

## فصل نهم

### مدارهای هماهنگ

**هدف کلی:** تحلیل مدارهای RLC و فیلترها

هدف رفتاری: پس از پایان این فصل از فرآگیرنده انتظار می‌رود که:



- ۱- امپدانس مدار LC سری و موازی را محاسبه کند.
- ۲- دیاگرام برداری ولتاژها و جریان مدار LC سری و موازی را اندازه بگیرد.
- ۳- امپدانس مدار RLC سری و موازی را محاسبه کند. را تعریف کند.
- ۴- دیاگرام برداری مدار RLC سری و موازی را درسم محاسبه کند.
- ۵- رزونانس را تعریف کند و تعریف رزونانس مدارهای سری و موازی را محاسبه کند.
- ۶- پهنهای باند و ضریب کیفیت مدار RLC سری و مدار موازی را محاسبه کند.
- ۷- توان در مدارهای RLC در جریان متناوب را محاسبه کند.
- ۸- اهداف رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول آمده است را اجرا کند.
- ۹- توانایی شماره‌ی ۹

ساعت آموزش			توانایی شماره‌ی ۹
جمع	عملی	نظری	
۱۸	۱۲	۶	

## پیش آزمون فصل (۶)



۱- در شکل زیر میلیآمپر  $A_C$  ، ده میلیآمپر را نشان می‌دهد . امپدانس مدار از دو نقطه A و B چند اهم است ؟

الف) مقدار مؤثر شکل موج (ب) برابر مقدار موج (الف) است.

ب) پیک ولتاژ موج (ب) برابر مقدار موج (الف) است .

ج) معدل ولتاژ موج (ب) با مقدار موج (الف) یکسان است .

د) پیک تا پیک ولتاژ موج (ب) با مقدار موج (الف) یکسان است .

۴- جریان در یک مدار سلفی ایده آل نسبت به ولتاژ مدار از نظر فاز چه وضعیتی دارد ؟

الف) ۹۰ درجه پس فاز

ب) ۹۰ درجه پیش فاز

ج) هم فاز

د) ۴۵ درجه پس فاز

۵- کدام گزینه درباره ا اختلاف فاز بین جریان نسبت به ولتاژ در مدار خازن خالص صحیح است ؟

الف) ۹۰ درجه پس فاز

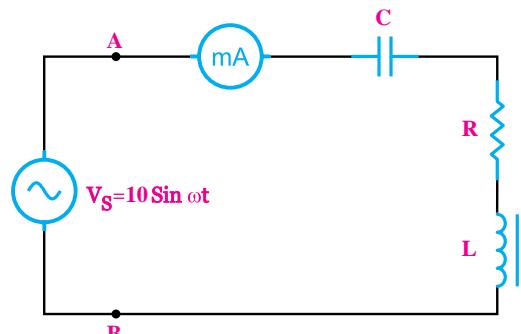
ب) ۹۰ درجه پیش فاز

ج) ۴۵ درجه پس فاز

د) ۴۵ درجه پیش فاز

۶- در یک مدار RL سری کدام گزینه در مورد محاسبه جریان مدار صحیح است ؟

$$I_T = \frac{V_S}{R} \quad \text{ب) } I_T = \frac{V_S}{R + X_L} \quad \text{الف)$$



الف) ۱۰۰۰ ب) ۱۰۰

ج) ۷۰۷/۱ د) ۷۰/۷۱

۲- مقدار مؤثر ولتاژ متناوب سینوسی معادل ..... است که می‌تواند در زمان معین و بار معین، گرمای یکسانی را ایجاد کند .

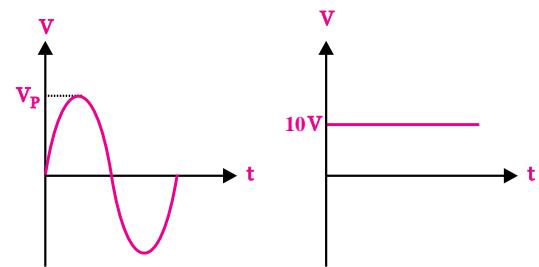
الف) ولتاژ مستقیم DC

ب) پیک ولتاژ متناوب

ج) پیک تو پیک ولتاژ متناوب

د) متوسط یک ولتاژ متناوب

۳- اگر دو ولتاژ مستقیم (DC) و متناوب (AC) مانند شکل موج‌های الف و ب در یک بار معین در زمان معین حرارت یکسان ایجاد کند کدام گزینه صحیح است ؟



الف

ب

۱۴) د

۲/۲۹) ج

- ۱۱- کدام گزینه در مورد امپدانس مدار RLC سری در حالت رزونانس صدق می کند ؟

الف)  $X_L$       ب)  $\frac{1}{R}$       ج)  $X_C$

- ۱۲- اگر شروع یک موج از موج دیگری زودتر باشد ، در اصطلاح می گویند آن موج ..... است .

- ۱۳- در مدارهای RLC چنان چه فرکانس تغییر کند ،

هیچ گاه مقایر  $X_L = X_C$  نمی شود .

غلط

صحیح

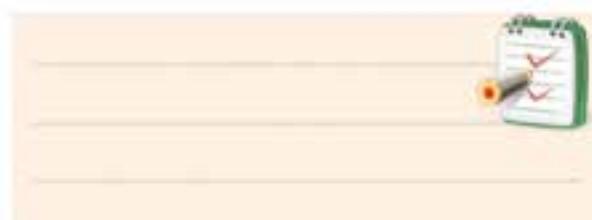
- ۱۴- اگر مدار RLC موازی در حالت رزونانس باشد جریان کل مدار حداکثر است .

غلط

صحیح

- ۱۵- مقدار سلف معادل چند سیم پیچ به صورت موازی ، از مقدار هر یک از سلف های مدار ..... است .

- ۱۶- ضریب کیفیت را تعریف کنید ؟



- ۱۷- پاسخ های صحیح را از ستون سمت چپ به ستون سمت راست ارتباط دهید . ( از رنگ های مختلف استفاده کنید )

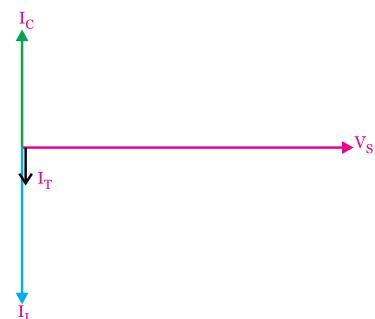
الف)  $I_T = \frac{V_s}{Z}$       ج)  $I_T = \frac{V_s}{X_L}$

- ۷- کدام گزینه درباره ای امپدانس در مدارهای LC سری در حالت رزونانس صدق می کند ؟

الف)  $Z = Z_{max}$       ج)  $Z = R$

ب)  $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$       د)  $Z = R$

- ۸- کدام گزینه مربوط به دیاگرام برداری مدار شکل زیر است ؟



الف)  $X_L > X_C$  سری LC

ب)  $X_C > X_L$  سری LC

ج)  $X_L > X_C$  موازی LC

د)  $X_C > X_L$  موازی LC

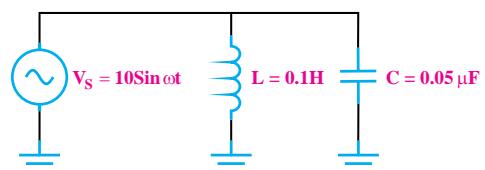
- ۹- در مدار LC موازی اگر فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزونانس شود ، کدام گزینه درباره ای مدار صدق می کند ؟

الف) خازنی  $X_C < X_L$       ب) خازنی  $X_C > X_L$

ج) سلفی  $X_C > X_L$       د) سلفی  $X_C < X_L$

- ۱۰- فرکانس رزونانس در مدار شکل زیر چند کیلوهرتز

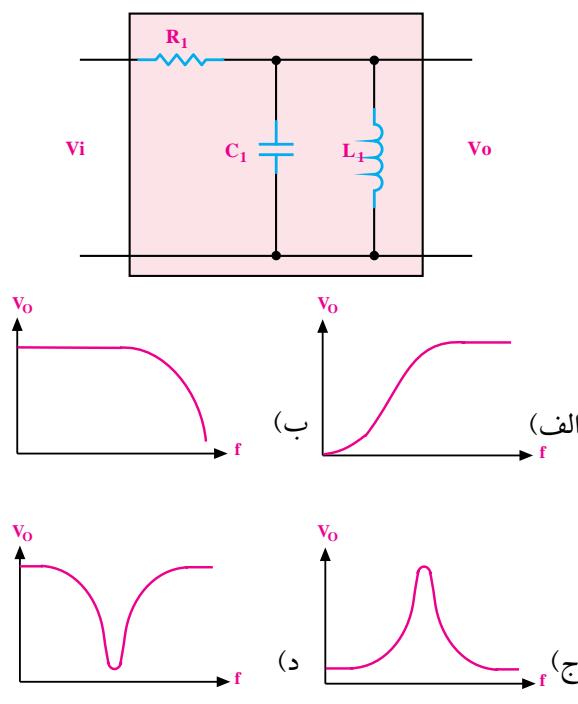
است ؟



۷/۰۷) ب

الف) ۳/۱

۱۸- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر زیر کدام است؟



• سری LC

$$Z = \frac{X_L \cdot X_C}{|X_L - X_C|}$$

$$Z = |X_C - X_L|$$

• موازی LC

$$Z = \sqrt{R^r + (X_L - X_C)^r}$$

$$I = \sqrt{I_R^r + (I_L - I_C)^r}$$

• سری RLC

$$Z = \infty$$

$$Z = \cdot$$

$$\text{حداکثر} = Z = \text{رزونانس}$$

$$\text{حداکثر} = Z = \text{رزونانس}$$

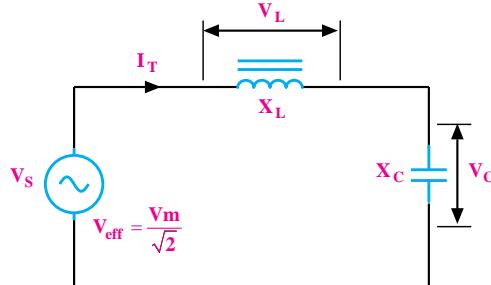
• موازی RLC

## ۹-۱ مدار LC

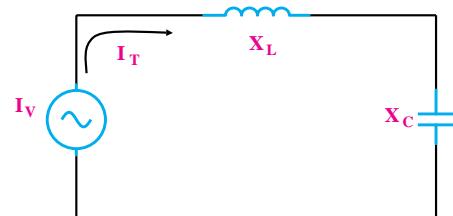
### ۹-۱-۱ مدار LC سری

اگر یک سلف ایده‌آل را با یک خازن مطابق شکل ۹-۱ به صورت سری به یک دیگر اتصال دهید و آن را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنید، جریانی از مدار عبور می‌کند که مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{V_{\text{eff}}}{Z}$$



شکل ۹-۲ امپدانس کل مدار



شکل ۹-۱ مدار LC سری

در مدار LC سری، جریان سلف و خازن با یک دیگر برابر است، لذا می‌توانیم ولتاژ دو سر سلف و خازن را به صورت زیر بنویسیم:

$$V_L = I_{\text{eff}} \cdot X_L \quad \text{ولتاژ معادل ولتاژ مؤثر در دو سر سلف}$$

$$V_C = I_{\text{eff}} \cdot X_C \quad \text{ولتاژ معادل ولتاژ مؤثر در دو سر خازن}$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{eff}}}{|X_L - X_C|}$$

$$V_s = |V_L - V_C|$$

#### توجه

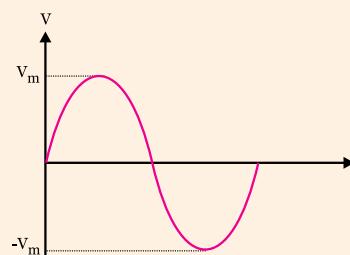
##### در مدار LC سری:

ولتاژ منبع برابر با جمع برداری ولتاژ دو سر سلف و خازن است.



#### توجه:

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از  $I_{\text{eff}}$  و  $V_{\text{eff}}$  مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط  $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$  و  $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$  محاسبه می‌شود.



#### امپدانس

در مدار LC سری چنان‌چه راکتانس سلف برابر با  $X_L$  و راکتانس خازن برابر با  $X_C$  باشد، امپدانس کل مدار (Z) از

**دیاگرام برداری:**

دیاگرام برداری ولتاژها را در شکل ۳-۹ مشاهده

می کنید.

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3 \times 50 \times 1100 \times 10^{-9}}$$

$$X_C = 3\Omega$$

چون مقدار  $X_L$  بزرگتر از مقدار  $X_C$  است پس مدار خاصیت سلفی دارد، رابطه ای امپدانس را به صورت زیر به

$$Z = |X_L - X_C|$$

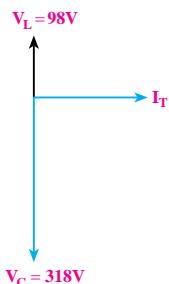
$$Z = |15 - 3| = 12\Omega$$

جريان مدار را محاسبه می کنیم

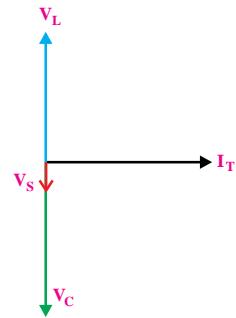
$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{220}{12} = 18 / 3 A$$

$$I_T = 18 / 3 A$$

**مثال ۲:** دیاگرام برداری یک مدار LC سری مطابق شکل ۵-۹ است در صورتی که مقدار راکتانس خازنی  $318\Omega$  اهم باشد، مقدار راکتانس سلف، ضریب خود القا و ولتاژ کل مدار را محاسبه کنید؟ (هر تر  $f = 50$  هرتز)



شکل ۵-۹ دیاگرام برداری LC سری

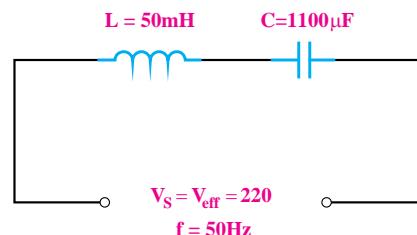


شکل ۳-۹ دیاگرام برداری مدار LC سری

در مدار LC سری اگر  $V_L$  با  $V_C$  مساوی باشد، حالت رزونانس (تشدید) به وجود می آید، اگر  $V_L$  بزرگتر از  $V_C$  باشد مدار خاصیت سلفی و اگر  $V_C$  بزرگتر از  $V_L$  باشد مدار خاصیت خازنی دارد.

