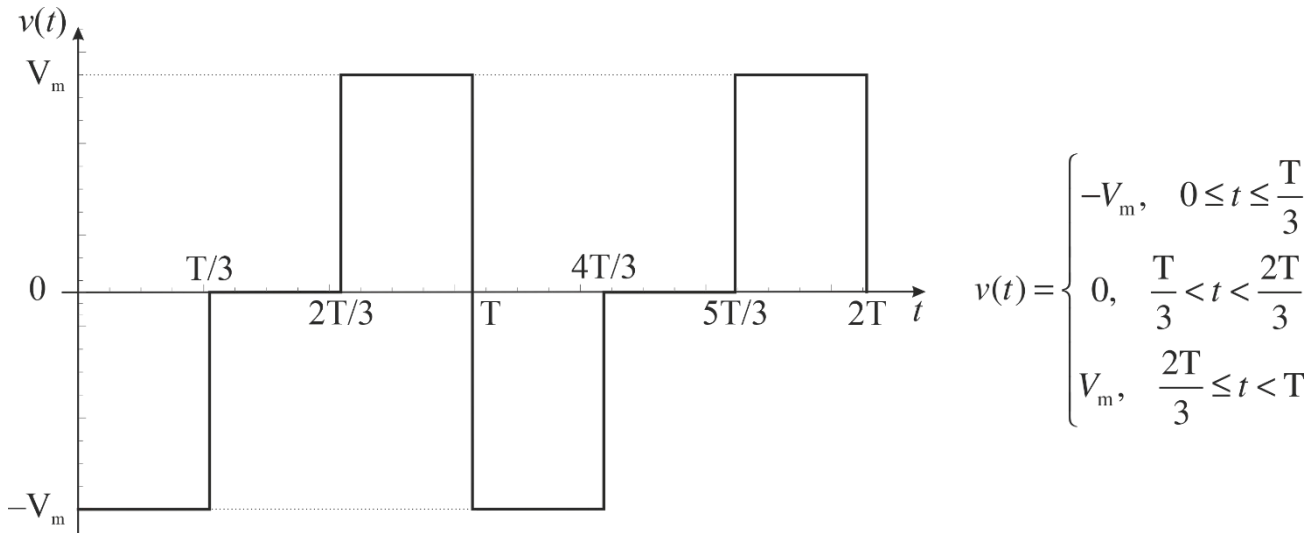


Ispit iz predmeta Uvod u elektroniku,
ispitni rok oktobar II , 30.09.2023.
- odgovori na pitanja i rešenja zadataka -

1. (10 poena) Definicija efektivne vrednosti signala. Izračunati efektivnu vrednost napona za signal zadat na slici 1.



Slika 1.

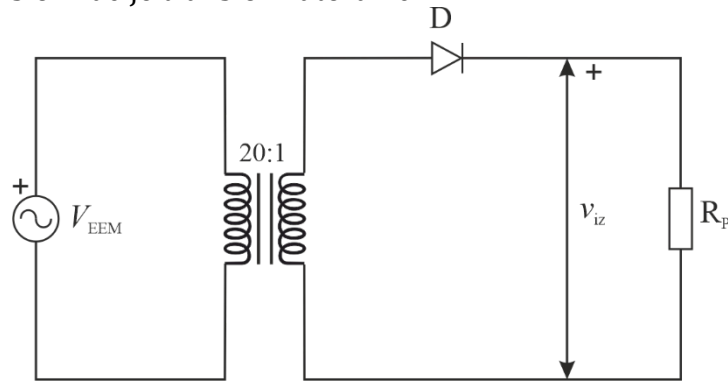
Odgovor: Efektivna vrednost signala jednaka je jednosmernom naponu (struji) koji bi na otporniku proizveo istu snagu kao dati signal. **(2 poena)**

