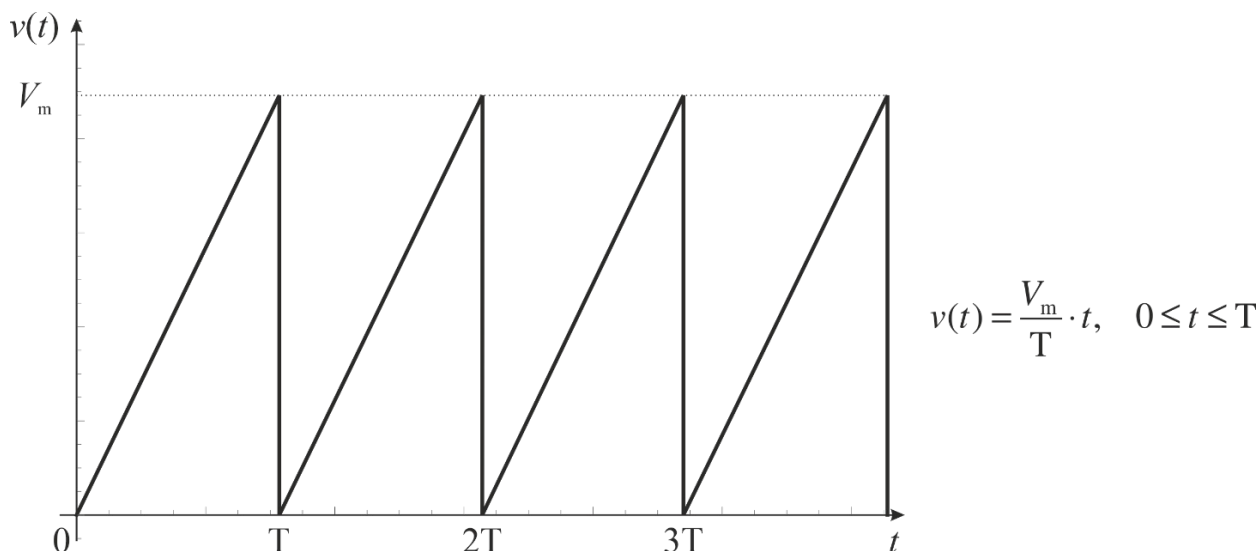


# Ispit iz predmeta Uvod u elektroniku, aprilski ispitni rok, 26.03.2024.

## - 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  $A_k$  se izračunava prema formuli:

$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos k\omega t dt \quad (3 \text{ poena})$$

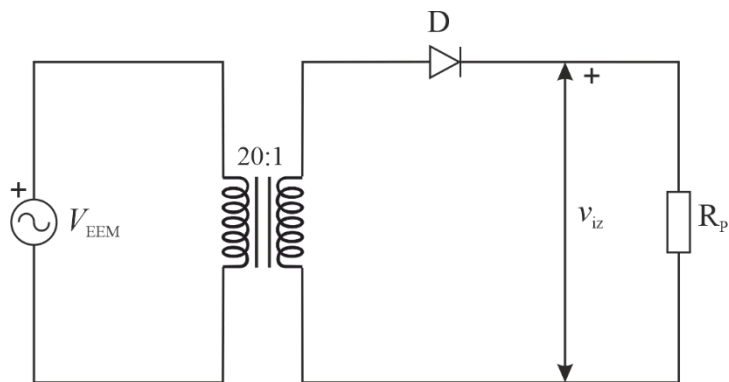
Za dati signal:

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

(12 poena)

(U četvrtom i petom koraku se koristi metod parcijalne integracije.)

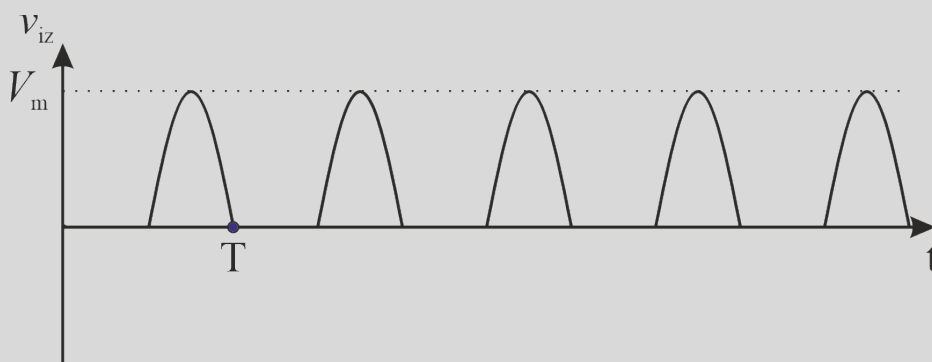
2. **(10 poena)** Nacrtati talasni oblik i odrediti srednju vrednost (jednosmernu komponentu) napona  $v_{iz}$  na izlazu usmerača prikazanog na slici 2. Amplituda napona mreže  $V_{EEM}$  je **314V**, a odnos transformacije transformatora **20:1**.



