



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



ЧЕТРНАЕСТО РЕГИОНАЛНО 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	8	10	10	10	10	6	10	6	10	5	100
-1	-1	-1	-1	-1											-5

мај 2008.

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, може да се користи последња, празна страница. 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. Највиша радна температура PN -споја од силицијума је, приближно:

а) $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,
б) $200\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 в) $300\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 г) $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3/-1

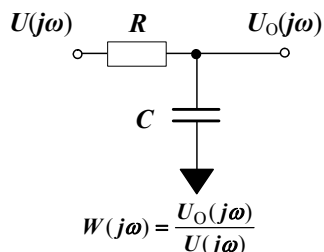
2. При директној поларизацији, напон PN -споја се мења са температуром приближно:

а) $+10\frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}$,
 б) $+2,5\frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}$,
в) $-2,5\frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}$,
 г) $-10\frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}}$.

3/-1

3. На слици је приказано RC -коло чија је фреквенцијска карактеристика, $W(j\omega)$, одређена изразом:

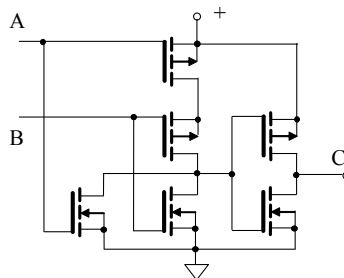
а) $W(j\omega) = j\omega RC$,
 б) $W(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$
в) $W(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}$,
 г) није понуђен тачан одговор.



3/-1

4. 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 НИ-коло, $C = \overline{A \cdot B}$
 г) логичко НИЛИ-коло, $C = \overline{A + B}$.



3/-1

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/-1

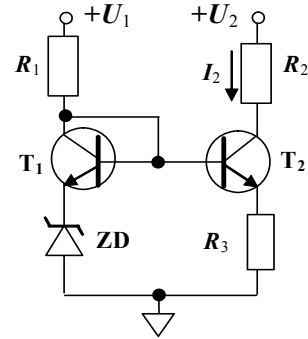
6.

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

$$I_2 = I_{C2} \approx I_{E2}, \quad I_{E2} = \frac{U_{E2}}{R_3}, \quad U_{E2} = U_Z + U_{BE1} - U_{BE2},$$

$$I_2 = \frac{U_Z + U_{BE1} - U_{BE2}}{R_3}$$



Приказано коло представља извор сталне струје, у којем је, помоћу транзистора T_1 , смањен утицај промена напона база-емитор 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 база-емитор транзистора T_1 и T_2 могу сматрати једнаким:

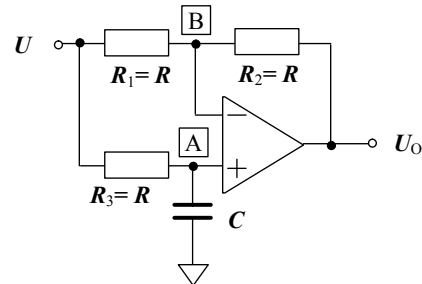
$$U_{E2} \approx U_Z, \quad I_2 \approx \frac{U_Z}{R_3}.$$

8

7. У колу, приказаном на слици, примењен је операциони појачавач који се може сматрати савршеним: појачање не зависи од учестаности, а улазна отпорност (импеданса) је бесконачно велика.

Одредити фреквенцијску карактеристику овог кола:

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



РЕШЕЊЕ

За посматрано коло важе следеће једначине:

$$U_B(j\omega) = U_A(j\omega).$$

$$U_A(j\omega) = \frac{Z_C(j\omega)}{R_3 + Z_C(j\omega)} U(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} U(j\omega).$$

