



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ, НАУКЕ И ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА  
РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ  
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



**ДВАДЕСЕТ И ПЕТО РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ  
ИЗ  
ЕЛЕКТРОНИКЕ**

**ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА**

**ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА**

број задатка														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Укупно бодова
број бодова														
3	3	3	3	3	10	10	10	10	10	10	10	7	8	100
-1	-1	-1	-1	-1										-5

**јун 2019.**



### **УПУТСТВО (ОБАВЕЗНО ПРОЧИТАТИ!)**

Питања и задаци су припремљени у складу са наставним програмима предмета Електроника I и Електроника II.

Провера знања траје 120 минута. При раду такмичари могу да користе само прибор за писање и лични калкулатор.

Одговор на питање, односно решење постављеног задатка треба писати читко, обавезно на месту које је за то предвиђено.

Учесници такмичења самостално дају одговоре на питања и решавају постављене задатке. За време рада мора да влада тишина. Такмичар који не поштује ова правила биће дисквалификован и удаљен са такмичења.

За свако питање и задатак дат је број бодова на насловној страни. Највећи могући укупан број бодова је 100.

### **САВЕТИ**

Свако питање и задатак треба пажљиво прочитати да бисте разумели шта се захтева.

Уколико нисте потпуно сигурни који од предложених одговора на постављено питање треба заокружити, таква питања треба оставити без одговора. Тако се не добијају бодови „на срећу”, али се сигурно избегавају негативни бодови.

Није мудро да се дуго задржавате на питањима и задацима код којих, у датом тренутку, не можете са сигурношћу да одредите тачан одговор, односно да сагледате решење постављеног задатка. Средсредите се на питања и задатке који следе. Након тога, преостало време посветите решавању задатака које сте „прескочили”.

**Срећно!**



1. Дарлингтонов спој је погодан за употребу у колима где је потребно постићи:

а) мало струјно појачање,

**б) велико струјно појачање,**

в) малу излазну отпорност,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

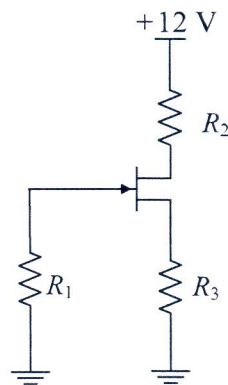
2. Колика је струја дрејна  $I_D$  у колу на слици, ако је напон  $V_{DS}$  једнак трећини напона напајања? Вредности отпорника у колу на слици су  $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_2 = 1,8 \text{ k}\Omega$  и  $R_3 = 200 \Omega$ .

**а)  $I_D = 4 \text{ mA}$ ,**

б)  $I_D = 3 \text{ mA}$ ,

в)  $I_D = 2 \text{ mA}$ ,

г) није понуђен одговор.



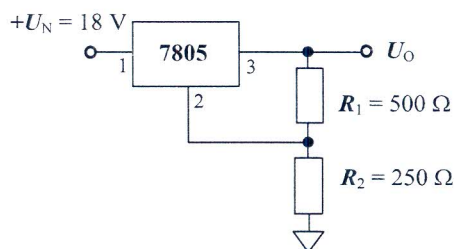
3. На слици је приказан подесиви извор напона остварен помоћу интегрисаног трополног стабилизатора (регулатора) позитивног напона 7805. Под претпоставком да се струја стабилизатора која тече кроз прикључак 2 може занемарити, колико износи вредност излазног напона  $U_O$ .

а)  $U_O = 5 \text{ V}$ ,

**б)  $U_O = 7,5 \text{ V}$ ,**

в)  $U_O = 18 \text{ V}$ ,

г) није понуђен одговор.



3/-1

4. За појачавач са заједничким колектором важи:

а) струјно појачање приближно 1, велика улазна отпорност, мала излазна отпорност;

б) велико струјно појачање, мала улазна отпорност, велика излазна отпорност;

**в) напонско појачање приближно 1, велика улазна отпорност, мала излазна отпорност;**

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1



# ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТ И ПЕТО РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ, јун 2019.