Slika 2.

**Odgovor:**

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



**(4 poena)**

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

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

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

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

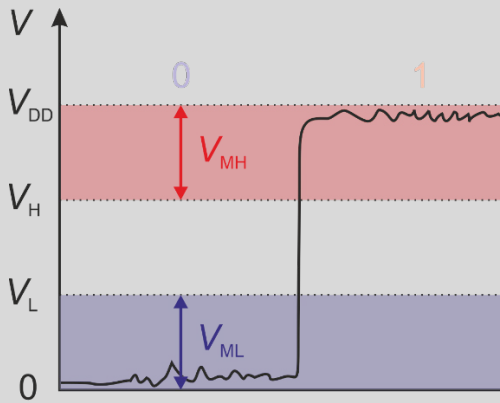
$$= -\frac{V_m}{2\pi} \left( \cos \frac{2\pi}{\cancel{X}} \cdot \frac{\cancel{X}}{\cancel{X}} - \cos \frac{2\pi}{T} \cdot 0 \right) = -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \pi - \cos 0) = -\frac{V_m}{2\pi} (-1 - 1) = \frac{V_m}{\pi}$$

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

**(6 poena)**

3. **(8 poena)** Nacrtni naponske nivoe binarnog digitalnog signala. Označiti i objasniti margine šuma i nedozvoljenu oblast digitalnog signala.

**Odgovor:**



Margine šuma su vrednosti napona za koje signal prelazi prag tačne logičke vrednosti „0“ ili „1“:

$$V_{MH} = V_{DD} - V_H$$

$$V_{ML} = V_L$$

**(2 poena)**

Oblast između  $V_L$  i  $V_H$  je nedozvoljena oblast, i ukoliko je napon u ovoj oblasti, logičko stanje signala je nedefinisano.

**(2 poena)**

**(4 poena)**

4. **(10 poena)** Režimi rada MOSFET-a – naponi između priključaka, zavisnost struje kanala od napona, nazivi režima i ponašanje.

**Odgovor:**

Naponi	Zavisnost struje kanala $I_D$ od $V_{GS}$	Zavisnost struje kanala $I_D$ od $V_{DS}$	Režim rada	Ponašanje
$V_{GS} > V_{TH}$ , $V_{DS} < V_{GS} - V_{TH}$	linearna	kvadratna	triodni režim	Kontrolisani otpornik, zatvoreni prekidač
$V_{GS} > V_{TH}$ , $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$	kvadratna	linerna	zasićenje	Kontrolisani strujni izvor
$V_{GS} < V_{TH}$	-	-	zakočenje	Otvoreni prekidač

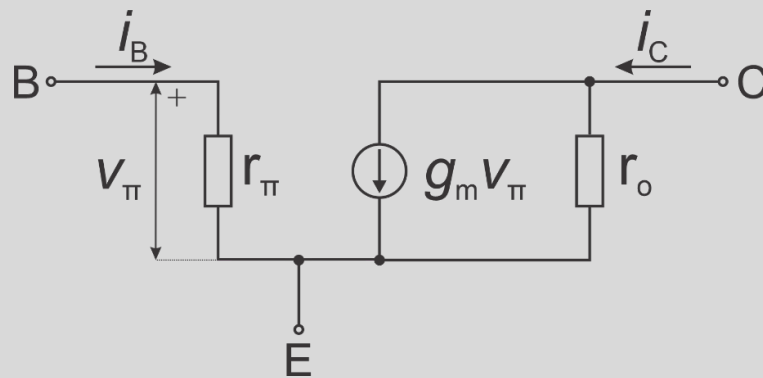
(4 poena)

(4 poena)

(2 poena)

5. (8 poena) Nacrtați hibridni  $\pi$  model bipolarnog tranzistora (navesti i označiti parametre modela).