$$U_O(j\omega) = U_B(j\omega) - R_2 I_2(j\omega).$$

$$I_2(j\omega) = I_1(j\omega)$$

$$I_1(j\omega) = \frac{U(j\omega) - U_B(j\omega)}{R_1},$$

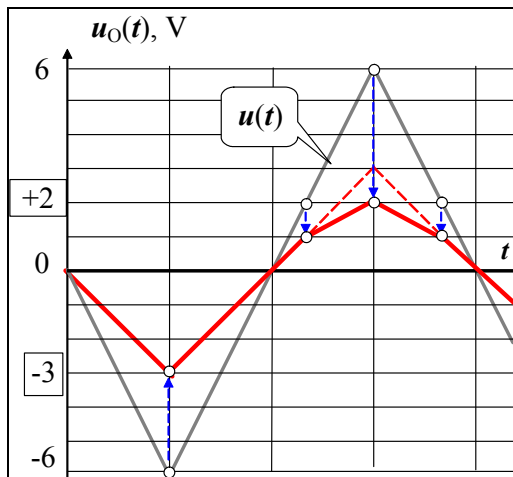
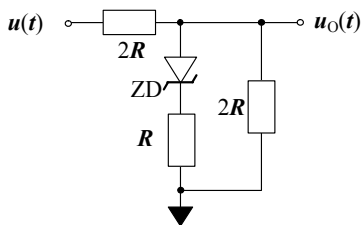
на основу којих следи:

$$W(j\omega) = \frac{U_O(j\omega)}{U(j\omega)} = \frac{1 - j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

10

8. У колу, приказаном на слици, примењена је Ценер-диода, чији је напон пробоја при инверзној поларизацији, U_Z , једнак 4 V, а пад напона 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 6 V. Одредити највећу и најмању вредност излазног напона.



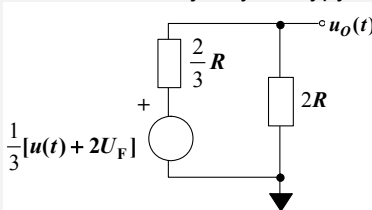
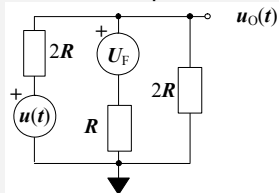
РЕШЕЊЕ

Када је улазни напон негативан, а Ценер-диода не води:

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

У одговарајућем делу временског дијаграма, нагиб функције $u_O(t)$ двоструко је мањи од нагиба функције $u(t)$, којом је представљен улазни напон. Да би Ценер-диода при инверсној поларизацији доспела у проводно стање потребно је да напон u_O достигне вредност напона пробоја $-U_Z$. Потребна вредност улазног напона једнака је $-2U_Z$. Амплитуда улазног напона, у посматраном случају, мања је од ове вредности, што значи да је, када је улазни напон негативан, струја кроз грану у којој се Ценер-диода налази једнака нули.

Овакво стање постоји све док излазни напон $u_O(t)$ не порасте до вредности $+U_F$, када Ценер-диода постаје проводна. Еквивалентно коло, које одговара стању када је Ценер-диода директно поларисана, садржи две петље (контуре). Применом Тевененове теореме, посматрано коло се своди на само једну контуру.



$$u_O(t) = \frac{1}{4} u(t) + \frac{1}{2} U_F$$

Таласни облик:

Највећа и најмања вредност:

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

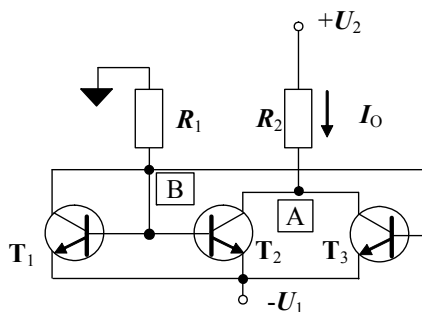
$$\max u_O = \frac{1}{4} (6 \text{ V}) + \frac{1}{2} (1 \text{ V}) = 2 \text{ V}$$

8

2

10

9. 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_O , 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:

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

За посматрано коло важе једначине:

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

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

на основу којих следи:

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

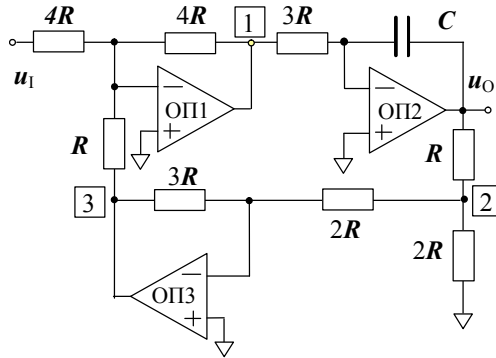
$$I_O = 2I_C = 2 \frac{\beta}{\beta + 3} I_1 = 2 \frac{\beta}{\beta + 3} \frac{U_1 - U_{EB}}{R_1}$$

Коло представља “струјно огледало” са удвострученим ликом.

