عنوان پروژه:

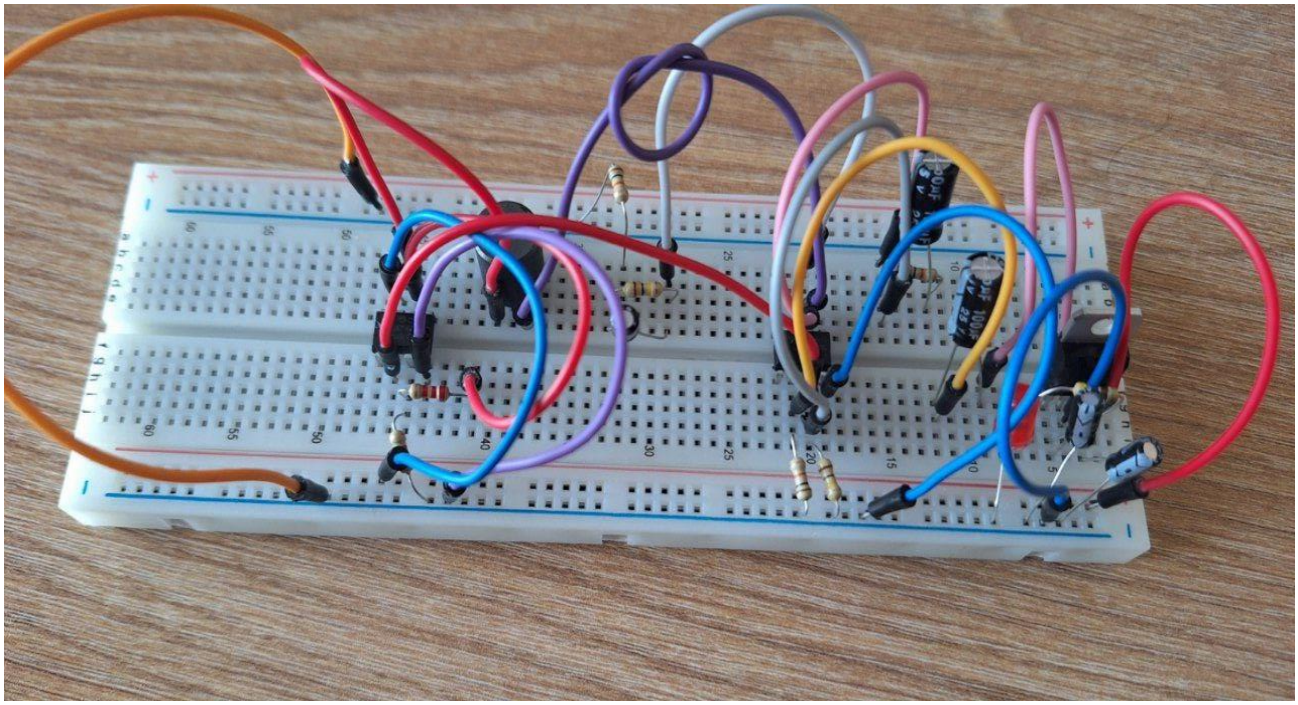
مدار تقویت کننده تفاضلی

نام استاد :

جناب آقای دکتر افضلیان

اعضای گروه :

علیرضا منتجب ، ارغوان معماری ، عرفان فقهی ، علی وثوق نیا

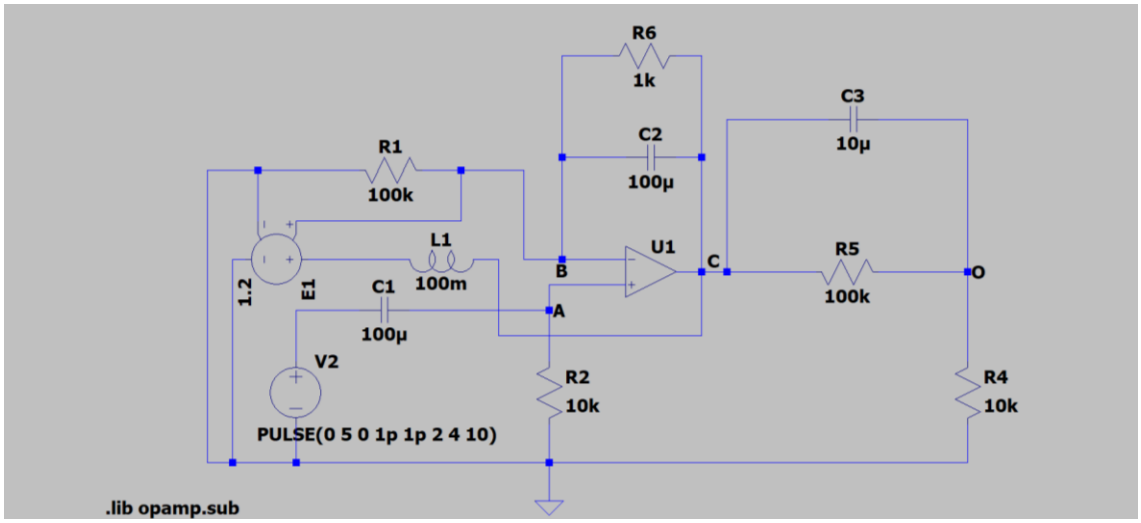


فهرست مطالب صفحه

شماتیک و توضیحات مدار.....۴
معادله توصیف کننده ی مدار.....۴
پاسخ ورودی صفر.....۵
فرکانس های طبیعی.....۶
نوسان مدار.....۶
پاسخ پله.....۶
پاسخ ضربه..... ۷
معادلات حالت..... ۸
حالت دایمی سینوسی.....۱۰
تابع شبکه.....۱۱
امپدانس و ادمیتانس دیده شده از دو سر منبع.....۱۲
توان و بازدهی.....۱۳

