

آزمایش شماره

مدارهای مرتبه اول

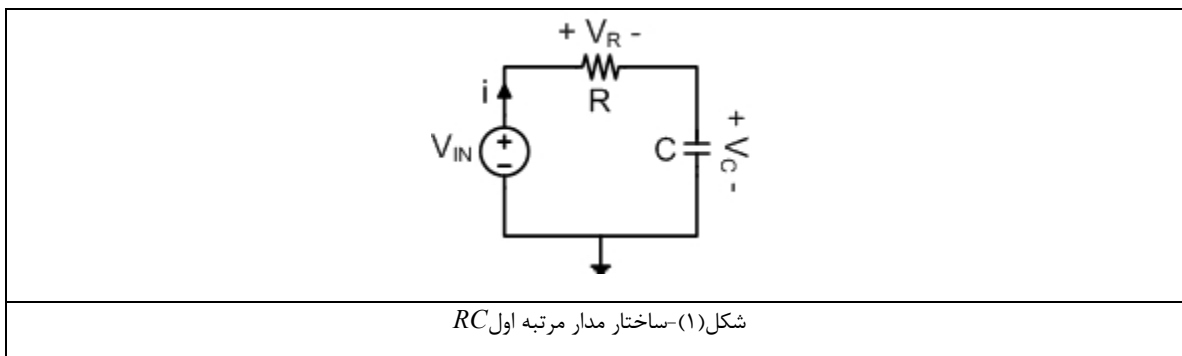
هدف از انجام این آزمایش بررسی رفتار حالت گذرای و رفتار فرکانسی مدارهای مرتبه اول از نوع RC و RL ، نحوه اندازه گیری مشخصات زمانی مانند ثابت زمانی و مشخصات فرکانسی مانند فرکانس قطع در این مدارها می باشد. همچنین در این آزمایش با برخی از کاربردهای این مدارها از قبیل مشتق گیر و انتگرال گیر و همچنین خواص فیلتری این مدارها آشنا می شویم.

- مدارهای مرتبه اول:

به طور کلی مدارهایی که در آنها روابط بیان کننده ولتاژ و جریان المان ها به صورت یک معادله دیفرانسیلی مرتبه اول باشد را مدار مرتبه اول می نامند. با توجه به رابطه میان ولتاژ و جریان یک خازن که به صورت $I_C = C \cdot \frac{dV_C}{dt}$ می باشد و همچنین رابطه میان ولتاژ و جریان یک سلف که به صورت $V_L = L \cdot \frac{dI_L}{dt}$ می باشد انتظار می رود مدارهای مرتبه اول از یک شبکه مقاومتی به همراه فقط یک خازن یا یک سلف تشکیل گردد.

- مدار مرتبه اول RC :

در حالت کلی یک مدار مرتبه اول مقاومتی خازنی (RC) را می توان به صورت شکل (۱) نمایش داد که در آن منبع ولتاژ V_{IN} بیان گر ولتاژ معادل تونن و مقاومت R معادل مقاومت معادل تونن یک شبکه مقاومتی به همراه منابع مستقل ولتاژ و جریان از دید خازن می باشد.



در مدار شکل (۱) ولتاژ ایجاد شده بر روی خازن و مقاومت بر حسب ولتاژ ورودی با استفاده از رابطه ولتاژ و جریان المان های موجود در مدار در حالتی که خازن از ابتدا خالی از هر گونه بار الکتریکی در نظر گرفته شود به صورت زیر بدست می آید:

$$V_{IN} = V_R + V_C$$

$$V_R = R \cdot i$$

$$i = i_R = i_C = C \cdot \frac{dV_C}{dt}$$

→

$$V_{IN} = R \cdot C \cdot \frac{dV_C}{dt} + V_C \rightarrow \text{Root of differential equation } R \cdot C \cdot S_1 + 1 = 0 \rightarrow S_1 = \frac{1}{R \cdot C}$$

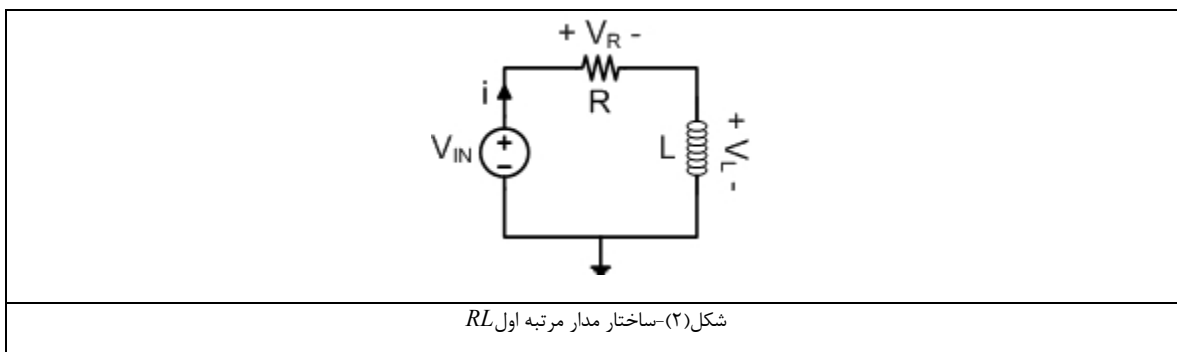
→

$$V_C = V_{IN} - V_{IN} \cdot e^{\frac{-t}{R \cdot C}}, \quad V_R = V_{IN} \cdot e^{\frac{-t}{R \cdot C}}$$