5. На слици је приказано RC коло чија је фреквенцијска карактеристика,

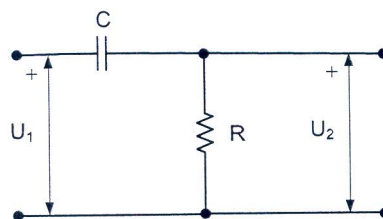
$$W(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)}, \text{ одређена изразом:}$$

а)  $W(j\omega) = 1 + j\omega RC$ ,

б)  $W(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$ ,

в)  $W(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}$ ,

г) није понуђен тачан одговор.

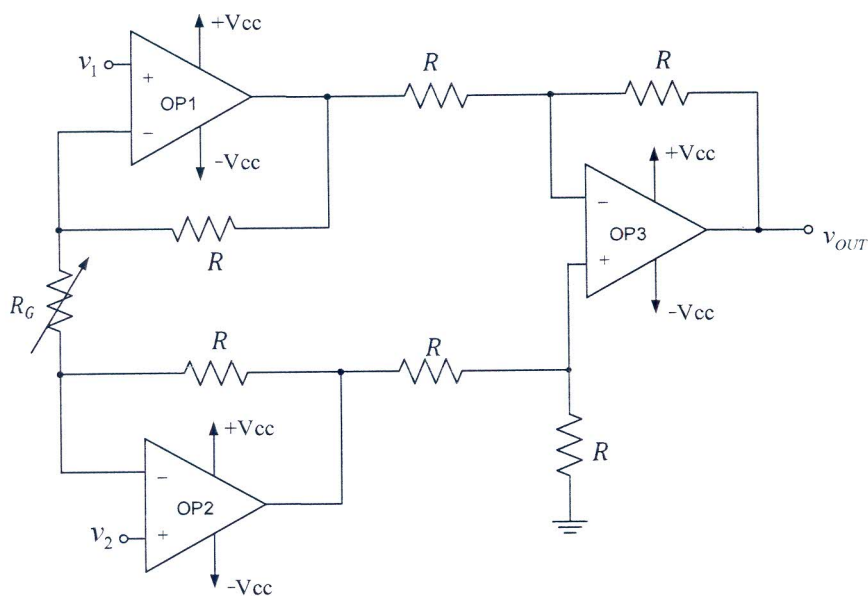


3/-1

6. Ако је  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $v_1 = 2,011 \text{ V}$ ,  $v_2 = 2,017 \text{ V}$ , а  $R_G$  подешено на  $500 \Omega$  одредити

а) напонско појачање  $A_v = \frac{v_{OUT}}{v_2 - v_1}$  (9 поена)

б) напон на излазу  $v_{OUT}$  (1 поен).



Ако се инвертујући и неинвертујући улаз трећег операционог појачавача означе са  $e$  тада су излаз првог и другог операционог појачавача дати са:

$$2e - v_{OUT}, \text{ (1 поен)}$$

$$2e, \text{ (1 поен)}$$

респективно.



## ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТ И ПЕТО РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ, јун 2019.

Сада важи:

$$\frac{2e - v_2}{R} = \frac{v_2 - v_1}{R_G} = \frac{v_1 - (2e - v_{OUT})}{R}.$$

Односно

$$2e - v_2 = v_1 - (2e - v_{OUT}). \quad (2 \text{ поена})$$

Из чега следи да је

$$e = \frac{v_1 + v_2 + v_{OUT}}{4}.$$

Сада је даље:

$$\frac{\frac{v_1 + v_2 + v_{OUT}}{2} - v_2}{R} = \frac{v_2 - v_1}{R_G}, \quad (2 \text{ поена})$$

Из чега следи

$$A_v = \frac{v_{OUT}}{v_2 - v_1} = 1 + \frac{2R}{R_G} \quad (2 \text{ поена}).$$

Уносом вредности добија се

$$A_v = 1 + \frac{2 \cdot 10000}{500} = 41 \quad (1 \text{ поен}).$$

б) Вредности излазног напона је:

$$v_{OUT} = A_v(v_2 - v_1) = 41(2.017 \text{ V} - 2.011 \text{ V}) = 246 \text{ mV} \quad (1 \text{ поен}).$$

