

«باسمه تعالی»



گزارش و پیش گزارش آزمایش ششم
پاسخ گذرای مدار RLC سری



طراحی و تدوین:

مهدی رحمانی

9731701

هدف آزمایش

بررسی پاسخ گذرای مدار RLC سری به ورودی پله

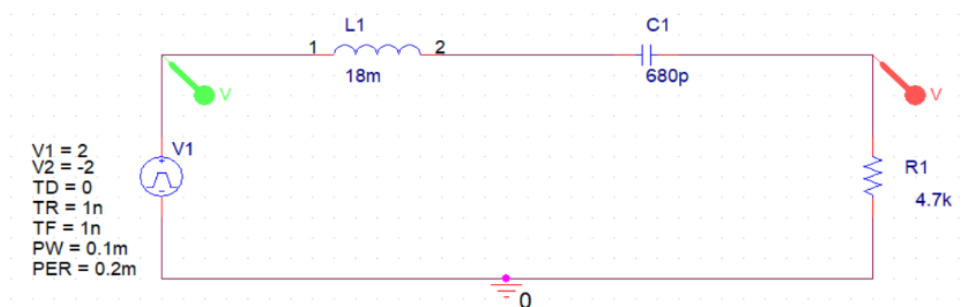
پیش گزارش 1

پیش گزارش ۱: پاسخ گذرای مدار مربوط به RLC سری با $L=18mH$ و $R=4.7k\Omega$ و به ازای سه مقدار مختلف خازن $C=68pF$ ، $C=220pF$ و $C=680pF$ را با استفاده از نرم افزار Orcad و تحلیل Transient Time شبیه سازی کنید و در هر حالت نوع پاسخ خروجی را تعیین کنید.

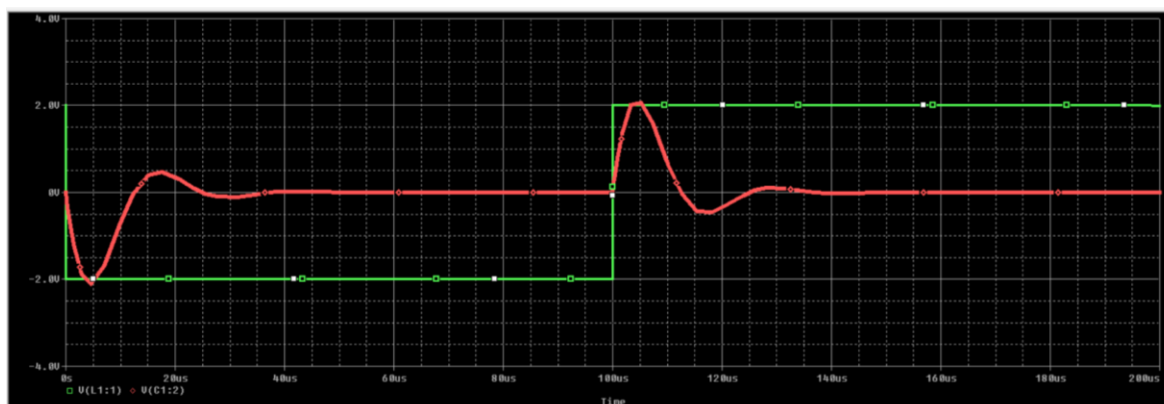
در هر حالت مدار مورد نظر را میبندیم و با توجه به نمودار مربوط به شبیه سازی راجع به نوع پاسخ خروجی نظر میدهیم:

$$C = 680pF$$

در این حالت مدار به شکل زیر میباشد:



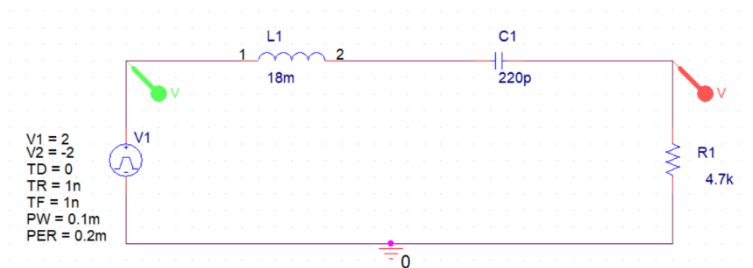
نمودار خروجی در شبیه سازی به صورت زیر است:



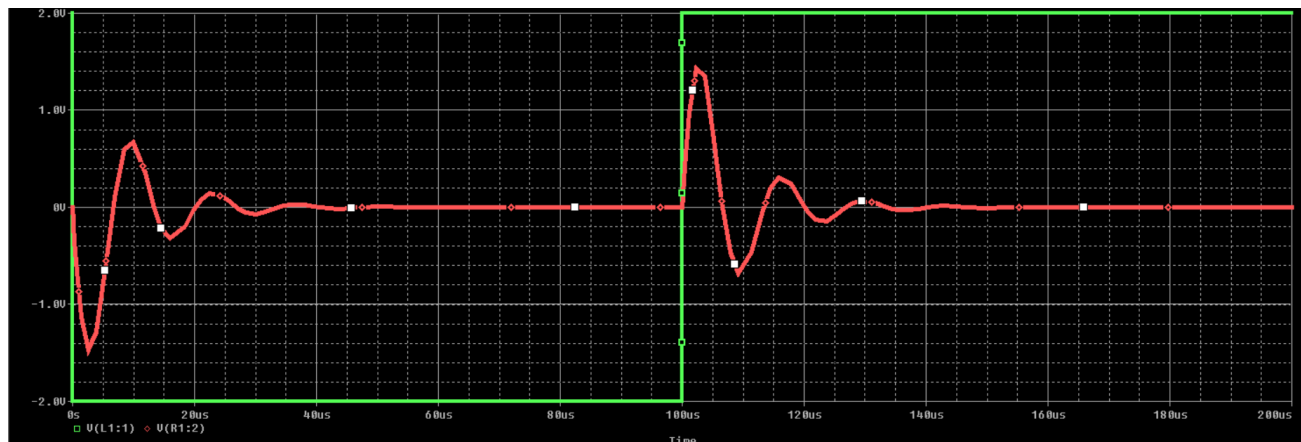
از آنجایی که پاسخ بین مقادیر مثبت و منفی نوسان میکند پس میتوان گفت پاسخ مدار به فرم (نوسانی میرا) میباشد.

$$C = 220pF$$

در این حالت مدار به شکل زیر میباشد:



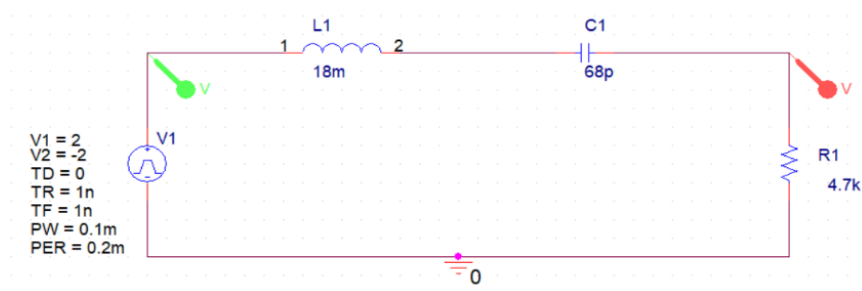
نمودار خروجی در شبیه سازی به صورت زیر است:



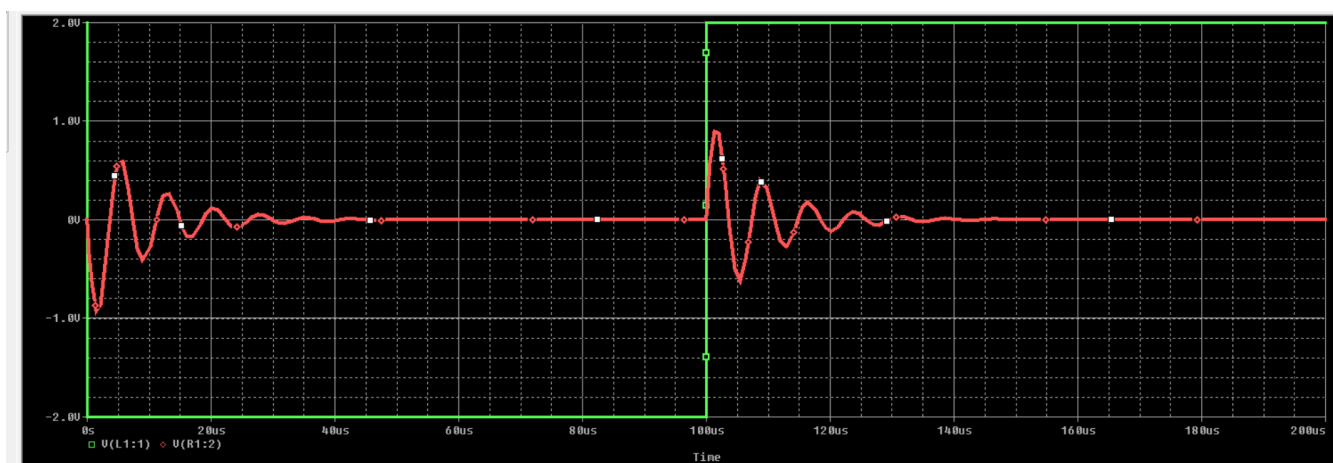
از آنجایی که پاسخ بین مقادیر مثبت و منفی نوسان میکند پس میتوان گفت پاسخ مدار به فرم (نوسانی میرا) میباشد.

$$C = 68pF$$

در این حالت مدار به شکل زیر می باشد:



نمودار خروجی در شبیه سازی به صورت زیر است:



از آنجایی که پاسخ بین مقادیر مثبت و منفی نوسان میکند پس میتوان گفت پاسخ مدار به فرم (نوسانی میرا) میباشد.

پیش گزارش 2

پیش گزارش ۲: با توجه به پیش گزارش ۱، در حالت میرای نوسانی، فرکانس نوسانات را اندازه‌گیری کنید و روشی را برای اندازه‌گیری ضریب میرایی در آزمایشگاه ارائه دهید.

برای حساب کردن فرکانس نوسانات میتوان از دو راه پاسخ داد. یکی اینکه به کمک نمودار فاصله ی دو تا پیک را اندازه بگیریم و با این روش دوره تناوب به دست می آید و با فرمول $f = \frac{1}{T}$ میتوان فرکانس را به دست آورد.

روش دیگر استفاده از رابطه ی تئوری $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$ به دست آمده میباشد. حال ما برای هر C از هر دو روش این مقدار را به دست می آوریم.

$$C = 680pF$$

فرکانس نوسانات:

• روش اول: به کمک نمودار :

$$T = t_2 - t_1 = 128.145\mu s - 104.317\mu s = 23.828\mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{23.828\mu s} = 0.041 MHz$$

• روش دوم: به کمک روابط تئوری:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18m \times 680p} - \frac{(4.7k)^2}{4(18m)^2}} = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{816.9 - 170.4} = 0.0404 MHz$$

$$: C = 220pF$$

فرکانس نوسانات:

- روش اول: به کمک نمودار :

$$T = t_2 - t_1 = 115.827\mu s - 102.446\mu s = 13.381\mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{13.381\mu s} = 0.074 \text{ MHz}$$

- روش دوم: به کمک روابط تئوری:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18m \times 220p} - \frac{(4.7k)^2}{4(18m)^2}} = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{2525.25 - 170.4} = 0.077 \text{ MHz}$$

$$: C = 68pF$$

فرکانس نوسانات:

- روش اول: به کمک نمودار :

$$T = t_2 - t_1 = 12.806\mu s - 5.179\mu s = 7.627\mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7.627\mu s} = 0.131 \text{ MHz}$$

- روش دوم: به کمک روابط تئوری:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18m \times 68p} - \frac{(4.7k)^2}{4(18m)^2}} = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{8169.9 - 170.4} = 0.142 \text{ MHz}$$

همانطور که مشاهده میشود میتوان نتیجه گرفت با کاهش مقدار C فرکانس نوسانات افزایش میابد.

برای اندازه گیری ضریب میرایی نیز دو راه داریم. راه اول این است که به کمک نمودار مقدار τ را به دست بیاوریم و سپس مقدار ضریب میرایی میشود: $\alpha = \frac{1}{\tau}$

راه دوم این است که از رابطه ی تئوری کمک بگیریم که داشتیم: $\alpha = \frac{R}{2L}$

اگر دقت شود متوجه میشویم تقریباً در تمامی حالات پس از حدوداً $40\mu s$ نوسانات کاملاً میرا میشوند و میتوان گفت که این مقدار تقریباً برابر 5τ میباشد. و لذا مقدار ضریب میرایی ربطی به مقدار C ندارد. همانطور که گفتیم با مقدار τ رابطه دارد که از طرفی هم میدانیم که مقدار آن از رابطه ی $\tau = \frac{2L}{R}$ به دست می آید. پس علاوه بر اثبات ریاضی فهمیدیم که چرا $\alpha = \frac{R}{2L}$ برقرار میباشد.

چون برای تمامی حالات ضریب میرایی برابر است بنابراین یک بار از دو روش در زیر حساب کردیم:

ضریب میرایی:

• **روش اول:** به کمک نمودار :

$$5\tau \cong 40\mu s \rightarrow \tau \cong 8\mu s$$

$$\alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{8\mu s} = 0.125 \times 10^6 s^{-1}$$

• **روش دوم:** به کمک روابط تئوری:

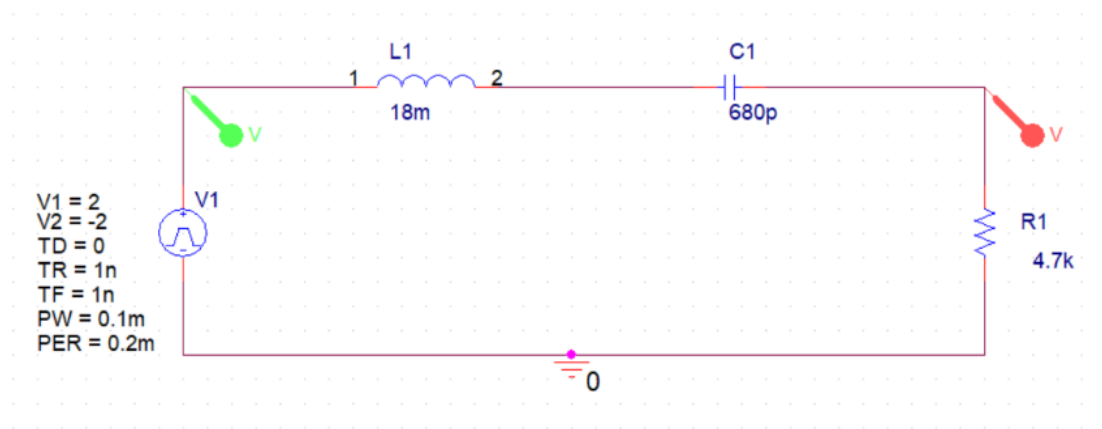
$$\alpha = \frac{R}{2L} = \frac{4.7k\Omega}{2 \times 18mH} = 0.130 \times 10^6 s^{-1}$$

آزمایش 1

۱- مدار شکل ۱ را با مقادیر $R = 4.7k\Omega$ ، $C = 680pF$ ، $L = 18mH$ بسته موج مربعی به دامنه $4V_{p-p}$ به آن اعمال کنید. شکل موج خروجی را به دقت رسم نموده و از روی آن فرکانس نوسانات را اندازه گرفته و با مقدار تئوری مقایسه نمایید.