**مثال ۱:** جریان مدار شکل ۴-۹ چند آمپر است؟

$$\pi \approx 3$$



شکل ۴-۹

**حل:** ابتدا مقدار امپدانس های  $X_L$  و  $X_C$  را محاسبه می کنیم:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 \times 3 \times 50 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 15\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$V_S = |V_L - V_C|$$

$$V_S = |-318 + 98| = 220V$$

$$V_S = 220V$$

**امپدانس**  
امپدانس کل مدار LC موازی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$Z = \frac{X_L \cdot X_C}{|X_L - X_C|}$$

با استفاده از ولتاژ دو سر خازن جریان مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$V_C = X_C \cdot I \Rightarrow I = \frac{V_C}{X_C}$$

$$I = \frac{318}{318} = 1A$$

با استفاده از  $V_L$  و  $I$  مقدار  $X_L$  را به دست می‌آوریم.

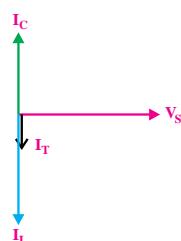
**مخصوص دانش آموزان علاقهمند:**  
امپدانس کل مدار LC موازی را که از ساده کردن رابطه‌ی زیر به دست می‌آید، محاسبه کنید.

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}$$

توجه داشته باشید که در عمل، مدار LC (سری یا موازی) خالص وجود ندارد. زیرا هر نوع سلفی حتماً دارای یک مقاومت اهمی مربوط به سیم پیچ است. لذا مدار خالص LC سری یا موازی صرفاً به صورت نظری و تئوری توجیه پذیر است و برای تحلیل تقریبی در مدارها به کار می‌رود.

#### دیاگرام برداری

دیاگرام برداری جریان‌ها در مدار LC موازی در شکل ۹-۷ رسم شده است.



شکل ۹-۷ دیاگرام برداری مدار LC موازی

$$V_L = X_L \cdot I \Rightarrow X_L = \frac{V_L}{I} \Rightarrow X_L = \frac{98}{1} = 98$$

X<sub>L</sub> = 98 اهم

مقدار L را با استفاده از F و X<sub>L</sub> محاسبه می‌کنیم.

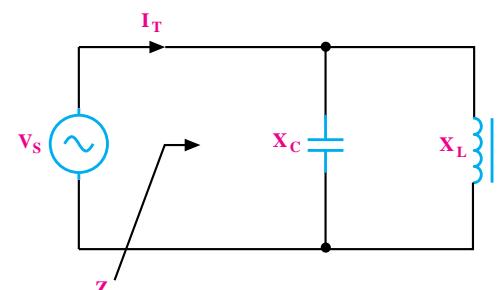
$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{98}{2 \times 3 / 14 \times 50}$$

L = 0.31 هانری

#### ۹-۱-۲ مدار LC موازی

اگر یک سلف و یک خازن را مطابق شکل ۹-۶ به صورت موازی بیندیم و مجموعه را به یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی متصل کنیم، مقدار جریانی که از مدار می‌گذرد از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

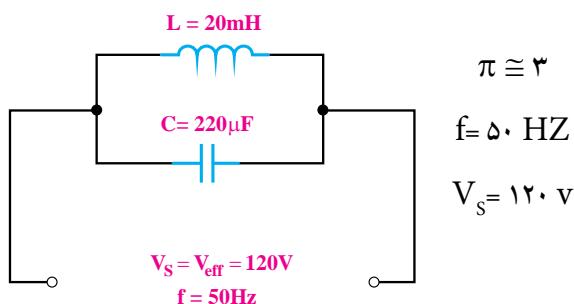
$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{V_{eff}}{Z}$$



شکل ۹-۶

**مثال ۴:** در مدار شکل ۹-۹ مطلوب است :

- الف - امپدانس مدار
- ب - جریان کل مدار
- ج - خاصیت مدار



شکل ۹-۹

**حل:**

الف - محاسبه ایامپدانس مدار:

$$X_L = 2\pi f L = 2 \times 3 \times 50 \times 20 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 6\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 3 \times 50 \times 220 \times 10^{-6}} = 15\Omega$$

$$Z = \frac{X_C X_L}{X_C - X_L} = \frac{15 \times 6}{15 - 6} = \frac{90}{9} = 10\Omega$$

ب - محاسبه جریان کل مدار

$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{120}{10} = 12\text{A}$$

مدار خاصیت سلفی دارد  $\Rightarrow X_C > X_L \Rightarrow$

### ۹-۲ مدار RLC سری

#### ۹-۲-۱ رفتار مدار RLC سری در ولتاژ DC

اگر یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن را مانند شکل ۹-۱۰ به یکدیگر بیندیم، مدار RLC سری تشکیل می شود.

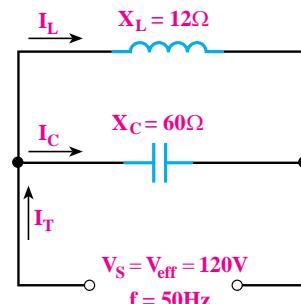
به سبب مخالفت راکتانس سلف با خازن، اگر  $I_L > I_C$  با مساوی باشد، جریان کل مدار در حالت رزونانس برابر با صفر می شود.

چنانچه جریان سلف ( $I_L$ ) بیشتر از جریان خازن ( $I_C$ ) باشد، مدار خاصیت سلفی و اگر  $I_C > I_L$  باشد مدار خاصیت خازنی دارد.

مدار خاصیت سلفی دارد  $\Rightarrow I_L > I_C$

مدار خاصیت خازنی دارد  $\Rightarrow I_C > I_L$

**مثال ۳:** جریان کل و جریان هر شاخه را در مدار شکل ۹-۸ به دست آورید.



شکل ۹-۸

**حل:**

چون ولتاژ در مدار ثابت است، جریان هر شاخه با استفاده

از قانون اهم محاسبه می شود.

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{120}{12} = 10\text{A}$$

مدار خاصیت سلفی دارد

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{120}{60} = 2\text{A}$$

$$I_C = 2\text{A}$$

مدار خاصیت سلفی دارد.  $\Rightarrow I_T = I_L - I_C$

$$I_T = 10 - 2 = 8\text{A}$$

$$I_T = 8\text{A}$$

به روش دیگری نیز می‌توان  $R_{AB}$  را به دست آورد.

$$R_{AB} = R_S + X_L + X_C$$

در ولتاژ DC فرکانس  $f$  برابر صفر است لذا:

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times (0) \times L = 0 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi (0) C} = \frac{1}{0} = \infty$$

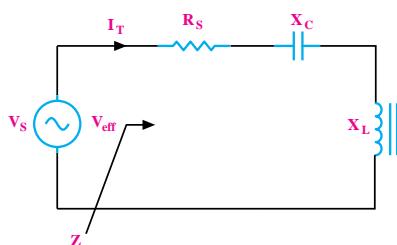
چون مقاومت خازنی در  $f = 0$  برابر  $\infty$  می‌شود پس در مدار DC مقدار  $R_{AB}$  برابر با بی نهایت ( $\infty$ ) است.

$$R_{AB} = R_S + \infty = \infty$$

### ۹-۲-۲ رفتار مدار RLC سری در جریان متناوب

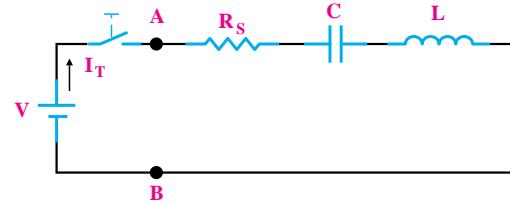
اگر یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن را مطابق شکل ۱۲-۹ به صورت سری به یکدیگر وصل کنیم و سپس این مدار را به یک منبع جریان متناوب سینوسی اتصال دهیم، مقدار مؤثر جریانی که از مدار می‌گذرد از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I_T = I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$



شکل ۱۲-۹ مدار RLC سری

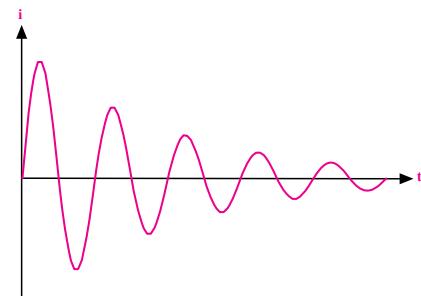
**تحقیق کنید:** به چه دلیل در مدار RLC سری مقدار جریان کل با جریان مؤثر برابر است.



شکل ۱۰-۹ مدار RLC سری

چون عکس العمل سلف و خازن در مدار یکسان نیست اگر مدار RLC سری را به ولتاژ DC وصل کنیم، بعد از وصل کلید، تا لحظاتی جریان در مدار تغییر می‌کند. شکل جریان در مدار بستگی به مقدار عناصر دارد. ممکن است برای لحظاتی به صورت شکل ۱۱-۹ باشد ولی صرف نظر از این شکل موج، بعد از مدتی جریان در مدار به صفر می‌رسد.

$$I = 0$$



شکل ۱۱-۹ جریان مدار RLC سری در ولتاژ DC

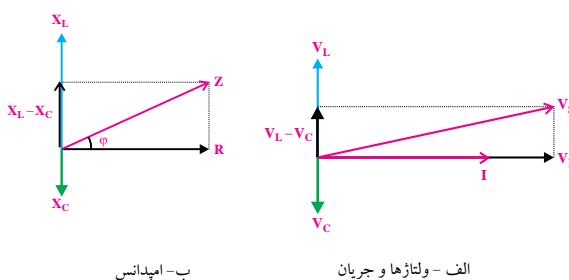
اگر مقاومت ورودی را از دو نقطه A و B در مدار شکل ۱۰-۹ محاسبه کنیم، باید ولتاژ بین دو نقطه A و B را بر جریان مدار تقسیم کنیم. چون خازن در مدار کاملاً شارژ می‌شود و دیگر از منبع، جریان نمی‌کشد بنابراین جریان مدار صفر خواهد بود. پس مقاومت مدار از دو نقطه A و B خیلی بزرگ و از نظر تئوری بی نهایت می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} R_{AB} &= \frac{V_{AB}}{I} \\ I &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_{AB} = \infty$$

## امپدانس

در یک مدار RLC سری، مقدار  $Z$  (امپدانس) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (\Omega)$$



شکل ۹-۱۳ - دیاگرام‌های برداری

## ولتاژ‌های مدار

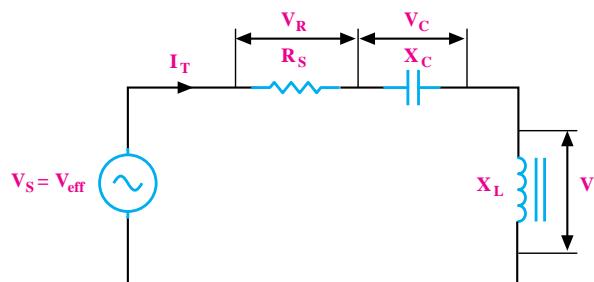
در شکل ۹-۱۴ که یک مدار RLC سری است. ولتاژ دو سر عناصر مدار از روابط زیر به دست می‌آید، چون  $I_T = I_{\text{eff}}$  است پس می‌توانیم بنویسیم :

$$V_R = I_T \cdot R = I_{\text{eff}} \times R$$

$$V_L = I_T \cdot X_L = I_{\text{eff}} \times X_L$$

$$V_C = I_T \cdot X_C = I_{\text{eff}} \times X_C$$

**ولتاژ کل مدار**  $V_S = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$



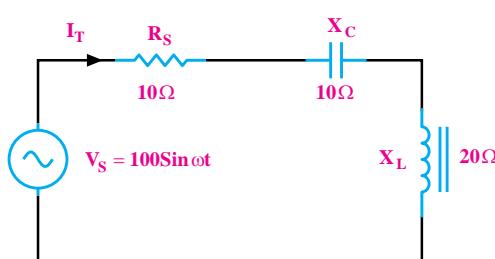
شکل ۹-۱۴ - ولتاژ‌های مدار

**مثال ۵:** در مدار شکل ۹-۱۵ جریان موثر را به دست

آورید:

مقدار  $\varphi$  را می‌توانیم با استفاده از جدول مثلثاتی به دست

آوریم. در شکل ۹-۱۳ دیاگرام برداری امپدانس‌های مدار و دیاگرام برداری ولتاژها و جریان مدار رسم شده است.



شکل ۹-۱۵ مثال ۵

## اختلاف فاز

در مدار RLC سری، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر کند. مقدار دقیق اختلاف فاز به مقادیر  $R$  و  $X_C$  و  $X_L$  بستگی دارد.

روابط فازی بین ولتاژ و جریان در مدار به شرح زیر است:

نسبت به  $I_T$ ،  $V_L$  ۹۰ درجه پیش فاز است.

نسبت به  $I_T$ ،  $V_C$  ۹۰ درجه پس فاز است.

با جریان  $I_T$  هم فاز است.

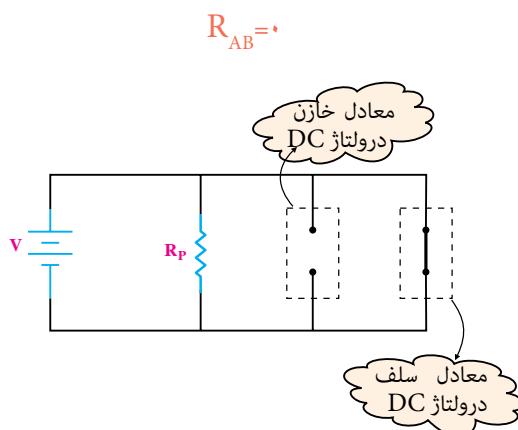
## دیاگرام برداری

مقادیر  $Z$ ،  $X_C$ ،  $X_L$  و  $R_S$  را به صورت برداری نیز نشان می‌دهند. همیشه بین جریان مدار و ولتاژ کل مدار اختلاف فاز وجود دارد. زاویه‌ی  $\varphi$  اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ است و مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$R_{AB} = R \parallel r = \frac{R \cdot r}{R + r}$  مقاومت از دو نقطه‌ی A و B برابر است که معمولاً به دلیل کوچک بودن r بسیار کم است.

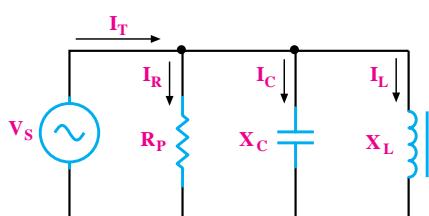
در ولتاژ DC فرکانس برابر صفر است. اگر از مقاومت اهمی سلف (r) صرف نظر نماییم در ولتاژ DC سلف ایده‌آل، مانند یک سیم اتصال کوتاه عمل می‌کند. بعد از وصل کلید، در ولتاژ DC خازن بلا فاصله شارژ می‌شود و مقاومت آن بسیار زیاد و از نظر تئوری بی‌نهایت است. امپدانس مدار از دو نقطه‌ی A و B برابر با صفر می‌شود، شکل ۹-۱۷.