Izračunava se prema formuli:

$$V_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} v^2(t) dt} \text{ ili } V_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}. \quad \text{(2 poena)}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{ef}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \left(\int_0^{T/3} v^2(t) dt + \int_{T/3}^{2T/3} v^2(t) dt + \int_{2T/3}^T v^2(t) dt \right)} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \left(\int_0^{T/3} (-V_m)^2 dt + \int_{T/3}^{2T/3} 0 \cdot dt + \int_{2T/3}^T V_m^2 dt \right)} = \sqrt{\frac{1}{T} \left(V_m^2 \cdot t \Big|_0^{T/3} + 0 + V_m^2 \cdot t \Big|_{2T/3}^T \right)} = \quad \text{(6 poena)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \left(V_m^2 \left(\frac{T}{3} - 0 \right) + V_m^2 \left(T - \frac{2T}{3} \right) \right)} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \frac{2T}{3} \cdot V_m^2} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_m \end{aligned}$$

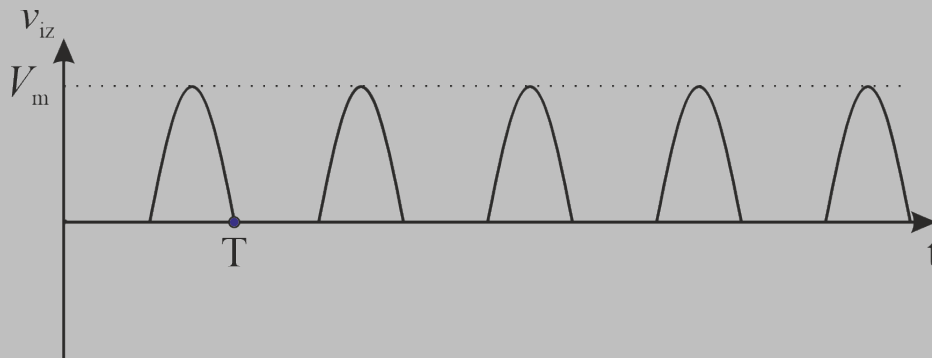
2. (15 poena) Nacrtati talasni oblik i odrediti srednju vrednost (jednosmernu komponentu) napona v_{iz} na izlazu usmerača prikazanog na slici 2. Amplituda napona mreže VEEM je 314V, a odnos transformacije transformatora 20:1.



Slika 2.

Odgovor:

Kolo na slici 2 je polutalasni usmerač, dioda D vodi samo kada je napon na sekundaru u pozitivnoj poluperiodi.



(6 poena)

$$V_{EEM} : V_m = 20 : 1$$

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

$$V_0 = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} v(t) dt =$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^{T/2} V_m \sin \omega t \cdot dt = \frac{V_m}{T\omega} \cos \omega t \Big|_0^{T/2} = -\frac{V_m}{\cancel{\mathcal{X}} \cdot \frac{2\pi}{\cancel{\mathcal{X}}}} \cdot \cos \frac{2\pi t}{T} \Big|_0^{T/2} =$$

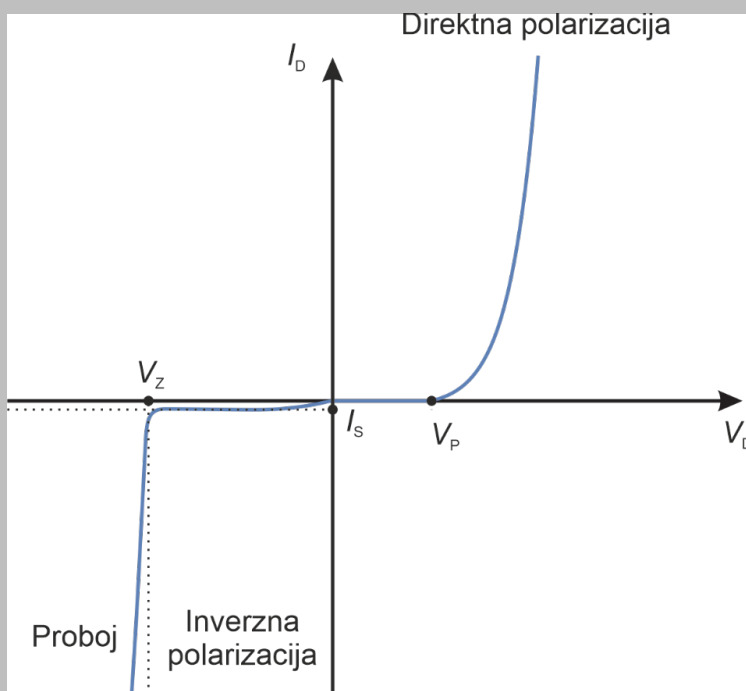
$$= -\frac{V_m}{2\pi} \left(\cos \frac{2\pi}{\cancel{\mathcal{X}}} \cdot \frac{\cancel{\mathcal{X}}}{2} - \cos \frac{2\pi}{T} \cdot 0 \right) = -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \pi - \cos 0) = -\frac{V_m}{2\pi} (-1 - 1) = \frac{V_m}{\pi}$$

