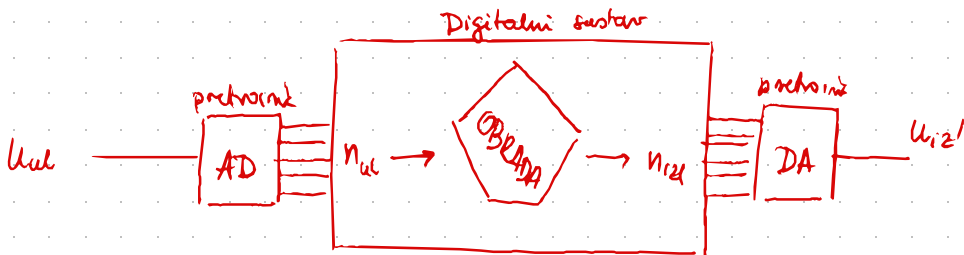
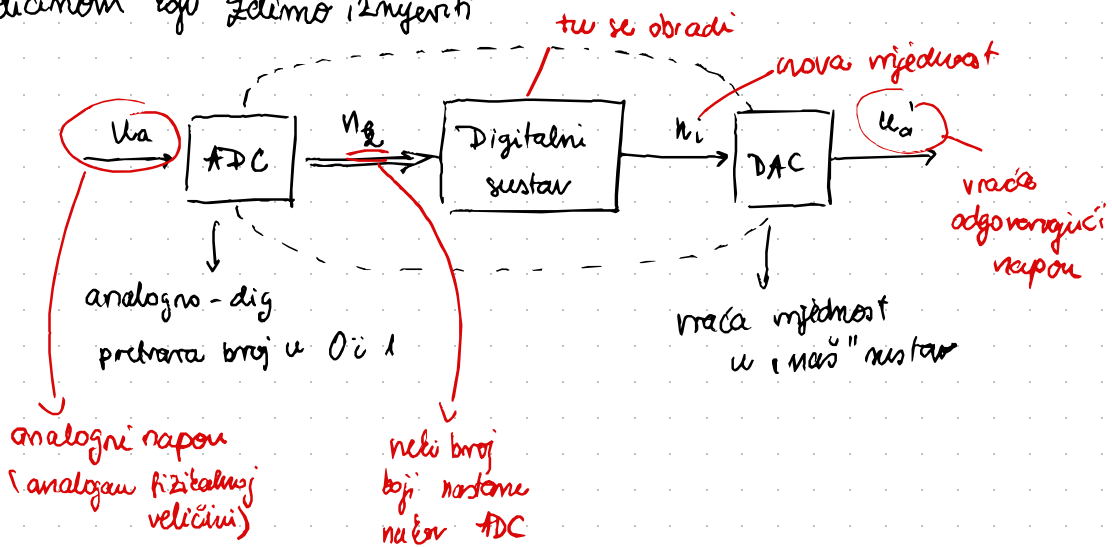


Odnosi digitalnih i analognih sustava

• radi obrade u digitalnom sustavu podataka koji su izvorno u analognom obliku prvo ih treba pretvoriti u digitalni

↳ analogni-digitalni pretvornik (ADC)

• ako želimo mjeriti neku veličinu koja nije napon tada tu istu treba pretvoriti u napon čiji je iznos u nekom poznatom odnosu s veličinom koju želimo izmjeriti



napon iz strarnog svijeta (analogna velič.) → analogni-digitalni pretvornik → digitalna vrijednost → digitalni-analogni pretvornik → napon koji je analogna veličina u stvarnom svijetu

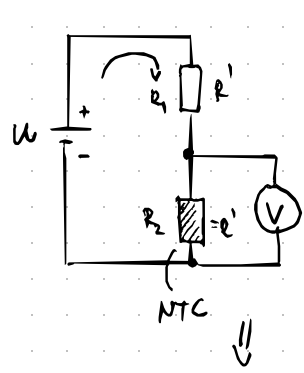
Primer: Kako bismo temperaturu prostornije mogli umijeti u sustav?

