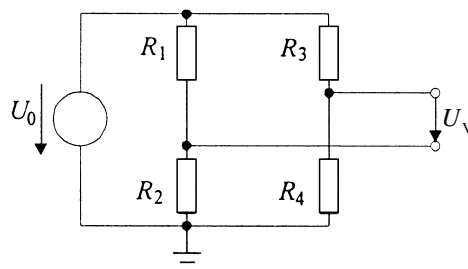


Rešitve nalog – Merilna instrumentacija – UNI

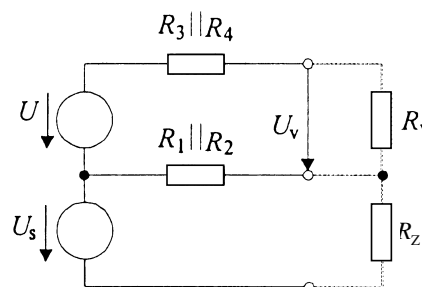
1. Koliko je sistematični pogrešek zaradi vpliva sofaznega signala pri merjenju diagonalne napetosti odklonskega četrtinskega mostiča $R_{10} = R_2 = R_3 = R_4 = 1\text{ k}\Omega$, $U_0 = 4\text{ V}$ in pri spremembi upora za $\Delta R_1/R_{10} = 0,005$? Uporabljeni voltmeter ima neozemljeni vhod ($R_V = 10\text{ M}\Omega$, $R_Z = 10\text{ M}\Omega$). Skicirajte razmere.



$$U_5 = U_0 \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

Rešitev:

- Voltmeter kaže vsoto dveh prispevkov: merjene napetosti mostiča U in vpliv sofazne napetosti U_s .



- Merjena diagonalna napetost odklonskega četrtinskega mostiča $U = U_5$ pri pogoju, da je upornost voltmetra zelo velika $R_V \gg R_{10}$, je enaka:

$$U_5 \doteq \frac{U_0}{4} \frac{\Delta R_1}{R_{10}} = 5\text{ mV}$$

- Vpliv motilne sofazne napetosti $U_s \approx U_0/2 = 2\text{ V}$ (velja za mostič z enakimi upornostmi) je enak:

$$U_{m,s} = U_s \frac{R_1 || R_2}{R_1 || R_2 + R_Z} = 2\text{ V} \frac{500\Omega}{500\Omega + 10\text{ M}\Omega} = 0.1\text{ mV}$$

- Prispevek sofazne napetosti na vhodu voltmetra $U_{m,s}$ določa napetostni delilnik nadomestne notranje upornosti mostiča $R_1 || R_2$ v spodnji veji in izolacijske upornosti R_Z , ker se ves padec napetosti z upornosti $R_1 || R_2$ prenese neposredno na vhod voltmetra zaradi velike vhodne upornosti voltmetra $R_V \gg R_3 || R_4$:

- Voltmeter kaže vsoto obeh prispevkov: $U_V = U_5 + U_{m,s} = 5,1\text{ mV}$

- Sistematični pogrešek je enak: $e = \frac{U_V}{U_5} - 1 = 0,02 = 2\%$

2. Koliko največ sme biti frekvenca pravilno razpoznane sinusne napetosti, ki jo vzorčimo z vzorčno-zadržnim členom in pretvarjamo z 12-bitnim analogno-digitalnim pretvornikom. Vzorčno-zadržni člen ima aperturni čas $T_{ap} = 0,5\text{ ns}$ in akvizicijski čas $T_{ac} = 30\text{ ns}$. ADP s postopnim približevanjem potrebuje za en korak pretvorbe $T_k = 20\text{ ns}$. Skicirajte razmere!

