



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گزارش پروژه پایانی درس مدار های الکتریکی و الکترونیکی

شبیه سازی و تحلیل یک مدار خاص

نگارش

علی نظری

استاد درس

دکتر محمود ممتازپور

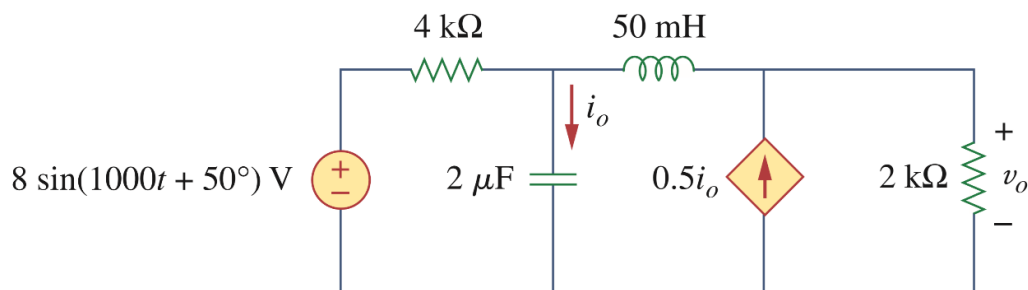
استاد آزمایشگاه

آقای ولی ورمزیاری

دی ۱۳۹۷

چکیده

در این پروژه سعی شده که یک مدار که در پایین آن را مشاهده می کنیم از جهات گوناگون تحلیل و شبیه سازی شود.



در اولین شبیه سازی خروجی V_o بر حسب زمان را بدست آوردم که در حقیقت حل یک مدار مرتبه دوم بوده است.

در دومین شبیه سازی امپدانس ورودی مدار که با تحلیل فازوری بدست می آید را مورد بررسی قرار دادم.

فرکانس تشدید مدار در سومین شبیه سازی بررسی شد و طی آن فرکانسی که در آن قسمت موهومی امپدانس صفر می شود را پیدا کردم.

در چهارمین شبیه سازی باید خروجی V_o را به ازای تغییرات مقاومت ها از ۱ تا ۱۰ کیلو اهم مورد بررسی قرار میدادم.

رفتار فیلتری مدار در پنجمین شبیه سازی بررسی شد که معلوم شد این یک مدار میان نگذر است.

آخرین شبیه سازی نیز به پیدا کردن معادل تونن برای این مدار گذشت.

واژه های کلیدی:

فازور، فرکانس تشدید، رفتار فیلتری، امپدانس، معادل تونن

صفحه	فهرست مطالب
۱	فصل اول مقدمه
۱	۱-۱- مقدمه
۲	فصل دوم شرح انجام پروژه
۲	۲-۱- مقدمه
۳	۲-۲- خروجی V_o بر حسب زمان
۵	۲-۳- امپدانس ورودی مدار
۷	۲-۴- فرکانس تشدید مدار
۹	۲-۵- خروجی V_o به ازای تغییرات مقاومت ها
۱۱	۲-۶- رفتار فیلتری
۱۳	۲-۷- معادل تونن

صفحه

فهرست شکل‌ها

- شکل ۲-۱ مدار مورد بررسی در پروژه ۲
- شکل ۲-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی خروجی V_o بر حسب زمان ۳
- شکل ۳-۳ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به امپدانس ورودی ۵
- شکل ۲-۴ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به فرکانس تشدید ۷
- شکل ۲-۵ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به تغییر دو مقاومت استفاده شده در مدار حالت اول ۹
- شکل ۲-۶ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به تغییر دو مقاومت استفاده شده در مدار حالت دوم ۱۰
- شکل ۲-۷ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به رفتار فیلتری ۱۱
- شکل ۲-۸ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به معادل تونن قسمت ولتاژ ۱۳
- شکل ۲-۹ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به معادل تونن قسمت جریان ۱۴

صفحه

فهرست نمودارها

نمودار ۲-۱ خروجی V_o بر حسب زمان در شبیه سازی اول.....	۴
نمودار ۲-۲ ولتاژ و جریان ورودی به مدار برای شبیه سازی امپدانس.....	۵
نمودار ۲-۳ اندازه امپدانس ورودی به مدار در شبیه سازی دوم.....	۶
نمودار ۲-۴ فاز امپدانس ورودی به مدار در شبیه سازی دوم.....	۶
نمودار ۲-۵ ولتاژ و جریان ورودی به مدار برای شبیه سازی فرکانس شدید.....	۷
نمودار ۲-۶ قسمت موهومی امپدانس ورودی به مدار در شبیه سازی سوم.....	۸
نمودار ۲-۷ خروجی V_o به ازای تغییرات مقاومت ها در حالت اول.....	۹
نمودار ۲-۸ خروجی V_o به ازای تغییرات مقاومت ها در حالت دوم.....	۱۰
نمودار ۲-۹ ولتاژ ورودی و خروجی مدار به ازای فرکانس های مختلف.....	۱۱
نمودار ۲-۱۰ اندازه ولتاژ خروجی به ورودی مدار به ازای فرکانس های مختلف برای شناسایی رفتار فیلتری.....	۱۲
نمودار ۲-۱۱ فاز ولتاژ خروجی به ورودی مدار به ازای فرکانس های مختلف برای شناسایی رفتار فیلتری.....	۱۲
نمودار ۲-۱۲ ولتاژ تونن دو سر مدار از سمت خروجی.....	۱۳
نمودار ۲-۱۳ جریان نورتن دو سر مدار از سمت خروجی.....	۱۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

هدف از انجام این پروژه، مرور مطالب تدریس شده در طول ترم و نیز آشنایی بیشتر با امکانات نرم افزار ORCAD بوده است.

برای همین منظور مداری داده شده است که باید موارد مختلفی را از طریق شبیه سازی رسم کنیم و رفتار مدار را مشاهده کنیم.