شماتیک و توضیحات مدار

مدار زیر یک مدار تقویت کننده تفاضلی می‌باشد . این مدار میتواند به عنوان یک فیلتر فعال یا تقویت کننده تفاضلی استفاده شود که سیگنال‌های ورودی را تقویت و یا فیلتر می‌کند. بسته به طراحی و مقادیر المان‌های مختلف، این مدار می‌تواند به عنوان یک فیلتر پایین‌گذر ، فیلتر بالاگذر یا فیلتر باندگذر عمل کند. عمل کند.



معادله توصیف کننده ی مدار

معادله کلی را با کمک عملگر D بدست می آوریم

$$KCL\ in\ node\ A: c_1\frac{d(v_+-v_{in})}{dt}=\frac{v_+}{R_2}$$

$$C_1D(V_+)-C_1D(V_{in})-\frac{V_+}{R_2}=0$$

$$V_+=V_-=\frac{C_1D}{(C_1D-\frac{1}{R_2})}V_{in}$$

$$KCL\ in\ node\ B: \frac{V_-}{R_1}+C_2\frac{d(V_--V_1)}{dt}+\frac{V_--V_1}{R_6}=0$$

$$V_-(C_2D+\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_6})=V_1(C_2D+\frac{1}{R_6})$$

$$KCL\ in\ node\ O: \frac{V_{out}-V_1}{R_5}+C_3\frac{d(V_{out}-V_1)}{dt}+\frac{V_{out}}{R_4}=0$$

$$V_{out}(\frac{1}{R_5}+C_3D+\frac{1}{R_4})=V_1(\frac{1}{R_5}+C_3D)$$

$$\boldsymbol{V_{out}(\frac{1}{R_5}+C_3D+\frac{1}{R_4})=\frac{(C_2D+\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_6})}{(C_2D+\frac{1}{R_6})}\frac{C_1D}{(C_1D-\frac{1}{R_2})}V_{in}}$$

پاسخ ورودی صفر

با فرض نبود منبع و ولتاژ ها و جریان اولیه ی خازن و سلف :

$$v_{c_1}(0) = v_{c_2}(0) = v_{c_3}(0) = 1v$$

$$i_L(0) = 0.5$$

$$KCL\ in\ node\ A : c_1 \frac{dv_+}{dt} + \frac{v_+}{R_2} = 0$$

$$v_+ = k e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}$$

$$K = v_{c_1}(0)$$

$$\boldsymbol{v_+ = e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}}$$

$$KCL\ in\ node\ B : \frac{v_-}{R_1} + \frac{v_- - v_1}{R_6} + c_2 \frac{dv_- - v_1}{dt} = 0$$

$$\left(\frac{v_{c_1}(0)}{c_2 R_1} + \frac{v_{c_1}(0)}{c_2 R_1} + \frac{v_{c_1}(0)}{c_1 R_2}\right) e^{-\frac{t}{R_2 c_1}} = \frac{dv_1}{dt} + \frac{v_1}{c_2 R_6}$$

$$v_1 = k_1 e^{-\frac{t}{R_6 c_2}} + A e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}$$

$$A = \frac{\left(\frac{v_{c_1}(0)}{c_2 R_1} + \frac{v_{c_1}(0)}{c_2 R_1} + \frac{v_{c_1}(0)}{c_1 R_2}\right)}{\frac{1}{c_2 R_6} - \frac{1}{c_1 R_2}} = 0.03$$

$$v_1(0) = v_{c_1}(0) + v_{c_2}(0) = k_1 + A$$

$$k_1 = v_{c_1}(0) + v_{c_2}(0) - A = 1.97$$

$$KCL\ in\ node\ O : \frac{v_{out} - v_1}{R_5} + c_3 \frac{dv_{out} - v_1}{dt} + \frac{v_{out}}{R_4} = 0$$

$$\frac{v_{out}}{c_3 R_5} + \frac{dv_{out}}{dt} + \frac{v_{out}}{R_4 c_3} = \frac{v_1}{c_3 R_5} + \frac{dv_1}{dt}$$

$$v_{out} = B e^{-\frac{t(c_3 R_5 + R_4 c_2)}{c_3 R_5 R_4 c_3}} + C e^{-\frac{t}{R_6 c_2}} + D e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}$$

$$v_{out}(0) = v_{c_1}(0) + v_{c_2}(0) + v_{c_3}(0) = 3 = B + C + D$$

$$e^{-\frac{t}{R_6 c_2}}\left(\frac{k_1}{c_3 R_5} + \frac{-k_1}{c_2 R_6}\right) + e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}\left(\frac{A}{c_3 R_5} + \frac{-A}{c_1 R_2}\right) = \frac{v_{out}}{c_3 R_5} + \frac{dv_{out}}{dt} + \frac{v_{out}}{R_4 c_3}$$