در رابطه فوق عبارت $R \cdot C$ دارای دیمانسیون از جنس زمان می باشد. معمولاً عبارت $R \cdot C$ را با پارامتر τ نشان داده و به آن ثابت زمانی مدار مرتبه اول گویند. ثابت زمانی در واقع به نوعی بیان گر سرعت تغییرات ولتاژ و جریان المان ها در مدار مرتبه اول می باشد.

- مدار مرتبه اول RL :

در حالت کلی یک مدار مرتبه اول مقاومتی سلفی (RL) را می توان به صورت شکل (۲) نمایش داد که در آن منبع ولتاژ V_{IN} بیان گر ولتاژ معادل تونن و مقاومت R معادل مقاومت معادل تونن یک شبکه مقاومتی به همراه منابع مستقل ولتاژ و جریان از دید خازن می باشد.



در مدار شکل (۲) ولتاژ ایجاد شده بر روی سلف و مقاومت بر حسب ولتاژ ورودی با استفاده از رابطه ولتاژ و جریان المان های موجود در مدار در حالتی که سلف از ابتدا خالی از هر گونه شار الکترومغناطیسی در نظر گرفته شود یعنی جریان اولیه آن صفر باشد به صورت زیر بدست می آید:

$$V_{IN} = V_R + V_L$$

$$V_R = R \cdot i$$

$$V_L = L \cdot \frac{di_L}{dt} , \quad i_L = i_R = i$$

→

$$V_{IN} = R \cdot i + L \cdot \frac{di_L}{dt} \rightarrow \text{Root of differential equation } R + L \cdot S_I = 0 \rightarrow S_I = \frac{R}{L}$$

→

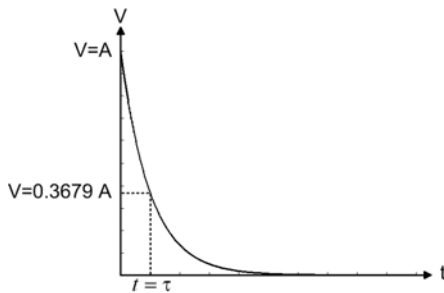
$$V_L = V_{IN} \cdot e^{-t \cdot \frac{R}{L}} , \quad V_R = V_{IN} - V_{IN} \cdot e^{-t \cdot \frac{R}{L}}$$

در رابطه فوق عبارت $\frac{R}{L}$ دارای دیمانسیون از جنس زمان می باشد. معمولا عبارت $\frac{R}{L}$ را با پارامتر τ

نشان داده و به آن ثابت زمانی مدار مرتبه اول گویند.

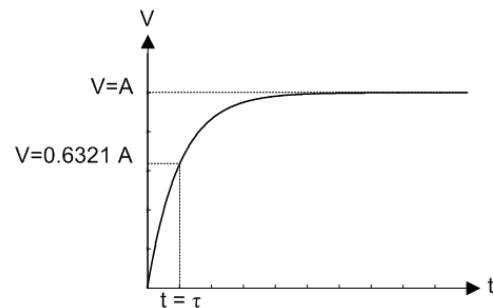
- رفتار حالت گذرای مدار مرتبه اول RC به ورودی پله:

رفتار حالت گذرای ولتاژ خازن و مقاومت موجود در مدار شکل (۱) وقتی ولتاژ ورودی اعمال شده به مدار یعنی V_{IN} یک ولتاژ پله^۱ با دامنه A ولت باشد، در شکل (۳) آورده شده است.