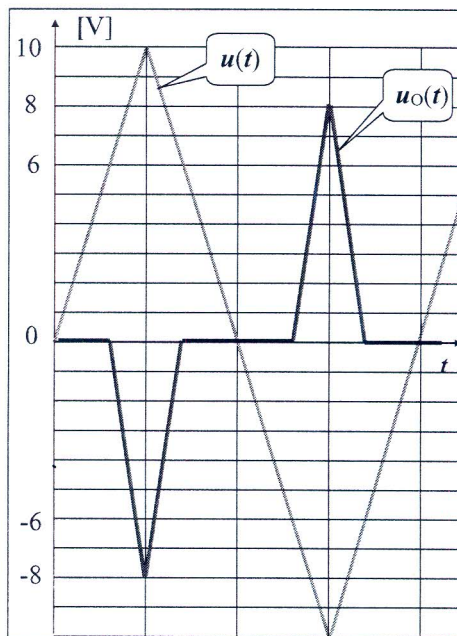
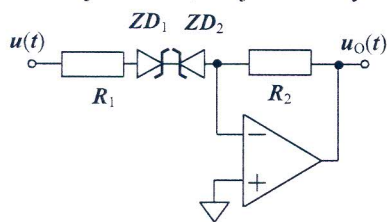




7. У колу, приказаном на слици, примењен је савршени (идеални) операциони појачавач и две идентичне Ценер-диоде, чији је напон пробоја при инверзној поларизацији,  $U_Z$ , једнак 5 V, а напон вођења при директној поларизацији,  $U_F$ , једнак 1 V. Вредности отпорности у колу су:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \text{ и } R_2 = 2 \text{ k}\Omega.$$

- а) Одредити максималну вредност (амплитуду) излазног напона  $U_m$  при побуди периодичним сигналом симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 10 V.  
б) Нацртати временски таласни облик сигнала који се тада добија на излазу кола.



Када је улазни напон по интензитету мањи од напона  $U_G$  који представља праг вођења две редно везане, супротно оријентисане, Ценер-диоде:

$$U_G = U_Z + U_F = 6 \text{ V}, \text{ (1 поен)}$$

Ценер-диоде не воде. Излазни напон  $u_O$  је једнак нули.

Када је улазни напон по интензитету већи од напона  $U_G$ , напон на излазу кола  $u_O$  одређен је једначином:

$$u_O = -R_2 \frac{u - U_G}{R_1} = -R_2 \frac{u - U_Z - U_F}{R_1}, \text{ (3 поена)}$$

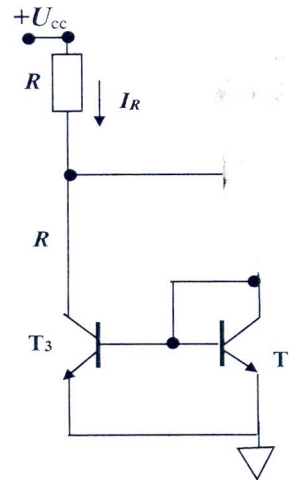
на основу којег се одређује амплитуда излазног напона  $U_m$  која одговара амплитуди улазног напона од 10 V:

$$U_m = \left| -2 \text{ k}\Omega \frac{10 \text{ V} - 6 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} \right| = 8 \text{ V}. \text{ (3 поена)}$$

График носи 3 поена.



8. На слици је приказан извор сталне струје  $I_0$ . Сва 3 транзистора су идентичних карактеристика. Под претпоставком да је појачање струје од базе до колектора транзистора  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  једнако  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta$ , као и да су инверзне струје zasiћења колекторског споја могу занемарити, одредити израз којим је одређен однос струја  $I_0$  и  $I_{C3}$ . Струје базе се не занемарују.



$$I_{B1} = I_{B3} = I_B \quad (2 \text{ поена})$$

$$I_0 = I_{C2}$$

$$I_{C2} = I_{B2} \cdot \beta$$

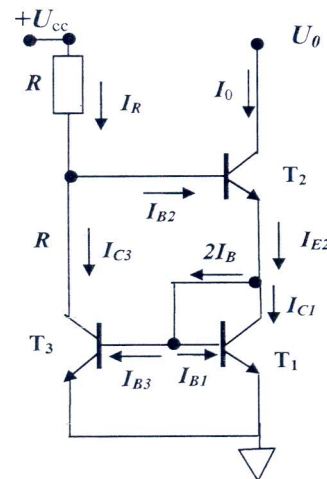
$$I_R = I_{C3} + I_{B2}$$

$$I_{C3} = I_{C1} = I_0 + I_{B2} - 2I_B = I_0 + \frac{I_0}{\beta} - \frac{2I_{C3}}{\beta} \quad (3 \text{ поена})$$

$$I_{C3} + \frac{2I_{C3}}{\beta} = I_0 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

