

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی برق و رباتیک



پروژه شماره دو درس مدارهای الکتریکی ۱

موضوع پروژه:

آشنایی با ساختار فیلترهای فعال، آشنایی با تحلیل زمانی و فرکانسی در نرم افزار

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا اشرف

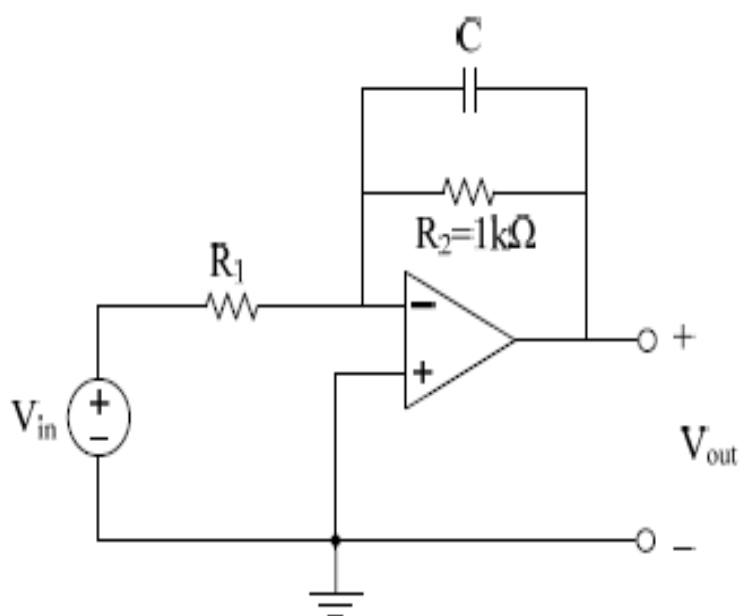
اعضای گروه:

تاریخ:

۱۳۹۶/۱۰/۱۳

مقدمه:

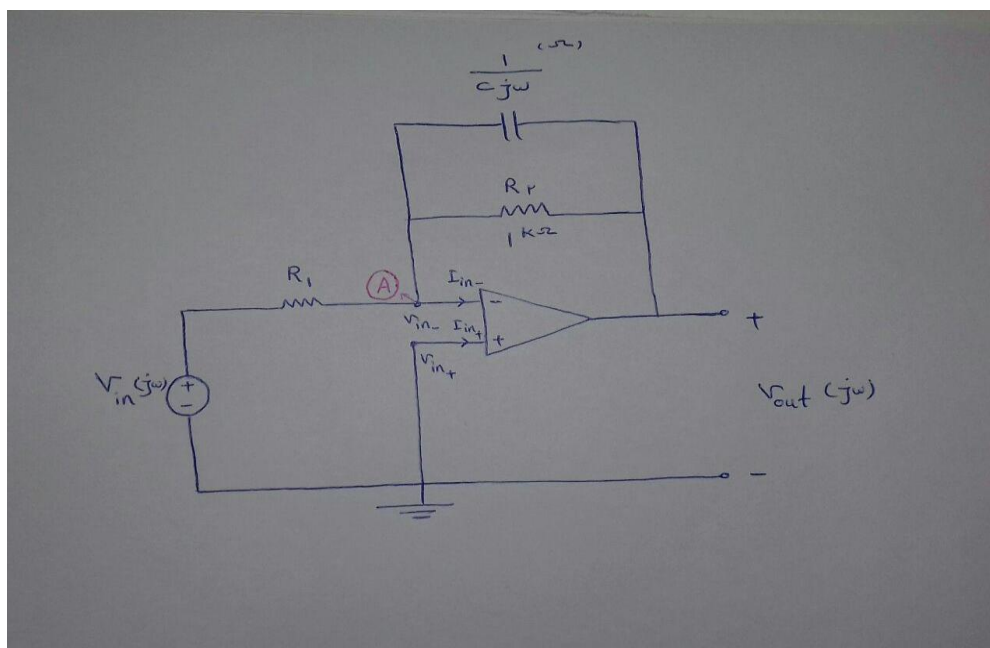
در درس مدار یک، با انواع فیلترها آشنا شدیم. فیلترهایی که در درس به آن‌ها اشاره شد، اصطلاحاً موسوم به فیلترهای غیرفعال یا پسیو هستند. در این نوع فیلترها تنها از مقاومت، سلف و خازن استفاده می‌شود و اندازه پاسخ فرکانسی عموماً کوچکتر از یک است. دسته‌ای دیگر از فیلترها که فیلترهای فعال یا اکتیو نامیده شده‌اند، این قابلیت را دارند که علاوه بر فیلتر کردن سیگنال ورودی، آن را تقویت نیز نمایند. در این گونه فیلترها، از آپ‌امپ به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود. ساختار یک نمونه از این فیلترها در شکل زیر نشان داده شده است.



تصویر ۱ مدار فیلترینگ

حل پروژه:

الف) تعیین تابع شبکه و اندازه پاسخ فرکانسی و رسم نمودار اندازه پاسخ فرکانسی: ابتدا مدار را به حوزه ی فازوری برده و آپ امپ را ایده آل فرض می کنیم. با استفاده از روش گره مدار را تحلیل کرده و قانون KCL را در گره A می نویسیم.



تصویر ۲ مدار در حوزه ی فازوری

V_{in+} به زمین متصل است و مقدار آن برابر صفر ولت می شود، براساس قوانین موجود در آپ امپ های ایده آل داریم:

$$V_{in+} = V_{in-}$$

$$I_{in+} = I_{in-} = 0^A$$

بنابراین مقدار V_{in-} نیز برابر صفر ولت می شود.

$$\text{KCL@A: } I_{in-} + \frac{V_{in-} - V_{in}}{R_1} + \frac{V_{in-} - V_{out}}{1^k} + \frac{V_{in-} - V_{out}}{\frac{1}{C_f j\omega}} = 0$$

$$\longrightarrow \frac{V_{in}}{R_1} + \frac{V_{out}}{10^3} + V_{out}(C_f j\omega) = 0$$

$$\longrightarrow V_{out}(10^{-3} + c jw) = \frac{-V_{in}}{R_1}$$

$$H(jw) = \frac{V_{out}(jw)}{V_{in}(jw)} = \frac{-1}{R_1} \times \frac{1}{10^{-3} + c jw} = \frac{-1}{R_1(10^{-3} + c jw)}$$