شکل (۳) ب- ولتاژ حالت گذرای مقاومت در مدار مرتبه اول RC در حالت

ورودی پله با دامنه A



شکل (۳) الف- ولتاژ حالت گذرای خازن در مدار مرتبه اول RC در حالت

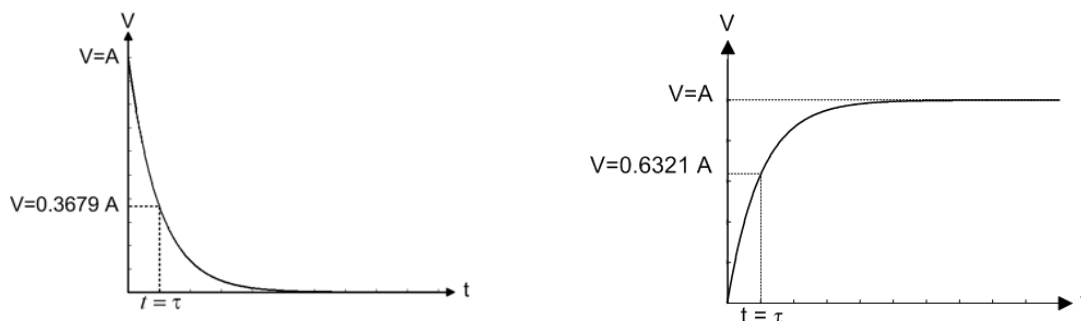
ورودی پله با دامنه A

۱- ولتاژی که مقدار آن در زمان $t=0 \text{ sec}$ از مقدار صفر ولت به مقدار A ولت تغییر کند و آن را با $u(t)$ نشان می دهند.

با توجه به رابطه بیان شده برای ولتاژ خازن مقدار این ولتاژ از صفر ولت در زمان $t=0 \text{ sec}$ شروع به افزایش کرده و در زمان $t=\tau \text{ sec}$ مقدار این ولتاژ به 0.6321 دامنه ولتاژ ورودی می رسد که بدین صورت می توان از روی نمودار حالت گذرای ولتاژ خازن به مقدار τ در مدار مرتبه اول پی برد. همچنین ولتاژ مقاومت در ابتدا با یک جهش ولتاژ به اندازه دامنه ولتاژ ورودی در زمان $t=0 \text{ sec}$ مواجه شده و سپس ولتاژ آن شروع به کاهش می کند به نحوی که در زمان $t=\tau \text{ sec}$ ولتاژ مقاومت به 0.3679 دامنه ولتاژ اولیه خود در زمان $t=0 \text{ sec}$ خواهد رسید. همچنین روابط فوق نشان می دهد در زمانی برابر با 5τ برابر ثابت زمانی ولتاژ خازن به 0.9933 دامنه ولتاژ ورودی می رسد و ولتاژ مقاومت به 0.0067 مقدار اولیه خود در زمان $t=0 \text{ sec}$ یعنی تقریباً صفر ولت می رسد. به عبارت دیگر ولتاژ خازن و مقاومت در زمان 5τ برابر ثابت زمانی با خطای کمتر از 1% به مقدار نهایی خود می رسند.

– رفتار حالت گذرای مدار مرتبه اول RL به ورودی پله:

رفتار حالت گذرای ولتاژ سلف و مقاومت موجود در مدار شکل (۲) وقتی ولتاژ ورودی اعمال شده به مدار یعنی V_{IN} یک ولتاژ پله^۱ با دامنه A ولت باشد، در شکل (۴) آورده شده است.



شکل (۴). الف- ولتاژ حالت گذرای مقاومت در مدار مرتبه اول RL در حالت ورودی پله با دامنه A ب- ولتاژ حالت گذرای سلف در مدار مرتبه اول RL در حالت ورودی پله با دامنه A

با توجه به رابطه بیان شده برای ولتاژ مقاومت مقدار این ولتاژ از صفر ولت در زمان $t=0 \text{ sec}$ شروع به افزایش کرده و در زمان $t=\tau \text{ sec}$ مقدار این ولتاژ به $0.6321 \times$ دامنه ولتاژ ورودی می رسد که بدین صورت می توان از روی نمودار حالت گذرای ولتاژ مقاومت به مقدار τ در مدار مرتبه اول RL پی برد. همچنین ولتاژ سلف در ابتدا با یک جهش ولتاژ به اندازه دامنه ولتاژ ورودی در زمان $t=0 \text{ sec}$ مواجه شده و سپس ولتاژ آن شروع به کاهش می کند به نحوی که در زمان $t=\tau \text{ sec}$ ولتاژ سلف به $0.3679 \times$ دامنه ولتاژ اولیه خود در زمان $t=0 \text{ sec}$ خواهد رسید. همچنی روابط فوق نشان می دهد در زمانی برابر با ۵ برابر ثابت زمانی ولتاژ مقاومت به $0.9933 \times$ دامنه ولتاژ ورودی می رسد و ولتاژ سلف به $0.0067 \times$ مقدار اولیه خود در زمان $t=0 \text{ sec}$ یعنی تقریباً صفر ولت می رسد. به عبارت دیگر ولتاژ مقاومت و سلف در زمان ۵ برابر ثابت زمانی با خطای کمتر از ۱ درصد به مقدار نهایی خود می رسند.

۱- ولتاژی که مقدار آن در زمان $t=0 \text{ sec}$ از مقدار صفر ولت به مقدار ۱ ولت تغییر کند و آن را با $u(t)$ نشان می دهند.

