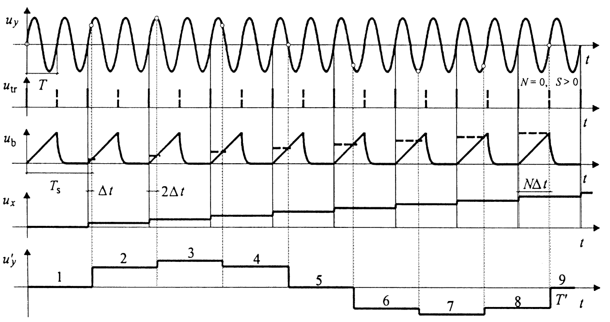
04.06.2008

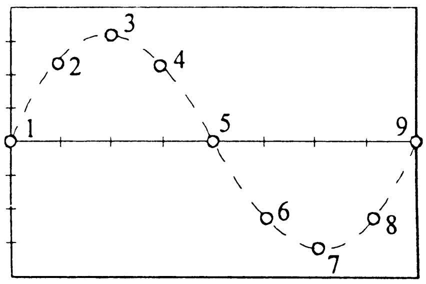
Rešitve nalog – MERITVE 2. del

1. Opišite tehnike vzorčenja pri digitalnih spominskih osciloskopih! Skicirajte nastajanje slike na zaslonu! Kdaj govorimo o vzorčenju v ekvivalentnem času in kdaj v realnem času?

Rešitev:

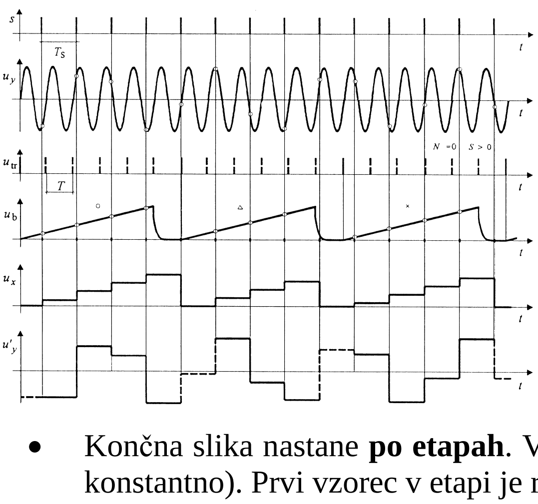
- Ločimo dva načina pridobivanja podatkov in shranjevanja:
    - vzorčenje v **realnem času**, kjer jemanje vzorcev in shranjevanje **teče hkrati** z dogodkom. Upoštevati moramo vzorčni teorem.
    - vzorčenje v **ekvivalentnem času**, kjer jemanje vzorcev in shranjevanje **teče** v **podaljšanem času**. Uporablja se večkratno proženje. Signal mora biti periodičen.
- Pri vzorčenje v ekvivalentnem času poznamo:
- Za višje frekvence se uporablja tehnika jemanja vzorcev z zamikom – **postopkovno (sekvenčno) vzorčenje**:

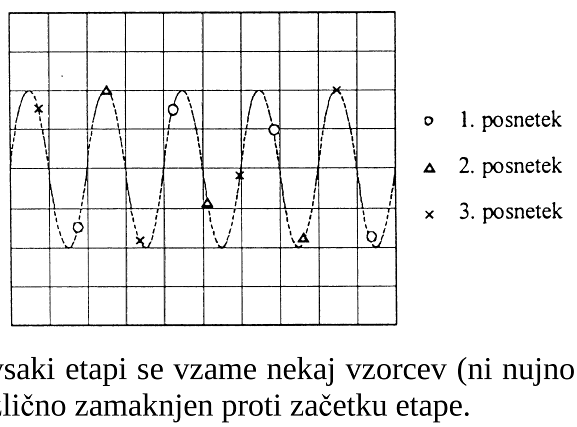




- Jemanje vzorcev se enakomerno zakasni po naslednjih M periodah za Δt, tako da je perioda jemanja vzorcev: $T_s = MT + \Delta t$. Krajši kot je čas Δt, bolj fino imamo podan signal $N = T/\Delta t >> 1$ in daljši je čas rekonstrukcije: $T' = NT_s = N(MT + \Delta t)$. Frekvenca rekonstruiranega signala je $f' = f/(MN+1)$.

