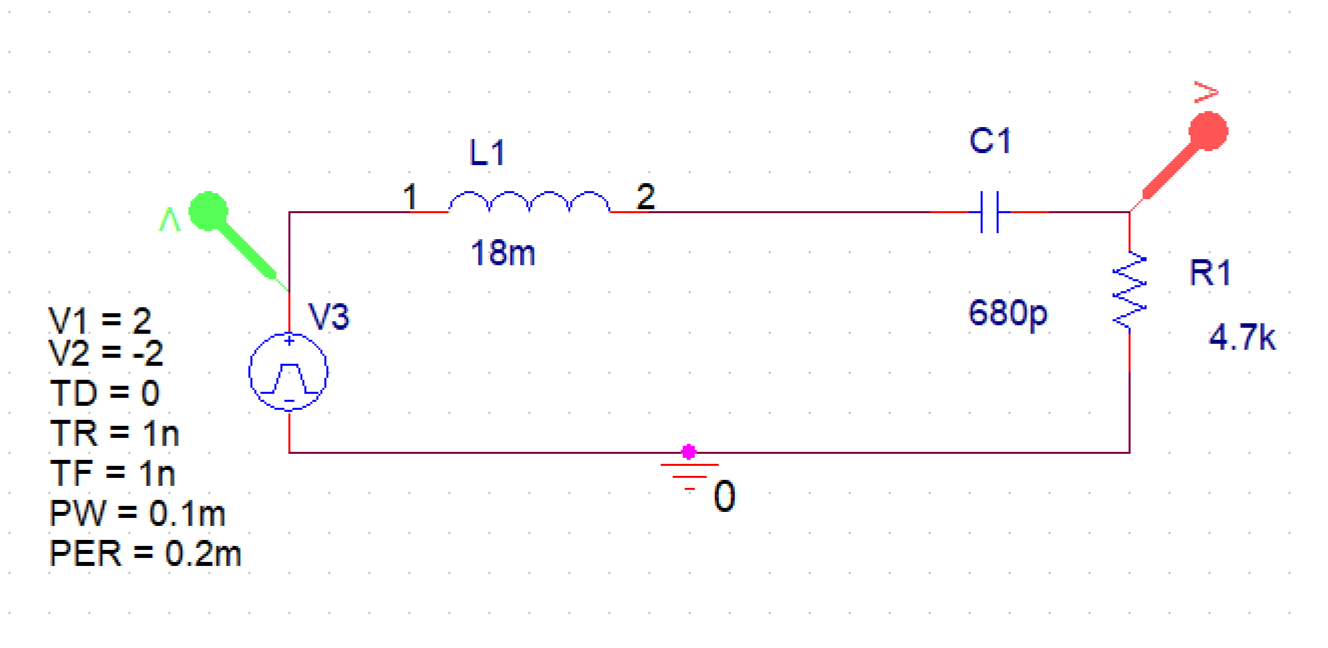
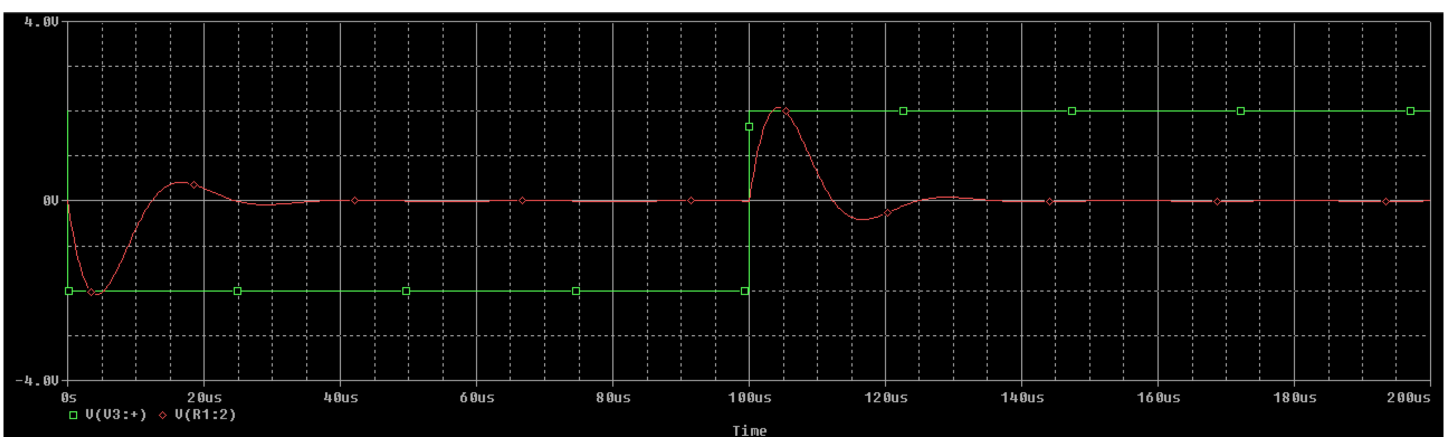
به نام خدا

محمد جواد زندیه 9831032

۱- مدار شکل ۱ را با مقادیر $L = 18mH$، $C = 680pF$، $R = 4.7k\Omega$ بسته موج مربعی به دامنه $4V_{p\text{-}p}$ 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.