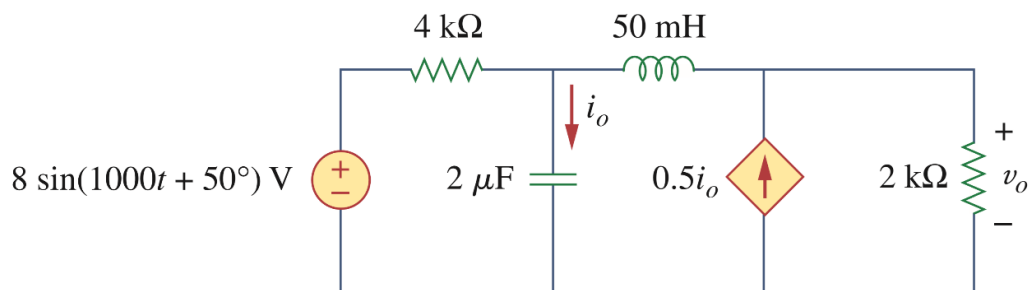
فصل دوم

شرح انجام پروژه

۲-۱- مقدمه

در این پروژه تماماً به تحلیل و بررسی و شبیه سازی مداری به شکل زیر می پردازیم و باید تحلیل هایی به این شرح انجام دهیم:

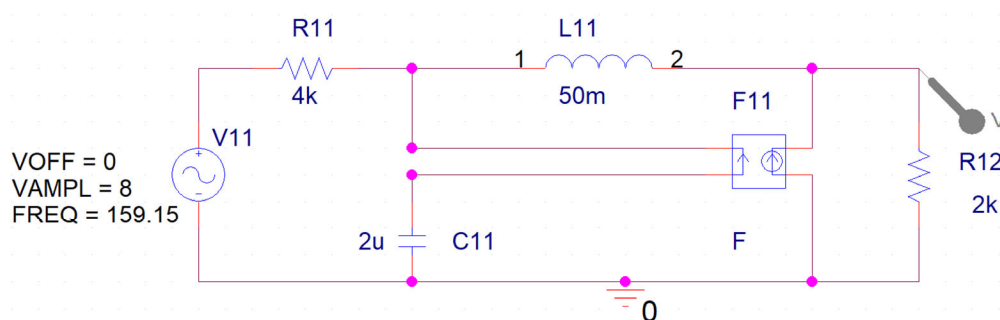
- خروجی V_o بر حسب زمان
- امپدانس ورودی مدار
- فرکانس تشدید مدار
- خروجی V_o را به ازای تغییرات مقاومت ها
- رفتار فیلتری مدار
- معادل تونن مدار



شکل ۲-۱ مدار مورد بررسی در پروژه

۲-۲- خروجی V_o بر حسب زمان

در این قسمت باید خروجی V_o را بر حسب زمان شبیه سازی کنیم و آن را بیابیم. برای این کار باید توجه کنیم که ما یک مدار مرتبه دوم داریم. در حالت تئوری ما باید برای پیدا کردن جواب آن یک معادله دیفرانسیل پیدا و آن را حل کنیم. اما ما در اینجا احتیاجی به حل معادله دیفرانسیل نداریم و می توانیم با قرار دادن پروب ولتاژ، ولتاژ V_o را بیابیم.



شکل ۲-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی خروجی V_o بر حسب زمان

ما در این شکل یک منبع ولتاژ سینوسی داریم که فرکانس آن از رابطه زیر بدست آمده:

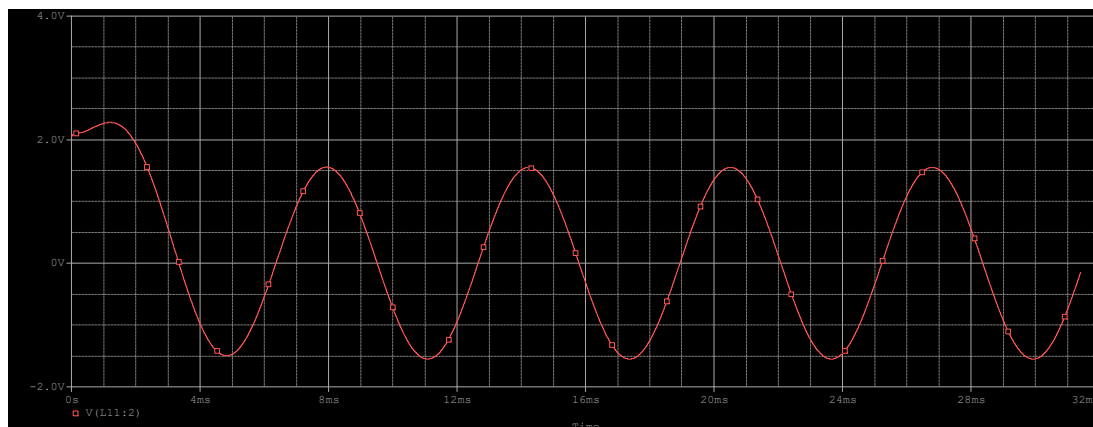
$$f = 2\pi\omega$$

و می دانستیم که $\omega = 1000$ بوده است.

همچنین مشاهده می کنیم که یک منبع جریان وابسته به جریان داریم که Gain آن را در تنظیماتش برابر 0.5- قرار داده ایم.

برای رسم خروجی مورد نظر، بعد از رسم مدار در نرم افزار ORCAD، نوع تحلیل را Time Domain انتخاب کنید.

در صفحه بعد، نتیجه شبیه سازی را مشاهده می کنیم.



نمودار ۱-۲ خروجی V_0 بر حسب زمان در شبیه سازی اول

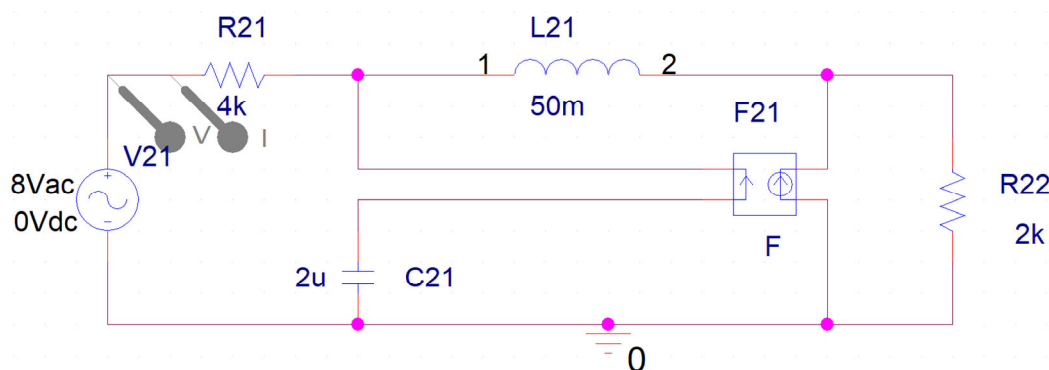
در این نمودار هم اندازه ی V_0 نسبت به زمان را مشاهده می کنیم که یک حالت سینوسی هم دارد.

