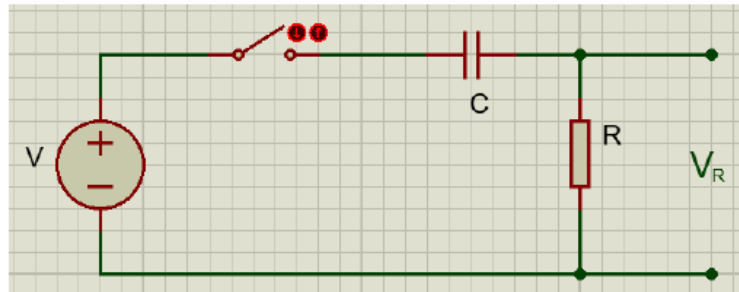


۱- پاسخ مدارهای RC در حوزه‌ی زمان

مدار شکل ۵-۱۲ را یک مدار RC بالا گذر می‌گویند. در این مدار $R = 1k\Omega$ ، $C = 0.33\mu F$ و به‌عنوان منبع تغذیه از یک ولتاژ ۵ ولت DC استفاده کنید. برای سادگی مدار را به حالت شناور قرار دهید به این معنا که لازم نیست نقطه‌ای از مدار را زمین قرار دهید و برای تعیین ولتاژ هر عنصری از مدار، پروب‌های اسکوپ (که یکی از آن‌ها زمین است) را دو سر آن قرار دهید.



شکل ۵-۱۲

الف- مقدار عددی ثابت زمانی مدار را به دست آورید.

$$\tau = RC = 10^3 * 0.33 * 10^{-6} = 330\mu s$$

ب- پس از مشاهده‌ی پاسخ گذرای خروجی در اسیلوسکوپ، شکل موج خروجی را به حالت single shot تبدیل کنید. (برای انجام این کار باید اسیلوسکوپ راتریگر کنید بعد از آن خازن را با اتصال کوتاه دو سر آن دشارژ کنید).

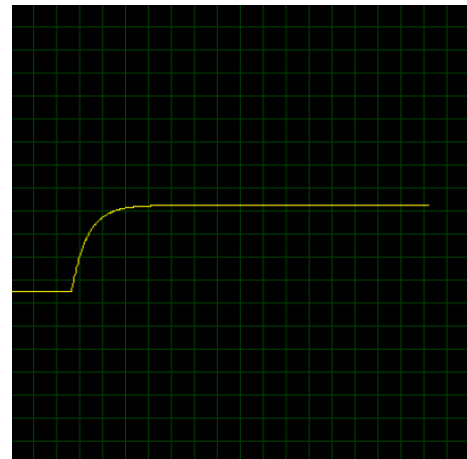
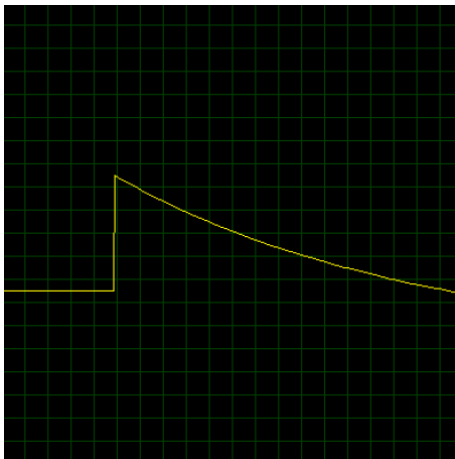
پ- فرم تابعی و ثابت زمانی مدار را روی اسیلوسکوپ راستی آزمایی کنید. نشان دهید که ولتاژ بعد از ثابت زمانی ۶۳/۲٪ ولتاژ ورودی است. برای ارزیابی فرم تابعی به‌گونه‌ای عمل کنید که شکل موج مورد انتظارتان به یک خط مستقیم تبدیل شود برای این کار اگر $v(t)$ به‌صورت زیر باشد:

$$v = Ae^{-t/\tau}$$

آنگاه

$$\ln A = \ln A - t/\tau$$

معادله‌ی بالا داده‌ها را با استفاده از یک راه "طبیعی" بیان می‌کند. راهی برای نمایش داده‌ها پیدا کنید که داده‌ها با یک خط صاف با شیب $-1/\tau$ تغییر کنند.



ت- تابع ورودی مدار شما یک تابع پله است که با بستن کلید روشن می‌شود. هنگامی که به دنبال پیدا کردن پاسخ مدارهای RC هستیم در مورد زمان‌هایی صحبت می‌کنیم که در مقایسه با ثابت زمانی کوتاه یا بلند هستند.

- مشتق تابع پله چگونه نمایش داده می‌شود؟
- کدام قسمت(های) شکل موج خروجی از مشتق سیگنال ورودی تقلید می‌کند؟ آیا این موضوع با معادلات بالا مطابقت دارد؟

مشتق تابع پله را می‌توان با تابع ضربه نشان داد.

پاسخ پله ولتاژ مقاومت همانند ضربه عمل می‌کند. زیرا از مقداری بزرگ به کم میل می‌کند و خروجی ولتاژ تا قبل از خالی شدن خازن تابع ضربه را نشان می‌دهد.

پاسخ پله ولتاژ خازن همانند تابع شیب عمل می‌کند. با گذر زمان ولتاژ آن زیاد می‌شود و خروجی ولتاژ خازن، این تابع را نشان می‌دهد.

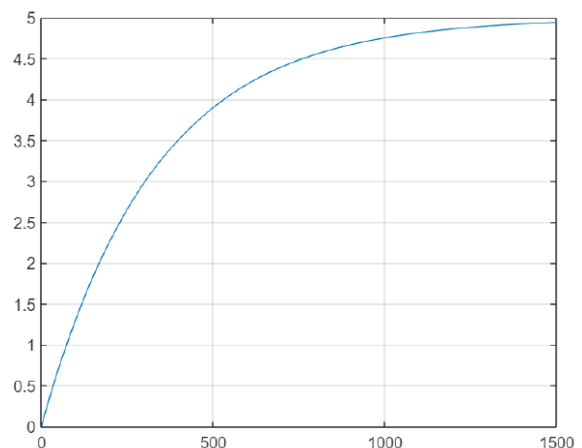
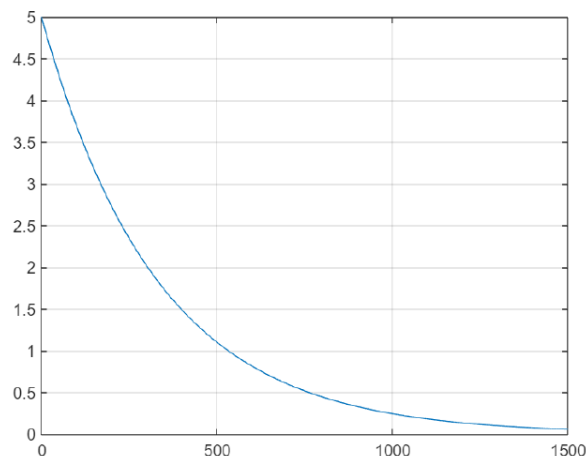
ولتاژ دو سر خازن

ث- در مدار بالا جای R و C را عوض کنید. به این مدار، مدار RC پایین گذر گفته می‌شود. پاسخ گذرای دو سر C را اندازه‌گیری کنید.

د- نمودار ولتاژ دو سر خازن برحسب تابعی از زمان را به‌طور مناسب رسم کنید. توجه کنید که نمودار ولتاژ دو سر خازن به‌طور کامل نمایی نیست. بنابراین گرفتن ln از داده‌ها یک شکل خطی از آن‌ها را به شما نمی‌دهد. به این موضوع فکر کنید که علاوه بر گرفتن ln چه تغییر کوچکی در داده‌هایتان باید اعمال کنید.

$$v_R(t) = 5e^{-\frac{t}{330\mu}}$$

$$v_C(t) = 5\left(1 - e^{-\frac{t}{330\mu}}\right)$$

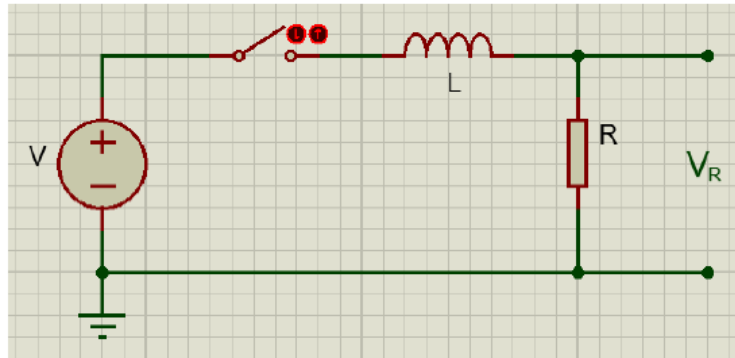


۲- پاسخ مدارهای RL در حوزه‌ی زمان

مدار شکل ۵-۱۳ یک مدار RL پایین گذر است. سلف‌های واقعی یک پیچیدگی کوچک دارند: آن‌ها یک مقاومت داخلی R_L دارند که به صورت کلی قابل چشم‌پوشی نیست. بنابراین معادله‌ی به دست آوردن $v(t)$ به صورت زیر می‌شود:

$$v(t) = \left[L \frac{di}{dt} + iR_L \right] + iR$$

مقاومت داخلی سلف‌ها معمولاً داخل شکل مدارها نشان داده نمی‌شود اما همیشه باید در نظر گرفته شود. برای مثال شما نمی‌توانید مستقیماً ولتاژ دو سر سلف را به تنهایی اندازه‌گیری کنید. ولتاژ ظاهری‌ای که از دو سر سلف می‌خوانید ولتاژ L و R_L به صورت سری است. در واقع R_L مقاومت DC سیم‌های پیچیده شده‌ی سلف است.



شکل ۵-۱۳

الف- مقاومت ظاهری و اندوکتانس سلف را با استفاده از اهم‌متر و مولتی‌متر اندازه‌گیری کنید.

ب- مدار شکل ۵-۸ را ببندید. از یک مقاومت سری R در شکل ۵-۸ که مقدارش قابل مقایسه با مقدار R_L باشد استفاده کنید.

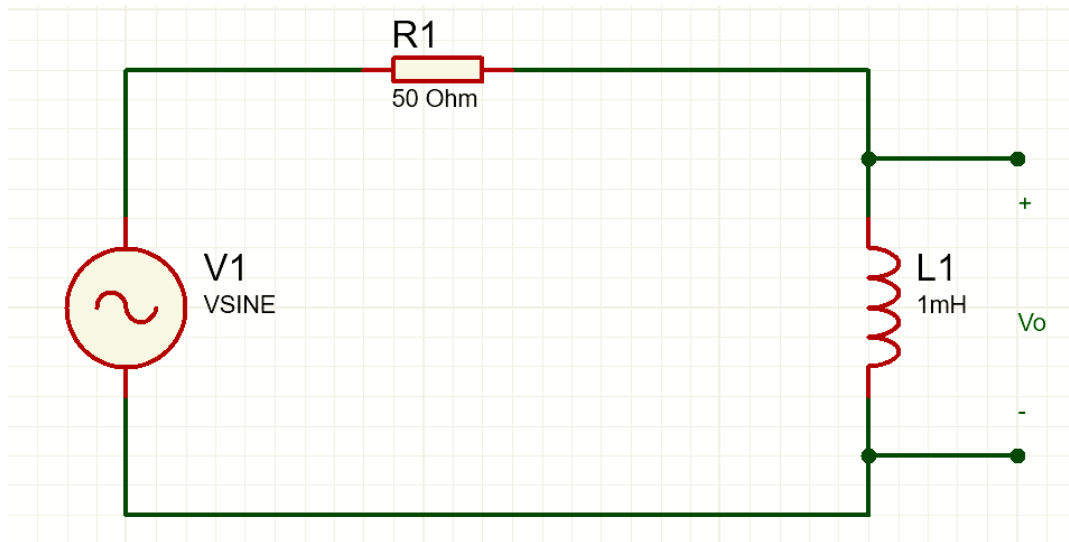
پ- فرم تابعی و ثابت زمانی ولتاژ دو سر R را مشابه با آنچه برای مدار RC انجام دادید اندازه‌گیری کنید. همچنین مقدار نهایی ولتاژ دو سر R را ذکر کنید.

مقدار اولیه و نهایی ولتاژ دو سر L چقدر است؟

ت- R_L چیست؟ برای پیدا کردن R_L به صورت تئوری حداقل دو راه وجود دارد: از طریق ثابت زمانی و از ولتاژ نهایی دو سر R. آیا این دو مقدار با یکدیگر مطابقت دارند؟ آیا این مقادیر با مقدار اندازه‌گیری شده با اهم‌متر مطابقت دارند؟

مقاومت ظاهری در مدارهای متناوب است و با اهم‌متر نمی‌توان مقاومت ظاهری سلف را اندازه‌گیری کرد.

