- Blok-šema pipeline algoritamskog analogno-digitalnog prikazana je na slici 4.20. Sastoji se od redno vezanih gradivnih bokova identičnih karakteristika, a broj ovih gradivnih blokova predstavlja rezolucija analogno-digitalnog konvertora.

- Gradivni blok sastoji se od analognog naponskog komparatora, kola za oduzimanje napona Σ, naponaskog pojačavača sa pojačanjem A=2, 2 bilateralna CMOS prekidača, jednog logičkog invertora i referentnog napona V_{REF}.

- Naponi na ulazu svakog gradivnog bloka V_{in} i V_{outi}, $i\in\{0, 1, 2, \ldots, n\text{-}2\}$ upoređuje se u analognom naponskom komparatoru sa polovinom referentnog napona V_{REF}. Ako je napon na izlazu odgovarajućeg analognog naponskog komparatora $V_{comp}=V_{DD}$ (b_i=1, $i\in\{0, 1, 2, \ldots, n\text{-}1\}$), obavlja se operacija oduzimanja napona sa ulaza gradivnog bloka i polovine referentnog napona V_{REF}. Ako je napon na izlazu odgovarajućeg analognog naponskog komparatora V_{comp}=0 (b_i=0, $i\in\{0, 1, 2, \ldots, n\text{-}1\}$), operacija oduzimanja se izostavlja. Nakon toga, napon sa izlaza kola za oduzimanje pojačava se 2x.

- Matematički model po kome se odvija princip funkconisanja svakog gradivnog bloka pipeline algoritamskog analogno-digitalnog konvertora je sljedeći:

$$V_{out0}=\begin{cases}2V_{in}-V_{REF},\ V_{in}>\dfrac{1}{2}V_{REF}\\ 2V_{in},\ V_{in}<\dfrac{1}{2}V_{REF}\end{cases}, \tag{4.25}$$

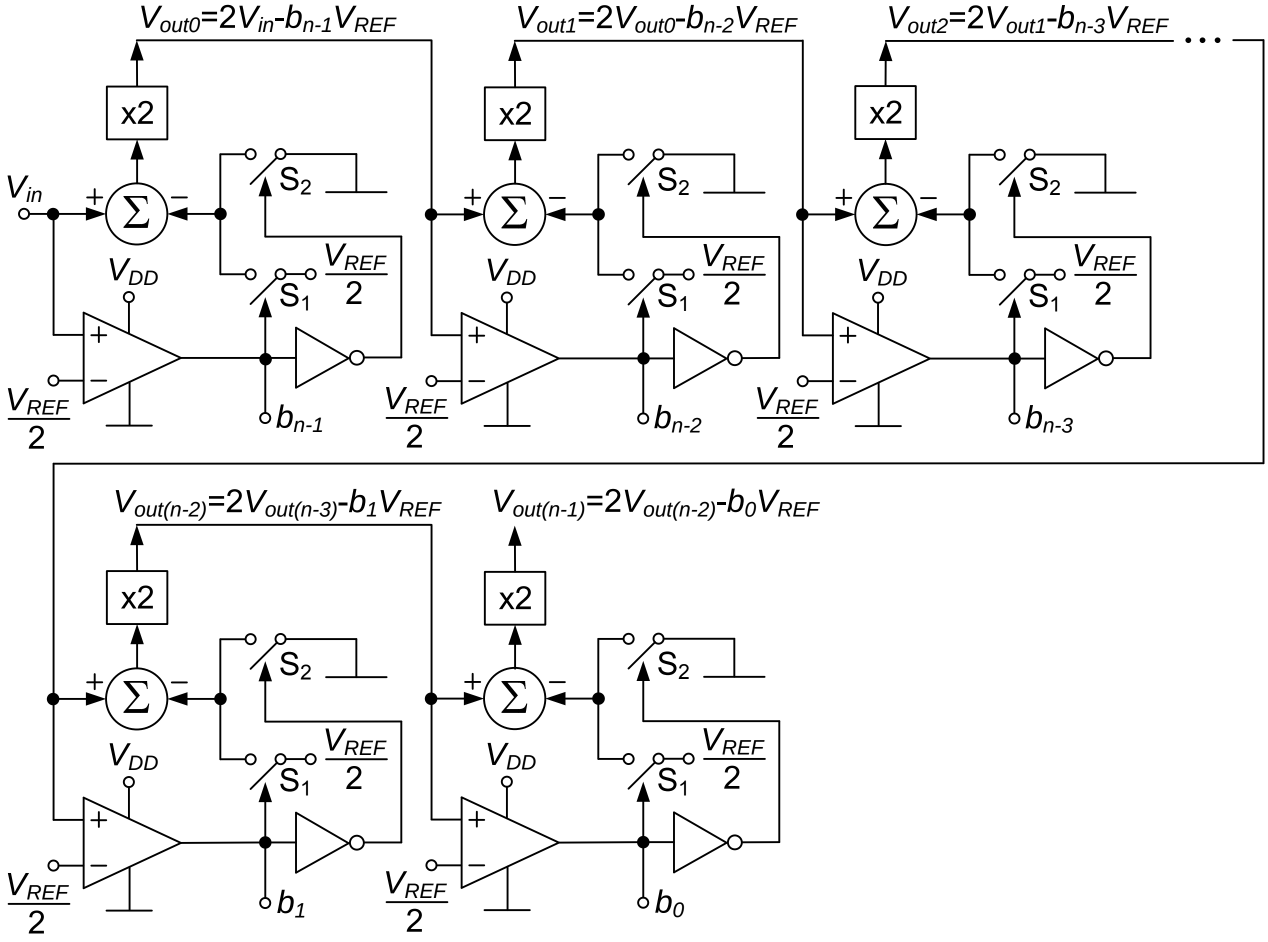
$$V_{outi}=\begin{cases}2V_{out(i-1)}-V_{REF},\ V_{out(i-1)}>\dfrac{1}{2}V_{REF}\\ 2V_{out(i-1)},\ V_{out(i-1)}<\dfrac{1}{2}V_{REF}\end{cases},\ i\in\{1,\ 2,\ \ldots,\ n-1\}. \tag{4.26}$$