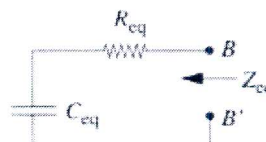
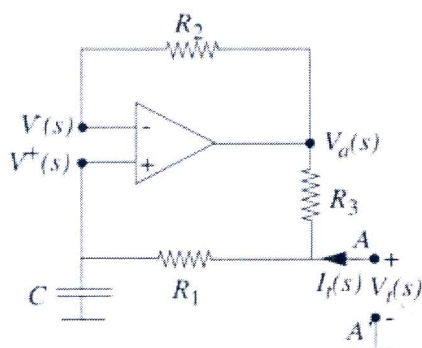
$$I_{C3} \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) = I_0 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (3 \text{ поена})$$

$$I_{C3} = I_0 \frac{1 + \beta}{2 + \beta} \quad (2 \text{ поена})$$





9. За коло на слици претпоставити да је операциони појачавач идеалан. Одредити:
- Импедансу  $Z$  гледајући у односу на терминал  $A - A'$ , као количник  $Z = V_t(s)/I_t(s)$ . (6 поена)
  - Показати да модел дат на слици десно одговара резултату добијеном под а). (3 поена)
  - За  $R_1 = R_2 = 100k\Omega$ ,  $R_3 = 1k\Omega$ , колико износи  $C_{eq}$  зависности од  $C$ ? (1 поен)



а) За коло на слици лево важи:

$$V^+ = V^-,$$

$$i^+ = 0, V_a = V^-,$$

$$V^+ = \frac{\frac{1}{sC}}{R_1 + \frac{1}{sC}} V_t = \frac{1}{1 + sCR_1} V_t. \quad (1,5 \text{ поена})$$

$$I_t = \frac{V_t - V_a}{R_3} + \frac{V_t - V_a}{R_1}, \quad (1,5 \text{ поена})$$

$$I_t = \frac{R_1 + R_3}{R_1 R_3} (V_t - V_a) = \frac{R_1 + R_3}{R_1 R_3} \left(1 - \frac{1}{1 + sCR_1}\right) V_t$$

$$Z = \left(1 + \frac{1}{sCR_1}\right) \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \left(R_1 + \frac{1}{sC}\right) \frac{R_3}{R_1 + R_3}. \quad (3 \text{ поена})$$

$$\text{б) } Z_{eq} = \left(1 + \frac{1}{sCR_1}\right) \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{1}{sC_{eq}} + R_{eq},$$

$$\text{где је } C_{eq} = C \cdot \frac{R_1 + R_3}{R_3} \quad (1,5 \text{ поена}), \text{ а}$$

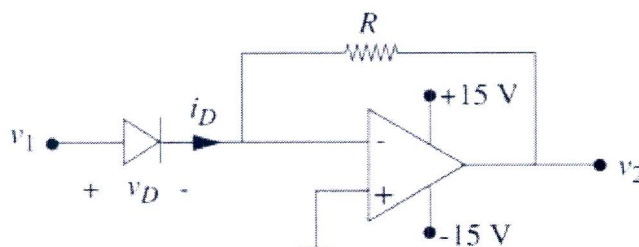
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}. \quad (1,5 \text{ поена})$$

$$\text{в) } C_{eq} = C \cdot \frac{R_1 + R_3}{R_3} = C \cdot 101. \quad (1 \text{ поен})$$





10. За опсег напона  $|v_1| < 0.575V$  одредити опсег за вредност отпорника  $R$  за који операциони појачавач ради у линеарном режиму рада. Струја диоде одређена је изразом  $I_D = I_S \left( e^{\frac{q \cdot v_D}{kT}} - 1 \right)$ , где је  $I_S = 10^{-12} A$  и  $\frac{kT}{q} = 25mV$ .