همانطور که مشاهده می شود نمودار ولتاژ بر حسب زمان حاصل به صورت نوسانی میرا شده است و بیان گر این است که مدار ما میرای نوسانی است. برای اینکه به صورت تئوری آن را مشاهده کنیم محاسبات زیر را انجام میدهیم:

$$R = 4.7\ K\Omega\,, \qquad L = 18\ mH, \qquad C = \ 680\ pF$$

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \frac{4.7\ K\Omega}{2 * 18\ mH} = 1.305 * 10^5, \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{18mH * 680PF}} = 2.858 * 10^5$$

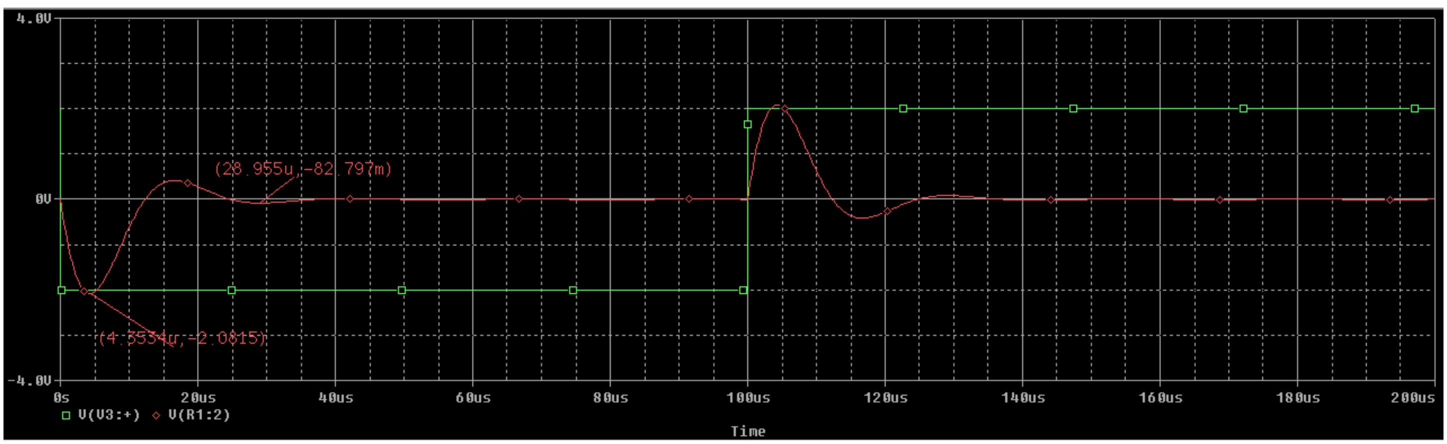
نوسان میرایی $\alpha < \omega \rightarrow$

علت اینکه با توجه به نامساوی بالا گفتیم که میرای نوسانی است هم این است که در محاسبه ولتاژ به اعداد مختلط در توان e میرسیم که خود در قسمت حقیقی خود دارای عبارت کسینوس است.

برای محاسبه فرکانس در شکل به صورت زیر نقاط زمانی در دره ها را بدست می آوریم(زیرا در محاسبه ولتاژ و جریان ها دامنه ما تغییر می کنند اما فرکانس و دوره ما بدون تغییر می مانند، همانطور که مشاده می شود مقدار ولتاژ به صورت زیر بدست می آید که نشان دهنده مورد گفته شده است که فرکانس و فرکانس زاویه ای ما بدون باقی مانده اند)

$$i(t) = \frac{V}{L\omega_1} e^{-\frac{t}{\tau}} \sin \omega_1 t$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \qquad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$



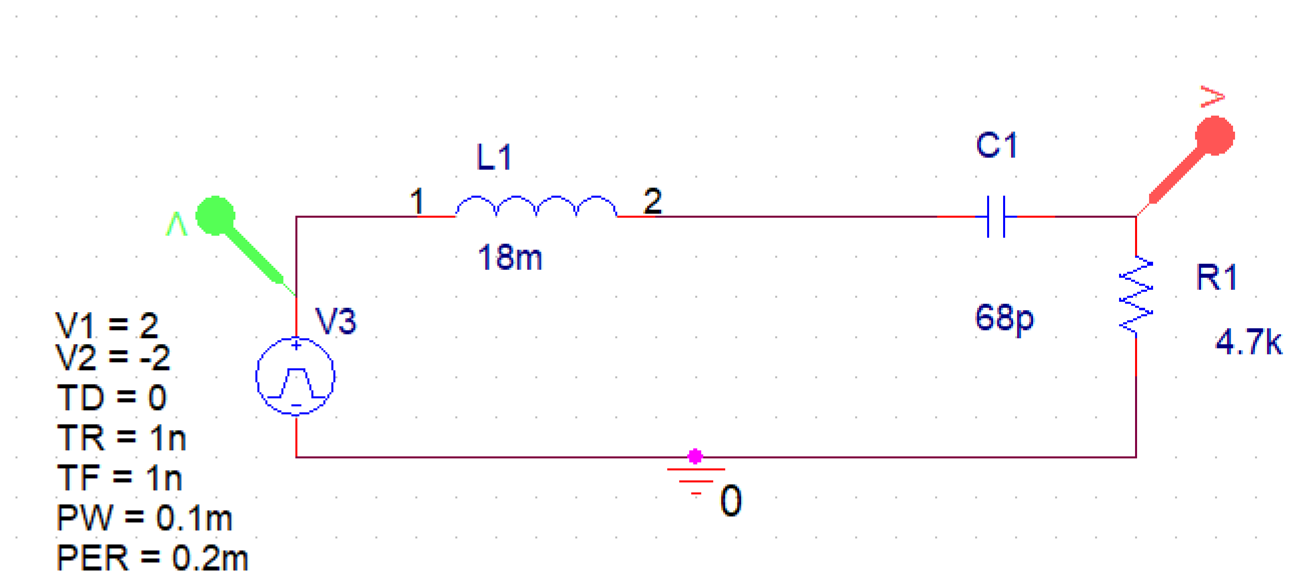
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{28.955\mu - 4.3534\mu} = 40647.101\left(\frac{1}{S}\right)$$