- رفتار مدار مرتبه اول RC در حوزه فرکانس:

هنگامی که یک موج سینوسی با دامنه ثابت V_{IN} و فرکانس متغیر f به دو سر یک مدار خطی اعمال می شود، ولتاژ خروجی (یا پاسخ مدار) نیز موجی سینوسی ولی با دامنه و فازی متفاوت با ولتاژ ورودی بوده و تابعی از فرکانس موج ورودی خواهد بود. بنابراین این اگر ولتاژ ورودی به صورت $V_i(t) = V_{im} \sin \omega t = V_{ie} \angle 0^\circ$ باشد، می توان ولتاژ خروجی را بصورت زیر نوشت:

$$V_o(t) = V_{om} \sin(\omega t + \varphi) = V_{oe} \angle \varphi^\circ$$

نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی تابعی از فرکانس بوده و به تابع پاسخ فرکانسی و یا تابع انتقال موسوم است و با رابطه زیر نشان داده می شود:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| \angle \varphi^\circ$$

بطوریکه خواهیم دید، $\left| \frac{V_o}{V_i} \right|$ و φ تابع فرکانس f خواهند بود منحنی نمایش تغییرات $\left| \frac{V_o}{V_i} \right|$ نسبت به فرکانس به مشخصه پاسخ دامنه و منحنی تغییرات φ نسبت به فرکانس به مشخصه فاز موسوم است. با توجه به این که ولتاژ مقاومت یا خازن در شکل (۱) به عنوان خروجی مدار در نظر گرفته شود پاسخ دامنه ولتاژ خروجی به ترتیب رفتاری شبیه به یک فیلتر بالاگذر یا پایین گذر را از خود نشان می دهد.

- پاسخ فرکانسی مدار مرتبه اول RC در حالت فیلتر بالاگذر :

در شکل (۱) با اعمال یک ولتاژ سینوسی به ورودی مدار با فرکانس ω و محاسبه ولتاژ ایجاد شده بر روی مقاومت تابع مربوط به پاسخ فرکانسی فرکانسی برای این مدار عبارت است از:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

$$|A_v| = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

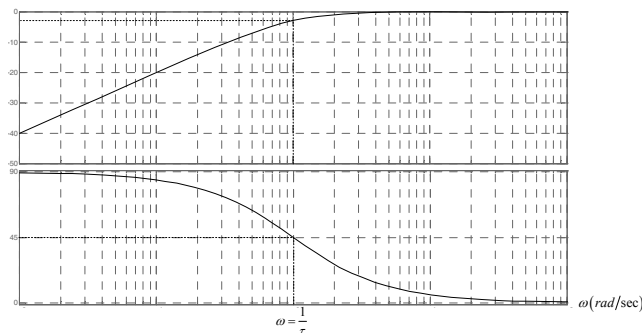
$$\varphi = \text{Arctg} \left(\frac{1}{\omega RC} \right)$$

در فرکانس های بالا، وقتی که $\omega RC \gg 1$ است، $\varphi \approx 0^\circ$ و $|V_o/V_i| \approx 1$ و وقتی که $\omega RC \ll 1$ می باشد $\varphi \approx 90^\circ$ و $|V_o/V_i| \approx 0$ و به این ترتیب مدار RC فوق که ولتاژهای با فرکانس بالا را از خود عبور می دهد و ولتاژهای با فرکانس پایین را به شدت تضعیف می نماید به فیلتر بالا گذر موسوم است.

در این حالت نیز فرکانس قطع جایی است که ولتاژ خروجی به $1/\sqrt{2}$ ولتاژ ورودی در فرکانس عبور کاهش می یابد. بنابراین داریم:

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

در شکل (۳) منحنی اندازه و دامنه برای فیلتر بالاگذر مرتبه اول RC آورده شده است.



شکل (۳)- پاسخ اندازه و فاز مدار RC بالا گذر

- پاسخ فرکانسی مدار مرتبه اول RC در حالت فیلتر پایین گذر :

در شکل (۱) با اعمال یک ولتاژ سینوسی به ورودی مدار با فرکانس ω و محاسبه ولتاژ ایجاد شده بر روی خازن تابع مربوط به پاسخ فرکانسی برای این مدار عبارت است از:

$$\begin{cases} V_i = \left(R + \frac{1}{i\omega C} \right) I \\ V_o = \left(\frac{1}{i\omega C} \right) I \end{cases} \Rightarrow A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = |A_v| \angle \varphi^\circ$$

که در آن:

$$|A_v| = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

$$\varphi = \text{Arctg}(-\omega RC)$$

رابطه نخست نشان می دهد که در فرکانس های پایین وقتی که $\omega RC \ll 1$ است $|V_o/V_i| \approx 1$ خواهد بود همچنین در فرکانس های بالا، وقتی که $\omega RC \gg 1$ باشد $|V_o/V_i| \approx 0$ است مدار RC فوق که ولتاژهای با فرکانس پایین را از خود عبور می دهد و ولتاژهای با فرکانس بالا را به شدت تضعیف می نماید به فیلتر پایین گذر موسوم است.

