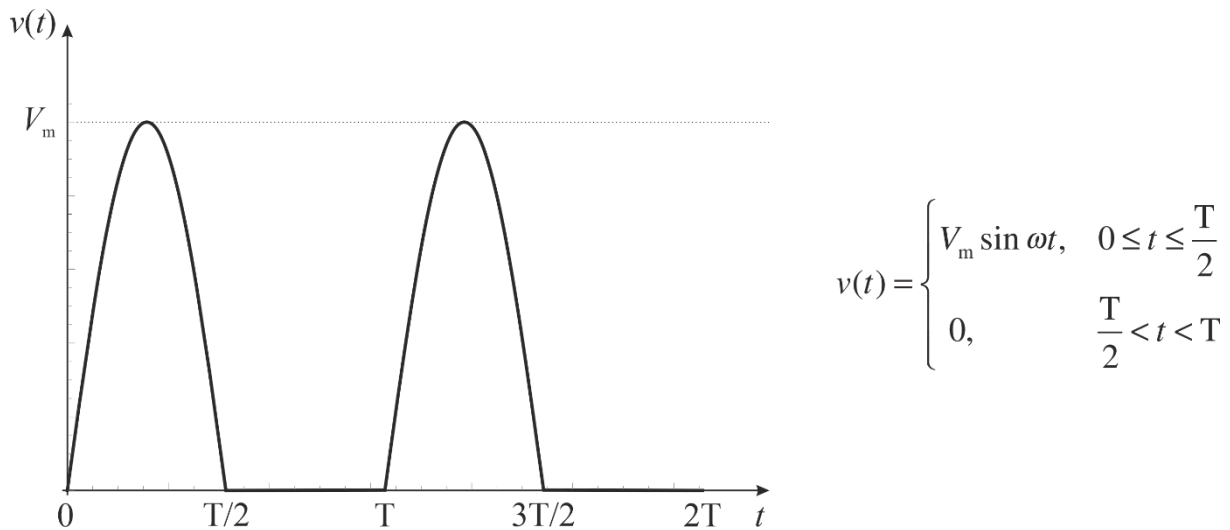


Ispit iz predmeta Uvod u elektroniku, septembarski ispitni rok, 26.08.2024. - odgovori na pitanja i rešenja zadataka -

1. (15 poena) Primenom Furijeove transformacije, pronaći ortogonalnu komponentu A_k za periodični signal dat na slici 1.



Slika 1.

Odgovor:

Ortogonalna komponenta A_k harmonika k -tog reda je određena formulom:

$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos k\omega t dt \quad (2 \text{ poena})$$

Za dati signal je:

$$\begin{aligned} A_k &= \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos k\omega t dt = \frac{2}{T} \left(\int_0^{T/2} V_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos k\omega t dt + \int_{T/2}^T 0 \cdot dt \right) = \\ &= \frac{2V_m}{T} \int_0^{T/2} \sin \omega t \cdot \cos k\omega t dt = \frac{V_m}{T} \int_0^{T/2} (\sin(\omega t + k\omega t) + \sin(\omega t - k\omega t)) dt = \\ &= \frac{V_m}{T} \int_0^{T/2} \sin(k+1)\omega t dt - \frac{V_m}{T} \int_0^{T/2} \sin(k-1)\omega t dt = \\ &= -\frac{V_m}{T(k+1)\omega} \cos((k+1)\omega t) \Big|_0^{T/2} + \frac{V_m}{T(k-1)\omega} \cos((k-1)\omega t) \Big|_0^{T/2} = \end{aligned}$$