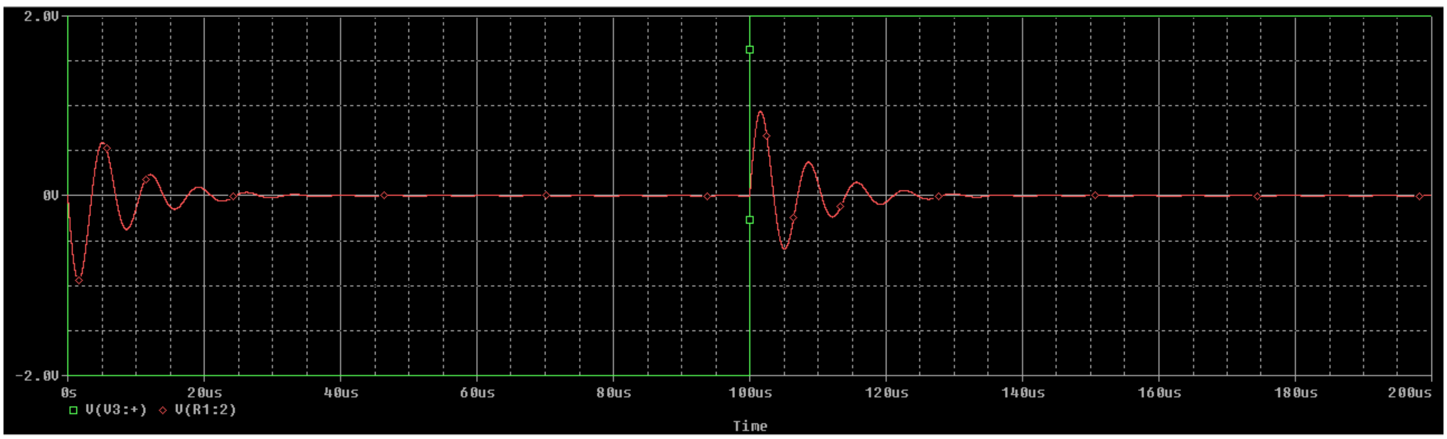
حال برای برسی صحت مقدار را مقدار بدست آمده در حالت تئوری باید مقایسه کنیم.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{18\,mH * 680\,pF} - \frac{(4.7\,K\Omega)^2}{4*(18\,mH)^2}} = 40451.663\left(\frac{1}{S}\right)$$

$$40647.101\left(\frac{1}{S}\right) \approx 40451.663\left(\frac{1}{S}\right)$$

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.





باز هم میرای نوسانی است زیرا مقادیر مثبت و منفی را باهم داراست.

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \frac{4.7\ K\Omega}{2 * 18\ mH} = 1.305 * 10^5, \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{18mH \cdot 68PF}} = 8.944 * 10^5$$

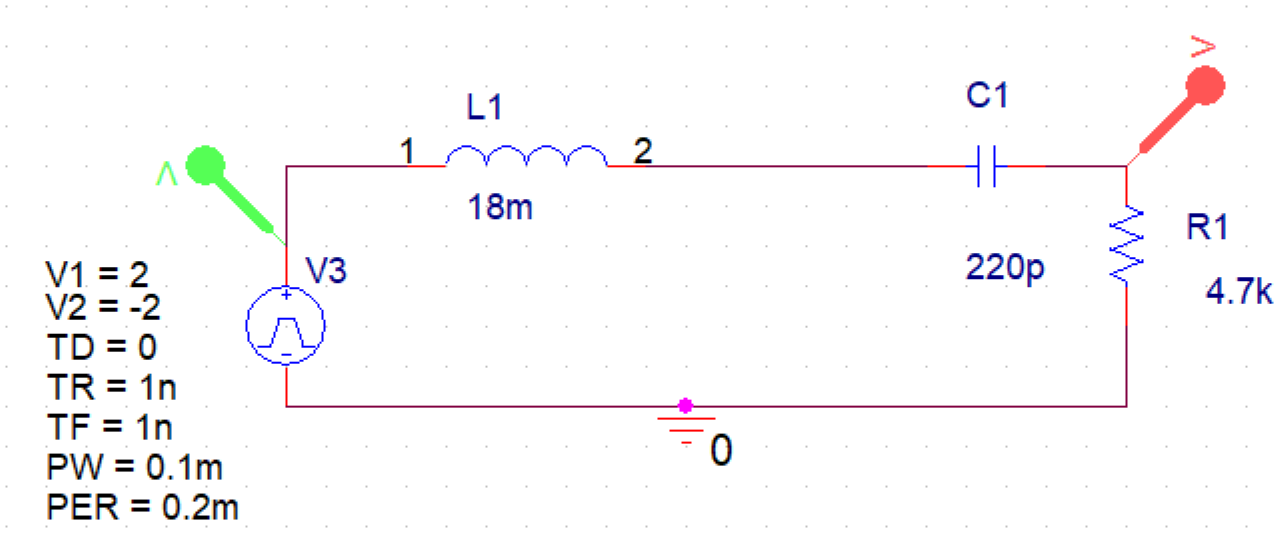
$\alpha < \omega \rightarrow$ نوسان میرایی

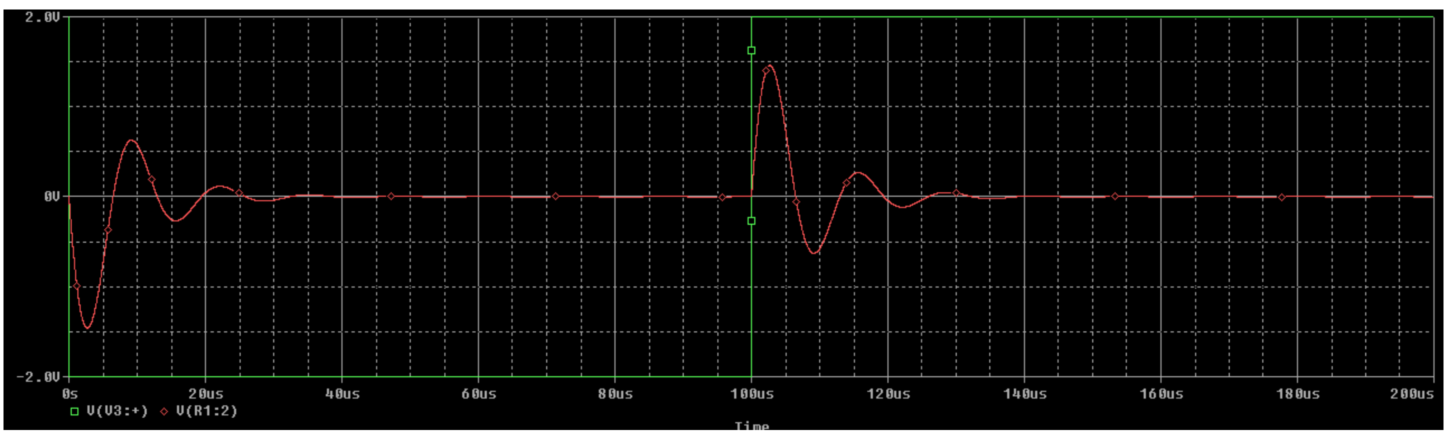
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8.6201\mu - 1.5938\mu} = 142322.41\left(\frac{1}{S}\right)$$

