

بخش ۱		آزمایش ۶: خازن ۲	
نام و نام خانوادگی: دانیال حمیدی		شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱	
روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰		نام مربی: استاد صداقت جلیل آبادی	

هدف آزمایش:

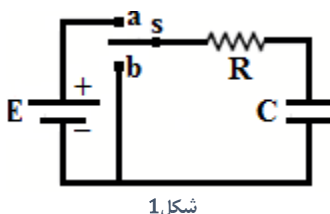
۱. بررسی پلاریته‌ی خازن‌ها
۲. بررسی اثر خازن در مدار DC و رسم منحنی شارژ و دشارژ آن
۳. اندازه‌گیری مقاومت درونی ولت‌متر

وسایل آزمایش: دو عدد خازن (با ظرفیت‌های مختلف)، منبع تغذیه‌ی DC، آومتر (مولتی‌متر)، کلید چاقویی (دوطرفه) و سیم‌های رابط

تعریف کمیت مورد اندازه‌گیری و تعیین واحد آن: ولتاژ خازن با واحد، ثابت زمانی خازن با واحد ثانیه

تئوری آزمایش (با ترسیم مدار الکتریکی):

خازن‌ها قطعاتی برای نگهداری انرژی الکتریکی، صاف کردن ولتاژ مستقیم و فیلتر کردن سیگنال‌های متناوب استفاده می‌شوند. خازن‌ها به دو دسته‌ی قطب‌دار و بدون قطب تقسیم می‌شوند.



شکل ۱

در مدار بالا، با متصل کردن کلید S به a، بارهای مثبت از سمت مثبت باتری به سمت صفحه‌ی بالایی خازن می‌روند، در نتیجه صفحه‌ی بالایی خازن دارای بار مثبت می‌شود. این بارهای مثبت، بارهای مثبت صفحه‌ی دیگر خازن را دفع کرده، و باعث می‌شوند صفحه‌ی پایینی دارای بار منفی شود. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که اختلاف پتانسیل دو سر باتری و خازن یکسان شود. با نوشتن قوانین کیرشهف خواهیم داشت:

$$\varepsilon - V_R - V_C = 0$$

$$\varepsilon - \frac{dq}{dt}R - \frac{q}{c} = 0 \rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{q}{cR} = \frac{\varepsilon}{R}$$

با حل معادلات بالا، با شرایط اولیه‌ی $q(t=0) = 0$ ، به نتیجه‌ی زیر می‌رسیم:

$$q_c(t) = C\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = q_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

کمیت $\tau = RC$ ، ثابت زمانی خازن نام دارد. در حالت شارژ، ثابت زمانی، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا خازن به 63% ولتاژ باتری برسد. بعد از گذشت 5τ خازن تقریباً به طور کامل شارژ می‌شود.

در صورتی که کلید S را به b بزنیم، خازن شروع به تخلیه شدن می‌کند. تا زمانی که اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی آن به صفر برسد. در این حالت، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن، توسط مقاومت R اتلاف می‌شود.

$$V_R + V_C = 0 \rightarrow \frac{dq}{dt}R + \frac{q}{C} = 0$$

$$q_c(t) = C\varepsilon e^{-\frac{t}{RC}} = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_c(t) = \frac{q}{C} = \varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

شماره دانشجویی: ۹۷۳۱۱۱۱	نام و نام خانوادگی: دانیال حمدی
نام مربی: استاد صداقت جلیل آبادی	روز و ساعت آزمایشگاه: چهارشنبه - ۱۰ تا ۱۲:۳۰

روش انجام آزمایش:

الف) بررسی قطبیت (پلاریته) خازن

- ولتاژ دو سر منبع تغذیه را با استفاده از ولت‌متر، روی 4 ولت تنظیم کنید.
 - ابتدا خازنی را که در اختیار دارید توسط سیم رابط به طور کامل تخلیه کنید. سپس دو سر خازن را به منبع تغذیه وصف کرده و آن را شارژ کنید.
 - حال خازن را از منبع تغذیه جدا کرده و ترمینال مثبت ولت‌متر را به قطب مثبت خازن و ترمینال منفی آن را به قطب منفی وصل کنید.
- اختلاف پتانسیل‌ها را در هر دو حالت، برای اولین خازنی که در اختیار دارید، اندازه بگیرید. (اولین عددی را که مشاهده می‌کنید، ثبت کنید):

$$\begin{cases} V_{AB} = 4(v) \\ V_{BA} = -4(v) \end{cases}$$

- اختلاف پتانسیل‌ها را در هر دو حالت، برای دومین خازنی که در اختیار دارید، اندازه بگیرید. (اولین عددی را که مشاهده می‌کنید، ثبت کنید):

$$\begin{cases} V'_{AB} = 4(v) \\ V'_{BA} = -4(v) \end{cases}$$

جواب به سؤال ۱. ولتاژ دو سر خازن شروع به افت می‌کند. چرا؟

زیرا با متصل کردن خازن به ولت‌متر، مداری مانند شکل ۱، در حالت اتصال S به b، ایجاد می‌شود که در آن R مقاومت درونی ولت‌متر است. به عبارت دیگر ولت‌متر جریان از خود عبور می‌دهد، خازن دشارژ شده و انرژی در مقاومت تلف می‌شود.

جواب به سؤال ۲. دو سر ولت‌متر را جا به جا کنید. چه تغییری در صفحه‌ی نمایش آن مشاهده می‌کنید؟

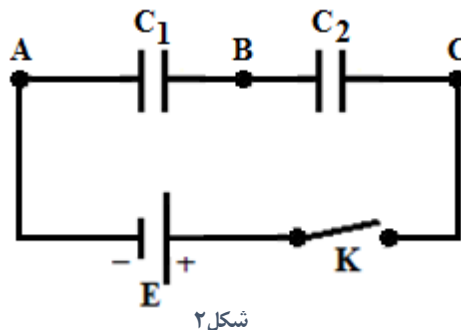
در این صورت، مقدار گزارش شده‌ی ولت‌متر قرینه می‌شود.

جواب به سؤال ۳. آیا پلاریته‌ی منبع تغذیه و خازن شارژ شده یکسان است؟

بله، همان‌طور که در بخش تئوری توضیح داده شد، خازن تا زمانی شارژ می‌شود که سر مثبت خازن هم‌پتانسیل با سر مثبت باتری، و سر منفی هم‌پتانسیل با سر منفی باتری شود. بنا بر این قطبیت منبع تغذیه و خازن شارژ شده یکسان است.

ب) اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل دو سر خازن‌های سری شده

1. خازن‌ها را به صورت سری به ولتاژ ۴ ولت متصل کنید. با اتصال کلید، هر دو خازن شارژ می‌شوند.
2. ولتاژ AB، BC و AC را پس از اتصال ولت‌متر اندازه‌گیری کنید.



$$\begin{cases} V_{AB} = 0.998 (v) \\ V_{BC} = 2.79 (v) \\ V_{AC} = 3.799 (v) \end{cases}$$

جواب به سؤال ۴. چه رابطه‌ای بین ولتاژها وجود دارد؟

رابطه‌ی اول:

$$V_{AC} = V_{AB} + V_{BC}$$

رابطه‌ی دوم:

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow C_1 V_{AB} = C_2 V_{BC} \rightarrow \frac{V_{AB}}{V_{BC}} = \frac{C_2}{C_1}$$

جواب به سؤال ۵. ولتاژها به چه نسبتی تقسیم شده‌اند؟

$$\frac{V_{AB}}{V_{BC}} = \frac{0.998 (v)}{2.79 (v)} = 0.357$$

از رابطه‌ی دوم سؤال قبل، انتظار داشتیم که ولتاژها به نسبت معکوس ظرفیت‌ها تقسیم شوند.