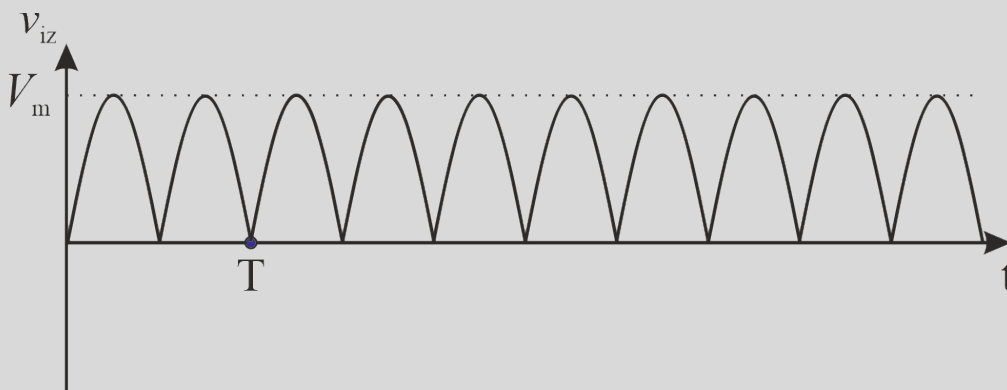
$$\begin{aligned}
&= -\frac{V_m}{\mathcal{X}(k+1)\frac{2\pi}{\mathcal{X}}}\cos\left((k+1)\frac{2\pi}{T}t\right)\Bigg|_0^{\frac{T}{2}} + \frac{V_m}{\mathcal{X}(k-1)\frac{2\pi}{\mathcal{X}}}\cos\left((k-1)\frac{2\pi}{T}t\right)\Bigg|_0^{\frac{T}{2}} = \\
&= -\frac{V_m}{\mathcal{X}(k+1)\frac{2\pi}{\mathcal{X}}}\left(\cos\left((k+1)\frac{2\pi}{\mathcal{X}}\frac{\mathcal{X}}{\mathcal{Z}}\right)-1\right) + \frac{V_m}{\mathcal{X}(k-1)\frac{2\pi}{\mathcal{X}}}\left(\cos\left((k-1)\frac{2\pi}{\mathcal{X}}\frac{\mathcal{X}}{\mathcal{Z}}\right)-1\right) = \\
&= \frac{V_m}{2\pi}\left(\frac{\cos(k-1)\pi-1}{k-1} - \frac{\cos(k+1)\pi-1}{k+1}\right) = \begin{cases} 0, & k \text{ neparno} \\ -\frac{2V_m}{(k^2-1)\pi}, & k \text{ parno} \end{cases}
\end{aligned}$$

(13 poena)

2. **(10 poena)** Nacrtati talasni oblik i odrediti srednju vrednost (jednosmernu komponentu) napona v_{iz} na izlazu **punotalasnog** usmerača. Amplituda napona mreže V_{EEM} je **314V**, a odnos transformacije transformatora ($N_P:N_S$) je **20:1**.

Odgovor:

Izlazni napon je punotalasno usmeren napon:



(3 poena)

Srednja vrednost punotalasno usmerenog napona je:

$$\begin{aligned}
V_0 &= \frac{1}{T} \int_0^T v_{iz}(t) dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} v_{iz}(t) dt = \\
&= \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_m \sin \omega t \cdot dt = -\frac{2V_m}{T\omega} \cos \omega t \Bigg|_0^{\frac{T}{2}} = -\frac{2V_m}{\mathcal{X} \cdot \frac{2\pi}{\mathcal{X}}} \cdot \cos \frac{2\pi t}{T} \Bigg|_0^{\frac{T}{2}} = \quad \text{(4 poena)} \\
&= -\frac{V_m}{\pi} \left(\cos \frac{2\pi}{\mathcal{X}} \cdot \frac{\mathcal{X}}{\mathcal{Z}} - \cos \frac{2\pi}{T} \cdot 0 \right) = -\frac{V_m}{\pi} (\cos \pi - \cos 0) = -\frac{V_m}{\pi} (-1 - 1) = \frac{2V_m}{\pi}
\end{aligned}$$

Amplituda napona mreže V_{EEM} je 314V, a odnos transformacije transformatora je 20:1., tako da je:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_{EEM}}{V_m} = 20,$$

$$V_m = V_{EEM} \cdot \frac{N_S}{N_P} = \frac{V_{EEM}}{20} = 15,7V$$

Jednosmerna komponenta je:

$$V_0 = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 \cdot 15,7V}{3,14}, \quad V_0 = 10V \quad \text{(3 poena)}$$

3. (8 poena) Definicija signala (opšti pojam) i definicija električnog signala.