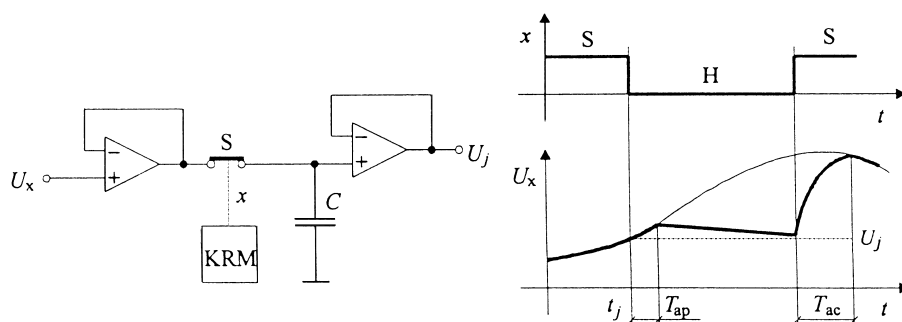
Rešitev:

- Sam analgno-digitalni pretvornik (ADP) s postopnim približevanjem potrebuje $k = 12$ korakov za eno pretvorbo:

$$T_{ADP} = k \cdot T_k = 12 \cdot 20\text{ ns} = 240\text{ ns}$$

- Minimalni čas, ki ga porabi vzorčno-zadržni člen, je enak vsoti aperturnega časa in akvizicijskega časa:

$$T_{VZ} = T_{ap} + T_{ac} = 0,5\text{ ns} + 30\text{ ns} = 30,5\text{ ns}$$



- Skupni minimalni čas za pretvorbo enega vzorca je enak:

$$T_{s,min.} = T_{ADP} + T_{VZ} = 240\text{ ns} + 30,5\text{ ns} = 270,5\text{ ns}$$

- Za pravilno razpoznano sinusno napetost mora biti frekvenca signala vsaj dvakrat manjša od frekvence vzorčenja $f_s = 1/T_s$:

$$f < \frac{1}{2T_{s,min.}} = \frac{1}{2 \cdot 270,5\text{ ns}} = 1,848\text{ MHz}$$

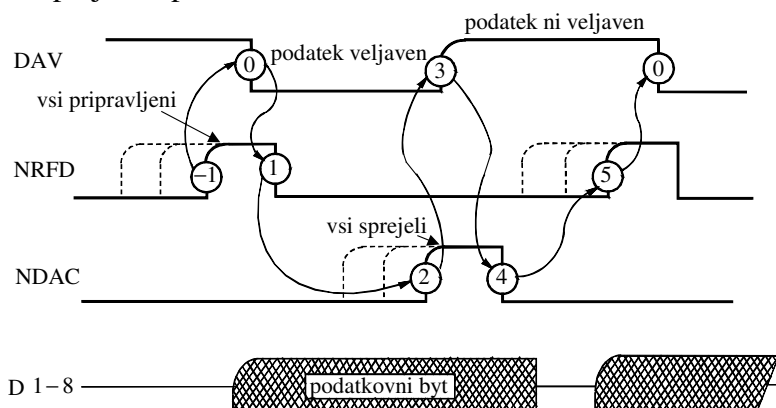
3. Kako je sinhroniziran prenos enega 8-bitnega podatka pri vodilih po standardih RS-232 in IEEE-488? Opišite in skicirajte časovne diagrame?

Rešitev:

- Kadar se RS-232 vodilo uporablja za neposredno vodenje instrumenta, ni uporabljena linija za časovno sinhronizacijo, temveč se prenos znaka sinhronizira s pomočjo 'start' bita (prehod iz nizkega v visok napetostni nivo), pred katerim je predhodno nastopil 'stop' bit (nizek nivo), kot zaključek prenosa prejšnjega znaka.



- Na oddajni in sprejemni napravi morata biti usklajeni hitrosti prenosa bitov (bit/s).
- Pri GPIB vodilu (IEEE-488) je prenos podatkov zelo dobro zavarovan s **3-bitnim krmilnim vodilom** za nadzor prenosa podatkov - **handshake**:
 - DAV** - veljavni podatki,
 - NRFD** - nepripravljenost na podatke,
 - NDAC** - nesprejetost podatkov.



- Neposredni prenos enega znaka (paraleno 8 bitov) se sinhronizira s prehodom signala DAV na strani oddajnika iz visokega napetostnega nivoja v nizkega.
- Prenos je končan, ko so vsi sprejemniki potrdili sprejetje znaka (prehod signala NDAC iz nizkega napetostnega nivoja v visokega).

