

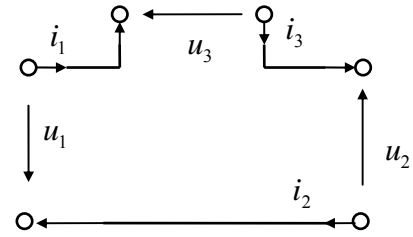
5.4. Hullámdigitális szűrő megvalósítása adaptorokkal

A szűrő katalógusok a referens szűrőket általában létrahálózat formájában adják meg. A létrahálózat lehetőséget ad arra, hogy a teljes hálózatot hasonló struktúrájú rész-hálózatokra bontsuk fel. A létra kapcsolást a soros és a párhuzamos ági impedancia elemekhez tartozó ‘három-kapuk’ kaszkád kapcsolásaként foghatjuk fel. Ezen ‘három-kapuk’ reflexiós mátrixaihoz hozzárendelhetünk egy-egy hálózatot, amiket adaptoroknak fogunk nevezni. Az adaptorokból, mint standard építő kockákból, ezek után tetszőleges létrahálózatot össze tudunk majd állítani.

1. A soros adaptor:

A három kapu soros kapcsolását leíró Kirchhoff-egyenletek:

$$\begin{aligned} u_1 + u_2 + u_3 &= 0 \\ i_1 - i_2 &= 0 \\ i_2 - i_3 &= 0 \end{aligned} \quad (5.28.)$$



A transzformációs egyenletek:

5.5. ábra Soros három kapu

$$\begin{aligned} u_k &= \frac{1}{2}(a_k + b_k) \\ i_k &= \frac{1}{2R_k}(a_k - b_k) \quad k = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (5.29.)$$

Az (5.29.)-et az (5.28.)-ba helyettesítve, majd megoldva **b**-re, a reflexiós mátrix:

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1 - \beta_1) & -\beta_1 & -\beta_1 \\ -\beta_2 & (1 - \beta_2) & -\beta_2 \\ -\beta_3 & -\beta_3 & (1 - \beta_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (5.30.)$$

ahol:

$$\beta_k = \frac{2R_k}{R_1 + R_2 + R_3} \quad k = 1, 2, 3 \quad (5.31.)$$

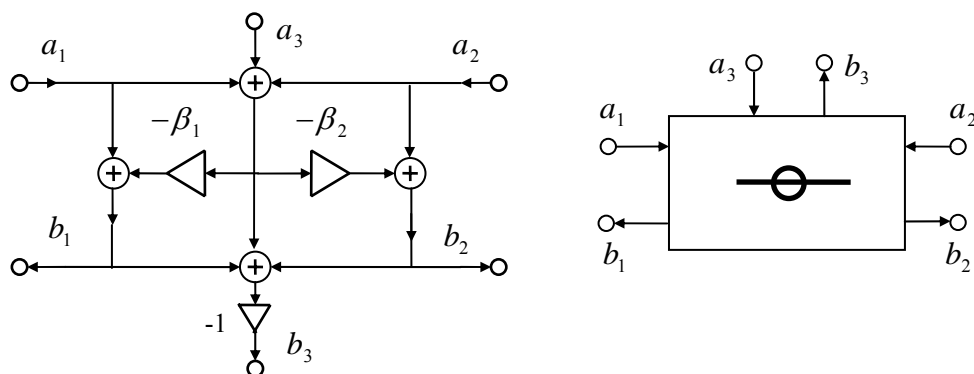
Az (5.30.)-ban szereplő egyenletrendszerhez egy hálózatot szeretnénk hozzárendelni, törekedve arra, hogy az a lehető legegyszerűbb legyen. Az egyenletekben 3 konstans szerepel, de ezek nem függetlenek, mivel:

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 2. \quad (5.32.)$$

Céljainknak ezért jobban megfelel, ha az (5.30.) harmadik egyenlete helyett az (5.28.) első egyenletének transzformáltját használjuk. Ezzel:

$$\begin{aligned} b_1 &= a_1 - \beta_1(a_1 + a_2 + a_3) \\ b_2 &= a_2 - \beta_2(a_1 + a_2 + a_3) \\ -b_3 &= b_1 + b_2 + (a_1 + a_2 + a_3) \end{aligned} \quad (5.33.)$$

Az (5.33.) szerinti egyenletrendszerhez hozzárendelhető hálózat az 5.6. ábrán látható.