$$V_0 = \frac{V_m}{3,14} = \frac{15,7V}{3,14} = 5V$$

(9 poena)

3. **(8 poena)** Nacrtati strujno-naponsku karakteristiku PN diode, označiti oblasti i napisati izraz za struju diode u oblasti direktne polarizacije.

Odgovor:



(4 poena)

U oblasti direktne polarizacije, struja diode eksponencijalno raste sa porastom napona:

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)$$

I_S – Inverzna struja zasićenja PN spoja

V_T – Termalni napon (26mV na temperaturi 300K)

(4 poena)

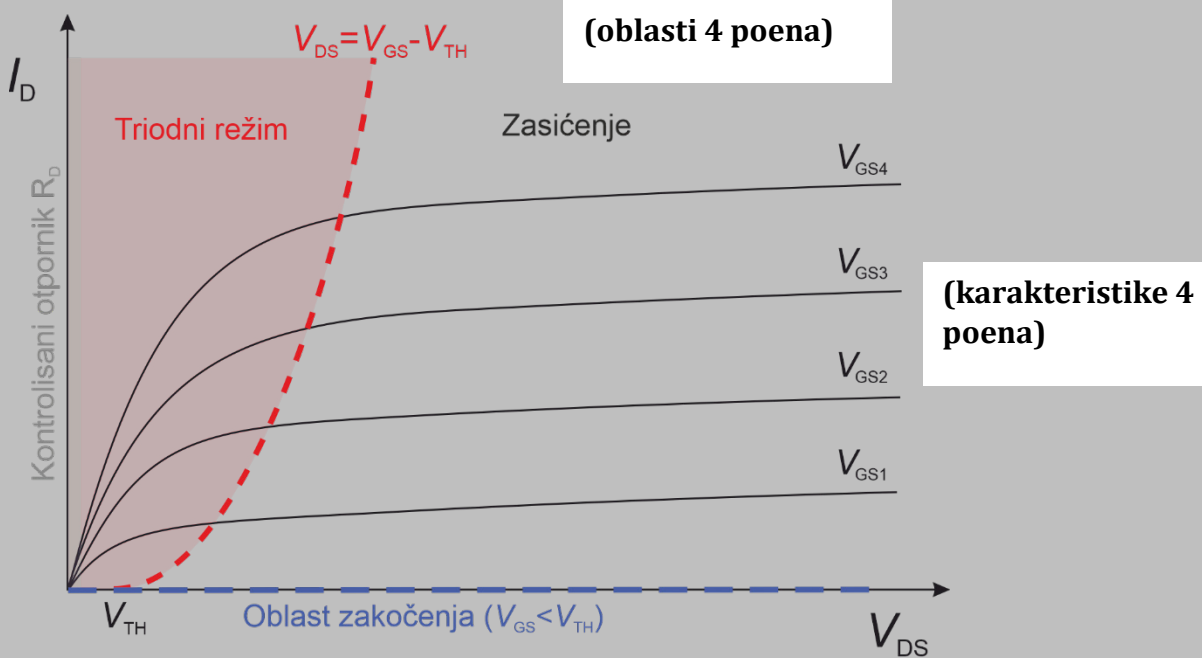
4. **(8 poena)** Režimi rada bipolarnog tranzistora – naponi između priključaka, polarizacija spojeva, nazivi režima i ponašanje.

