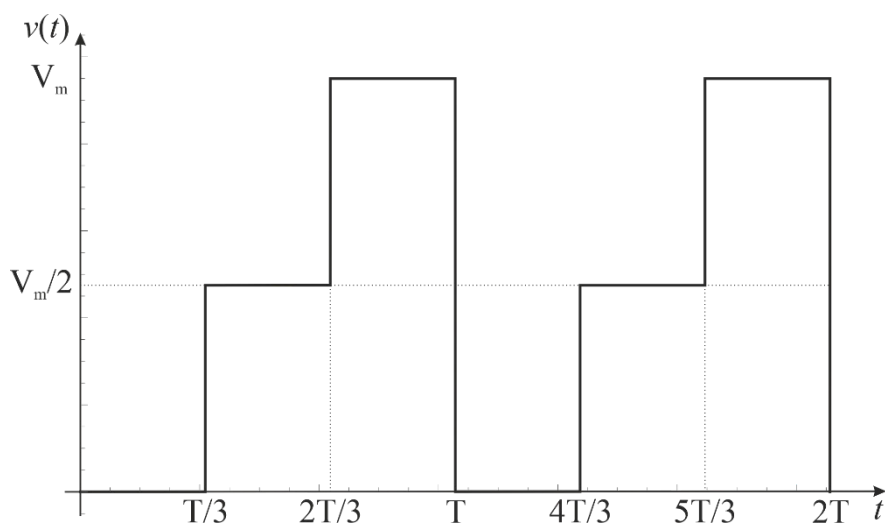


**Ispit iz predmeta Uvod u elektroniku,  
decembarски ispitni rok, 02.12.2023.  
- odgovori na pitanja i rešenja zadataka -**

1. (15 poena) Primenom Furijeove transformacije, pronaći ortogonalnu komponentu  $A_k$  za zadati periodičan zadatak na slici 1.



$$v(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < T/3 \\ \frac{V_m}{2}, & T/3 \leq t < 2T/3 \\ V_m, & 2T/3 \leq t < T \end{cases}$$

Slika 1.

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

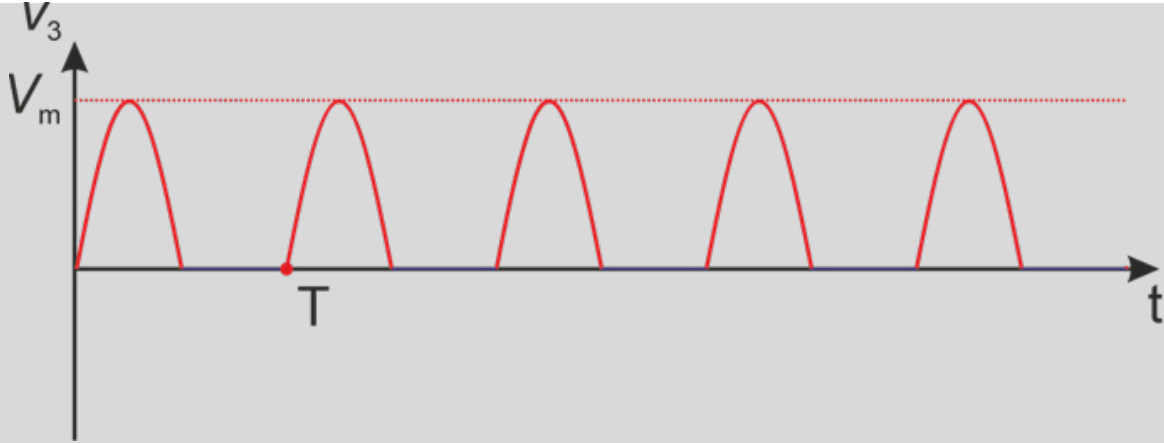
$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos k\omega t dt \quad (2 \text{ poena})$$

