



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



ТРИНАЕСТО РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ

ПИТАЊА И ЗАДАЦИ

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	15	Укупно бодова
број бодова															
3	3	3	3	3	5	8	8	8	8	10	8	10	10	10	100
-1	-1	-1	-1	-1											-5

јун 2007.

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. У случају да је расположиви простор за решавање задатка недовољан, могу да се користе празне странице на крају. Притом је неопходно назначити број питања, односно задатка на које се наставак решавања односи. На дну простора предвиђеног за решавање одређеног задатка назначити да постоји наставак на крају рада.

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. На питања са предложеним одговором, заокружен тачан одговор доноси 3 бода. За погрешан одговор добија се један негативан бод. Највећи могући укупан број бодова је 100.

САВЕТИ

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

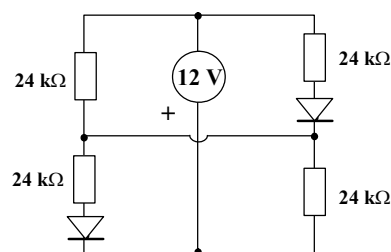
Уколико нисте потпуно сигурни који од предложених одговора на постављено питање треба заокружити, таква питања треба оставити без одговора. Тако се не добијају бодови “на срећу”, али се сигурно избегавају негативни бодови.

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. У колу приказаном на слици употребљене су две идентичне диоде, код којих је пад напона при директној поларизацији (у стању вођења) једнак 1 V. Струја коју даје извор напона једнака је:

- а) 1 mA,
 б) 0,5 mA,
в) 0,25 mA,
 г) није понуђен тачан одговор.



Обе диоде су инверзно поларисане.

3

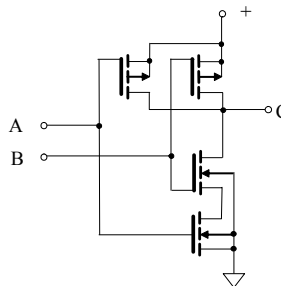
2. Инверзна струја засићења колекторског споја биполарног транзистора, I_{CBO} :

- а) мења се занемарљиво мало са променама температуре споја,
б) повећава се приближно два пута, при повећању температуре за 10 °C,
 в) смањује се приближно два пута, при повећању температуре за 10 °C,
 г) није понуђен тачан одговор.

3

3. На слици је приказано коло са комплементарним MOS-транзисторима које представља:

- а) логичко И-коло, $C = A \cdot B$,
 б) логичко ИЛИ-коло, $C = A + B$
 в) логичко НИЛИ-коло, $C = \overline{A + B}$
г) није понуђен тачан одговор.



3

4. При истим условима рада, у поређењу са логичким TTL-колима, снага сопствене потрошње логичких CMOS-кола је:

- а) приближно једнака,
б) значајно мања,
 в) десет пута већа,
 г) није понуђен тачан одговор.

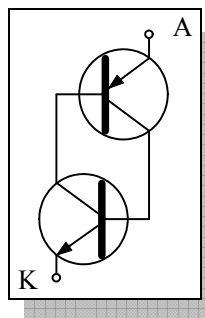
3

5. Гарантовани опсег напона којим је представљена логичка нула на улазу CMOS кола (као што су интегрисана кола фамилија CD4000 и MC14000) је:

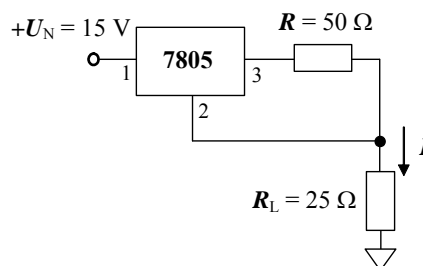
- а) од нуле до +30% напона напајања кола,
 б) од нуле до +50% напона напајања кола,
 в) од нуле до +70% напона напајања кола,
 г) није понуђен тачан одговор.

3

6. Нацртати еквивалентно коло диодног тиристора представљеног помоћу биполарних транзистора.

РЕШЕЊЕ

5

7. На слици је приказан извор сталне струје, I , остварен помоћу интегрисаног трополног стабилизатора (регулатора) позитивног напона 7805. Коло се напаја из извора нестабилног напона $+U_N$.



