



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



ДВАДЕСЕТ ДРУГО РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ

РЕШЕЊА ИЗ ЕЛЕКТРОНИКЕ ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА

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

мај 2016.



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. Усредсредите се на питања и задатке који следе. Након тога, преостало време посветите решавању задатака које сте „прескочили”.

Срећно!



1. Који од наведених транзисторских појачавача има негативно струјно појачање?

а) са заједничком базом

б) са заједничким емитором

в) са заједничким колектором

г) није понуђен одговор

3/-1

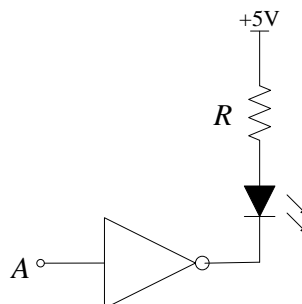
2. Диода на слици чији је један крај везан на излаз CMOS инвертора може да светли:

а) ако је напон у тачки А на логичкој "0"

б) ако је напон у тачки А на логичкој "1"

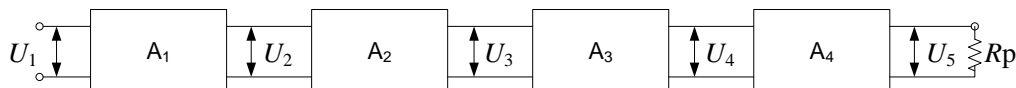
в) ако је напон на излазу инвертора већи од 5V

г) није понуђен одговор



3/-1

3. Сложени појачавач се састоји од четири појачавачка степена са идентичним појачањима напона $A_j = A$ ($j = 1, \dots, 4$). Ако овај појачавач треба да појача улазни сигнал $U_1 = 1\text{ mV}$ до напона $U_5 = 10\text{ V}$, колико треба да буде појачање А једног степена?



а) 10

б) 100

в) 1000

г) није понуђен одговор

3/-1

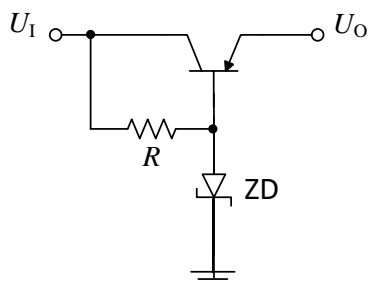
4. Да би коло на слици радило као стабилизатор напона, напон U_1 треба да буде:

а) позитиван или негативан

б) позитиван

в) негативан

г) није понуђен одговор



3/-1



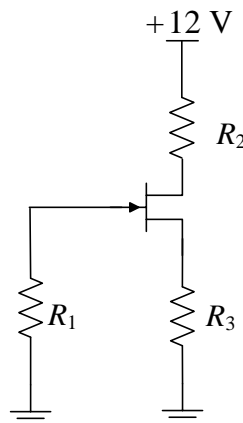
5. Колика је струја дрејна I_D у колу на слици, ако је напон V_{DS} једнак трећини напона напајања? Вредности отпорника у колу на слици су $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 1,8 \text{ k}\Omega$ и $R_3 = 200 \Omega$.

а) $I_D = 4 \text{ mA}$

б) $I_D = 3 \text{ mA}$

в) $I_D = 2 \text{ mA}$

г) није понуђен одговор



3/-1

6. а) Написати назив логичког кола које на излазу даје логичку вредност "0" само ако су оба улаза на логичком нивоу "1".

ОДГОВОР: НИ (признаје се и NAND) логичко коло

2 поена

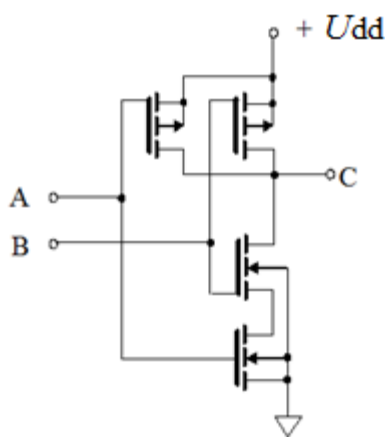
б) Нацртати шему тог логичког кола реализованог у CMOS технологији.