Za dati signal je:

$$\begin{aligned} A_k &= \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos k\omega t dt = \frac{2}{T} \left( \int_0^{T/3} 0 \cdot \cos k\omega t dt + \int_{T/3}^{2T/3} \frac{V_m}{2} \cdot \cos k\omega t dt + \int_{2T/3}^T V_m \cdot \cos k\omega t dt \right) = \\ &= \frac{V_m}{T} \int_{T/3}^{2T/3} \cos k\omega t dt + \frac{2V_m}{T} \int_{2T/3}^T \cos k\omega t dt = \frac{V_m}{k\omega \cdot T} \sin k\omega t \Big|_{T/3}^{2T/3} + \frac{2V_m}{k\omega \cdot T} \sin k\omega t \Big|_{2T/3}^T = \\ &= \frac{V_m}{k \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{3}} \left( \sin k \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{2T}{3} - \sin k \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{3} \right) + \frac{2V_m}{k \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{3}} \left( \sin k \frac{2\pi}{T} \cdot T - \sin k \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{2T}{3} \right) = \\ &= \frac{V_m}{2k\pi} \left( \sin \frac{4k\pi}{3} - \sin \frac{2k\pi}{3} \right) + \frac{V_m}{k\pi} \left( \sin 2k\pi - \sin \frac{4k\pi}{3} \right) = \frac{V_m}{2k\pi} \sin \frac{4k\pi}{3} - \frac{V_m}{k\pi} \sin \frac{4k\pi}{3} - \frac{V_m}{2k\pi} \sin \frac{2k\pi}{3} \\ &= -\frac{V_m}{2k\pi} \left( \sin \frac{4k\pi}{3} + \sin \frac{2k\pi}{3} \right) = -\frac{V_m}{k\pi} \sin k\pi \cdot \cos \frac{k\pi}{3} = 0 \quad \text{za } k \in \mathbb{Z}. \end{aligned}$$

(13 poena)

2. **(10 poena)** Odrediti srednju vrednost (jednosmernu komponentu) polutalasno usmerenog napona. Izračunati odnos transformacije primara i sekundara za mrežni napon amplitude  $V_{EEM}=157V$  i potreban jednosmerni napon od  $10V$ .



$$V_0 = \frac{1}{T} \int_0^T v_3(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} v_3(t) dt$$

$$V_0 = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} V_m \sin \omega t \cdot dt = \frac{V_m}{T\omega} \cos \omega t \Big|_0^{T/2} = -\frac{V_m}{\cancel{\mathcal{X}} \cdot \frac{2\pi}{\cancel{\mathcal{X}}}} \cdot \cos \frac{2\pi t}{T} \Big|_0^{T/2} \quad (6 \text{ poena})$$

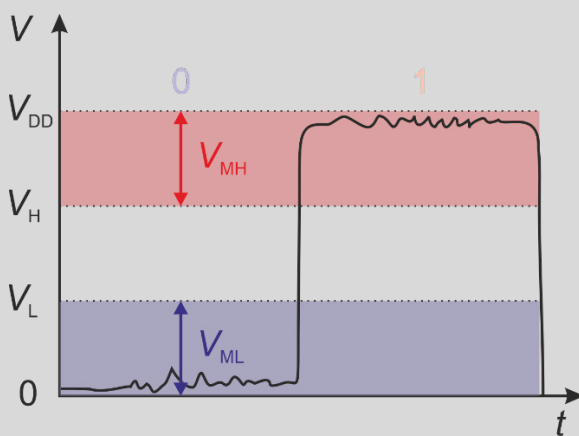
$$V_0 = -\frac{V_m}{2\pi} \left( \cos \frac{2\pi}{\cancel{\mathcal{X}}} \cdot \frac{\cancel{\mathcal{X}}}{2} - \cos \frac{2\pi}{T} \cdot 0 \right) = -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \pi - \cos 0) = -\frac{V_m}{2\pi} (-1 - 1) = \frac{V_m}{\pi}$$

$$V_m = \frac{N_s}{N_p} \cdot V_{EEM}, \quad V_0 = \frac{1}{\pi} \frac{N_s}{N_p} \cdot V_{EEM}$$