Под претпоставком да се струја стабилизатора која тече кроз прикључак 2 може занемарити, одредити вредност излазне струје, I , која протиче кроз отпорник R_L .

РЕШЕЊЕ

Стабилизатор 7805 даје на свом излазу, мерено између прикључака 2 и 3, напон једнак 5 V.

$$I = \frac{5 \text{ V}}{50 \Omega} = 100 \text{ mA}$$

8

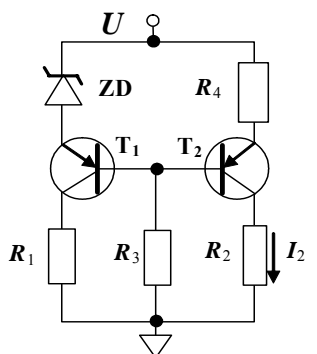
8. За коло приказано на слици, под претпоставком да је појачање струје од базе до колектора транзистора довољно велико, да се струја базе може занемарити у односу на струју емитора и струју колектора, одредити општи израз којим је одређена вредност струје I_2 , кроз отпорник R_2 .

РЕШЕЊЕ

$$I_2 = I_{C2} \cong I_{E2},$$

$$I_{E2} = \frac{U - U_{E2}}{R_4},$$

$$U_{E2} = U - U_Z - U_{EB1} + U_{EB2},$$



$$I_2 = \frac{U_Z + U_{EB1} - U_{EB2}}{R_4}$$

Приказано коло представља извор сталне струје, у којем је, помоћу транзистора T_1 , смањен утицај промена напона емитор-база транзистора T_2 , које настају услед промена температуре околине.

Признаје се и анализа којом се добија приближно решење, уколико је такмичар у одговор унео претпоставку да се напони емитор-база транзистора T_1 и T_2 могу сматрати једнаким:

$$U_{E2} \cong U - U_Z, \quad I_2 \cong \frac{U_Z}{R_4}.$$

8

9. У колу, приказаном на слици, примењени су операциони појачавачи који се могу сматрати савршеним (идеалним).

Одредити изразе којима је одређена зависност излазних напона U_1 и U_2 од улазног напона U .

РЕШЕЊЕ

Операциони појачавач ОП3 делује као инвертујући појачавач који на свом излазу даје напон U_A , за који важи:

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

Напон U_B једнак је:

$$U_B = \frac{R}{2R+R}U_A = \frac{1}{3}U_A = -\frac{2}{3}U.$$

Операциони појачавач ОП1 делује као неинвертујући појачавач за који важи:

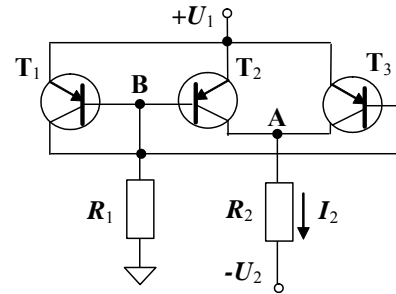
$$U_1 = \left(1 + \frac{R}{2R}\right)U_B = \frac{3}{2}U_B = -U.$$

Операциони појачавач ОП2 делује као диференцијални појачавач чији су улази краткоспојени:

$$U_2 = 0$$

8

10. Под претпоставком да транзистори у колу, приказаном на слици, идентични, односно имају једнака својства, као и да се инверзне струје засићења колекторског споја транзистора могу занемарити, одредити општи израз којим је одређена струја I_2 , која тече кроз отпорник R_2 , у зависности од вредности појачања струје базе до колектора транзистора, напона и отпорности у колу.



РЕШЕЊЕ

Идентични транзистори имају једнака појачања струје од базе до колектора:

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta.$$

Када су напони емитор-база идентичних транзистора једнаки:

$$U_{EB1} = U_{EB2} = U_{EB3} = U_{EB}$$

једнаке су и њихове струје база:

$$I_{B1} = I_{B2} = I_{B3} = I_B,$$

односно струје колектора:

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_C.$$

Када се инверзна струја засићења колекторског споја транзистора, I_{CBO} , занемари, важи:

$$I_C = \beta I_B.$$

Струја I_1 , кроз отпорник R_1 једнака је:

$$I_1 = \frac{U_1 - U_{EB1}}{R_1}.$$

За посматрано коло важе једначине:

$$I_2 = I_{C2} + I_{C3} = 2I_C \text{ (чвор A) и}$$

$$I_1 = I_{C1} + I_{B1} + I_{B2} + I_{B3} = I_C + 3I_B \text{ (чвор B),}$$

на основу којих следи:

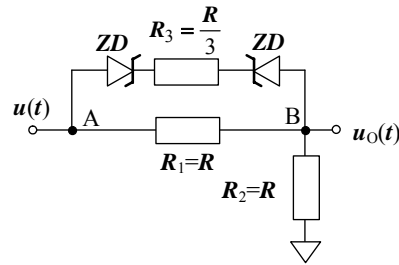
$$I_1 = I_C + 3 \frac{I_C}{\beta} = \frac{\beta + 3}{\beta} I_C.$$

$$I_2 = 2I_C = 2 \frac{\beta}{\beta + 3} I_1 = 2 \frac{\beta}{\beta + 3} \frac{U_1 - U_{EB}}{R_1}.$$

Коло представља "струјно огледало" са удвострученим ликом.

11. У колу, приказаном на слици, примењене су две идентичне Ценер-диоде, чији је напон пробоја при инверзној поларизацији, U_Z , једнак 4 V, а напон вођења при директној поларизацији, U_F , једнак 1 V.

Нацртати таласни облик сигнала који се добија на излазу кола при побуди периодичним сигналом симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 15 V. Одредити амплитуду излазног напона.



РЕШЕЊЕ

За мале вредности улазног напона струја кроз грану у којој се налазе Ценер-диоде једнака је нули. Излазни напон је једнак:

$$u_O(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u(t) = \frac{1}{2} u(t).$$

На дијаграму који приказује одзив кола на побуду сигналом симетричног троугаоног таласног облика одговарајући део има двоструко мањи нагиб од нагиба функције којом је приказан улазни сигнал.

Такво стање у колу постоји све док напон U_{AB} , између крајева отпорника R_1 , не достигне праг вођења, U_{ZZ} , који је једнак збиру вредности напона пробоја, U_Z , и напона вођења, U_F Ценер-диоде:

$$U_{ZZ} = U_Z + U_F = 5 \text{ V}.$$

Одговарајућа вредност улазног напона, U_G , добија се из услова:

$$U_{AB}(U_G) = R_1 \frac{U_G}{R_1 + R_2} = U_{ZZ},$$

односно:

$$U_G = (1 + \frac{R_2}{R_1})(U_Z + U_F) = 2U_{ZZ} = 10 \text{ V}.$$

Вредност излазног напона, која одговара стању кола када кроз грану у којој се налазе диоде тече струја, може се одредити на основу једначине која важи за чвор В (прво Кирхофово правило):

$$\frac{u(t) - u_O(t)}{R_1} + \frac{u(t) - U_{ZZ} - u_O(t)}{R_3} = \frac{u_O(t)}{R_2}.$$

Следи:

$$u_O(t) = \frac{4}{5} u(t) - \frac{3}{5} U_{ZZ}$$

Вршна редност излазног напона, $\max U_O$, која одговара вршној вредности улазног напона, $\max U = 15 \text{ V}$, једнака је:

$$\max U_O = \frac{4 \cdot 15}{5} - \frac{3 \cdot 5}{5} = 9 \text{ V}.$$

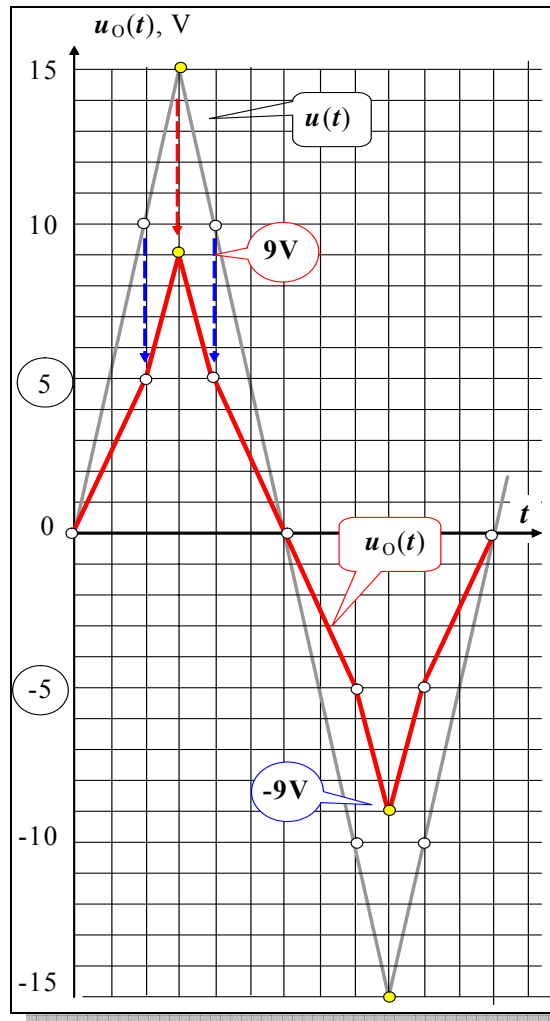


ГРАФИК: 6 бодова,
ВРШНА (максимална) ВРЕДНОСТ): 4 бода

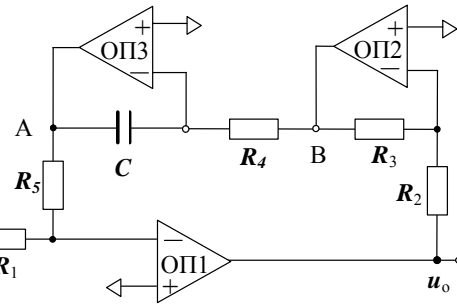
10

12. У колу приказаном на слици примењени су савршени (идеални) операциони појачавачи. Одредити фреквенцијску карактеристику овог кола:

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

РЕШЕЊЕ

Операциони појачавач ОП1 делује као инвертујући појачавач у чијем колу негативне повратне спреге се налази мрежа која садржи појачаваче ОП2 и ОП3. Инвертујући улаз овог појачавача је на нултом потенцијалу.



Вредности струја кроз отпорнике R_1 и R_5 задовољавају услов:

$$I_1 + I_5 = 0, \text{ односно: } \frac{U_A}{R_5} + \frac{U}{R_1} = 0, \text{ на основу којег следи: } U_A = -\frac{R_5}{R_1} U.$$

За операционе појачаваче ОП2 и ОП3 важи:

$$U_B = -\frac{R_3}{R_2} U_O, \text{ и } U_A = -\frac{1}{j\omega C} U_B = -\frac{1}{j\omega R_4 C} U_B = \frac{R_3}{R_2} \frac{1}{j\omega R_4 C} U_O.$$

Однос комплексних ликова сигнала на излазу и улазу кола добија се на основу једначине:

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

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

8

13. У колу приказаном на слици примењен је савршени (идеални) операциони појачавач. Одредити вредност струје I_5 , која пролази кроз отпорник R_5 .

РЕШЕЊЕ

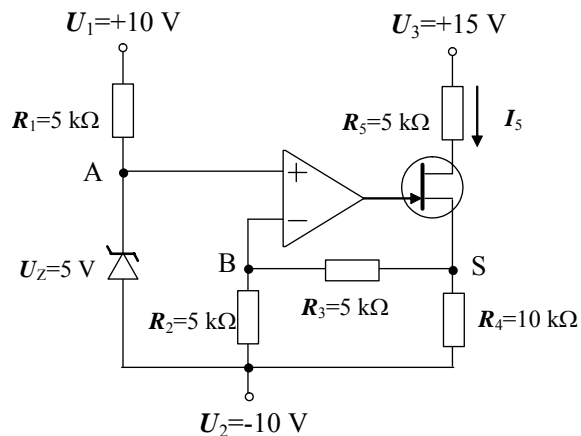
Операциони појачавач у овом колу делује са негативном повратном спрегом, оствареном преко N -каналног спојног транзистора са ефектом поља (JFET) и отпорника R_3 . За ово коло важе следеће једначине:

$$U_A = U_B, I_2 = I_3, I_5 = I_3 + I_4$$

$$I_2 = \frac{U_B - U_2}{R_2} = \frac{U_Z}{R_2} = 1 \text{ mA}$$

$$U_S = U_2 + I_2(R_2 + R_3) = U_2 + (1 + \frac{R_3}{R_2})U_Z = 0$$

$$I_4 = \frac{U_S - U_2}{R_4} = (1 + \frac{R_3}{R_2}) \frac{U_Z}{R_4} = 1 \text{ mA}.$$



$$I_5 = \frac{U_Z}{R_2} + (1 + \frac{R_3}{R_2}) \frac{U_Z}{R_4} = 2 \text{ mA}$$

10

14. У колу, приказаном на слици, примењене су две идентичне диоде, чији је напон вођења при директној поларизацији, U_F , једнак 1 V, 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.