شکل ۹-۱۷

**۹-۳-۲ رفتار مدار RLC موازی در جریان متناوب**  
اگر مقاومت اهمی، سلف و خازن را مطابق شکل ۹-۱۸ به صورت موازی به یکدیگر وصل کنیم و سپس مجموعه را به یک منبع جریان متناوب اتصال دهیم، جریان کل مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$I_T = I_{\text{eff}} = \frac{V_s}{Z}$$



شکل ۹-۱۸ مدار RLC موازی

برای به دست آوردن جریان مدار زیر ابسطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$I_T = I_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{eff}}}{Z}$$

مقدار Z را به دست می‌آوریم:

$$Z = \sqrt{(10)^2 + (20 - 10)^2} = \sqrt{20}$$

$$Z = 14.14 \Omega$$

مقدار ولتاژ مؤثر را اندازه می‌کنیم:

$$V_{\text{eff}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70 / \sqrt{2} V$$

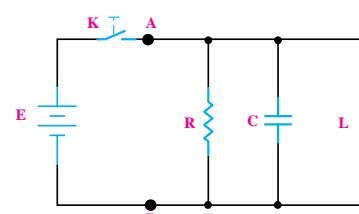
مقادیر را در رابطه‌ی جریان جایگزین می‌کنیم.

$$\begin{aligned} I_{\text{eff}} &= \frac{70}{14 / \sqrt{2}} = 5 A \\ I_T &= I_{\text{eff}} = 5 A \end{aligned}$$

### ۹-۳ مدار RLC موازی

#### ۱-۳-۱ رفتار مدار RLC موازی در ولتاژ DC

اگر یک مقاومت اهمی، یک سلف و یک خازن را مطابق شکل ۹-۱۶ با یکدیگر موازی بیندیم، مدار RLC موازی شکل می‌گیرد.



شکل ۹-۱۶ مدار RLC موازی

بعد از وصل کلید، خازن بلا فاصله شارژ می‌شود و جریان  $\frac{E}{r}$  از مقاومت اهمی و بعد از مدتی جریان  $\frac{E}{R}$  (مقاومت اهمی خود سلف) از سلف عبور می‌کند.

## جريان‌های مدار

در یک مدار RLC موازی، روابط زیر برقرار است:

جريان عبوری از مقاومت R (جريان مؤثر)

$$I_R = \frac{V_s}{R}$$

جريان عبوری از سیم پیچ (جريان سلفی)

$$I_L = \frac{V_s}{X_L}$$

جريان عبوری از خازن (جريان خازنی)

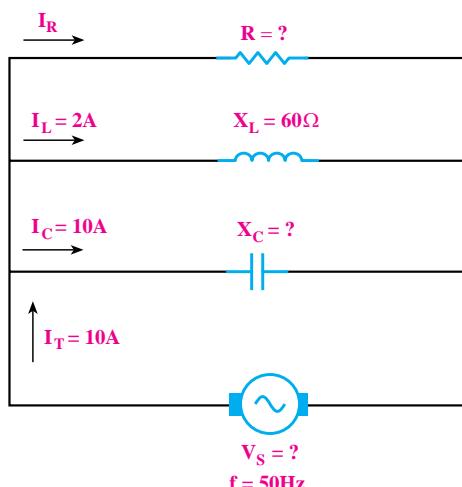
$$I_C = \frac{V_s}{X_C}$$

جريان کل مدار

$$I_T = I_{\text{eff}} = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

**مثال ۶:** در مدار شکل ۹-۲۰ با توجه به مقادیر

جريان‌های  $I_L$  و  $I_C$  و  $I_T$  مطلوبست:



شكل ۹-۲۰

الف - جریان  $I_R$

ب - ولتاژ مدار

ج - امپدانس مدار

د -  $R$  و  $X_C$

مخصوص دانش آموزان علاقه مند:

امپدانس

مقدار امپدانس مدار (Z) از رابطه‌ی

زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_p} + \left( \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right)$$

مقدار امپدانس (Z) از رابطه‌ی  $Z = \frac{V_s}{I_T}$  نیز محاسبه

می‌شود.

## اختلاف فاز

در مدار RLC موازی، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بین صفر تا ۹۰ درجه می‌تواند تغییر کند.

روابط فازی بین جریان‌ها و ولتاژ کل مدار به شرح زیر

است:

۱ -  $I_L$  نسبت به  $V_s$ ، ۹۰ درجه پس فاز است.

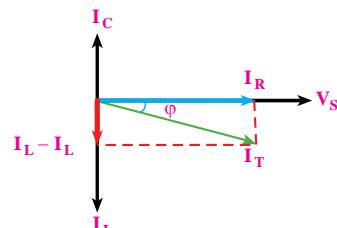
۲ -  $I_C$  نسبت به  $V_s$ ، ۹۰ درجه پیش فاز است.

۳ -  $I_R$  با جریان  $V_s$  هم فاز است.

## دیاگرام برداری

دیاگرام برداری جریان‌ها و ولتاژ مدار در شکل ۹-۱۹

نشان داده شده است.



شكل ۹-۱۹ - دیاگرام برداری مدار RLC موازی

حل :

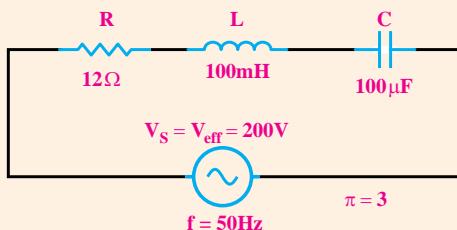
ابتدا مقدار  $I_R$  را محاسبه می کنیم

$$I_T = I_{\text{eff}} = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$10 = \sqrt{I_R^2 + (10 - 2)^2} \Rightarrow I_R = 6 \text{ A}$$

$$I_R = 6 \text{ A}$$

- با در نظر گرفتن مدار شکل ۹-۲۱ مطلوب است:
- الف \_ امپدانس مدار
  - ب - جریان مدار
  - ج - ولتاژ دو سر هر یک از قطعات
  - د - اختلاف فاز  $\varphi$



شکل ۹-۲۱

با توجه به مقدار  $X_L$  مقدار  $V_S$  را به دست می آوریم :

$$V_S = X_L \cdot I_L = 60 \times 2 = 120 \text{ V}$$

$$V_S = 120 \text{ V}$$

با استفاده از مقادیر  $V_S$  و  $I_R$  مقدار  $R$  را محاسبه می کنیم:

$$R = \frac{V_S}{I_R} = \frac{120}{6} = 20 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

به همین ترتیب مقادیر  $X_C$  و  $Z$  را به دست می آوریم :

$$X_C = \frac{V_S}{I_C} = \frac{120}{10} = 12 \Omega$$

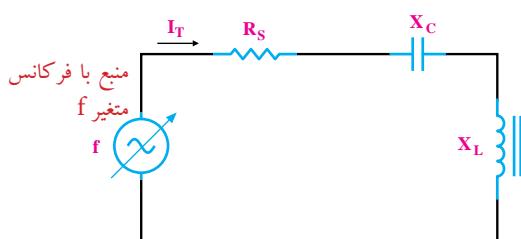
$$X_C = 12 \Omega$$

## ۹-۴ رزونانس در مدار RLC سری

### ۹-۴-۱ تعریف رزونانس

در یک مدار RLC سری، اگر فرکانس منبع تغذیه مدار قابل تغییر باشد، با تغییر فرکانس منبع در یکی از فرکانس‌ها ( فقط و فقط به ازای یک فرکانس)،  $X_L = X_C$  می شود، شکل (۹-۲۲).

. ۹-۲۲. این فرکانس را فرکانس رزونانس می نامند.



شکل ۹-۲۲ - مدار RLC سری

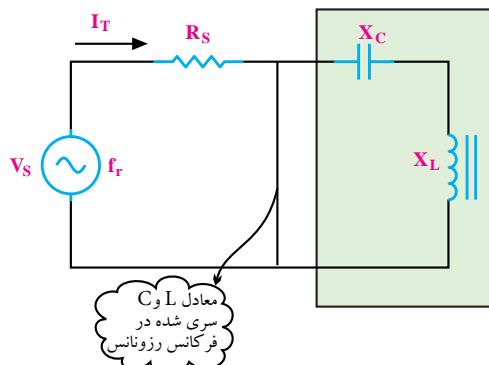
$$Z = \frac{V_S}{I_T}$$

$$Z = \frac{120}{10} = 12 \Omega$$

توجه

در مدارهای RLC سری و موازی،  $R_S$  مقاومت سری و  $R_p$  مقاومت موازی است.





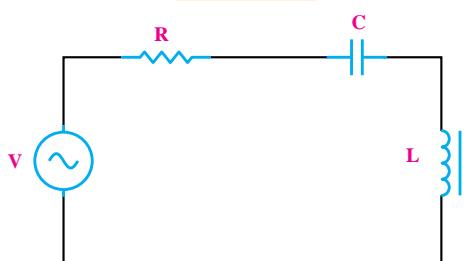
شکل ۹-۲۴ جریان مدار در حالت رزونانس سری

#### ۹-۴-۲ فرکانس رزونانس در مدار RLC سری

در یک مدار RLC سری، هر گاه  $X_L = X_C$  شود، مدار به حال رزونانس یا تشدید در می‌آید، شکل ۹-۲۵. در این حالت مقدار  $X_L$  و  $X_C$  از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$



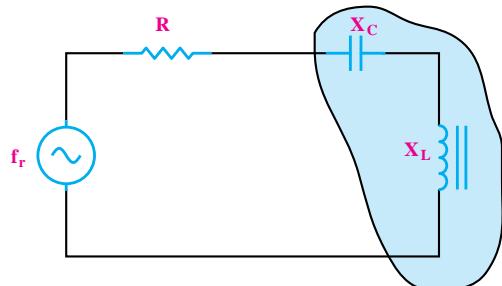
شکل ۹-۲۵ رزونانس در مدار RLC

در یک مدار RLC سری چنان‌چه  $X_L$  را مساوی قرار دهیم، فرکانسی که در آن  $X_L = X_C$  با هم برابر می‌شوند را می‌توانیم به دست آوریم، مقدار این فرکانس برابر است با:

$$X_L = X_C = 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

در فرکانس رزونانس، سلف و خازن اثر یکدیگر را خشی می‌کنند. در این شرایط امپدانس مدار، می‌نیمم و برابر با مقاومت اهمی مدار یعنی  $Z = R$  می‌شود. در این حالت می‌گوییم مدار در حال رزونانس یا تشدید است. فرکانسی که سبب این حالت خاص ( $X_L = X_C$ ) می‌شود را فرکانس رزونانس می‌نامند، شکل ۹-۲۳.



شکل ۹-۲۳ مدار RLC سری در حالت رزونانس

در مدار RLC سری در حالت رزونانس، امپدانس مدار حداقل است و جریان حداقل از مدار می‌گذرد. جریان مدار همان جریان عبوری از مقاومت  $R$  است، شکل ۹-۲۴.



در مدار سری در فرکانس رزونانس

روابط زیر برقرار است:

$$X_L = X_C$$

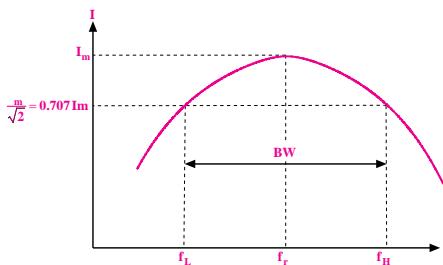
$$I_T = \frac{V_s}{R_s}$$

$$Z = R_s$$

امپدانس مدار حداقل و برابر با  $R_s$  است.

### ۴-۳ پهنهای باند

در این حالت در فرکانس رزونانس ، جریان در مدار RLC به حداقل مقدار خود افزایش می‌یابد . منحنی تغییرات جریان در مدار RLC سری بر حسب تغییرات فرکانس در شکل ۲۷-۹ ترسیم شده است .



شکل ۲۷-۹ منحنی جریان مدار RLC سری

مطابق شکل ۲۷-۹ طبق تعریف ، محدوده‌ای از فرکانس‌ها که در آن جریان مدار بیشتر یا مساوی با  $\frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$  یعنی تقریباً هفتاد درصد جریان در حالت رزونانس می‌شود را پهنهای باند می‌گویند . پهنهای باند را با  $BW$  نشان می‌دهند . در شکل ۲۷-۹ پهنهای باند نشان داده شده است .

$$BW = f_H - f_L = \text{پهنهای باند}$$

**مثال ۷:** اگر در یک مدار RLC سری در حالت رزونانس  $f_H = 610 \text{ KHZ}$  و  $f_L = 580 \text{ KHZ}$  باشد ، پهنهای باند را به دست آورید .

حل :

$$BW = f_H - f_L$$

$$BW = 610 - 580$$

$$BW = 30 \text{ KHZ}$$

### ۴-۴ ضریب کیفیت در مدار رزونانس سری

طبق تعریف ضریب کیفیت (Quality factor) در یک مدار RLC سری ، در حالت رزونانس به صورت زیر تعریف می‌شود :

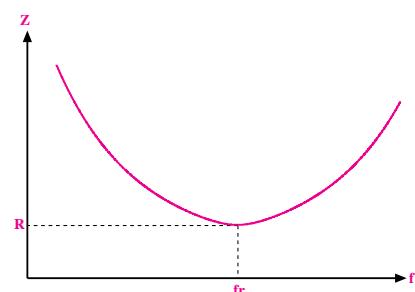
$$Q = \frac{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$$

در یک مدار RLC سری ، اگر مقدار فرکانس را از صفر به تدریج زیاد کنیم ، در فرکانس‌های خیلی کم ، راکتانس خازنی مدار با فرض ثابت بودن ظرفیت آن خیلی زیاد می‌شود . در این حالت با توجه به رابطه‌ی راکتانس خازن  $(X_C = \frac{1}{2\pi f C})$  چون  $f$  در مخرج کسر قرار دارد ، هر قدر  $X_C$  بزرگ‌تر باشد مقدار  $X_C$  بزرگ‌تر می‌شود . در صورتی که در این مدار فرکانس را به تدریج زیاد کنیم مقدار  $X_C$  کم خواهد شد .

مقدار راکتانس سلفی مدار در فرکانس‌های کم بسیار کم است ، زیرا مقدار راکتانس سلفی ، رابطه‌ی مستقیم با فرکانس دارد . بنابراین هر قدر فرکانس را افزایش دهیم مقدار  $X_L$  نیز زیاد می‌شود .

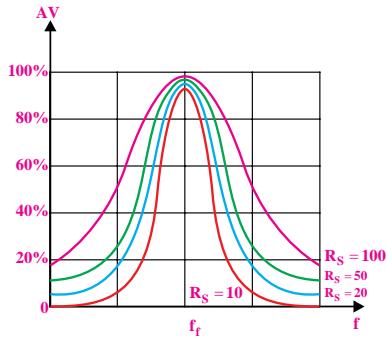
$$X_L = 2\pi f L$$

با توجه به سری کردن عناصر  $R$  ،  $L$  و  $C$  ، در یکی از فرکانس‌ها که آن را فرکانس رزونانس ( $f_r$ ) می‌نامند ، مقدار  $X_L = X_C$  می‌شود و امپدانس مدار را به حد می‌نیم می‌رساند . در شکل ۲۶-۹ منحنی تغییرات امپدانس مدار RLC سری بر حسب تغییرات فرکانس رسم شده است .