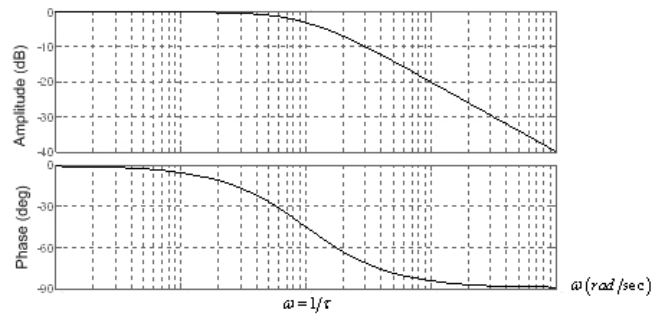
خاصیت دیگر این مدار اختلاف فازی است که بین ولتاژ خروجی و ولتاژ ورودی ایجاد می نماید. بطوریکه از رابطه دوم (فاز) بر می آید، در فرکانس های پایین $\varphi \approx 0^\circ$ بوده و در فرکانس های بالا $\varphi \approx -90^\circ$ خواهد بود

فرکانس قطع یا فرکانس نصف قدرت که با f_c نشان داده می شود، فرکانسی است که صافی پایین گذر فرکانس های بالاتر از آن را به شدت تضعیف می کند. در این فرکانس اندازه توان خروجی به نصف ماکزیمم توان خروجی می رسد (در این مدار ولتاژ خروجی به $1/\sqrt{2}$ ولتاژ ورودی در فرکانس عبور کاهش می یابد یا به عبارت دیگر 3 dB کاهش در دامنه ورودی ایجاد می شود).

بنابراین فرکانس قطع برابر است با:

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_c = \frac{1}{RC}$$

در شکل (۴) منحنی اندازه و دامنه برای فیلتر پایین گذر مرتبه اول RC آورده شده است.



شکل (۴)- پاسخ اندازه و فاز مدار RC پایین گذر

- رفتار مدار مرتبه اول RL در حوزه فرکانس:

همانند مدارهای RC در مدارهای RL هنگامی که یک موج سینوسی با دامنه ثابت V_{IN} و فرکانس متغیر f به عنوان ورودی به این مدار اعمال می شود، ولتاژ خروجی (یا پاسخ مدار) نیز موجی سینوسی ولی با دامنه و فازی متفاوت با ولتاژ ورودی بوده و تابعی از فرکانس موج ورودی خواهد بود. بنابراین اگر ولتاژ ورودی به صورت $V_i(t) = V_{im} \sin \omega t = V_{ie} \angle 0^\circ$ باشد، می توان ولتاژ خروجی را بصورت زیر نوشت:

$$V_o(t) = V_{om} \sin(\omega t + \varphi) = V_{oe} \angle \varphi^\circ$$

با توجه به این که ولتاژ مقاومت یا سلف در مدار شکل (۲) به عنوان خروجی مدار در نظر گرفته شود پاسخ دامنه ولتاژ خروجی به ترتیب رفتاری شبیه به یک فیلتر پایین گذر یا بالاگذر را از خود نشان می دهد.

- پاسخ فرکانسی مدار مرتبه اول RL در حالت فیلتر بالاگذر:

در شکل (۲) با اعمال یک ولتاژ سینوسی به ورودی مدار با فرکانس ω و محاسبه ولتاژ ایجاد شده بر روی سلف تابع مربوط به پاسخ فرکانسی برای این مدار عبارت است از:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{j\omega L}{R + j\omega L}$$

$$|A_v| = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{L\omega}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}$$

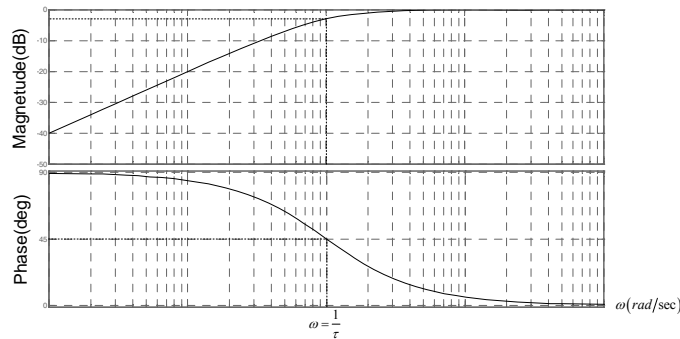
$$\varphi = \text{Arctg} \left(\frac{R}{L\omega} \right)$$

در فرکانس های بالا، وقتی که $\frac{R}{L\omega} \gg 1$ است، $\varphi \approx 0^\circ$ و $|V_o/V_i| \approx 1$ و وقتی که $\frac{R}{L\omega} \ll 1$ می باشد، $\varphi \approx 90^\circ$ و $|V_o/V_i| \approx 0$ و به این ترتیب مدار RC فوق که ولتاژهای با فرکانس بالا را از خود عبور می دهد و ولتاژهای با فرکانس پایین را به شدت تضعیف می نماید به فیلتر بالا گذر موسوم است.