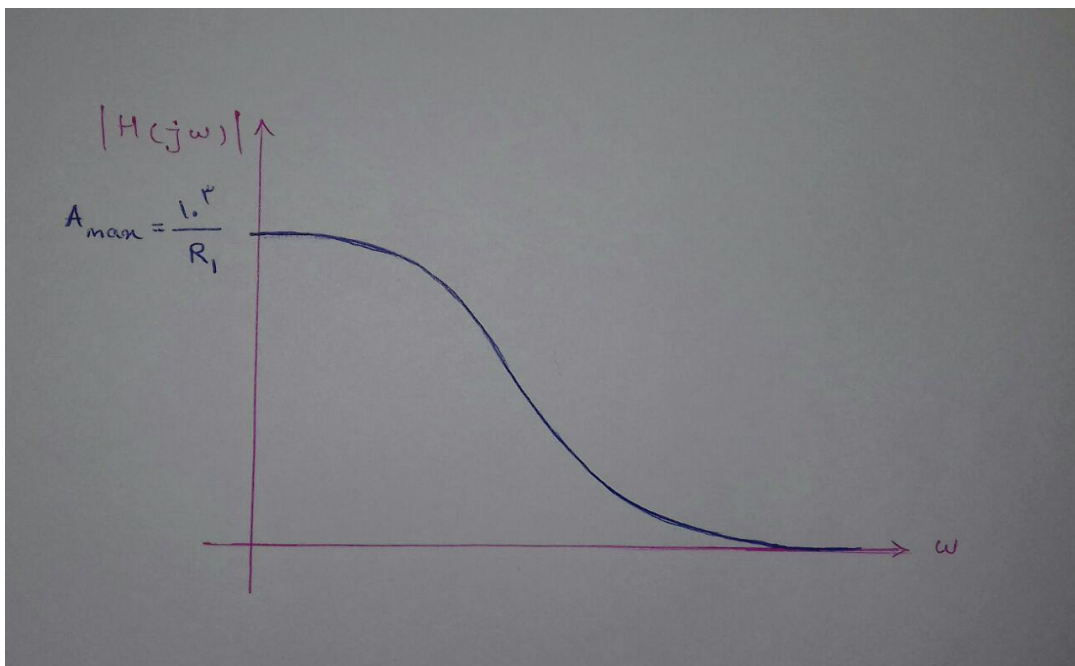
$$|H(jw)| = \frac{1}{\sqrt{(10^{-3} R_1)^2 + (cw R_1)^2}} = \frac{1}{\sqrt{R_1^2 (10^{-6} + c^2 w^2)}} = \frac{1}{R_1 \sqrt{10^{-6} + c^2 w^2}}$$

برای رسم نمودار مقدار $|H(jw)|$ را به ازای فرکانس های صفر و بی نهایت محاسبه می کنیم:

$$w = 0 \longrightarrow |H(jw)| = \frac{1}{R_1 \sqrt{10^{-6}}} = \frac{10^3}{R_1}$$

$$w = \infty \longrightarrow |H(jw)| = \frac{1}{\infty} = 0$$

بنابراین نمودار اندازه پاسخ فرکانسی به صورت زیر می باشد که با توجه به آن مدار، فیلتر پایین گذر است:



تصویر ۳ نمودار اندازه پاسخ فرکانسی - فرکانس

محاسبه بهره باند عبور: ماکزیمم دامنه پاسخ فرکانسی در باند عبور را بهره باند عبور می گویند.

$$\max \{ |H(j\omega)| \} \xrightarrow{\omega=0} A_{\max} = \frac{1}{R_1 \sqrt{10^{-6}}} = \frac{10^3}{R_1}$$

محاسبه فرکانس قطع:

$$|H(j\omega)| = \frac{\sqrt{2}}{2} A_{\max} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{10^3}{R_1} = \frac{500\sqrt{2}}{R_1}$$

$$\longrightarrow 25 \times 10^4 \times 2 \times (10^{-6} + c^2 \omega^2) = 1 \longrightarrow 5 \times 10^5 (10^{-6} + c^2 \omega^2) = 1$$

$$\longrightarrow 0.5 + 5 \times 10^5 \times c^2 \omega^2 = 1 \longrightarrow 5 \times 10^5 \times c^2 \omega^2 = 0.5$$

$$\longrightarrow \omega^2 = \frac{0.5}{5 \times 10^5 \times c^2} = \frac{10^{-6}}{c^2} \longrightarrow \omega = \frac{10^{-3}}{c}$$

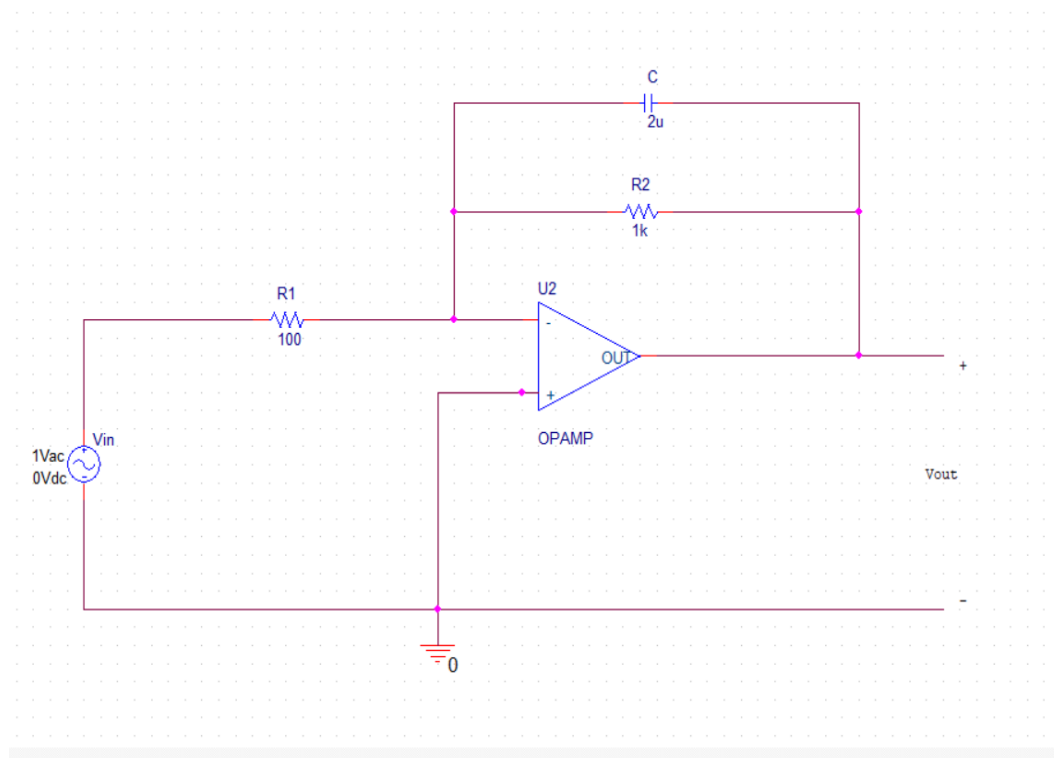
ب) محاسبه ی مقاومت R_1 و خازن c به گونه ای که ماکزیمم اندازه پاسخ فرکانسی برابر با ۱۰ و فرکانس قطع مدار برابر با ۵۰۰ هرتز باشد:

$$A_{\max} = \frac{10^3}{R_1} = 10 \longrightarrow R_1 = \frac{10^3}{10} = 100 \Omega$$

$$\omega = \frac{10^{-3}}{c} = 500 \longrightarrow c = \frac{10^{-3}}{500} = 2 \times 10^{-6} = 2 \mu F$$