в) Нацртати логички симбол овог кола.

РЕШЕЊЕ:

б) Шема НИ кола

6 поена



в) Логички симбол НИ кола

2 поена



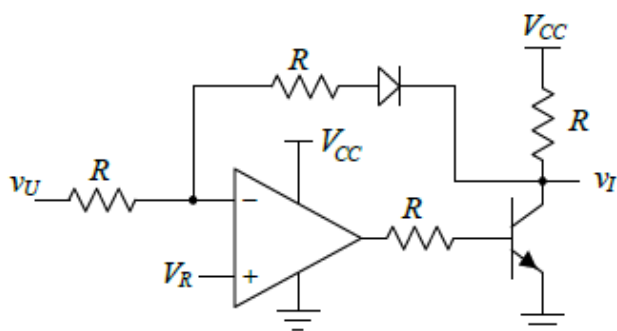
10



7. За компаратор са слике:

- Одредити прагове компарације V_{TH} и V_{TL}
- Графички представити карактеристику преноса.

Познато је $V_{CC} = 5V$, $V_R = 2V$, $V_D = 0V$, $V_{CES} = 0V$ и $\beta \rightarrow \infty$.



РЕШЕЊЕ:

а) Када је на излазу компаратора висок логички ниво: $v_{OP+} > v_{OP-}$ транзистор је укључен и ради у засићењу, тако да је напон на излазу:

$$v_I = V_{CES} = 0V$$

Диода је проводна и важи:

$$v_{OP-} = v_U / 2$$

$$v_U < 2V_R$$

$$V_{TH} = 2V_R = 4V$$

3 поена

Када је на излазу компаратора низак логички ниво $v_{OP+} < v_{OP-}$ транзистор је искључен, тако да је напон на излазу:

$$v_I = V_{CC} = 5V$$

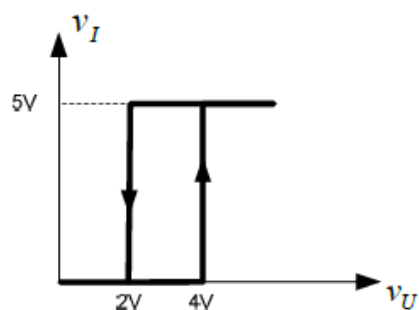
$$v_{OP-} = v_U$$

$$v_U > V_R$$

$$V_{TL} = V_R = 2V$$

3 поена

б) Карактеристика преноса

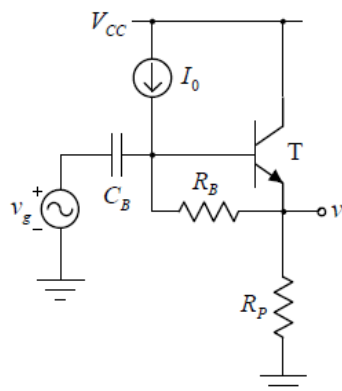


4 поена



8. На слици је приказан транзисторски појачавач са заједничким колектором чији су параметри:
 $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_P = 500 \Omega$, $\beta = 50$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$,
 $V_T = 25 \text{ mV}$, $I_0 = 1 \text{ mA}$ и $C_B = \infty$. Ако напон на излазу има вредност $V_P = 5 \text{ V}$:

- а) Одредити вредност отпорности R_B ,
 б) Одредити вредност колекторске струје I_C ,
 в) Одредити вредности параметара g_m и Γ_π модела транзистора у мирној радној тачки.