در این حالت نیز فرکانس قطع جایی است که ولتاژ خروجی به $1/\sqrt{2}$ ولتاژ ورودی در فرکانس عبور کاهش می یابد. بنابراین داریم:

$$|A_v| = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{L\omega}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_c = \frac{R}{L}$$

در شکل (۵) منحنی اندازه و دامنه برای فیلتر بالاگذر مرتبه اول RL آورده شده است.



شکل(۵)- پاسخ اندازه و فاز مدار RL بالا گذر

- پاسخ فرکانسی مدار مرتبه اول RL در حالت فیلتر پایین گذر :

در شکل(۲) با اعمال یک ولتاژ سینوسی به ورودی مدار با فرکانس ω و محاسبه ولتاژ ایجاد شده بر روی مقاومت تابع مربوط به پاسخ فرکانسی برای این مدار عبارت است از:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{R + j\omega L} = |A_v| \angle \varphi^\circ$$

که در آن:

$$|A_v| = \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}$$

$$\varphi = \text{Arctg} \left(\frac{-\omega L}{R} \right)$$

رابطه نخست نشان می دهد که در فرکانس های پایین وقتی که $\frac{L\omega}{R} \ll 1$ است $|V_o/V_i| \approx 1$ خواهد بود

همچنین در فرکانس های بالا، وقتی که $\frac{L\omega}{R} \gg 1$ می باشد $|V_o/V_i| \approx 0$ است مدار RL فوق که ولتاژهای

با فرکانس پایین را از خود عبور می دهد و ولتاژهای با فرکانس بالا را به شدت تضعیف می نماید به فیلتر پایین گذر موسوم است.

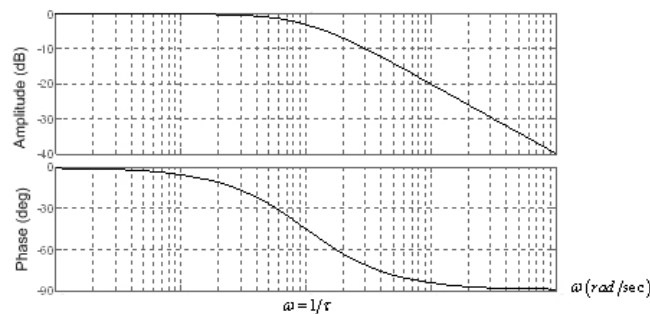
خاصیت دیگر این مدار اختلاف فازی است که بین ولتاژ خروجی و ولتاژ ورودی ایجاد می نماید. بطوریکه از رابطه دوم (فاز) بر می آید، در فرکانس های پایین $\varphi \approx 0^\circ$ بوده و در فرکانس های بالا $\varphi \approx -90^\circ$ خواهد بود

فرکانس قطع یا فرکانس نصف قدرت که با fc نشان داده می شود، فرکانسی است که صافی پایین گذر فرکانس های بالاتر از آن را به شدت تضعیف می کند. در این فرکانس اندازه توان خروجی به نصف ماکزیمم توان خروجی می رسد (در این مدار ولتاژ خروجی به $1/\sqrt{2}$ ولتاژ ورودی در فرکانس عبور کاهش می یابد یا به عبارت دیگر 3 dB کاهش در دامنه ورودی ایجاد می شود).

بنابراین فرکانس قطع برابر است با:

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_c = \frac{R}{L}$$

در شکل (۶) منحنی اندازه و دامنه برای فیلتر پایین گذر مرتبه اول RL آورده شده است.



شکل (۶)- پاسخ اندازه و فاز مدار RL پایین گذر

شرح آزمایش:

۱- رفتار حالت گذرای مدار RC مرتبه اول به ورودی پله:

مداری مطابق شکل (۱) ببندید. ورودی مدار را یک منبع موج مربعی با دامنه ۴ ولت و با دوره تناوب ۱ میلی ثانیه انتخاب کنید. ولتاژ ورودی را (در صورت نیاز با استفاده از ولتاژ افسست (DC)) طوری تنظیم کنید که بین ۰ ولت و ۴ ولت تغییر کند. مقدار خازن را ۱۰ نانو فاراد انتخاب کنید.