10. 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

$$U_1 = -\frac{4R}{4R}U_1 - \frac{4R}{R}U_3 = -U_1 - 4U_3,$$

$$U_O = -\frac{1}{j\omega 3RC}U_1$$

$$U_2 = \frac{2R \parallel 2R}{R + 2R \parallel 2R}U_O = \frac{U_O}{2},$$

$$U_3 = -\frac{3}{2}U_2,$$

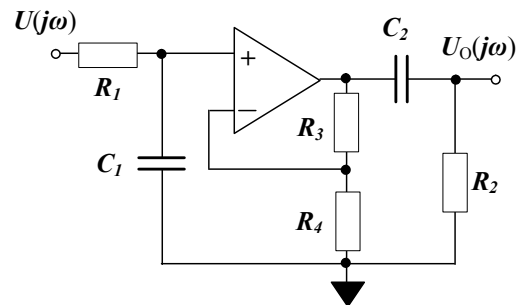
$$W(j\omega) = \frac{U_O(j\omega)}{U_1(j\omega)} = \frac{1}{3(1 + j\omega RC)}$$

10

11. У колу, приказаном на слици, примењен је операциони појачавач који се може сматрати савршеним: појачање не зависи од учестаности, а улазна отпорност (импеданса) је бесконачно велика.

Одредити фреквенцијску карактеристику овог кола:

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



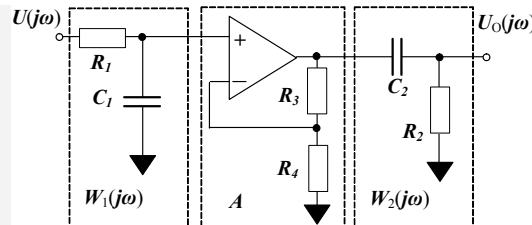
РЕШЕЊЕ

$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot A \cdot W_2(j\omega)$$

$$W_1(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$A = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

$$W_2(j\omega) = \frac{j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$



$$W(j\omega) = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1} \frac{j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

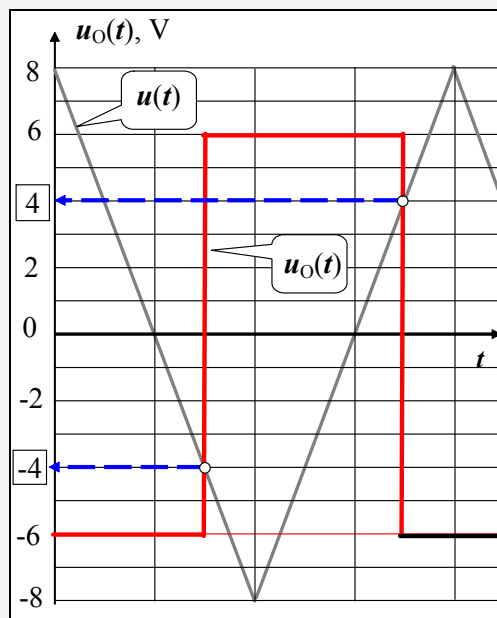
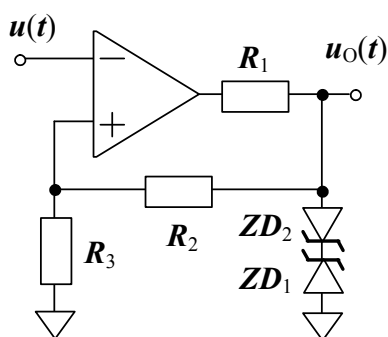
6

12. 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:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega, R_2 = 2 \text{ k}\Omega \text{ и } R_3 = 4 \text{ k}\Omega.$$

Нацртати таласни облик сигнала који се добија на излазу кола при побуди периодичним сигналом симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 8 V.

Одредити амплитуду излазног сигнала.