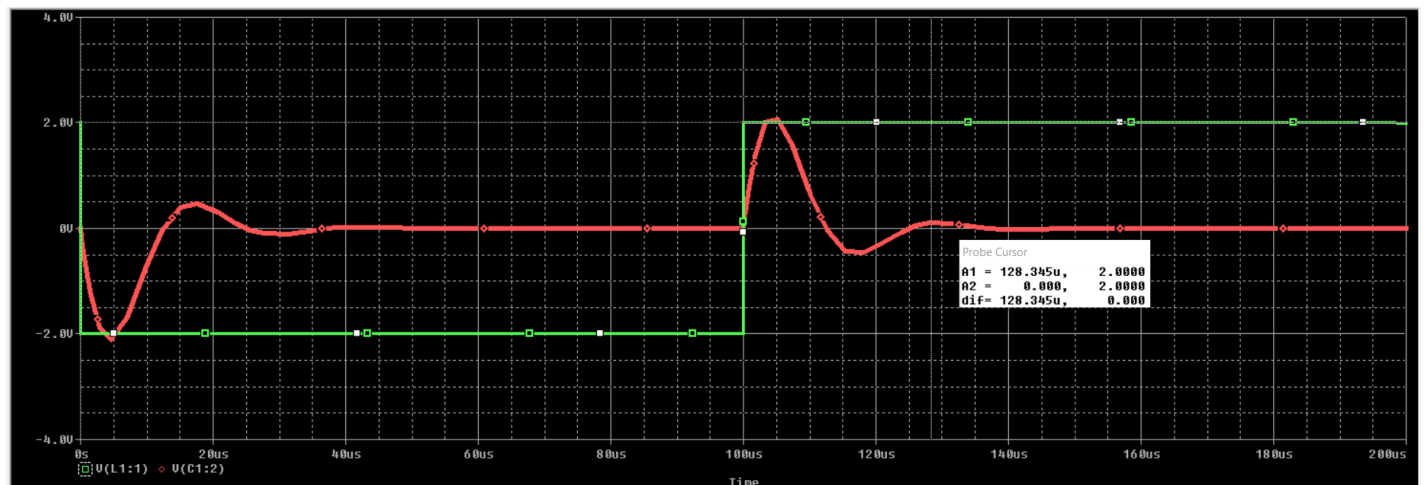
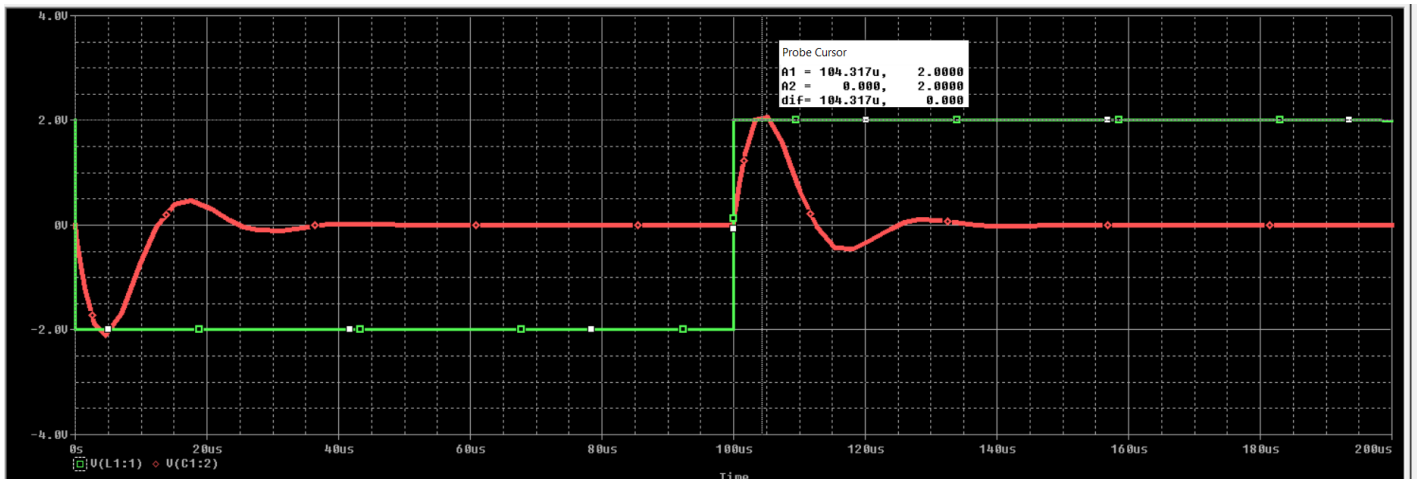
ابتدا مدار خواسته شده در سوال را میبندیم. در قسمت منبع چون گفته شده $4V_{p-p}$ پس ما $V1=2v$ و $V2=-2v$ در نظر میگیریم. هم چنین $TD=0$ و برای TR و TL را یک عدد خیلی کوچک مثلا $TR = 1ns$ و $TL = 1ns$ در نظر میگیریم.

هم چنین با توجه به اینکه در سوال چیزی گفته نشده مقدار $PW=0.5m$ و $PER=1m$ در نظر میگیریم. سپس با سعی و خطا مقدار آن را بهتر میکنیم. در نهایت میتوان گفت $PW=0.1m$ و $PER=0.2m$ برای نمایش نمودار به صورت واضح تر مقادیر مناسب تری هستند. بنابراین مدار به صورت زیر میباشد:



با توجه به نمودار و خروجی مدار که بین مقادیر مثبت و منفی نوسان میکند میتوان گفت پاسخ مدار به فرم (نوسانی میرا) میباشد. حال از آنجایی که در سوال مقدار فرکانس نوسانات مد نظر میباشد باید مثلا زمان دو تا پیک متوالی نمودار را اندازه گرفته و از هم کم کرده و مقدار تناوب به دست آمده را معکوس کنیم تا به فرکانس نوسانات برسیم.

در دو عکس زیر با کمک کرسر این دو مقدار را به دست آورده ایم:



حال با به کمک محاسبات مقدار فرکانس را حساب میکنیم:

$$T = t_2 - t_1 = 128.145\mu s - 104.317\mu s = 23.828\mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{23.828\mu s} = 0.041 \text{ MHz}$$

سپس باردیگر با کمک فرمول و به صورت تئوری مقدار فزکانس را حساب میکنیم و داریم:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18m \times 680p} - \frac{(4.7k)^2}{4(18m)^2}} = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{816.9 - 170.4} = 0.0404 \text{ MHz}$$

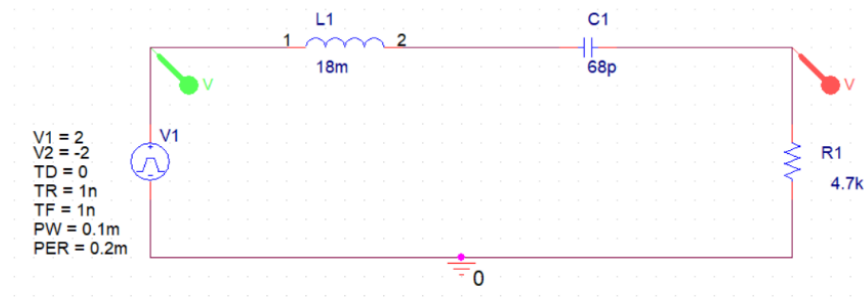
همانطوریکه مشاهده میشود اختلاف این دو مقدار بسیار کم است و یعنی فرمول ما به درستی کار میکند.

