

S-55.163 PIRIISYNTTEESIN JATKOKURSSI: Tentti 12.01.1994

1. Totenta avoportti-impedanssimatriisi z TL₁₁-piirillä ilman muuntajia.

$$z = \frac{1}{s(10s^2 + 3)} \begin{bmatrix} 18s^4 + 12s^2 + 1 & (4s^2 + 1)(s^2 + 1) \\ (4s^2 + 1)(s^2 + 1) & 32s^4 + 13s^2 + 1 \end{bmatrix}$$

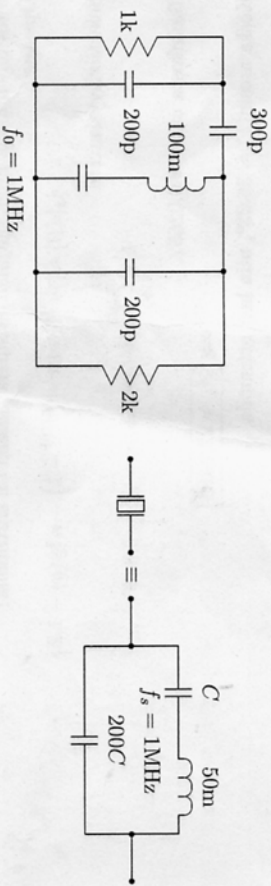
2. Kolmiasteisen elliptisen alipäästösuodattimen suurin päästövoimennus on 0.2 dB, yläraajataajuus 50.0 KHz ja estoaheen rajataajuus 85.0 KHz. Mikä on suodatteen pienin estovoimennus ja millä taajuuksella suodatimella on siirtonolla?

Opastus:

$$A_s[dB] \approx 10 \left\{ \lg \left(10^{4n|dB|/10} - 1 \right) - n \lg(q) - 1.2 \right\}$$

3. Suunnittele elliptinen TH₁₁-suodatin, jonka käyttövaimennus on vähintään 40 dB, kun $0 \leq f \leq 1$ MHz ja korkeintaan 1.5 dB, kun $f \geq 2.9$ MHz. Kuorma-impedanssi on 50Ω.

4. Totenta kuvassa olevan piirin induktanssi annetaan kiteen avulla. Kiteen sarjaras- nanssitaajuus $f_s = 1$ MHz. Pääteliimpedanssin tulee olla 1 kΩ. Totentukseen ei saa jäädä muuntajia.



5. Totenta

$$Z(\lambda) = \frac{16\lambda^3 + 14\lambda^2 + 20\lambda + 4}{\lambda^3 + 14\lambda^2 + 8\lambda + 4}$$

havittömällä resistanssin päätelyllä yhtä pitkiä siirtojohtoista koonnalla piirillä.

1. Totenta avoportti-impedanssimatriisi z TL₁₁-piirillä ilman muuntajia.

$$z = \frac{1}{s(10s^2 + 3)} \begin{bmatrix} 18s^4 + 12s^2 + 1 & (4s^2 + 1)(s^2 + 1) \\ (4s^2 + 1)(s^2 + 1) & 32s^4 + 13s^2 + 1 \end{bmatrix}$$

Äärelliset siirtonollat $s = \pm j1$ ja $s = \pm j\frac{1}{2}$.

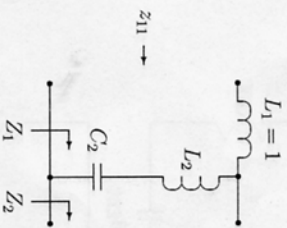
$$z_{11}(s) = \frac{18s^4 + 12s^2 + 1}{s(10s^2 + 3)}$$

Mahdolliset nolanssiirtoinduktanssit:

$$L_{1a} = \frac{z_{11}(j1)}{j1} = 1 \quad \text{ja} \quad L_{1b} = \frac{z_{11}(j\frac{1}{2})}{j\frac{1}{2}} = 7$$

Totentetaan ensin näistä pienempi eli siirtonollat $s = \pm j1$:

$$\Rightarrow \boxed{L_1 = 1}$$



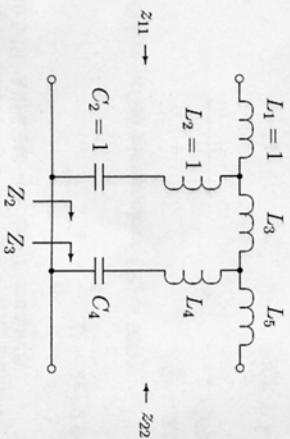
$$Z_1(s) = z_{11}(s) - s = \frac{8s^4 + 9s^2 + 1}{s(10s^2 + 3)}$$

$$Y_1(s) = \frac{1}{Z_1(s)} = \frac{s(10s^2 + 3)}{(s^2 + 1)(8s^2 + 1)}$$

$$Y_2(s) = Y_1(s) - \frac{2ks}{s^2 + 1} \quad 2k = \left[\frac{s^2 + 1}{s} Y_1(s) \right]_{s^2 = -1} = 1$$

$$\Rightarrow \boxed{L_2 = C_2 = 1}$$

$$Y_2(s) = \frac{s(10s^2 + 3) - s(8s^2 + 1)}{(s^2 + 1)(8s^2 + 1)} = \frac{2s(s^2 + 1)}{(s^2 + 1)(8s^2 + 1)} \Rightarrow Z_2(s) = \frac{8s^2 + 1}{2s}$$