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{\pi} \frac{V_{EEM}}{V_0} = \frac{1}{3,14} \frac{157V}{10V} = 5 \quad (4 \text{ poena})$$

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

**Odgovor:**



**(4 poena)**

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)**

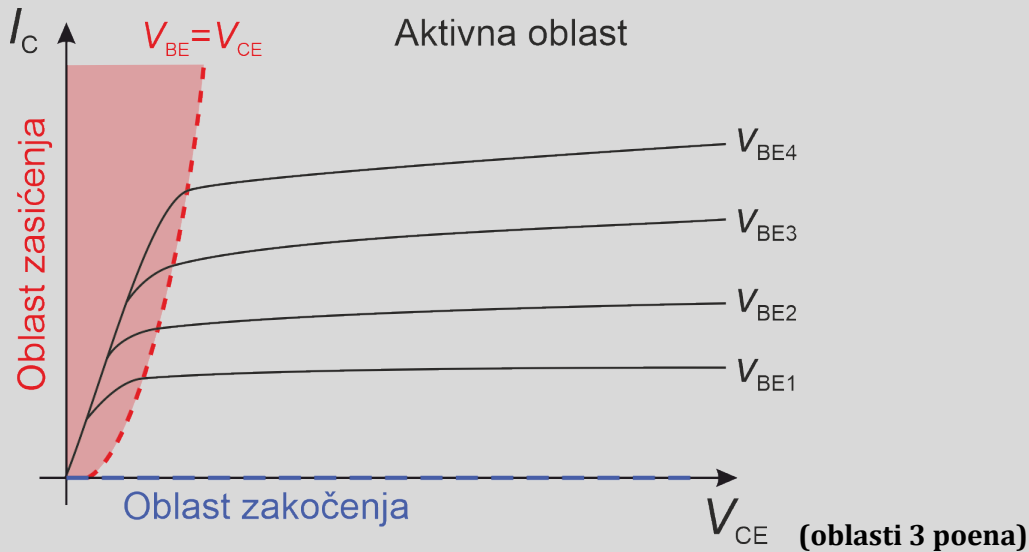
Oblast između  $V_L$  i  $V_H$  je nedozvoljena oblast, i ukoliko je napon u ovoj oblasti, logičko stanje signala je nedefinisano.

**(2 poena)**

4. **(8 poena)** Nacrtati izlazne karakteristike bipolarnog tranzistora – zavisnost struje kolektora  $I_C$  od napona  $V_{CE}$  i označiti aktivnu i oblast zasićenja.

