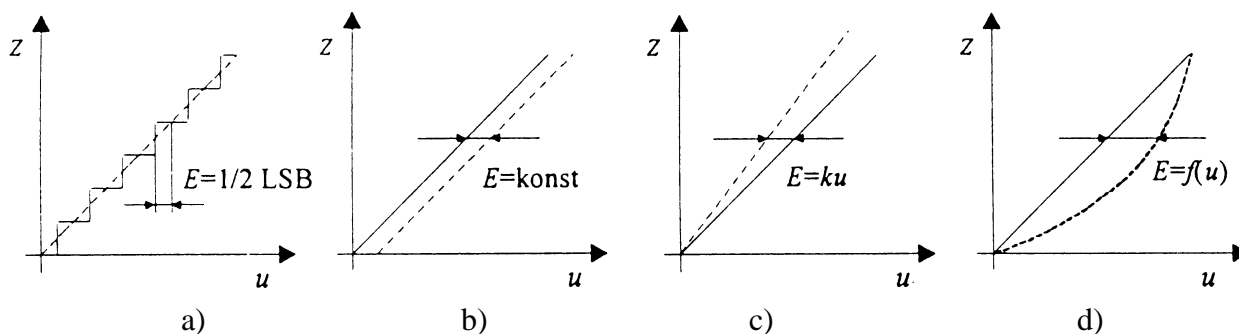


Rešitve nalog – MERITVE 2. del

1. Naštejte pogreške analogno-digitalnega pretvornika in nakažite načine, kako jih lahko korigiramo z mikroračunalnikom v digitalnih elektronskih instrumentih. Skicirajte in pokažite z enačbami!

Rešitev:

- Pogreške analogno-digitalnega pretvornika (ADP) razdelimo na:
 - kvantizacijskega - a,
 - ničelnega – b,
 - naklonskega – c,
 - pogrešek nelinearnosti – d.
- Pri ADP ločimo še integralno nelinearnost (INL), ki je vezana na celotno merilno območje $n_{INL} = |E|_{\max} / U_D$, in diferencialno nelinearnost (DNL), ki je vezana na nazivni korak kvantizacije $\Delta_0 = U_D / 2^n$: $n_{DNL} = |\Delta - \Delta_0|_{\max} / \Delta_0$

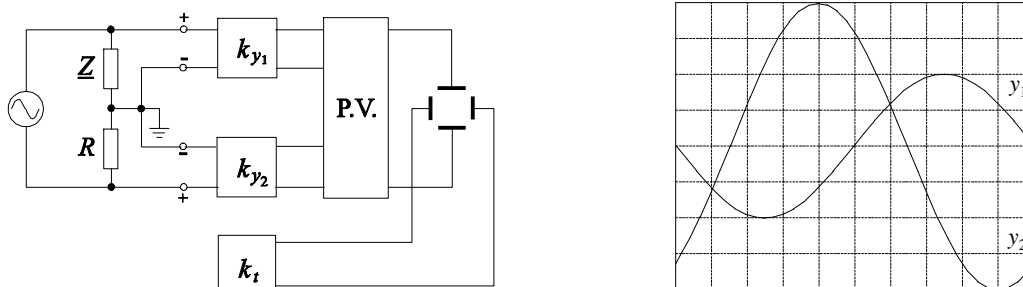


- Enostavno lahko korigiramo ničelni in naklonski pogrešek z dvema referenčnima napetostima, ki ju priklopimo na vhod:
 - $U_0 = 0V \rightarrow Z = Z_0$ - vhod ADP kratko sklenemo
 - $U_{\text{ref}} \rightarrow Z = Z_{\text{ref}}$ - na vhod priključimo znano referenčno napetost
- Vse ostale vrednosti AD pretvorbe korigiramo z linearno karakteristiko, ki jo določata ti referenčni vrednosti.

$$Z_{\text{kor}} = (Z - Z_0) \frac{Z_{\text{ref}}}{Z_{\text{ref}} - Z_0}$$

- Pogrešek nelinearnosti lahko zmanjšamo tako, da zmanjšamo interval, na katerem opazujemo odstopanje od linearne karakteristike.

2. Prikazana je slika na zaslonu dvokanalnega osciloskopa. Časovno bazo proži kanal-1. Frekvenca je 1000Hz in $k_{y1} = k_{y2}$. Kolikšen je nivo proženja N ? Kakšna je strmina proženja S ? Koliko je odklonski koeficient časovne baze k_t ? Kakšna je funkcijska povezava med \underline{Z} in R ?



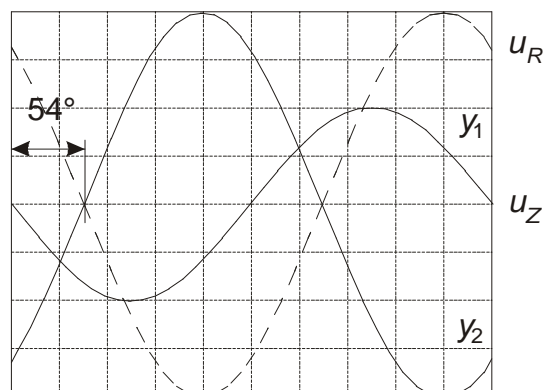
Rešitev:

- Proži kanal 1. Slika na zaslonu osciloskopa prikazuje, da se y_1 začne pri 0 in pada. Torej je nivo proženja $\underline{N} = 0\text{ V}$ in strmina proženja $\underline{S} < 0$.
- Odklonski koeficient časovne baze k_t se izračuna iz frekvence signala in števila delcev ene periode. Ena perioda je prikazana na desetih delcih, frekvenca signala je 1000Hz, zato velja:

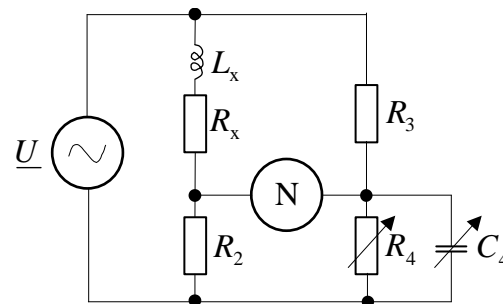
$$k_t \cdot x_T = T = \frac{1}{f} \Rightarrow \underline{k_t} = \frac{1}{10 \text{ d} \cdot 1000 \text{ Hz}} = \underline{0,1 \text{ ms}}$$

- Ker ima osciloskop skupno negativno sponko, je slika signala na drugem vhodu invertirana. Dejanski signal je na spodnji sliki prikazan črtkano. Hkrati je označen kot zamika signalov, iz česar se lahko zapiše funkcijsko povezavo med \underline{Z} in R . Upoštevati je še potrebno, da je amplituda u_R enkrat večja od u_Z .

$$\underline{U}_Z = \frac{1}{2} \underline{U}_R \cdot e^{j54^\circ} \Rightarrow \underline{\underline{Z}} = \underline{\underline{\frac{1}{2} R \cdot e^{j54^\circ}}}$$



3. Izpeljite izraz za induktivnost L_x , upornost R_x in faktor kvalitete tuljave Q_x , če uporabljamo dani mostič! Na kaj moramo biti še posebej pozorni, kadar merimo tuljavo z železnim jedrom?



Rešitev:

- Za impedance mostiča zapišemo: $\underline{Z}_x = R_x + j\omega L_x$
 $\underline{Z}_2 = R_2$; $\underline{Z}_3 = R_3$
 $\underline{Z}_4^{-1} = \frac{1}{R_4} + j\omega C_4$
- Iz razmerja $\underline{Z}_x/\underline{Z}_2 = \underline{Z}_3/\underline{Z}_4$, ko je mostič uravnovešen, zapišemo:

$$\underline{Z}_x = \underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3 \cdot \underline{Z}_4^{-1} \quad \Rightarrow \quad R_x + j\omega L_x = R_2 R_3 \cdot \left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4 \right)$$

- Ko izenačimo realna dela leve in desne strani enačbe, dobimo iskano upornost

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4}$$

- in ko izenačimo imaginarna dela še induktivnost

$$L_x = R_2 R_3 C_4$$

- Faktor kvalitete Q tuljave je razmerje jalove moči z delovno. Pri serijskem nadomestnem vezju, ki prevladuje pri analizi realnih tuljav, je:

$$Q_x = \frac{I^2 \omega L_x}{I^2 R_x} = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega R_4 C_4$$

- Pri merjenju induktivnosti s feromagnetnim jedrom moramo biti pozorni na obliko in velikost toka, ker je odnos med magnetno indukcijo B in jakostjo magnetnega polja H za feromagnetni material nelinearen. Ker permeabilnost ni stalna, je tudi induktivnost močno odvisna od toka, pri katerem merimo.
 - Meriti moramo v skladu s karakteristiko jedra.

4. Kolikšen je absolutni pogrešek zaradi lezenja frekvence oscilatorja v univerzalnem digitalnem števcu, če ta pri merjenju referenčnega signala s periodo 2,5000ms pokaže 2,4862ms? Števec je nastavljen tako, da omogoča merjenje periode z najmanjšo ločljivostjo.

Rešitev:

- Za ločljivost pri merjenju periode velja $Q_T = K \cdot T_0$. Najmanjšo vrednost dosežemo takrat, ko je delilnik nastavljen na $K = 1$.
- Ker kaže števec $T_i = 2,4862\text{ms}$, pomeni, da je znotraj ene periode T_x merjenjega (točnega) signala našteje $Z = 24862$ pulzov, ki jih je zgeneriral oscilator s periodo T_0 .

- Za merjeni T_x torej velja:

$$T_x = Z \cdot K \cdot T_0 = Z \cdot T_0$$

- zato sledi $T_0 = \frac{T_x}{Z} = \frac{2,5\text{ms}}{24862} = 100,55\text{ns}$

- ter $f_0 = T_0^{-1} = 9,9448\text{MHz}$

- Če hočemo, da števec pravilno kaže, mora biti frekvenca oscilatorja okrogla vrednost, v tem primeru 10MHz. Ker se ta frekvenca lahko v daljšem obdobju spreminja oz. leze, je absolutni pogrešek frekvence oscilatorja zaradi lezenja tako

$$E_{f_0} = 9,9448\text{MHz} - 10\text{MHz} = -55,2\text{kHz}$$

5. S pomočjo dvokanalnega digitalnega spominskega osciloskopa želimo meriti maksimalno magnetno indukcijo B_{\max} in remanenčno magnetno indukcijo B_{rem} feromagnetnega toroidnega jedra pri frekvenci $f = 50\text{Hz}$ brez dodatnega merilnega pribora. DSO omogoča merjenje srednje, efektivne in maksimalne vrednosti signala. Izberite ustrezno funkcijo, proženje in časovni odklonski koeficient (zaslon: $10\text{d} \times 8\text{d}$) ter izpeljite enačbi za iskani veličini!

Rešitev:

- Maksimalna magnetna indukcija B_{\max}
 - Z osciloskopom merimo srednjo vrednost inducirane napetosti polovico periode, da dobimo od nič različno vrednost.

$$u_i = k_1 \frac{dB}{dt} \Rightarrow B = k_2 \int_0^T u_i dt = k_3 \frac{T}{2} \cdot \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u_i dt = k_3 \frac{T}{2} \cdot \bar{U}_{T/2}$$

- Da dobimo maksimalno vrednost napetosti ($\propto B_{\max}$), moramo dobiti na zaslon osciloskopa samo pozitivni val napetosti u_i . To dosežemo z nastavitvami proženja:
 - nivo proženja: $N = 0$
 - strmina proženja: $S > 0$
- in časovne baze, ki omogoča prikaz polovice periode $T_{\text{prikaz}} = T/2 = 10\text{ms}$:

$$k_t = \frac{T_{\text{prikaz}}}{10\text{d}} = 1\text{ms/d}$$

- Remanenčna magnetna indukcija B_{rem} :
 - Na **drugi** kanal pripeljemo napetost, ki je proporcionalna jakosti magnetnega pretoka H (padec na souporu, ki ga povzroča vzbujalni tok na primarnem navitju $\oint H ds = I N_1 \Rightarrow H = k_4 \cdot iR = k_4 \cdot u_H$). Nastavitev časovne baze osciloskopa ohranimo $k_t = 1\text{ms/d}$ in nastavimo prožilni nivo tako, da dobimo za srednjo vrednost drugega kanala nič.

$$\bar{U}_{T/2}(H) = 0\text{V}$$

- Srednja vrednost napetosti na **prvem** kanalu je v tem trenutku sorazmerna remanenčni magnetni indukciji B_{rem} :

$$H = 0 \rightarrow B_{\text{rem}} = k_3 \frac{T}{2} \cdot \bar{U}_{T/2}$$