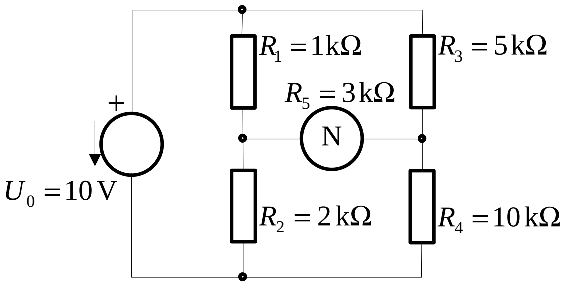
- Jemanje vzorcev je lahko tudi **naključno** proti prožilnemu dogodku (**random sampling**). Vzorčevalni signal ni sinhroniziran z merjenim signalom.





- Končna slika nastane **po etapah**. V vsaki etapi se vzame nekaj vzorcev (ni nujno konstantno). Prvi vzorec v etapi je različno zamaknjen proti začetku etape.
- Širina zaslona $T(\text{zaslona}) = k_t x_m$ vsebuje Z_m intervalov dolgih $T'_s = k_t x_m / Z_m$, kar ustreza ekvivalentnemu vzorčnemu času. Od tod dobimo ekvivalentno frekvenco vzorčenja: $f'_s = Z_m/(k_t x_m)$.

2. Kolikšne spremembe upornosti R_3 razločimo z danim Wheatstonovim mostičem v okolici ravnovesne lege, če je ločljivost ničelnega indikatorja $(\Delta I_5)_\mathrm{q} = 0{,}1\,\mu\mathrm{A}$? Kolikšna je ločljivost mostiča δ_q ?



$$I_5 = U_0 \frac{R_1R_4 - R_2R_3}{R_1R_2(R_3+R_4) + R_3R_4(R_1+R_2) + R_5(R_1+R_2)(R_3+R_4)}$$

Rešitev:

- Ker nas zanima, kako se spreminja tok ničelnega indikatorja I_5 v okolici ravnovesja $R_{30} = R_1R_4/R_2$, izračunajmo odvod v tej točki:

$$\left(\frac{\mathrm{d}I_5}{\mathrm{d}R_3}\right)_{R_3=R_{30}} = ? \quad \Rightarrow \quad \frac{\mathrm{d}I_5}{\mathrm{d}R_3} = U_0 \frac{-R_2}{R_1R_2\ (R_{30}+R_4) + R_{30}R_4\ (R_1+R_2) + R_5(R_1+R_2)\ (R_{30}+R_4)}$$

  - pri majhnih spremembah upora R_3, se v točki ravnovesja to bistveno pozna samo v števcu, ki je tedaj nič, števec pa praktično ostane nespremenjen.
  - Pri ovrednotenju občutljivosti nas v tem primeru zanima absolutna vrednost odvoda $|\mathrm{d}I_5/\mathrm{d}R_3|$.

- Če v dobljenem izrazu infinitezimalne spremembe zamenjamo s končnimi in izračunamo ΔR_3, dobimo

$$\Delta R_3 = \frac{\Delta I_5}{U_0\ R_2}\left[R_1R_2(R_{30}+R_4) + R_{30}R_4(R_1+R_2) + R_5(R_1+R_2)(R_{30}+R_4)\right]$$

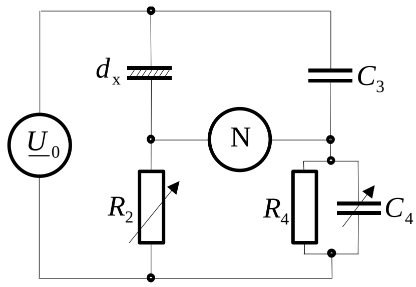
$$\Delta R_3 = \frac{0{,}1\,\mu\mathrm{A}}{10\,\mathrm{V}\cdot 2\,\mathrm{k}\Omega}\left[1\,\mathrm{k}\Omega\cdot 2\,\mathrm{k}\Omega\cdot(15\,\mathrm{k}\Omega) + 5\,\mathrm{k}\Omega\cdot 10\,\mathrm{k}\Omega\cdot(3\,\mathrm{k}\Omega) + 3\,\mathrm{k}\Omega 3(1\,\mathrm{k}\Omega)(15\,\mathrm{k}\Omega)\right]$$