۱-۱- شکل موج حاصل بر روی خازن و مقاومت را به ازای مقاومت های ۱ کیلو اهم، ۱۰ کیلو اهم و ۱۰۰ کیلو اهم با استفاده از *oscilloscope* مشاهده و رسم نمایید سپس با توجه به آن به پرسش های زیر پاسخ دهید. (در هنگام استفاده از *oscilloscope* وضعیت *probe* را در حالت $1x$ قرار دهید).

۱-۲- ثابت زمانی مدار را در هر یک از حالات فوق از روی شکل موج مشاهده شده در *oscilloscope* بدست آورده و با مقدار محاسبه شده مقایسه نمایید. (آیا در تمامی حالات می توان با استفاده از شکل موج حاصل به مقدار ثابت زمانی دست یافت؟)

۱-۳- اگر لازم باشد از مدار فوق به عنوان مدار مشتق گیر استفاده شود تعیین کنید خروجی باید ولتاژ دو سر کدام المان باشد و همچنین مقدار مقاومت برای عملکرد مناسب مدار مشتق گیر به کدام یک از مقادیر مقاومت در حالت فوق نزدیک تر است.

۱-۴- اگر لازم باشد از مدار فوق به عنوان مدار انتگرال گیر استفاده شود تعیین کنید خروجی باید ولتاژ دو سر کدام المان باشد و همچنین مقدار مقاومت برای عملکرد مناسب مدار مشتق گیر به کدام یک از مقادیر مقاومت در حالت فوق نزدیک تر است.

۱-۵- ثابت زمانی مدار را در حالتی که مقدار مقاومت برابر ۱۰ کیلو اهم و مقدار خازن برابر ۱۸۰ پیکو فاراد است در مدار شکل (۱) وقتی وضعیت *probe* یک بار در حالت $1x$ و یک بار در حالت $10x$ قرار

دارد با استفاده از شکل موج دو سر خازن بدست آورید. آیا شکل موج خروجی و مقدار ثابت زمانی در این دو حالت یکسان است؟ میزان تفاوت در ثابت زمانی و علت تفاوت را در دو حالت فوق بیان کنید.

۱-۶- در آزمایش بند فوق خازن ۱۸۰ پیکو فاراد را از مدار خارج کرده و با استفاده از ثابت زمانی مدار حاصل میزان بار گذاری *probe* را در دو حالت $1x$ و $10x$ بدست آورید.

۱-۷- *Duty Cycle* سیگنال ورودی را به ۲ در صد دوره تناوب کاهش داده و دامنه سیگنال ورودی را تا ۱۰ ولت افزایش دهید. بدین ترتیب رفتار سیگنال ورودی تا حد زیادی شبیه به یک تابع ضربه خواهد شد. ولتاژ ایجاد شده روی خازن را پس از اعمال ولتاژ فوق بدست آورده و با مقدار آن پس از اعمال ولتاژ ضربه ایده آل مقایسه کنید. ثابت زمانی مدار را با استفاده از شکل موج ولتاژ دو سر خازن بدست آورده و با مقدار آن وقتی ولتاژ ورودی از نوع پله است مقایسه نمایید. آیا باید در حالت ایده ال بین این دو مقدار تفاوتی موجود باشد یا خیر؟ توضیح دهید.

۱-۸- با استفاده از نرم افزار شبیه سازی *Spice* بندهای ۱-۱ و ۲-۱ از آزمایش فوق را شبیه سازی کرده و مقادیر بدست آمده را با مقادیر مشاهده شده توسط *oscilloscope* مقایسه کنید.

۱-۹- با استفاده از نرم افزار *Spice* زمان لازم برای رسیدن ولتاژ دو سر خازن را به 0.99 مقدار نهایی برای مقادیری از مقاومت که امکان دیدن آن وجود دارد، بدست آورده و مقدار آن را با ۵ برابر مقدار ثابت زمانی مشاهده شده در آزمایش مقایسه کنید.

۲- بررسی رفتار مدار مرتبه اول *RC* بالا گذر در حوزه فرکانس:

با استفاده از مقاومت ۱ کیلو اهم و خازن ۱۰ نانو فاراد مدار شکل (۱) را ببندید. به منظور مشاهده رفتار بالا گذر در این مدار خروجی باید ولتاژ دو سر مقاومت در نظر گرفته شود. (سر مثبت ورودی به ابتدای خازن متصل گردد)

یک موج سینوسی با دامنه ولتاژ ۲ ولت به مدار اعمال نموده و برای فرکانس های داده شده در جدول زیر، مقدار ولتاژ خروجی و اختلاف فاز موج ورودی و خروجی را اندازه گیری نمایید. دقت داشته باشید در

۳- رفتار حالت گذرای مدار RL مرتبه اول به ورودی پله:

مداری مطابق شکل (۲) ببندید. ورودی مدار را یک منبع موج مربعی با دامنه ۴ ولت و با دوره تناوب ۱ میلی ثانیه انتخاب کنید. ولتاژ ورودی را با استفاده از ولتاژ افسست (DC) طوری تنظیم کنید که بین ۰ ولت و ۴ ولت تغییر کند. مقدار سلف را ۸۳۰ میلی هانری انتخاب کنید.