آزمایش 2

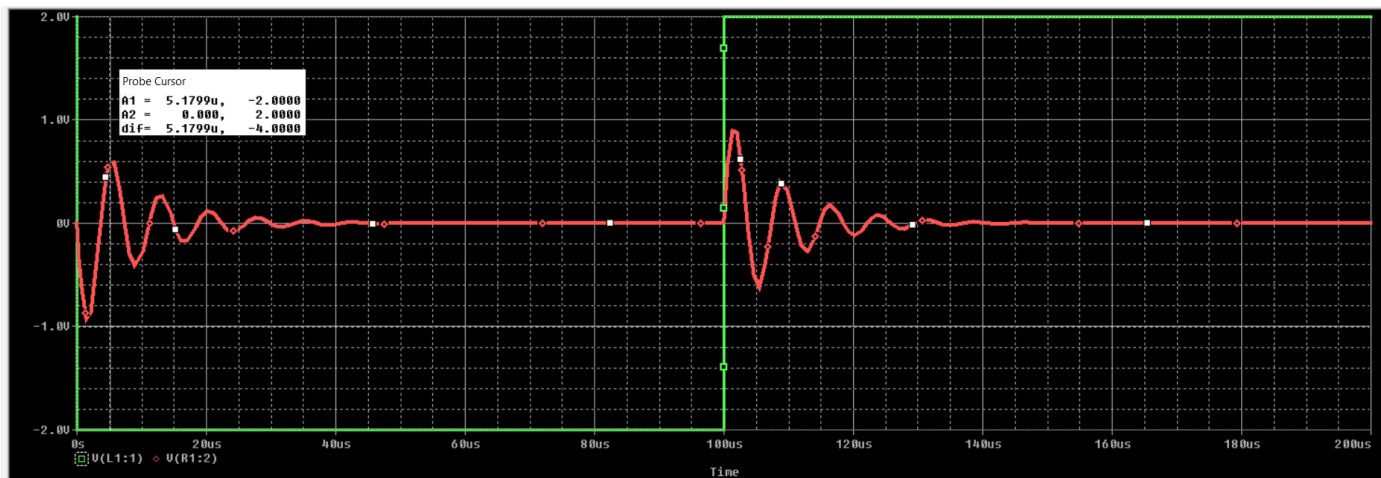
۲- همین آزمایش را با مقادیر $C = 68pF$ و $C = 220pF$ تکرار نموده و در هر مورد پاسخ مدار را ترسیم و نتیجه گیری نمایید.

$C = 68pF$:

در این حالت مدار به شکل زیر میباشد:



با توجه به نمودار و خروجی مدار که بین مقادیر مثبت و منفی نوسان میکند میتوان گفت پاسخ مدار به فرم (نوسانی میرا) میباشد. حال از آنجایی که در سوال مقدار فرکانس نوسانات مد نظر میباشد باید مثلا زمان دو تا پیک متوالی نمودار را اندازه گرفته و از هم کم کرده و مقدار تناوب به دست آمده را معکوس کنیم تا به فرکانس نوسانات برسیم. در دو عکس زیر با کمک کرسر این دو مقدار را به دست آورده ایم:





حال با به کمک محاسبات مقدار فرکانس را حساب میکنیم:

$$T = t_2 - t_1 = 12.806\mu s - 5.179\mu s = 7.627\mu s$$

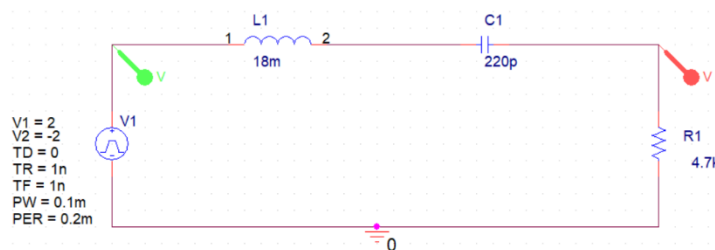
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7.627\mu s} = 0.131 \text{ MHz}$$

سپس باردیگر با کمک فرمول و به صورت تئوری مقدار فزکانس را حساب میکنیم و داریم:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18m \times 68p} - \frac{(4.7k)^2}{4(18m)^2}} = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{8169.9 - 170.4} = 0.142 \text{ MHz}$$

$$: C = 220pF$$

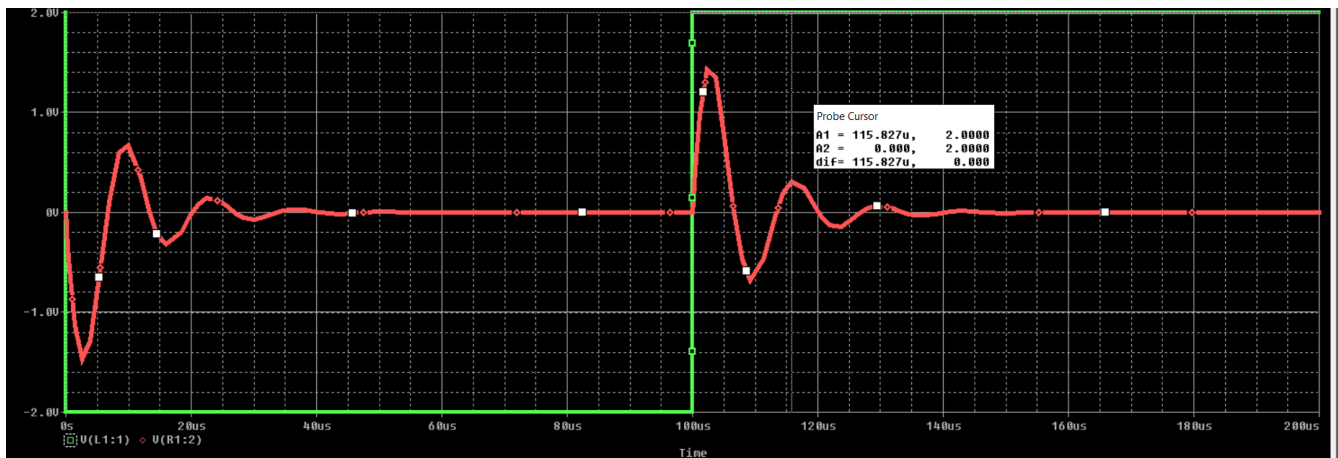
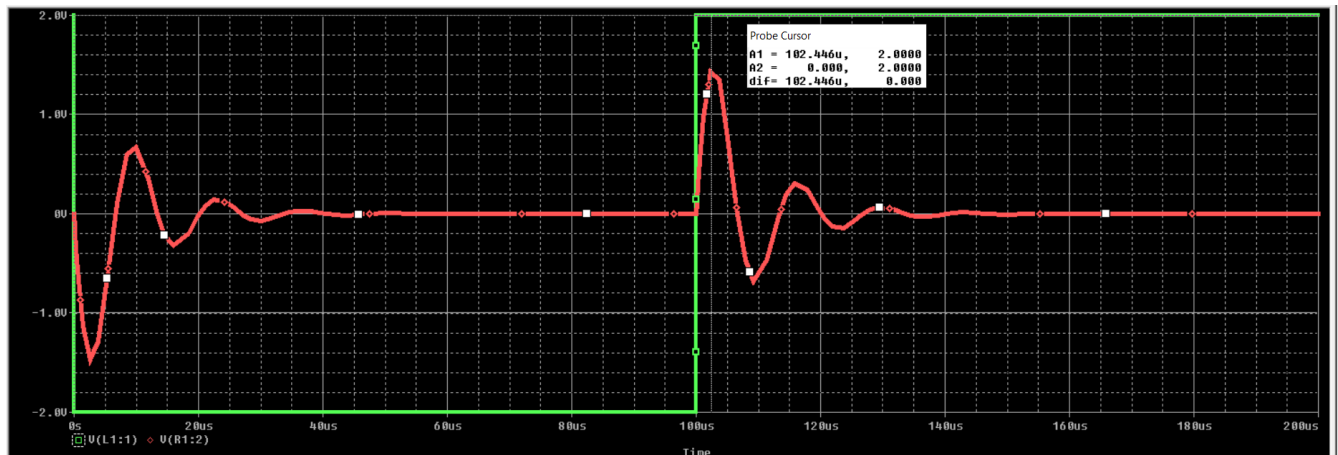
در این حالت مدار به شکل زیر میباشد:



با توجه به نمودار و خروجی مدار که بین مقادیر مثبت و منفی نوسان میکند میتوان گفت پاسخ مدار به فرم (نوسانی میرا) میباشد. حال از آنجایی که در سوال مقدار فرکانس نوسانات مد نظر میباشد باید مثلاً زمان دو تا پیک متوالی نمودار را اندازه گرفته و از هم کم کرده و مقدار تناوب به دست آمده را معکوس کنیم تا به فرکانس

نوسانات برسیم. در دو عکس زیر با کمک کرسر این دو مقدار را به دست آورده ایم:

حال با به کمک محاسبات مقدار فرکانس را حساب میکنیم:



$$T = t_2 - t_1 = 115.827\mu s - 102.446\mu s = 13.381\mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{13.381\mu s} = 0.074 \text{ MHz}$$

سپس باردیگر با کمک فرمول و به صورت تئوری مقدار فرکانس را حساب میکنیم و داریم:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18m \times 220p} - \frac{(4.7k)^2}{4(18m)^2}} = \frac{10^4}{2\pi} \sqrt{2525.25 - 170.4} = 0.077 \text{ MHz}$$

در نهایت با مقایسه ی نتایج میتوان فهمید که با افزایش مقدار C تعداد نوسان ها تا رسیدن به پایداری کاهش میابد.