همچنین برای محاسبه ضریب القاگری سلف باید آن را در مدار قرار داد.



$$V_1(t) - i(t)R_1 - L \frac{di(t)}{dt} = 0$$

$$I(t) = \frac{Le^{\frac{-t}{L/R}} - L\cos(t) + R\sin(t)}{L^2 + R^2}$$

$$V_R(t) = \frac{Le^{\frac{-t}{L/R}} - L\cos(t) + R\sin(t)}{L^2 + R^2} * R$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{1m}{50} = 20\mu s$$

$$V_R(t) = \frac{-L\cos(t) + R\sin(t)}{L^2 + R^2} * R$$

$$V_L(t) = \frac{L}{L^2 + R^2} * \frac{d}{dt}(-L\cos(t) + R\sin(t))$$

۳- پاسخ مدارهای RL و RC در حوزه‌ی فرکانس

فیلتر RC پایین گذر شکل ۷-۵ را با مشخصات $R = 22k\Omega$ ، $C = 0.008\mu F$ و یک منبع تغذیه‌ی سینوسی با دامنه‌ی ۵ ولت ببندید.

الف- فرکانس قطع مدار را برحسب هرتز به دست آورید.

ب- برای هر دو پیکربندی مشتق‌گیر و انتگرال‌گیر V_i و V_o را در محدوده‌ی فرکانسی $f_c \pm 10Hz$ اندازه‌گیری کنید. در یک پیکربندی V_o ولتاژ دو سر R و در پیکربندی دیگر V_o ولتاژ دو سر C است.

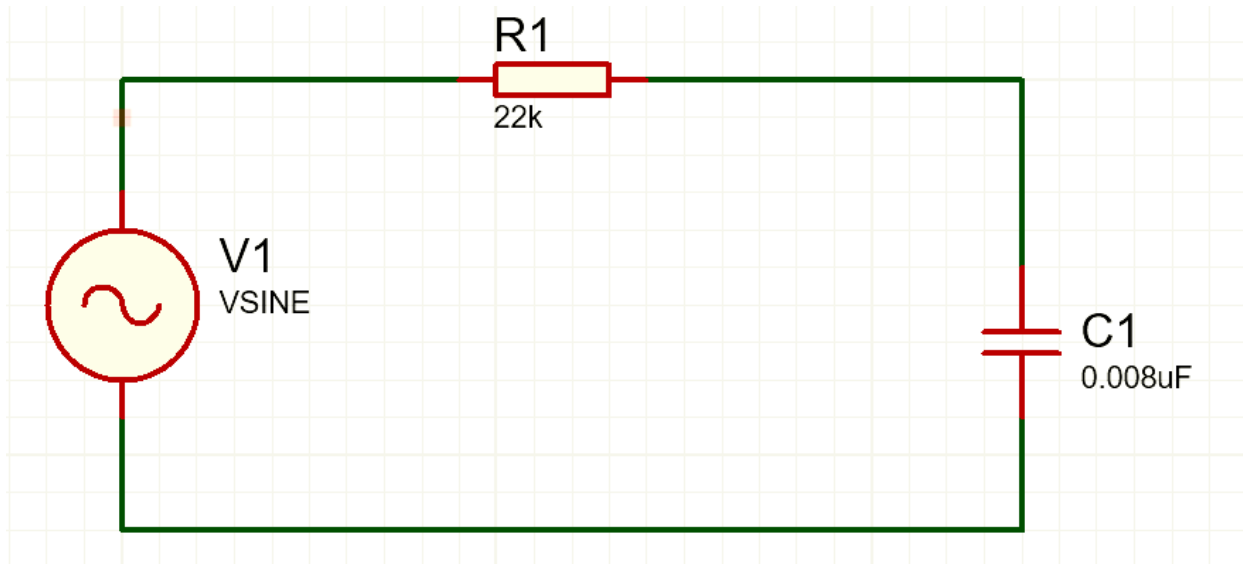
پ- در فرکانس‌های ۵، ۲۰، ۵۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کنید و اختلاف فاز بین موج ورودی و خروجی را به دو روشی که گفته شد از روی اسیلوسکوپ و رابطه‌ی تعیین اختلاف فاز و به کمک منحنی‌های لیسازوس بیابید. همچنین منحنی تغییرات V_o برحسب فرکانس را رسم کنید.

ت- آیا حتماً باید از حالت ورودی AC coupling اسکوپ برای اندازه‌گیری استفاده کنید؟

ث- فرکانسی که در آن $|V_C(f)| = |V_R(f)|$ می‌شود را به دست آورید. مقدار اندازه‌گیری شده را با مقدار محاسبه‌شده مقایسه کنید.