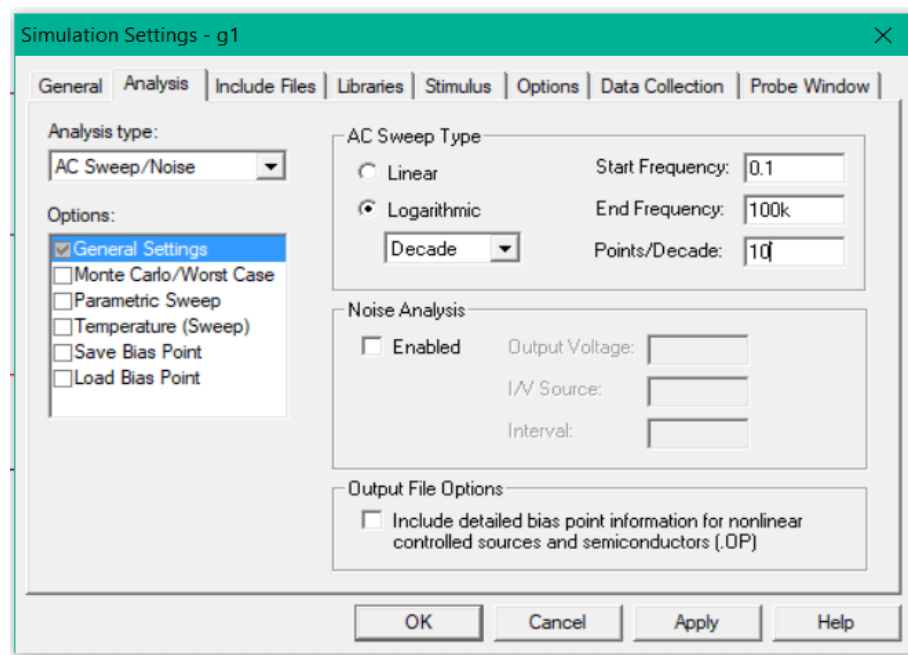
ج) تحلیل فرکانسی در نرم افزار: پاسخ فرکانسی این مدار را به ازای مقادیر مقاومت و خازن که در بند (ب) به دست آوردیم رسم می کنیم.

ابتدا شکل مدار را در نرم افزار رسم می کنیم. ورودی را از نوع منبع ولتاژ AC (سیگنال سینوسی در حوزه فرکانس را تولید می کند) انتخاب می کنیم:



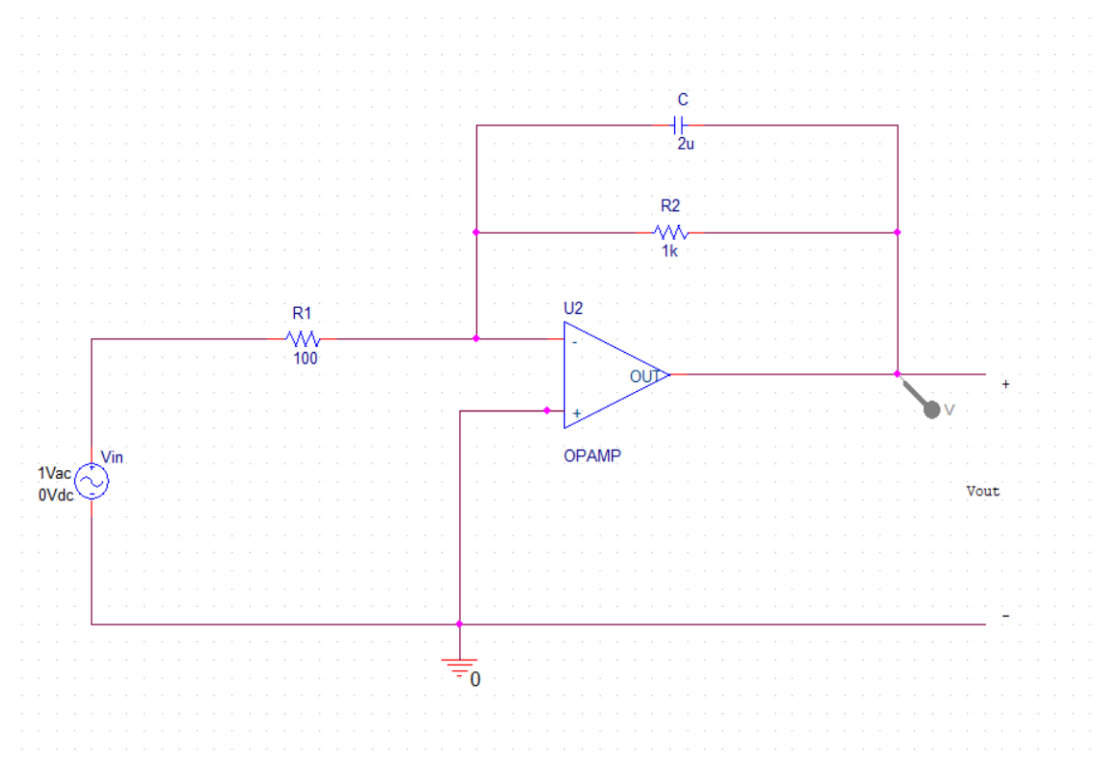
تصویر ۴ شبیه سازی مدار در حالت منبع AC

سپس در قسمت *New simulation Profile*، *PSpice* را انتخاب می کنیم، پنجره ای باز می شود، در قسمت *Name* نام تحلیل مورد نظر را انتخاب کرده و *create* را می زنیم، در پنجره ی بعد از قسمت *Analysis type* تحلیل مورد نظر که *AC Sweep* است را انتخاب کرده، *Start Frequency*، *End Frequency* و *points/Decade* (که نشان دهنده مقدار آغازین، پایانی و تعداد نقاط موجود در این بازه برای رسم نمودار موردنظر است) را مقدار دهی می کنیم و *OK* را می زنیم:



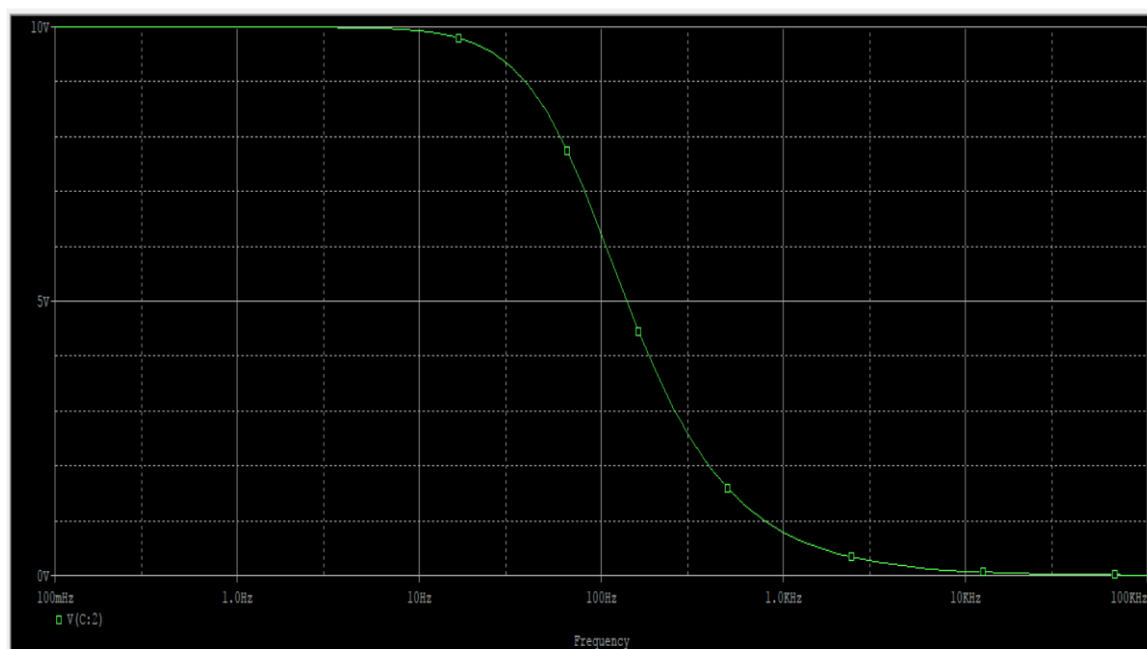
تصویر ۵ تعیین نوع تحلیل مدار (تحلیل فرکانسی یا *Ac Sweep*)

از قسمت نوار ابزار *voltage/level marker* را انتخاب می کنیم و در قسمت V_{out} قرار می دهیم:



تصویر ۶ قراردادن *voltage/level marker* در V_{out}

از قسمت نوار ابزار تحلیل را *run* می‌کنیم. نمودار تحلیل مورد نظر توسط نرم افزار به صورت زیر است:



تصویر ۷ نمودار تحلیل AC Sweep

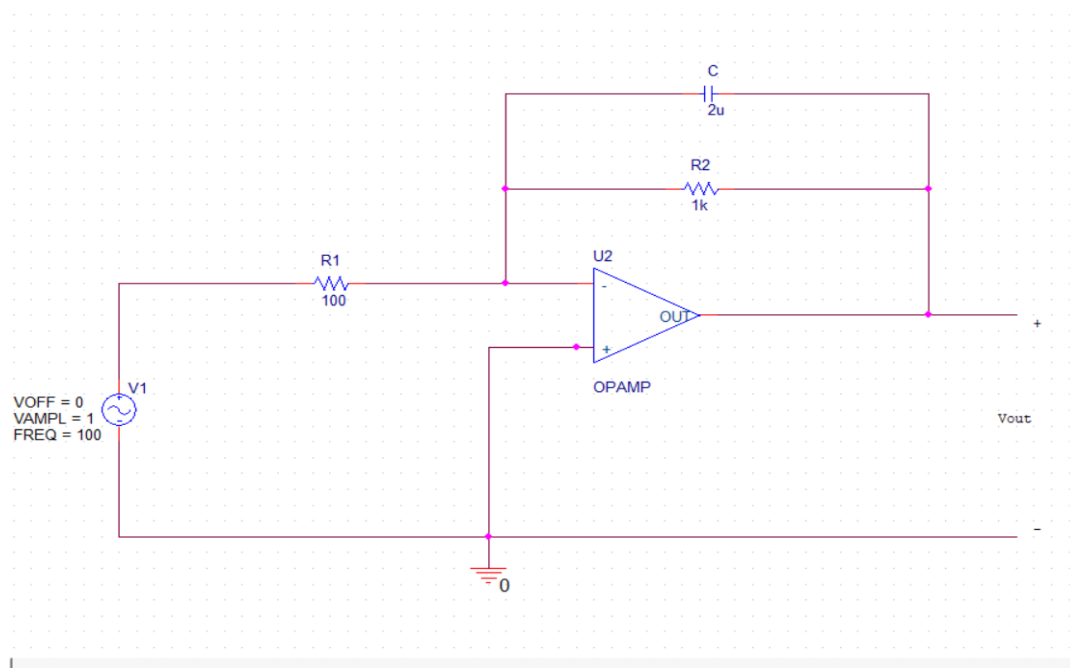
با توجه به تصویر فوق مقادیر به دست آمده برای ماکزیمم پاسخ فرکانسی ($A_{max}=10^V$) و فرکانس قطع ($w = 500^{Hz}$) از روی نمودار با مقادیر محاسبه شده در تحلیل تئوری برابر است. هم چنین نمودار ترسیم شده در تحلیل تئوری با نمودار شبیه سازی شده توسط نرم افزار مطابقت دارد، بنابراین مدار از نوع فیلتر پایین گذر می باشد.

د) تحلیل زمانی در نرم افزار: دو سیگنال سینوسی با فرکانس های ۱۰۰ هرتز و ۱۰۰ کیلو هرتز با دامنه ۱ ولت به ورودی اعمال کرده و دامنه ولتاژ خروجی را در هر حالت اندازه می گیریم.

ورودی را از نوع منبع ولتاژ سینوسی (سیگنال سینوسی در حوزه ی زمان را تولید می کند) انتخاب می کنیم:

(۱) فرکانس ۱۰۰ هرتز :