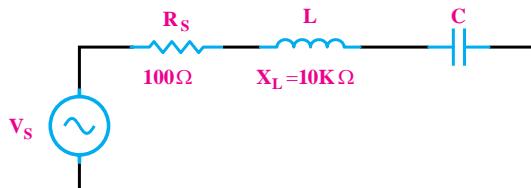
شکل ۲۶-۹ منحنی امپدانس مدار RLC سری

اگر رابطه‌ی  $Q$  را مورد توجه قرار دهیم می‌بینیم که با زیاد شدن مقاومت اهمی، مقدار  $Q$  کم و مقدار پهنهای باند زیاد می‌شود. شکل ۹-۲۹ مقدار  $Q$  را در مدار رزونانس سری با مقادیر متفاوت  $R_s$  نشان می‌دهد.



شکل ۹-۲۹ اثر مقاومت روی  $Q$

**مثال ۸:** در صورتی که در مدار شکل ۹-۳۰ مقدار  $R=100\Omega$  و  $X_L=10K\Omega$  باشد مقدار  $Q$  را به دست آورید.



شکل ۹-۳۰

**حل:**  
مقدار  $Q$  را با استفاده از  $X_L$  و  $R$  محاسبه می‌کنیم.

$$Q = \frac{X_L}{R_s}$$

$$Q = \frac{10K\Omega}{100\Omega}$$

$$Q = 100$$

این ضریب میزان تیزی منحنی تغییرات جریان و پهنهای باند را تعیین می‌کند. بین مقدار  $Q$  و پهنهای باند و فرکانس رزونانس ( $f_r$ ) رابطه‌ی زیر برقرار است:

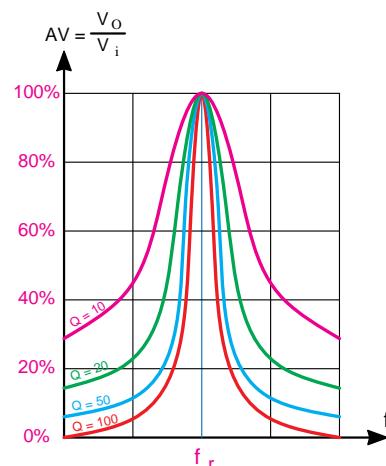
$$Q = \frac{f_r}{BW}$$

ضریب کیفیت  $= Q$

فرکانس رزونانس  $= f_r$

پهنهای باند  $= BW$

هر قدر ضریب کیفیت ( $Q$ ) بیشتر باشد، منحنی مشخصه‌ی فرکانس تیزتر است. در شکل ۹-۲۸ مذکور رسم مشخصه‌ی مدار RLC سری بر حسب تغییرات فرکانس رسم شده است. اگر شکل را مورد توجه قرار دهیم می‌بینیم که با افزایش مقدار  $Q$ ، پهنهای باند کمتر می‌شود.



شکل ۹-۲۸ منحنی مشخصه‌ی فرکانس با  $Q$  های مختلف

مقدار  $Q$  مدار رزونانس بستگی به مقدار مقاومت اهمی مدار دارد و از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

$$Q = \frac{X_L}{R_s} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{X_C}{R_s}$$

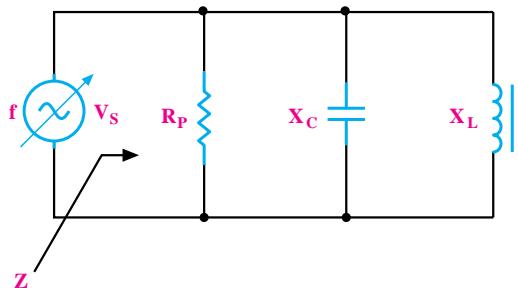
که در آن: ضریب کیفیت  $= Q$

راکتانس سلفی  $= X_L$

مقاومت اهمی مدار  $= R_s$

**مثال ۹:** در مدار شکل ۳۱-۹ فرکانس رزونانس ، مدار RLC موازی در حالت رزونانس یا تشدید قرار دارد .

فرکانسی که به ازای آن  $X_L = X_C$  می شود را فرکانس رزونانس می نامند و آن را با  $f_r$  نشان می دهند . در مدار موازی در حالت رزونانس ، امپدانس مدار حداکثر و جریان حداقل است .



شکل ۹-۳۲ مدار RLC موازی

در فرکانس رزونانس روابط زیر برقرار است :

$$X_L = X_C$$

حداکثر مقدار امپدانس  $R$

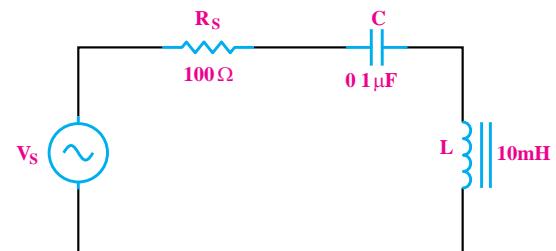
$$I = \frac{V_s}{R}$$

**بیشتر بدانیم :** همانطور که می دانید در مدار موازی در فرکانس رزونانس جریان عبوری از  $X_L$  (یعنی  $I_L$ ) و جریان عبوری از  $X_C$  (یعنی  $I_C$ ) باهم برابر می شوند . پس می توانیم بنویسیم :

$$I_L = \frac{V_s}{X_L} \quad \text{و} \quad I_C = \frac{V_s}{X_C} \Rightarrow \frac{V_s}{X_L} = \frac{V_s}{X_C}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_C} \Rightarrow X_L = X_C$$

ضریب کیفیت و پهنهای باند مدار را در فرکانس رزونانس به دست آورید .



شکل ۹-۳۱ مربوط به مثال ۸

**حل :**

محاسبه فرکانس رزونانس :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1.0 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-6}}} = 50.35 \text{ Hz}$$

محاسبه ضریب کیفیت :

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi \times 50.35 \times 1.0 \times 10^{-3}}{100} = 3/16$$

$$Q = 3/16$$

محاسبه پهنهای باند :

$$BW = \frac{fr}{Q} = \frac{50.35}{3/16} = 1593 \text{ Hz}$$

$$BW = 1593 \text{ Hz}$$

## ۹-۵ رزونانس در مدار RLC موازی

### ۱-۵ فرکانس رزونانس در مدار RLC موازی

در مدار RLC موازی شکل ۹-۳۲ ، اگر فرکانس منجع

متغیر باشد ، در یک فرکانس خاص  $X_L = X_C$  می شود

$$Q = \frac{f_r}{BW}$$

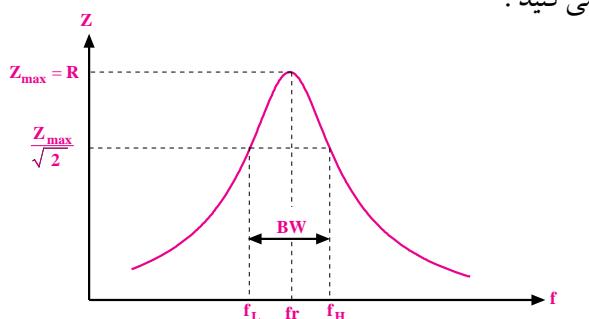
$$Q = \frac{R_p}{X_L} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{R_p}{X_C}$$

اگر رابطه‌ی  $Q$  را مورد توجه قرار دهیم ، می‌بینیم که در مدار RLC موازی با زیاد شدن مقاومت اهمی ، مقدار  $Q$  زیاد و مقدار پهنه‌ی باند مدار کم می‌شود .

### ۹-۵-۳ پهنه‌ی باند در مدار RLC موازی

پهنه‌ی باند در مدار RLC موازی ، به محدوده‌ای از فرکانس‌ها گفته می‌شود که امپدانس مدار برابر یا بزرگ‌تر از  $\frac{R}{\sqrt{2}}$  باشد .

پهنه‌ی باند از رابطه‌ی  $BW = \frac{f_r}{Q_r}$  به دست می‌آید . در شکل ۹-۳۴ پهنه‌ی باند در مدار رزونانس موازی را مشاهده می‌کنید .



شکل ۹-۳۴ پهنه‌ی باند در مدار رزونانس موازی

**۹-۶ مقایسه مدارهای رزونانس سری و موازی**  
الف - فرکانس رزونانس در مدارهای RLC موازی و سری از رابطه  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  به دست می‌آید ، شکل ۹-۳۵ .

در این مدار برای محاسبه‌ی فرکانس رزونانس کافی است که مقدار  $X_L$  را برابر با  $X_C$  قرار دهیم . بعد از جایگزینی ،

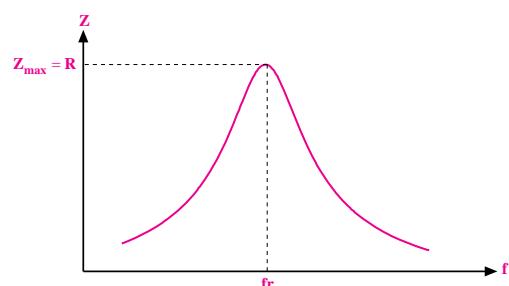
رابطه‌ی نهایی  $f_r$  به دست می‌آید :

$$X_L = X_C \Rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

تحقیق کنید :

درستی رابطه  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  را در مدار RLC سری و مدار RLC موازی تحقیق کنید .

منحنی تغییرات امپدانس مدار RLC موازی را بر حسب تغییرات فرکانس در شکل ۹-۳۳ مشاهده می‌کنید .



شکل ۹-۳۳ منحنی تغییرات امپدانس مدار RLC موازی بر حسب تغییرات فرکانس

**۹-۵-۴ ضرب کیفیت در مدار RLC موازی**  
ضریب کیفیت در مدارهای RLC موازی نیز مانند مدارهای RLC سری تعریف می‌شود :

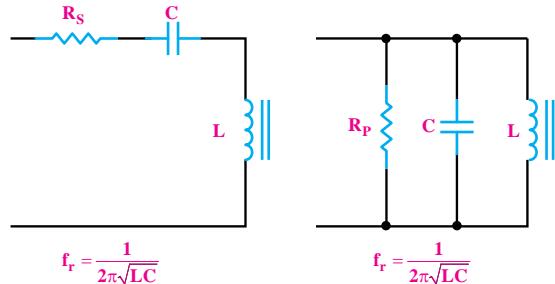
$$Q = \frac{\text{ماکریم انرژی ذخیره شده}}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$$

مقدار  $Q$  در فرکانس رزونانس از روابط زیر به دست می‌آید :

## ت - پهنای باند در مدارهای RLC سری و موازی از

رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$BW = \frac{f_r}{Q_r}$$



شکل ۹-۳۵

## ث - ضریب کیفیت در مدارهای RLC سری از رابطه‌ی زیر

محاسبه می‌شود.

$$Q = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{2\pi f_r C R} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{X_L}{R}$$

در مدارهای RLC موازی ضریب کیفیت از رابطه‌ی زیر

تعیین می‌شود.

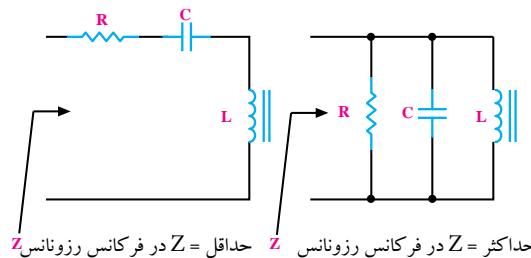
$$Q_r = \frac{R}{X_C} = 2\pi f_r C R \quad \text{یا} \quad \varphi = \frac{R}{XL}$$

ج - امپدانس کل در مدار RLC سری در حالت تشدید

برابر با  $Z = R$  است و در مدار RLC موازی در حالت تشدید

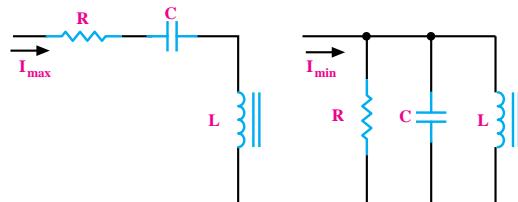
مقدار امپدانس کل برابر با  $Z = R_p$  است.

**ب - امپدانس** در مدار RLC سری در حال رزونانس حداقل و در مدار RLC موازی در حال رزونانس حداقل است، شکل ۹-۳۶.



شکل ۹-۳۶ مقایسه امپدانس مدار RLC سری و موازی در حال رزونانس

**پ - جویان کل** در مدار RLC سری در حال رزونانس حداقل است، در صورتی که جویان در مدار RLC موازی در حال رزونانس به حداقل می‌رسد، شکل ۹-۳۷.



شکل ۹-۳۷ مقایسه جویان مدار RLC سری و موازی در حال رزونانس

## توجه

در الکترونیک مدارهایی که سیم پیچ و خازن داشته باشند را مدار هماهنگ می‌نامند.



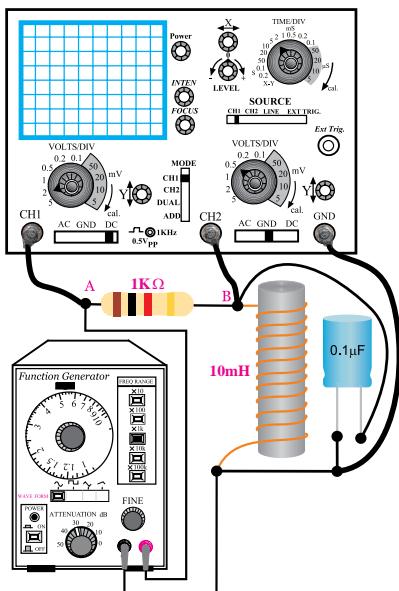
## ۹-۷ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

### ۱-۷ هدف‌های آزمایش:

تعیین فرکانس و امپدانس در مدار هماهنگ موازی به صورت عملی

### ۲-۷-۱ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش



ب- مدار عملی

شکل ۹-۳۸ مدار عملی آزمایش

■ با استفاده از رابطه  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  فرکانس رزونانس مدار را محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_r = \dots$$

■ کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.  
■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس رزونانس محاسبه شده و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ پروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه‌ی A و پروب کانال ۲ (CH ۲) را به نقطه‌ی B وصل کنید و اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ شکل موج نمودار خروجی مدار را از روی صفحه اسیلوسکوپ بر روی شکل ۹-۳۹ رسم کنید و دامنه‌ی پیک تو پیک سیگنال خروجی و فرکانس را یادداشت کنید.