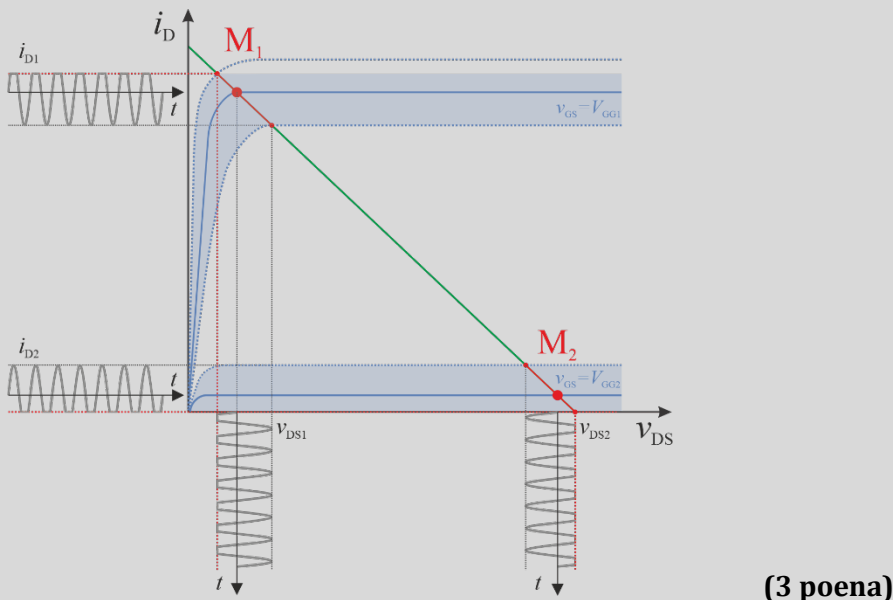
**Odgovor:**

**(karakteristike 5 poena)**

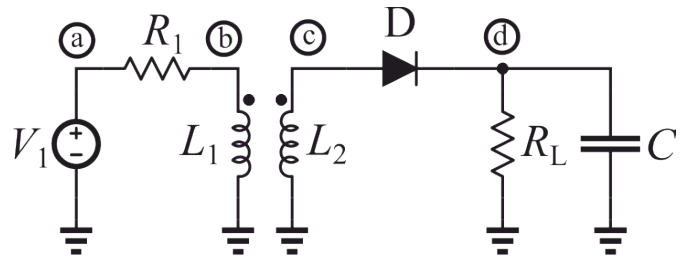


5. **(8 poena)** Objasniti ograničenja prilikom određivanja radne tačke MOSFET-a koja se odnose na talasni oblik signala.

**Odgovor:** Prilikom izbora napona napajanja za polarizaciju MOS tranzistora i elemenata kola (otpornika u grani drejna), treba obezbediti da MOSFET bude u režimu zasićenja za sve moguće vrednosti ulaznog signala, tj. da radna tačka na izlaznoj karakteristici ne bude blizu triodne oblasti ( $M_1$ ) i oblasti zakočenja ( $M_2$ ). U suprotnom, može doći do odsecanja signala. **(5 poena)**



6. **(10 poena)** Za kolo sa slike 2 napisati SPICE netlistu sa komandom za pokretanje *Transient* analize. Simulacija kola treba da obuhvati trideset perioda pobudnog signala. Naziv modela diode je **1N3768** i definisan je u fajlu **diodes\_1N.mod**. Elementi kola su:  $R_1=5\Omega$ ,  $R_L=2k\Omega$ ,  $C=10\mu F$ ,  $L_1=2mH$ ,  $L_2=15\mu H$ ,  $K=0.99$ ,  $V_1=(110V)\sin(2\pi(60Hz)t)$ .



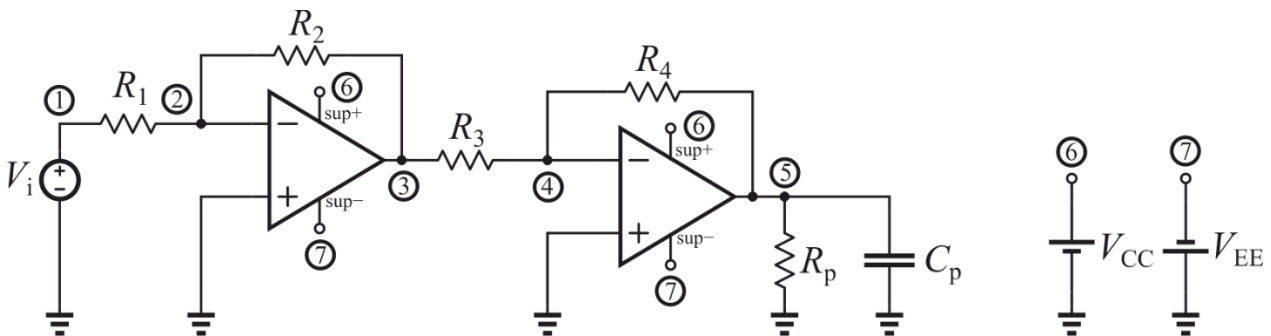
Slika 2.