پیش گزارش 3

پیش گزارش ۳: در پاسخ گذرای مدار RLC سری برای آنکه میرایی سریعاً اتفاق افتد، چه راهی پیشنهاد می کنید؟

همانطور که فهمیدیم تقریباً میتوان گفت که در 5τ فرکانس های ما میرا میشوند و مدار به حالت پایدار میرسد.

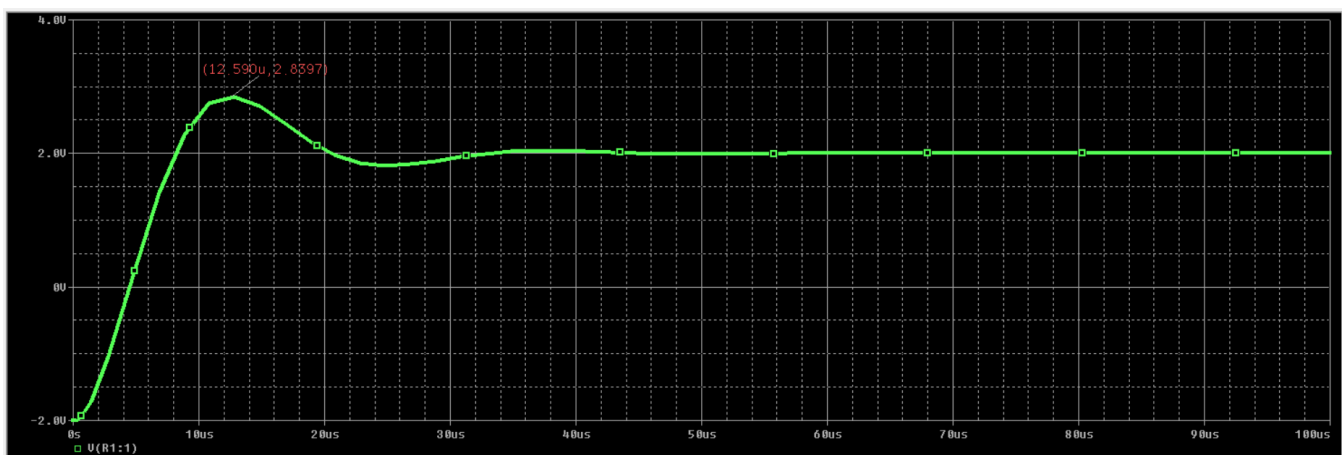
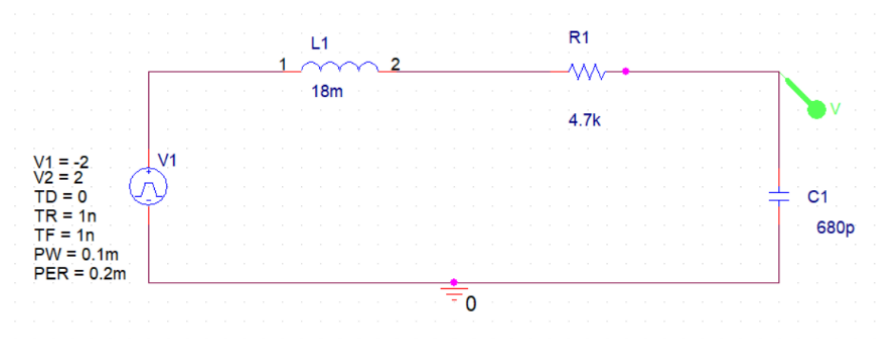
برای اینکه میرایی سریعاً اتفاق بیوفتد باید کاری کنیم که مقدار 5τ کاهش یابد و از طرفی میدانیم $\tau = \frac{2L}{R}$ برقرار میباشد بنابراین اگر مقدار R را افزایش دهیم یا مقدار L را کاهش دهیم به مقصدمان میرسیم.

پیش گزارش 4

پیش گزارش ۴: در شبیه سازی انجام گرفته برای حالت میرای نوسانی، نسبت ولتاژ Overshoot را به ولتاژ پایدار خازن بدست آورید؟

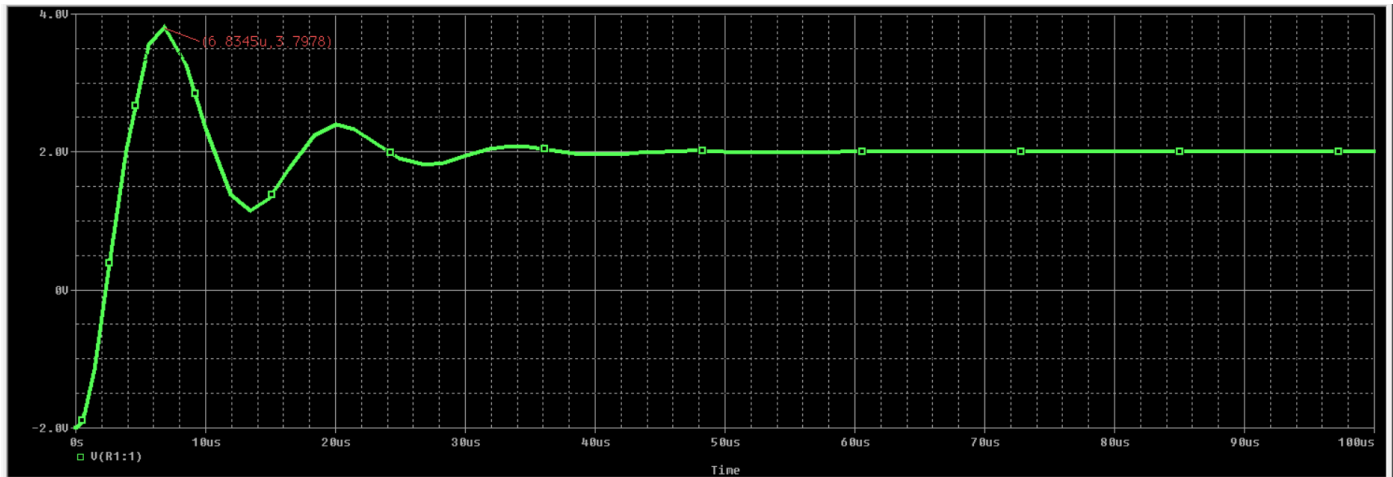
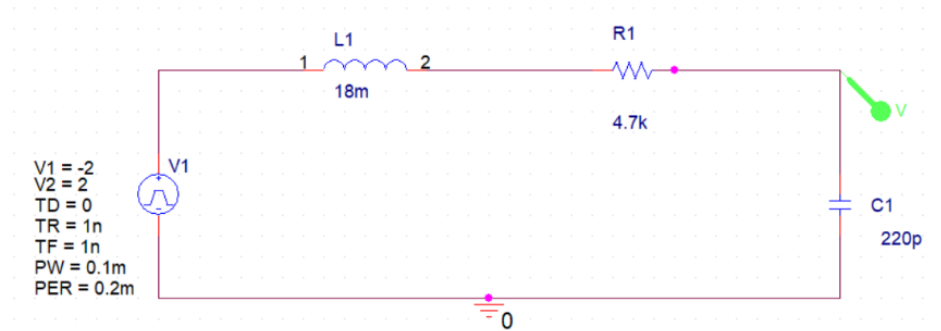
طبق نمودار های هر حالت خواهیم داشت:

$$C = 680pF$$



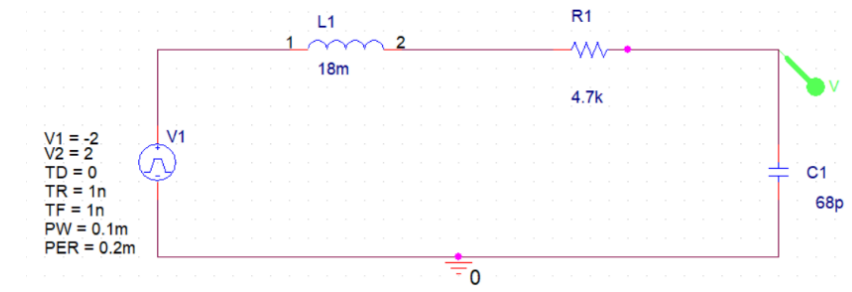
$$\frac{\text{ولتاژ overshoot}}{\text{ولتاژ پایدار خازن}} = \frac{2.8397}{2} = 1.4198$$

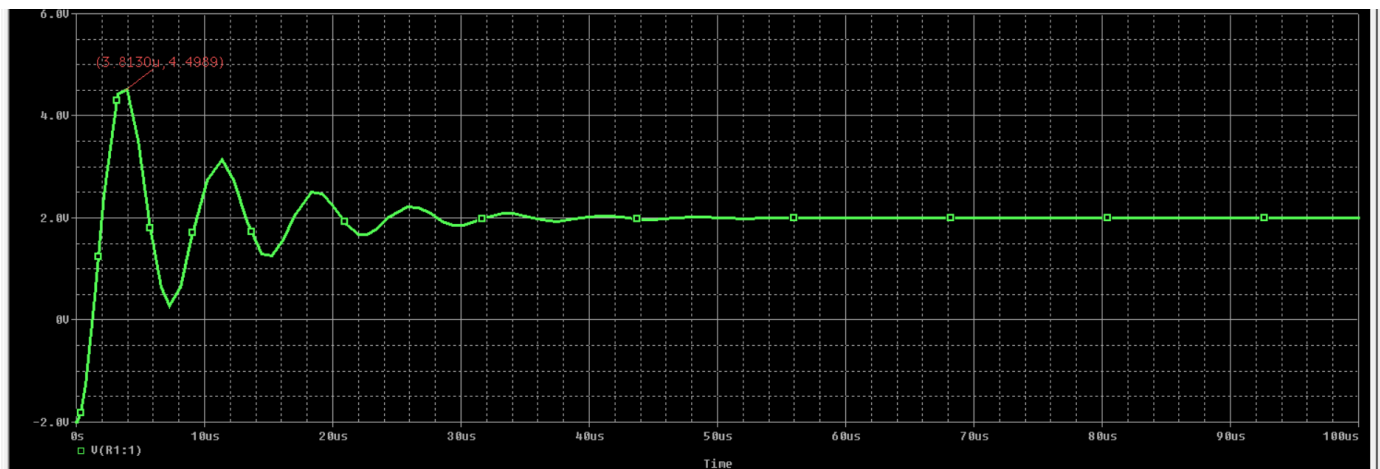
$C = 220pF$



$$\frac{\text{ولتاژ overshoot}}{\text{ولتاژ پایدار خازن}} = \frac{3.7978}{2} = 1.8989$$

$C = 68pF$





$$\frac{\text{ولتاژ overshoot}}{\text{ولتاژ پایدار خازن}} = \frac{4.4989}{2} = 2.2494$$

همانطور که مشاهده میشود با کاهش مقدار C تعداد نوسان ها و overshoot ها تا رسیدن به پایداری و هم چنین مقدار ولتاژ overshoot افزایش میابد

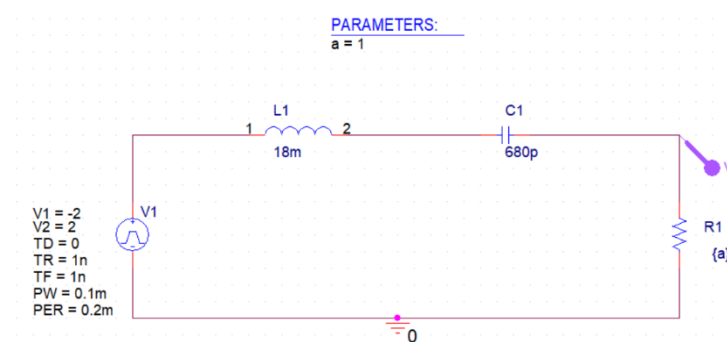
آزمایش 3

۳- اکنون به کمک یک پتانسیومتر و با تغییر مقاومت مدار به صورت صعودی، مقاومت بحرانی مدار را تعیین و شکل موج خروجی را رسم کنید ($C = 680pF$).

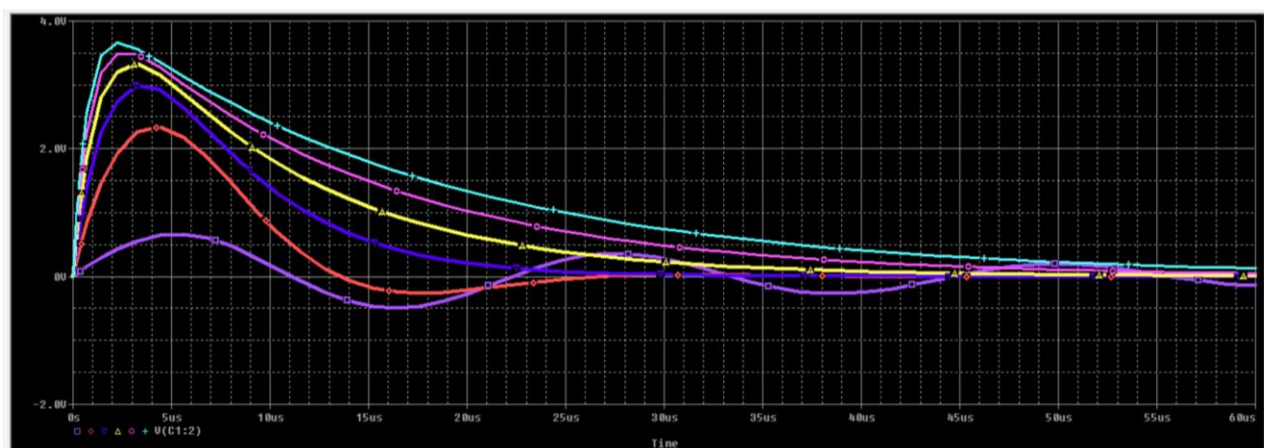
در ابتدا مقاومت بحرانی را از رابطه ی تئوری و فرمول به دست می آوریم:

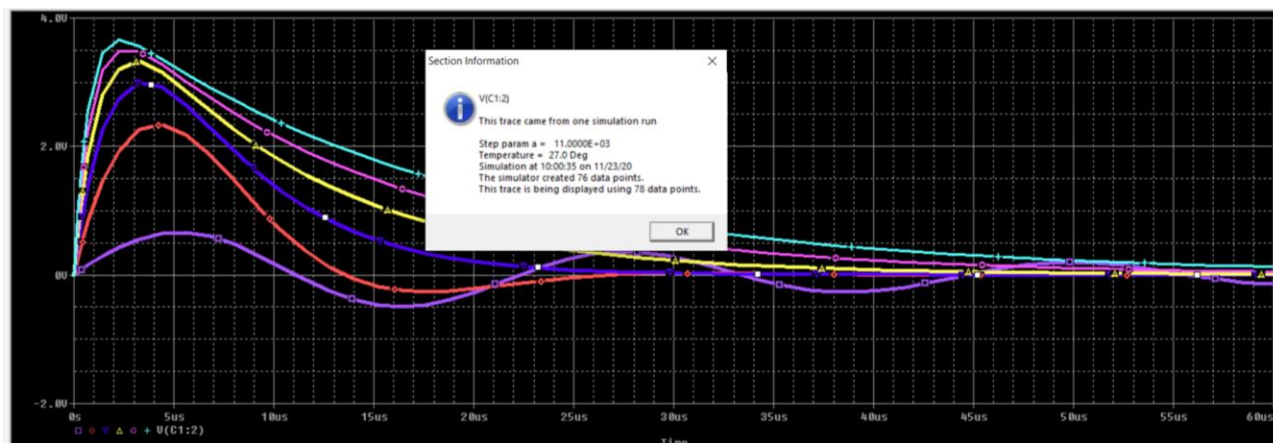
$$R_C = 2 \sqrt{\frac{L}{C}} = 2 \sqrt{\frac{18mH}{680pF}} = 10.28k\Omega$$