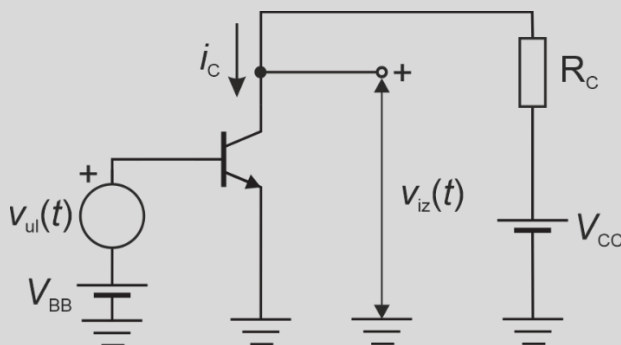
Odgovor:

Signal je manifestacija neke fizičke pojave. U matematičkom smislu, signal je funkcija koja sadrži informaciju o fizičkoj pojavi. Na primer, zvuk predstavlja funkciju pritiska koji zavisi od koordinata prostora i vremena. (4 poena)

U elektronici, pod električnim signalom podrazumevamo promenu elektromagnetnog polja, napona ili struje u vremenu, koja sadrži neku informaciju. Prema tome, signal možemo predstaviti kao funkciju čiji je argument vreme: $\vec{E}(t)$, $\vec{B}(t)$, $v(t)$, $i(t)$ (4 poena)

4. (10 poena) Nacrtati pojednostavljenu šemu pojačavača sa bipolarnim tranzistorom, označiti i napisati jednačine za napone i struje tranzistora.

Odgovor:



(5 poena)

$$v_{ul}(t) = V_m \sin \omega t$$

$$v_{iz}(t) = v_{CE}$$

$$v_{iz}(t) = V_{CC} - i_C \cdot R_C$$

$$v_{iz}(t) = V_{CC} - i_C \cdot R_C$$

$$v_{BE} = V_{BB} + v_{ul}(t)$$

(5 poena)

5. (8 poena) Napisati definiciju i izvesti izraz za transkonduktansu MOSFET-a.

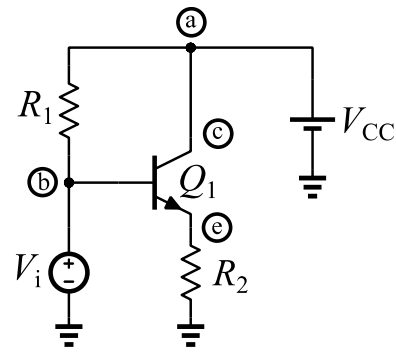
Odgovor:

Izvod struje kanala po naponu između gejta i sorsa, u određenoj radnoj tački, se naziva transkonduktansa MOSFET-a (g_m): (3 poena)

$$g_m = \left. \frac{di_D}{dv_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GG}} = \left. \frac{d}{dv_{GS}} \left(I_{DS} \cdot \left(\frac{v_{GS}}{V_{TH}} - 1 \right)^2 \right) \right|_{v_{GS}=V_{GG}}$$

$$g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{TH}} \cdot \left(\frac{v_{GS}}{V_{TH}} - 1 \right) \Big|_{v_{GS}=V_{GG}} = \frac{2I_{DS}}{V_{TH}} \cdot \left(\frac{V_{GG}}{V_{TH}} - 1 \right) \quad \text{(5 poena)}$$

6. (8 poena) Za kolo sa slike 2 napisati SPICE netlistu sa komandom za pokretanje *Transfer function* analize. Izlaz pojačavača je na emitoru tranzistora, a ulaz pojačavača je pobuđen generatorom V_i . Naziv modela tranzistora je **2N2222** i definisan je u fajlu **bjt.lib**. Elementi kola su: $R_1=100k\Omega$, $R_2=100\Omega$, $V_i=1V$ DC, $V_{CC}=6V$ DC.