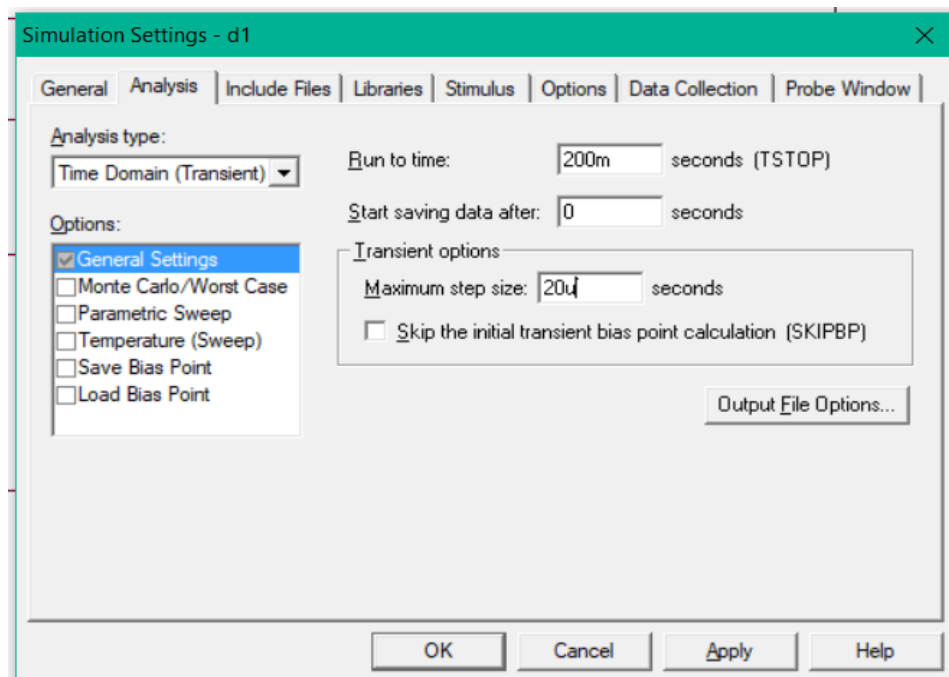
ابتدا شکل مدار را در نرم افزار رسم می کنیم.



تصویر ۸ شبیه سازی مدار در حالت منبع سینوسی برای تحلیل زمانی با فرکانس ۱۰۰ هرتز

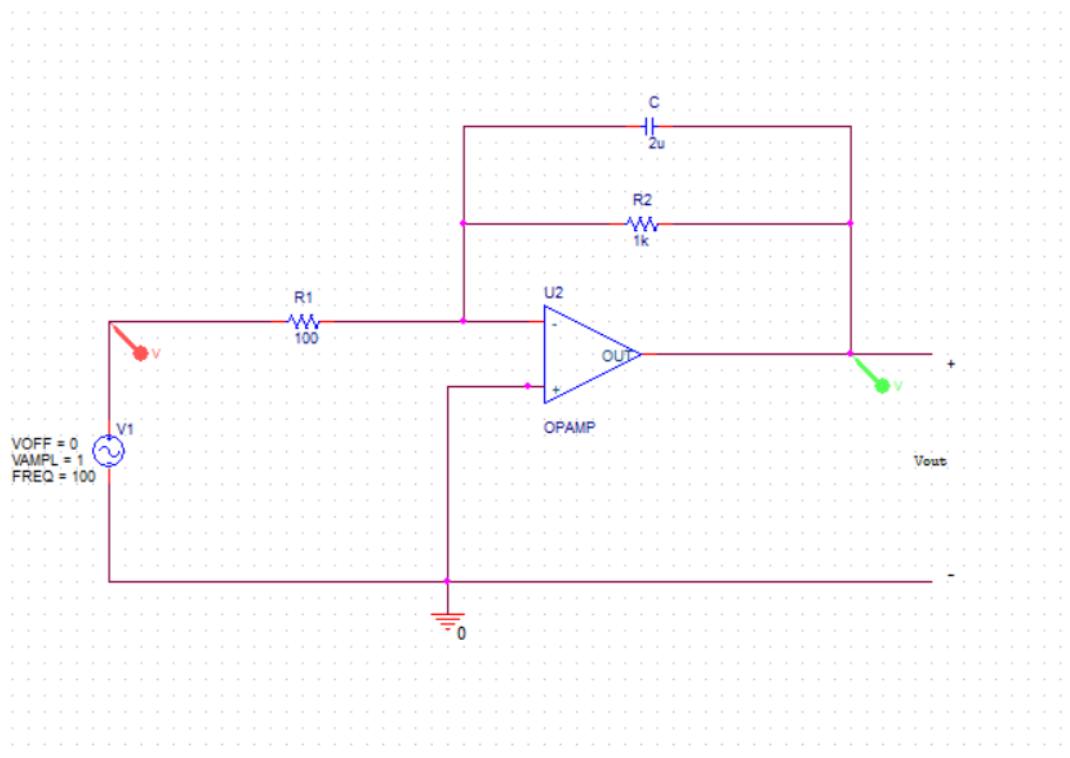
سپس از قسمت *PSpice* ، *New simulation Profile* را انتخاب می کنیم، پنجره ای باز می شود، در قسمت *Name* نام تحلیل مورد نظر را انتخاب کرده و *create* را می زنیم. در پنجره بعد، از قسمت *Analysis type* تحلیل مورد نظر که *Time domain* است را انتخاب می کنیم. *Start time* را در قسمت *Stop time*، *Start saving data after*، *Run* را به اندازه ۲۰ برابر دوره تناوب (*T*) در قسمت *Maximum step size* و *to time* را به اندازه یک هزارم برابر مقدار *Stop time* در قسمت *Maximum step size* مقداردهی کرده و *Ok* را می زنیم:

$$w = 100 \rightarrow T = \frac{1}{W} = \frac{1}{100} \text{ sec} \rightarrow 20T = 0.2 \text{ sec} = 200 \text{ m sec}$$



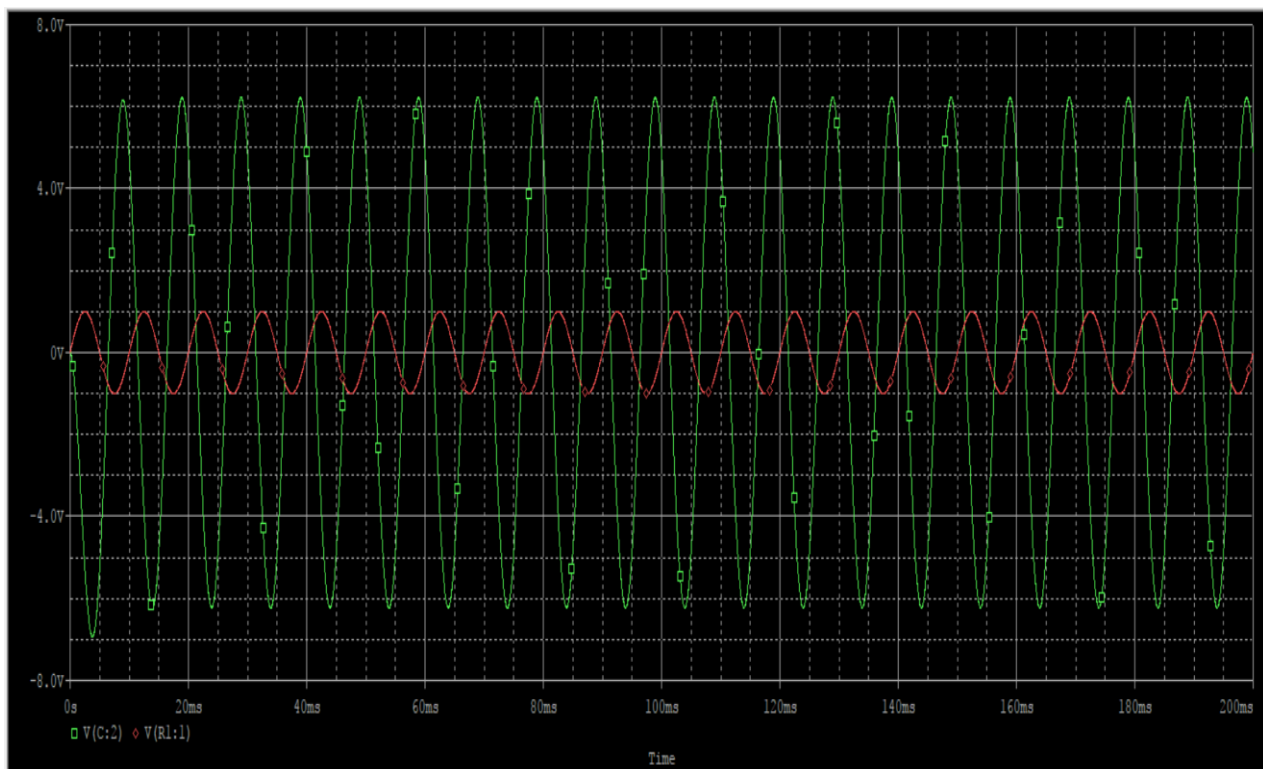
تصویر ۹ تعیین نوع تحلیل مدار (تحلیل زمانی یا *Time Domain*) در فرکانس ۱۰۰ هرتز