حال برای بررسی صحت مقدار بدست آمده در حالت تئوری باید مقایسه کنیم.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18\ mH * 68\ pF} - \frac{(4.7\ K\Omega)^2}{4 * (18\ mH)^2}} = 142352.508\left(\frac{1}{S}\right)$$

$$142322.41\left(\frac{1}{S}\right) \approx 142352.508\left(\frac{1}{S}\right)$$





باز هم میرای نوسانی است.

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \frac{4.7\ K\Omega}{2 * 18\ mH} = 1.305 * 10^5, \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{18mH * 220PF}} = 5.025 * 10^5$$

$\alpha < \omega \rightarrow$ نوسان میرایی

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{15.645\mu - 2.6958\mu} = 77224.84 \left(\frac{1}{S}\right)$$

حال برای بررسی صحت مقدار را مقدار بدست آمده در حالت تئوری باید مقایسه کنیم.

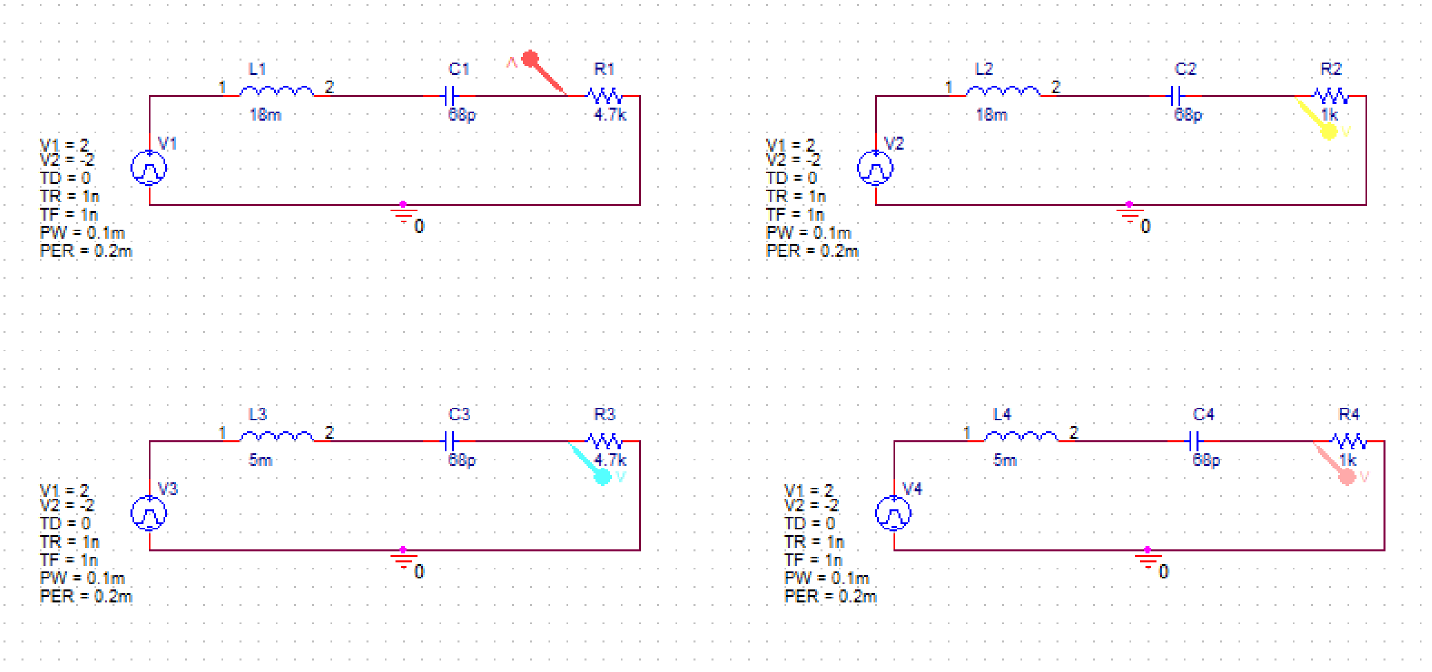
$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{18\, mH * 220pF} - \frac{(4.7\, K\Omega\,)^2}{4 * (18\, mH)^2}} = 77232.139 \left(\frac{1}{S}\right)$$