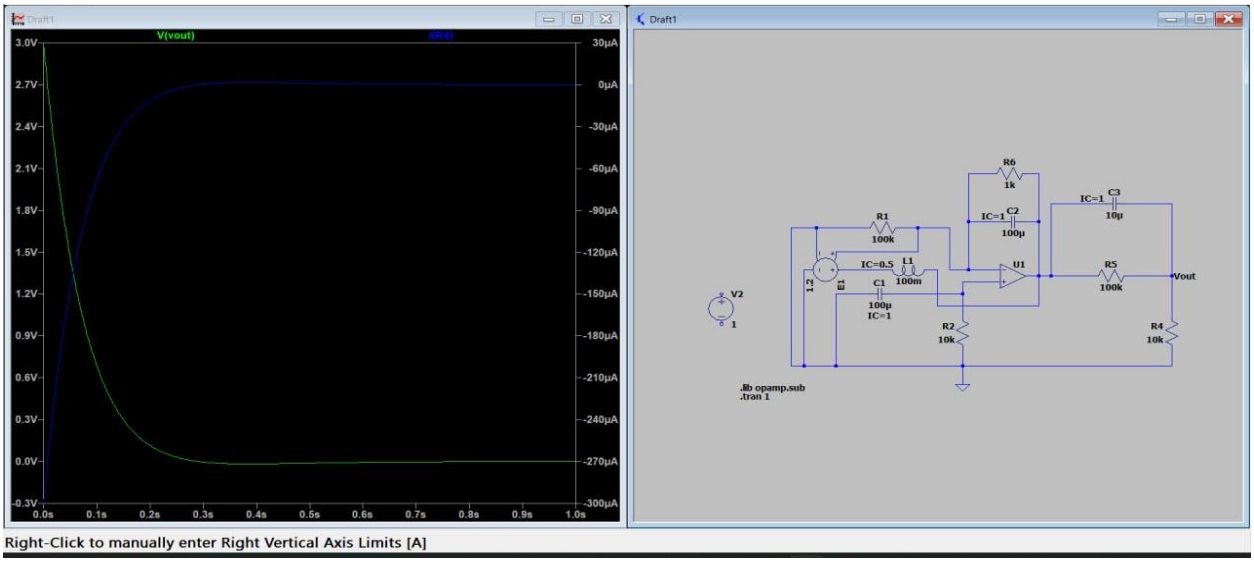
$$e^{-\frac{t}{R_6 c_2}}\left(\frac{k_1}{c_3 R_5} + \frac{-k_1}{c_2 R_6}\right) + e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}\left(\frac{A}{c_3 R_5} + \frac{-A}{c_1 R_2}\right) = \frac{C e^{-\frac{t}{R_6 c_2}} + D e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}}{c_3 R_5} +$$

$$\frac{-C}{c_2 R_6} e^{-\frac{t}{R_6 c_2}} + \frac{-D}{c_1 R_2} e^{-\frac{t}{R_2 c_1}} + \frac{C e^{-\frac{t}{R_6 c_2}} + D e^{-\frac{t}{R_2 c_1}}}{c_3 R_4}$$

$$C=\frac{\frac{k_1}{c_3R_5}+\frac{-k_1}{c_2R_6}}{\frac{-1}{c_2R_6}+\frac{1}{c_3R_5}+\frac{1}{c_3R_4}}=-0.2 \qquad D=\frac{\frac{A}{c_3R_5}+\frac{-A}{c_1R_2}}{\frac{-1}{c_1R_2}+\frac{1}{c_3R_5}+\frac{1}{c_3R_4}}=-0.003 \qquad B=3.20$$

$$v_{out} = 3.203e^{-11t} - 0.2e^{-10t} - 0.003e^{-0.1t}$$

فرکانس های طبیعی مدار ضرایب t در معادله است که عبارتند از : ۱۱ و ۱۰ و ۰,۱



نوسان مدار

در صورتی در پاسخ مدار نوسانی دیده نمیشود که ریشه موهومی بین ریشه های معادله پاسخ صفر دیده نشود و با توجه به پاسخ ورودی صفر مدار مذکور نوسان ندارد.

پاسخ ورودی پله

$$KCL\ in\ node\ A: c_1\frac{dv_+}{dt}+\frac{v_+}{R_2}=c_1\frac{dv_{in}}{dt}$$

$$v_+ = ke^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)$$

$$\frac{-k}{R_2}e^{-\frac{t}{R_2c_1}}+kc_1\delta+\frac{ke^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}{R_2}=c_1\delta$$

$$k=1$$

$$\boldsymbol{v_+ = e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}$$

$$KCL\ in\ node\ B: \frac{v_-}{R_1}+c_2\frac{dv_-}{dt}+\frac{v_-}{R_6}=c_2\frac{dv_1}{dt}+\frac{v_1}{R_6} \qquad v_- = v_+$$

$$v_1 = Ae^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)+Be^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t)$$

$$\frac{e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}{R_1} - \frac{c_2}{c_1R_2}e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.\ u(t) + \frac{e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}{R_6} + c_2\delta = \frac{-Ac_2}{c_1R_2}e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.\ u(t) + \frac{-B}{R_6}e^{-\frac{t}{R_6c_2}}.\ u(t) +$$

$$Ac_2\delta + Bc_2\delta + \frac{Ae^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}{R_6} + \frac{Be^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t)}{R_6}$$

$$\frac{1}{R_1} - \frac{c_2}{c_1R_2} + \frac{1}{R_6} = \frac{-Ac_2}{c_1R_2} + \frac{A}{R_6}$$

