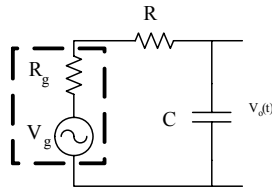


پاسخ فرکانسی و مدار مرتبه اول RC

الف - فیلتر پایین گذر RC

مقدمات:

شکل زیر مدار سری R و C را نشان می دهد.



شکل (۱-۲)

هنگامیکه یک موج سینوسی با دامنه ثابت V_{im} و فرکانس متغیر f به دو سر ورودی این مدار اعمال می شود، ولتاژ خروجی (یا پاسخ مدار) نیز موجی سینوسی ولی با دامنه و فازی متفاوت با ولتاژ ورودی بوده و بطور کلی 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:

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

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. اکنون مدار RC شکل بالا را در نظر می گیریم. تابع پاسخ فرکانسی برای این مدار بصورت زیر تعیین می شود:

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

که در آن:

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

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

									φ محاسبه شده
--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------

یک مقاومت $56\text{ k}\Omega$ را بصورت موازی با C در مدار قرار دهید و آزمایش قبل را تکرار نمایید و جدول زیر را تکمیل کنید. مقاومت $56\text{ k}\Omega$ را می توان به عنوان یک بار مصرفی و یا امپدانس ورودی مدار بعدی که به صافی اتصال می یابد، در نظر گرفت و اثر بار را بر روی صافی ملاحظه نمود.

فرکانس f (Hz)	۲۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰,۰۰۰
V_0 اندازه گیری شده									
φ اندازه گیری شده									
V_0 محاسبه شده									
φ محاسبه شده									

ب - انتگرال گیر RC

مقدمات:

چنانچه مقادیر R و C طوری انتخاب شوند که $\omega RC \gg 1$ باشد، بطوریکه دیده ایم در فرکانسهای بزرگتر از f_c ، اندازه V_o بسیار کوچک و تقریباً برابر صفر است. در این صورت با توجه به شکل مدار می توان نوشت:

$$V_i(t) = Ri(t) + V_o(t) \approx Ri(t) = RC \frac{dV_o(t)}{dt} \Rightarrow V_o(t) = \frac{1}{RC} \int V_i(t) dt$$

رابطه فوق نشان می دهد که ولتاژ خروجی انتگرال (تابع اولیه) ولتاژ ورودی است. لذا تحت شرایط $\omega RC \gg 1$ مدار فوق را یک انتگرال گیر می نامند.

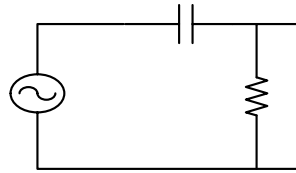
شرح آزمایش:

مدار فوق را با مقاومت R و خازن $C = 0.22\ \mu F$ میکرو فاراد تشکیل دهید. نوسان ساز را به ورودی مدار متصل نموده و یک موج مربعی با دامنه ۴ ولت (V_{p-p}) به مدار اعمال نمایید و پاسخ مدار را بوسیله اسیلوسکوپ مشاهده نمایید. فرکانس موج ورودی را در حدود ۱۰۰ کیلو هرتز انتخاب نمایید. با استفاده از مقاومت‌های $6/8\text{ k}\Omega$ ، $10\text{ k}\Omega$ ، $22\text{ k}\Omega$ و $150\text{ k}\Omega$ به جای R شکل موج خروجی را در هر حالت مشاهده و به دقت رسم نماید. به جای موج مربعی در حالت اخیر یک موج سینوسی با دامنه ۴ ولت (V_{p-p}) به مدار اعمال کنید ($R = 150\text{ k}\Omega$). به فاز ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی توجه نمایید. این اختلاف فاز را چگونه توجیه می کنید؟

ج - فیلتر بالا گذر

مقدمات:

شکل زیر را که از اتصال سری خازن و مقاومت بدست آمده است در نظر بگیرید.



شکل (۲-۲)

تابع پاسخ 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 فرکانسهای بالا، وقتی که $\omega RC \gg 1$ است، $\varphi \approx 0^\circ$ و $\left| \frac{V_o}{V_i} \right| \approx 1$ و وقتی که $\omega RC \ll 1$ می باشد،

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 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ولتاژ ورودی در فرکانس عبور

کاهش می یابد. بنابراین داریم:

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

شرح آزمایش:

با استفاده از $R = 10\text{ k}\Omega$ و $C = 0.22\text{ }\mu\text{F}$ مدار بالا گذری بسازید. یک موج سینوسی با ولتاژ پیک ۲ ولت به مدار اعمال نموده و برای فرکانسهای داده شده در جدول زیر، مقدار ولتاژ خروجی و اختلاف فاز را اندازه گیری نمایید. دقت داشته باشید در هنگامی که فرکانس نوسان ساز را تغییر می دهید، ولتاژ ورودی تغییر نکند و همواره روی ۲ ولت پیک ثابت بماند.

یک مقاومت $56\text{ k}\Omega$ را به صورت موازی با R در مدار قرار دهید و آزمایش قبل را تکرار کنید و جدول زیر را کامل نمایید.

فرکانس f (Hz)	۲۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰,۰۰۰
V_0 اندازه گیری شده									
φ اندازه گیری شده									
V_0 محاسبه شده									
φ محاسبه شده									

د - مدار مشتق گیر

مقدمات:

اگر مقادیر R و C طوری انتخاب شوند که $\omega RC \ll 1$ باشد، در این صورت V_o در فرکانسهای کوچکتر از f_c بسیار کوچکتر از V_i (تقریباً صفر) خواهد بود و در این حالت می توان نوشت:

$$V_i(t) = \frac{1}{C} \int i dt + V_o(t) \approx \frac{1}{C} \int \frac{V_o(t)}{R} dt \Rightarrow V_o(t) = RC \frac{dV_i(t)}{dt}$$

رابطه فوق نشان می دهد که تحت شرایط یاد شده، ولتاژ خروجی مشتق ولتاژ ورودی است. بنابراین تحت این شرایط مدار RC را یک مشتق گیر گویند.

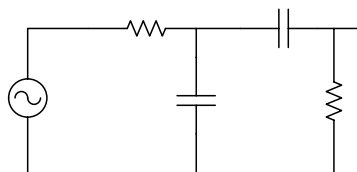
شرح آزمایش:

مدار بالاگذری را با مقاومت R و خازن $C = 0.22 \mu F$ ساخته و یک موج مربعی با دامنه ۴ ولت (V_{p-p}) و فرکانس حدود 100 Hz انتخاب نموده و به مدار اعمال کنید. با استفاده از مقاومت‌های $15 \text{ k}\Omega$ ، $10 \text{ k}\Omega$ ، $4.7 \text{ k}\Omega$ ، $2.2 \text{ k}\Omega$ ، به جای R شکل موج مربعی را در هر حالت به دقت مشاهده و رسم نمایید. به جای مربعی در حالت اخیر یک موج سینوسی با دامنه ۴ ولت (V_{p-p}) به مدار اعمال کنید ($R = 2.2 \text{ k}\Omega$) به فاز ولتاژ خروجی نسبت به ورودی توجه کنید. این اختلاف فاز را چگونه توجیه می کنید؟

ه - فیلتر میان گذر

مقدمات:

شکل زیر ترکیب دو فیلتر پایین گذر و بالاگذر را بطور سری نشان می دهد.



شکل (۲-۳)

تابع پاسخ فرکانسی برای این مدار عبارت است از:

									شده
									V_0 محاسبه شده
									شده
									φ محاسبه شده