Odgovor:

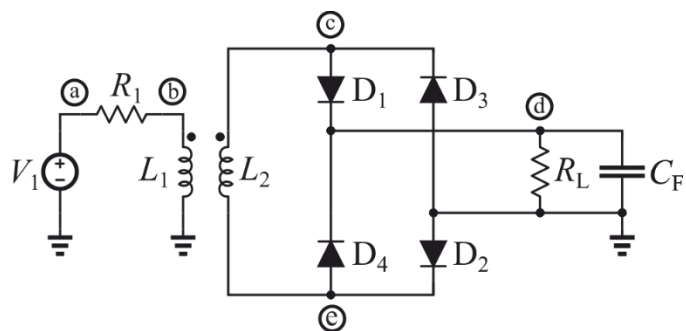
| Naponi | Emitorski spoj | Kolektorski spoj | Režim rada | Ponašanje |
|--------------------------|----------------|------------------|-------------------------|----------------------------|
| $V_{BE} > 0, V_{CB} > 0$ | direktno | inverzno | aktivna oblast | Kontrolisani strujni izvor |
| $V_{BE} > 0, V_{CB} < 0$ | direktno | direktno | zasićenje | Zatvoreni prekidač |
| $V_{BE} < 0, V_{CB} > 0$ | inverzno | inverzno | zakočenje | Otvoreni prekidač |
| $V_{BE} < 0, V_{CB} < 0$ | inverzno | direktno | inverzna aktivna oblast | |

5. **(8 poena)** Nacrtati izlazne karakteristike MOSFET-a – zavisnost struje kanala I_D od napona V_{DS} i označiti triodnu oblast i oblast zasićenja.

Odgovor:



6. **(10 poena)** Za kolo prikazano na slici 3 napisati SPICE netlistu sa komandom za pokretanje *Transient* analize. Simulacija kola treba da obuhvati 180 perioda pobudnog signala. Naziv modela dioda je **1N4001** i definisan je u fajlu **1nmodels.mod**.
Elementi kola su: $R_1=1.5\Omega$, $R_L=600\Omega$, $C_F=100\mu F$, $L_1=15mH$, $L_2=15\mu H$, $K=0.9$, $V_1=(120V)\sin(2\pi(60Hz)t)$.



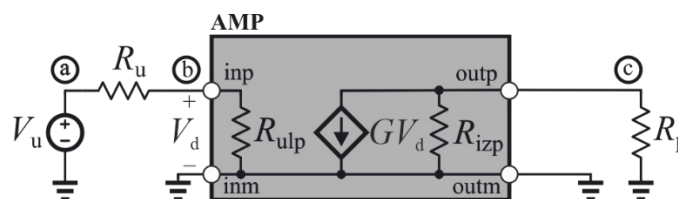
Slika 3.

Odgovor:

* Zadatak 6

```
V1 a 0 sin(0 120 60) ;1 poena
R1 a b 1.5 ;0.5 poena
L1 b 0 15m ;0.5 poena
L2 c e 15u ;0.5 poena
K L1 L2 .9 ;1 poena
D1 c d 1N4001 ;1 poen
D2 0 e 1N4001 ;1 poen
D3 0 c 1N4001 ;1 poen
D4 e d 1N4001 ;1 poen
RL d 0 600 ;0.5 poena
CF d 0 100u ;0.5 poena
.lib 1nmodels.mod ;0.5 poena
.tran 3 ;1 poen
.end
```

7. (10 poena) Napisati SPICE netlistu za model strujnog pojačavača prikazanog na slici 4, sa sledećim parametrima: $R_{ulp}=1M\Omega$, $R_{izp}=200k\Omega$, $G=900mS$. Model inkapsulirati u podkolo pod nazivom **AMP**. Usvojiti sledeći redosled navođenja portova: *inp*, *inm*, *outp*, *outm*. Podkolo AMP instancirati i pobuditi generatorom, $V_u=50mV_{DC}$, koji ima unutrašnju otpornost, $R_u=15\Omega$. Otpornost potrošača je, $R_p=150\Omega$. Zadati *Transfer Function* analizu.