За струју диоде важи:

$$I_D = I_S \left( e^{\frac{q \cdot v_1}{kT}} - 1 \right) = \frac{0 - v_2}{R}. \quad (3 \text{ поена})$$

Да би операциони појачавач остао у линеарном режиму рада потребно је да  $|v_2| \leq 15V$ ,  
(2 поена)

што значи да је

$$R \cdot I_S \left( e^{\frac{q \cdot v_1}{kT}} - 1 \right) \leq 15V,$$

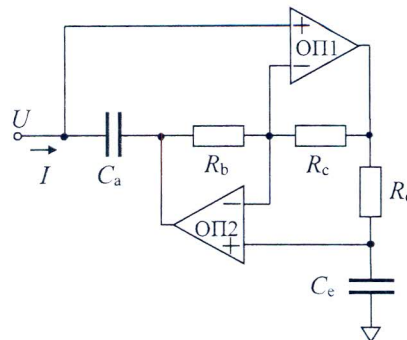
односно

$$R \leq 1539,28 \, \Omega, \text{ тј.}$$

$$R \leq 15,39 \, k\Omega. \quad (5 \text{ поена})$$



11. Под претпоставком да су операциони појачавачи, примењени у колу приказаном на слици, савршени, извести општи израз за вредност улазне импедансе  $Z_I = U/I$ .



За коло са савршеним операционим појачавачима важе једначине:

$$U_b = U, \quad U_b = U_e, \quad (1 \text{ поен})$$

$$U_1 = \frac{R_d + Z_e}{Z_e} U_e, \quad Z_e = \frac{1}{sC_e}, \quad (1 \text{ поен})$$

$$I_c = \frac{U_1 - U_b}{R_c}, \quad (1 \text{ поен})$$

$$I_b = I_c,$$

$$U_2 = U_b - R_b I_b,$$

$$I = \frac{U - U_2}{Z_a}, \quad Z_a = \frac{1}{sC_a}, \quad Z_I = \frac{U}{I}. \quad (3 \text{ поена})$$

Сређивањем се добија:

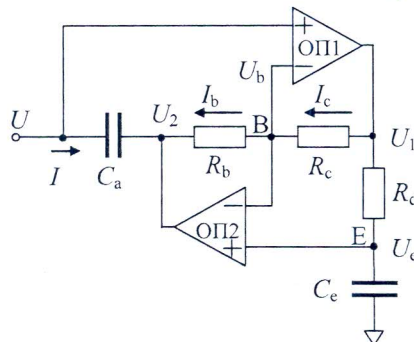
$$U_2 = U + U \frac{R_b}{R_c} \left( 1 - \frac{R_d + Z_e}{Z_e} \right) = U \left( 1 - \frac{R_b R_d}{R_c Z_e} \right).$$

Улазна струја  $I$  једнака је:

$$I = \frac{U - U_2}{Z_a} = \frac{R_b R_d}{Z_a R_c Z_e} U,$$

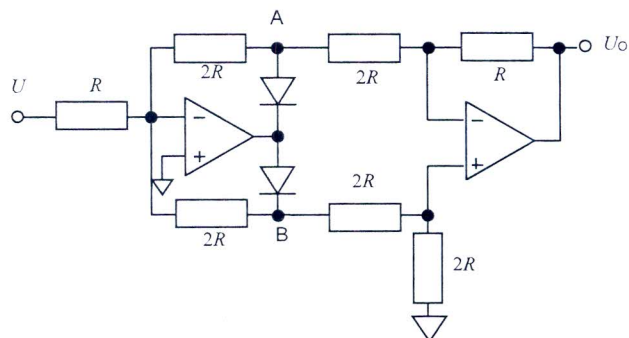
одакле следи:

$$Z_I = \frac{U}{I} = \frac{R_c}{C_a R_b R_d C_e s^2}. \quad (4 \text{ поена})$$





12. Под претпоставком да су у колу, приказаном на слици, примењени савршени операциони појачавачи, одредити општи израз за функцију  $U_O(U)$  и функцију  $U_B(U)$ .