- na raspolaganju AD pretvornik koji očekuje da je ulazna veličina napon
 otpornici → pasivne el. komponente

↳ ohmski otpor

kemistri - otpornici osjetljivi na temperaturu* (R se mijenja s temp)

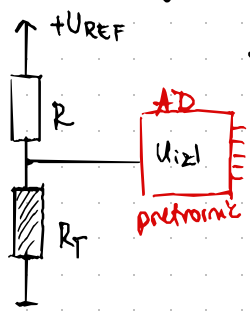
NTC (Negative) PTC (Positive) => u zadatku imamo NTC
 - $R \downarrow$ temp \uparrow \rightarrow temp \uparrow $R \uparrow$



$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{\text{ul}}}{R_{\text{uk}}} = \frac{U_{\text{ul}}}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

odnosno
$$U_{izl} = U_{REF} \cdot \frac{R_T}{R + R_T}$$



• porastom temperature padat će otpor otpornika R_T
 i time izlazni napon U_{izl}

→ izmjereni napon unosimo u digitalni sustav

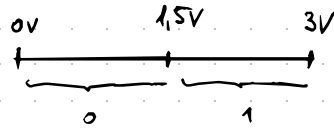
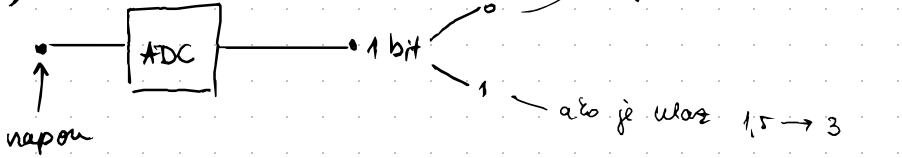
Parametri

- vrijednost ulazne veličine legu pretvornik dobiva $[0, U_{max}]$

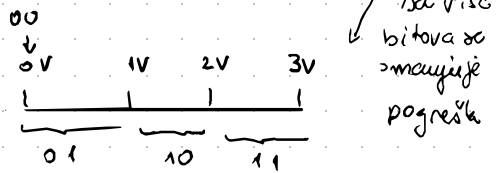
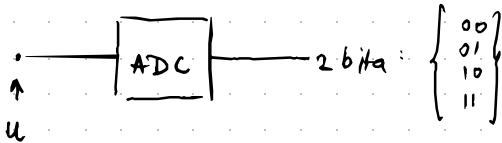
↳ digitalna skema: pretvornik obavlja mjerenje i izmjerenu vrijednost vraća upotrebom n -bitova (umaprijed zaslamo)

Primjer: ulazni napon $[0, 3]$

a) 1 bit

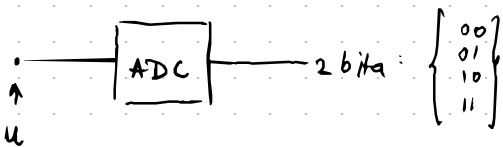


b) 2-bit

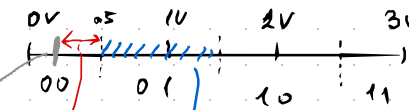


↳ najveća pogreška je 0,99.

→ ali, analognu vrijednost ne mogu točno prikazati jer kao ima beskonačno brojeva, trebala bih i beskonačno bitova što znači da je uvijek neka pogreška



bolji raspored:



želimo li smanjiti pogrešku moramo smanjiti kvant

ovo uzmimo

pogreška pretvorbe

jednu širinu pretvorbe zovemo kvant pretvorbe (delta D)

$$\epsilon_{max} = \frac{\Delta}{2}$$

pogreška kvantizacije

- ako imamo n bitovni pretvornik tada je širina kvanta uzmemo područje

$$\Delta = \frac{U_{max}}{2^n - 1}$$

$$\epsilon_{max} = \frac{U_{max}}{2 \cdot 2^n - 1}$$

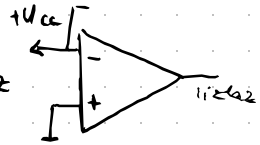
Zadatak: Ako je mjereni opseg od 0V do 5,1V, a pretvornik koristi 8-bitova, kolika je maksimalna pogreška?

$$\epsilon_{\max} = \frac{\Delta}{2} \quad \Delta = \frac{U_{\max}}{2^n - 1} \quad \underline{n=8}$$

$$\epsilon_{\max} = \pm \frac{U_{\max}}{2 \cdot 2^n - 1} = \frac{5,1V}{2 \cdot (2^8 - 1)} = \boxed{\pm 0,01V}$$