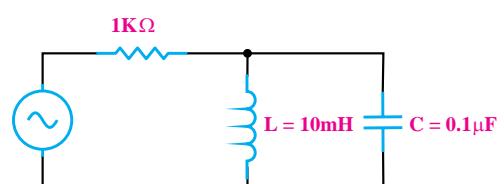
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کانال	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	مولتی‌متر دیجیتالی	دو دستگاه
۴	برد برد	یک قطعه
۵	مقاومت اهمی $1K\Omega$	یک عدد
۶	خازن $0.1 \mu F$	یک عدد
۷	سلف $10 mH$	یک عدد
۸	سیم رابط دو سر گیره سوسناری	چهار رشته
۹	سیم رابط یک سر گیره سوسناری	چهار رشته

### ۳-۷-۲ مراحل اجرای آزمایش

الف - به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار هماهنگ موازی

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مدار شکل ۹-۳۸ را روی برد بیندید.



الف- نقشه‌ی فنی مدار

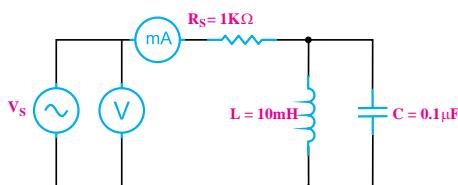
جدول ٩-١

دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی فرکانس ولتاژ ورودی	
$f_r - 300$	
$f_r - 200$	
$f_r - 100$	
$f_r$	
$f_r + 100$	
$f_r + 200$	
$f_r + 300$	

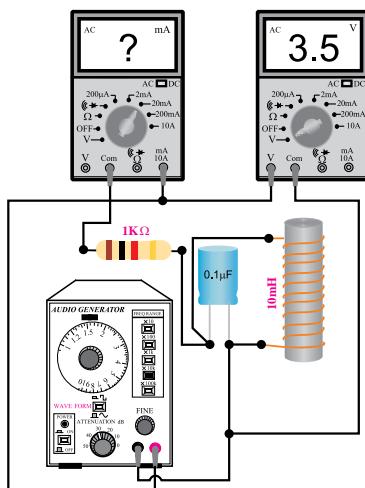
در صورت نیاز با توجه به تجهیزات و امکانات موجود در کارگاه مقادیر را تغییر دهید.

#### ب - تعیین امیدانس مدار هماهنگ موازی LC

مدار شکل ۴۰-۹ را روی یرد یرد بیندید.

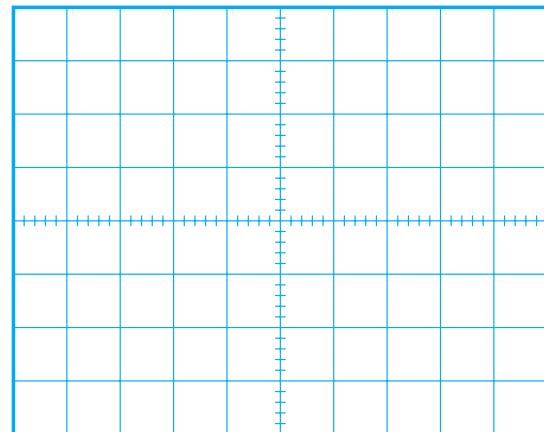


الف - نقشه‌ی فنی مدار



سید علی

شکا ۴۰-۹ مدار آزمایش



شکل ۹-۳۹ موج خروجی

$$V_{P-P} = \dots V$$

f= ..... HZ

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را نزدیک عدد مربوط به فرکانس رزونانس که در مرحله‌ی قبل محاسبه شد، تغییر دهد و شکل موج خروجی، مدار را مشاهده کنید.

چون در مدار هماهنگ موازی در فرکانس رزونانس امپدانس مدار حداکثر است پس جریان در مدار به حداقل

مقدار یعنی  $I_T = \frac{V_s}{R}$  می‌رسد.

■ در یک فر کانس خاص دامنه‌ی ولتاژ خروجی سیگنال (CH۲) دارای بیشترین مقدار است. این فر کانس را بادداشت کنید.

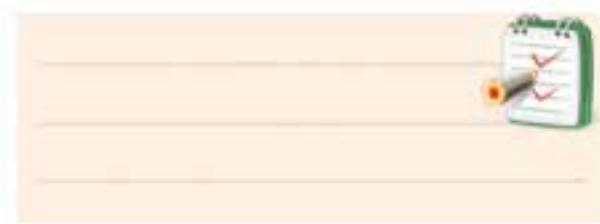
$$f = \dots$$

**توضیح:** این فر کانس، همان فر کانس، رزونانس، مدار

است که از راه عملی به دست می‌آید.

#### ■ مقدار فرکانس سگنان ژنراتور را طبق جدول

۹- تغییر دهید و دامنه‌ی پیک تو پیک سیگنال خروجی را یادداشت کنید.



### ۹-۷-۴ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

-الف-

-ب-

-ج-

■ کلید سلکتور ولت متر را در حالت AUTO یا رنج

۲۰ V و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور مولتی متری که به عنوان میلی آمپر متر، به

کار بردهاید را روی ۲۰ mA قرار دهید و کلید AC/DC را

در حالت AC بگذارید.

■ ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی  $V_{P-P}$  ۱۰ تنظیم

کنید.

■ کلید انشعاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۶ KHz قرار

دهید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت متر و مقدار جریانی را که

میلی آمپر نشان می‌دهد در جدول زیر بنویسید.

مقدار ولتاژ توسط ولت متر	.....V
مقدار جریان توسط	.....mA
میلی آمپر متر	

■ با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده مقدار امپدانس

Z را محاسبه کنید.

$$Z = \frac{V}{I} \text{ امپدانس مدار} = \frac{\text{ ولت}}{\text{آمپر}} = ..... \Omega$$

■ مقدار Z را با استفاده از روابط ریاضی به دست آورید.

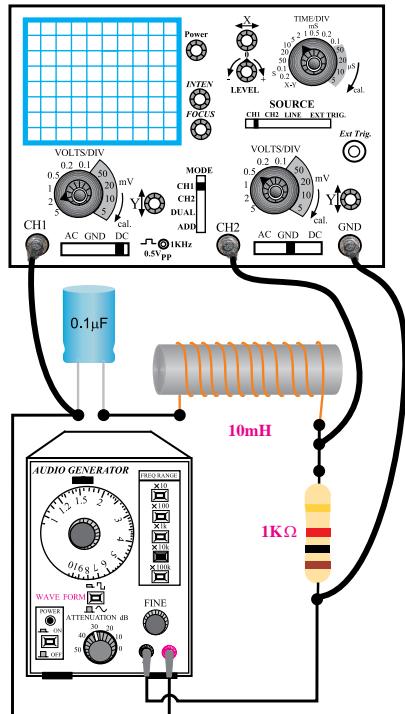
$$X_L = \frac{X_L \cdot X_C}{|X_L - X_C|}$$

$$Z = \sqrt{R^* + X^*}$$

سؤال ۱: آیا مقدار Z به دست آمده از طریق محاسبه

با مقدار Z اندازه گیری شده تقریباً برابرند؟ توضیح دهید.

## ۹-۸-۲- تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :



ب- مدار عملی

شکل ۹-۴۱ مدار عملی آزمایش

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد	یک قطعه
۴	مقاومت اهمی	از هر کدام
۵	۱KΩ و ۱۰KΩ	یک عدد
۶	خازن ۱/۰۰۰ میکروفاراد	یک عدد
۷	۱۰ mH سلف	یک عدد
۸	سیم رابط دو سر گیره سوسماری ۵۰ سانتی متری	چهار رشته
	سیم رابط یک سر گیره سوسмарی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

■ با استفاده از رابطه  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  فرکانس

رزونанс مدار را محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_r = \dots$$

■ کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس رزونانس محاسبه شده و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ پروب کانال ۱ (CH1) را به نقطه‌ی A و پروب کانال ۲ (CH2) را به نقطه‌ی B وصل کنید و اسیلوسکوپ را روشن کنید.

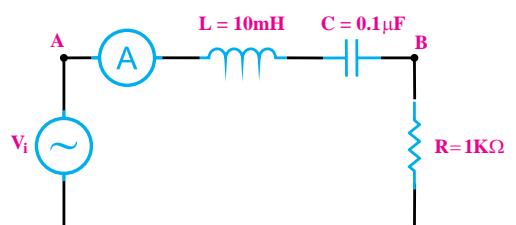
■ شکل موج سیگنال خروجی مدار (سیگنال CH2) را از روی صفحه اسیلوسکوپ در شکل ۹-۴۲ رسم کنید. و

## ۹-۸-۳- مراحل اجرای آزمایش

الف - به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار RLC سری

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مدار شکل ۹-۴۱ را روی برد بیندید.



الف- نقشه‌ی فنی مدار

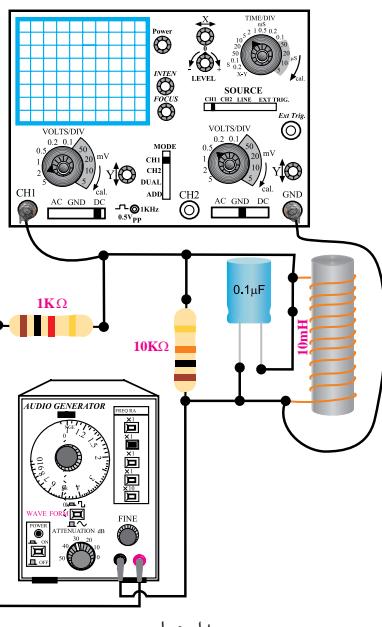
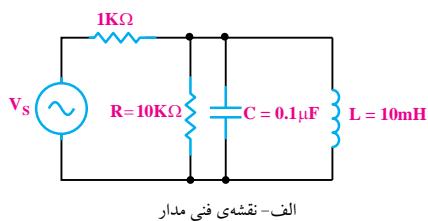
دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی و فرکانس را یادداشت کنید.

فرکانس ولتاژ ورودی	دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی
$f_r - 300$	
$f_r - 200$	
$f_r - 100$	
$f_r$	
$f_r + 100$	
$f_r + 200$	
$f_r + 300$	

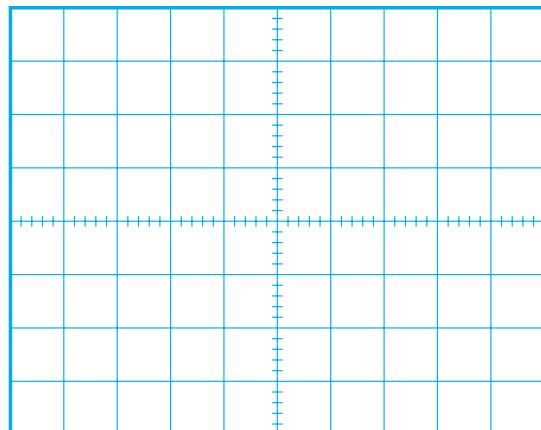
### ب - به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار RLC موازی

وسایل مورد نیاز را آمده کنید.

مدار شکل ۹-۴۳ را روی برد بیندید.



شکل ۹-۴۳ مدار عملی آزمایش



شکل ۹-۴۲ شکل موج خروجی مدار

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را نزدیک عدد مربوط به فرکانس رزونانس که در مرحله‌ی قبل محاسبه شده است تغییر دهید و شکل موج را مشاهده کنید.

چون در مدار هماهنگ سری در فرکانس رزونانس

، امپدانس مدار حداقل است ، پس جریان در مدار به

$$\text{ماکزیمم مقدار یعنی } \frac{V_s}{R} \text{ می‌رسد.}$$

■ در یک فرکانس خاص دامنه ولتاژ خروجی بیشترین مقدار را دارد . این فرکانس را یادداشت کنید.

$$f = \dots$$

■ این فرکانس همان فرکانس رزونانس مدار است که از راه عملی به دست آمده است.

■ مقدار فرکانس سیگنال ژنراتور را طبق جدول ۹-۲ تغییر دهید و دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی را یادداشت کنید.

چون در مدار هماهنگ موازی در فرکانس رزونانس، امپدانس مدار حداکثر است، پس جریان در مدار به کمترین مقدار یعنی  $I_T = \frac{V_S}{R}$  می‌رسد.

■ در یک فرکانس خاص دامنه ولتاژ خروجی بیشترین مقدار را دارد. این فرکانس را یادداشت کنید.

$$f_r = \dots$$

■ این فرکانس همان فرکانس رزونانس مدار است که از راه عملی به دست آمده است.

■ مقدار فرکانس سیگنال ژنراتور را طبق جدول ۳-۹ تغییر دهید و دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی را یادداشت کنید.

جدول ۳-۹

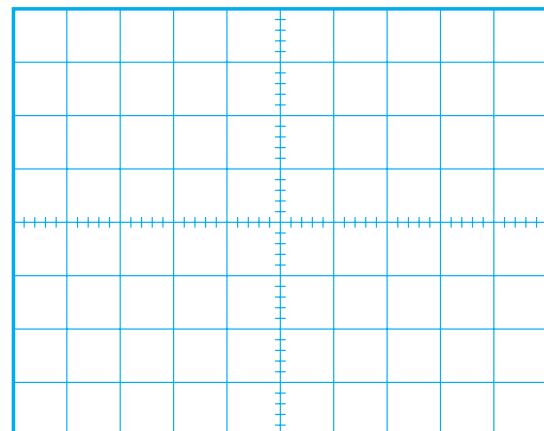
■ با استفاده از رابطه‌ی  $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  فرکانس رزونانس مدار را محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_r = \dots$$

■ کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید.  
■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس رزونانس محاسبه شده و دامنه ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ پروف کانال ۱(CH1) را به نقطه‌ی A وصل کنید و اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ شکل موج سیگنال خروجی مدار را از روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ در شکل ۴۴-۹ رسم کنید. و دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی و فرکانس را یادداشت کنید.



شکل ۴۴-۹ شکل موج خروجی مدار

$$V_{p-p} = \dots V$$

$$f = \dots HZ$$

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را حول عدد مربوط به فرکانس رزونانس که در مرحله‌ی قبل محاسبه شده است تغییر دهید و شکل موج را مشاهده کنید.

**۹-۸-۴ نتایج آزمایش:**  
نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.



## ۹-۹ فیلترها (Filters)

### ۹-۹-۱ تعریف فیلتر

به طور کلی دامنه‌ی سیگنال‌های ولتاژ متناوب سینوسی با فرکانس‌های مختلف که از فیلتر غیرفعال عبور می‌کنند تضعیف می‌شوند. در فیلترهای فعال برای تقویت دامنه‌ی سیگنال‌های عبوری، از تقویت کننده استفاده می‌شود.