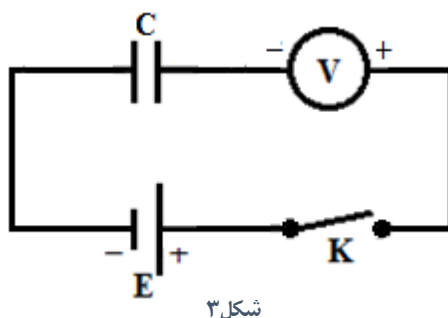
$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{2 (\mu F)}{5 (\mu F)} = 0.4$$

انتظار می‌رود علت اختلاف این دو عبارت، عدم اندازه‌گیری هم‌زمان ولتاژها باشد.

ج) شارژ خازن

1. مولتی‌متر را در حالت اندازه‌گیری ولتاژ DC قرار دهید. ابتدا مدار شکل ۳ را بسته، سپس خازن را تخلیه کنید.

2. ولتاژ منبع تغذیه را روی ۴ ولت تنظیم کنید.
3. پس از بستن کلید، کرنومتر را فعال کرده و به ازای هر ۵ ثانیه، ولتاژ دو سر ولت‌متر دیجیتالی را اندازه گرفته و در جدول ۱ گزارش کنید. این عمل را برای خازن دوم که در اختیار دارید، تکرار نمایید.

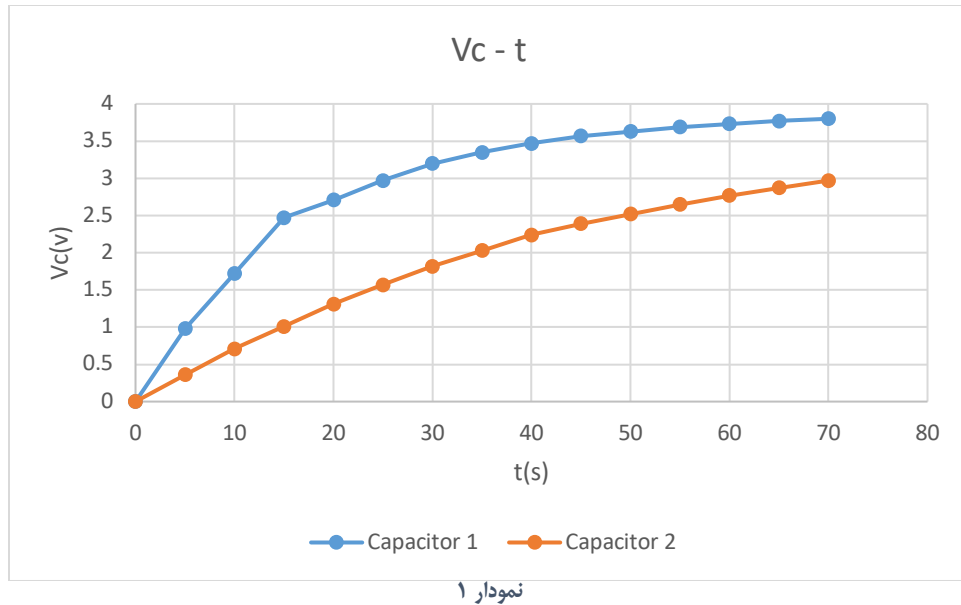


شکل ۳

$t(s)$	$V_v(v)$	$V_{c1} = \varepsilon - V_v(v)$	$V_v(v)$	$V_{c2} = \varepsilon - V_v(v)$
0	4	0	4	0
5	3.02	0.98	3.64	0.36
10	2.28	1.72	3.29	0.71
15	1.53	2.47	2.99	1.01
20	1.29	2.71	2.69	1.31
25	1.03	2.97	2.43	1.57
30	0.8	3.2	2.18	1.82
35	0.65	3.35	1.97	2.03
40	0.53	3.47	1.76	2.24
45	0.43	3.57	1.61	2.39
50	0.37	3.63	1.48	2.52
55	0.31	3.69	1.35	2.65
60	0.27	3.73	1.23	2.77
65	0.23	3.77	1.13	2.87
70	0.2	3.8	1.03	2.97

جدول ۱

- نمودار ولتاژ خازن‌ها بر حسب زمان ($V_c - t$) را برای هر یک از حالت‌های بالا در یک دستگاه مختصات، جهت مقایسه رسم نمایید.