Diferencijsto pojačalo

- el. sklop sa dvije ulazne stezaljke (+) i (-) te izlaz



Generira na izlazu: $U_{izl} = U_d \cdot A_v$ — faktor naponskog pojačanja

$$U_d = U_p - U_m$$

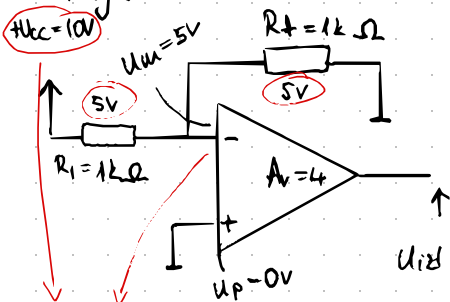
↙ potencijal stezaljke (+)

↘ potencijal stezaljke (-)

→ ako je ta razlika > 0 , $U_{izl} > 0$

↓ i proporcionalan
 $U_{izl} < 0$ i toj razlici

Primjer:



$$U_d = U_p - U_m = 0 - 5$$

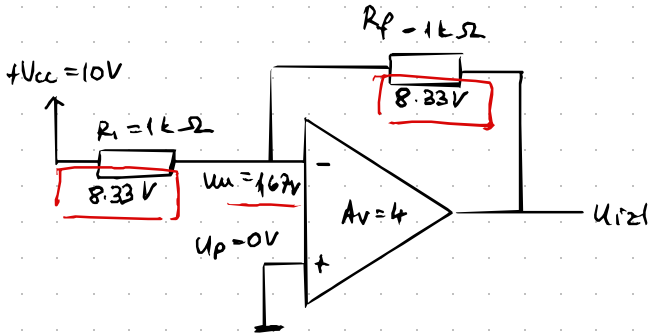
$$U_d = -5V$$

$$U_{izl} = U_d \cdot A_v = -5V \cdot 4 = \underline{\underline{20V}}$$

Potencijal stezaljke (-) određuje naponsko dijelilo $\frac{R_1}{R_f} \rightarrow 1000 : 1000$
dijeli po pola
i oba otpornika su 5V

Diferencijalno pojačalo određuje potencijal dva djelila

→ dno otpornog djelila ćemo umjesto na masu spojiti na izlaz



$$U_d = -1,667V$$

$$U_{izl} = 4 \cdot U_d = -6,667V$$

$$U_d \cdot A_v = U_{izl}$$

$$(U_p - U_m) \cdot A_v = U_{izl}$$

$$(0V - U_m) \cdot A_v = U_{izl}$$

$$-U_m \cdot A_v = U_{izl}$$

ako je na dnu djelila napon U_{izl} , a na vrhu V_{cc} , potencijal izlaza djelila što je ujedno i U_m je:

$$U_m = (V_{cc} - U_{izl}) \frac{R_f}{R_1 + R_f} + U_{izl}$$

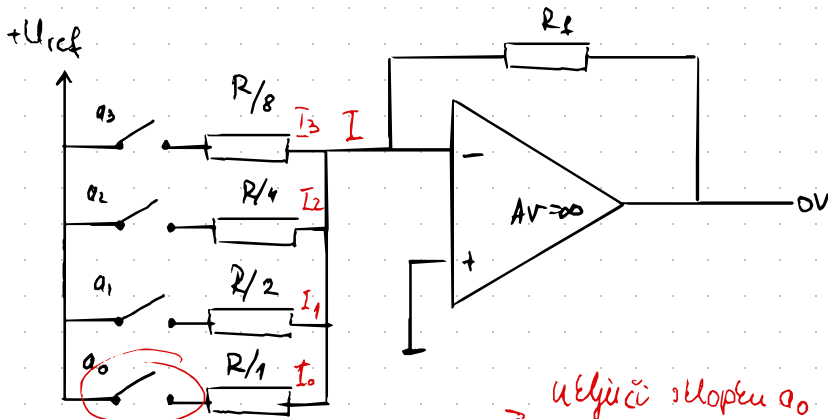
$$- \left((V_{cc} - U_{izl}) \cdot \frac{R_f}{R_1 + R_f} + U_{izl} \right) \cdot A_v = U_{izl}$$

$$U_{izl} = -V_{cc} \cdot \frac{R_f}{R_1 + R_f} \cdot \frac{1}{\frac{1}{A_v} + \frac{R_1}{R_1 + R_f}}$$

Ma WTF?

