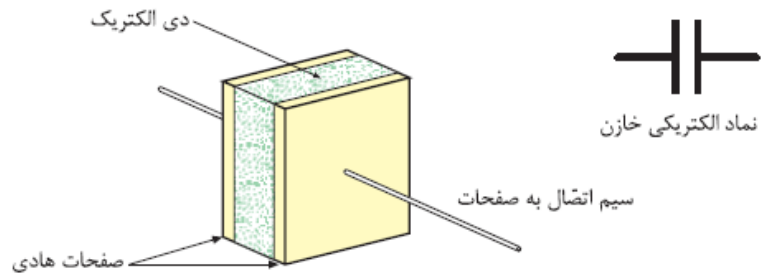
خازن

خازن ها عناصری هستند که می توانند مقداری الکتریسیته را به صورت یک میدان الکترواستاتیک در خود ذخیره کنند.

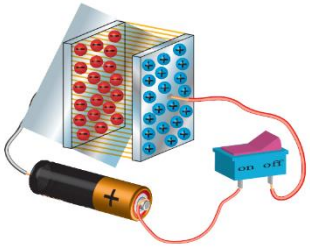
شکل زیر طرح ساده یک خازن مسطح و نماد الکتریکی آن را نشان می دهد. صفحات هادی نسبتاً بزرگ اند و در فاصله بسیار نزدیک به هم قرار می گیرند. دی الکتریک انواع مختلفی دارد و با ضریب مخصوصی که نسبت به هوا سنجیده می شود، معرفی می گردد. این ضریب را ضریب اپسیلون(ε) دی الکتریک می گویند و آن را با حرف می دهند.



طرح ساده یک خازن مسطح و نماد الکتریکی

میدان الکتریکی

هنگامی که یک خازن شارژ می گردد، یک صفحه آن دارای بار منفی و صفحه دیگر دارای بار مثبت می شود. چون بار منفی به وسیله بار مثبت جذب می شود، الکترون های صفحه منفی مایل اند به طرف صفحه مثبت بروند اما عایق بین صفحات، امکان این حرکت را نمی دهد. لذا یک نیروی الکتریکی بین دو صفحه به وجود می آید که این نیرو را میدان الکتریکی می نامند.



تعریف ظرفیت خازن: ظرفیت خازن برابر است با مقدار بار الکتریکی که روی یکی از صفحات خازن جمع شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه دیگر به اندازه یک ولت افزایش یابد.
ظرفیت خازن را با حرف C نمایش می دهند و واحد اندازه گیری ظرفیت خازن فاراد F است.

تعریف فاراد: عبارت است از نسبت یک کولن (واحد اندازه گیری بار الکتریکی است) بار ذخیره شده در هر یک از صفحات خازنی که به اختلاف پتانسیل یک ولت اتصال داده شده باشد.

Email: e.c.taheri@gmail.com

رابطه ظرفیت خازن

$$C = \frac{Q}{V}$$

Q بار الکتریکی یک صفحه خازن برحسب کولن C

V ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت V

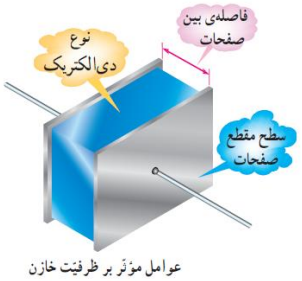
C ظرفیت خازن برحسب فاراد F

مثال ۱: یک خازن در اثر اعمال ۵۰ ولت به دو سر آن باری معادل ۱۰۰ کولن را ذخیره می کند. ظرفیت خازن چقدر است؟

حل: $C = \frac{Q}{V} = \frac{100C}{50V} = 2F$

تمرین ۱: خازنی با ظرفیت $۲۰۰\mu f$ را به ولتاژ ۱۰ ولت اتصال می دهیم، مقدار بار ذخیره شده چقدر است؟

عوامل مؤثّر بر ظرفیّت خازن



عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن

مهمترین عوامل مؤثّر بر ظرفیّت خازن عبارت اند از:

۱- مساحت صفحات

۲- فاصله بین صفحات

۳- دی الکتریک به کار رفته بین صفحات

محاسبه ظرفیت خازن بر اساس مشخصات فیزیکی خازن

$$C = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times A}{d}$$

A مساحت صفحات خازن برحسب متر مربع m^2

D فاصله بین صفحات برحسب متر m

ε_r ضریب دی الکتریک (عایق بین صفحات)

ε_0 ضریب دی الکتریک هوا (عدد ثابت 8.85×10^{-12})

Email: e.c.taheri@gmail.com

مثال۲: ظرفیت خازنی با سطح مقطع ۰/۰۳ متر مربع و ضخامت بین صفحات ۰/۰۰۵ سانتی متر و ضریب دی الکتریک ۲ را بدست آورید.