$$77224.84 \left(\frac{1}{S}\right) \approx 77232.139 \left(\frac{1}{S}\right)$$

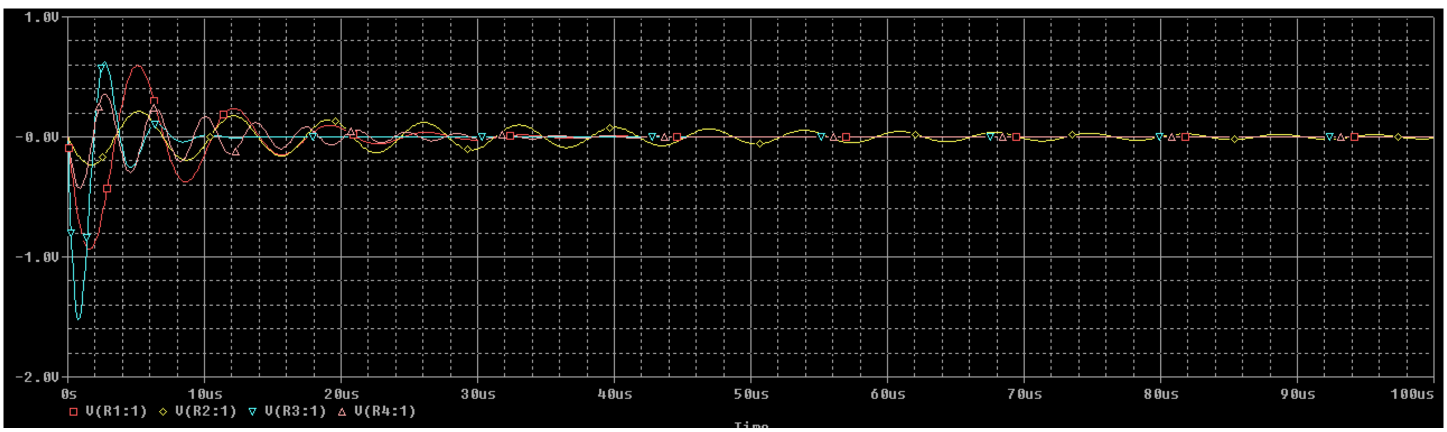
پیش گزارش ۳: در پاسخ گذرای مدار RLC سری برای آنکه میرایی سریعا اتفاق افتد، چه راهی پیشنهاد می کنید؟

به طور کلی برای تعیین پاسخ هر نوع مدار نوسانی، می‌توان از شکل استاندارد ۳ با ثابت زمانی $\tau = \frac{2L}{R}$ به جای $\frac{L}{R}$ استفاده نمود. جریان مدار پس از $t = 5\tau$ تقریبا برابر صفر است. بنابراین زمان لازم برای آن که مدار به حالت پایدار (جریان به صفر) برسد، بستگی به R و L دارد. تغییر C، فرکانس نوسانات را تغییر می‌دهد.

با توجه به این گفته با افزایش مقاومت و کاهش مقدار L میتوان مقدار تاو را کاهش داده و زمان رسیدن به حالت پایدار که تقریبا 5 برابر مقدار تاو هست را کاهش داد و مدار زودتر به پایداری میرسد. این گفته را با نمایش یک مثال ثابت میکنیم:



از سمت چپ بالا شروع کردیم سیر را و به سمت راست پایین که بهترین حالت است از لحاظ منطق میرسیم و می بینیم که ولتاژ دوسر مقاومت در حالت آخر زود تر از مابقی حالات به حالت پایدار خود رسیده است:

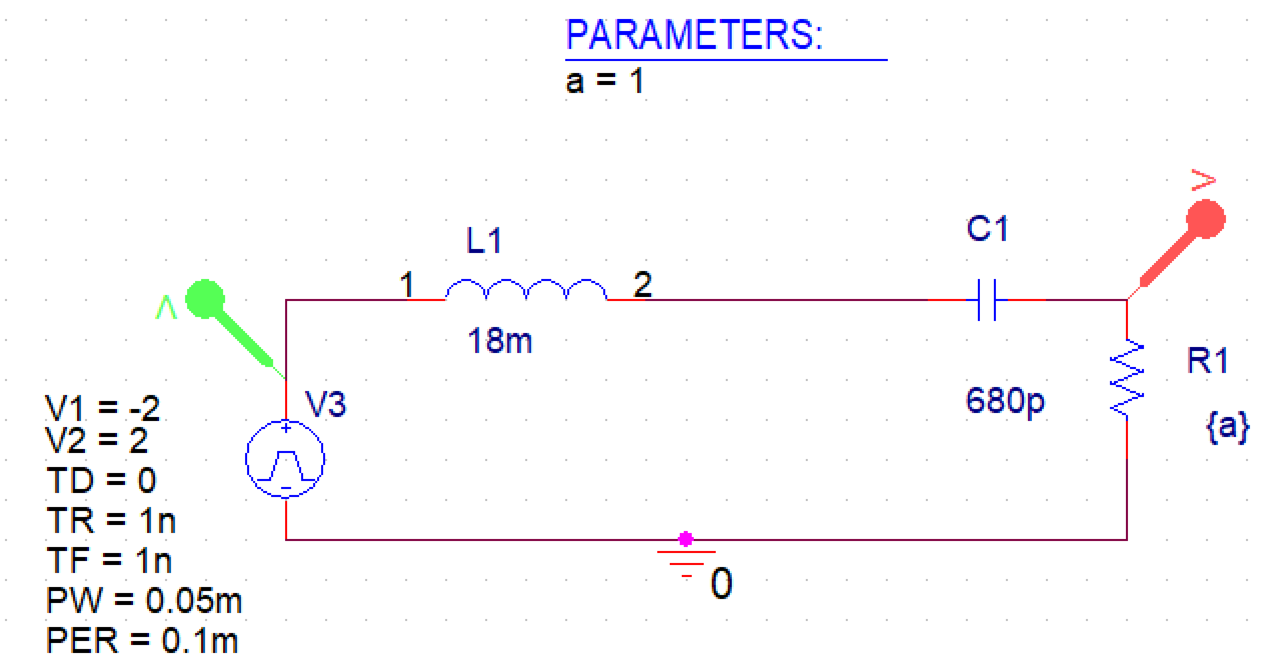


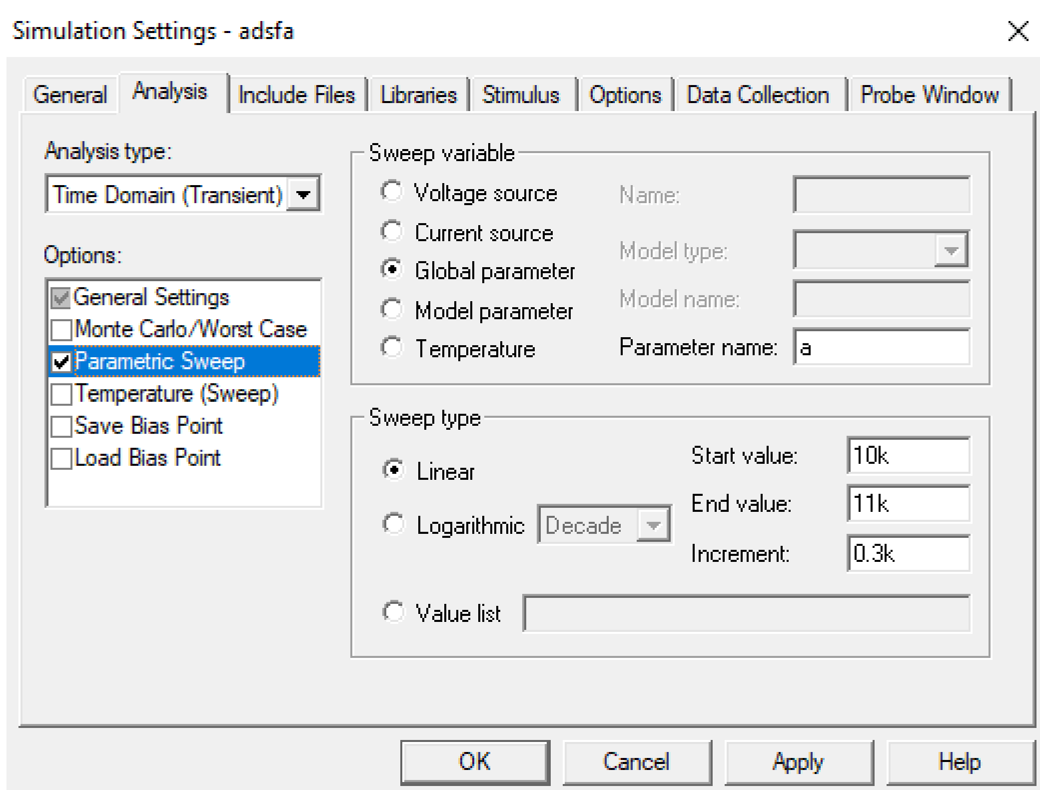
۳- اکنون به کمک یک پتانسیومتر و با تغییر مقاومت مدار به صورت صعودی، مقاومت بحرانی مدار را تعیین و شکل موج خروجی را رسم کنید ($C = 680pF$).

ابتدا به صورت تئوری این مقدار را بدست می آوریم :

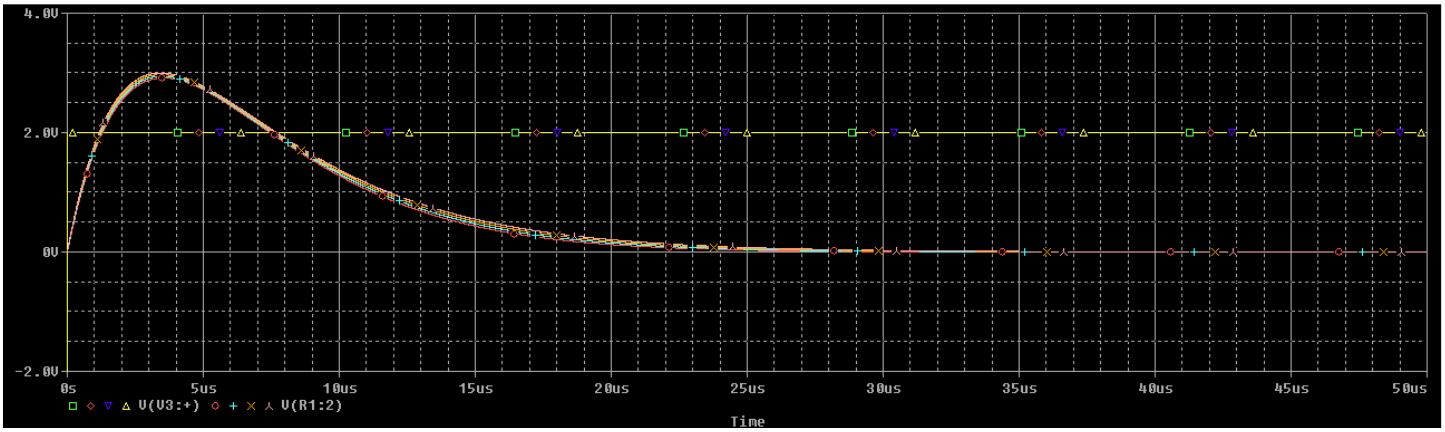
$$R_C = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2 * \sqrt{\frac{18\ mH}{680\ pF}} = 10.289\ K\Omega$$

حال با استفاده از تحلیل Time domain استفاده میکنیم تا با تغییر مقدار مقاومت در بازه های دلخواه (در اینجا نزدیک به مقدار بدست آمده در حالت تئوری یعنی 10 کیلو اهم را بررسی می کنیم تا صحت این مقدار را با نرم افزار نیز مشاهده کنیم.)

