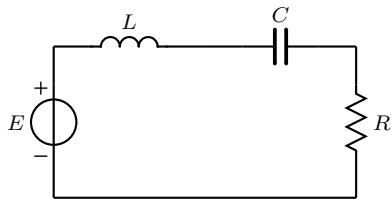


1.

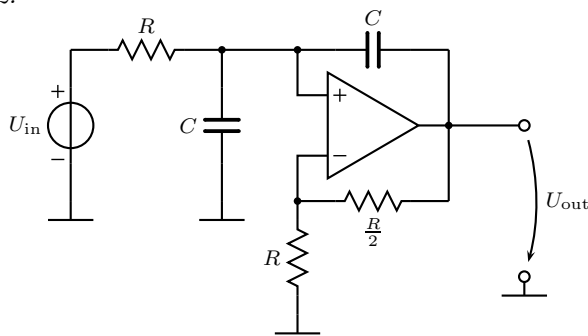


- Mitkä piirin komponenteista ovat häviöttömiä?
- Onko kuvan piiri alipäästö-, ylipäästö-, kaistanpäästö- vai kaistanestosuodatin?
- Mikä on piirin resonanssitaajuus?
- Mikä on piirin loisteho c-kohdassa lasketulla resonanssitaajuudella f_0 ?

$$E = 3/0^\circ \text{ V} \quad C = 15 \text{ pF} \quad L = 30 \text{ nH}$$

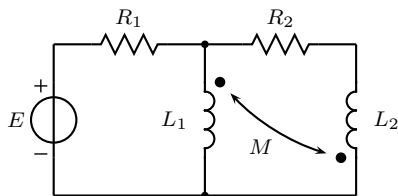
$$R = 3 \text{ k}\Omega.$$

2.



- Laske oheisen piirin jännitevahvistus $\frac{U_{out}}{U_{in}}$ kulmataajuuden ω funktiona.
- Kuinka suuri on piirin tasajännitevahvistus ($\frac{U_{out}}{U_{in}}$, kun $\omega = 0$)?

3.



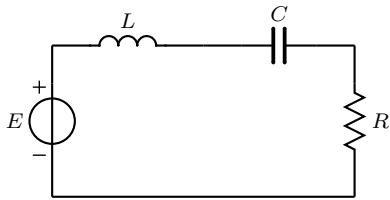
Laske resistanssissa R_2 kuluva pätöteho P .

$$R_1 = 100 \text{ }\Omega \quad R_2 = 200 \text{ }\Omega \quad L_1 = 10 \text{ mH}$$

$$L_2 = 20 \text{ mH} \quad M = 5 \text{ mH} \quad \omega = 10 \text{ krad/s}$$

$$E = 10/0^\circ \text{ V.}$$

0.1



- Mitkä piirin komponenteista ovat häviöttömiä?
- Onko kuvan piiri alipäästö-, ylipäästö-, kaistanpäästö- vai kaistanestosuodatin?
- Mikä on piirin resonanssitaajuus?
- Mikä on piirin loisteho c-kohdassa lasketulla resonanssitaajuudella f_0 ?

$$E = 3/0^\circ \text{ V} \quad C = 15 \text{ pF} \quad L = 30 \text{ nH} \\ R = 3 \text{ k}\Omega.$$

-
- Kela ja kondensaattori eivät kuluta pätötehoa eli ne ovat häviöttömiä komponentteja.
 - Piiri toimii kaistanpäästösuodattimena.
 - Lasketaan LC-sarjaankytkennän impedanssi

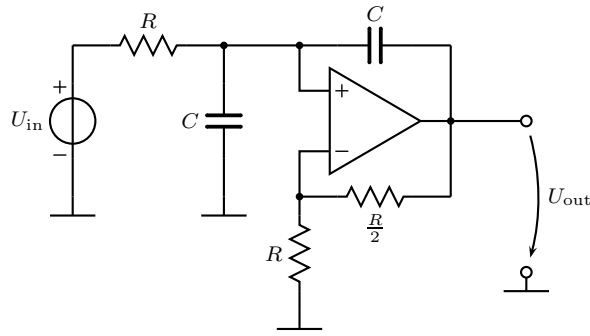
$$Z_{LC}(\omega) = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 - \omega^2 LC}{j\omega C}$$

Resonanssissa imaginaariosa on nolla, joten saadaan ehto $1 - \omega^2 LC = 0$ eli

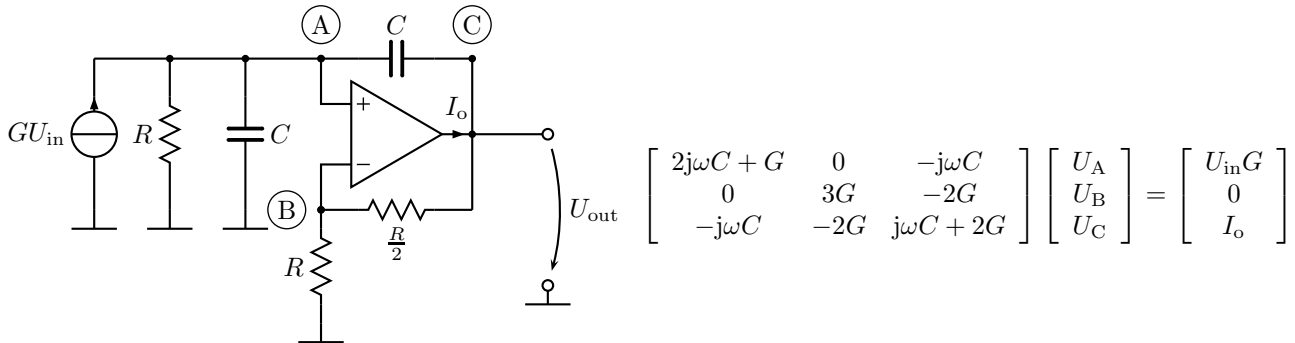
$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 237 \text{ MHz}$$