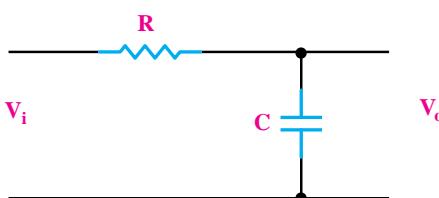
#### أنواع فیلتر

در یک دسته بندی کلی فیلترها را می‌توان به چهار دسته به شرح زیر تقسیم کرد:

- الف: فیلتر پایین‌گذر (Low pass filter – LPF)
- ب: فیلتر بالاگذر (High pass filter – HPF)
- ج: فیلتر میان‌گذر (فیلتر عبور باند) (Band Pass Filter – BPF)
- د: فیلتر میان‌نگذر (فیلتر حذف باند) (Band Reject Filter – BRF)

### ۹-۹-۲ فیلتر پایین‌گذر

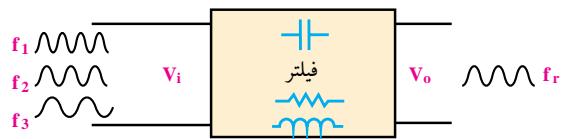
فیلتر پایین‌گذر، فیلتری است که از فرکانس معینی به پایین رابه راحتی از خود عبور می‌دهد. در شکل ۹-۴۸ یک نمونه فیلتر پایین‌گذر RC نشان داده شده است.



شکل ۹-۴۸ فیلتر پایین‌گذر RC

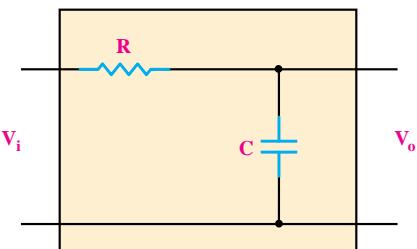
این فیلتر فرکانس‌های خیلی کم (صفر) تا فرکانس  $f_C$  (فرکانس قطع) را از خود عبور می‌دهد. برای نشان دادن محدوده‌ی عبور فرکانس‌ها، از یک منحنی به نام منحنی پاسخ فرکانسی استفاده می‌شود، شکل ۹-۴۹.

فیلترها مدارهای الکترونیکی یا الکترونیکی هستند که اجازه‌ی عبور قسمتی از فرکانس‌ها را از یک مدار به مدار دیگر نمی‌دهند. در حقیقت فیلتر سبب تضعیف دامنه‌ی فرکانس‌هایی می‌شود که نباید عبور کنند، شکل ۹-۴۵.



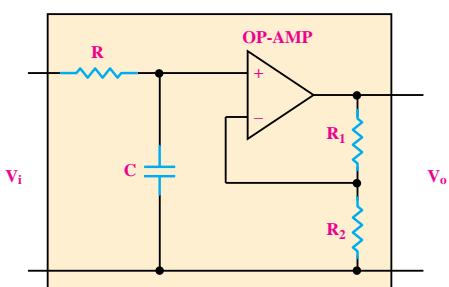
شکل ۹-۴۵ فیلتر

ساختمان بعضی از فیلترها از مقاومت اهمی، سلف و خازن تشکیل می‌شود. به این نوع فیلترها، فیلترهای غیرفعال می‌گویند، شکل ۹-۴۶.



شکل ۹-۴۶ فیلتر غیرفعال

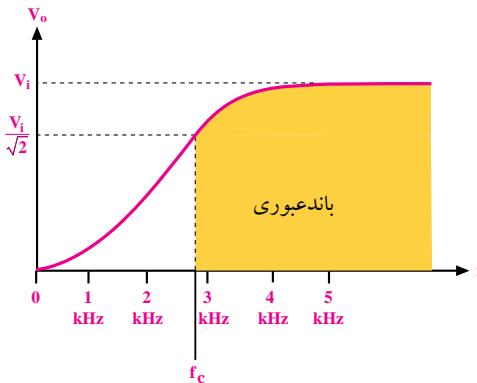
دسته‌ی دیگری از فیلترها، از قطعات الکترونیک، سلف، خازن و مقاومت اهمی تشکیل می‌شوند که به آن‌ها فیلترهای فعال می‌گویند. در شکل ۹-۴۷ یک نمونه فیلتر فعال نشان داده شده است.



شکل ۹-۴۷ فیلتر فعال

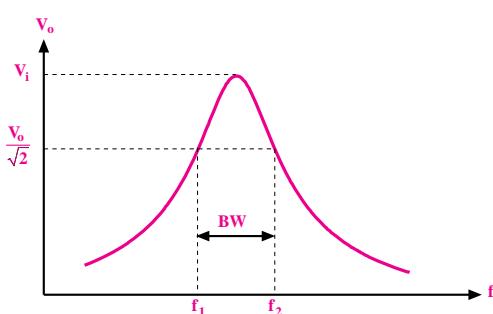
در شکل ۹-۵۱، منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر نشان داده شده است همان‌طور که از منحنی پاسخ فرکانسی شکل ۹-۵۱ مشخص است، از فرکانس معینی به بالا را فیلتر از خود عبور می‌دهد. در فرکانس  $f_C$  و فرکانس‌های بیشتر از  $f_C$  دامنه ولتاژ خروجی فیلتر قابل قبول است. فرکانس قطع ( $f_C$ ) از رابطه‌ی

$$f_C = \frac{1}{2\pi RC}$$

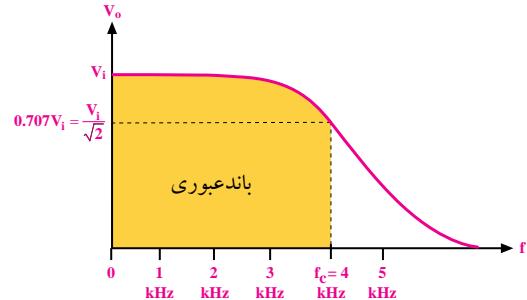


شکل ۹-۵۱ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

**۹-۹-۴ فیلتر میان‌گذر**  
فیلتر میان‌گذر، فیلتری است که فقط محدوده‌ای از فرکانس‌ها را که بین دو مقدار  $f_1$  و  $f_2$  قرار دارد از خود عبور می‌دهد. در این نوع فیلتر، فرکانس‌های کمتر از  $f_1$  یا بیشتر از  $f_2$  با دامنه‌ی قابل قبول عبور نمی‌کند. منحنی پاسخ فرکانسی این نوع فیلتر در شکل ۹-۵۲ نشان داده شده است.



شکل ۹-۵۲ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر (عبور باند)



شکل ۹-۴۹ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین‌گذر

#### فرکانس قطع:

در شکل ۹-۴۹ در فرکانس ۴ KHz، دامنه‌ی ولتاژ خروجی برابر  $\frac{V_i}{\sqrt{2}}$  است. لذا فرکانس ۴ KHz فرکانس قطع فیلتر محسوب می‌شود و بنابراین این نوع فیلتر فرکانس‌های صفر تا ۴ KHz را از خود عبور می‌دهد. در فرکانس‌های بیشتر از ۴ KHz، دامنه‌ی ولتاژ خروجی کاهش می‌یابد و قابل قبول نیست.

**فرکانس قطع فیلتر پایین‌گذر  $RC$  از رابطه‌ی**

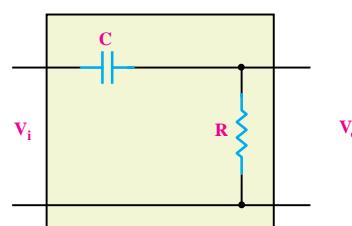
به دست می‌آید.

#### نکته‌ی مهم

در فرکانس قطع مقدار دامنه‌ی ولتاژ خروجی  $\frac{V_i}{\sqrt{2}}$  دامنه‌ی ولتاژ ورودی می‌شود.

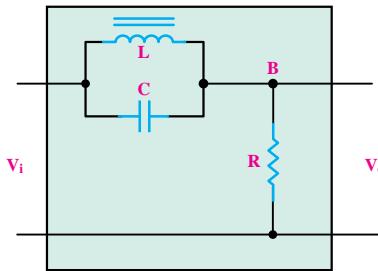
#### ۹-۹-۵ فیلتر بالاگذر

فیلتر بالاگذر، فیلتری است که از فرکانس معینی به بالا را به راحتی از خود عبور می‌دهد. در شکل ۹-۵۰ یک نمونه فیلتر بالاگذر نشان داده شده است.

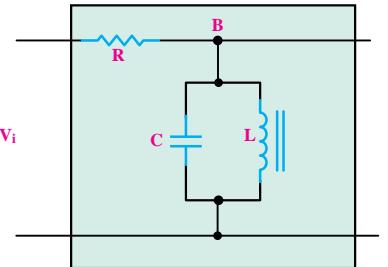


شکل ۹-۵۰ یک نمونه فیلتر بالاگذر

در شکل ۹-۵۳ یک نمونه فیلتر میان‌گذر نشان داده شده است.



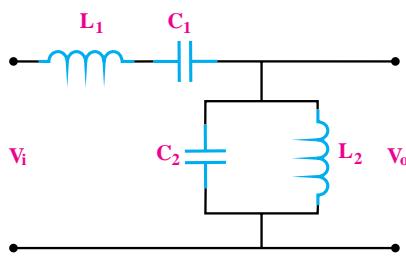
شکل ۹-۵۵ یک نمونه فیلتر میان‌گذر (فیلتر حذف باند)



شکل ۹-۵۳ یک نمونه فیلتر میان‌گذر

برای تشخیص نوع فیلتر میان‌گذر یا میان‌گذر سه حد فرکانس،  $f_r = f_l = \infty$  و  $f_c = 0$  را انتخاب می‌کنیم و وضعیت مدار را در این سه فرکانس مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای این منظور ابتدا در رابطه‌ی راکتانس سلف ( $X_L$ ) و راکتانس خازن ( $X_C$ ) به جای فرکانس مقدار  $f = 0$  را قرار می‌دهیم، سپس ولتاژ خروجی فیلتر را محاسبه می‌کنیم

**مثال ۹:** فیلتر رسم شده در شکل ۹-۵۶ از نظر منحنی پاسخ فرکانسی از چه نوع فیلتری است؟



شکل ۹-۵۶

**حل:**

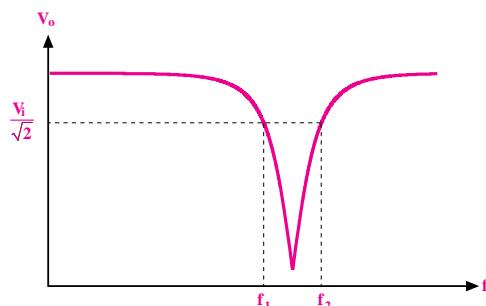
ابتدا راکتانس سلف و خازن را به ازای  $f = 0$  به دست می‌آوریم:

$$f = 0 \Rightarrow \begin{cases} X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 0 \times L = 0 \\ X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 0 \times C} = \infty \end{cases}$$

فرکانسی که در آن ولتاژ خروجی دقیقاً برابر  $\frac{V_i}{\sqrt{2}}$  باشد را فرکانس قطع فیلتر می‌گویند و آن را با  $f_c$  نشان می‌دهند.

### ۹-۹ فیلتر میان‌گذر (فیلتر حذف باند)

فیلتر میان‌گذر، فیلتری است که فقط محدوده‌ای از فرکانس‌هایی که بین دو مقدار  $f_l$  و  $f_h$  قرار دارد را عبور نمی‌دهد. این فیلتر فرکانس‌های کمتر از  $f_l$  و بیشتر از  $f_h$  را در خروجی ظاهر می‌کند. منحنی پاسخ فرکانس این نوع فیلتر در شکل ۹-۵۴ نشان داده شده است.

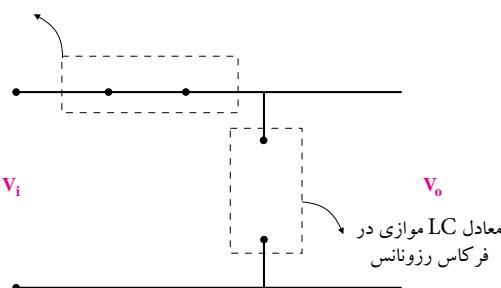


شکل ۹-۵۴ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر (فیلتر حذف باند) در شکل ۹-۵۵ یک نمونه فیلتر میان‌گذر نشان داده شده است.

مدار معادل فیلتر مورد نظر در این حالت، به صورت شکل ۹-۵۷ می‌کنیم.

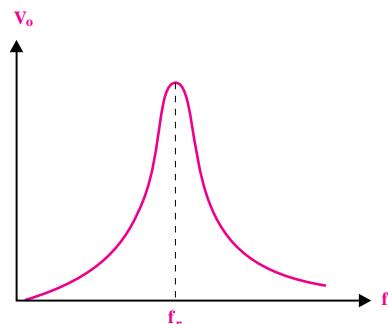
همان‌طور که می‌دانید در فرکانس رزونانس ( $f_r$ )، امپدانس سیم‌پیچ ( $X_L$ ) و امپدانس خازن ( $X_C$ ) با هم برابر می‌شوند. به علت موازی بودن سلف و خازن در خروجی فیلتر، در فرکانس رزونانس، بیشترین ولتاژ در خروجی ظاهر می‌شود. عملکرد مدار در فرکانس رزونانس ( $f_r$ ) در شکل ۹-۵۹ نشان داده شده است.

معادل LC سری در فرکانس رزونانس



شکل ۹-۵۹ مدار در فرکانس رزونانس

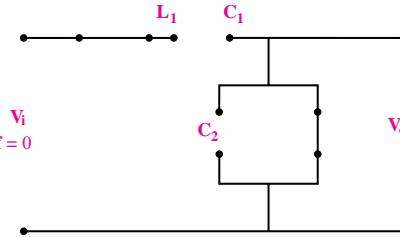
همان‌طور که در شکل ۹-۵۹ مشاهده می‌کنید، در فرکانس رزونانس عملکرد مدار LC سری و LC موازی نشان داده شده است. پاسخ فرکانسی فیلتر مورد نظر مانند شکل ۹-۶۰ است.



شکل ۹-۶۰ پاسخ فرکانسی فیلتر

با توجه به پاسخ فرکانسی رسم شده در شکل ۹-۶۰ می‌بینیم که فیلتر مورد بحث از نوع فیلتر میان‌گذر است.

۹-۵۷ است.



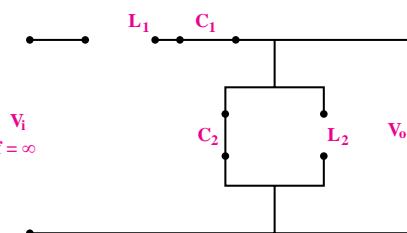
شکل ۹-۵۷ مدار در فرکانس  $f = \infty$

در ادامه مقدار فرکانس را  $f = \infty$  قرار می‌دهیم و مدار

معادل را رسم می‌کنیم.

$$f = \infty \Rightarrow \begin{cases} X_L = 2\pi f L = 2\pi \times \infty \times L = \infty \\ X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times \infty \times C} = 0 \end{cases}$$

مدار معادل فیلتر را در فرکانس  $f = \infty$  رسم می‌کنیم، شکل ۹-۵۸.