۳-۱- شکل موج حاصل بر روی سلف و مقاومت را به ازای مقاومت های ۱ کیلو اهم، ۱۰ کیلو اهم و ۳۳ کیلو اهم با استفاده از *oscilloscope* مشاهده و با توجه به آن به پرسش های زیر پاسخ دهید. (در هنگام استفاده از *oscilloscope* وضعیت *probe* را در حالت $1x$ قرار دهید.)

۳-۲- ثابت زمانی مدار را در هر یک از حالات فوق از روی شکل موج مشاهده شده در *oscilloscope* بدست آورده و با مقدار محاسبه شده مقایسه نمایید. (آیا در تمامی حالات می توان با استفاده از شکل موج حاصل به مقدار ثابت زمانی دست یافت؟)

۳-۳- اگر لازم باشد از مدار فوق به عنوان مدار مشتق گیر استفاده شود تعیین کنید خروجی باید ولتاژ دو سر کدام المان باشد و همچنین مقدار مقاومت برای عملکرد مناسب مدار مشتق گیر به کدام یک از مقادیر مقاومت در حالت فوق نزدیک تر است.

۳-۴- اگر لازم باشد از مدار فوق به عنوان مدار انتگرال گیر استفاده شود تعیین کنید خروجی باید ولتاژ دو سر کدام المان باشد و همچنین مقدار مقاومت برای عملکرد مناسب مدار مشتق گیر به کدام یک از مقادیر مقاومت در حالت فوق نزدیک تر است.

۳-۵- $Duty Cycle$ سیگنال ورودی را به ۲ در صد دوره تناوب کاهش داده و دامنه سیگنال ورودی را تا ۱۰ ولت افزایش دهید. بدین ترتیب رفتار سیگنال ورودی تا حد زیادی شبیه به یک تابع ضربه خواهد شد. ولتاژ ایجاد شده دو سر مقاومت را پس از اعمال ولتاژ فوق بدست آورده و با مقدار آن پس از اعمال ولتاژ ضربه ایده آل مقایسه کنید. ثابت زمانی مدار را با استفاده از شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت بدست

آورده و با مقدار آن وقتی ولتاژ ورودی از نوع پله است مقایسه نمایید. آیا باید در حالت ایده ال بین این دو مقدار تفاوتی موجود باشد یا خیر؟ توضیح دهید.

۳-۶- با استفاده از نرم افزار شبیه سازی Spice، بندهای ۱-۳ تا ۲-۳ از آزمایش فوق را شبیه سازی کرده و مقادیر بدست آمده را با مقادیر مشاهده شده توسط *oscilloscope* مقایسه کنید.

۳-۷- با استفاده از نرم افزار Spice، زمان لازم برای رسیدن ولتاژ دو سر مقاومت را به 0.99 مقدار نهایی برای مقادیری از مقاومت که امکان دیدن آن وجود دارد، بدست آورده و مقدار آن را با 5 برابر مقدار ثابت زمانی مشاهده شده در آزمایش مقایسه کنید.

۴- بررسی رفتار مدار مرتبه اول RL پایین گذر در حوزه فرکانس:

با استفاده از مقاومت 33 کیلو اهم و سلف 830 میلی هانری مدار شکل (۲) را ببندید. به منظور مشاهده رفتار پایین گذر در این مدار خروجی باید ولتاژ دو سر سلف در نظر گرفته شود. از *probe* در وضعیت $1x$ استفاده شود.

یک موج سینوسی با دامنه ولتاژ 2 ولت به مدار اعمال نموده و برای فرکانس های داده شده در جدول زیر، مقدار ولتاژ خروجی و اختلاف فاز موج ورودی و خروجی را اندازه گیری نمایید. دقت داشته باشید در هنگامی که فرکانس نوسان ساز را تغییر می دهید، ولتاژ ورودی تغییر نکند و همواره روی دامنه 2 ولت ثابت بماند.

۴-۱- در جدول زیر سطر مربوط به V_o محاسبه شده و ϕ محاسبه شده از طریق روابط تئوری را در گزارش کار تحویلی کامل کنید و منحنی های V_o و ϕ بر حسب فرکانس ورودی رسم نمایید.

۴-۲- فرکانس قطع این فیلتر را به کمک اسیلوسکوپ اندازه گرفته و با نتیجه تئوری مقایسه کنید.

۴-۳- در فرکانس های خیلی بالاتر از فرکانس قطع این فیلتر پایین گذر انتظار می رود دامنه ولتاژ خروجی خیلی کاهش یابد اما در عمل دیده می شود دامنه از چند ده میلی ولت کمتر نمی شود. علت

این امر چیست؟