A= 1.01

$c_2 = Ac_2 + Bc_2 \longrightarrow$ B=-0.01

$$\boldsymbol{v_1 = 1.01e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t) - 0.01e^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t)}$$

$$KCL\ in\ node\ O:\ \frac{v_{out}}{c_3R_5} + \frac{dv_{out}}{dt} + \frac{v_{out}}{R_4c_3} = \frac{v_1}{c_3R_5} + \frac{dv_1}{dt}$$

$$v_{out} = Ee^{-\frac{t(c_3R_5+R_4c_2)}{c_3R_5R_4c_3}}.u(t) + Ce^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t) + De^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)$$

$$\frac{Ee^{-\frac{t(c_3R_5+R_4c_2)}{c_3R_5R_4c_3}}.u(t) + Ce^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t) + De^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}{c_3R_5} - \frac{t(c_3R_5+R_4c_2)}{c_3R_5R_4c_3}Ee^{-\frac{t(c_3R_5+R_4c_2)}{c_3R_5R_4c_3}}.u(t) + E.\ \delta$$

$$-\frac{t}{R_6c_2}Ce^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t) + C.\ \delta - \frac{t}{R_2c_1}De^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t) + D.\ \delta +$$

$$\frac{Ee^{-\frac{t(c_3R_5+R_4c_2)}{c_3R_5R_4c_3}}.u(t) + Ce^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t) + De^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t)}{c_3R_4} = \frac{1.01e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.u(t) - 0.01e^{-\frac{t}{R_6c_2}}.u(t)}{c_3R_5} -$$

$$\frac{1.01}{R_2c_1}e^{-\frac{t}{R_2c_1}}.\ u(t) + 1.01\ \delta + \frac{0.01}{R_6c_2}e^{-\frac{t}{R_6c_2}}.\ u(t)\ -0.01\ \delta$$

$$\frac{C}{c_3R_4} - \frac{C}{c_2R_6} + \frac{C}{c_3R_5} = \frac{-0.01}{c_3R_5} + \frac{0.01}{R_6c_2} \qquad c=0.0001$$

$$\frac{D}{c_3R_4} - \frac{D}{c_1R_2} + \frac{D}{c_3R_5} = \frac{1.01}{c_3R_5} - \frac{1.01}{R_6c_2} \qquad B= -0.1$$

$$E + C + D = 1 \qquad D = 1.0999$$

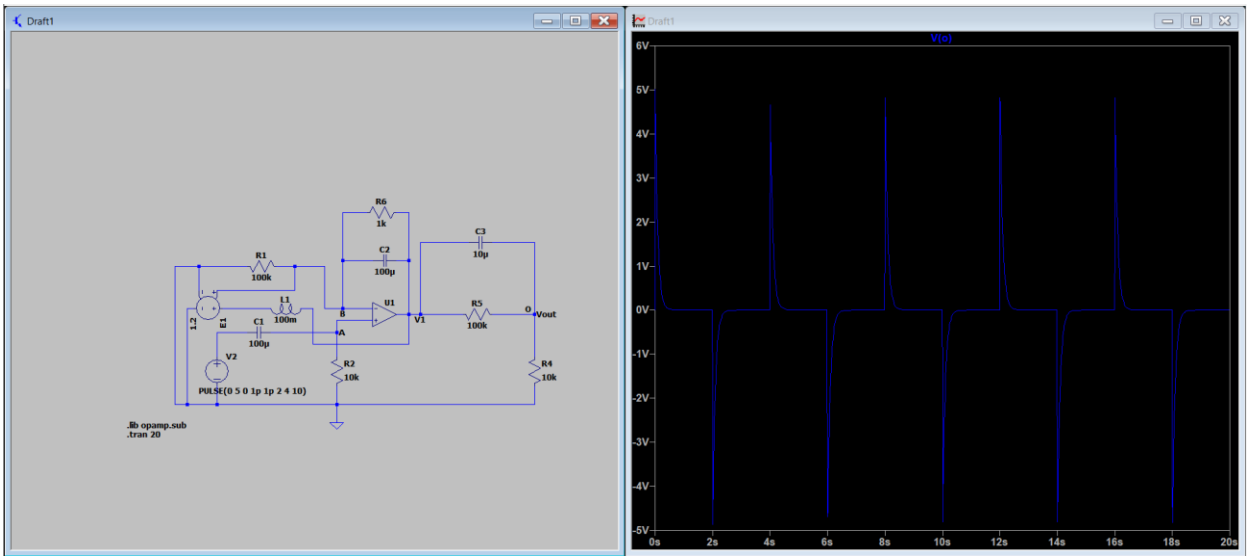
$$\boldsymbol{v_{out} = -0.1e^{-11t}.u(t) + 0.0001e^{-10t}.u(t) + 1.0999e^{-0.1t}.u(t)}$$