حل:

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$$

ضخامت صفحات $0.005\ \text{Cm} \longrightarrow$ تبدیل به متر $\frac{0.005}{100} = 0.00005m$

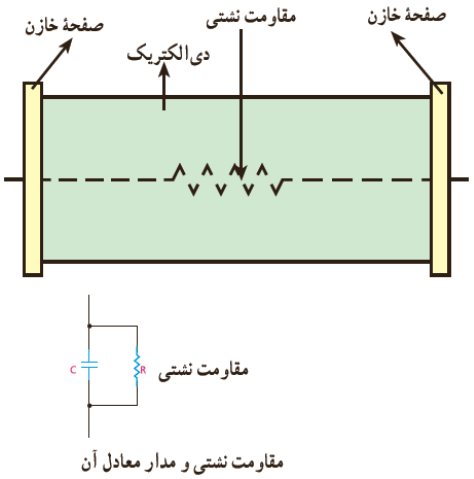
$$C = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times A}{d} = \frac{(8.85 \times 10^{-12}) \times 2 \times 0.03}{0.00005} = \frac{0.531 \times 10^{-12}}{0.00005} =$$

$$= 10620 \times 10^{-12} = 10.62 \times 10^{-9} = 10.62nF$$

تمرین۲: ظرفیت خازنی با سطح مقطع ۰/۴ متر مربع و ضخامت بین صفحات ۰/۰۰۰۲ متر و ضریب دی الکتریک ۵ را بدست آورید.

نشت در خازنها

دی الکتریک (عایق بین صفحات خازن) مورد استفاده در خازن ها باید از عبور هرگونه جریانی بین صفحات خازن جلوگیری کند. عملاً عایقی به معنای صددرصد وجود ندارد. لذا دی الکتریک ها هم مقدار بسیار کمی جریان را از خود عبور می دهند. مقاومتی که هر دی الکتریک در مقابل عبور جریان از خود نشان می دهد، مقاومت نشتی خازن نامیده می شود. شکل زیر مقاومت نشتی و مدار معادل آن را نشان می دهد. مقاومت نشتی معمولاً حدود مگا اهم است. در اثر کارکرد زیاد خازن مقاومت نشتی آن به تدریج کاهش می یابد.



مقاومت نشتی و مدار معادل آن

ثابت زمانی خازن

چنانچه خازنی به تنهایی در یک مدار DC قرار گیرد، به سرعت شارژ می شود. شارژ سریع خازن به این دلیل اتفاق می افتد که در مسیر شارژ هیچ گونه مقاومتی وجود ندارد. حال اگر مقاومتی را به مدار اضافه کنیم، وجود آن در مسیر شارژ، زمان شارژ را طولانی تر می کند. مقدار دقیق زمان شارژ به مقدار مقاومت قرار گرفته در مسیر شارژ R و ظرفیت خازن C بستگی دارد. منحنی شارژ و دشارژ خازن مانند سلف می باشد.

Email: e.c.taheri@gmail.com

رابطه ثابت زمانی خازن

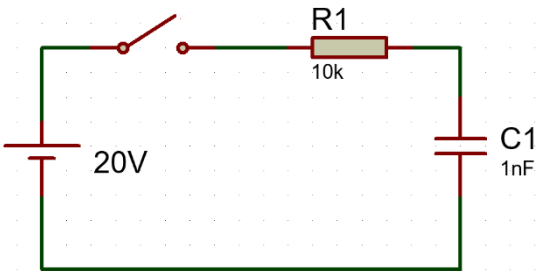
$$\tau = R \times C$$

R مقاومت مدار برحسب اهم Ω

C ظرفیت خازن برحسب فاراد F

مدت شارژ کامل خازن ۵ ثابت زمانی یا τ ۵ است.