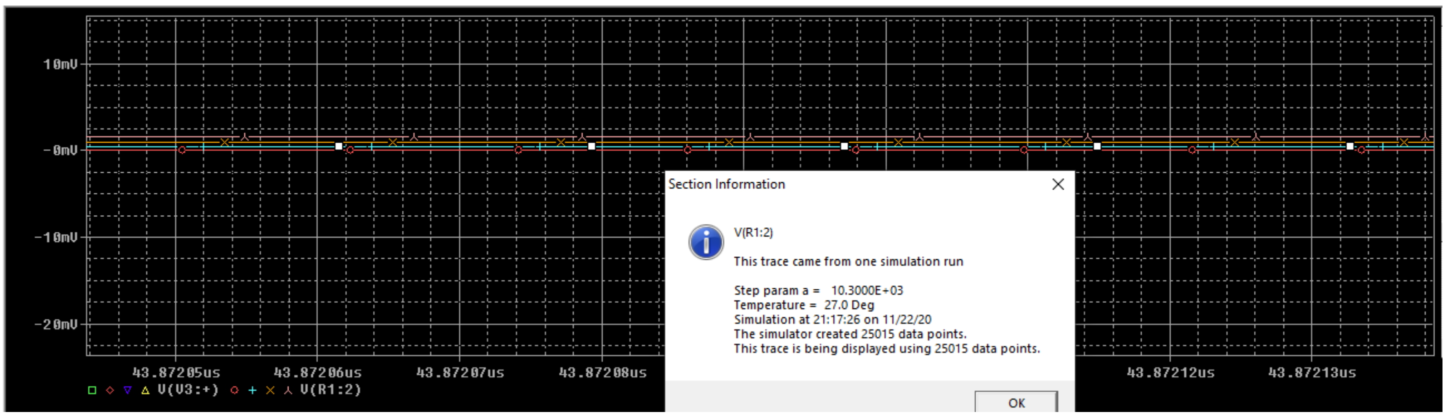




با توجه به اینکه مقدار مقاومت را در بازه 10 کیلو اهم و 11 کیلو اهم گرفتیم و 0.3 واحد در هر مرحله به آن اضافه میکنیم پس ما 4 نمودار که مقاومت های آنها 10.9k ,10.6k ,10.3k , 10k است خواهیم داشت. شکل حاصل برای نمودار ها به زیر است که باید به دنبال نموداری باشیم که هم به زیر خط ولتاژ 0 نرفته باشد(در اینصورت حالت نوسانی خواهد داشت) و هم از مابقی نمودار ها به خط ولتاژ 0 نزدیک تر باشد، پس باید نمودار را زوم کرده و با دقت مشاهده کنیم



حال شکل را در نقطه ای که بیشترین نزدیکی خطوط به محور عرض ها است زوم میکنیم:



مشاهده میشود که خط قرمز رنگ با محور برخورد دارد و مقداری از آن رد شده است پس اگر مدار را با این مقاومت ببندیم به حالت میرایی بحرانی میرسیم اما خط سبز رنگ بالایی آن بسیار نزدیک به محور است اما با آن برخورد ندارد پس اگر مدار را با این مقاومت(که مقدار آن مشخص شده و برابر 10.300کیلو اهم است) به تقریبا بهترین حالتی میرسیم که با آن مقاومت مدار ما میرایی شدید را تجربه میکند. پس:

$$R_c = 10.3\ K\Omega$$

این مقدار با مقدار به دست آمده در حالت تئوری نزدیکی بسیار زیادی دارد.

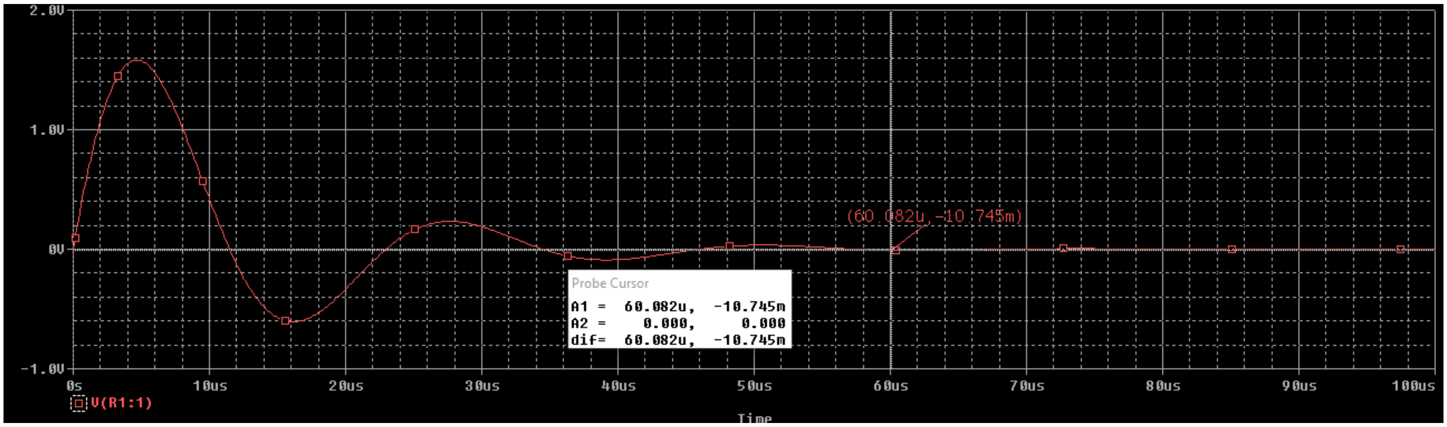
$$10.289\ K\Omega\ \approx 10.3\ K\Omega$$

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.

$$\tau = \frac{2L}{R} \qquad\qquad 5\tau = \text{زمان لازم برای رسیدن به حالت پایدار}$$

اگر مقدار مقاومت را برابر 3 کیلو اهم بگذاریم میتوانیم یک حالت نوسانی را مشاهده کنیم:

در نقطه ابتدایی و در نقطه ای که نمودار به حالت پایدار خود به مقدار خوبی رسیده است کرسر میگذاریم و زمان رسیدن به این حالت پایدار را مشاهده می کنیم:



$$5\tau = 60.082\ \mu s \rightarrow \tau = 12.0164\ \mu s$$

حال مقدار تئوری را بدست می آوریم :

$$\tau = \frac{2L}{R} = \frac{2 * 18m}{3k} = 12\ \mu s$$

که مقدار نسبتا خوب و نزدیکی است

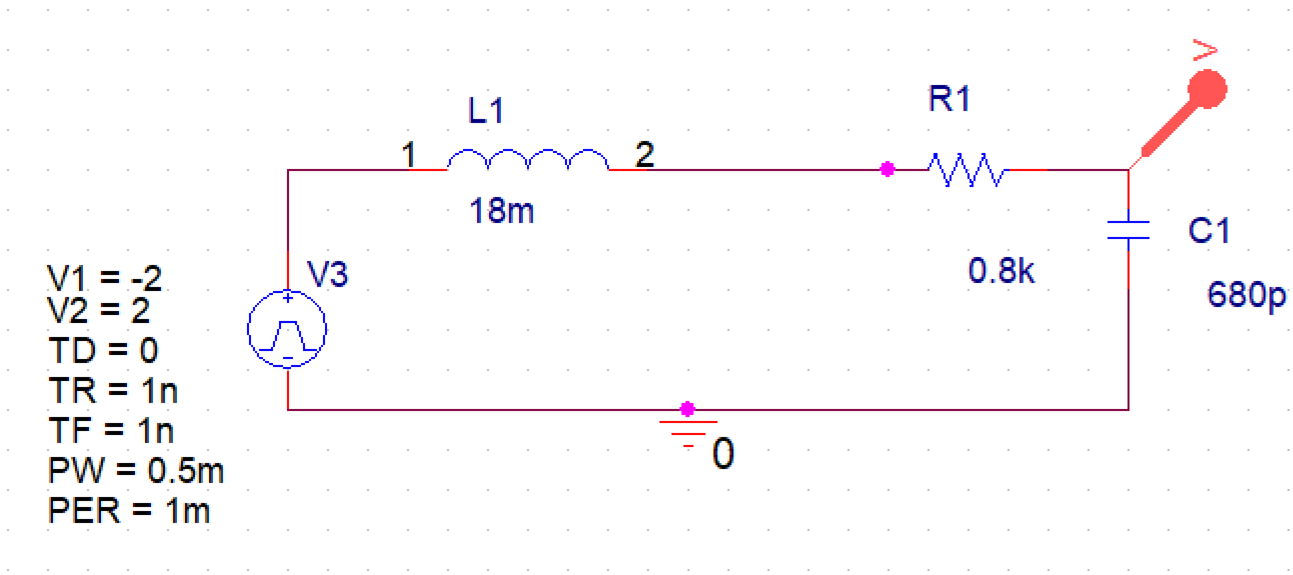
$$\tau = 12.0164\ \mu s\ =\ 12\ \mu s$$

۵- در حالت ۴، ولتاژ دو سر خازن را روی نوسان‌نگار 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 می‌رسد (منظور ولتاژ $4V_{p\text{-}p}$ است).

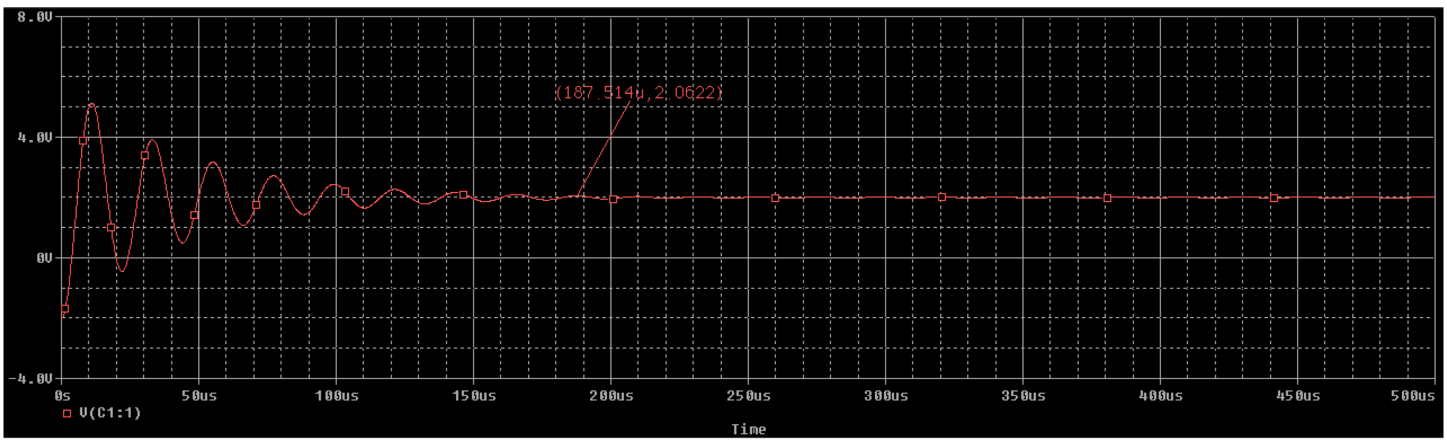
ولتاژ ۲ تا ۵ درصد معیار مناسبی است که از آن به بعد می‌توان ولتاژ خازن را پایدار فرض نمود.

تعداد Overshoot ها را میخواهیم حساب کنیم و یک فرض هم گرفتیم که اگر مقدار ولتاژ کمتر از 5 درصد با مقدار ولتاژ نهایی ما تفاوت داشت به حالت پایدار رسیده و دیگر تعداد Overshoot ها را از آن به بعد اضافه نمیکنیم.

5 درصد مقدار نهایی که قرار است ولتاژ خازن ما به آن برسد برابر 0.1 ولت میاید یعنی قله های بعد از زمانی که مقدار کمتر از 2.1 باشد را حساب کنیم جزو Overshoot



مدار را به صورت بالا می بندیم فقط باید دقت شود که مقدار ولتاژ دو سر خازن را میخواهیم پس با تغییر فرم مدار به این فرم جدید کاری میکنیم که مقدار ولتاژ نشان داده شده در نمودار ما همان مقدار ولتاژ خازن باشد:



نقطه مشخص شده در نمودار اولین جایی از قله های ماست که مقدار ولتاژ در قله ها به زیر 2.1 رسیده است پس تعداد Overshoot قبل از آن را می شماریم که برابر 8 عدد است.