پاسخ ضربه

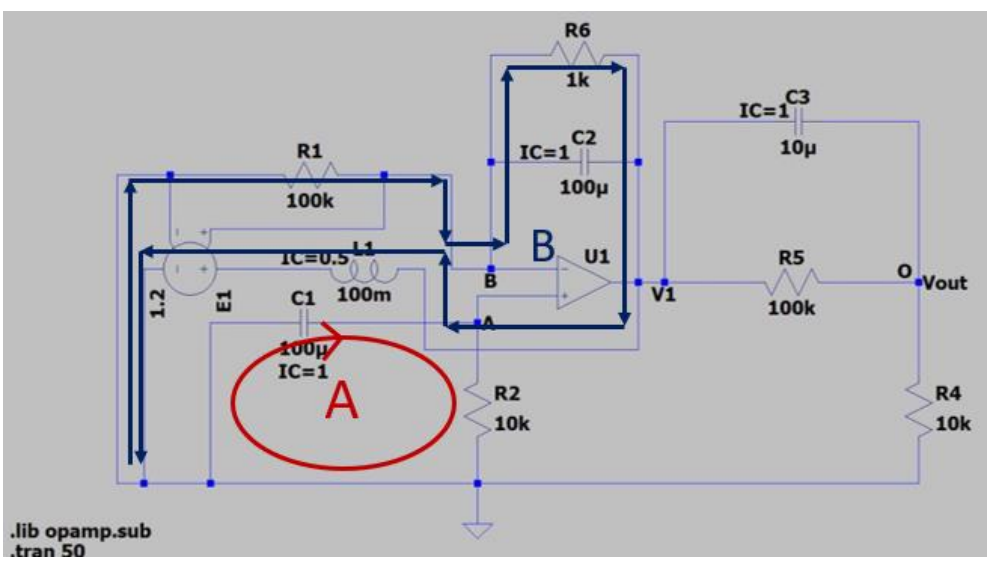
برای بدست آوردن پاسخ ضربه , تنها لازم است تا از پاسخ پله نسبت به زمان مشتق بگیریم که به صورت زیر است :

$$h(t)= 1.1e^{-11t}.u(t) +-0.1.\ \delta - 0.001e^{-10t}.u(t) + 0.0001.\ \delta - 0.1099e^{-0.1t}.u(t) +1.0999.\ \delta$$

$$\boldsymbol{h(t)= 1.1e^{-11t}.u(t) - 0.001e^{-10t}.u(t) - 0.1099e^{-0.1t}.u(t) + \delta}$$



معادلات حالت



$$KVL\ in\ loop\ A: -v_{C_1} + v_{R_2} = 0$$

$$v_+ = v_- = v_{R_2} = v_{c_1} = R_2\, I_{c_1} = C_1 R_2 \frac{dv_{c_1}}{dt}$$

$$v_{C_1} = C_1 R_2 \frac{dv_{c_1}}{dt}$$

$$\boldsymbol{\frac{dv_{c_1}}{dt} = \frac{v_{C_1}}{C_1 R_2}}$$

$$KCL\ in\ node\ B : I_{R_1} + I_{c_2} + I_{R_6} = 0$$

$$\frac{v_-}{R_1} + C_2 \frac{dv_{C_2}}{dt} + \frac{v_{c_2}}{R_6} = 0$$

$$\frac{v_{c_1}}{R_1} + C_2 \frac{dv_{C_2}}{dt} + \frac{v_{c_2}}{R_6} = 0$$

$$\boldsymbol{\frac{dv_{C_2}}{dt} = -\frac{v_{c_1}}{R_1 C_2} - \frac{v_{c_2}}{R_6 C_2}}$$

$$KVL\ in\ loop\ B : v_L + v_{E_1} - v_{R_1} + v_{R_6} = 0$$

$$L\frac{di_L}{dt} + v_{c_2} + 0.2 v_{c_1} = 0$$

$$\boldsymbol{\frac{di_L}{dt} = -\frac{v_{c_2}}{L} - \frac{0.2 v_{c_1}}{L}}$$

$$KCL\ in\ node\ O : I_{R_4} + I_{c_3} + I_{R_5} = 0$$

$$\frac{v_{out}}{R_4} + C_3 \frac{dv_{C_3}}{dt} + \frac{v_{c_3}}{R_5} = 0$$

$$v_{out} + v_{c_3} = v_1$$

$$v_1 - v_{c_2} = v_-$$

$$v_{out} = v_{c_2} + v_- - v_{c_3} = v_{c_2} + v_{c_1} - v_{c_3}$$

$$\frac{dv_{c_3}}{dt} = -\frac{v_{out}}{R_4 c_3} - \frac{v_{c_3}}{R_5 c_3}$$

ماتریس معادلات حالت

$$\boldsymbol{\frac{dv_{c_1}}{dt} = \frac{v_{C_1}}{C_1 R_2}}$$

$$\frac{dv_{C_2}}{dt} = -\frac{v_{c_1}}{R_1C_2} - \frac{v_{c_2}}{R_6C_2}$$

$$\frac{dv_{c_3}}{dt} = -\frac{v_{c_1}}{R_4c_3} - \frac{v_{c_2}}{R_4c_3} + (\frac{1}{R_4c_3} - \frac{1}{R_5c_3})v_{c_3}$$

