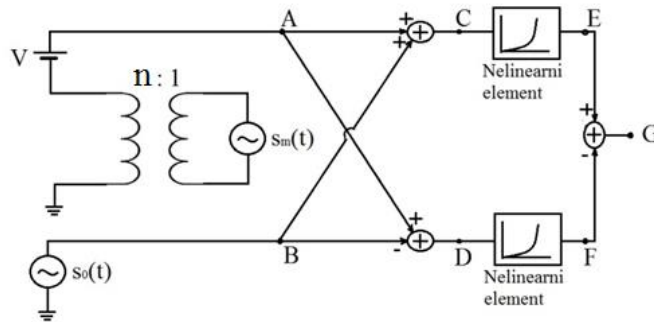


Osnovi telekomunikacija – Računske vežbe – Termin 7

Zadatak 1. Na slici 1. je data principska šema modulatora sa nelinearnim elementima. Zbir, odnosno razlika signala $s_m(t) = S_m \cos \omega_m t$ i $s_0(t) = S_0 \cos \omega_0 t$ dovodi se na ulaz nelinearnih elemenata čija je karakteristika kvadratna i data formulom:

$$s_{iz}(t) = \begin{cases} k * s_{ul}^2, & s_{ul}(t) > 0; \\ 0, & s_{ul}(t) < 0. \end{cases}$$

- Utvrđiti vrstu modulacije.
- Ukoliko je za tu vrstu modulacije definisan indeks modulacije odrediti mu maksimalnu vrednost kao i amplitudu S_m . Poznato je $S_0 = 2V, V = 5V, n = 10$.



Slika 1.

REŠENJE:

REŠENJE:

PODSEĆANJE IZ ELEKTROTEHNIKE:

$n:1$ PRENOŠNI ODNOS TRANSFORMACIJE!
ZA PRENOŠNI ODNOS $n:1$ VAŽI DA JE $n \cdot V_1 = 1 \cdot V_2$

$\Delta(t) = S_m \cdot \sin \omega_0 t$

VREMENSKI ZAVISNI SIGNAL AMPLITUDA TOG SIGNALA ZAKON PO KOME SE MENJA AMPLITUDA

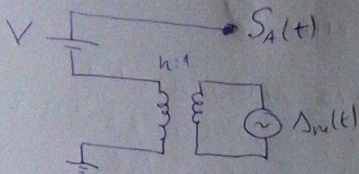
\Rightarrow NAŠEM ZADATKU JE:

$n:1$

$\Delta(t) = n \cdot S_m(t)$

Osnovi telekomunikacija – Računske vežbe – Termin 7

SIGNAL u TAČKI A ~~je~~ je jednak zbiru jednosmernog napona V i napona na krajevima sekundara transformatora



$$S_A(t) = V + n \cdot \Delta_m(t)$$

SIGNAL u TAČKI B je jednak generatoru $\Delta_0(t)$:

$$S_B(t) = \Delta_0(t)$$

SIGNAL u TAČKI C je jednak zbiru signala $S_A(t)$ i $S_B(t)$, a SIGNAL u TAČKI D je jednak njihovoj razlici:

$$S_C(t) = S_A(t) + S_B(t)$$

$$S_D(t) = S_A(t) - S_B(t)$$

SLEDEĆE ŠTO TRAZIMO SU SIGNALI $S_E(t)$ i $S_F(t)$ i OVI PREDSTAVLJAJU SIGNAL NA IZLAZU NELINEARNIH ELEMENATA SA KARAKTERISTIKOM $S_{iz}(t) = \begin{cases} k \cdot S_{ul}(t)^2 \\ 0, S_{ul} \end{cases}$

$$S_E(t) = k \cdot S_C(t)^2, \text{ ZA } S_C(t) > 0$$

$$S_F(t) = k \cdot S_D(t)^2, \text{ ZA } S_D(t) > 0$$

NA KRAJU SISTEMA u TAČKI G SIGNAL je jednak:

$$\begin{aligned} S_G(t) &= S_E(t) - S_F(t) = \left[\text{SADA POLAKO UBACUJEMO SIGNALS koje smo PRETHODNO IZRAZILI, radi uocavanja o kojoj vrsti modulacije se radi} \right] = \\ &= k \cdot S_C^2(t) - k \cdot S_D^2(t) = k (S_C^2(t) - S_D^2(t)) = k (S_C(t) - S_D(t)) (S_C(t) + S_D(t)) = \\ &= k \cdot (S_A(t) + S_B(t) - S_A(t) + S_B(t)) (S_A(t) + S_B(t) + S_A(t) - S_B(t)) = k \cdot 2S_B(t) \cdot 2S_A(t) = \\ &= 4k \cdot S_A(t) \cdot S_B(t) = 4k \cdot (V + n \Delta_m(t)) \cdot \Delta_0(t) = \underbrace{4k \cdot (V + n \cdot S_m \cos \omega_m t)}_{\text{LIČI NA KAM SIGNAL}} \cdot \underbrace{\Delta_0(t)}_{\text{KONVENCIJONA AMPLITUDSKA MODULACIJA}} = \\ &= 4k \cdot S_0 \cdot V \left(1 + \underbrace{\frac{n}{V} S_m \cos \omega_m t}_{\text{INDEX modulacije } m} \right) \cos \omega_0 t \Rightarrow \text{KAM SIGNAL} \end{aligned}$$

b) $\frac{S_0 = 2V}{m=?} \quad \frac{V = 5V}{S_m=?} \quad n = 10$

Uslov je DA SIGNALI u TAČKAMA C i D budu VEĆI od NULE

$$\begin{cases} S_C(t) = V + n S_m \cos \omega_m t + S_0 \cos \omega_0 t \geq 0 \\ S_D(t) = V + n S_m \cos \omega_m t - S_0 \cos \omega_0 t \geq 0 \end{cases}$$

Pošto su signali ≥ 0 , MORAMO DA NAĐEMO njihovu minimalnu vrednost:

$$S_C(t)_{\min} = V - n \cdot S_m - S_0 \geq 0, \text{ ovde je } \cos \omega_m t = -1 \text{ i } \cos \omega_0 t = -1$$

$$S_D(t)_{\min} = V - n \cdot S_m - S_0 \geq 0, \text{ ovde je } \cos \omega_m t = -1 \text{ i } \cos \omega_0 t = 1$$

OBA SIGNALA imaju ISTE MINIMALNE VREDNOSTI, ali se one ne javljaju u ISTOM TREUTKU.

$$V - S_0 \geq n \cdot S_m$$

$$\frac{V - S_0}{n} \geq S_m$$

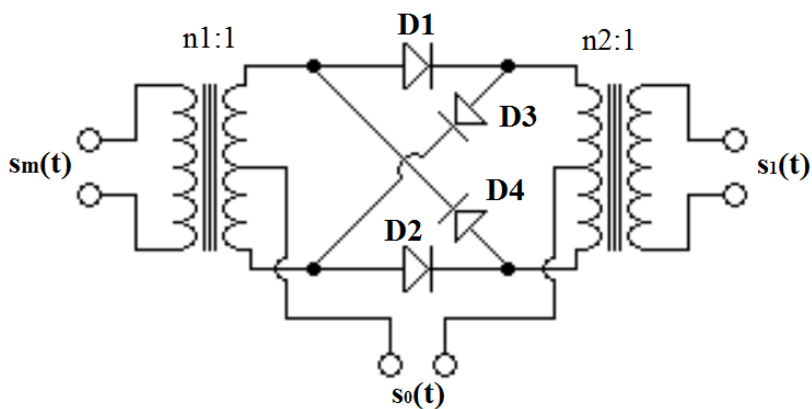
$$S_m \leq \frac{V - S_0}{n} = \frac{5 - 2}{10} = 0.3 \text{ V}$$

INDEXS modulacije m je jednak:

$$m = \frac{n}{V} \cdot S_m \leq \frac{10}{5} \cdot 0.3 = 0.6$$

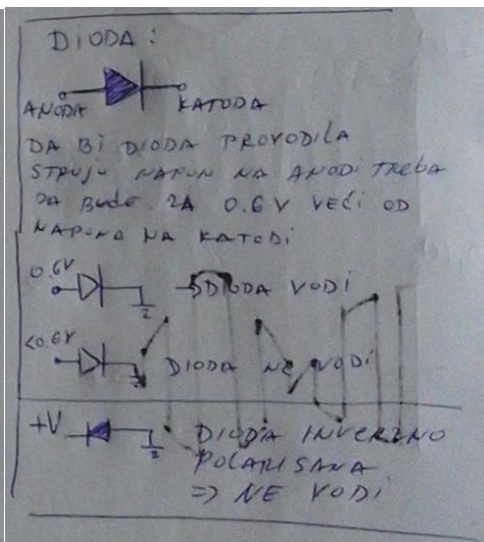
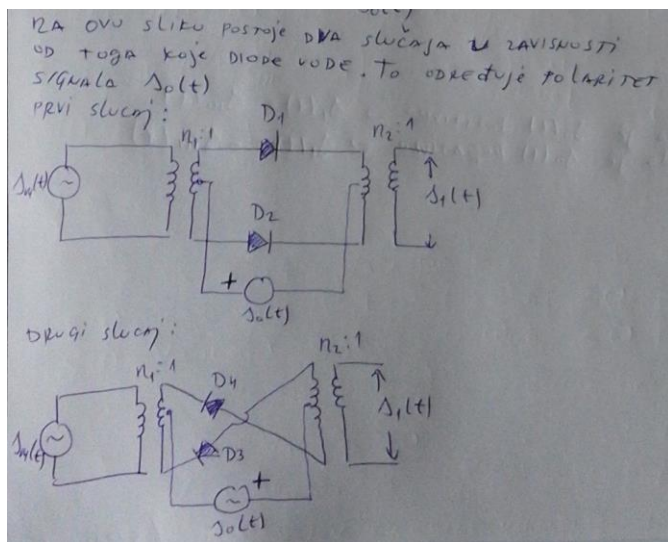
Zadatak 2. Na slici 2. je data šema kružnog modulatora. Signal $s_m(t)$ je niskofrekventni sinusni sa frekvencijom $f_m=4$ kHz i amplitudom $S_m=1$ V. Signal $s_0(t)$ ima amplitudu $S_0=1$ V i frekvenciju $f_0=1$ MHz.

Prenosni odnosi transformatora su $n_1=n_2=1$. Filtar propusnik opsega je idealan. Dati potrebne vremenske i frekvencijske dijagrame za napon $s_1(t)$ i odrediti propusni opseg filtra tako da ima maksimalni mogući propusni opseg, a da pri tome potpuno ukloni parazitne komponente signala $s_1(t)$.



Slika 2.

REŠENJE:



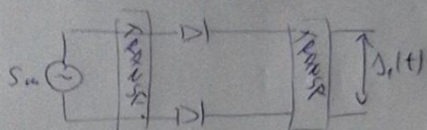
Osnovi telekomunikacija – Računske vežbe – Termin 7

$$\Delta_m(t) = S_m \cos \omega_m t$$

$$\Delta_o(t) = S_o \cos \omega_o t$$

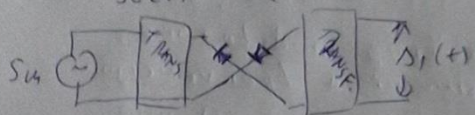
POŠTO JE $N_1 = N_2 = 1$ MOŽEMO DA POSMATRAMO ŠEMU KAO DA NE POSTOJE TRANSFORMATORI:

ZA $\Delta_o(t) > 0$ (VODE DIODE D_1 I D_2) VAŽI DA JE



$$\Delta_1(t) = \Delta_m(t)$$

ZA $\Delta_o(t) < 0$ (VODE DIODE D_3 I D_4):

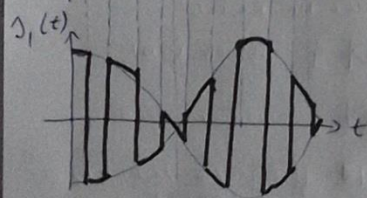
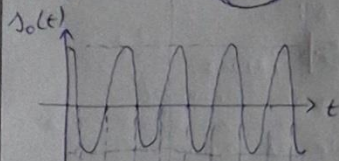
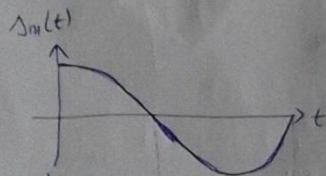


$$\Delta_1(t) = -\Delta_m(t)$$

POVEZIVANJEM OBA SLUČAJA DOBIJAMA:

$$\Delta_1(t) = \begin{cases} \Delta_m(t) & \Delta_o(t) > 0 \\ -\Delta_m(t) & \Delta_o(t) < 0 \end{cases}$$