4. Določite faktor moči na bremenu, če sta napetost in tok:

$$u/V = 100 + 325,3 \cdot \sin(2\pi ft - \pi/2)$$

$$i/A = 1 + 2,828 \cdot \sin(2\pi ft - \pi/3) + 0,5657 \cdot \sin(10\pi ft + \pi/4)$$

$$P = \sum_i U_i I_i \cos \varphi_i$$

Rešitev:

- Faktor moči je razmerje delovne in navidezne moči: $\lambda = P/S$.
- Delovna moč je definirana kot vsota prispevkov $P_i = U_i I_i \cos \varphi_i$ komponent napetosti in toka iste frekvence z upoštevanjem razlike kotov med napetostjo in tokom za ustrezno komponento. V našem primeru imamo še enosmerno komponento $P_0 = U_0 I_0$, zato zapišemo:

$$P = U_0 I_0 + \sum_i U_i I_i \cos \varphi_i; \quad \varphi_i = \varphi_{U,i} - \varphi_{I,i}$$

- Prispevek enosmerne komponente je: $P_0 = U_0 I_0 = 100 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 100 \text{ W}$
- V izmeničnem delu pa imamo samo prispevek osnovne komponente, ker peta harmonska komponenta pri napetosti ni prisotna:

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1; \quad \varphi_1 = \varphi_{U,1} - \varphi_{I,1} = -\pi/2 + \pi/3 = -\pi/6$$

- Efektivne vrednosti komponent napetosti in toka so:

$$U_0 = 100 \text{ V}, \quad U_1 = \frac{\hat{u}_1}{\sqrt{2}} = \frac{325,3 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 230 \text{ V};$$

$$I_0 = 1 \text{ A}, \quad I_1 = \frac{\hat{i}_1}{\sqrt{2}} = \frac{2,828 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 2,00 \text{ A}, \quad I_5 = \frac{\hat{i}_5}{\sqrt{2}} = \frac{0,5657 \text{ A}}{\sqrt{2}} = 0,40 \text{ A}$$

- Delovna moč osnovne komponente je tako $P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1 = 398,37 \text{ W}$ in skupna delovna moč je:

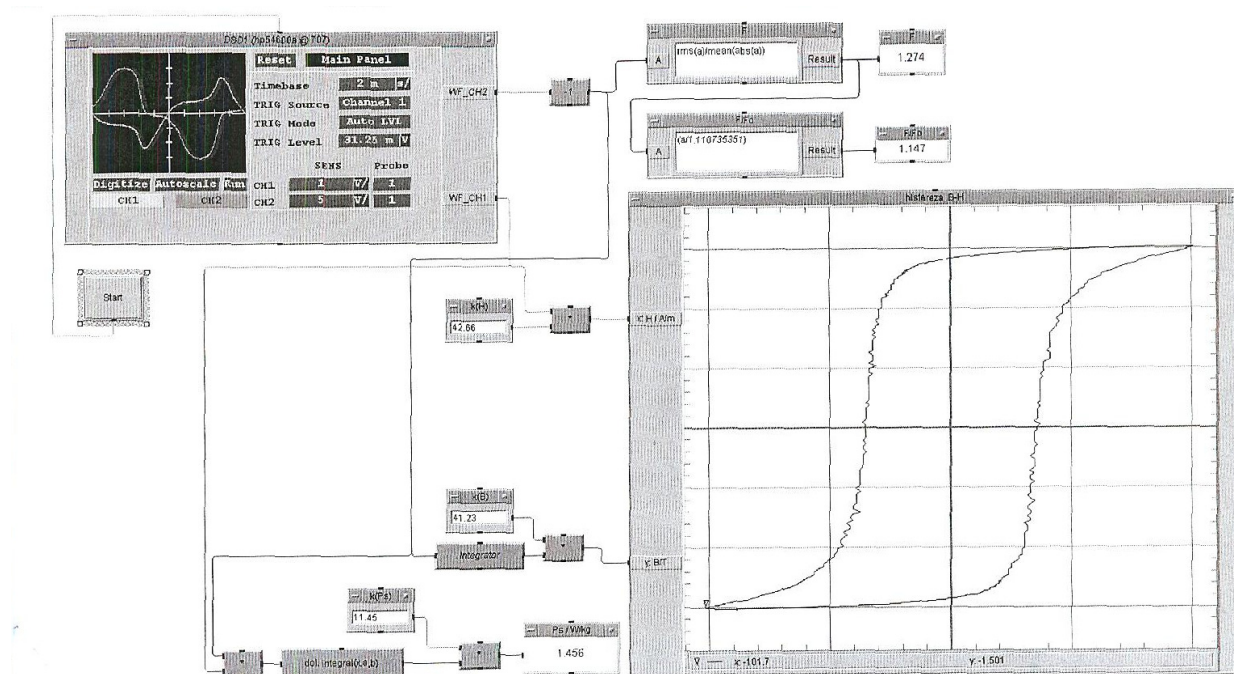
$$P = P_0 + P_1 = 100 \text{ W} + 398,37 \text{ W} = 498,37 \text{ W}$$

