)										

### بررسی تجربی ظرفیت معادل خازن‌های موازی

- خازن  $C_1$  و  $C_2$  را به صورت موازی بسته سپس به وسیله یک منبع تغذیه (۱۰ ولت) باردار کنید.
- خازنها را از منبع تغذیه جدا کرده و به ولت‌متر وصل کنید تا خازنها از راه مقاومت داخلی ولت‌متر، تخلیه شوند.
- به ازاء زمانهای درج شده در جدول ۴، عددی که ولت‌متر نشان می‌دهد را در جدول ثبت کنید.
- منحنی نمایش تغییرات  $V$  را برحسب زمان روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.
- با استفاده از منحنی و تعریف  $\tau$  ثابت زمانی مدار،  $\tau$  را بدست آورید.
- با استفاده از  $\tau$  بدست آمده و مقاومت داخلی ولت‌متر، ظرفیت معادل خازنها را بدست آورید. خطای این ظرفیت را نسبت به ظرفیت معادل  $C = C_1 + C_2$  محاسبه کنید.

جدول ۴

t (s)	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۰	۲۱۰	۲۴۰	۲۷۰	۳۰۰
V (V)											