در تحلیل Time Domain مقدار TSTOP را حداقل ۵ برابر دوره تناوب مدار قرار می دهیم.

۳-۲- امپدانس ورودی مدار

در این قسمت باید امپدانس ورودی مدار را شبیه سازی کنیم و آن را بیابیم.

در حالت تئوری ما از تحلیل فازور استفاده کنیم.



شکل ۳-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به امپدانس ورودی

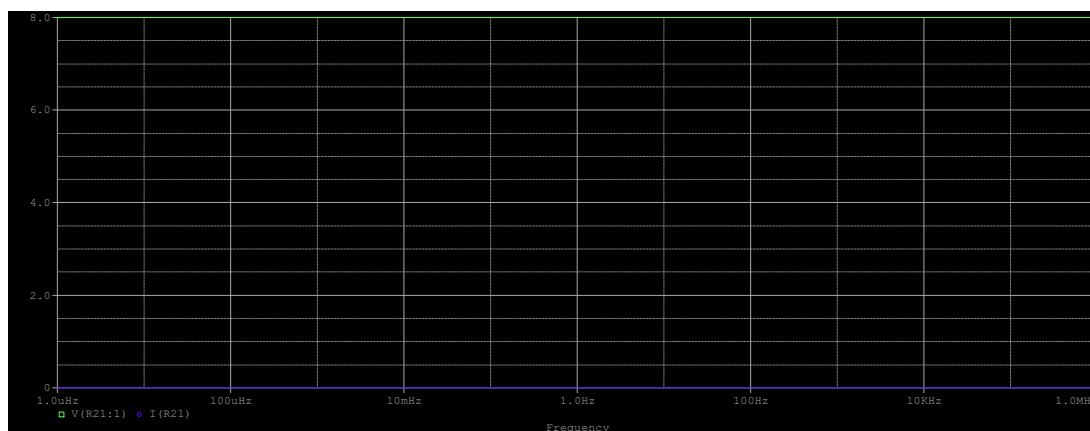
برای محاسبه امپدانس معادل (امپدانس نسبت به فرکانسهای مختلف) از منبع تست استفاده می کنیم.

به این صورت که در دو سر مورد نظر یک منبع تست AC می گذاریم (Vac). مقدار دامنه Vac را

برابر با مقدار پیک ولتاژ سینوسی قرار می دهیم.

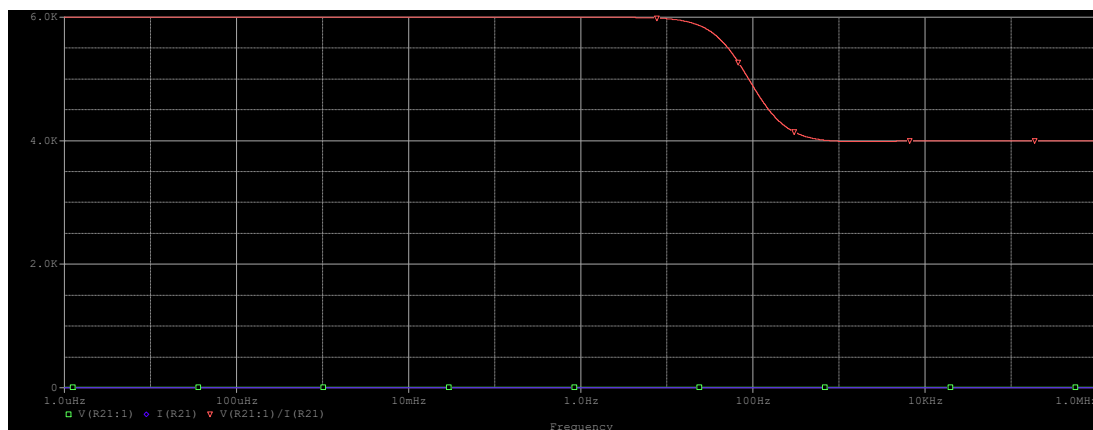
یک پروب ولتاژ و یک پروب جریان در ورودی خواسته شده قرار می دهیم. با استفاده از تحلیل AC

Sweep مدار را به ازای فرکانس های مختلف سوئپ می کنیم.



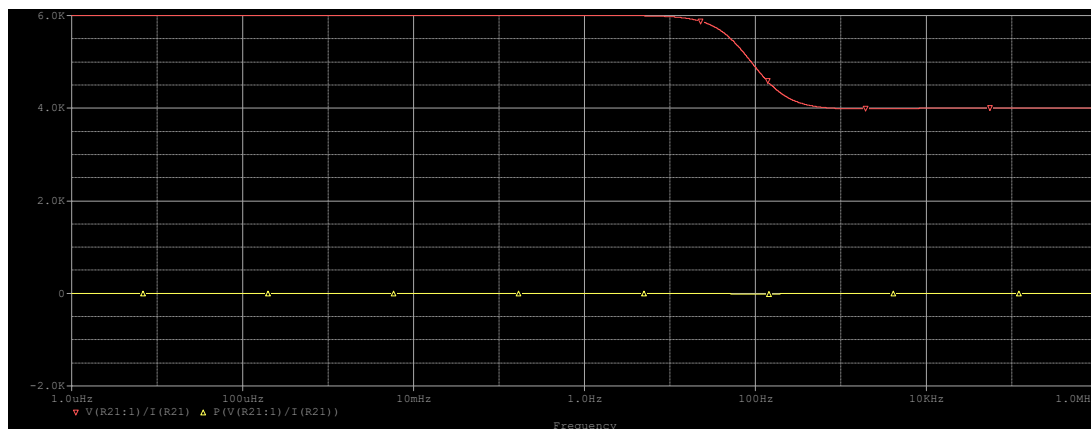
نمودار ۳-۲ ولتاژ و جریان ورودی به مدار برای شبیه سازی امپدانس

بعد از آنکه شبیه سازی را ران کردیم نمودارهای ولتاژ و جریان رسم می شوند. از طرفی میدانیم طبق قانون اهم امپدانس برابر است با تقسیم ولتاژ به جریان. حال کافیست از قسمت Add Trace و قسمت Functions or Macros استفاده کنیم و دو نمودار را برهم تقسیم کنیم. با تقسیم این دو نمودار دامنه امپدانس رسم می شود.



