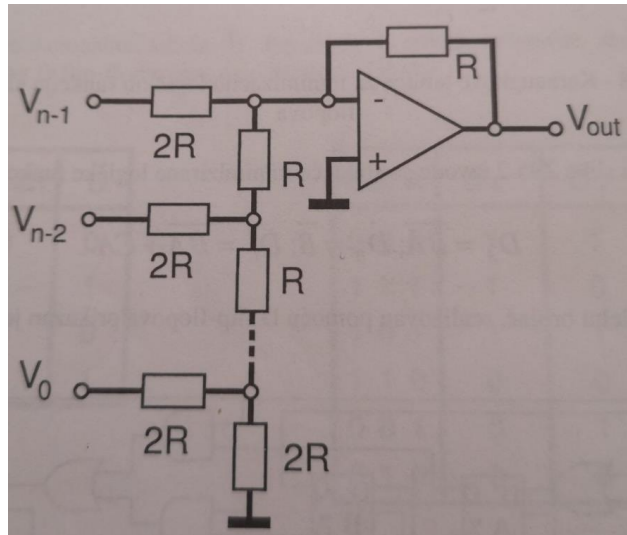
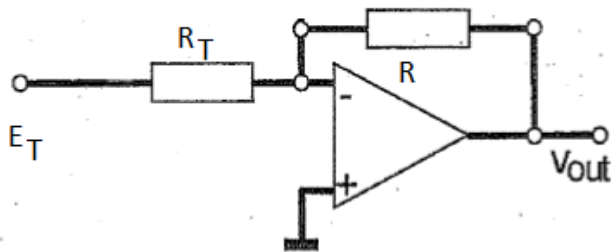


D/A KONVERTORI

1. Na slici je prikazan D/A konvertor sa ljestvičastom (R-2R) otpornom mrežom. Izvesti izraz za izlazni napon. Ulazni naponi V_0, V_1, \dots, V_{n-1} mogu uzimati vrijednosti logičke nule ili logičke jedinice.

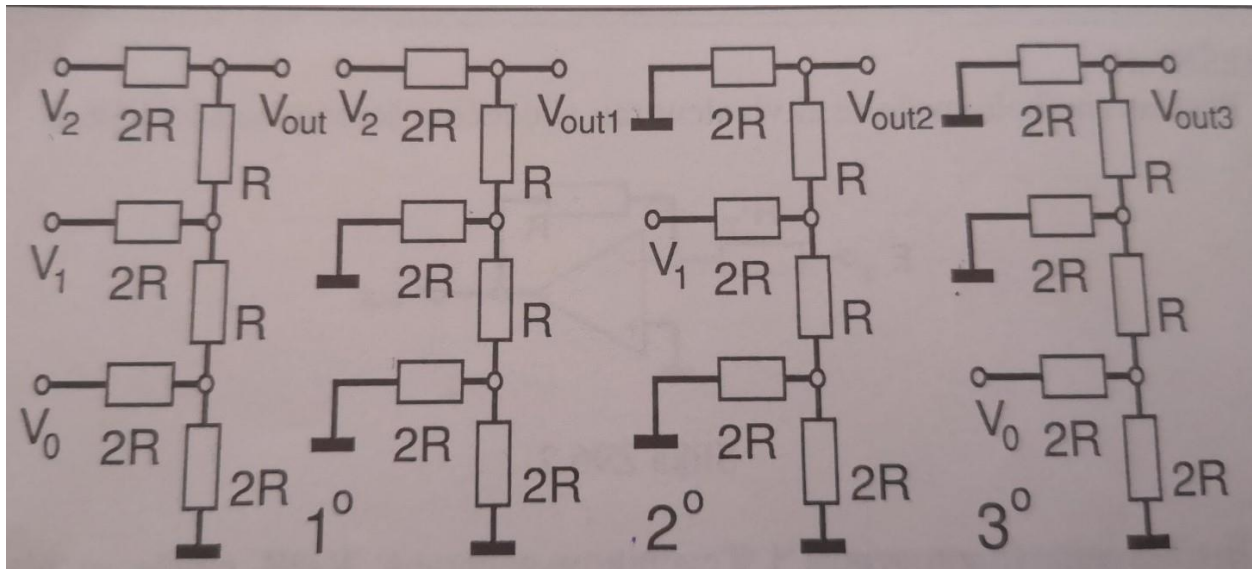


Kolo možemo ekvivalentirati sljedećom šemom:



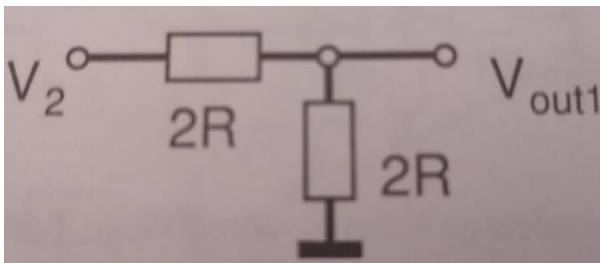
E_T predstavlja napon Teveninovog generatora, a R_T predstavlja Teveninovu otpornost.

R_T dobijamo kad se svi nezavisni izvori postave na nulu čime dobijamo da je $R_T=R$. U cilju dobijanja E_T posmatraćemo prvo 3-bitni slučaj pa ćemo nakon toga izvršiti uopštavanje.



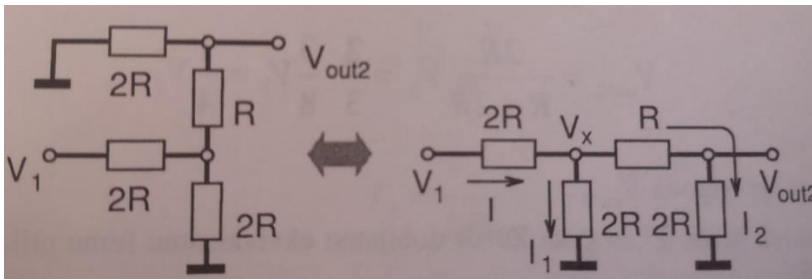
Primjenom metode superpozicije dobija se da je $E_T = V_{out} = V_{out1} + V_{out2} + V_{out3}$

1. Određivanje napona V_{out1} - ekvivalentna šema



$$V_{out1} = \frac{2R}{2R + 2R} V_2 = \frac{1}{2} V_2$$

2. Određivanje napona V_{out2} - ekvivalentna šema



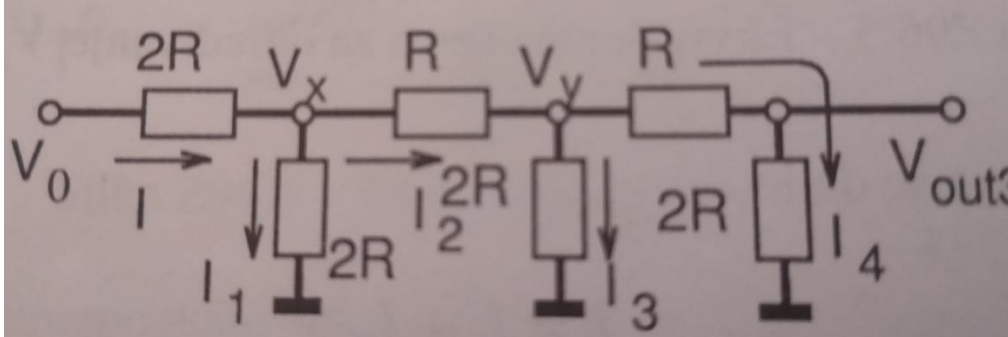
Jednačina za prvi čvor je $I = I_1 + I_2$

$$I = \frac{V_1 - V_x}{2R}, I_1 = \frac{V_x}{2R}, I_2 = \frac{V_x}{3R}$$

Uvrštanjem ovih jednačina u jednačinu za prvi čvor se dobija:

$$\frac{V_1 - V_x}{2R} = \frac{V_x}{2R} + \frac{V_x}{3R} \rightarrow V_x = \frac{3}{8}V_1 \text{ pa je } V_{out2} = I_2 2R = \frac{2}{3}V_x = \frac{1}{4}V_1$$

3. Određivanje napona V_{out3} - ekvivalenta šema:



Jednačina za prvi čvor je $I = I_1 + I_2$, dok je jednačina za drugi čvor $I_2 = I_3 + I_4$. Uvrštavanjem druge

jednačine u prvu dobijamo $I = I_1 + I_3 + I_4$. Dalje $I = \frac{V_0 - V_x}{2R}, I_1 = \frac{V_x}{2R}, I_3 = \frac{V_y}{2R}, I_4 = \frac{V_y}{3R}$

$I_2 = \frac{V_x - V_y}{R}$. Uvrštanje ovih jednačina u dobijamo:

$$\frac{V_0 - V_x}{2R} = \frac{V_x}{2R} + \frac{V_y}{2R} + \frac{V_y}{3R}$$

$$\frac{V_0 - V_x}{2R} = \frac{V_x}{2R} + \frac{V_x - V_y}{R}$$

$$\frac{V_x - V_y}{R} = \frac{V_y}{2R} + \frac{V_y}{3R} \rightarrow V_y = \frac{6}{11}V_x \rightarrow V_x = \frac{11}{6}V_y$$

Dalje imamo da je $\frac{V_0 - \frac{11}{6}V_y}{2R} = \frac{\frac{11}{6}V_y}{2R} + \frac{\frac{5}{6} \frac{11}{6}V_y}{R} \rightarrow V_y = \frac{3}{16}V_0$.

Sada imamo da je $V_{out3} = \frac{2R}{R+2R}V_y = \frac{2}{3} \frac{3}{16}V_0 = \frac{1}{8}V_0$.

Konačno sada možemo izračunati izlazni napon $V_{out} = V_{out1} + V_{out2} + V_{out3} = \frac{1}{2}V_2 + \frac{1}{4}V_1 + \frac{1}{8}V_0$

$$= \frac{1}{2^1}V_2 + \frac{1}{2^2}V_1 + \frac{1}{2^3}V_0 = \frac{2^2V_2 + 2^1V_1 + 2^0V_0}{2^3}$$

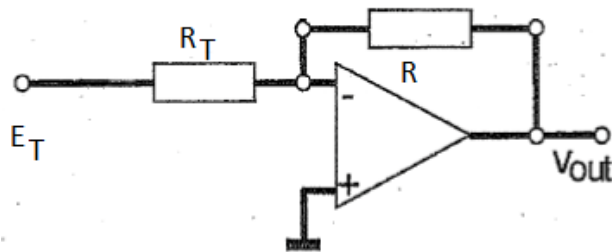
Polazeći od činjenice da naponi V_1, V_2, V_3, \dots mogu imati vrijednosti logičke nule i jedinice, to možemo zapisati na sljedeći način: $V_i = Q_i V_{REF}$ pa je izlazni napon u ovom slučaju:

$$V_{out} = \frac{2^2 Q_2 V_{REF} + 2^1 Q_1 V_{REF} + 2^0 Q_0 V_{REF}}{2^3} = \frac{V_{REF}}{2^3} (2^2 Q_2 + 2 Q_1 + 2^0 Q_0) = \frac{V_{REF}}{2^3} \sum_{i=0}^2 Q_i 2^i$$

Sada ovaj slučaj možemo uopštiti za n-bitni:

$$V_{out} = \frac{V_{REF}}{2^n} \sum_{i=0}^{n-1} Q_i 2^i = E_T$$

Sada kada smo izračunali E_T i R_T možemo se vratiti na prvu šemu i izračunati V_{out}



$$V_{out} = -\frac{R}{R_T} E_T = -E_T = -\frac{V_{REF}}{2^n} \sum_{i=0}^{n-1} Q_i 2^i$$