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{0.2v_{c_1}}{L} - \frac{v_{c_2}}{L}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{dv_{c_1}}{dt} \\ \frac{dv_{C_2}}{dt} \\ \frac{dv_{c_3}}{dt} \\ \frac{di_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{v_{C_1}}{C_1R_2} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{v_{c_1}}{R_1C_2} & -\frac{v_{c_2}}{R_6C_2} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_4c_3} & -\frac{1}{R_4c_3} & (\frac{1}{R_4c_3} - \frac{1}{R_5c_3}) & 0 \\ -\frac{0.2v_{c_1}}{L} & -\frac{v_{c_2}}{L} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{c_1} \\ v_{c_2} \\ v_{c_3} \\ i_L \end{bmatrix}$$

برای نداشتن پاسخ گذرا شرایط اولیه و مشتقاتشان باید صفر باشند :

$$i_L(0) = v_{c_1}(0) = v_{c_2}(0) = v_{c_3}(0) = \frac{d^n i_L(0)}{dt^n} = \frac{d^n v_{c_1}(0)}{dt^n} = \frac{d^n v_{c_2}(0)}{dt^n} = \frac{d^n v_{c_3}(0)}{dt^n} = 0v$$

حالت دایمی سینوسی

$$KCL\ in\ node\ A : \frac{v_+ - v_{in}}{\frac{1}{j\omega c_1}} + \frac{v_+}{R_2} = 0$$

$$(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2})v_+ = j\omega C_1 v_{in}$$

$$v_+ = \frac{j\omega C_1 v_{in}}{(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2})}$$

$$KCL\ in\ node\ B : \frac{v_-}{R_1} + \frac{v_- - v_1}{R_6} + \frac{v_- - v_1}{\frac{1}{j\omega c_1}} = 0$$

$$v_+(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1} + j\omega c_2) = (\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)v_1$$

$$v_1 = \frac{(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1} + j\omega c_2)}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)} v_+ = \frac{(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1} + j\omega c_2)}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)} \frac{j\omega C_1 v_{in}}{(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2})}$$

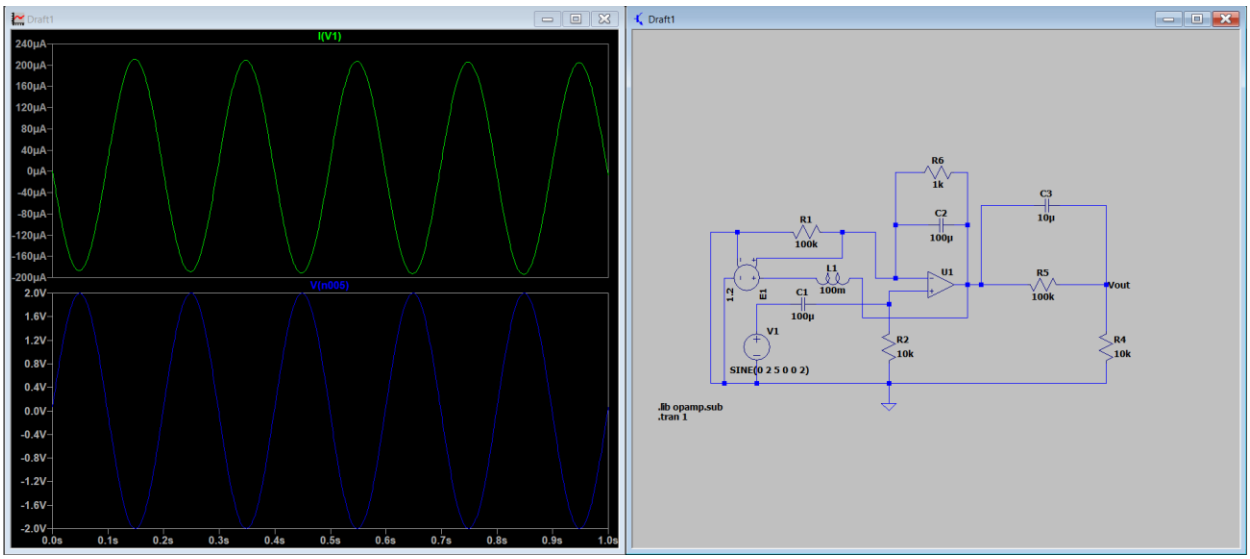
$$KCL\ in\ node\ O : \frac{v_{out} - v_1}{R_5} + j\omega c_3(v_{out - v_1}) + \frac{v_{out}}{R_4} = 0$$

$$v_{out} = \frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right)v_1}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right)}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} \frac{(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1} + j\omega c_2)}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)} \frac{j\omega C_1 v_{in}}{(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2})}$$

$$v_T = 5\cos(5t)$$

$$v_{out} = \frac{-3.725j - 13.875}{5.3j - 4.4} = \frac{13.36e^{-85.8j}}{8.73e^{50.3j}} = 1.53e^{-136.1j}$$