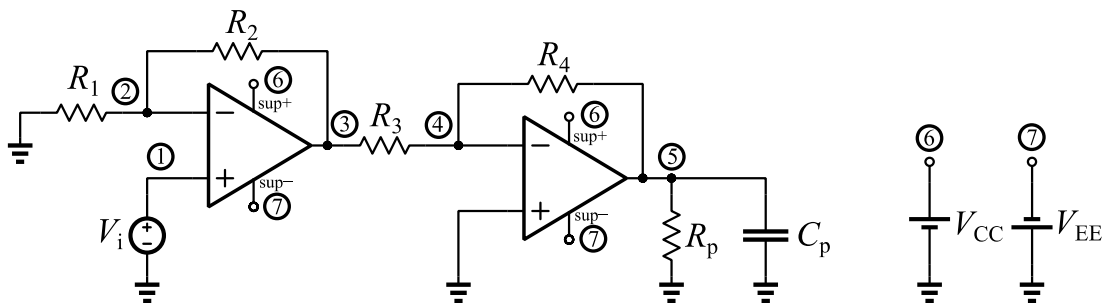


Slika 2.

Odgovor:

```
* Zadatak 6
Vi b 0 1 ;1 poen
R1 a b 100k ;1 poen
Q1 c b e 2N2222 ;2 poena
R2 e 0 100 ;1 poen
Vcc a 0 6 ;1 poen
.lib bjt.lib
.tf V(e) Vi ;2 poena
.end
```

7. (10 poena) Za kolo prikazano na slici 3 napisati SPICE netlistu sa komandom za pokretanje *Direct Current sweep* i *Noise* analize. Za *Direct Current* analizu zadati promenu napona V_i od $-10V$ do $10V$ sa korakom od $0.01V$. *Noise* analizu zadati u opsegu od $10Hz$ do $10MHz$ sa 20 tačaka po dekadi. Izlazni napon pojačavača je napon čvora 5. Operacioni pojačavač je opisan kao podkolo pod nazivom **OP741** čiji se opis nalazi u fajlu **OpAmps.lib**. Elementi kola su: $R_1=1k\Omega$, $R_2=2,2k\Omega$, $R_3=7k\Omega$, $R_4=10k\Omega$, $R_p=150\Omega$, $C_p=0,27 \cdot 10^{-6} F$, $V_{CC}=V_{EE}=6V$ DC.

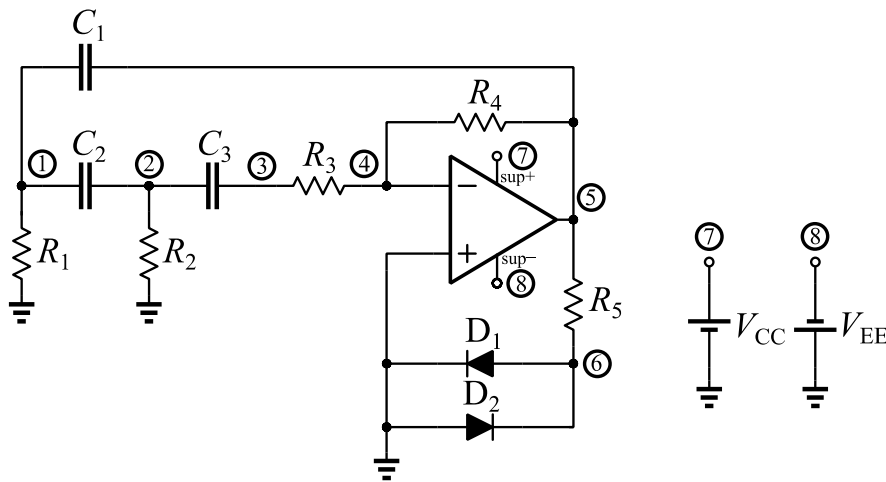


Slika 3.

Odgovor:

```
* Zadatak 7
Vi 1 0 DC 0 ;0.5 poena
R1 2 0 1k ;0.5 poena
R2 2 3 2.2k ;0.5 poena
R3 3 4 7k ;0.5 poena
R4 4 5 10k ;0.5 poena
Rp 5 0 150 ;0.5 poena
Cp 5 0 270n ;0.5 poena
X1 1 2 6 7 3 OP741 ;1 poen
X2 0 4 6 7 5 OP741 ;1 poen
Vcc 6 0 6 ;0.5 poena
Vee 0 7 6 ;0.5 poena
.lib OpAmps.lib ;0.5 poena
.dc Vi -10 10 0.01 ;1 poen
.noise V(5) Vi dec 20 10 10MEG ;2 poena
.end
```