مثال۳: در مدار شکل زیر پس از بستن کلید چه مدت طول می کشد تا خازن شارژ شود؟



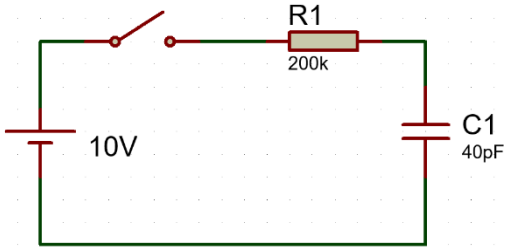
حل:

$$\tau = R \times C = (10 \times 10^{3}) \times (1 \times 10^{-9}) =$$

$$= 10 \times 10^{3+(-9)} = 10 \times 10^{-6} = 10\mu S$$

زمان شارژ کامل خازن ۵ ثابت زمانی $= 5 \times \tau = 5 \times 10\mu S = 50\mu S$

تمرین۳: مدت زمان شارژ خازن را در شکل زیر بدست آورید.



انرژی ذخیره شده در خازن

میدان الکترواستاتیکی ذخیره شده در خازن، دارای انرژی است. این انرژی به وسیله ولتاژ منبع که خازن را شارژ کرده است، تأمین می شود. چنانچه منبع ولتاژ را از خازن قطع کنیم، خازن در مرحله دشارژ قادر به باز پس دادن این انرژی خواهد بود.

مقدار انرژی الکتریکی ذخیره شده در یک خازن از رابطه زیر به دست می آید.

$$W = \frac{1}{2} \times C \times V^{2}$$

W انرژی ذخیره شده در خازن برحسب ژول (j)

C ظرفیت خازن برحسب فاراد (F)

V ولتاژ دوسر خازن برحسب (V)

مثال ٤: مقدار انرژی یک خازن $۲۰\mu F$ که با ولتاژ ۵۰ ولت شارژ شده را محاسبه کنید.

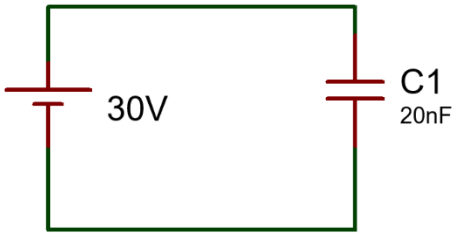
$$W = \frac{1}{2} \times C \times V^{2} = \frac{1}{2} \times (20 \times 10^{-6}) \times (50)^{2} = \frac{1}{2} \times (20 \times 10^{-6}) \times 2500 =$$

$$= \frac{1}{2} \times 50000 \times 10^{-6} = \frac{50000}{2} \times 10^{-6} = 25000 \times 10^{-6} =$$

$$= 25 \times 10^{-3} = 25mj$$ میلی ژول

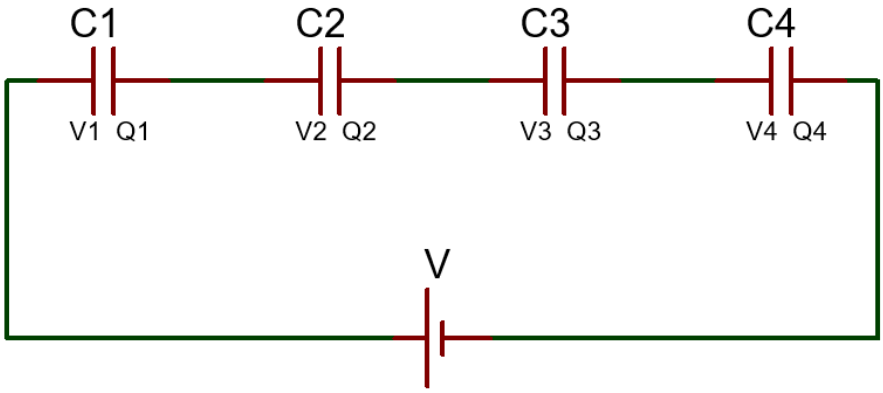
Email: e.c.taheri@gmail.com

تمرین٤: در مدار شکل زیر مقدار انرژی ذخیره شده در خازن را بدست آورید.



اتصال خازن ها

الف- اتصال سری



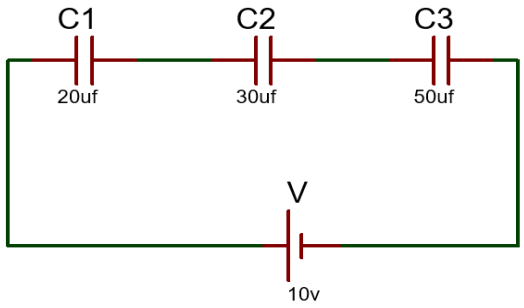
خازن معادل (کل) $C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}}$ ، $C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1+C_2}$ ، $C_T = \frac{C}{n}$

بار الکتریکی (مانند جریان در مدار سری) برحسب کولن C $Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$

ولتاژ کل $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

رابطه بین ولتاژ و بار الکتریکی خازن $C_T = \frac{Q_T}{V_T}$

مثال٥: در مدار شکل زیر مقدار ولتاژ دو سر هر کدام از خازن ها را بدست آورید.