**РЕШЕЊЕ:**

- а) Када је $V_P = 5 \text{ V}$, струја I_P у мирној радној тачки износи:

$$I_P = \frac{V_P}{R_P} = 10 \text{ mA}$$

$$I_P = I_E + I_{RB}$$

Ако транзистор ради у активном режиму:

$$I_P = (1 + \beta)I_B + I_{RB} = (1 + \beta)I_B + \frac{V_{BE}}{R_B} \quad (1)$$

$$I_B = I_0 - I_{RB} = I_0 - \frac{V_{BE}}{R_B} \quad (2)$$

Комбиновањем израза (1) и (2) добија се израз за отпорност R_B :

$$R_B = \frac{\beta V_{BE}}{(1 + \beta)I_0 - \frac{V_P}{R_P}}$$

$$R_B = 854 \Omega$$

Може да се призна и 853.66Ω

1.5 поена

1 поен

б)

$$I_C = \beta I_B = \beta \left(I_0 - \frac{V_{BE}}{R_B} \right)$$

$$I_C = 9 \text{ mA}$$

1.5 поена

1 поен

в)

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0.36 \text{ S}$$

2.5 поена

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = 138 \Omega$$

2.5 поена

Може да се призна и 139Ω

10



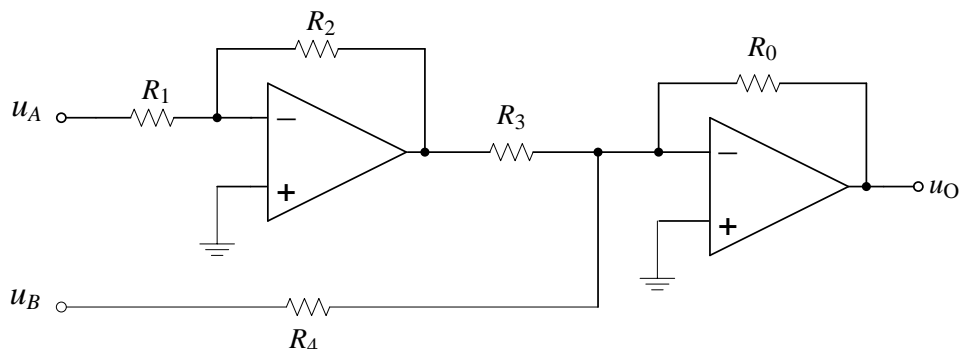
9. За коло приказано на слици:

а) Одредити израз за излазни напон u_O .

б) Одредити однос отпорника R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , тако да зависност излазног напона од разлике улазних сигнала може да се представи у облику:

$$u_O = k(u_P - u_M)$$

в) Написати израз за излазни напон u_O за однос отпорника одређен у тачки б) задатка.



РЕШЕЊЕ

а) Напон на излазу првог инвертујућег појачавача је:

$$u_{AI} = -\frac{R_2}{R_1} u_A$$

1 поен

Ако је напон $u_B = 0$, напон на излазу другог инвертујућег појачавача је:

$$u_{OA} = -\frac{R_0}{R_3} u_{AI} = \frac{R_0}{R_3} \frac{R_2}{R_1} u_A$$

1 поен

Ако је напон $u_A = 0$, напон на излазу другог инвертујућег појачавача је:

$$u_{OB} = -\frac{R_0}{R_4} u_B$$

1 поен

Применом принципа суперпозиције добија се израз за излазни напон:

$$u_O = \frac{R_0}{R_3} \frac{R_2}{R_1} u_A - \frac{R_0}{R_4} u_B$$

3 поена

б) Да би појачања улазних напона u_A и u_B била једнака и износила k однос отпорника R_1 , R_2 , R_3 и R_4 треба да буде:

$$\frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} = 1$$

2 поена

в)