- Resonanssissa piirin impedanssin imaginaariosa on 0, joten se ei kuluta loistehoa lainkaan, eli $Q = 0$.

0.2



- a) Laske oheisen piirin jännitevahvistus $\frac{U_{out}}{U_{in}}$ kulmataajuuden ω funktiona.
 b) Kuinka suuri on piirin tasajännitevahvistus ($\frac{U_{out}}{U_{in}}$, kun $\omega = 0$)?



$$\begin{bmatrix} 2j\omega C + G & 0 & -j\omega C \\ 0 & 3G & -2G \\ -j\omega C & -2G & j\omega C + 2G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{in}G \\ 0 \\ I_o \end{bmatrix}$$

- 1) $U_A = U_B \Rightarrow$ 1. ja 2. pystysarake lasketaan yhteen.
- 2) I_o on tuntematon \Rightarrow poistetaan kolmas vaakarivi.
- 3) Merkitään $U_C = U_{out}$

$$\begin{bmatrix} 2j\omega C + G & -j\omega C \\ 3G & -2G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_{out} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{in}G \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan U_{out} Cramerin säännöllä:

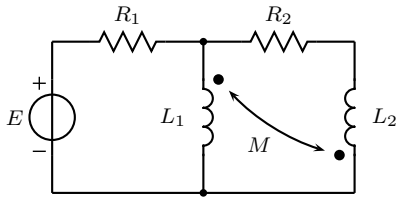
$$U_{out} = \frac{\begin{vmatrix} 2j\omega C + G & U_{in}G \\ 3G & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2j\omega C + G & -j\omega C \\ 3G & -2G \end{vmatrix}}$$

$$U_{out} = \frac{-3G^2 U_{in}}{-2G(2j\omega C + G) + 3G \cdot j\omega C} = \frac{3GU_{in}}{j\omega C + 2G}$$

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{3G}{j\omega C + 2G} = \frac{3}{j\omega RC + 2}$$

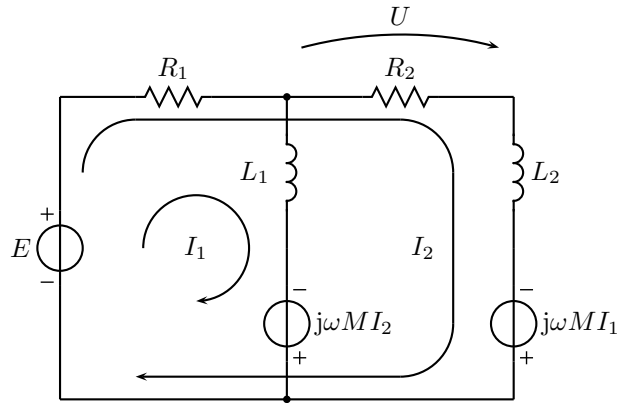
$$\omega = 0 \Rightarrow \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{3}{2}$$

0.3



Laske resistanssissa R_2 kuluva pätöteho P .

$$\begin{aligned} R_1 &= 100 \, \Omega & R_2 &= 200 \, \Omega & L_1 &= 10 \, \text{mH} \\ L_2 &= 20 \, \text{mH} & M &= 5 \, \text{mH} & \omega &= 10 \, \text{krad/s} \\ E &= 10/0^\circ \, \text{V}. \end{aligned}$$



Kirjoitetaan silmukayhtälöt:

$$\begin{bmatrix} R_1 + j\omega L_1 & R_1 \\ R_1 & R_1 + R_2 + j\omega L_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E + j\omega M I_2 \\ E + j\omega M I_1 \end{bmatrix}$$

Siirretään ohjatun lähteen termit yhtälössä vasemmalle puolelle:

$$\begin{bmatrix} R_1 + j\omega L_1 & R_1 - j\omega M \\ R_1 - j\omega M & R_1 + R_2 + j\omega L_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ E \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 100 + j100 & 100 - j50 \\ 100 - j50 & 300 + j200 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10/0^\circ \\ 10/0^\circ \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan

$$I_2 = \frac{(100 + j100 - 100 + j50)E}{(100 + j100)(300 + j200) - (100 - j50)^2} \text{ A} = \frac{1500j}{2500 + 60000j} \text{ A} = (0,025 - j0,001) \text{ A} = 24,98/2,39^\circ \text{ mA}$$

joten

$$P = R_2 |I_2|^2 = 0,125 \text{ W}$$