از قسمت نوار ابزار *voltage/level marker* را انتخاب می کنیم و در قسمت V_{in} و V_{out} قرار می دهیم:



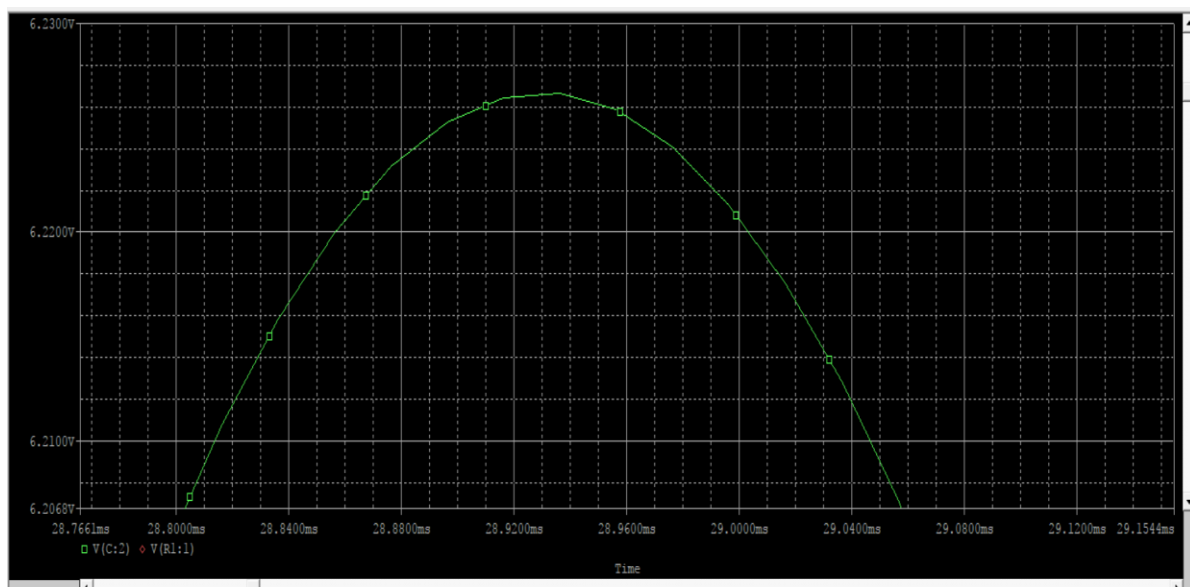
تصویر ۱۰ قرار دادن *voltage/level marker* در V_{in} و V_{out}

از قسمت نوار ابزار تحلیل را *run* می‌کنیم. نمودار تحلیل مورد نظر توسط نرم افزار به صورت زیر است:



تصویر ۱۱ نمودار تحلیل زمانی در فرکانس ۱۰۰ هرتز

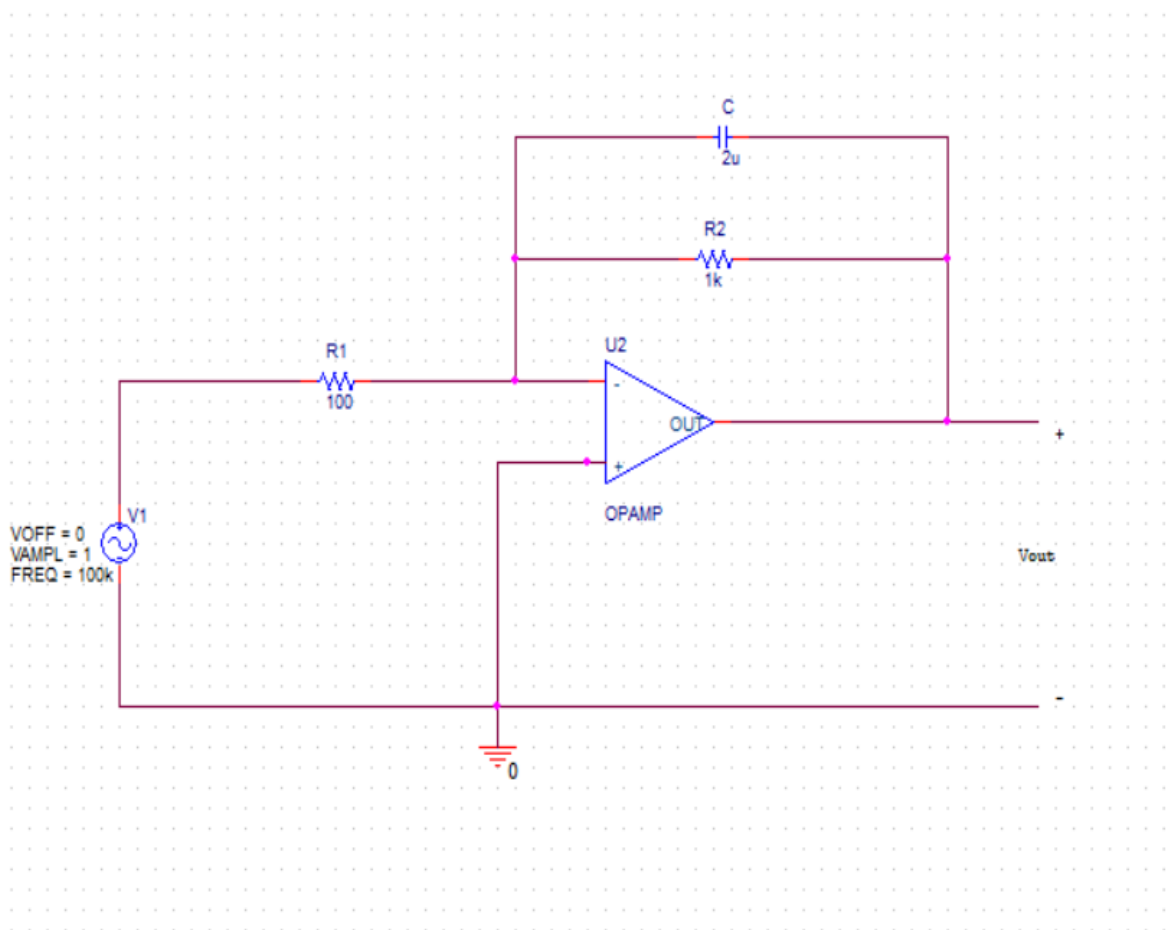
برای اندازه گیری دقیق تر دامنه ولتاژ خروجی تصویر نمودار فوق را بزرگنمایی کردیم که براساس آن مقدار دامنه ولتاژ خروجی حدودا برابر ۶.۲۲۷ ولت شد.