$$u_O = \frac{R_0}{R_4} (u_A - u_B)$$

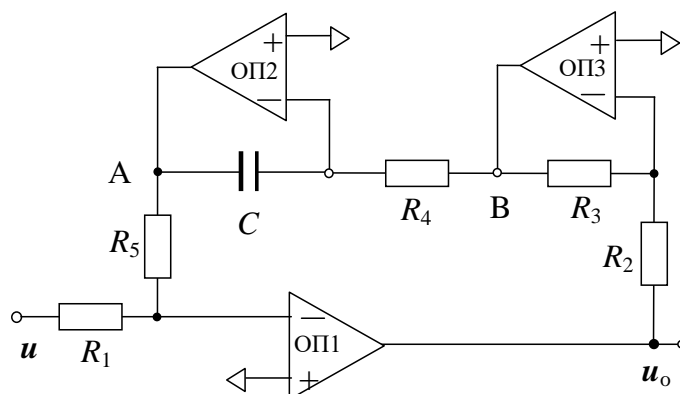
2 поена



10. Одредити фреквенцијску карактеристику кола приказаног на слици:

$$W(j\omega) = \frac{U_O(j\omega)}{U(j\omega)}$$

ако су примењени идеални операциони појачавачи.



Операциони појачавач ОП1 делује као инвертујући појачавач у чијем колу негативне повратне спреге се налази мрежа која садржи појачаваче ОП2 и ОП3. Вредности струја кроз отпорнике R_1 и R_5 задовољавају услов:

$$I_{R1} + I_{R5} = 0$$

$$\frac{U}{R_1} + \frac{U_A}{R_5} = 0$$

1 поен

из чега следи:

$$U_A = -\frac{R_5}{R_1} U$$

1 поен

За операционе појачаваче ОП2 и ОП3 важи:

$$U_B = -\frac{R_3}{R_2} U_O$$

1 поен

$$U_A = -\frac{1}{j\omega R_4 C} U_B = -\frac{1}{j\omega R_4 C} U_B$$

1 поен

$$U_A = \frac{R_3}{R_2} \frac{1}{j\omega R_4 C} U_O$$

1 поен

$$-\frac{R_5}{R_1} U = \frac{R_3}{R_2} \frac{1}{j\omega R_4 C} U_O$$

1 поен

На основу претходног израза, добија се фреквенцијска карактеристика

$$W(j\omega) = \frac{U_O(j\omega)}{U(j\omega)} = -j\omega \frac{R_2 R_4 R_5}{R_1 R_3} C$$

4 поена

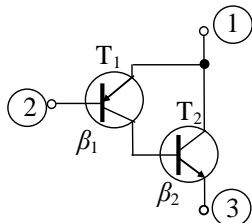
10



11. На слици је приказан спој комплементарних биполарних транзистора.

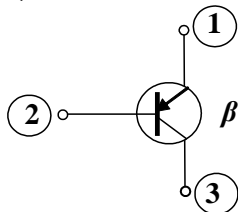
а) Нацртати еквивалентни транзистор.

б) Одредити израз за појачање струје од базе до колектора, β , еквивалентног транзистора, у зависности од одговарајућих појачања, β_1 и β_2 , појединачних транзистора T_1 и T_2 .



РЕШЕЊЕ:

а)



2 поена

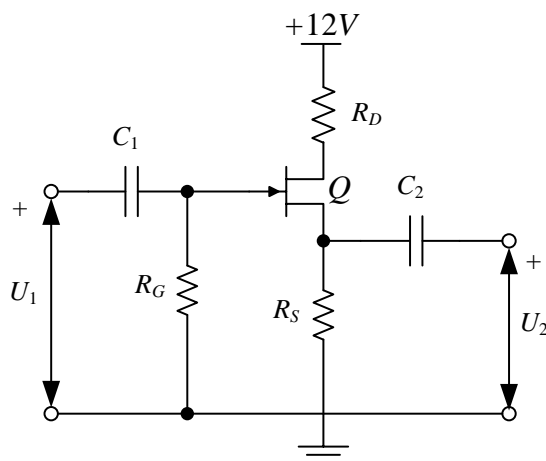
б)

$$I_E = (1 + \beta)I_B$$
$$I_E = I_{E2} = (1 + \beta_2)I_{B2}$$
$$I_{B2} = I_{E1} = (1 + \beta_1)I_{B1} = (1 + \beta_1)I_B$$
$$I_E = (1 + \beta)I_B = (1 + \beta_2)(1 + \beta_1)I_B$$
$$1 + \beta = (1 + \beta_2)(1 + \beta_1) = 1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_1\beta_2$$
$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1\beta_2 \approx \beta_1\beta_2$$