$$\Delta R_3 = 1{,}575\,\Omega$$

- Ker smo za ΔI_5 uporabili najmanjšo spremembo toka ničelnega indikatorja, ki jo še opazimo $(\Delta I_5)_\mathrm{q}$, dobimo za iskano ločljivost mostiča:

$$\Delta I_5 = (\Delta I_5)_\mathrm{q} \quad \Rightarrow \quad \delta_\mathrm{q} = \frac{(\Delta R_3)_\mathrm{q}}{R_{30}} = \frac{1{,}575\,\Omega}{5\,\mathrm{k}\Omega} = 3{,}15\cdot 10^{-4}$$

3. Pri normalni izvedbi Scheringovega mostiča sta spremenljiva elementa R_4 in C_4 (zakaj?). Obstaja pa različica (glej vezje), ki je prilagojena za merjenje faktorja izgub d_x. Napišite ravnovesne pogoje in ugotovite njeno prednost!



Rešitev:

- Scheringov mostič je uporaben za merjenje dielektričnih izgub pri **visokih napetostih**, ker lahko izberemo elemente tako, da so na elementih R_2 in Z_4 manjše napetosti $R_2 << Z_1$, $Z_4 << 1/\omega C_3$. Na ta način postane **rokovanje** z njim **varno**.
    - Mostič je neodvisen od frekvence in spada med mostiče produkta $\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3 = \text{konst.}$

- Iz ravnovesne enačbe $R_x + \frac{1}{j\omega C_x} = \frac{R_2}{j\omega C_3}\left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4\right)$, kjer uporabimo serijsko nadomestno vezavo za realni kondenzator, dobimo:

$$C_x = C_3 \frac{R_4}{R_2}, \qquad R_x = R_2 \frac{C_4}{C_3},$$

    - S spremenljivima elementoma R_4 in C_4 neodvisno nastavljamo ravnovesji za imaginarni in realni del impedance (C_x in R_x).
    - Faktor izgub d (faktor disipacije) splošno izmerimo posredno prek delovne in navidezne (oz. jalove) moči:

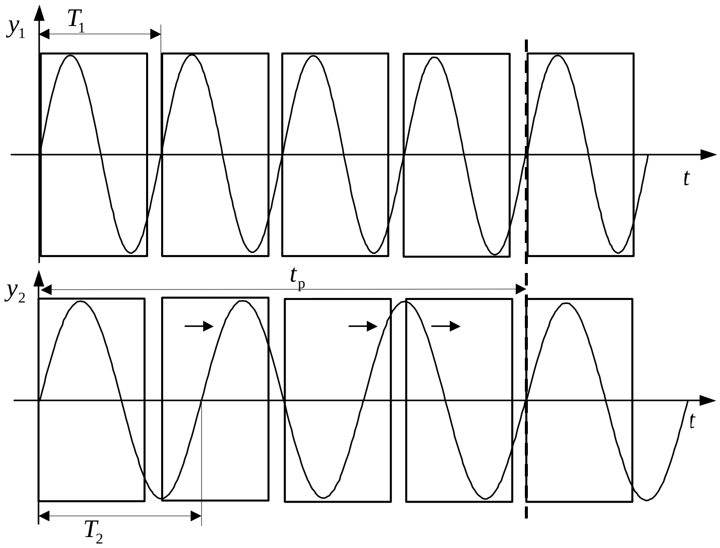
$$d_x = \frac{P}{\sqrt{S^2 - P^2}} = \frac{P}{Q} = \frac{I^2 R_{x,s}}{I^2 \left(1/\omega C_{x,s}\right)} = \omega R_x C_x = \omega R_4 C_4$$

- Če ga uporabljamo samo za ugotavljanje faktorja izgub, ima R_4 stalno vrednost, mostič pa uravnovesimo s spreminjanjem R_2 in C_4. S tem uravnovešanje ni več medsebojno neodvisno, vendar pa lahko kondenzator C_4 umerimo za neposredno odčitavanje faktorja izgub.