$$V_{out} = 1.53\cos(5t - 136.1)$$



تابع شبکه

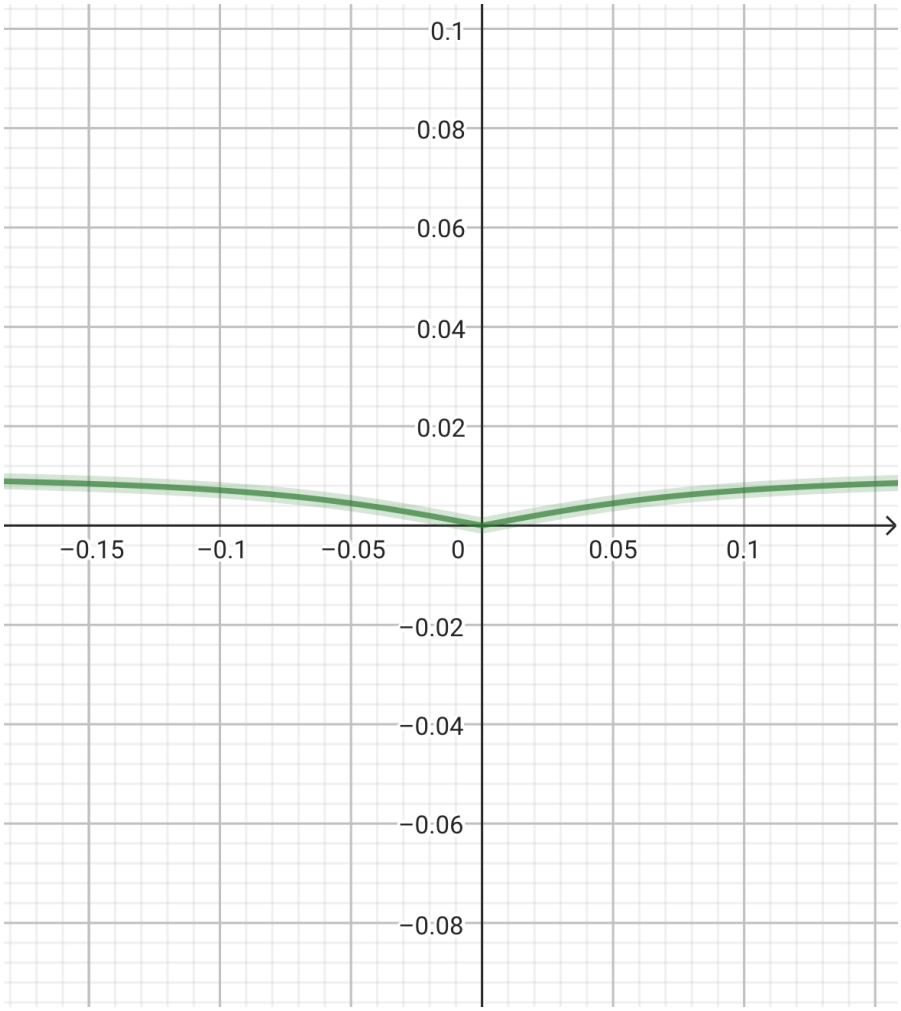
$$H(j\omega) = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right)}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} \frac{\left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1} + j\omega c_2\right)}{\left(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2\right)} \frac{j\omega C_1}{\left(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2}\right)}$$

اندازی ی تابع شبکه :

$$|H(j\omega)| = \frac{\sqrt{(\frac{1}{R_5})^2 + (j\omega C_3)^2}}{\sqrt{(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_4})^2 + (j\omega C_3)^2}} \frac{\sqrt{(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1})^2 + (j\omega C_2)^2}}{\sqrt{(\frac{1}{R_6})^2 + (j\omega C_2)^2}} \frac{|\omega C_1|}{\sqrt{(\frac{1}{R_2})^2 + (j\omega C_1)^2}}$$

$$|H(j\omega)| = \frac{\sqrt{(10^{-5})^2 + (10^{-5}\omega)^2}}{\sqrt{(10^{-5} + 10^{-3})^2 + (10^{-5}\omega)^2}} \frac{\sqrt{(10^{-3} + 10^{-5})^2 + (10^{-4}\omega)^2}}{\sqrt{(10^{-3})^2 + (10^{-4}\omega)^2}} \frac{|10^{-4}\omega|}{\sqrt{(10^{-5})^2 + (10^{-4}\omega)^2}}$$

نمودار اندازه ی تابع شبکه بر حسب فرکانس :



ادمیتانس و امپدانس دیده شده از دو سر منبع

برای محاسبه ی ادمیتانس و امپدانس دیده شده از دو سر منبع از منبعی با ولتاژ ازمایشی و جریان ازمایشی (v_T و I_T) استفاده میکنیم و معادله ای بر حسب این دو متغیر بدست می اوریم.

$$I_T = \frac{v_+}{R_2} \qquad KCL\ in\ node\ A : \frac{v_+ - v_T}{\frac{1}{j\omega c_1}} + I_T = 0$$

$$\boldsymbol{v_+ = v_T - \frac{I_T}{j\omega c_1}}$$

$$KCL\ in\ node\ B: \frac{v_-}{R_1} + \frac{v_- - v_1}{R_6} + \frac{v_- - v_1}{\frac{1}{j\omega c_2}} = 0$$

$$\boldsymbol{v_1 = \frac{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} + j\omega c_2)(v_T - \frac{I_T}{j\omega c_1})}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)}}$$

$$\frac{v_{out-v_1}}{R_5} + j\omega c_3(v_{out-v_1}) + \frac{v_{out}}{R_4} = 0$$

$$\boldsymbol{v_{out} = \frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right) v_1}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right)}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} \frac{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} + j\omega c_2)(v_T - \frac{I_T}{j\omega c_1})}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)}}$$