3 поена

5

12. Одредити појачање појачавача са негативном повратном спрегом (A_R) приказаног на слици, ако је $R_D=3\text{k}\Omega$, $R_S=1\text{k}\Omega$ и $g_m=2\text{mA/V}$.





Да би се одредило појачање појачавача са повратном спрегом (A_R) треба одредити појачање без негативне повратне спреге (A) и коефицијент повратне спреге (β).

$$A = -g_m R_D = -2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{V}} \cdot 3 \cdot 10^3 \Omega = -6$$

3 поена

$$\beta = \frac{R_S}{R_D} = \frac{1\text{k}\Omega}{3\text{k}\Omega} = \frac{1}{3}$$

3 поена

$$A_R = \frac{A}{1 - \beta A} = \frac{6}{1 - \frac{1}{3} \cdot (-6)} = -2$$

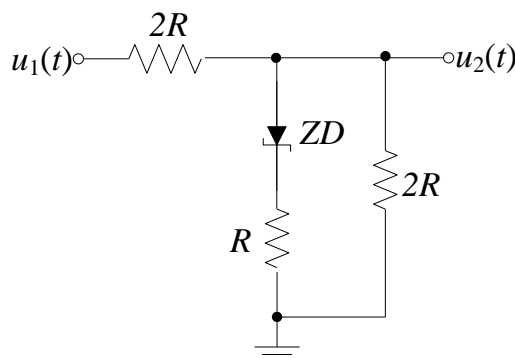
4 поена

10

13. У колу, приказаном на слици, примењена је Ценер диода, чији је напон пробоја при инверзној поларизацији, V_Z , једнак 4 V, а пад напона при директној поларизацији, V_D , једнак 1 V. Ако се на улаз $u_1(t)$ доводи периодичан сигнал симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 6 V (приказан на временском дијаграму):

а) Одредити највећу и најмању вредност излазног напона $u_2(t)$.

б) У приложеном временском дијаграму улазног напона $u_1(t)$, нацртати временски дијаграм напона $u_2(t)$ на излазу кола.



РЕШЕЊЕ:

а)

- $u_1(t) < 0$ и Ценер-диода не води:

$$u_2(t) = \frac{1}{2} u_1(t)$$

1 поен

Да би Ценер диода при инверзној поларизацији доспела у проводно стање потребно је да напон $u_2(t)$ достигне вредност напона пробоја $-V_Z$, односно потребна вредност улазног напона је $u_1(t) = -2V_Z$. Пошто амплитуда улазног напона не може да достигне ту вредност, струја кроз грану у којој се налази Ценер диода једнака је нули.

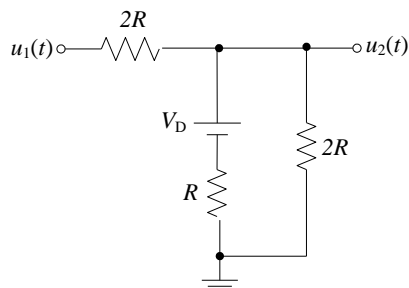


ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТ ДРУГО РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2016.

- $u_1(t) > 0$ и $u_2(t) = +V_D$, Ценер-диода постаје проводна.