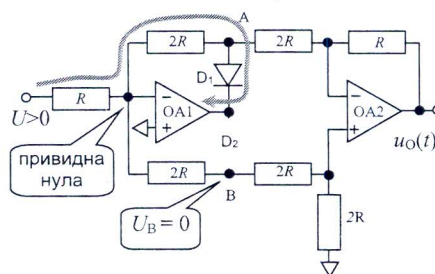


Када је улазни напон позитиван важе следеће једначине:

$$U_A = -\frac{2R}{R} U = -2U,$$

$$U_B = 0 \text{ (2,5 поена), и}$$

$$U_O = -\frac{R}{2R} U_A = -\frac{U_A}{2},$$



на основу којих следи:

$$U_O = U \text{ за } U \geq 0. \text{ (2,5 поена)}$$

Када је улазни напон негативан важе следеће једначине:

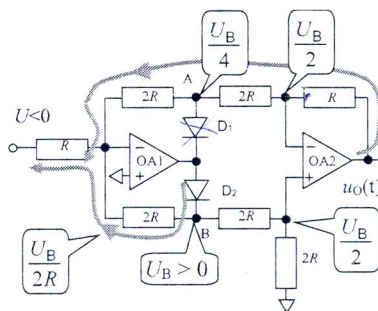
$$\frac{U_B}{2R} + \frac{U_B}{8R} = -\frac{U}{R},$$

$$U_B = -\frac{8}{5} U \text{ (2,5 поена), и}$$

$$U_O = \frac{U_B}{2} \left(1 + \frac{R}{4R}\right) = \frac{5}{8} U_B,$$

на основу којих следи:

$$U_O = -U \text{ за } U < 0. \text{ (2,5 поена)}$$

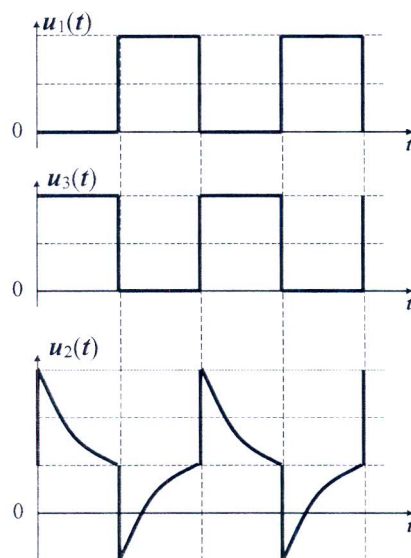
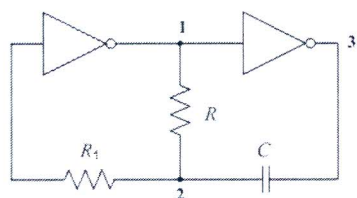


Карактеристика преноса  $U_O(U)$  анализираниг кола је одређена изразом:

$$U_O = \begin{cases} U & \text{за } U \geq 0 \\ -U & \text{за } U < 0 \end{cases} = |U|.$$



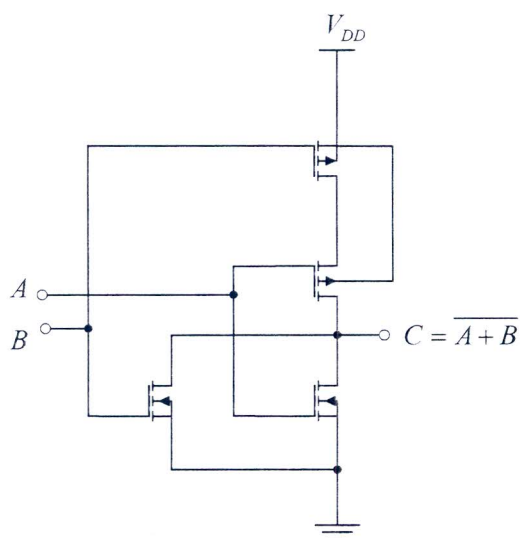
13. За астабилни мултивибратор са два CMOS инвертора који је приказан на слици нацртати временске дијаграме сигнала у тачкама 3 и 2, ако је познат временски дијаграм сигнала у тачки 1.



Временски дијаграми напона  $u_3(t)$  и  $u_2(t)$  носе по 3,5 поена (7 поена укупно)

7

14. Нацртати шему логичког НИЛИ кола у CMOS техници.



8