- Navidezna moč je enaka produktu efektivne vrednosti napetosti in toka: $S = U \cdot I$
 - Efektivno vrednost napetosti dobimo z geometrijskim seštevanjem efektivnih vrednosti komponent: $U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2} = 250,8 \text{ V}$
 - Podobno dobimo tudi efektivno vrednost toka: $I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_5^2} = 2,27 \text{ A}$
 - Navidezna moč je tako: $S = 569,7 \text{ VA}$
- Iz delovne in navidezne moči izračunamo še faktor moči:

$$\lambda = \frac{498,37 \text{ W}}{569,7 \text{ VA}} = 0,875$$

5. Pri merjenju dinamične histerezne zanke feromagnetnega jedra, smo v eni točki izmerili razmerje oblikovnih faktorjev $F_1/F_0 = 1,007$ pri specifičnih izgubah $P_{s,1} = 1,185 \text{ W/kg}$. Razmere v drugi točki meritve prikazuje spodnja slika. Izračunajte vrtnične izgube P_e feromagnetnega materiala za čisto sinusno obliko.

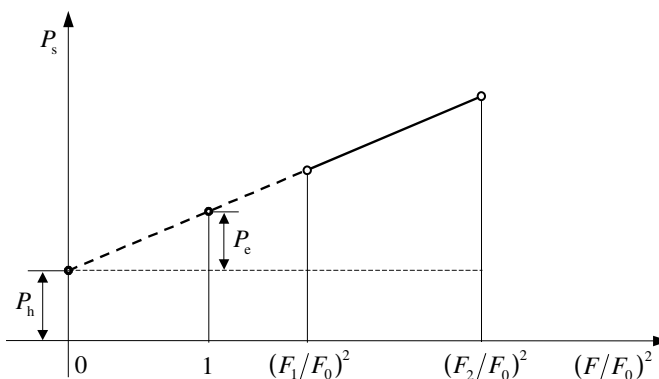
$$P_s = P_h + P_e = P_h + c(F/F_0)^2$$



Rešitev:

- Za ločitev izgub uporabimo metodo ločevanja histereznih in vrtničnih izgub s faktorjem oblike signala.

$$P_s = P_h + P_e = P_h + c \left(\frac{F}{F_0} \right)^2$$



- Rezultati meritev v obeh točkah so:

$$F_1/F_0 = 1,007 \text{ in } P_{s,1} = 1,185 \text{ W/kg}$$

$$F_2/F_0 = 1,147 \text{ in } P_{s,2} = 1,456 \text{ W/kg (odčitamo iz slike)}$$

- Za določitev vrtničnih izgub potrebujemo konstanto c :

$$c = \frac{P_{s,2} - P_{s,1}}{(F_2/F_0)^2 - (F_1/F_0)^2} = \frac{1,456 \text{ W/kg} - 1,185 \text{ W/kg}}{(1,147)^2 - (1,007)^2} = 0,899 \text{ W/kg}$$

- in od tod vrtnične izgube za čisto sinusno obliko $F_{\sin}/F_0 = 1$:

$$P_e = c \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^2 = 0,899 \text{ W/kg}$$