Odgovor:

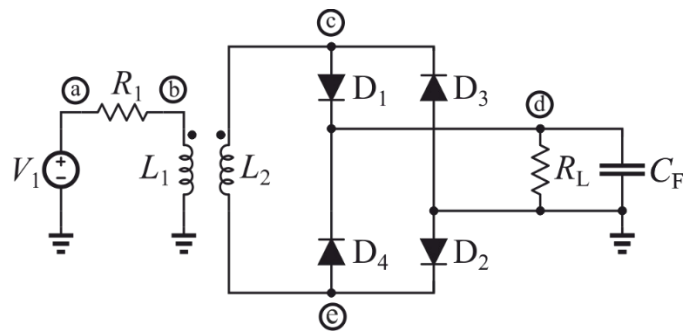


(6 poena)

$r_{\pi}$  – ulazna otpornost,  $g_m$  – transkonduktansa,  $r_o$  – izlazna otpornost (2 poena)

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:  $R_1=1.5\Omega$ ,  $R_L=600\Omega$ ,  $C_F=100\mu\text{F}$ ,  $L_1=15\text{mH}$ ,  $L_2=15\mu\text{H}$ ,  $K=0.9$ ,  $V_1=(120\text{V})\sin(2\pi(60\text{Hz})t)$ .



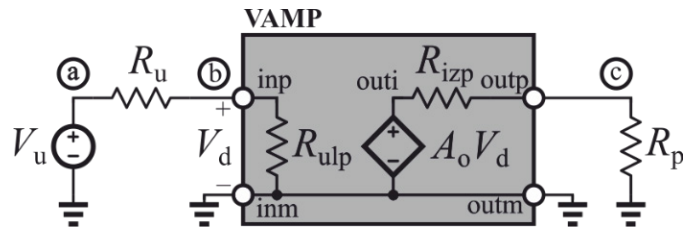
Slika 3.

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 naponskog pojačavača prikazanog na slici 4 sa sledećim parametrima:  $R_{ulp}=1M\Omega$ ,  $R_{izp}=10\Omega$ ,  $A_o=100$ . Model inkapsulirati u podkolo pod nazivom **VAMP**. Usvojiti sledeći redosled navođenja portova: **inp, inm, outp, outm**.



Slika 4

Podkolo **VAMP** instancirati i pobuditi generatorom  $V_u=1mVDC$ , koji ima unutrašnju otpornost  $R_u=1k\Omega$ . Otpornost potrošača je  $R_p=100\Omega$ . Zadati *Transfer Function* analizu.

**Odgovor:**

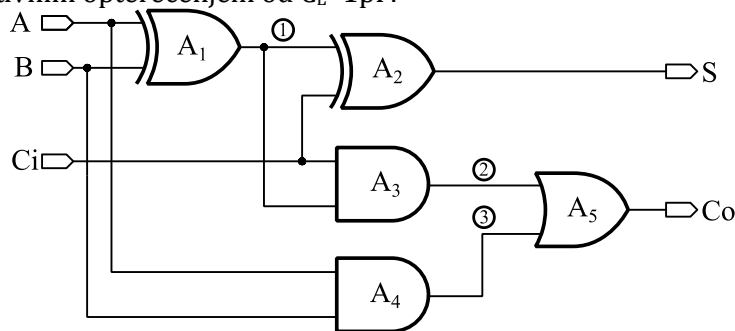
\* Zadatak 6

```
.subckt VAMP inp inm outp outm ;1,5 poen
Rulp inp inm 1MEG ;1 poen
Eamp outi outm inp inm 100 ;1,5 poen
Rizp outi outp 10 ;1 poen
.ends
Vu a 0 1m ;1 poen
Ru a b 10k ;0,5 poen
Xa b 0 c 0 VAMP ;1,5 poen
Rp c 0 100 ;0,5 poen
.tf V(c) Vu ;1,5 poen
.end
```

8. (15 poena) Napisati SPICE netlistu za kolo potpunog sabirača prikazano na slici 5. Za opis gejtova koristiti specijalne funkcije u LTspice-u. Model inkapsulirati u podkolo pod nazivom **FA**. Usvojiti sledeći redosled navođenja portova: **A, B, Ci, Co** i **S**. Podkolo instancirati i pobuditi naponskim generatorima koji imaju sledeće parametre:

$V_{ci} = \{V_{init}=0, V_{on}=1.8, T_{delay}=0.5\mu, T_{rise}=1n, T_{fall}=1n, T_{on}=0.498n, T_{period}=1\mu\}$   
 $V_a = \{V_{init}=0, V_{on}=1.8, T_{delay}=1\mu, T_{rise}=1n, T_{fall}=1n, T_{on}=0.998n, T_{period}=2\mu\}$   
 $V_b = \{V_{init}=0, V_{on}=1.8, T_{delay}=2\mu, T_{rise}=1n, T_{fall}=1n, T_{on}=1.998n, T_{period}=4\mu\}$

Instancirano podkolo analizirati u vremenskom domenu. *Transient* analiza treba da obuhvati periodu signala koji se najsporije menja. Nivoi logičke nule i jedinice su 0V i 1.8V, respektivno. Izlaze kolo opteretiti kapacitivnim opterećenjem od  $C_L=1pF$ .