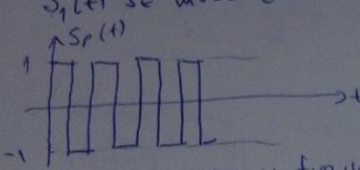
CRTAMO TALASKE OBLIKE: $\Delta_o(t) \rightarrow$ VISOKO FREKVENTNI SIGNAL (MODULISANI SIGNAL)
 $\Delta_m(t) \rightarrow$ NISKO FREKVENTNI SIGNAL (MODULISUĆI SIGNAL)
 (UZ POMOĆ $\Delta_m(t)$ MODULIŠEMO ~~SIGNAL~~ NOSEĆI SIGNAL $\Delta_o(t)$).
 $\Delta_1(t) \rightarrow$ SIGNAL NA IZLAZU KAŽNJOG MODULATORA



\rightarrow kada je $\Delta_o(t)$ pozitivno $\Rightarrow \Delta_1(t) = \Delta_m(t)$
 kada je $\Delta_o(t)$ negativno $\Rightarrow \Delta_1(t) = -\Delta_m(t)$

Osnovi telekomunikacija – Računske vežbe – Termin 7

$S_1(t)$ se može dobiti i preko povorka pravougaonih impulsa



$$S_1(t) = S_m(t) \cdot S_p(t)$$

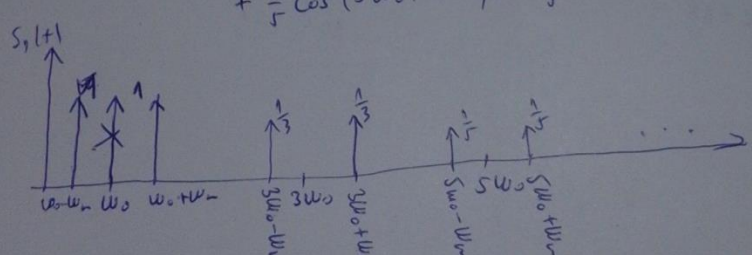
$S_p(t)$ razvijeno u Furijev red

prvi harmonik Treći harmonik Peti harmonik

$$S_p(t) = \frac{4}{\pi} \cdot \left(\cos \omega_0 t - \left(\frac{1}{3}\right) \cos 3\omega_0 t + \left(\frac{1}{5}\right) \cos 5\omega_0 t - \frac{1}{7} \dots \right)$$

$$S_1(t) = S_m \cdot \frac{4}{\pi} \cdot \left(\cos \omega_0 t - \left(\frac{1}{3}\right) \cos 3\omega_0 t + \left(\frac{1}{5}\right) \cos 5\omega_0 t - \frac{1}{7} \cos 7\omega_0 t + \frac{1}{9} \dots \right)$$

GORNJI BOČNI OPSEG DONJI BOČNI OPSEG

$$S_1(t) = S_m \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \left(\cos(\omega_0 + \omega_m)t + \cos(\omega_0 - \omega_m)t - \frac{1}{3} \cos(3\omega_0 + \omega_m)t - \frac{1}{3} \cos(3\omega_0 - \omega_m)t + \frac{1}{5} \cos(5\omega_0 + \omega_m)t + \frac{1}{5} \cos(5\omega_0 - \omega_m)t - \dots \right)$$


DA BI DOBILI SIGNAL SA 2BO PRAPUSTIMO PRAVA DVA, DRUGA DVA ILI TREĆA DVA

1° ω_0 $f_d = 0$ $B = f_g - f_d = 3\omega_0 - \omega_m$
 $f_g = 3\omega_0 - \omega_m$

2° $3\omega_0$ $f_d = \omega_0 + \omega_m$ $B = 5\omega_0 - \omega_m - \omega_0 - \omega_m = 4\omega_0 - 2\omega_m$
 $f_g = 5\omega_0 - \omega_m$

3° $5\omega_0$ $f_d = 3\omega_0 + \omega_m$ $B = 7\omega_0 - \omega_m - 3\omega_0 - \omega_m = 4\omega_0 - 2\omega_m$
 $f_g = 7\omega_0 - \omega_m$

U OBLIR dolazi 2 ili 3 jer imaju širi prapustni opseg
 Boga 2 jer ima amplitudu $\frac{1}{3}$, a treći ima manju amplitudu $\frac{1}{5}$.