Uzimajući u obzir činjenicu da je:

$$b_{n-1}=\begin{cases}1,\ V_{in}>\dfrac{1}{2}V_{REF}\\ 0,\ V_{in}<\dfrac{1}{2}V_{REF}\end{cases}, \tag{4.27}$$

$$b_{n-i-1}=\begin{cases}1,\ V_{out(i-1)}>\dfrac{1}{2}V_{REF}\\ 0,\ V_{outi(i-1)}<\dfrac{1}{2}V_{REF}\end{cases},\ i\in\{1,\ 2,\ \ldots,\ n-1\}, \tag{4.28}$$

relacije (4.25) i (4.26) moguće je prikazati u kompaktnoj formi:



4.20. Blok-šema pipeline algoritamskog analogno-digitalnog konvertora.

$$V_{out0} = 2V_{in} - b_{n-1}V_{REF}\,, \tag{4.29}$$

$$V_{outi} = 2V_{out(i-1)} - b_{n-i-1}V_{REF}\,,\ i \in \{1,\ 2,\ ...,\ n-1\}\,. \tag{4.30}$$

- Cilj je da napon $V_{out(n-1)}$ na izlazu posljednjeg gradivnog bloka dobije vrijednost

$$V_{out(n-1)} \approx 0. \tag{4.31}$$

Korišćenjem relacija (4.29) i (4.30) dobija se da je:

$$V_{out(n-1)} = 2^n V_{in} - \left(2^0 b_0 + 2^1 b_1 + 2^2 b_2 + ... + 2^{n-1} b_{n-1}\right) V_{REF}\,, \tag{4.32}$$

Na osnovu relacija (4.31) i (4.32) dobija se da je ulazni napon V_{in} dat sljedećim izrazom

$$V_{in} \approx \frac{\sum_{i=0}^{n-1} 2^i b_i}{2^n} V_{REF}\,. \tag{4.33}$$

Dakle, rezultat analogno-digitalne konverzije predstavljen je bitima b_0, b_1, b_2,…, b_{n-1} koji se nalaze na izlazima analognih naponskih komparatora.

- Maksimalni ulazni napon V_{in} pipeline algoritamskog analogno-digitalnog konvertora dobija se kada se svi biti na izlazu b_0, b_1, b_2,…, b_{n-1} postave na vrijednost $b_0=b_1=b_2=...b_{n-1}=1$:

$$V_{in\max} = \frac{2^n - 1}{2^n} V_{REF} \tag{4.34}$$

Primjer:

Utvrditi rezultat pipeline algoritamske analogno-digitalne konverzije za ulazni napon V_{in}=730 mV, sa rezolucijom:

a) n=5 bita,
b) n=8 bita.

Poznato je: V_{REF}=1 V.

a) V_{in}=0.73 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_4=1 \Rightarrow V_{out0}=2V_{in}-V_{REF}$=0.46 V
V_{out0}=0.46 V<0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_3=0 \Rightarrow V_{out1}=2V_{out0}$=0.92 V
V_{out1}=0.92 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_2=1 \Rightarrow V_{out2}=2V_{out1}-V_{REF}$=0.84 V
V_{out2}=0.84 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_1=1 \Rightarrow V_{out3}=2V_{out2}-V_{REF}$=0.68 V
V_{out3}=0.68 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_0=1 \Rightarrow V_{out4}=2V_{out3}-V_{REF}$=0.36 V

$$V_{in} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} 2^i b_i}{2^n} V_{REF} = \frac{2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^4}{2^5} V_{REF} = 0.71875\ V$$

b) V_{in}=0.73 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_7=1 \Rightarrow V_{out0}=2V_{in}-V_{REF}$=0.46 V
V_{out0}=0.46 V<0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_6=0 \Rightarrow V_{out1}=2V_{out0}$=0.92 V
V_{out1}=0.92 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_5=1 \Rightarrow V_{out2}=2V_{out1}-V_{REF}$=0.84 V
V_{out2}=0.84 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_4=1 \Rightarrow V_{out3}=2V_{out2}-V_{REF}$=0.68 V
V_{out3}=0.68 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_3=1 \Rightarrow V_{out4}=2V_{out3}-V_{REF}$=0.36 V
V_{out4}=0.36 V<0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_2=0 \Rightarrow V_{out5}=2V_{out4}$=0.72 V
V_{out5}=0.72 V>0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_1=1 \Rightarrow V_{out6}=2V_{out5}-V_{REF}$=0.44 V
V_{out6}=0.44 V<0.5 V=$V_{REF}/2 \Rightarrow b_0=0 \Rightarrow V_{out7}=2V_{out3}$=0.88 V

$$V_{in} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} 2^i b_i}{2^n} V_{REF} = \frac{2^1 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^7}{2^8} V_{REF} = 0.7266\ V$$