دراین حالت ما مقاومت را به صورت پارامتریک تعریف میکنیم تا خروجی مدار را به ازای مقادیر مختلف مقاومت بتوانیم مشاهده کنیم. پس مدار به فرم زیر میباشد:



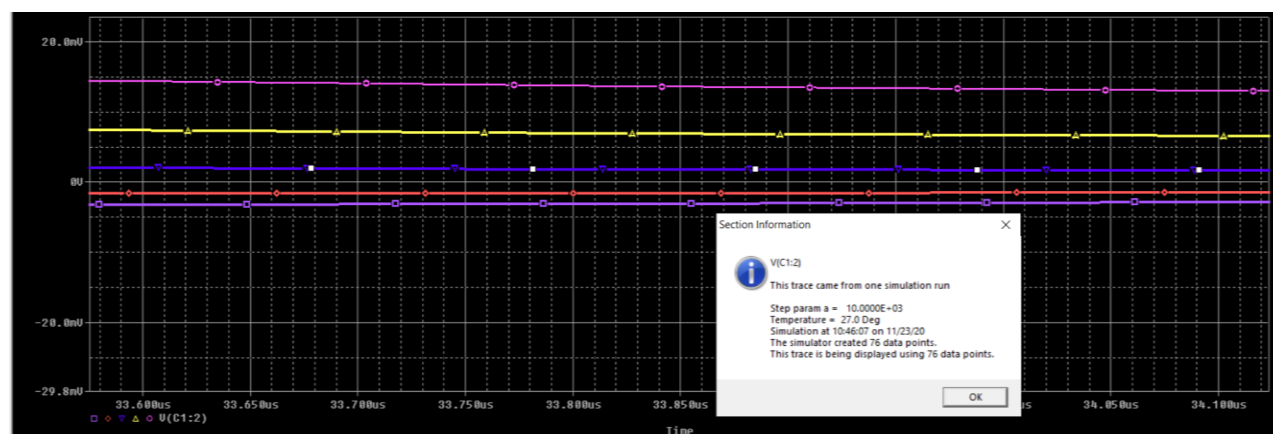
نوع تحلیل همان Time domain میباشد. بازه ی زمانی یا در واقع Tstop را کم تر میکنیم تا بتوانیم تغییرات را بهتر ببینیم و ما برابر $0.06ms$ در نظر میگیریم. در قسمت تنظیمات شبیه سازی در Parametric sweep مقدار شروع را $1k\Omega$ و مقدار پایانی را $30k\Omega$ با $increment=5k\Omega$ در نظر میگیریم تا بتوانیم در گستره ی بیشتری در ابتدا نمودار ها را ببینیم.



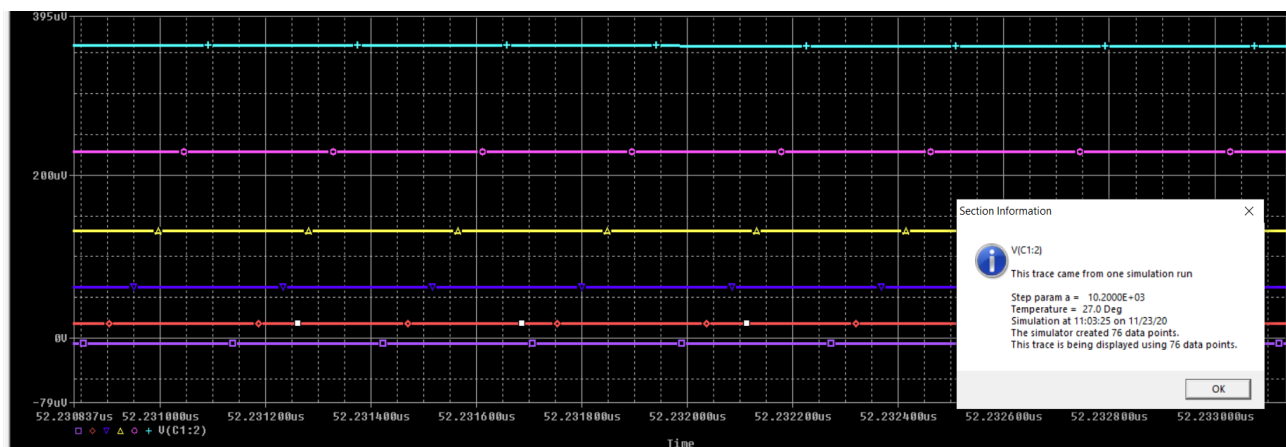


با توجه به اینکه از حالت تئوری با کمک فرمول مقدار حدودا 10 به دست می آید و با توجه به اینکه در خروجی شبیه ساز برای $11k\Omega$ را تقریبا میتوان گفت دیگر نمودار زیر محور افقی نیامده است.

حال بازه ی تغییر مقاومت را کاهش میدهم تا مقادیر را به صورت دقیق تر مشاهده کنیم. در این حالت مقادیر مقاومت را بین 9 تا 11 کیلو اهم تغییر میدهم.



در این حالت نیز نمودار مربوط به مقاومت 10 اهمی بالای نمودار است و بین 9 تا 10 زیر نمودار. پس باز هم را به بین 10 تا 11 با گام 0.2 تغییر می دهیم تا مقادیر دقیق تر شوند:



همانطور که مشاهده میشود مقدار R_c تقریباً برابر $10.2k\Omega$ میشود. که به جواب تئوری بسیار نزدیک میباشد.

آزمایش 4

۴- ثابت زمانی مدار را در حالت نوسانی میرا اندازه بگیرید. (با تغییر مقاومت به صورت نزولی این حالت را ایجاد کنید). مقدار R را بنویسید. ثابت زمانی تئوری را محاسبه نمایید.

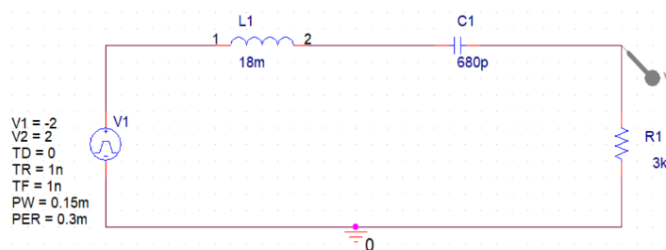
شبیه‌سازی: مدار فوق را تحلیل کامپیوتری نموده، ثابت زمانی را در حالت نوسانی میرا تعیین کنید.

برای $R=3k\Omega$ این مقدار را به دست می آوریم.