Nollanssiirtoinduktanssi:

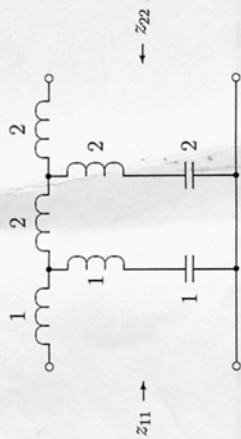
$$L_3 = \frac{Z_2(j\omega)}{j\omega} = 2$$

$$Z_3(s) = Z_2(s) - 2s = \frac{4s^2 + 1}{2s} \Rightarrow L_4 = C_4 = 2$$

Piiloon jäänyt sarjainduktanssi (nollansiirtinduktanssi) saadaan z_{22} :n avulla:

$$L_5 = \frac{z_{22}(j\omega)}{j\omega} = 2$$

Lopullinen toteutus:



2. Kolmiasteisen elliptisen alipäästösuodattimen suurin päästövoimennus on 0.2 dB, ylärajataajuus 50.0 kHz ja estovalueen rajataajuus 85.0 kHz. Mikä on suodattimen pienin estovaimennus ja millä taajuudella suodattimella on siirtonolla?

$$A_s [dB] \approx 10 \left\{ \lg \left(10^{A_p [dB]/10} - 1 \right) - n \lg (q) - 1.2 \right\}$$

Selektiivisyyskerroin

$$k = \frac{50}{85} = 0.5882 \Rightarrow m = k^2 = 0.3460$$

Taulukosta $q(m) \approx 0.02652$.

$$\Rightarrow A_s \approx 22.0 \text{ dB}$$

Koska $\arcsin(k) \approx 36.03^\circ$, niin heijastusnolla

$$\omega_{01} = \sin \left(\frac{2K}{3}, k \right) = \sin(60^\circ \setminus 36^\circ) \approx 0.8878.$$

Vastaava normalisoitu siirtonolla

$$\omega_1 = \frac{1}{k\omega_{01}}$$

Kysetty siirtonolla

$$\Rightarrow f = \frac{85.0}{\omega_{01}} \text{ kHz} \approx 95.74 \text{ kHz}$$

3. Suunnittele elliptinen TH₁₁-suodatin, jonka käyttövoimennus on vähintään 40 dB, kun $0 \leq f \leq 1$ MHz ja korkeintaan 1.5 dB, kun $f \geq 2.9$ MHz. Kuormaimpedanssi on 50Ω.

Normalisoitu prototyyppiin rajataajuus

$$\Omega_s = \frac{2.9 \text{ MHz}}{1 \text{ MHz}} = 2.9$$

Lähinnä jyrkempi taulukkosuodatin [C035025], jolle $\Omega_s = 2.3662$, $A_p = 1.2494$ dB ja $A_s = 40.5$ dB. Alipäästö -ylipäästö -muunnos

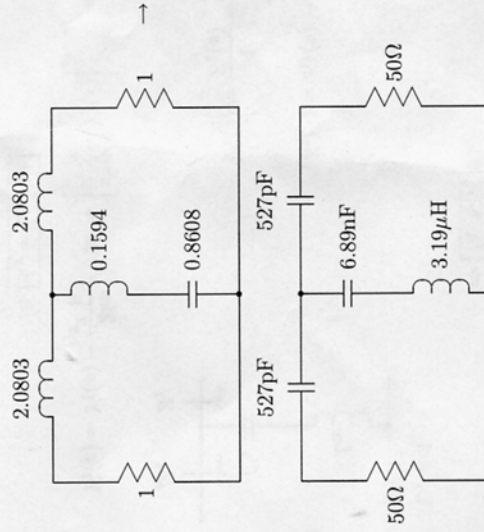
$$s \rightarrow \frac{B}{s} \quad B = 2\pi \cdot 2.9 \cdot 10^6 \frac{1}{s}$$

Yksikköelementtien muunnokset ($R_o = 50\Omega$):