5.6. ábra A teljes soros adaptor

A teljes soros adaptor egyszerűsíthető, ha megkötést teszünk az egyik kapu (legyen ez a 2. kapu) normalizáló ellenállására.

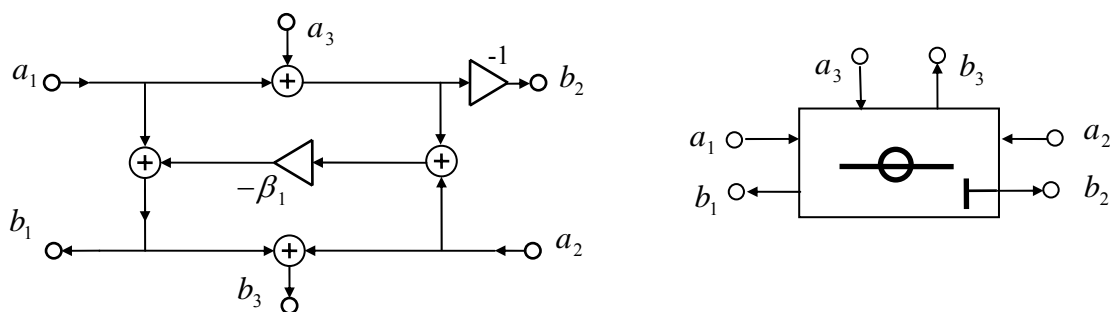
Legyen:

$$R_2 = R_1 + R_3 \quad (5.34.)$$

amiből következik, hogy $\beta_2 = 1$. Ezt az azonosságot felhasználva, az (5.33.) egyszerűbb alakban írható fel:

$$\begin{aligned} -b_2 &= a_1 + a_3 \\ b_1 &= a_1 - \beta_1(a_2 - b_2) \\ b_3 &= b_1 + a_2 \end{aligned} \quad (5.35.)$$

Az (5.35.) egyenletekhez hozzárendelhető hálózat az u.n. illesztett soros adaptor.

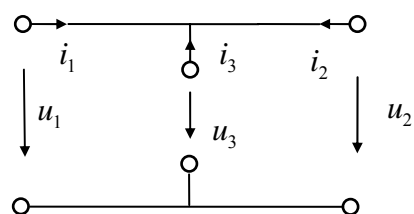


5.7. ábra Az illesztett soros adaptor

A párhuzamos adaptor:

A kapcsolást leíró Kirchoff egyenletek:

$$\begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 &= 0 \\ u_1 - u_2 &= 0 \\ u_2 - u_3 &= 0 \end{aligned} \quad (5.36.)$$



5.8. ábra A párhuzamos három-kapu

Az (5.36.) egyenleteket az (5.29.) szerint transzformálva, majd **b**-re megoldva:

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\alpha_1 - 1) & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \alpha_1 & (\alpha_2 - 1) & \alpha_3 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & (\alpha_3 - 1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \quad (5.37.)$$

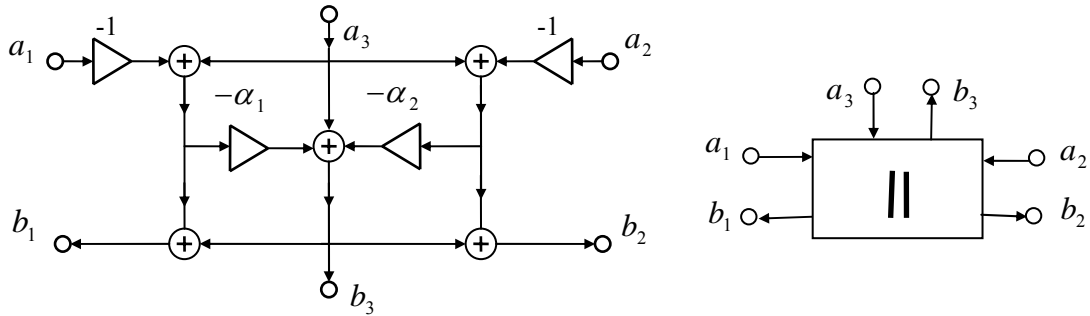
ahol:

$$\alpha_k = \frac{2G_k}{G_1 + G_2 + G_3} \quad k = 1, 2, 3 \quad (5.38.)$$

Mivel $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 2$, ezért hasonlóan a soros adaptornál leírtakhoz, az egyszerűsített egyenletrendszer:

$$\begin{aligned} b_3 &= a_3 - \alpha_1(a_3 - a_1) - \alpha_2(a_3 - a_2) \\ b_1 &= b_3 + (a_3 - a_1) \\ b_2 &= b_3 + (a_3 - a_2) \end{aligned} \quad (5.39.)$$

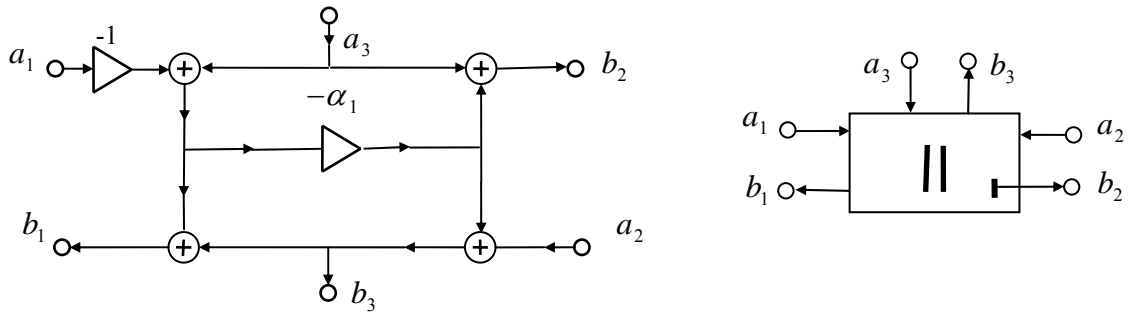
Az (5.39.) viszonyait tükröző hálózat a párhuzamos adaptor:



5.9. ábra A teljes párhuzamos adaptor

A $G_2 = G_1 + G_3$ választással jutunk el az illesztett párhuzamos adaptorhoz ($\alpha_2 = 1$).

$$\begin{aligned} b_3 &= a_2 - \alpha_1(a_3 - a_1) \\ b_1 &= b_3 + (a_3 - a_1) \\ b_2 &= a_3 - \alpha_1(a_3 - a_1) \end{aligned} \quad (5.40.)$$



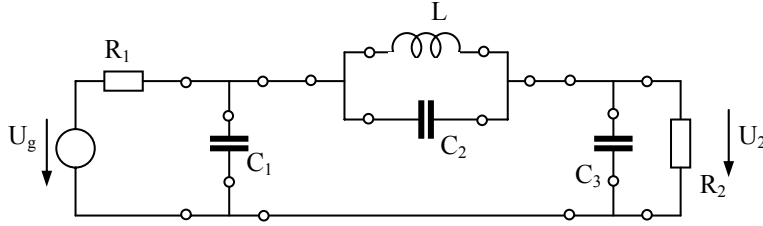
5.10. ábra Az illesztett párhuzamos adaptor