- ثابت زمانی τ_1 ، τ_2 ، τ_s و τ_p را برای هر یک از منحنی‌ها به دست آورید.
در حالت شارژ، ثابت زمانی، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا خازن به 63% ولتاژ باتری برسد.

$$0.63 \times 4 = 2.52$$

$$\begin{cases} \tau_1 = 16(s) \\ \tau_2 = 50(s) \end{cases}$$

- مقدار مقاومت ولت‌متر R_V را یک بار از روی منحنی خازن C_1 و بار دیگر از روی C_2 ، با استفاده از رابطه $\tau = RC$ به دست آورید.

$$\begin{cases} R_{V1} = \frac{\tau_1}{C_1} = \frac{16(s)}{2 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^6(\Omega) \\ R_{V2} = \frac{\tau_2}{C_2} = \frac{50(s)}{5 \times 10^{-6}} = 10 \times 10^6(\Omega) \\ \overline{R_V} = \frac{R_{V1} + R_{V2}}{2} = 9 \times 10^6(\Omega) \end{cases}$$

- با فرض مجهول بودن ظرفیت خازن C_2 ، ظرفیت خازن را با استفاده از رابطه‌ی (5) محاسبه کنید.

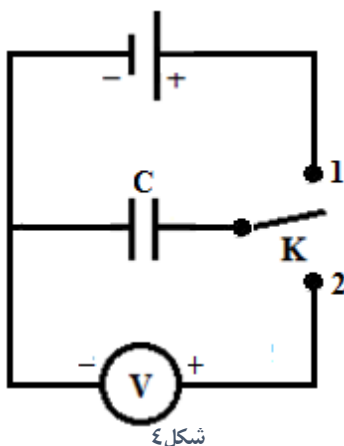
رابطه‌ی ۵:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

$$C_2 = \frac{C_1 \tau_2}{\tau_1} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 50}{16} = 6.25 \times 10^{-6}(F)$$

د) دشارژ خازن

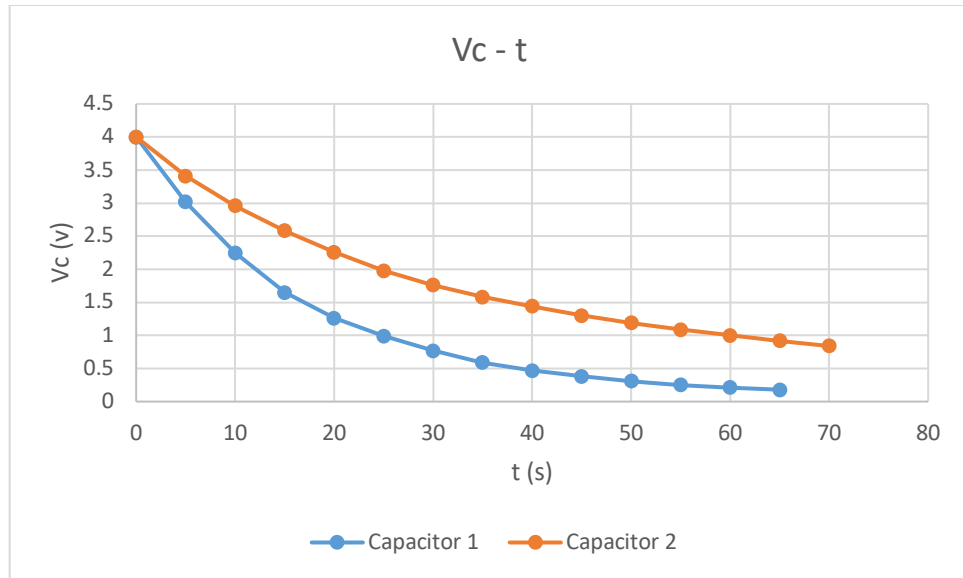
1. مدار شکل زیر را بسته و کلید چاقویی را در حالت ۱ قرار دهید تا خازن با ولتاژ ۴ ولت شارژ شود. سپس با قرار دادن کلید در حالت ۲، به ازای هر ۵ ثانیه، ولتاژ تخلیه‌ی خازن را یادداشت کنید و در جدول ۳ ثبت کنید.
2. همین کار را با خازن ۲ انجام دهید.