**Odgovor:**

**\* Zadatak 6**

```
V1 a 0 sin(0 110 60) ;2 poena
R1 a b 5 ;0.5 poena
L1 b 0 2m ;0.5 poena, priznaje se i L1 0 b 1m
L2 c 0 15u ;0.5 poena, priznaje se i L2 0 c 10u
K L1 L2 .99 ;2 poena
D c d 1N3768 ;1 poen
RL d 0 2k ;0.5 poena
C d 0 10u ;0.5 poena
.lib diodes_1N.mod ;0.5 poena
.tran 0.5 ;2 poena
.end
```

7. **(10 poena)** Za kolo sa slike 3 napisati SPICE netlistu sa komandom za pokretanje *Direct Current sweep* i *Noise* analize. Za *Direct Current* analizu zadati promenu napona  $V_i$  od  $-12V$  do  $12V$  sa korakom od  $1mV$ . *Noise* analizu zadati u opsegu od  $1Hz$  do  $200MHz$  sa 200 tačaka po dekadi. Izlazni napon pojačavača je napon na otporniku  $R_p$ . Operacioni pojačavač je opisan kao pod-kolo pod nazivom **uA741** čiji se opis nalazi u fajlu **OP741.lib**. Elementi kola su:  $R_1=10k\Omega$ ,  $R_2=20k\Omega$ ,  $R_3=15k\Omega$ ,  $R_4=50k\Omega$ ,  $R_p=0,1k\Omega$ ,  $C_p=10nF$ ,  $V_{CC}=V_{EE}=15VDC$ .



Slika 3.

**Odgovor:**

**\* Zadatak**

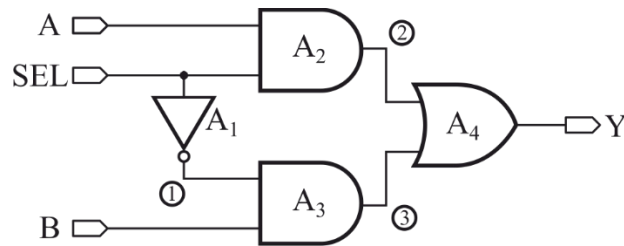
```
Vi 1 0 DC 0 ;0.5 poena
R1 1 2 10k ;0.5 poena
R2 2 3 20k ;0.5 poena
R3 3 4 15k ;0.5 poena
R4 4 5 50k ;0.5 poena
Rp 5 0 0.1k ;0.5 poena
```

```

Cp 5 0 10n ;0.5 poena
X1 0 2 6 7 3 uA741 ;1 poen
X2 0 4 6 7 5 uA741 ;1 poen
Vcc 6 0 15 ;0.5 poena
Vee 0 7 15 ;0.5 poena
.lib OP741.lib ;0.5 poena
.dc Vi -12 12 0.001 ;1 poen
.noise V(5) Vi dec 200 1 200MEG ;2 poena
.end

```

8. (15 poena) Napisati SPICE netlistu za kolo multipleksera 2 u 1 prikazano na slici 4. Za opis gejtova koristiti specijalne funkcije u LTspice-u. Model inkapsulirati u podkolo pod nazivom **MUX2x1**. Usvojiti sledeći redosled navođenja portova: A, B, SEL i Y. Podkolo instancirati i pobuditi naponskim generatorima koji imaju sledeće parametre:



Slika 4.

$V_{sel} = \{V_{init}=0V, V_{on}=2V, T_{delay}=0.2\mu s, T_{rise}=2ns, T_{fall}=1.5ns, T_{on}=0.51ns, T_{period}=1\mu s\}$

$V_a = \{2VDC\}, V_b = \{2VDC\}$

Instancirano podkolo analizirati u vremenskom domenu. *Transient* analiza treba da obuhvati dve periode selektorskog signala, SEL. Nivoi logičke nule i jedinice su  $V_{SS}=0V$  i  $V_{DD}=2V$ , respektivno. Kolo opteretiti kapacitivnim opterećenjem od  $C_L=1.2pF$ .