4. Na dvokanalni osciloskop sta priključena sinusna signala s frekvencama f_1 (kanal-1) in $f_2 \approx f_1$. Vir proženja časovne baze je kanal-1. Slika drugega signala potuje od leve proti desni strani zaslona. V času $t_p = 2{,}5\,\mathrm{s}$ se slika na zaslonu prvič ponovi. Skicirajte signala in ugotovite neznano frekvenco f_2, če je $f_1 = 1\,\mathrm{kHz}$!

Rešitev:

- Če se frekvenci malo razlikujeta, se slika tistega signala, na katerem ni proženja, počasi premika glede na prvega.
- Ker je vir proženja časovne baze kanal-1 in potuje drugi signal od leve proti desni strani zaslona, drugi signal 'zaostaja' za prvim in je frekvenca manjša $f_2 < f_1$.



- Ker je $T_2 > T_1$ imamo v času ponovitve slike $Z - 1$ nihajev drugega signala T_2 in Z nihajev prvega signala T_1 (na skici je $Z = 4$; v našem primeru je $Z = t_p\, f_1 = 2500$):

$$t = (Z-1) \cdot T_2 = Z \cdot T_1$$

  - Od tod dobimo $Z = \dfrac{T_2}{T_2 - T_1} = \dfrac{t}{T_1} \quad \Rightarrow \quad t = \dfrac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1}$ in $f_2 = f_1 - 1/t$

- Iz časa, ko se slika natančno ponovi, dobimo splošno $f_2 = f_1 \pm 1/t$ in v našem primeru:

$$f_2 = f_1 - 1/t = 1\,\mathrm{kHz} - 1/2{,}5\,\mathrm{s} = 999{,}6\,\mathrm{Hz}$$

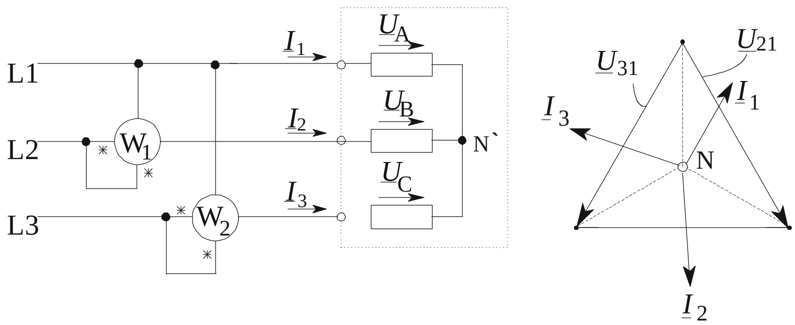
04.06.2008

5. Skicirajte vezji za merjenje delovne in jalove moči v trivodnem trifaznem sistemu z uravnovešenim trifaznim virom z dvema vatmetroma, ki imata tokovni veji v vodnikih L2 in L3! Narišite fazorska (kazalčna) diagrama za obe vezji, navedite pogoje za pravilno merjenje moči in enačbi za izračun moči!

Rešitev:

- **Delovna moč**:
    - Aronova vezava: Edini pogoj za merjenje **delovne moči v trifaznem sistemu samo z dvema vatmetroma je trivodnost sistema**, ker je vsota tokov $\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = 0$ in lahko damo skupno točko sistema vatmetrov v eno izmed faz in tako prihranimo en vatmeter. Za naš primer zapišemo in narišemo:

$$P = P_{\mathrm{W1}} + P_{\mathrm{W2}}$$



- **Jalova moč**:
    - Pri merjenju jalove moči mora biti vir uravnovešen. Ni nujno, da je breme simetrično. Znano mora biti zaporedje faz in enakost uporov za določitev težiščne točke enakostraničnega napetostnega trikotnika N $R_{\mathrm{W1,n}} = R_{\mathrm{W3,n}} = R$. S tem dobimo 90° zamik faznih napetosti proti medfaznim.

$$Q = \sqrt{3}\left(P_{\mathrm{W2}} - P_{\mathrm{W1}}\right)$$