شکل ۹-۵۸ مدار در فرکانس  $f = \infty$

در مدار شکل ۹-۵۷ به علت اتصال کوتاه بودن سیم‌پیچ  $L$  در فرکانس  $f = 0$ ، ولتاژ خروجی صفر می‌شود. بنابراین در مدار شکل ۹-۵۸ به علت اتصال کوتاه بودن خازن  $C$  در فرکانس  $f = \infty$  ولتاژ خروجی صفر است.

پس ولتاژ خروجی در فیلتر مورد نظر، در فرکانس صفر ( $f = 0$ ) و فرکانس بین‌نها ( $f = \infty$ ) برابر با صفر می‌شود. در این مرحله عملکرد مدار را در فرکانس رزونانس ( $f_r$ ) بررسی

## ۹-۱۰ آزمایش شماره (۳)

زمان اجرا: ۶ ساعت آموزشی

### ۹-۱۰-۱ هدف‌های آزمایش

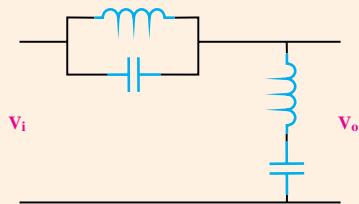
بررسی عملی انواع فیلترهای پایین گذر، بالاگذر، میان گذر و حذف باند

### ۹-۱۰-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کanal	یک دستگاه
۳	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۴	مقاومت اهمی $1K\Omega$ ، $100\Omega$	از هر کدام یک عدد
۵	خازن های $22nf$ و $10nf$	از هر کدام یک عدد
۶	بویین $10 mH$	یک عدد
۷	سیم رابط یک سرگیره سوسماری $50$ سانتی متری	دو رشته
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری $50$ سانتی متری	چهار رشته

### تمرين کلاسي ۲: فیلتر شکل ۹-۶۱ از نظر

منحنی پاسخ فرکانسی، چه نوع فیلتری است؟

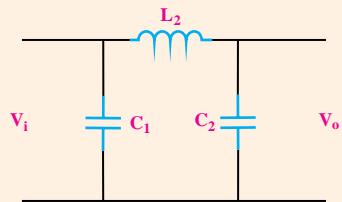


شکل ۹-۶۱



### تمرين کلاسي ۳: فیلتر شکل ۹-۶۲ از چه

نوع فیلتری است؟



شکل ۹-۶۲



### توجه



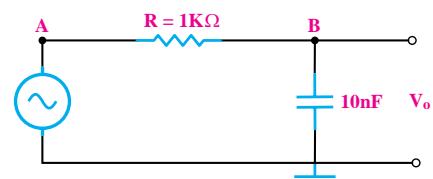
با توجه به قطعات موجود در آزمایشگاه می‌توانید مقادیر سلف و خازن را در کلیه‌ی آزمایش‌ها تغییر دهید.

### ۹-۱۰-۳ مراحل اجرای آزمایش

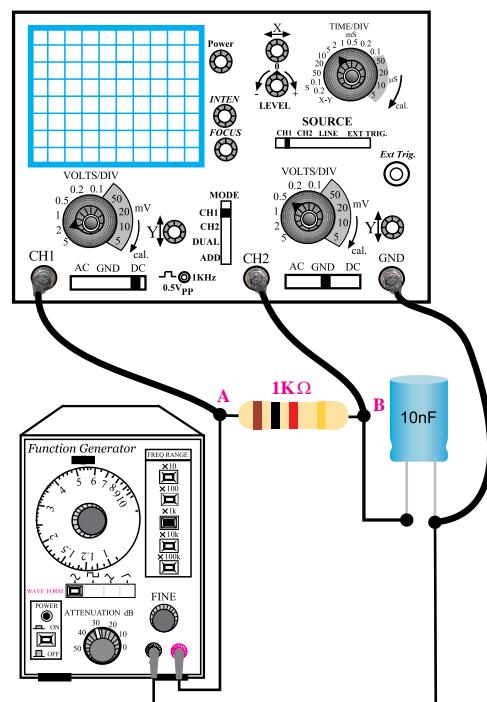
#### الف- بررسی فیلتر پایین‌گذار و اندازه‌گیری فرکانس قطع

فیلتر

مدار شکل ۹-۶۳ را روی بردبرد بیندید.



الف - نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۹-۶۳ مدار آزمایش

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس KHz

۱۵ سینوسی و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های لازم را روی

آن انجام دهید.

■ پروب کanal ۱ (CH ۱) را به نقطه‌ی A و پروب

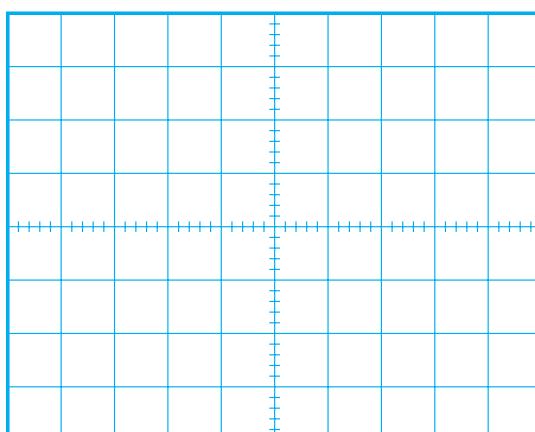
کanal ۲ (CH ۲) را به نقطه‌ی B وصل کنید.

■ سیگنال‌های ولتاژ ورودی و خروجی مدار را به کمک

اسیلوسکوپ روی نمودارهای شکل ۹-۶۴ و ۹-۶۵ با مقیاس

مناسب رسم کنید. مقدار پیک تو پیک و فرکانس سیگنال‌ها

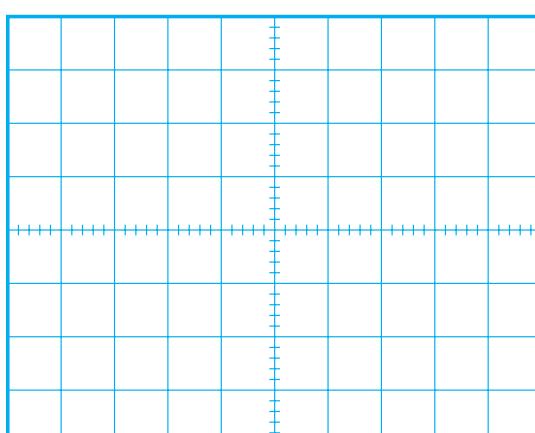
را اندازه‌گیرید و یادداشت کنید.



$$f = \dots \text{ Hz}$$

$$V_{P-P} = \dots \text{ V}$$

شکل ۹-۶۴ سیگنال ورودی



$$f = \dots \text{ Hz}$$

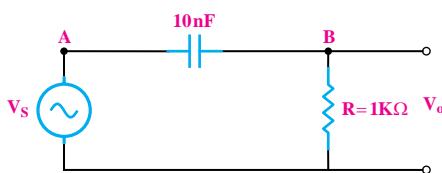
$$V_{O_{P-P}} = \dots \text{ V}$$

شکل ۹-۶۵ سیگنال خروجی

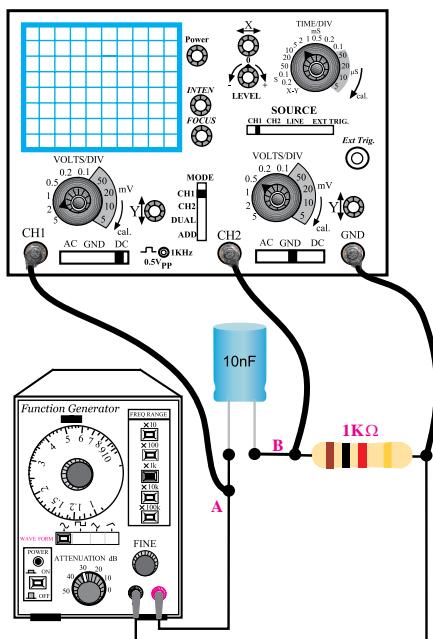
ب- بررسی فیلتر بالا گذر و اندازه‌گیری فرکانس قطع فیلتر  
مدار شکل ۹-۶۶ را روی بردبرد بینید.

اگر محل اتصال مقاومت و خازن را در آزمایش قبل جایه‌جا کنید، در این حالت فیلتر پایین گذر به فیلتر بالا گذر تبدیل می‌شود.

### توجه



الف - نقشه فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۹-۶۶

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس ۱۶KHz ۱۰ دامنه‌ی ولتاژ و ۱۰ پیک توپیک تنظیم کنید.

■ با استفاده از رابطه‌ی  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$  فرکانس قطع فیلتر پایین گذر را محاسبه و یادداشت کنید.

$$f_c = \dots \text{Hz}$$

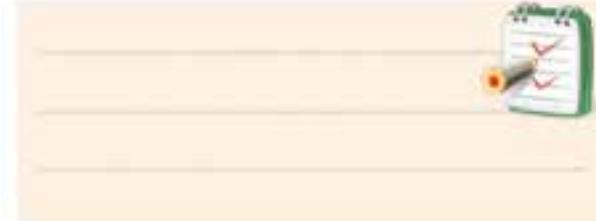
■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی فرکانس قطع ( $f_c$ ) محاسبه شده تنظیم کنید. در این حالت دامنه‌ی ولتاژ خروجی را اندازه‌گیرید و در جدول ۹-۴ یادداشت کنید.

جدول ۹-۴

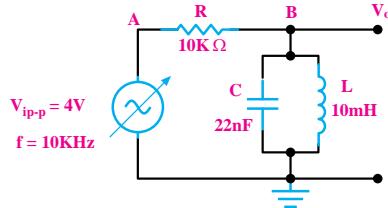
فرکانس سیگنال	ولتاژ ورودی	ولتاژ خروجی
ژنراتور	$V_{P-P}$	$V_{P-P}$
$f_c - 3$ KHz		
$f_c - 2$ KHz		
$f_c - 1$ KHz		
$f_c$		
$f_c + 1$ KHz		
$f_c + 2$ KHz		
$f_c + 3$ KHz		

■ طبق جدول ۹-۴ فرکانس سیگنال ژنراتور را تغییر دهید. در هر مرحله دامنه‌ی پیک توپیک ورودی و خروجی را اندازه‌گیرید و یادداشت کنید.

**سوال ۲:** با توجه به جدول ۹-۴ یشینه‌ی ولتاژ خروجی برای کدام سیگنال ورودی به وجود می‌آید؟ چرا؟



■ اسیلوسکوپ را روشن کنید.



الف - نقشه فنی مدار

■ پرروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه‌ی A و پرروب

کانال ۲ (CH ۲) را به نقطه‌ی B وصل کنید.

$$\text{با استفاده از رابطه‌ی } f_c = \frac{1}{2\pi RC} \text{ فرکانس قطع فیلتر}$$

بالا گذر را محاسبه کنید و مقدار آن را بنویسید.

$$f_c = \dots \text{ Hz}$$

■ با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، بیشینه‌ی دامنه‌ی

سیگنال خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_o = \dots \text{ V}$$

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آنقدر تغییر دهید تا

دامنه‌ی سیگنال خروجی به  $\frac{7}{7}$  درصد بیشترین مقدار ولتاژ خروجی برسد.

فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$f_c = \dots \text{ Hz}$$

**سوال ۳:** آیا مقدار فرکانس اندازه گیری شده با مقدار

فرکانس  $f$  محاسبه شده در مراحل قبل یکسان است؟ توضیح دهید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس

۱۰ KHz سینوسی و دامنه‌ی ولتاژ  $V_{p-p} = 10$  تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ پرروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه‌ی A و پرروب

کانال ۲ (CH ۲) را به نقطه‌ی B وصل کنید.

■ با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، بیشینه‌ی دامنه‌ی

سیگنال خروجی را اندازه بگیرید.

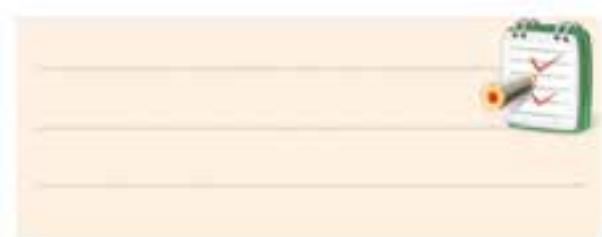
$$V_o = \dots \text{ V}$$

■ در چه فرکانسی دامنه‌ی ولتاژ خروجی بیشترین مقدار

را دارد، یادداشت کنید.

$$f_r = \dots$$

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آنقدر کاهش دهید تا



ج: بررسی فیلترهای میان‌گذر و میان‌نگذر و اندازه گیری

فرکانس رزونانس ( $f_r$ )، فرکانس قطع پایین ( $f_L$ ) و فرکانس قطع

بالا ( $f_H$ ).

■ مدار شکل ۹-۶۷ را روی بردبرد بیندید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس  $10\text{ KHz}$  سینوسی و دامنه ولتاژ  $V_{p-p} = 16$  تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ پرورب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه A و پرورب کانال ۲ (CH ۲) را به نقطه B وصل کنید.