Az illesztés ténye ($R_2 = R_1 + R_3$ a soros és $G_2 = G_1 + G_3$ a párhuzamos adaptor esetén) azonban nem csak a hálózat egyszerűsítését jelenti. Vegyük észre az (5.35.) és az (5.40.) egyenletekben, hogy az illesztett kapu reflektált hulláma (b_2) nem függ a beeső hullámtól (a_2 -től). Az adaptorok összekapcsolásakor ez a függetlenség biztosítja azt, hogy

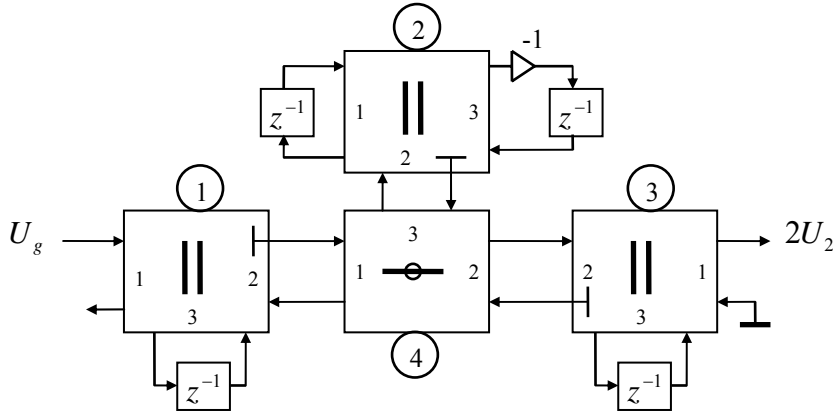
elkerülhető lesz a késleltetés-mentes hurokok kialakulása. A b_2 jel csak úgy függ az a_2 -től, hogy a_2 csak az 1-es és 3-as kapu kimeneteit hajtja, melyekről a hullám egy része reflektálódik. (Ez lesz a_1 és a_3 és amitől b_2 természetesen függ.) Az 1-es és 3-as kapuk mögött azonban már késleltető elemek vannak, így tehát a teljes hálózat kiszámítható lesz.

Általános szabályként kimondható, hogy az összes adaptornak illesztettnek kell lennie, kivéve egyet, annak érdekében, hogy a kapuk normalizáló ellenállás értékeit ellentmondás mentesen választhassuk meg. A teljes adaptor helyzete tetszőleges (pld középen).

A tervezés lépéseit egy példán mutatjuk be:



5.11. ábra A referens szűrő: 3-ad fokú, elliptikus, aluláteresztő



5.12. ábra A hullámdigitális szűrő adaptoros megvalósítása

A normalizáló ellenállások és az együtthatók kiszámításának sorrendje:

1.adaptor: (illesztett, párhuzamos)

$$R_{11} = R_1 = \frac{1}{G_{11}}; \quad R_{13} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{G_{13}}; \quad G_{12} = G_{11} + G_{13}; \quad \alpha_{11} = \frac{G_{11}}{G_{12}}$$

2.adaptor: (illesztett, párhuzamos)

$$R_{21} = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{G_{21}}; \quad R_{23} = L_2 = \frac{1}{G_{23}}; \quad G_{22} = G_{21} + G_{23}; \quad \alpha_{21} = \frac{G_{21}}{G_{22}}$$

3.adaptor: (illesztett, párhuzamos)

$$R_{31} = R_2 = \frac{1}{G_{31}}; \quad R_{33} = \frac{1}{C_3} = \frac{1}{G_{33}}; \quad G_{32} = G_{31} + G_{33}; \quad \alpha_{31} = \frac{G_{31}}{G_{32}}$$

4.adaptor: (teljes, soros)

$$R_{41} = R_{12} = \frac{1}{G_{12}}; \quad R_{42} = R_{32} = \frac{1}{G_{32}}; \quad R_{43} = R_{22} = \frac{1}{G_{22}};$$

$$\beta_{41} = \frac{2R_{41}}{R_{41} + R_{42} + R_{43}}; \quad \beta_{42} = \frac{2R_{42}}{R_{41} + R_{42} + R_{43}}$$