نمودار ۳-۲ اندازه امپدانس ورودی به مدار در شبیه سازی دوم

برای رسم فاز امپدانس، دوباره از قسمت Add Trace و بخش Functions or Macros، $P()$ را انتخاب کرده و بعد داخل پرانتز باید تقسیم دو نمودار را وارد کنیم. در این صورت منحنی تغییرات فاز امپدانس برحسب فرکانس رسم می شود.

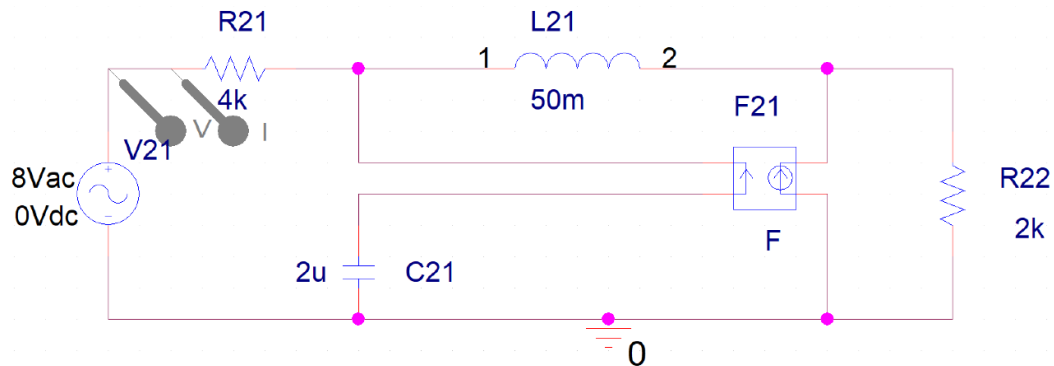


نمودار ۴-۲ فاز امپدانس ورودی به مدار در شبیه سازی دوم

۴-۲- فرکانس تشدید مدار

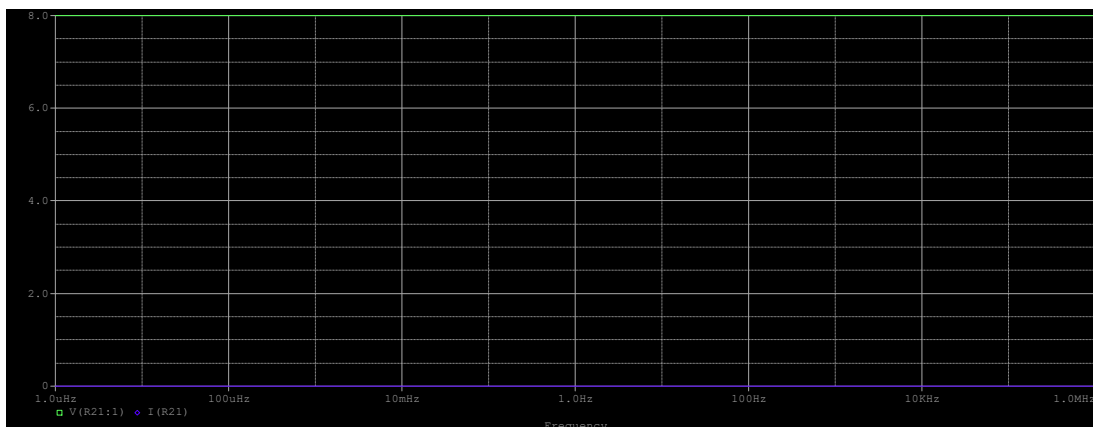
در این قسمت باید فرکانس تشدید مدار را شبیه سازی کنیم و آن را بیابیم.

در حالت تئوری ما باید از تحلیل فازور استفاده کنیم.



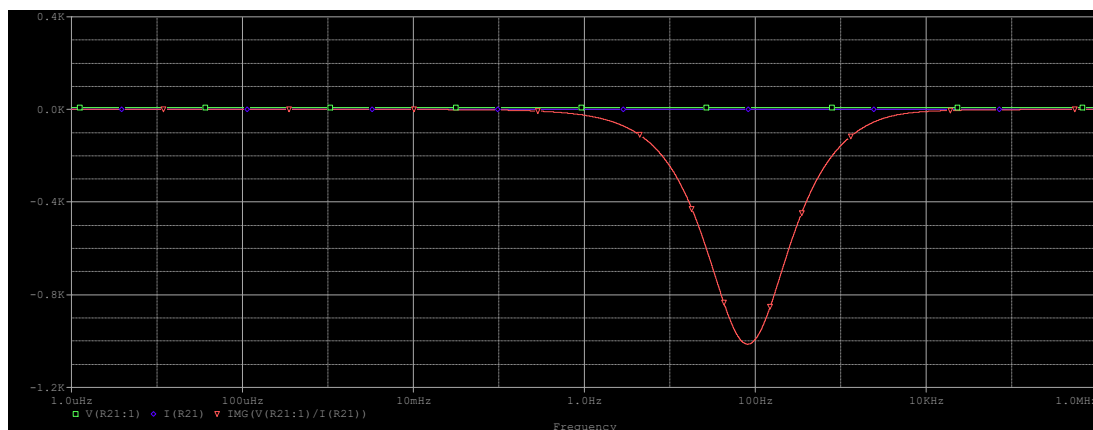
شکل ۴-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به فرکانس تشدید

برای محاسبه فرکانس تشدید، دقیقاً روند بخش قبل را باید طی کنیم و بعد از اینکه ولتاژ و جریان را برحسب فرکانس رسم شد، به جای $P()$ در بخش قبل، این بار $IMG()$ تقسیم ولتاژ به جریان را رسم می کنیم $IMG(V_t/I_t)$.