تصویر ۱۲ بزرگنمایی نمودار تحلیل زمانی در فرکانس ۱۰۰ هرتز

(۲) فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز:

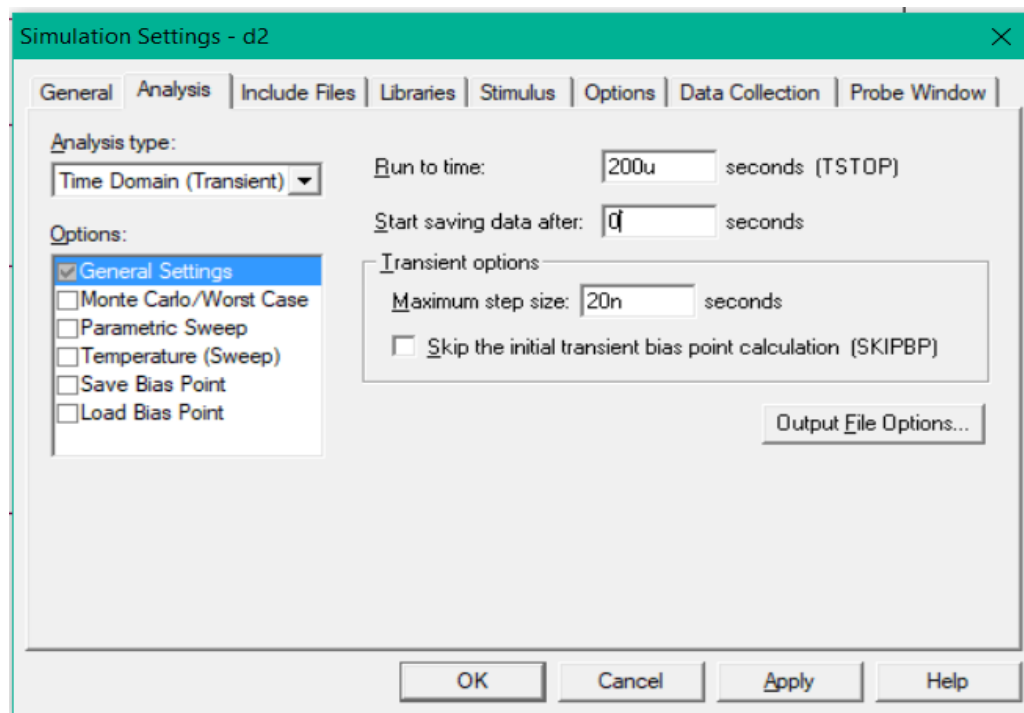
ابتدا شکل مدار را در نرم افزار رسم می کنیم.



تصویر ۱۳ شبیه سازی مدار در حالت منبع سینوسی برای تحلیل زمانی با فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز

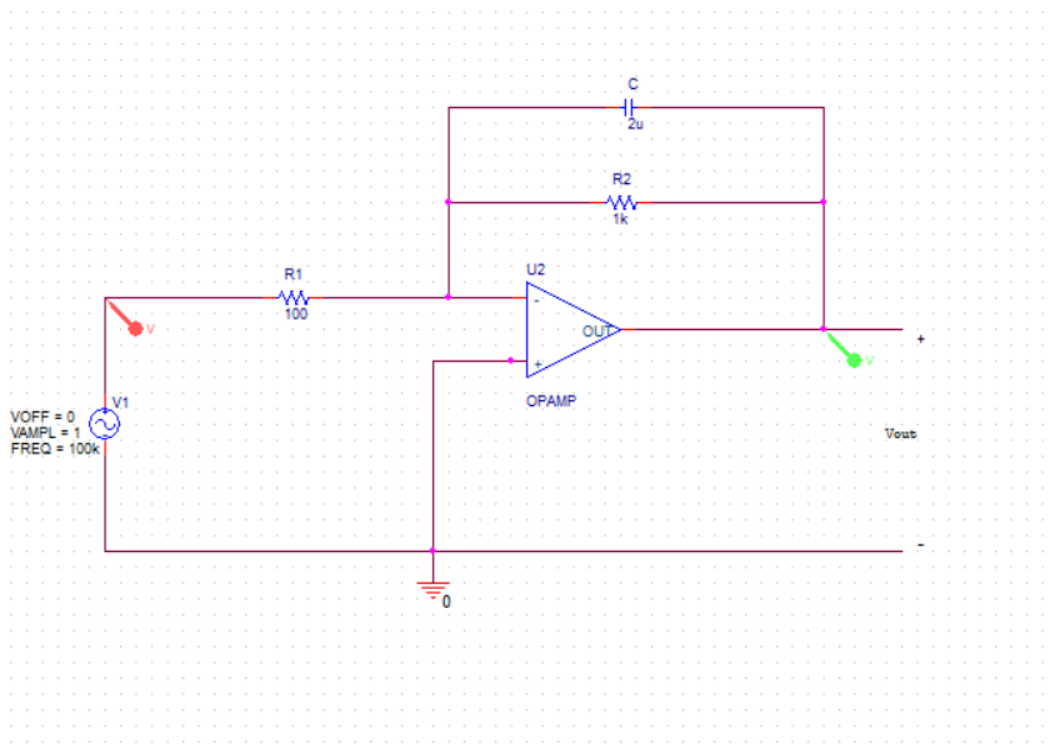
سپس از قسمت *PSpice* ، *New simulation Profile* را انتخاب می کنیم، پنجره ای باز می شود، در قسمت *Name* نام تحلیل مورد نظر را انتخاب کرده و *create* را می زنیم. در پنجره بعد، از قسمت *Analysis type* تحلیل مورد نظر که *Time domain* است را انتخاب می کنیم. *Start time* را در قسمت *Run* ، *Stop time* ، *Start saving data after* را به اندازه ۲۰ برابر دوره تناوب (T) در قسمت *Step time* و *to time* را به اندازه یک هزارم برابر مقدار *Stop time* در قسمت *Maximum step size* مقداردهی کرده و *Ok* را می زنیم:

$$w = 10^5 \rightarrow T = \frac{1}{W} = 10^{-5} \text{ sec} \rightarrow 20T = 2 \times 10^{-4} \text{ sec} = 200 \mu\text{sec}$$