$t(s)$	$V_{c1} (v)$	$V_{c2} (v)$
0	4	4
5	3.02	3.41
10	2.25	2.96
15	1.65	2.58
20	1.26	2.26
25	0.99	1.98
30	0.77	1.76
35	0.59	1.58
40	0.47	1.44
45	0.38	1.3
50	0.31	1.19
55	0.25	1.09
60	0.21	1
65	0.18	0.92
70		0.84

جدول ۲

- نمودار تغییرات ولتاژ خازن بر حسب زمان ($V_c - t$) را در حالت دشارژ برای خازن‌های C_1 و C_2 در یک دستگاه مختصات، جهت مقایسه رسم کنید.



نمودار ۲

• ثابت‌های زمانی τ_1 و τ_2 را در حالت دشارژ از روی نمودار به دست آورید:

$$\begin{cases} \tau_1 = 16 \text{ (s)} \\ \tau_2 = 38 \text{ (s)} \end{cases}$$

جواب به سؤال ۷. نقش ولت‌متر دیجیتالی در حالت شارژ و دشارژ خازن چیست؟

به علت داشتن مقاومت درونی، در هر دو آزمایش نقش یک مقاومت را دارد. این مقاومت باعث می‌شود خازن بلافاصله شارژ یا دشارژ نشود. در حالت شارژ، مقاومت بخشی از انرژی منبع تغذیه، و در حالت دشارژ انرژی خازن را در خود تلف می‌کند.

همچنین ولت‌متر به ما کمک می‌کند تا به راحتی ولتاژ دو سر خازن را در حالت شارژ و دشارژ اندازه بگیریم.

جواب به سؤال ۸. ثابت زمانی τ در حالت دشارژ را تعریف نمایید.

در حالت دشارژ، ثابت زمانی، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا خازن به 37% ولتاژ اولیه‌ی خود برسد. بعد از گذشت 5τ خازن تقریباً به طور کامل دشارژ می‌شود.

جواب به سؤال ۹. آیا ثابت زمانی در حالت شارژ و دشارژ متفاوت است؟

در حالت شارژ، این ثابت برابر است با مدت زمانی که ولتاژ خازن به 63% ولتاژ نهایی‌اش رسیده، و در حالت دشارژ برابر زمانی است که ولتاژ خازن به 37% ولتاژ اولیه‌اش می‌رسد. در هر دو حالت، این ثابت زمانی یکسان، و برابر RC می‌باشند.

در مورد نتایج به دست آمده بحث کنید:

در این آزمایش ابتدا خاصیت قطبیت خازن‌ها را بررسی کردیم، و نشان دادیم که خازن‌های بدون قطب را می‌توان از هر دو جهت شارژ کرد، به طوری که هم‌پتانسیل با منبع تغذیه شوند.

سپس روابط میان ولتاژهای دو خازن، که به صورت سری به هم متصل هستند را راستی‌آزمایی کردیم. دیدیم که چون هر دو خازن میزان بار الکتریکی برابر دارند، نسبت ولتاژهایشان برابر معکوس نسبت ظرفیت‌هایشان است.

در نهایت ثابت زمانی خازن را، در حالت شارژ و دشارژ شدن را بررسی کردیم، و نشان دادیم که این ثابت به درستی برابر RC می‌باشد.