این عبارت را با عبارت بدست امده از برسی حالت دایمی سینوسی مساوی میگذاریم:

$$\frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right)}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} \frac{(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_6} + j\omega c_2)(v_T - \frac{I_T}{j\omega c_1})}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)} = \frac{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3\right)}{\left(\frac{1}{R_5} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_4}\right)} \frac{(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_1} + j\omega c_2)}{(\frac{1}{R_6} + j\omega c_2)} \frac{j\omega C_1 v_T}{(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2})}$$

$$v_T - \frac{I_T}{j\omega c_1} = \frac{j\omega C_1 v_T}{(j\omega c_1 + \frac{1}{R_2})}$$

$$\boldsymbol{v_T = \frac{I_T}{(1 - J\omega C_1)(J\omega C_1)} + \frac{1}{(1 - J\omega C_1)(J\omega C_1 + \frac{1}{R_2})}}$$

$$\boldsymbol{Z(j\omega) = \frac{1}{(1 - J\omega C_1)(J\omega C_1)}} \qquad \boldsymbol{Y(j\omega) = (1 - J\omega C_1)(J\omega C_1)}$$

با فرض ورودی بصورت زیر و به کمک این معادله می توانیم جریان گذرنده از منبع (I_T) را بدست اوریم

$$v_T(t) = \mathbf{5\cos(5t)}$$

$$\mathbf{5} = \frac{I_T}{(1 - J5.10^{-4})(J5.10^{-4})} + \frac{1}{(1 - J5.10^{-4})(J5.10^{-4} + 10^{-5})}$$

$$\boldsymbol{I_T = -1 - 0.0175J = 1e^{269J}}$$

$$\boldsymbol{I_T(t) = \cos(5t + 269)}$$

توان و بازده بار

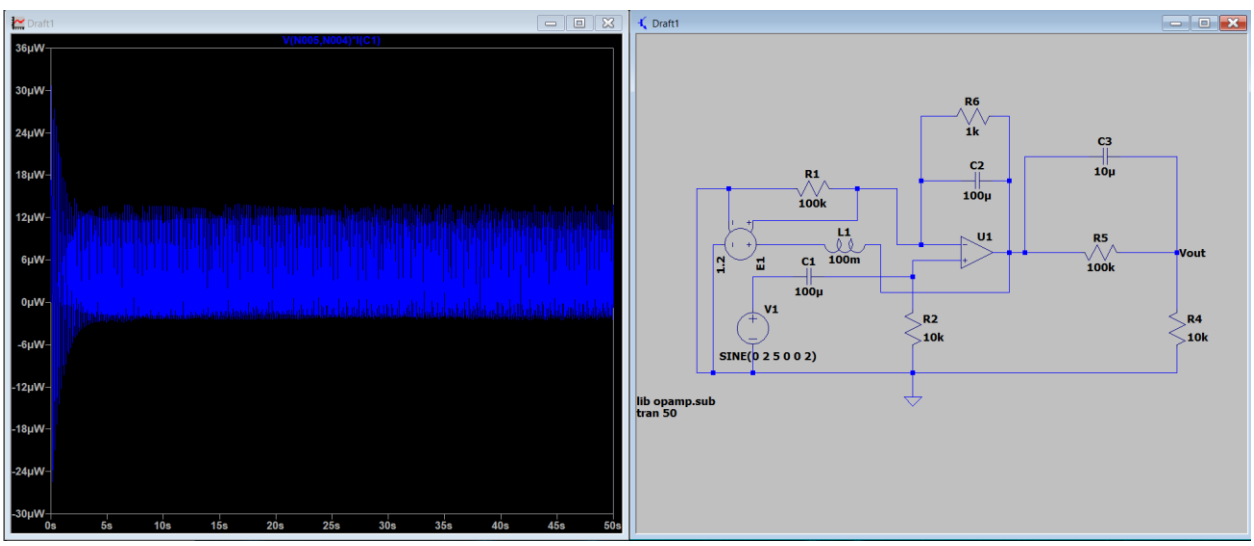
در مدار ما بار در نظر گرفته شده خازن C_1 می‌باشد

برای محاسبه توان در خازن مورد نظر باید ولتاژ خازن را به توان دو رسانده
و در ادمیتانس خازن ضرب می کنیم

$$P_l = \frac{1}{2}\frac{(\boldsymbol{v_{in}})^2}{\frac{1}{J\omega C_1}} = P = \frac{(\boldsymbol{v_{in}})^2 J\omega C_1}{2}$$

$$P_l = \frac{(5e^{0J})^2 5J10^{-4}}{2} = \frac{125 * 10^{-4}}{2}J$$

برای بدست آوردن بازده بار باید توان بار را بر توان کل تقسیم کرد

$$P_s = \frac{1}{2}\frac{(E)^2}{R_s}$$

$$n = \frac{P_l}{P_s} = \frac{\frac{\mathbf{1}}{(\mathbf{1} - \boldsymbol{J\omega C_1})(\boldsymbol{J\omega C_1})}}{\frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{1}{1 - J\omega C_1}$$