نمودار ۴-۵ ولتاژ و جریان ورودی به مدار برای شبیه سازی فرکانس تشدید

در این صورت قسمت موهومی نسبت ولتاژ به جریان رسم می شود. فرکانسی که به ازای آن قسمت موهومی امپدانس ورودی صفر می شود به عنوان فرکانس تشدید خواهد بود که با cursor می توان مقدار دقیق فرکانس تشدید را خواند. (تحلیل AC Sweep)



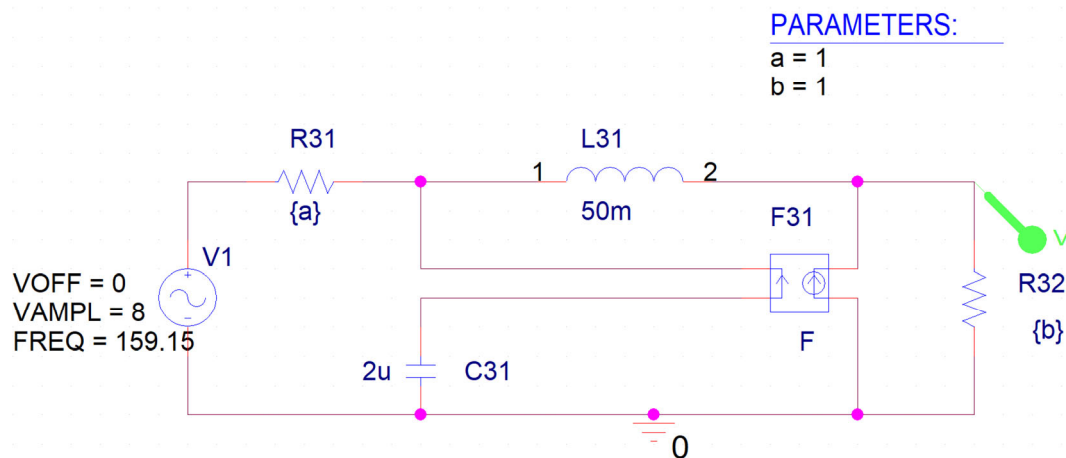
نمودار ۶-۲ قسمت موهومی امپدانس ورودی به مدار در شبیه سازی سوم

وقتی با cursor به دنبال فرکانسی هستیم که در آن قسمت موهومی امپدانس ورودی به مدار برابر صفر شده است، متوجه میشویم که از فرکانس 1MHz به بعد نمودار به شدت به صفر نزدیک است ولی باز به آن نمیرسد و در بی نهایت به صفر می رسد.

۵-۲- خروجی V_o به ازای تغییرات مقاومت ها

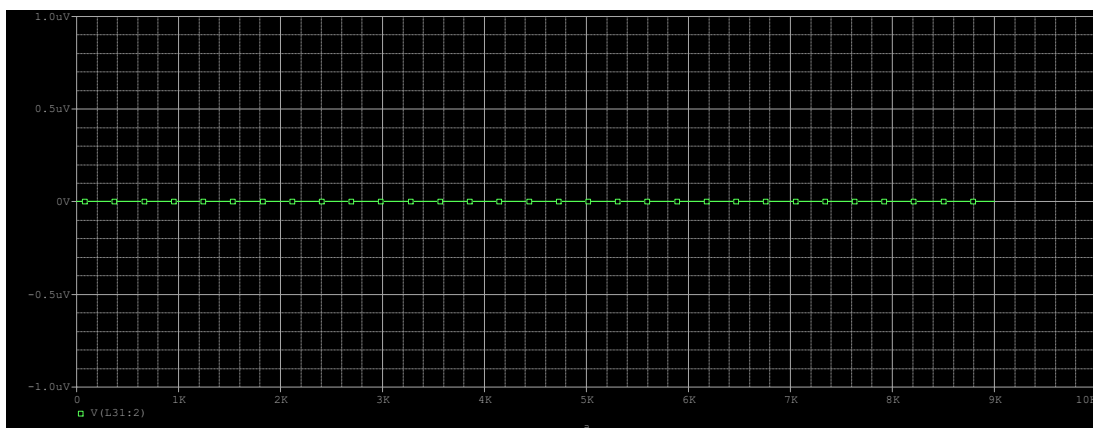
برای بررسی این تغییرات باید از تحلیل DC Sweep استفاده کنیم.

به این صورت که خروجی مدار را به ازای تغییرات اندازه مقاومت ها بررسی می کنیم. کافی است اندازه مقاومت ها را به صورت پارامتری تعریف کنیم و با استفاده از تحلیل DC Sweep در بازه خواسته شده سوئیچ کنیم و تغییرات خروجی مورد نظر را بررسی کنیم.



شکل ۵-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به تغییر دو مقاومت استفاده شده در مدار حالت اول

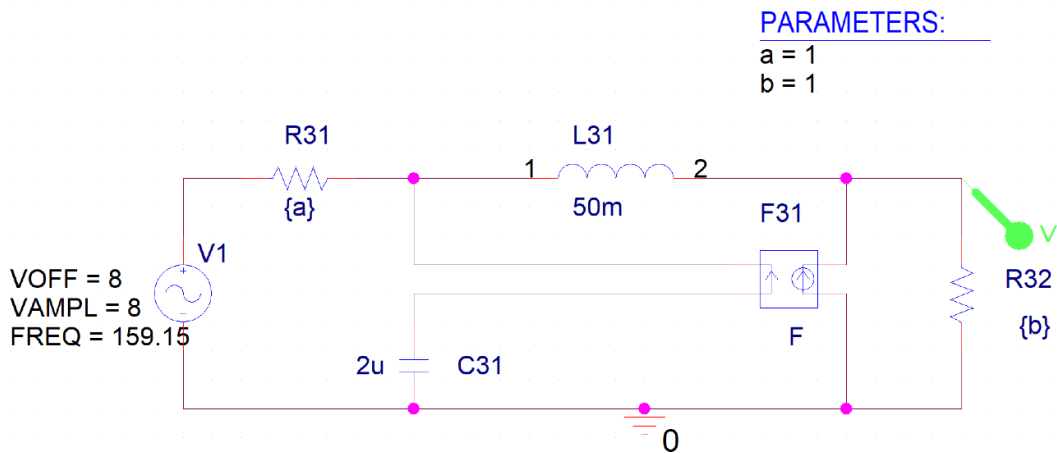
چون اندازه ۲ تا از المان همزمان دارد تغییر می کند باید از سوئیچ primary و secondary استفاده کنیم.



نمودار ۷-۲ خروجی V_o به ازای تغییرات مقاومت ها در حالت اول

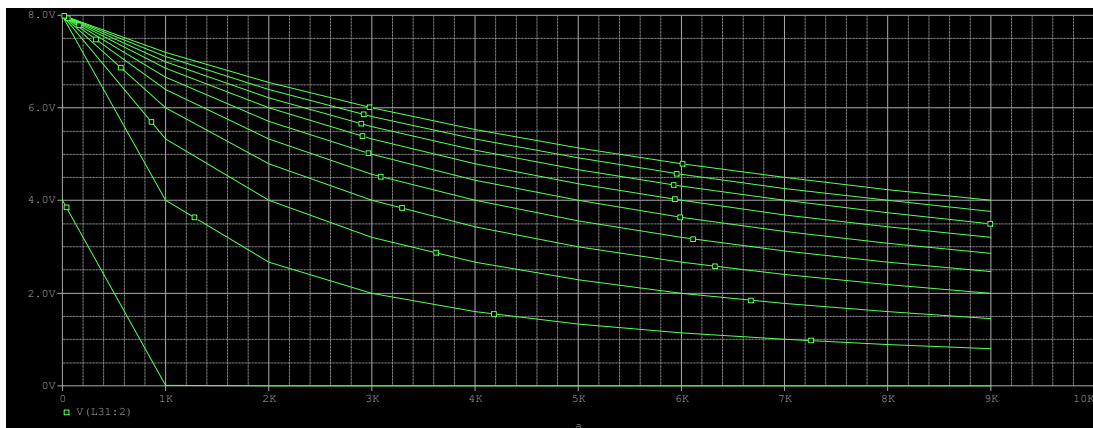
می بینیم که در نمودار ۲-۷ این تغییرات صفر شده اند.

حال برای اینکه این مشکل را برطرف کنیم، VOFF منبع ولتاژ سینوسی را عددی غیر صفر می دهیم.



شکل ۲-۶ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به تغییر دو مقاومت استفاده شده در مدار حالت دوم

حالا دوباره شبیه سازی را ران می کنیم.

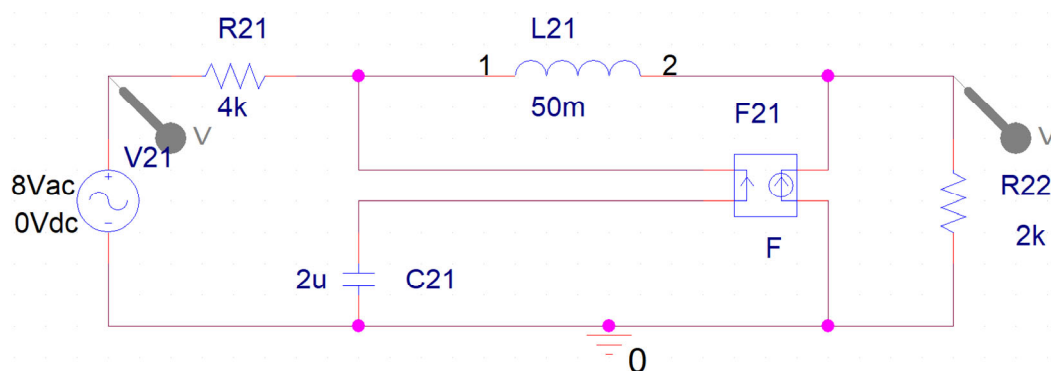


نمودار ۲-۸ خروجی V0 به ازای تغییرات مقاومت ها در حالت دوم

مشاهده می کنیم که دیگر تغییرات برابر صفر نیستند و ولتاژ دارد با تغییر مقاومت ها، تغییر می کند.

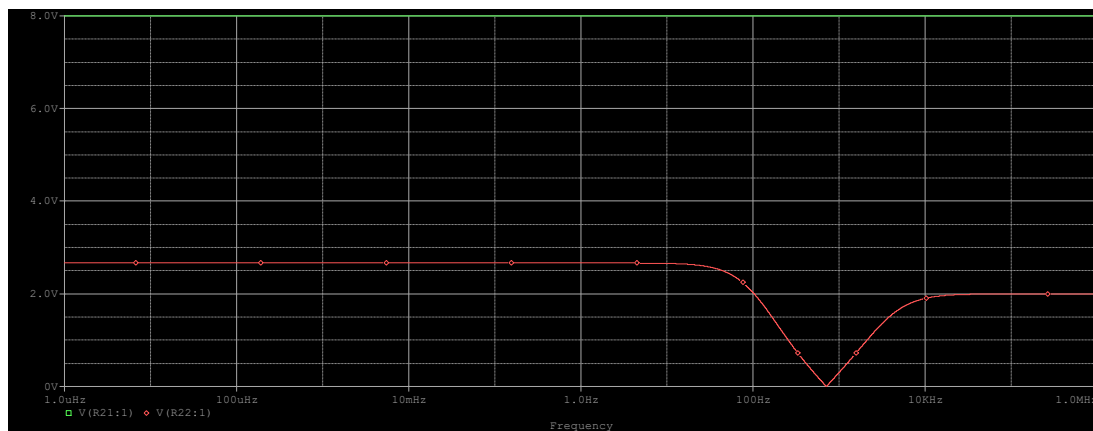
۲-۶- رفتار فیلتری

برای بدست آوردن رفتار فیلتری (رفتار خروجی مدار به ازای فرکانسهای مختلف) مدار کافیسیت فقط تابع تبدیل V_o/V_i را بدست آوریم تا مشخص شود که آیا مدار مورد نظر به صورت فیلتر پایین گذر، بالاگذر، میانگذر و یا میان نگذر عمل می کند یا نه.