د- ۵ قسمت قبل را برای فیلتر RL پایین گذر شکل ۷-۵ تکرار کنید. برای R از یک مقاومت ۲/۲ اهمی استفاده کنید و L و R_L را اندازه‌گیری کنید.

ذ- کدام مدار، RC یا RL، عملکرد بهتری به‌عنوان فیلتر پایین گذر دارد؟ چرا؟



$$V_1 = 5\sin(t)$$

$$f_c = 1/2\pi RC = 7.23 \text{ Hz}$$

ولتاژ ورودی و خروجی در پیکربندی انتگرال‌گیر:

$$V_i = 5 \text{ V}$$

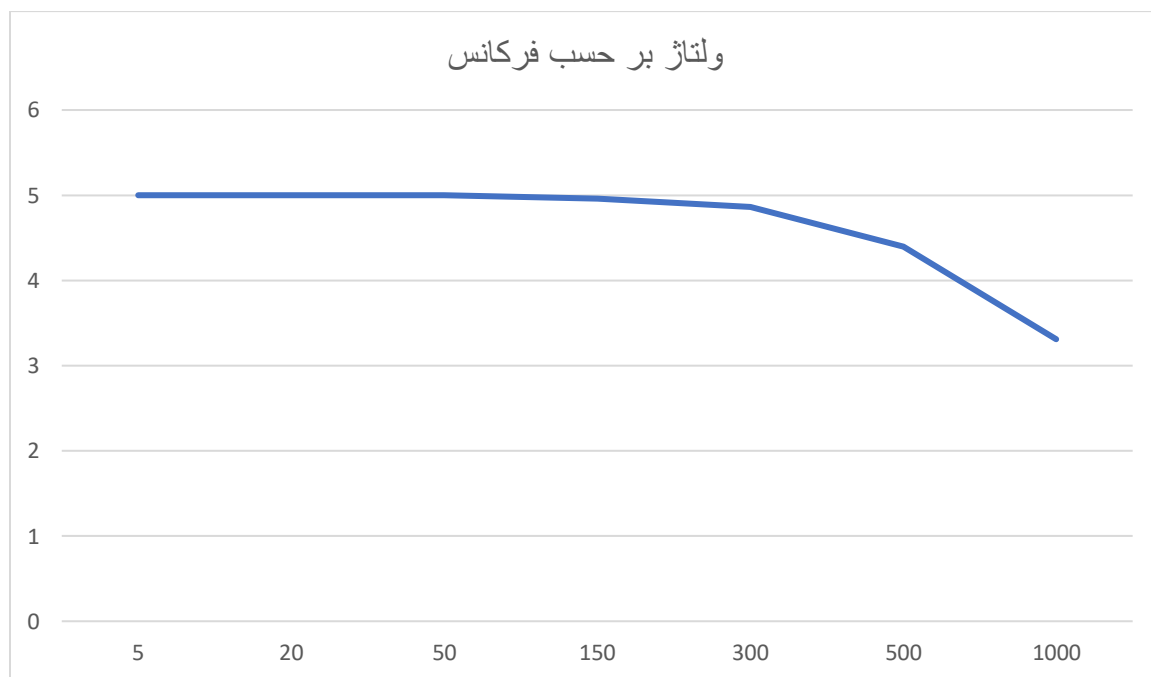
$$V_o = 4.92 \text{ V}$$

ولتاژ ورودی و خروجی در پیکربندی مشتق گیر:

$$V_i = 5 \text{ V}$$

$$V_o = 0.06 \text{ V}$$

| f | 5 | 20 | 50 | 150 | 300 | 500 | 1000 |
|--------------|---|----|------|------|------|------|-------|
| V_o | 5 | 5 | 5 | 4.96 | 4.86 | 4.40 | 3.31 |
| $\Delta\Phi$ | 0 | 0 | 0.03 | 0.67 | 1.85 | 5.65 | 18.85 |



در ۸۹۲ هرتز، ولتاژ دو سر مقاومت و خازن برابر است.

فیلترهای پایین گذر RC کارآمدتر از فیلترهای RL هستند. زیرا امپدانس خازن با افزایش فرکانس کاهش می یابد و ولتاژ روی مقاومت کاهش می یابد، اما در فیلترهای RL امپدانس القاء می شود و از رسیدن بارها به بار جلوگیری می کند.