8. (15 poena) Za kolo oscilatora prikazano na slici 4 napisati SPICE netlistu sa komandom za pokretanje *Transient* analize. Frekvencija oscilovanja oscilatora je **6,497kHz**, a analiza treba da obuhvati 1000 perioda signala oscilatora. Operacioni pojačavač je opisan kao podkolo pod nazivom **OP747** čiji se opis nalazi u fajlu **ADI.lib**. Naziv modela dioda je **1N914** i definisan je u fajlu **standard.dio**. Elementi kola su: $R_1=R_2=R_3=R_5=1k\Omega$, $R_4=40k\Omega$, $C_1=C_2=C_3=C=10nF$ i $V_{CC}=V_{EE}=5V$.



Slika 4.

Odgovor:

$$f = 6,497\text{kHz}, T = 0,154\text{ms}$$

Vreme simulacije: $\Delta t = 1000T = 154\text{ms}$ (2 poena)

```
* Primer 40
R1 1 0 1k ;0.5 poena
R2 2 0 1k ;0.5 poena
R3 3 4 1k ;0.5 poena
R4 4 5 40k ;0.5 poena
R5 5 6 1k ;0.5 poena
C1 1 5 10n ;0.5 poena
C2 1 2 10n ;0.5 poena
C3 2 3 10n ;0.5 poena
D1 6 0 1N914 ;1.5 poen
D2 0 6 1N914 ;1.5 poen
X1 0 4 7 8 5 OP747 ;2 poena
Vcc 7 0 5 ;0.5 poena
Vee 0 8 5 ;0.5 poena
.lib ADI.lib ;0.5 poena
.lib standard.dio ;0.5 poena
.tran 154m ;2 poena
.end
```

9. (8 poena) Objasniti šta su logička ćelija, tip logičke ćelije i familija logičke ćelije.

Odgovor:

Najmanji deo digitalnog kola koji obavlja jednu logičku funkciju se naziva elementarno logičko kolo ili logička ćelija (*logic gate*). (3 poena)

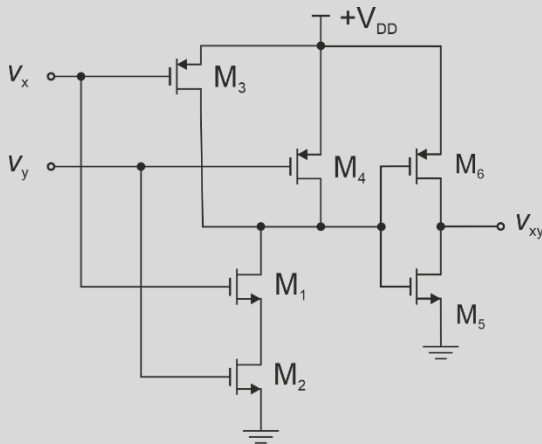
Ćelije različitih funkcija realizovane u istoj tehnologiji čine jednu familiju logičkih ćelija.

(3 poena)

Ćelije iste funkcije (AND, OR, NOT,...), bez obzira na familije kojima pripadaju, čine isti tip logičke ćelije. **(2 poena)**

10. (8 poena) Nacrtati kolo AND ćelije realizovano u CMOS tehnologiji, logički simbol, talasne oblike signala i napisati tabelu istinitosti.

Odgovor:

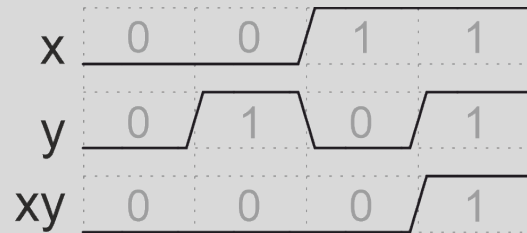


Realizacija u CMOS (3 poena)



Simbol (1 poen)

Kolo je realizovano kao veza NAND kola (M_1, M_2, M_3, M_4) i invertora (M_5 i M_6).



Talasni oblici (2 poena)

x	y	xy
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela (2 poena)

Predmetni nastavnici,

prof. dr Dragan Mančić
prof. dr Marko Dimitrijević