Израз за излазни напон се добија из еквивалентног кола применом Тевененове теореме или преко Кирховог закона:



$$u_2(t) = \frac{1}{4}u_1(t) + \frac{1}{2}V_D$$

1 поен

Највећа и најмања вредност излазног напона су:

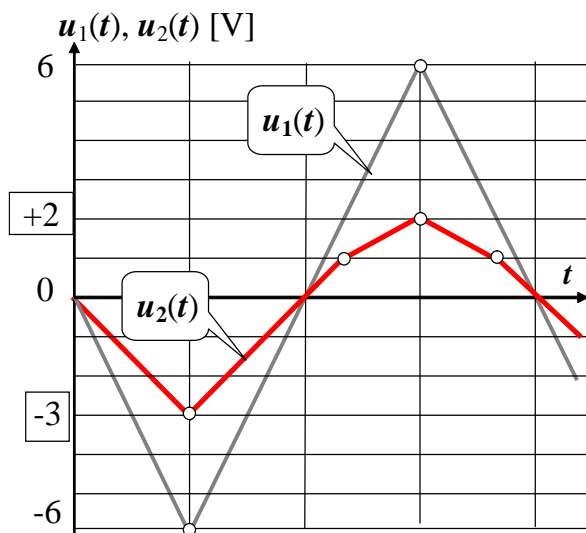
$$\min u_2 = \frac{1}{2}(-6 \text{ V}) = -3 \text{ V}$$

2 поена

$$\max u_2 = \frac{1}{4}(6 \text{ V}) + \frac{1}{2}(1 \text{ V}) = 2 \text{ V}$$

2 поена

6) Временски дијаграм излазног напона $u_2(t)$ је нацртан на основу анализе рада кола у тачки а)



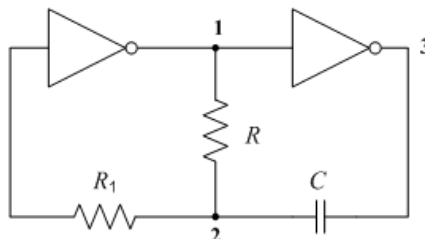
4 поена

10



14. За астабилни мултивибратор са два CMOS инвертора који је приказан на слици:

- а) Написати приближан израз за учестаност осциловања f .
- б) Одредити вредност отпорника R ако је вредност кондензатора $C = 100 \text{ nF}$ и ако астабилни мултивибратор треба да даје напон учестаности $f = 1 \text{ kHz}$ и амплитуде 5V .
- в) Нацртати временске дијаграме сигнала у тачкама **3** и **2**, ако је познат временски дијаграм сигнала у тачки **1**.



РЕШЕЊЕ:

а)

$$f = \frac{1}{1.4 RC}$$

3 поена

б)

$$R = \frac{1}{1.4 f C}$$

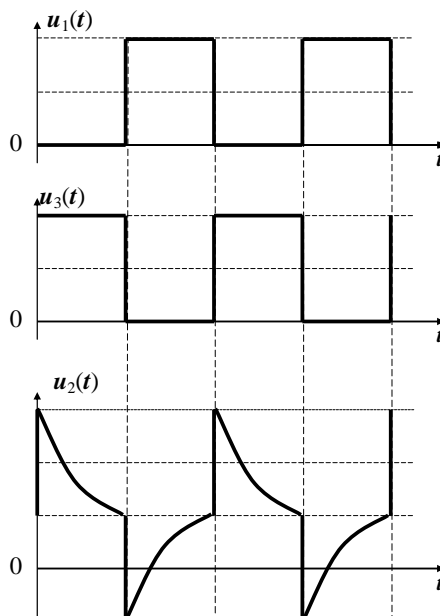
1 поен

$$R = \frac{1}{1.4 \cdot 10^3 \text{ Hz} \cdot 100 \cdot 10^{-9} \text{ F}} = 7142.85 \Omega \approx 7 \text{ k}\Omega$$

2 поена

Може да се призна тачна или заокружена вредност отпорника

в) Временски дијаграми напона $u_2(t)$ и $u_3(t)$ носе по **2 поена (4 поена укупно)**



10