باتوجه به رابطه ی تئوری و فرمول داریم:

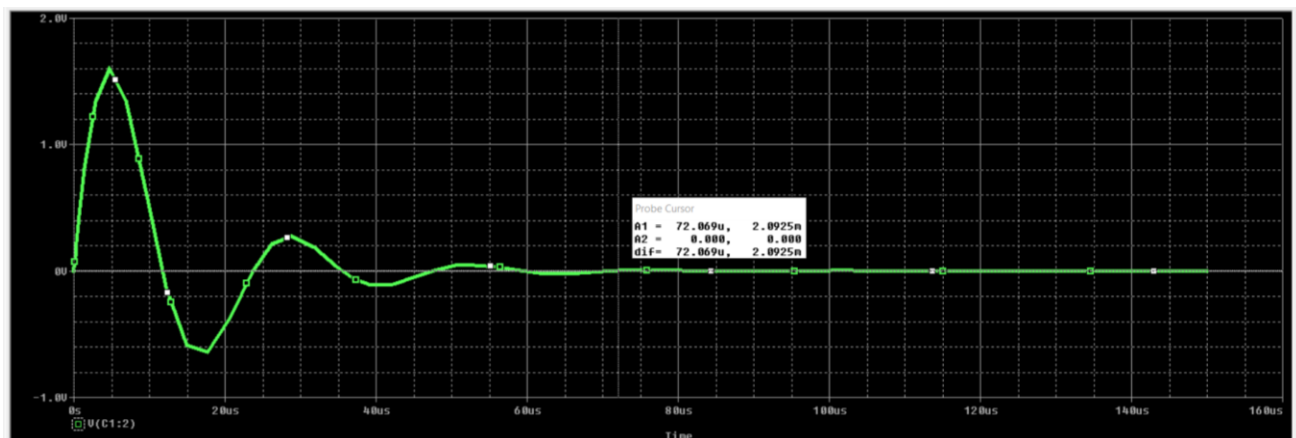
$$\tau = \frac{2L}{R} = \frac{2 \times 18mH}{3k\Omega} = 12\mu s$$

برای شبیه سازی مدار را به صورت زیر میبندیم:



برای واضح تر شدن نتایج مقدار PW را 0.15ms و مقدار PER را برابر 0.3ms درنظر گرفته ایم. خروجی به صورت

زیر میشود:



در زمان $72.069\mu s$ تقریبا به مقدار نهایی خود رسیده است. لذا مقدار ثابت زمانی را به صورت زیر محاسبه میکنیم:

$$5\tau = 72.069\mu s \rightarrow \tau = 14.413\mu s$$

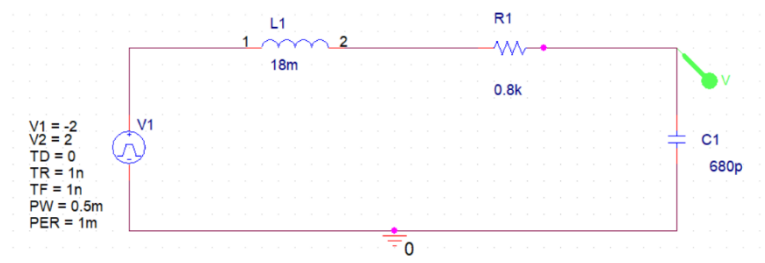
همانطور که مشاهده میشود زمان به دست آمده نزدیک به زمان به دست آمده از فرمول میباشد و این اختلاف کم برای خطای اندازه گیری با کرسر در شبیه سازی میباشد.

آزمایش 5

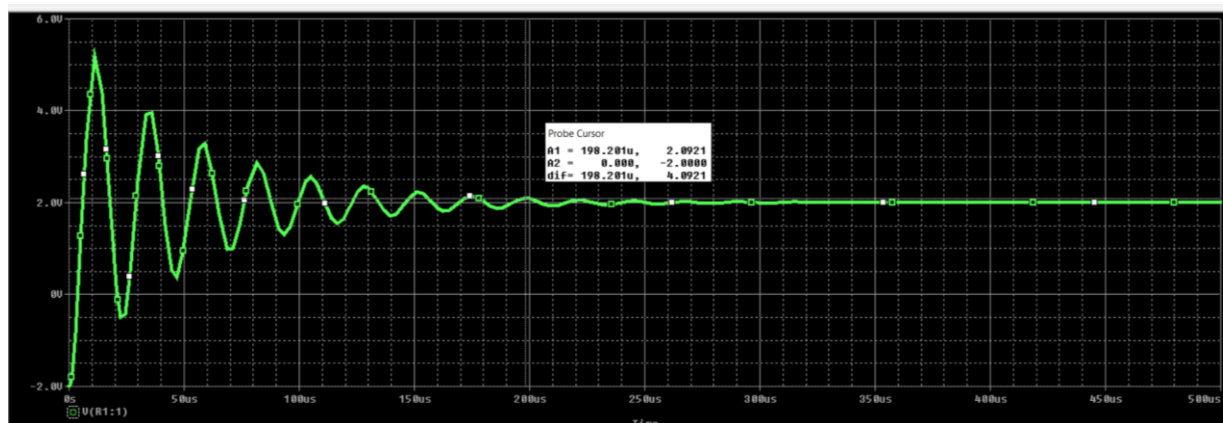
۵- در حالت ۴، ولتاژ دو سر خازن را روی نوسان نگار مشاهده کنید و نسبت ولتاژ Overshoot را به ولتاژ پایدار خازن اندازه گرفته و تعیین کنید که پس از چند نوسان، ولتاژ Overshoot به ۲ تا ۵ درصد ولتاژ نهایی می رسد (منظور ولتاژ $4V_{p-p}$ است).

ولتاژ ۲ تا ۵ درصد معیار مناسبی است که از آن به بعد می توان ولتاژ خازن را پایدار فرض نمود.

ابتدا مدار را برای مقاومت $0.8k\Omega$ میبندیم. همچنین مقدار دوره منبع را هم به گونه ای مناسب تعیین میکنیم. پس مدار به فرم زیر میشود:

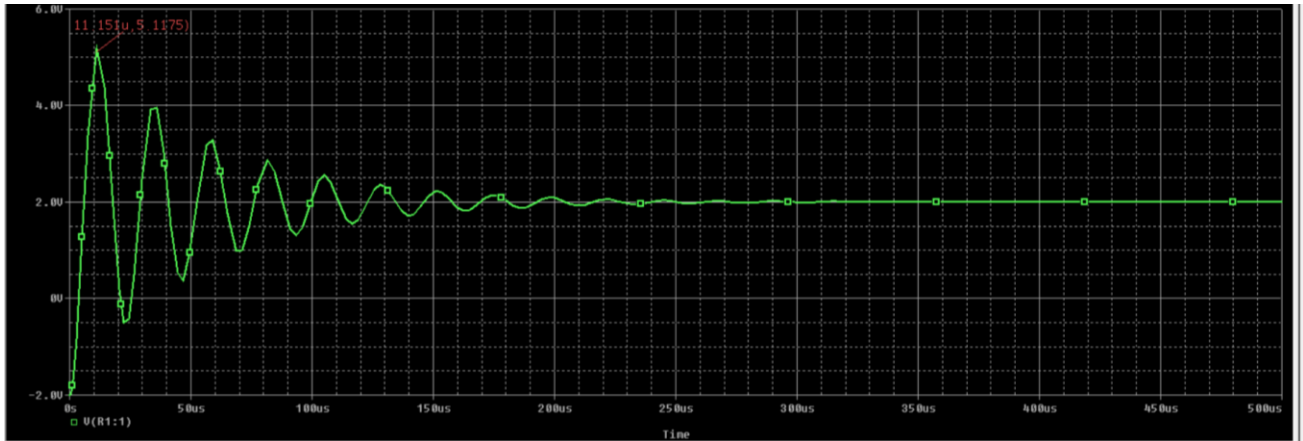


با توجه به عبارت سوال مقادیر بیشتر از 2.1 ولت قابل قبول میباشد. پس باید تعداد این overshoot ها را بیابیم. خروجی به صورت زیر میشود:



همانطور که از نمودار مشخص است ، مقدار ولتاژ در نقطه ی مشخص شده برابر 2.09 میباشد و در پیک های قبلی این مقدار بیشتر از 2.1 ولت میباشد. پس تعداد نوسان های overshoot برابر است با: 8

حال نسبت ولتاژ overshoot را به ولتاژ پایدار خازن محاسبه میکنیم:



$$\frac{\text{ولتاژ overshoot}}{\text{ولتاژ پایدار خازن}} = \frac{5.1175}{2} = 2.5587$$