

### سوال اول)

الف) ابتدا شرایط اولیه را پیدا کرده و با استفاده از آن معادله را تشکیل می‌دهیم. در زمان صفر ولتاژ خازن برابر صفر است چون قبل از آن خازن تخلیه شده بوده و دارای ولتاژ صفر بوده است و همین طور ولتاژ خازن در لحظات صفر منفی و مثبت با هم برابر بوده و برابر صفر خواهد بود.

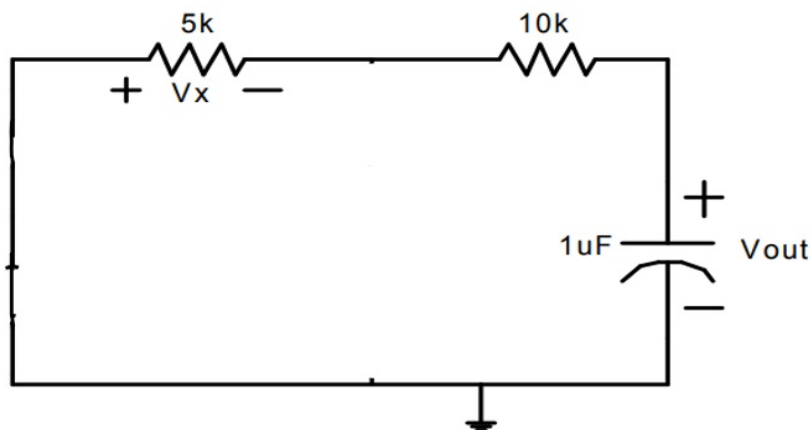
$$\frac{V_{out}(t) - 10}{15K} + \mu \frac{dV_{out}}{dt} = 0$$

$$V_{out}(0) = 10V$$

همینطور برای ولتاژ خازن در بینهایت، خازن در بینهایت کاملاً شارژ شده و مانند مدار باز عمل میکند.

و ولتاژ دو سر آن از طریق منبع ۱۰ ولت میشود.

حال باید ثابت زمانی مدار را به دست بیاوریم. برای این کار احتیاج به مقاومت توونن داریم. برای این کار منبع ولتاژ را برداشته و جای این اتصال کوتاه گذاشته و مقاومت توونن دو سر خازن را حساب میکنیم که برابر ۱۵k می‌شود.



حال ثابت زمانی برابر RC می‌شود که داریم:

$$T = RC = 0.015 \text{ s}$$

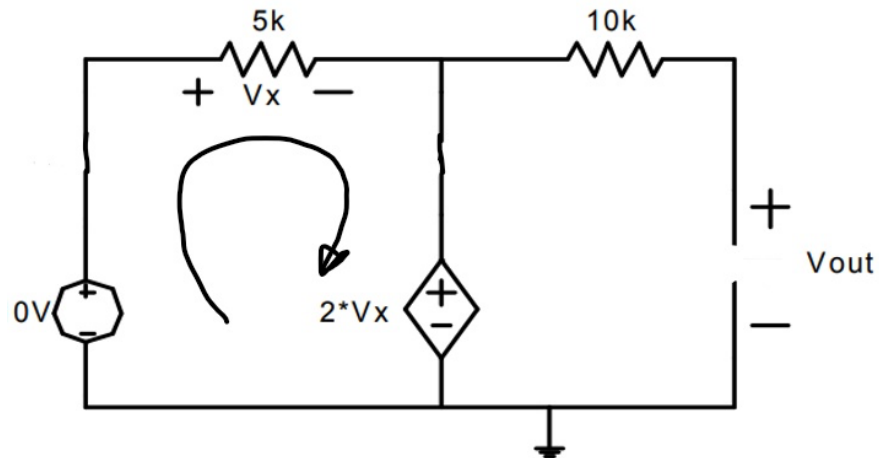
با استفاده از فرمول داریم:

$$V_{out}(t) = 10 \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) = 10 \left( 1 - e^{-\frac{t}{0.015s}} \right)$$

ب) به همان شیوه عمل میکنیم و  $V_{out}$  را به دست می آوریم:  
ابتدا ولتاژ ابتدایی را به دست می آوریم که در  $0.03$  به دست می آید.