Težinski DA - pretvornik

- sastoji od težinske mreže otpornika i jednog diferencijalnog pojačala



pretvornik za
kod 0 težinske
8421

$$*I = \frac{U}{R}$$

uključiti sklopku a_0

→ na otpornik a_0 kleva je doveden U_{REF} ,
a zdesna 0V

• kroz ovaj teče struja $\frac{U_{REF}}{\frac{R}{w}} = \frac{U_{REF}}{R} \cdot w$

→ struja kroz $a_0 \Rightarrow \frac{U_{REF}}{R}$

$$a_1 \rightarrow \frac{2U_{REF}}{R}$$

$$a_2 \rightarrow \frac{4U_{REF}}{R}$$

mreža paralelnih grana

→ otpor iznosi $\frac{R}{w}$ $w = \text{težina}$

- želimo da $I = I_3 + I_2 + I_1 + I_0$

tude proporcionalno broju $n = n_3 n_2 n_1 n_0$

(Ukupna struja: $n = 4$ jer 4 otpornika)

$$I = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot \frac{U_{REF}}{\frac{R}{w_i}} = \frac{U_{REF}}{R} \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot w_i = \boxed{\frac{U_{REF}}{R} \cdot N}$$

$I_0 = \frac{U_{REF}}{R_0} \cdot n_0$ — ako je 0 nema struje i ne zbrojimo
— ako je 1, teče struja i zbrojimo

$$I_0 = \frac{U_{REF}}{\frac{R}{w_0}} \cdot n_0$$

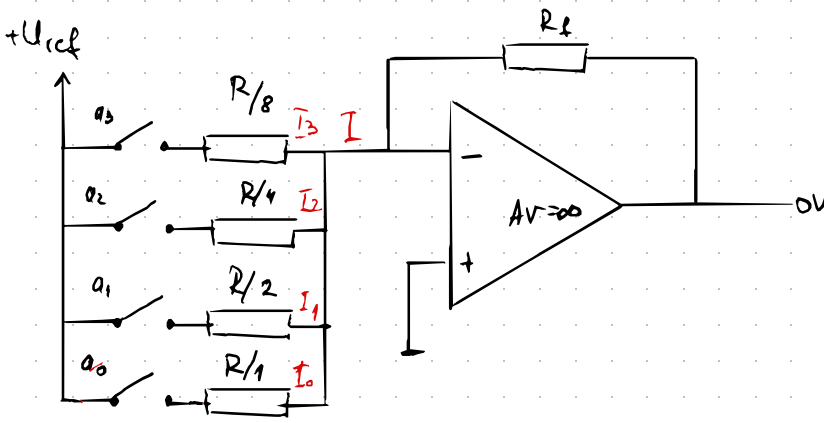
$$I_1 = \frac{U_{REF}}{\frac{R}{w_1}} \cdot n_1$$

$$I_2 = \frac{U_{REF}}{\frac{R}{w_2}} \cdot n_2$$

$$I_3 = \frac{U_{REF}}{\frac{R}{w_3}} \cdot n_3$$

$$I = \frac{U_{REF}}{R} (w_3 \cdot n_3 + w_2 \cdot n_2 + w_1 \cdot n_1 + w_0 \cdot n_0)$$

$$I = \frac{U_{REF}}{R} (w_3 \cdot n_3 + w_2 \cdot n_2 + w_1 \cdot n_1 + w_0 \cdot n_0)$$



$$I = \frac{U_{REF}}{R} \underbrace{(w_3 \cdot n_3 + w_2 \cdot n_2 + w_1 \cdot n_1 + w_0 \cdot n_0)}_{k \cdot n}$$

$$I = \frac{U_{REF}}{R} \cdot n = k \cdot n \quad \Rightarrow \quad k = \frac{U_{REF}}{R}$$

\downarrow
 konstanta

$$U_{izl} = -I \cdot R_f \rightarrow \boxed{U_{izl} = -k \cdot n \cdot R_f = -\frac{U_{REF}}{R} \cdot n \cdot R_f}$$