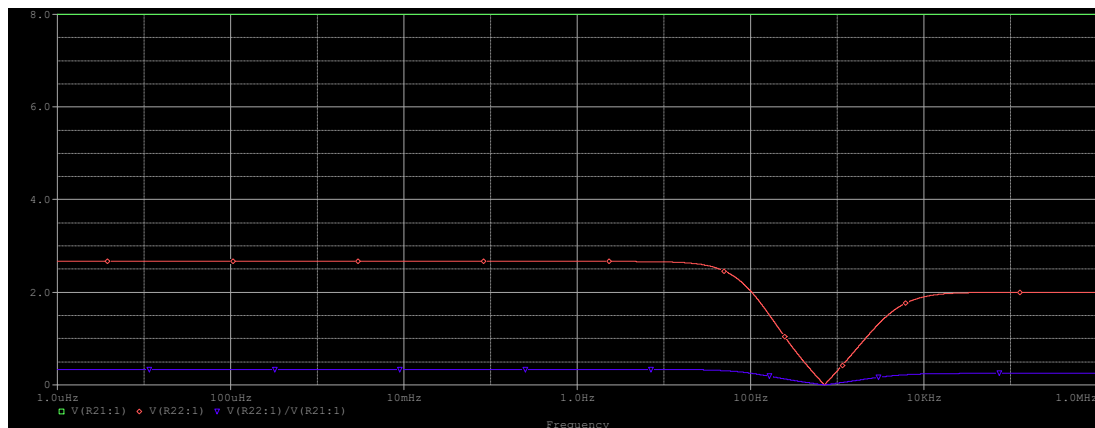
شکل ۲-۷ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به رفتار فیلتری

برای بدست آوردن تابع تبدیل باید از تحلیل AC Sweep استفاده کنیم. پس به جای منبع ولتاژ سینوسی، V_{ac} می گذاریم و یک پروب ولتاژ در خروجی و یک پروب ولتاژ در ورودی قرار می دهیم. مدار را ران می کنیم. نمودارهای ورودی و خروجی در صفحه مورد نظر رسم می شوند.



نمودار ۲-۹ ولتاژ ورودی و خروجی مدار به ازای فرکانس های مختلف

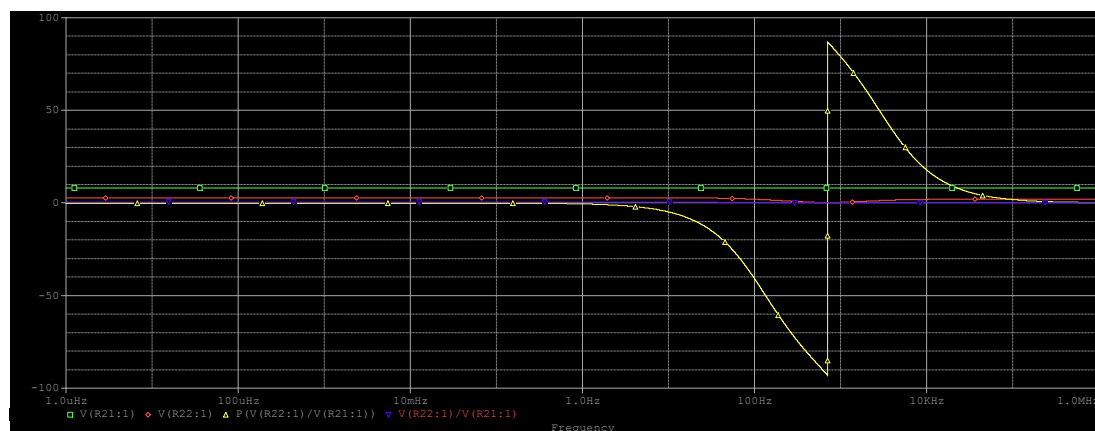
بعد با استفاده از قسمت Add Trace نسبت ولتاژ V_o/V_i را رسم می کنیم نمودار رسم شده، مقدار اندازه V_o/V_i را نشان می دهد.



نمودار ۱۰-۲ اندازه ولتاژ خروجی به ورودی مدار به ازای فرکانس های مختلف برای شناسایی رفتار فیلتری

مشاهده می کنیم که با یک مدار میان گذر رو به رو هستیم.

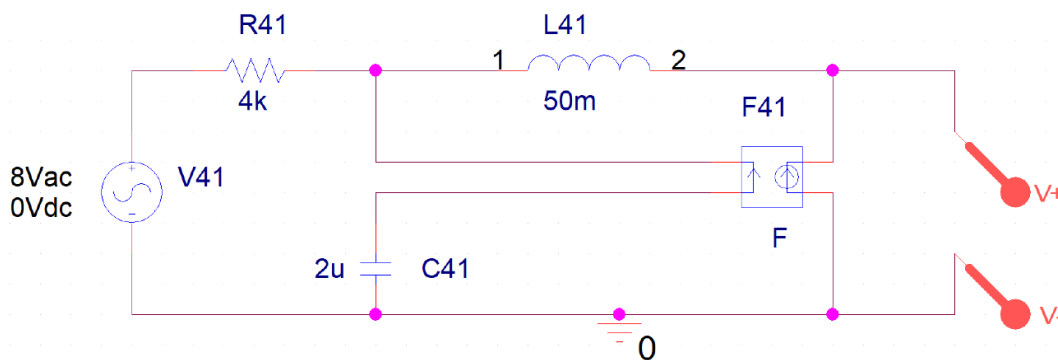
برای بدست آوردن فاز V_o/V_i می توانید از Add Trace و قسمت Functions or Macros استفاده کنید.