■ با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، کمترین دامنه سیگنال خروجی را اندازه بگیرید.

$$V_o = \dots \text{ V}$$

■ در چه فرکانسی دامنه ولتاژ خروجی کمترین مقدار را دارد.

$$f_r = \dots \text{ Hz}$$

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آنقدر افزایش دهید تا دامنه سیگنال خروجی به  $70/7$  درصد بیشترین مقدار ولتاژ ورودی برسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$f_H = \dots \text{ Hz}$$

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آنقدر کاهش دهید تا دامنه سیگنال خروجی به  $70/7$  درصد بیشترین مقدار ولتاژ ورودی برسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

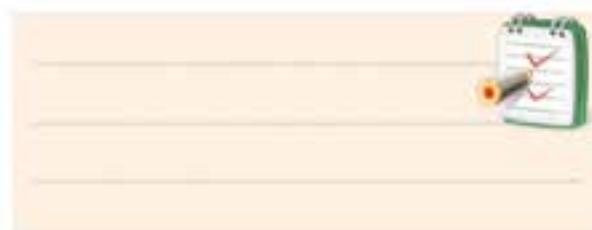
$$f_L = \dots \text{ Hz}$$

■ پهنهای باند فیلتر میانگذر را اندازه گیری کنید.

$$BW = f_H - f_L = \dots \text{ KHz}$$

#### ۹-۱۰ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش های الف، ب، ج را به طور خلاصه بنویسید.



دامنه سیگنال خروجی به  $70/7$  درصد بیشترین مقدار ولتاژ خروجی بررسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$f_L = \dots \text{ Hz}$$

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آنقدر افزایش دهید تا دامنه سیگنال خروجی به  $70/7$  درصد بیشترین مقدار ولتاژ خروجی بررسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$f_H = \dots \text{ Hz}$$

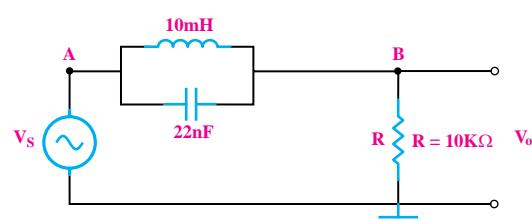
■ پهنهای باند فیلتر میانگذر را اندازه گیری کنید.

$$BW = f_H - f_L = \dots \text{ Hz}$$

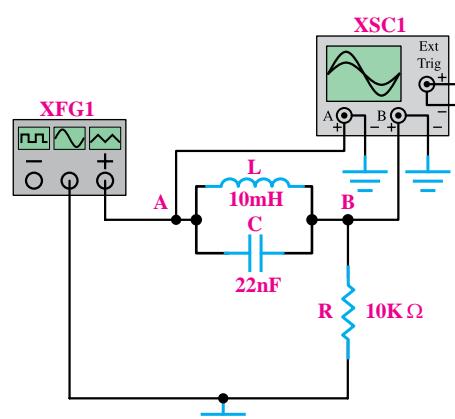
#### نکته های مهم

اگر محل اتصال مقاومت R با محل اتصال مدار رزونانس LC جایجا شود، فیلتر میانگذر به فیلتر میانگذر تبدیل می شود.

■ مدار شکل ۹-۶۸ را روی بردبرد بیندید.



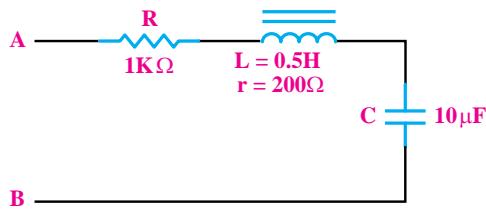
الف - نقشه فنی مدار



ب - مدار عملی

شکل ۹-۶۸

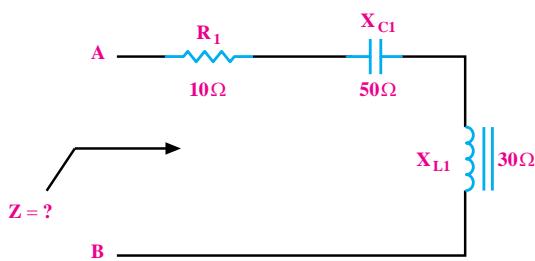
## آزمون پایانی فصل ۹



شکل ۹-۷۱

الف - ۳۰ ب - ۲۰۰ ج - ∞ د - صفر

۵- در شکل ۹-۷۲ مقدار Z چند اهم است؟

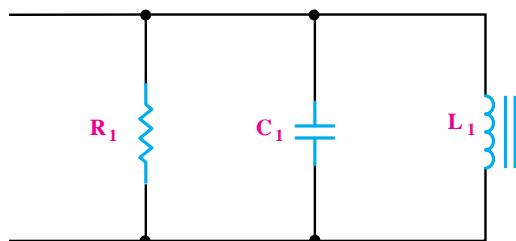


شکل ۹-۷۲

الف - ۳۰ د - ۹۰ ج - √۵۰۰ ب - √۱۹۰۰

۶- در شکل ۹-۷۳ فرکانس رزونانس از کدام رابطه به

دست می آید؟

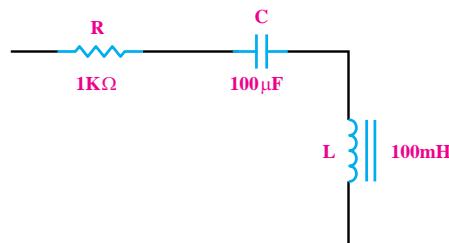


شکل ۹-۷۳

الف -  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  ب -  $\frac{1}{2\pi RC}$

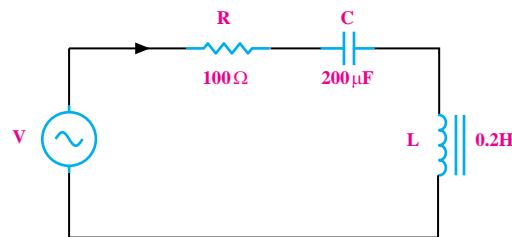
ج -  $\frac{1}{2\pi LC}$  د -  $\frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$

۱- در شکل ۹-۶۹ امپدانس مدار را محاسبه کنید.



شکل ۹-۶۹

۲- X\_C و X\_L را در مدار شکل ۹-۷۰ محاسبه کنید.

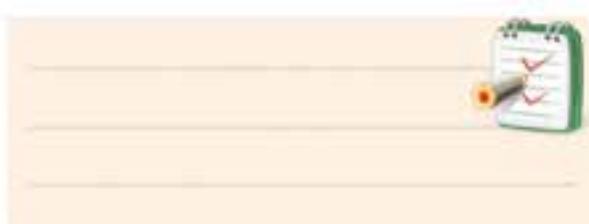


$v = 200 \sin 100t$

شکل ۹-۷۰

۳- در مدار شکل ۹-۷۰ جریان مؤثر مدار و توان تلف

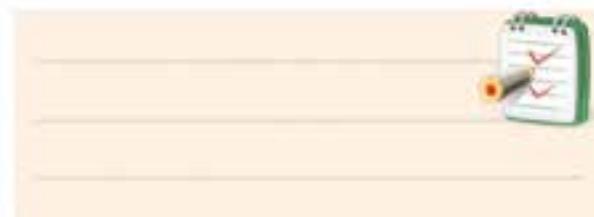
شده در مقاومت ۱۰۰ اهم را حساب کنید.



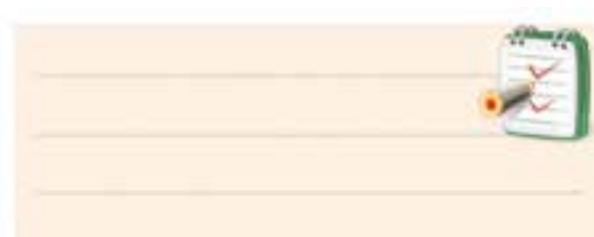
۴- در شکل ۹-۷۱ اگر به دو سر A و B یک اهم متر

وصل کنیم، اهم متر چند اهم را نشان می دهد.

۱۲- در مدار RLC موازی رابطه‌ی امپدانس را در فرکانس رزونانس بنویسید.



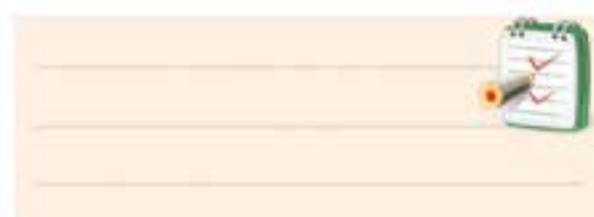
۱۳- رزونانس را تعریف کنید.



۱۴- در یک مدار RLC سری در حال رزونانس امپدانس مدار ..... است.

الف) حداقل      ب) حداکثر

۱۵- رابطه‌ی فرکانس رزونانس در یک مدار RLC را بنویسید.



۱۶- مفهوم پهنهای باند را دقیقاً شرح دهید.



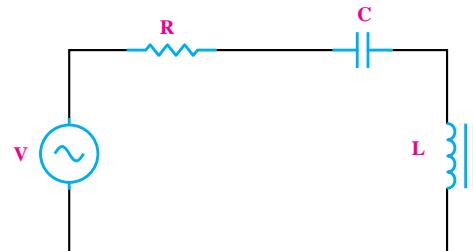
۷- در مدار RLC موازی در حال تشدید یا رزونانس، امپدانس مدار ..... است.

الف- حداقل      ب- حداقل

۸- پهنهای باند در یک مدار RLC سری در حال رزونانسی از کدام رابطه به دست می‌آید؟

$$\text{الف- } \frac{Q_r}{f_r} \quad \text{ب- } \frac{f_r}{Q_r}$$

۹ در شکل ۹-۷۴ در فرکانس رزونانس ولتاژ دو سر مقاومت ..... است.



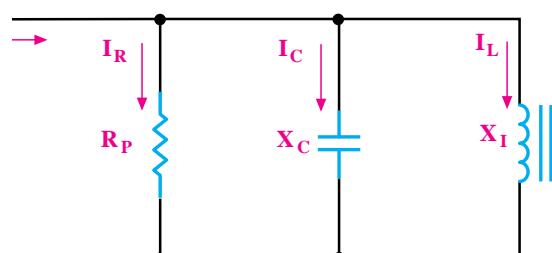
شکل ۹-۷۴

الف- حداقل      ب- حداقل

۱۰- در شکل ۹-۷۴ در فرکانس رزونانس مقدار Z کدام است؟

$$\text{الف) } \frac{R}{2} \quad \text{ب) } \sqrt{R} \quad \text{ج) } R \quad \text{د) } R$$

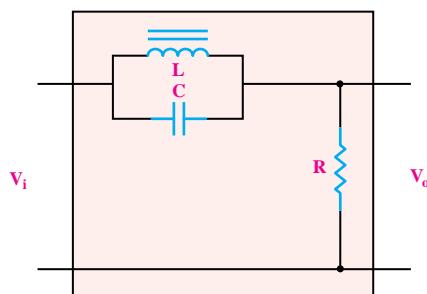
۱۱- در شکل ۹-۷۵ در فرکانس رزونانس کدام رابطه درست است؟



شکل ۹-۷۵

$$\text{الف- } I = I_C - I_L \quad \text{ب- } I = I_R - I_L \quad \text{ج- } I = I_R - I_C$$

۲۱- شکل ۹-۷۷ چه نوع فیلتری است؟



شکل ۹-۷۷

۱۷- رابطه‌ی ضریب کیفیت در مدار RLC سری کدام است؟

$$\frac{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}} = \frac{2\pi \times Q}{Q}$$

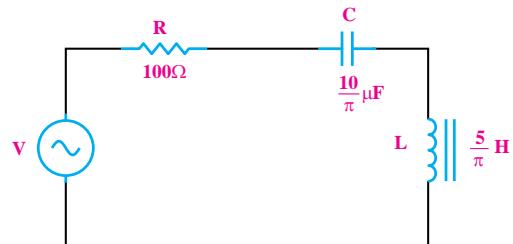
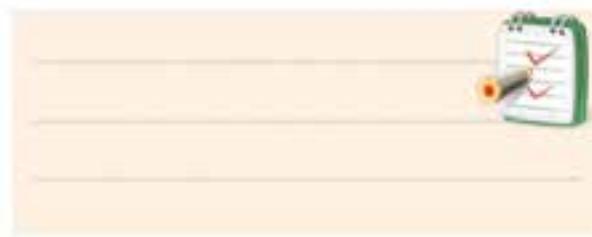
الف)

$$\frac{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}} = \frac{Q}{2\pi}$$

ب)

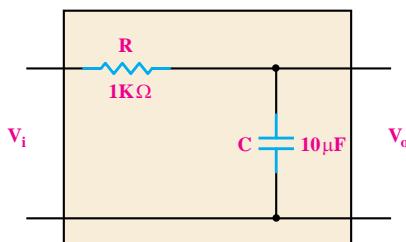
۱۸- در مدار شکل ۹-۷۶ فرکانس رزونانس را به دست آورید.

- ۲۲- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر، چه نوع اطلاعاتی در اختیار ما می‌گذارد؟
- الف) پایین گذر
  - ب) بالا گذر
  - ج) میان گذر
  - د) میان نگذر



شکل ۹-۷۶

۲۳- فرکانس قطع را در فیلتر شکل ۹-۷۸ به دست آورید.



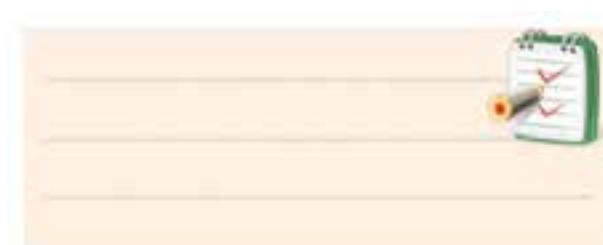
شکل ۹-۷۸

۱۹- در یک مدار RLC موازی،  $f_r = 10 \text{ KHz}$  و  $Q_r = 5$  است. پهنه‌ی باند چند هرتز است؟

الف)  $\frac{200}{\pi} \text{ ج} )$       ب)  $\frac{2000}{\pi} \text{ ج} )$       ج)  $200 \text{ د) } 2000$

۲۰- در فرکانس قطع یک فیلتر RC، رابطه‌ی  $R$ ،  $X_C$  کدام است؟

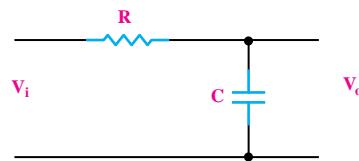
الف)  $R < X_C$       ب)  $R = X_C$       ج)  $R > X_C$



بخشنده

۲۴- فیلتر RC شکل ۹-۷۹ فرکانس‌های زیاد را از خود

عبور ..... .



شکل ۹-۷۹

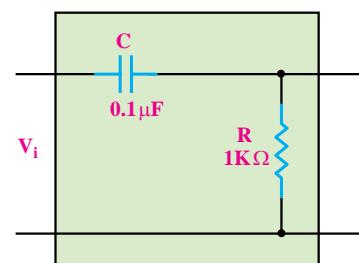
الف) می‌دهد ..... ب) نمی‌دهد

۲۷- فرکانس تشدید مدار RLC سری با مقادیر زیر را

محاسبه کنید.

$$R = 40\Omega \text{ و } L = 300\mu H \text{ و } C = 300\text{PF}$$

۲۵- فرکانس قطع فیلتر شکل ۹-۸۰ چند هرتز است؟



شکل ۹-۸۰

الف- ۱۰۰۰ ب- ۱۰۰

$$\frac{5000}{\pi} \text{ د- } \frac{100}{\pi} \text{ ج- }$$

۲۸- در یک مدار فیلتر بالاگذر RC مقدار مقاومت

۱۶ KΩ است. مقدار C حداقل چقدر باشد تا موجی با

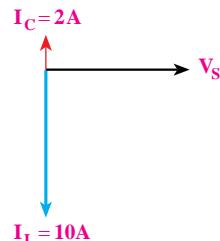
فرکانس ۱ KHz به خوبی عبور کند؟

۲۶- دیاگرام برداری یک مدار LC موازی مطابق شکل

۹-۸۱ است. در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۵۰ اهم

باشد مقدار راکتانس سلف و جریان کل مدار چقدر است؟

$$(f=50\text{Hz})$$



شکل ۹-۸۰