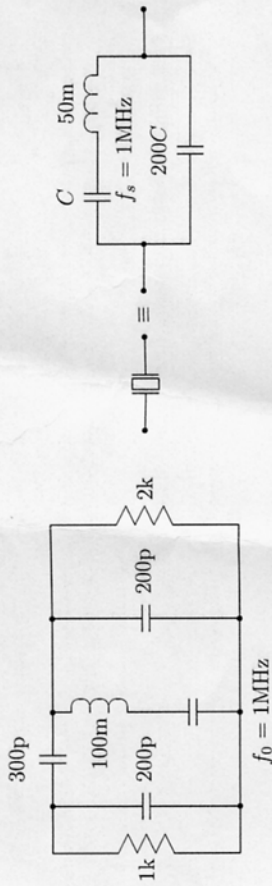
$$\frac{L_p}{B} = 2.744 \mu\text{H}$$

$$\frac{1}{R_o B} = 1.098 \text{ nF}$$

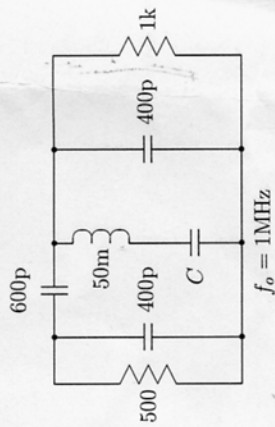
Lopullinen toteutus:



4. Totuuta kuvassa olevan piirin induktanssi annettun kiteen avulla. Kiteen sarjaresonanssitaajuus $f_s = 1 \text{ MHz}$. Pääimpedanssin tulee olla $1 \text{ k}\Omega$. Toteutukseen ei saa jäädä muuntajia.



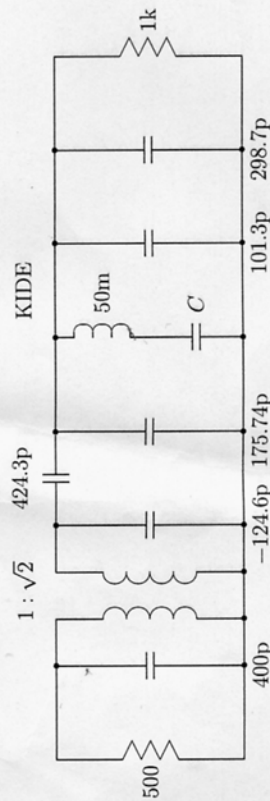
Lasketaan impedanssitaso puoleen, jolloin induktanssille saadaan suoraan oikea arvo:



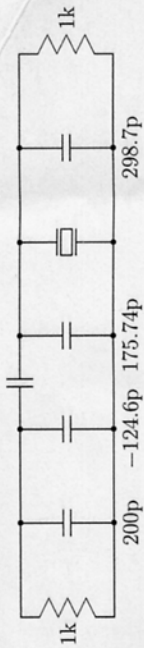
Kiteelle

$$200C = 200 \frac{1}{4\pi^2 \cdot 10^{12} \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 101.3 \cdot 10^{-12}$$

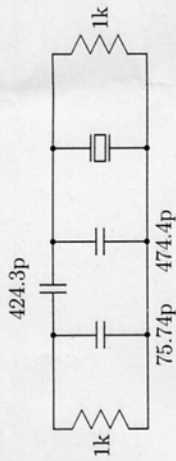
Jotta generaattori-impedanssiksi saataisiin $1 \text{ k}\Omega$, tarvitaan ideaalimuuntaja $1 : \sqrt{2}$. Tehdään sarjakapasitaanssille (600 pF) kuvan 9.13 muunnos ja vaihdetaan vasemman ja oikean portin roolit laskentatyon minimoimiseksi. Erotetaan samalla 400 pF :n kapasitaanssista osa 101.3 pF kiteen sijaiskytkemään toteuttamiseksi:



Poistetaan ideaalimuuntaja vasemmalle ja sijoitetaan kite paikalleen: 424.3p



Yhdistämällä rinnakkaiskapasitaanssit saadaan lopulliseksi toteutukseksi:



5. Toteuta

$$Z(\lambda) = \frac{16\lambda^3 + 14\lambda^2 + 20\lambda + 4}{\lambda^3 + 14\lambda^2 + 8\lambda + 4}$$

häviöttömällä resistanssiin päätetyllä yhtä pitkistä siirtojohtoista kootulla piirillä.

$$Z_{03} = Z(1) = \frac{54}{27} = 2 \Rightarrow Z_{03} = 2$$

$$Z_2(\lambda) = Z_{03} \frac{Z(\lambda) - \lambda Z_{03}}{Z_{03} - \lambda Z(\lambda)} = 2 \frac{(1 - \lambda^2)(2\lambda^2 + 12\lambda + 4)}{(1 - \lambda^2)(16\lambda^2 + 12\lambda + 8)}$$

$$Z_2(\lambda) = \frac{\lambda^2 + 6\lambda + 2}{4\lambda^2 + 3\lambda + 2} \Rightarrow Z_{02} = Z_2(1) = 2$$

$$Z_1(\lambda) = \frac{(1 - \lambda^2)(4\lambda + 2)}{(1 - \lambda^2)(\lambda + 2)} = \frac{4\lambda + 2}{\lambda + 2} \Rightarrow Z_{01} = Z_1(1) = 2$$

$$Z_0(\lambda) = 2 \frac{2(1 - \lambda^2)}{4(1 - \lambda^2)} = 1$$

Lopullinen toteutus:

