

3.3 Odziv digitalno-analognih konvertora u vremenskom domenu

- Napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora koji prati zadatu rastuću linearnu funkciju $V_{out}(t)$ u vremenskom intervalu $t_1 < t < t_2$ prikazan je na slici 3.14. Tokom vremenskog intervala $t_1 < t < t_2$ napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora mijenja se u opsegu $V_{out}(t_1) < V_{outDAC} < V_{out}(t_2)$. Potrebno je utvrditi koliko traje vremenski interval $\Delta t = (t_2 - t_1)/m$ tokom kojeg je napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora ostaje konstantan, kao i početnu vrijednost napona $V_{outDAC}[t_1 < t < t_1 + (t_2 - t_1)/m]$ na izlazu digitalno-analognog konvertora tako da greška bude minimalna. Broj m predstavlja broj promjena stanja (kvantova) na izlazu digitalno-analognog konvertora tokom vremenskog intervala $t_2 - t_1$. Poznat je referentni napon V_{REF} i rezolucija n digitalno-analognog konvertora.

Razlika između karakteristike koja se želi postići $V_{out}(t)$ i karakteristike digitalno-analognog konvertora V_{outDAC} predstavlja grešku posmatranog sistema. Minimalna greška ima vrijednost polovine kvanta digitalno-analognog konvertora:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) - V_{out}(t_1) = \frac{\Delta V}{2} \\ V_{out} \left(t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) - V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = \frac{\Delta V}{2} \\ V_{outDAC} \left(t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} < t < t_1 + 2 \frac{t_2 - t_1}{m} \right) - V_{out} \left(t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = \frac{\Delta V}{2} \\ V_{out} \left(t_1 + 2 \frac{t_2 - t_1}{m} \right) - V_{outDAC} \left(t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} < t < t_1 + 2 \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = \frac{\Delta V}{2} \\ \dots \\ V_{outDAC} \left[t_1 + (m-1) \frac{t_2 - t_1}{m} < t < t_2 \right] - V_{out} \left[t_1 + (m-1) \frac{t_2 - t_1}{m} \right] = \frac{\Delta V}{2} \\ V_{out}(t_2) - V_{outDAC} \left[t_1 + (m-1) \frac{t_2 - t_1}{m} < t < t_2 \right] = \frac{\Delta V}{2} \end{array} \right. \quad (3.25)$$

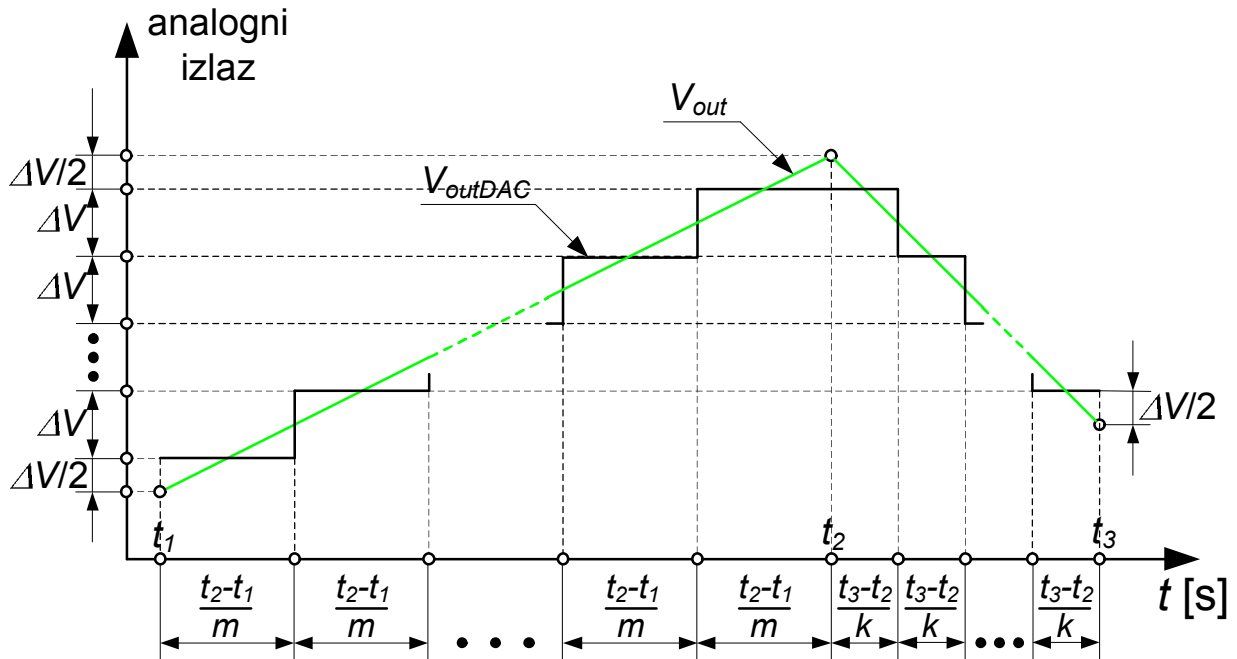
$$\Delta V = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{m} \Rightarrow m = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{\Delta V} \quad (3.26)$$

$$V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) - V_{out}(t_1) = \frac{\Delta V}{2} \Rightarrow V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = V_{out}(t_1) + \frac{\Delta V}{2} \quad (3.27)$$

- Digitalno-analogni konvertor sa $R-2R$ otpornom mrežom:

$$m = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{\Delta V} = 2^n \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{V_{REF}} \quad (3.28)$$

$$V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = V_{out}(t_1) + \frac{V_{REF}}{2^{n+1}} \quad (3.29)$$



Slika 3.14. Napon na izlazu digitalno-analognog konvertora koji prati zadatu rastuću i opadajuću linearnu funkciju u vremenskom domenu.

- Digitalno-analogni konvertor sa težinskom otpornom mrežom:

$$m = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{\Delta V} = (2^n - 1) \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{V_{REF}} \quad (3.30)$$

$$V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = V_{out}(t_1) + \frac{V_{REF}}{2^{n+1} - 2} \quad (3.31)$$

- Digitalno-analogni konvertor sa otpornim razdjelnikom napona:

$$m = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{\Delta V} = 2^n \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{V_{REF}} \quad (3.32)$$

$$V_{outDAC} \left(t_1 < t < t_1 + \frac{t_2 - t_1}{m} \right) = V_{out}(t_1) + \frac{V_{REF}}{2^{n+1}} \quad (3.33)$$

- Napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora koji prati zadatu opadajuću linearnu funkciju $V_{out}(t)$ u vremenskom intervalu $t_2 < t < t_3$ prikazan je na slici 3.14. Tokom vremenskog intervala $t_2 < t < t_3$ napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora mijenja se u opsegu $V_{out}(t_3) < V_{outDAC} < V_{out}(t_2)$. Potrebno je utvrditi koliko traje vremenski interval $\Delta t = (t_3 - t_2)/k$ tokom kojeg je napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora ostaje konstantan, kao i početnu vrijednost napona $V_{outDAC}(t_2 < t < t_2 + (t_3 - t_2)/k)$ na izlazu digitalno-analognog konvertora tako da greška bude minimalna. Broj k predstavlja broj promjena stanja (kvantova) na izlazu digitalno-analognog konvertora tokom vremenskog intervala $t_3 - t_2$. Poznat je referentni napon V_{REF} i rezolucija n digitalno-analognog konvertora.

Razlika između karakteristike koja se želi postići $V_{out}(t)$ i karakteristike digitalno-analognog konvertora V_{outDAC} predstavlja grešku posmatranog sistema. Minimalna greška ima vrijednost polovine kvanta digitalno-analognog konvertora:

$$\left\{ \begin{array}{l}
V_{out}(t_2) - V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = \frac{\Delta V}{2} \\
V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) - V_{out}\left(t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = \frac{\Delta V}{2} \\
V_{out}\left(t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) - V_{outDAC}\left(t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k} < t < t_2 + 2\frac{t_3 - t_2}{k}\right) = \frac{\Delta V}{2} \\
V_{outDAC}\left(t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k} < t < t_2 + 2\frac{t_3 - t_2}{k}\right) - V_{out}\left(t_2 + 2\frac{t_3 - t_2}{k}\right) = \frac{\Delta V}{2} \\
\cdots \\
V_{out}\left[t_2 + (k-1)\frac{t_3 - t_2}{k}\right] - V_{outDAC}\left[t_2 + (k-1)\frac{t_3 - t_2}{k} < t < t_3\right] = \frac{\Delta V}{2} \\
V_{outDAC}\left[t_2 + (k-1)\frac{t_3 - t_2}{k} < t < t_3\right] - V_{out}(t_3) = \frac{\Delta V}{2}
\end{array} \right. \quad (3.34)$$

$$\Delta V = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{k} \Rightarrow k = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{\Delta V} \quad (3.35)$$

$$V_{out}(t_2) - V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = \frac{\Delta V}{2} \Rightarrow V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = V_{out}(t_2) - \frac{\Delta V}{2} \quad (3.36)$$

- Digitalno-analogni konverter sa R - $2R$ otpornom mrežom:

$$k = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{\Delta V} = 2^n \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{V_{REF}} \quad (3.37)$$

$$V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = V_{out}(t_2) - \frac{V_{REF}}{2^{n+1}} \quad (3.38)$$

- Digitalno-analogni konverter sa težinskom otpornom mrežom:

$$k = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{\Delta V} = (2^n - 1) \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{V_{REF}} \quad (3.39)$$

$$V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = V_{out}(t_2) - \frac{V_{REF}}{2^{n+1} - 2} \quad (3.40)$$

- Digitalno-analogni konverter sa otpornim razdjelnikom napona:

$$k = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{\Delta V} = 2^n \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_3)}{V_{REF}} \quad (3.41)$$

$$V_{outDAC}\left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k}\right) = V_{out}(t_2) - \frac{V_{REF}}{2^{n+1}} \quad (3.42)$$

Primjeri:

Izračunati koliki treba da bude referentni napon V_{REF} digitalno-analognog konvertora sa $R-2R$ otpornom mrežom 8-bitne rezolucije ako napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora treba da prati linearni porast napona od $V_{out}(t_1)=0.2$ V do $V_{out}(t_2)=1.1$ V sa $m=161$ kvantova u vremenskom intervalu od $t_1=0$ s do $t_2=483$ μ s. Koliko traje vremenski interval Δt tokom kojeg je napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora konstantan? Podrazumjeva se da digitalno-analogni konvertor generiše najmanju grešku.

Referentni napon V_{REF} :

$$m = \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{\Delta V} = 2^n \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{V_{REF}} \Rightarrow V_{REF} = 2^n \frac{V_{out}(t_2) - V_{out}(t_1)}{m} = 1.431 \text{ V}$$

Vremenski interval Δt :

$$\Delta t = \frac{t_2 - t_1}{m} = 3 \text{ } \mu\text{s}$$

Izračunati kolika treba da bude početna kombinacija bita digitalno-analognog konvertora sa otpornim razdjelnikom napona 6-bitne rezolucije ako napon V_{outDAC} na izlazu digitalno-analognog konvertora treba da prati linearni pad napona od $V_{out}(t_2)=0.9$ V do $V_{out}(t_3)=0.3$ V. Referentni napon iznosi $V_{REF}=1.6$ V. Podrazumjeva se da digitalno-analogni konvertor generiše najmanju grešku.

$$V_{outDAC} \left(t_2 < t < t_2 + \frac{t_3 - t_2}{k} \right) = V_{out}(t_2) - \frac{\Delta V}{2}$$

$$V_{outDAC} = \frac{V_{REF} (b_0 2^0 + b_1 2^1 + \dots + b_{n-1} 2^{n-1})}{2^n} + \frac{V_{REF}}{2^{n+1}} = \frac{V_{REF} \sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i}{2^n} + \frac{V_{REF}}{2^{n+1}}$$

$$\frac{V_{REF} \sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i}{2^n} + \frac{V_{REF}}{2^{n+1}} = V_{out}(t_2) - \frac{\Delta V}{2} \Rightarrow \frac{V_{REF} \sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i}{2^n} = V_{out}(t_2) - \frac{\Delta V}{2} - \frac{V_{REF}}{2^{n+1}}$$

$$\frac{V_{REF} \sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i}{2^n} = V_{out}(t_2) - \frac{V_{REF}}{2^n} \Rightarrow \sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i = 2^n \frac{V_{out}(t_2)}{V_{REF}} - 1$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} b_i 2^i = 2^n \frac{V_{out}(t_2)}{V_{REF}} - 1 = 35 \Rightarrow b_0 = 1, b_1 = 1, b_2 = 0, b_3 = 0, b_4 = 0, b_5 = 1,$$