Нацртати таласни облик напона $u_{CD}(t)$ који се добија на излазу кола при побуди периодичним напонам симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 15 V, који је приказан на слици. Одредити највећу (вршну) вредност излазног напона.

РЕШЕЊЕ

Оријентација диода је таква да смер струје кроз отпорник R_2 може да буде само од чвора C ка чвору D, што значи да је напон на излазу кола позитиван или једнак нули.

Да би напон на излазу кола био различит од нуле потребно је да се бар један пар диода налази у проводном стању: ZD_1 и ZD_2 , ако је улазни напон позитиван, односно, D_1 и D_2 , ако је улазни напон негативан. Излазни напон је једнак нули ако је интензитет улазног напона мањи од напона прага U_{FF} који је једнак збиру прагова вођења две диоде при директној поларизацији:

$$U_{FF} = U_F + U_F = 2U_F,$$

$$u_{CD} = 0 \text{ ако је } -2U_F \leq u \leq 2U_F$$

Када је улазни напон позитиван, по интензитету већи од напона прага U_{FF} , напон u_{CD} једнак је:

$$u_{CD} = \frac{U - 2U_F}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{1}{2}U - U_F.$$

Вршна вредност излазног напона једнака је:

$$\max u_{CD} = \frac{15}{2} - 1 = 6,5 \text{ V}$$

Када је улазни напон негативан, воде диоде D_1 и D_2 , уколико је интензитет улазног напона већи од U_{FF} . Напон u_{CD} је позитиван. Притом, напон u_{BD} не може бити већи од напона пробоја Ценер-диоде ZD_1 при инверзној поларизацији, U_Z . Следи да излазни напон кола, u_{CD} , при побуди негативним напонам, не може имати вредност већу од разлике напона пробоја, U_Z , и напона U_F , који представља пад напона на диоди D_2 у стању вођења.

До истог закључка долази се и ако се посматра напон u_{AC} , када ограничавач представља Ценер-диода ZD_2 .

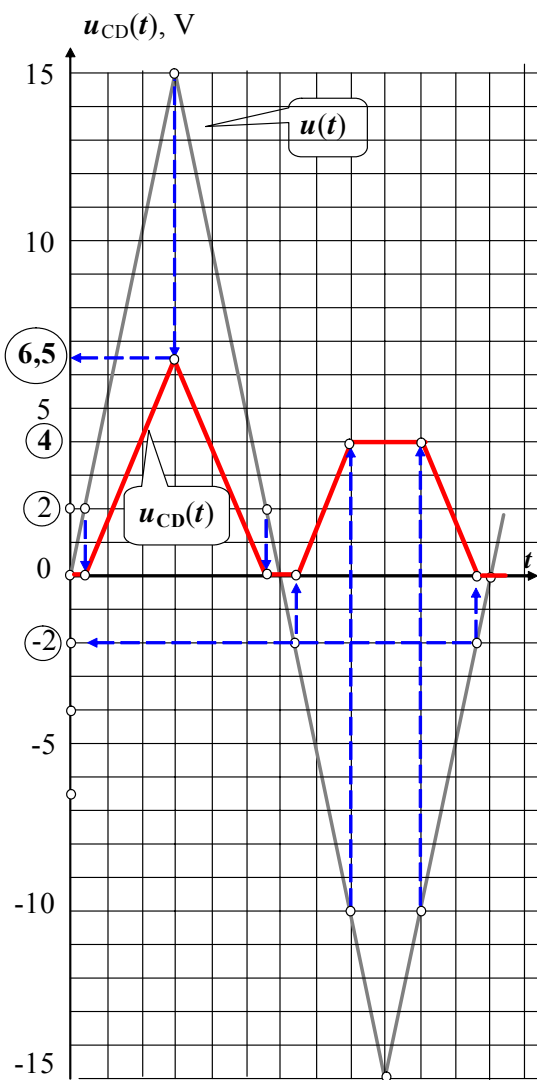
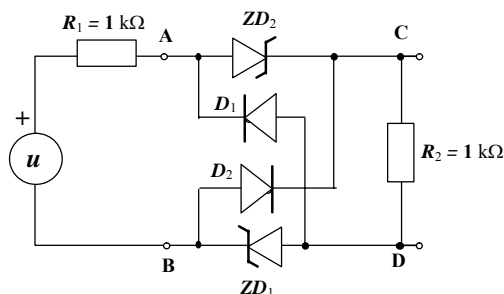
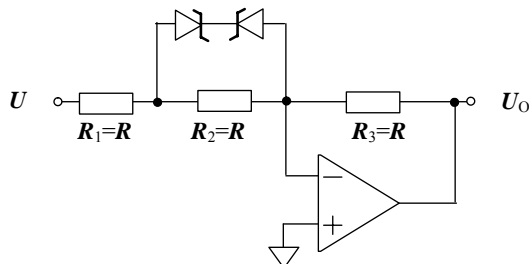