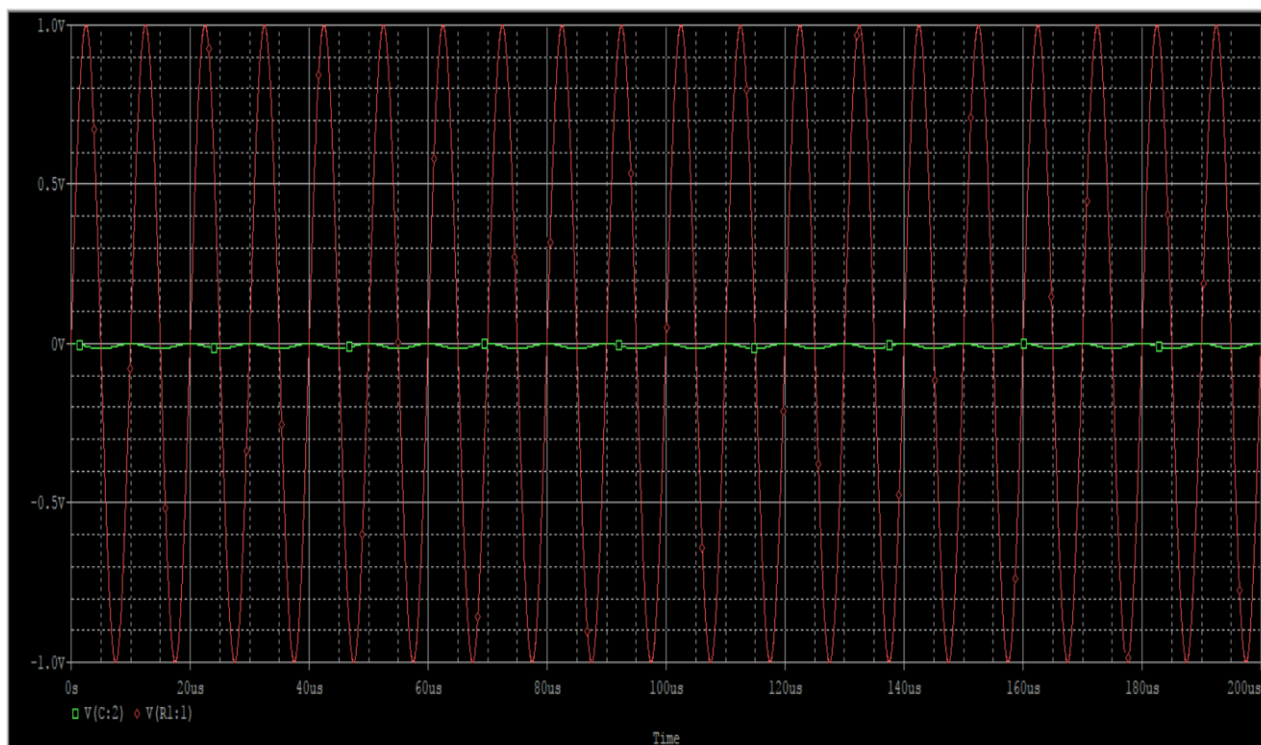
تصویر ۱۴ تعیین نوع تحلیل مدار (تحلیل زمانی یا *Time Domain*) در فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز

از قسمت نوار ابزار *voltage/level marker* را انتخاب می کنیم و در قسمت V_{in} و V_{out} قرار می دهیم:



تصویر ۱۵ قرار دادن *voltage/level marker* در V_{in} و V_{out}

از قسمت نوار ابزار تحلیل را *run* می‌کنیم. نمودار تحلیل مورد نظر توسط نرم افزار به صورت زیر است:



تصویر ۱۶ نمودار تحلیل زمانی در فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز

با توجه به تصویر فوق مقدار اندازه گیری شده برای دامنه ولتاژ خروجی حدودا برابر ۸ میلی ولت شد.

نتیجه گیری:

در این پروژه با ساختار فیلتر فعال که از نوعی آپ امپ جهت تقویت سیگنال ورودی و از خازن جهت کنترل سیگنال های عبوری در فرکانس های متفاوت (فیلترینگ) استفاده شده است آشنا شدیم. هم چنین نحوه کار با نرم افزار و تحلیل مدار در دو حوزه زمان و فرکانس (تحلیل زمانی و فرکانسی) را آموختیم. به صورت کلی به بررسی تغییرات ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی از طریق تحلیل تابع شبکه و پارامتر های وابسته به آن پرداختیم.

مدار مورد نظر نوعی فیلتر پایین گذر است به صورتی که اجازه عبور فرکانس های پایین تا مقداری خاص (فرکانس قطع) را می دهد و فرکانس هایی با مقدار بیشتر از فرکانس قطع را از خود عبور نمی دهد (در فرکانس های بالا منبع ورودی ولتاژ تولید می کند اما از دوسر خروجی ولتاژی دریافت نمی شود). باند عبور محدوده ای است که فرکانس های موردنظر اجازه عبور دارند و بهره باند عبور، ماکزیمم این مقدار می باشد که همان ماکزیمم اندازه پاسخ فرکانسی است.

مقادیر به دست آمده از تحلیل های شبیه سازی شده با تحلیل های تئوری صورت گرفته مطابقت دارد که این موضوع نشان دهنده صحت محاسبات انجام شده می باشد.

در تحلیل زمانی با مقایسه نمودارهای به دست آمده و اندازه گیری های صورت گرفته در فرکانس های متفاوت به نتایج زیر می رسیم:

با توجه به اینکه مدار مدلی از فیلتر پایین گذر می باشد در فرکانس های پایین (۱۰۰ هرتز) دامنه ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی افزایش یافته (تصویر ۱۱) و در فرکانس های بالا (۱۰۰ کیلوهرتز) این مقدار به میزان قابل توجهی کاهش یافته است (تصویر ۱۶) به صورتی که دامنه ولتاژ خروجی نزدیک به صفر است.

مشاهده می شود در صورت ثابت بودن دامنه منبع ورودی، با افزایش فرکانس منبع، دامنه ولتاژ خروجی کاهش می یابد.