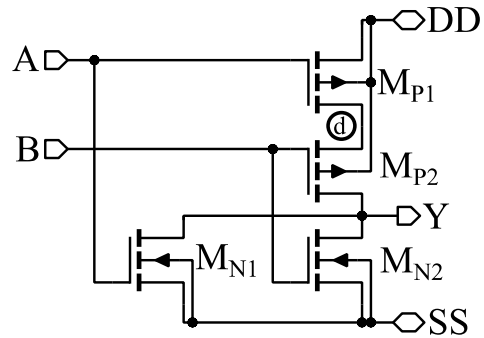
Slika 4.

Odgovor:

* Zadatak 07

```
.subckt AMP inp inm outp outm ;2 poena
Rulp inp inm 1M ;0.5 poena
Gamp outp outm inp inm 900m ;2 poena
Rizp outp outm 200k ;0.5 poena
.ends
Vu a 0 50m ;1 poen
Ru a b 15 ;0.5 poena
Xa b 0 c 0 AMP ;2 poena
Rp c 0 150 ;0.5 poena
.tf V(c) Vu ;1 poen
.end
```

8. (15 poena) Napisati SPICE netlistu za kolo statičkog CMOS NOR gejta prikazanog na slici 5. Naziv modela PMOS/NMOS tranzistora je **NM/PM** i definisan je u fajlu **cmos_bulk.txt**. Dimenzije svih NMOS tranzistora su $W_n=300\text{nm}$ i $L_n=160\text{nm}$. Dimenzije PMOS tranzistora su $W_p=1.32\mu\text{m}$ i $L_p=160\text{nm}$. Model inkapsulirati u podkolo pod nazivom **NOR2**. Usvojiti sledeći redosled navođenja portova: A, DD, SS i Y. Podkolo instancirati i pobuditi naponskim generatorima koji imaju sledeće parametre:



Slika 5.

$V_a = \{V_{init}=0, V_{on}=2.2, T_{delay}=0.5\mu, T_{rise}=1\text{n}, T_{fall}=1\text{n}, T_{on}=0.498\text{n}, T_{period}=1.5\mu\}$

$V_b = \{V_{init}=0, V_{on}=2.2, T_{delay}=1.1\mu, T_{rise}=1\text{n}, T_{fall}=1\text{n}, T_{on}=1.998\text{n}, T_{period}=3\mu\}$

Instancirano podkolo analizirati u vremenskom domenu. *Transient* analiza treba da obuhvati dve periode pobudnog signala koji se sporije menja. Nivoi logičke nule i jedinice su $V_{SS}=0\text{V}$ i $V_{DD}=2.2\text{V}$, respektivno. Kolo opteretiti kapacitivnim opterećenjem od $C_L=2\text{pF}$.

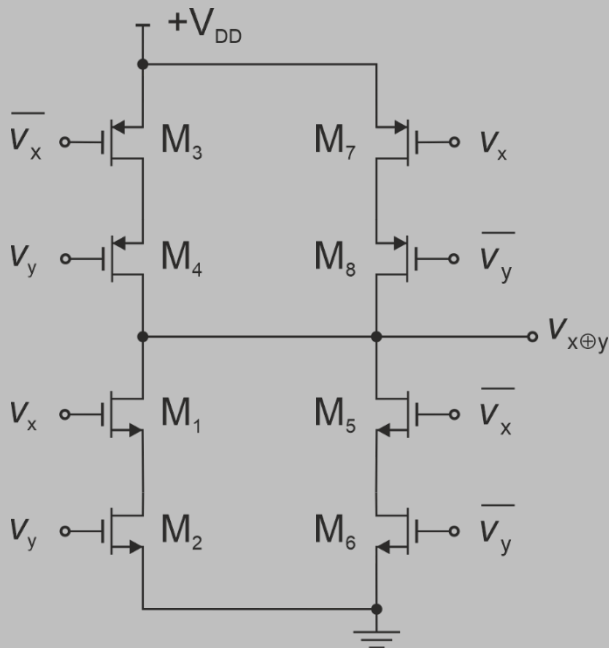
Odgovor:

* Zadatak 4

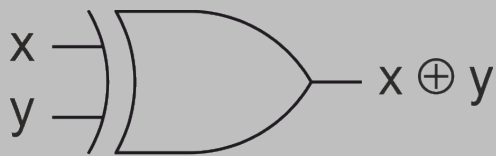
```
.subckt NOR2 a b dd ss y ;2 poena
Mn1 y a ss ss NM L=160n W=300n ;1.5 poen
Mn2 y b ss ss NM L=160n W=300n ;1.5 poen
Mp1 d a dd dd PM L=180n W=1.32u ;1.5 poen
Mp2 y b d dd PM L=180n W=1.32u ;1.5 poen
.ends
Vdd dd 0 2.2 ;0,5 poena
Vss ss 0 0 ;0,5 poena
Va a 0 pulse(0 2.2 0.5u 1n 1n 0.498n 1.5u) ;1 poen
Vb b 0 pulse(0 2.2 1.1u 1n 1n 1.998n 3u) ;1 poen
X1 a b dd ss y NOR2 ;1.5 poen
CL y 0 2p ;0,5 poena
.lib cmos_bulk.txt ;0,5 poena
.tran 6u ;1.5 poen
.end
```

9. (8 poena) NOR funkcija, realizacija u CMOS tehnologiji, logički simbol, tabela istinitosti i talasni oblici signala.

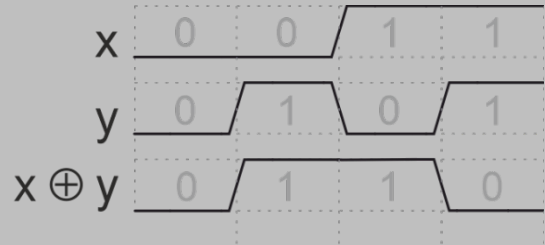
Odgovor:



Realizacija u CMOS tehnici (3 poena)



Simbol ćelije (1 poen)



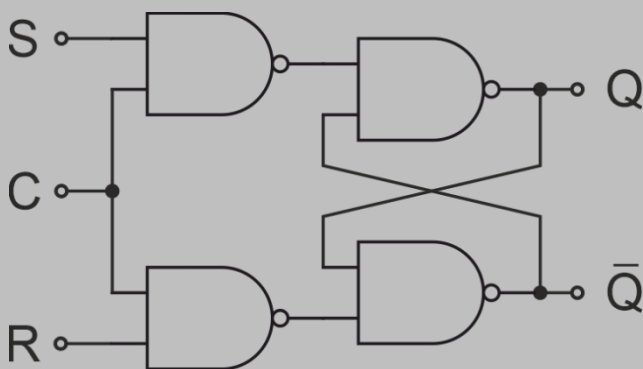
Talasni oblici signala (2 poena)

| x | y | $x \oplus y$ |
|---|---|--------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Tabela istinitosti (2 poena)

10. (8 poena) D leč kolo – princip rada, realizacija, simbol, tabela istinitosti.

Odgovor:



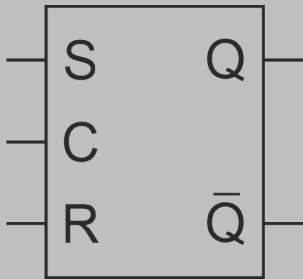
Realizacija NAND ćelijama (3 poena)

| C | S | R | Q_{n+1} | \bar{Q}_{n+1} |
|---|---|---|-----------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 | Q_n | \bar{Q}_n |
| 0 | 0 | 1 | Q_n | \bar{Q}_n |
| 0 | 1 | 0 | Q_n | \bar{Q}_n |
| 0 | 1 | 1 | Q_n | \bar{Q}_n |
| 1 | 0 | 0 | Q_n | \bar{Q}_n |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Tabela istinitosti (2 poena)

Kolo menja stanje samo kada je signal dozvole C aktivan ($C=1$).

(2 poena).



Simbol **(1 poen)**

Predmetni nastavnici,

prof. dr Dragan Mančić
prof. dr Marko Dimitrijević