Slika 5

**Odgovor:**

\* Zadatak 8

```
.subckt FA a b ci co s ;2 poen
A1 a b 0 0 0 0 1 0 XOR Vhigh=1.8 ;1 poen
A2 1 ci 0 0 0 0 s 0 XOR Vhigh=1.8 ;1 poen
A3 ci 1 0 0 0 0 2 0 AND Vhigh=1.8 ;1 poen
A4 a b 0 0 0 0 3 0 AND Vhigh=1.8 ;1 poen
```

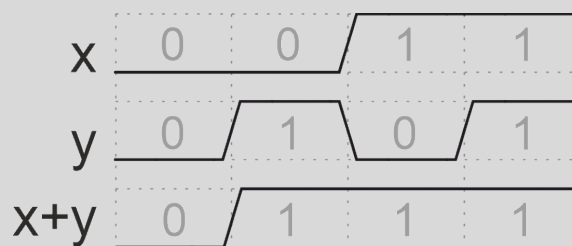
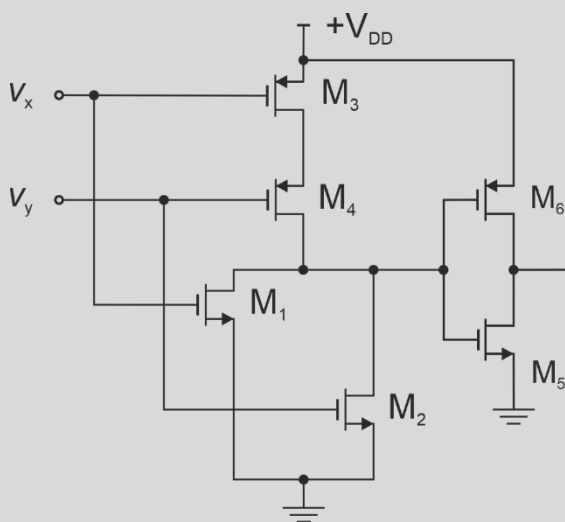
```

A5 2 3 0 0 0 0 co 0 OR Vhigh=1.8 ;1 poen
.ends
Vci ci 0 pulse(0 1.8 0.5u 1n 1n 0.498n 1u) ;1.5 poen
Va a 0 pulse(0 1.8 1u 1n 1n 0.998n 2u) ;1.5 poen
Vb b 0 pulse(0 1.8 2u 1n 1n 1.998n 4u) ;1.5 poen
Xfa a b ci co s FA ;1.5 poen
CL1 co 0 1p ;0.5 poen
CL2 s 0 1p ;0.5 poen
.tran 4u ;1 poen
.end

```

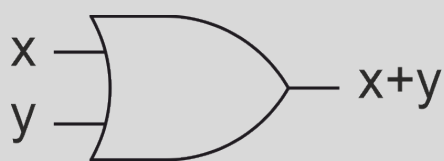
9. (8 poena) OR funkcija, realizacija u CMOS tehnologiji, logički simbol, tabela istinitosti i talasni oblici signala.

Odgovor:



Talasni oblici signala (2 poena)

Realizacija u CMOS tehnici (3 poena)



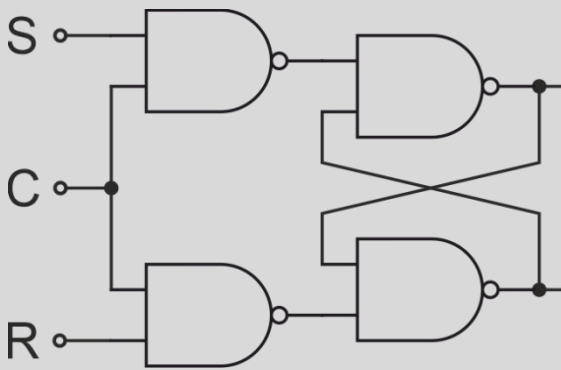
Simbol ćelije (1 poen)

x	y	x+y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabela istinitosti (2 poena)

10. (8 poena) SR leč kolo sa signalom dozvole – princip rada, realizacija primenom NAND ćelija, simbol, tabela istinitosti.

Odgovor:



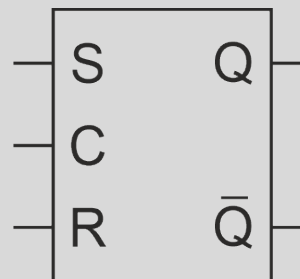
Realizacija NAND ćelijama (3 poena)

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

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

(2 poena).

Tabela istinitosti (2 poena)



Simbol (1 poen)

Predmetni nastavnici,

prof. dr Dragan Mančić  
prof. dr Marko Dimitrijević