حل: خازن کل یا معادل را بدست می آوریم:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{20}+\frac{1}{30}+\frac{1}{50}} = \frac{1}{0.05+0.033+0.02} = \frac{1}{0.103} = 9.7\mu F$$

Email: e.c.taheri@gmail.com

بار الکتریکی کل را بدست می آوریم (بار الکتریکی در مدار سری خازن ها باهم برابر است) :

$$C_T = \frac{Q_T}{V_T} \quad \Rightarrow \quad Q_T = C_T \times V_T = (9.7 \times 10^{-6}) \times 10 = 97 \times 10^{-6} = 97\mu C$$ میکرو کولن

ولتاژ هریک از خازن ها را محاسبه می کنیم :

$$C_T = \frac{Q_T}{V_T} \quad \Rightarrow V = \frac{Q}{C} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{C1} = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{97\mu C}{20\mu F} = 4.85V$$

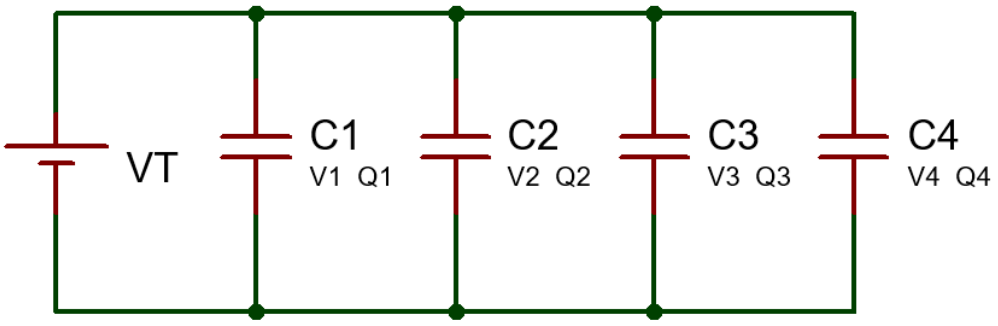
$$V_{C2} = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{97\mu C}{30\mu F} = 3.23V$$

$$V_{C3} = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{97\mu C}{50\mu F} = 1.94V$$

ولتاژ کل

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 4.85 + 3.23 + 1.94 = 10.02V$$

ب- اتصال موازی



خازن معادل (کل) $C_T = C \times n$, $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$

بار الکتریکی (مانند جریان در مدار موازی) برحسب کولن C $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

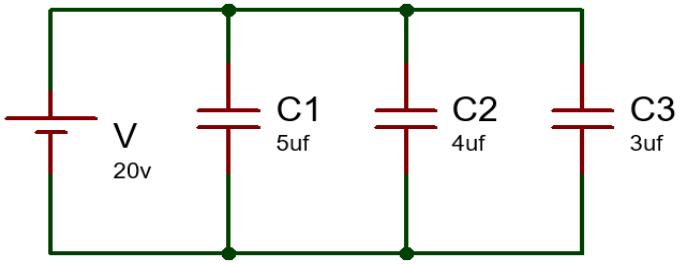
ولتاژ کل $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$

رابطه بین ولتاژ و بار الکتریکی خازن $C_T = \frac{Q_T}{V_T}$

Email: e.c.taheri@gmail.com

مثال٦: در مدار شکل زیر بار الکتریکی کل و هر کدام از خازن ها را بدست آورید.

حل: خازن کل یا معادل را بدست می آوریم:



$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 4 + 3 = 12\mu F$$

ولتاژ در کل مدار موازی یکسان است

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

بار الکتریکی هریک از خازن ها را محاسبه می کنیم :

$$C_T = \frac{Q_T}{V_T} \quad \Rightarrow Q = C \times V \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{C1} = C_1 \times V_1 = 5\mu F \times 20 = 100\mu C$$

$$Q_{C2} = C_2 \times V_2 = 4\mu F \times 20 = 80\mu C$$

$$Q_{C3} = C_3 \times V_3 = 3\mu F \times 20 = 60\mu C$$

بار الکتریکی کل

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 100 + 80 + 60 = 240\mu C$$

این تمرین ها و تمرین های صفحه های ۹۱ و ۹۲ کتاب را حل کرده و به ایمیل زیر ارسال نمایید.

Email: e.c.taheri@gmail.com