ГРАФИК: 8 бодова,
ВРШНА (максимална)ВРЕДНОСТ: 2 бода

10

15. 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 3 V, а напон вођења при директној поларизацији, U_F , једнак 1 V. Нацртати карактеристику преноса која приказује зависност излазног напона U_O од улазног напона U . Одредити бројну вредност излазног напона, ако је улазни напон једнак 10 V.



РЕШЕЊЕ

За мале вредности улазног напона, струја кроз грану у којој се налазе Ценер-диоде једнака је нули. Излазни напон је једнак:

$$U_O = -R_3 \frac{U}{R_1 + R_2} = -\frac{1}{2} U.$$

Константа нагиба у овом делу карактеристике $U_O(U)$ једнака је -0,5. Такво стање у колу постоји све док улазни напон не порасте толико да разлика потенцијала на крајевима отпорника R_2 достигне праг вођења, U_{ZZ} , који је једнак збиру вредности напона пробоја, U_Z , и напона вођења, U_F .

$$U_{ZZ} = U_Z + U_F = 4 \text{ V}.$$

Вредност улазног напона која одговара граници ове области, U_G , једнака је:

$$U_G = (R_1 + R_2) \frac{U_{ZZ}}{R_2} = 2U_{ZZ} = 8 \text{ V}$$

Када је $U > U_G$, напон на излазу кола одређен је једначинама:

$$U_O = -R_3 I_1 \text{ и } I_1 = \frac{U - U_{ZZ}}{R_1},$$

на основу којих следи:

$$U_O = -\frac{R_3}{R_1} U + \frac{R_3}{R_1} U_{ZZ} = -U + U_{ZZ}.$$

Константа нагиба у овом делу карактеристике $U_O(U)$ једнака је -1.

Функција $U_O(U)$ је непарна.

$$U_O(10 \text{ V}) = -10 + 4 = -6 \text{ V}.$$

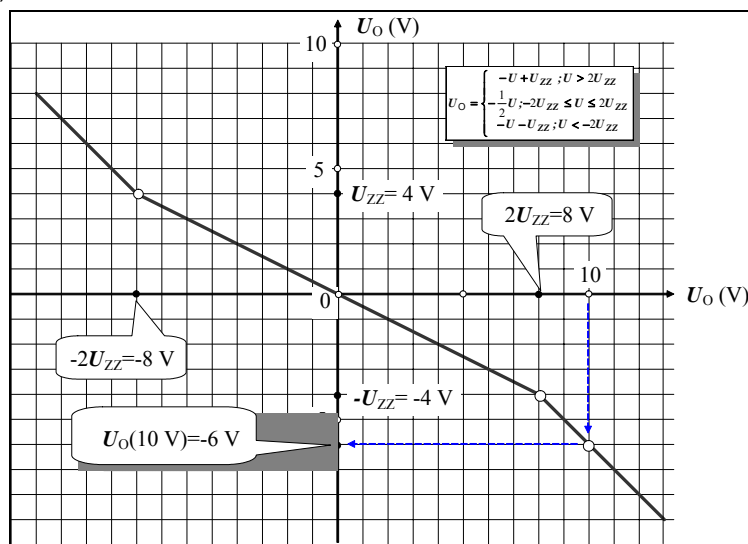


ГРАФИК: 6 бодова,
ПРОРАЧУН: 4 бода

10