$$V_{out}(0.03) = 10 \left( 1 - e^{-\frac{0.03}{RC}} \right) = 8.65 \text{ V}$$

سپس ولتاژ دو سر خازن را در بینهایت به دست می آوریم. در بینهایت خازن مانند مدار باز عمل میکند، پس با تشکیل معادله مقدار ولتاژ آن را در بینهایت حساب می کنیم:



$$10 = V_x(t) + 2V_x(t)$$

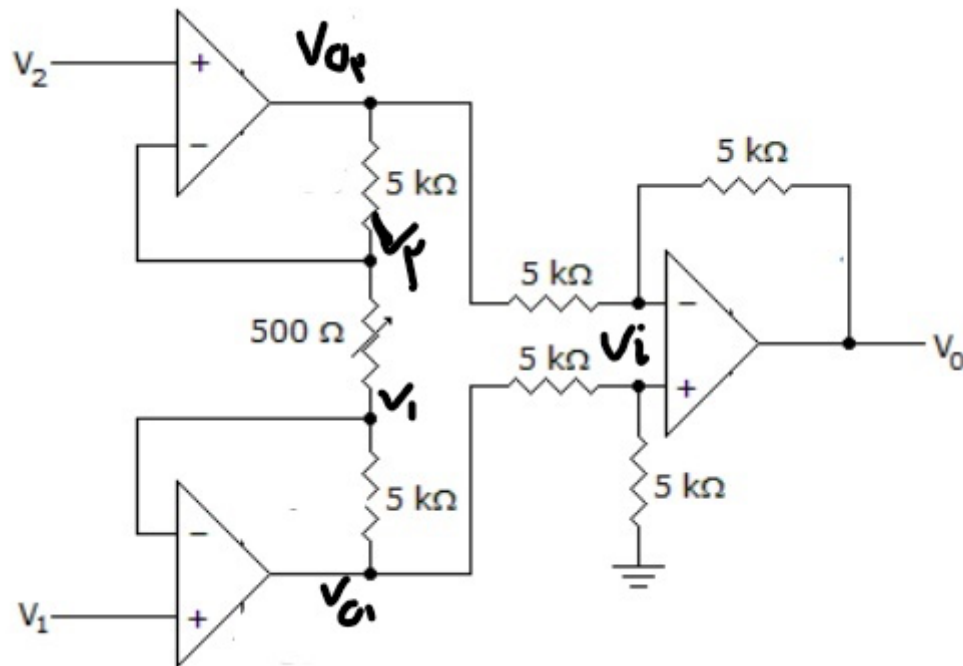
$$V_x(t) = \frac{10}{3} \text{ V}$$

حال با داشتن این اطلاعات، از طریق فرمول ولتاژ را به دست می آوریم اما توجه داشته باشید به دلیل این که این فرمول را از زمان  $0.03$  به بعد گرفتیم اما خود فرمول از زمان صفر شروع میشود در واقع یک شیفت زمانی داریم و باید به جای  $t$  از  $t - 0.03$  استفاده کنیم. همچنین مقاومت معادل مدار برابر با  $10k$  می شود:

$$V_{out}(t) = 2V_x + (8.65\text{V} - 2V_x)e^{-\frac{t-0.03}{RC}} = \frac{20}{3} + 1.98e^{-\frac{t-0.03}{0.01}}$$

سوال دوم) ولتاژهای ورودی را داریم، با توجه به فیدبک منفی داشتن همه آپامپها ولتاژ دو ورودی آنها با هم برابر است.

پس به سادگی با تشکیل معادلات جواب را به دست می آوریم:



ابتدا  $V_{01}$  را به دست می آوریم. برای این کار برای نقطه با ولتاژ  $V_1$  که پایین مقاومت  $500$  اهمی قرار دارد داریم:

$$\frac{V_1 - V_2}{500} + \frac{V_1 - V_{01}}{5000} = 0$$

که از بالا داریم  $V_{01} = 5V$ .

حال  $V_i$  را به دست می آوریم:

$$\frac{V_i - V_{01}}{5K} + \frac{V_i - 0}{5k} = 0$$

که برای  $V_i$  داریم که مقدار آن برابر  $2.5$  ولت میشود.

چون در آپامپ فیدبک منفی داریم پس ولتاژ ورودی منفی آپامپ نیز برابر  $2.5$  ولت میشود.

حال ولتاژ  $V_{02}$  را به دست می آوریم:

$$\frac{V_2 - V_1}{500} + \frac{V_2 - V_{o2}}{5000} = 0$$

که برای  $V_{o2}$  داریم که مقدار آن برابر  $۰.۲۵-$  میشود.

حال با تشکیل یک معادله برای  $V_i$  و دخیل کردن ولتاژ خروجی جواب را به دست می‌آوریم:

$$\frac{V_i - V_{o2}}{5000} + \frac{V_i - V_o}{5000} = 0$$

کخ نتیجه میشود ولتاژ خروجی مدار برابر  $۵.۲۵$  ولت میشود.