### Odgovor:

#### \* Zadatak 8

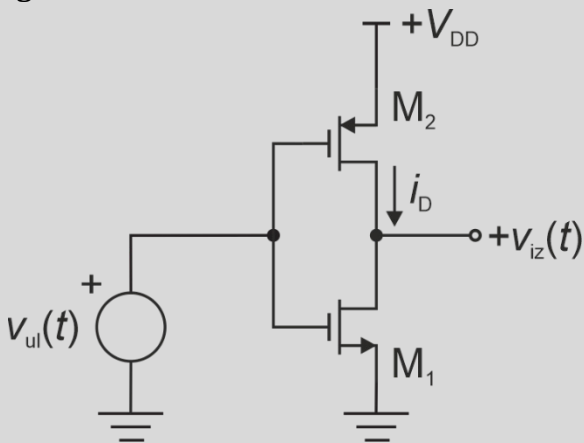
```

.subckt MUX2x1 a b sel y ;2 poena
A1 sel 0 0 0 0 1 0 0 BUF Vhigh=2 ;1.5 poen
A2 a sel 0 0 0 0 2 0 AND Vhigh=2 ;1.5 poen
A3 b sel 0 0 0 0 3 0 AND Vhigh=2 ;1.5 poen
A4 2 3 0 0 0 0 y 0 OR Vhigh=2 ;1.5 poen
.ends
Va a 0 2 ;0.5 poen
Vb b 0 2 ;0.5 poen
Vsel sel 0 pulse(0 2 0.2u 2n 1.5n 0.51n 1u) ;2 poena
Xmux a b sel y MUX2x1 ;2 poena
CL y 0 1.2p ;0.5 poen
.tran 2u ;1.5 poen
.end

```

9. (8 poena) Invertor realizovan primenom komplementarnih MOSFET-ova (CMOS), CMOS par kao naponom kontrolisani prekidač – električna šema, analiza kola, talasni oblici napona.

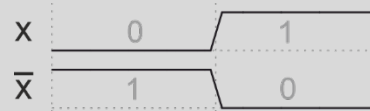
Odgovor:



Realizacija u CMOS tehnici (3 poena)

- CMOS invertor sadrži N-MOS ( $M_1$ ) i P-MOS ( $M_2$ ) tranzistor.
- Kada je napon  $v_{ul}(t)=0$   $M_2$  je u triodnom režimu, a  $M_1$  u režimu zakočenja,  $v_{iz}(t)=V_{DD}$ .
- Kada je  $v_{ul}(t)=V_{DD}$   $M_1$  je u triodnom režimu, a  $M_2$  u režimu zakočenja,  $v_{iz}(t)=0$ .
- Struja  $i_D$  je zajednička struja kanala  $M_1$  i  $M_2$ . U oba slučaja je vrlo mala, jer su kanali redno vezani i jedan tranzistor je uvek u režimu zakočenja.

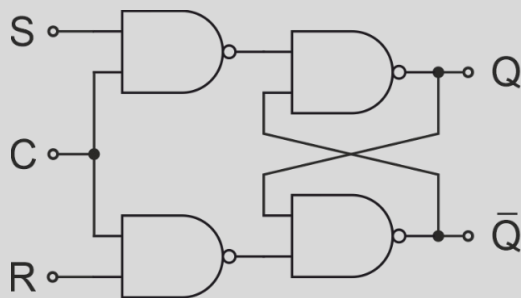
(3 poena)



Talasni oblici (2 poena)

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

Odgovor:



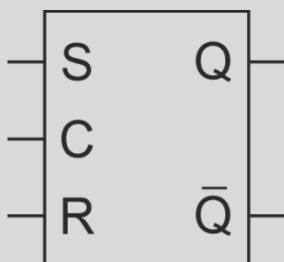
Realizacija NAND ćelijama (3 poena)

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

Tabela istinitosti (2 poena)

Kolo menja stanje samo kada je signal dozvole C aktivan ( $C=1$ ). Kombinacija  $SR = 00$  ne menja stanje leč kola, kolo je setovano za  $SR = 10$  ( $Q_{n+1}=1$ ) a resetovano za kombinaciju  $SR = 01$  ( $Q_{n+1}=0$ ).

Kombinacija  $SR = 11$  je nedozvoljena kombinacija (2 poena).



Simbol (1 poen)

Predmetni nastavnici,

prof. dr Dragan Mančić  
prof. dr Marko Dimitrijević