نمودار ۱۱-۲ فاز ولتاژ خروجی به ورودی مدار به ازای فرکانس های مختلف برای شناسایی رفتار فیلتری

۷-۲- معادل تونن

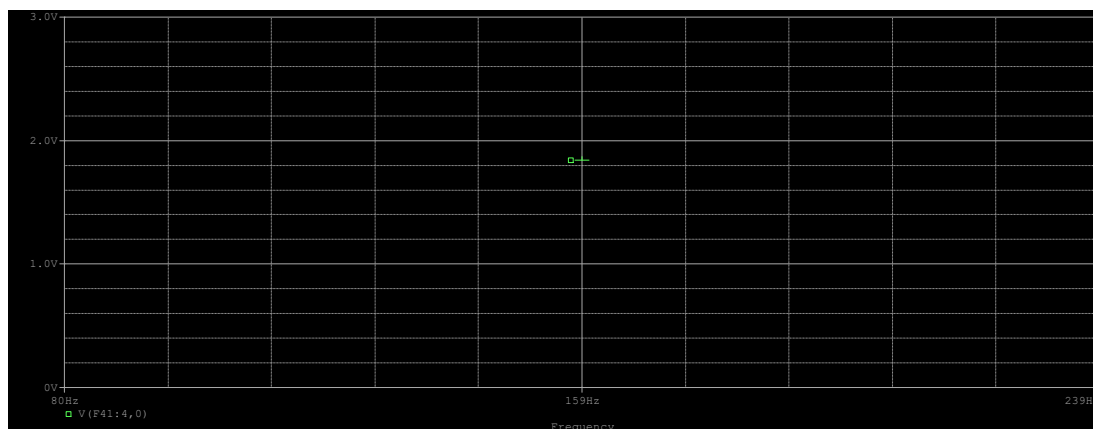
برای اینکار باید یکبار خروجی را مدار باز می کنیم و ولتاژ خروجی را می یابیم (که ولتاژ تونن مدار است).



شکل ۸-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به معادل تونن قسمت ولتاژ

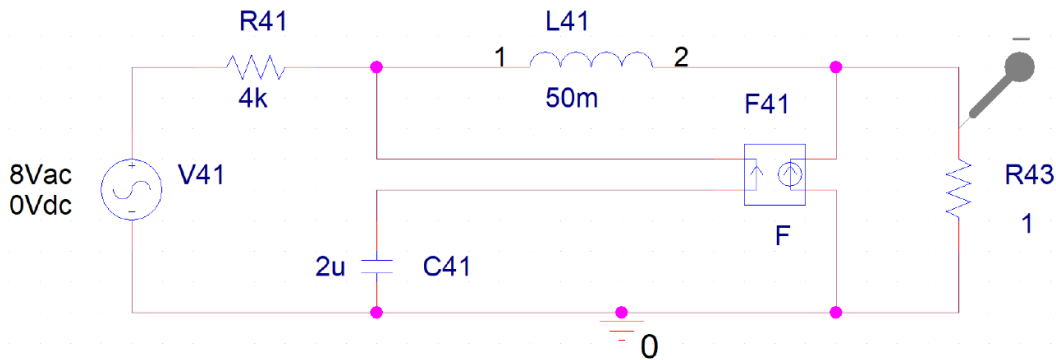
فقط باید توجه کنیم که به جای سوئیچ فرکانسهای مختلف، تحلیل AC Sweep را باید به ازای تک فرکانس ورودی انجام دهیم (چون تونن مدار به ازای تک فرکانس ورودی تعریف می شود) به این صورت که در تحلیل AC Sweep فرکانس شروع و فرکانس پایانی را یک مقدار مشابه (که همان فرکانس ورودی است) قرار می دهیم و Points را ۱ قرار می دهیم.

چون به ازای تک فرکانس سوئیچ کرده ایم برای هر حالت فقط یک مقدار بدست می آید.

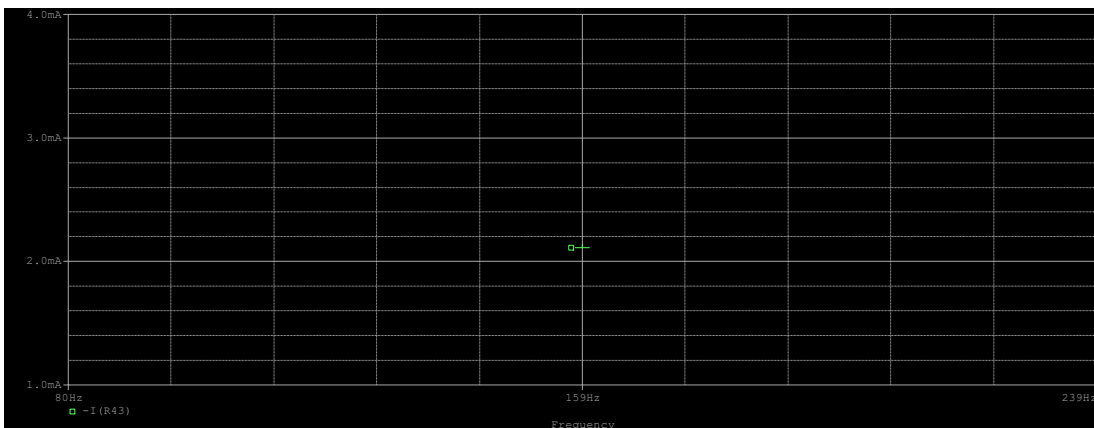


نمودار ۱۲-۲ ولتاژ تونن دو سر مدار از سمت خروجی

سپس خروجی را اتصال کوتاه می کنیم و جریان خروجی را می یابیم.
 برای بدست آوردن جریان اتصال کوتاه، بین دو شاخه ای که قرار است مدار معادل بدست آوریم، مقاومت ۱ اهمی قرار می دهیم تا بتوانیم پروب جریان را در آن شاخه قرار دهیم. (پروب جریان فقط سر المان قرار می گیرد).



شکل ۹-۲ مدار استفاده شده در شبیه سازی مربوط به معادل تونن قسمت جریان



نمودار ۱۳-۲ جریان نورتن دو سر مدار از سمت خروجی

بعد با تقسیم V_{th} به I_N مقاومت تونن مدار به صورت فازوری بدست خواهد آمد.