РЕШЕЊЕ

Коло представља прецизни компаратор са хистерезисом (Шмитово коло) и симетричним праговима поређења:

Амплитуда излазног сигнала

$$U_Z + U_F = 6 \text{ V}$$

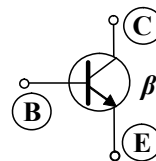
2

Таласни облик

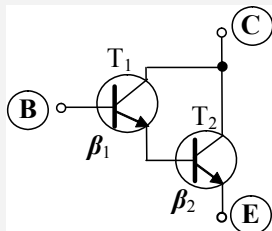
8

10

13. Нацртати спој биполарних транзистора који је еквивалентан једном *NPN* транзистору. Одредити израз за појачање струје од базе до колектора, β , еквивалентног транзистора, у зависности од одговарајућих појачања појединачних транзистора у споју.



РЕШЕЊЕ



$$I_E = (1 + \beta) I_B$$

$$I_E = I_{E2} = (1 + \beta_2) I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (1 + \beta_1) I_{B1} = (1 + \beta_1) I_B$$

$$I_E = (1 + \beta) I_B = (1 + \beta_2)(1 + \beta_1) I_B$$

$$1 + \beta = (1 + \beta_2)(1 + \beta_1) = 1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

Еквивалентно коло

3

Еквивалентно појачање струје

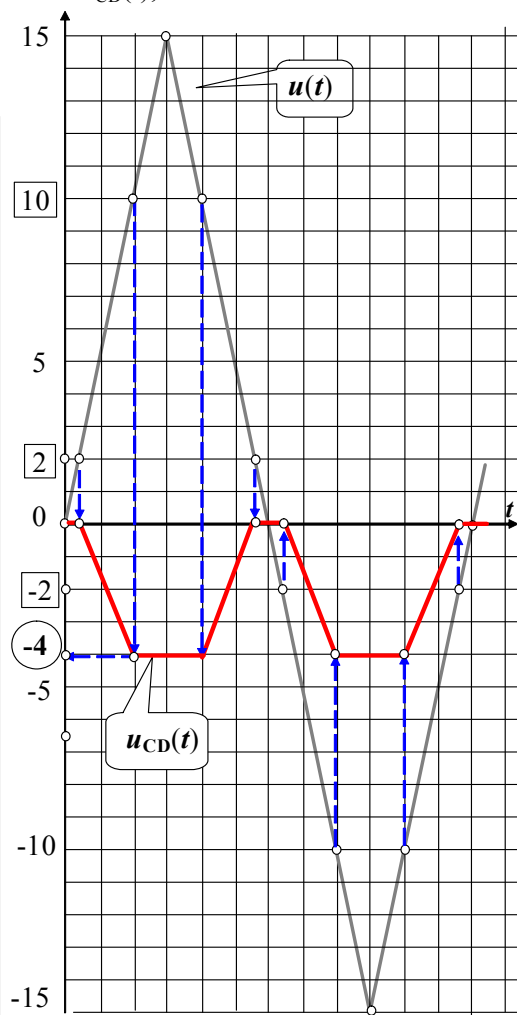
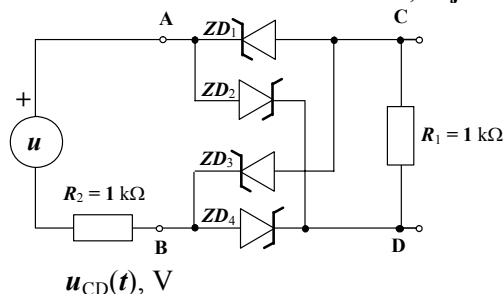
3

6

14.

У колу, приказаном на слици, примењене су 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 напонем симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 15 V, који је приказан на слици. Одредити највећу (вршну) вредност интензитета излазног напона.



РЕШЕЊЕ

Оријентација диода је таква да смер струје кроз отпорник R_1 може да буде само од чвора D ка чвору C , што значи да је напон на излазу кола негативан 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_2 и ZD_3 , ако је улазни напон позитиван, односно, ZD_1 и ZD_4 , 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:

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

У одговарајућем делу временског дијаграма, нагиб функције $u_{CD}(t)$ двоструко је мањи од нагиба функције $u(t)$ којом је представљен улазни напон.

Напон u_{AC} , при побуди позитивним напонем, не може бити већи од напона пробоја Ценер-диода ZD_1 при инверзној поларизацији, U_Z . Следи да интензитет излазног напона кола, u_{CD} , при побуди позитивним напонем, не може бити већи од разлике напона пробоја, U_Z , и напона U_F , који представља пад напона на диоди ZD_2 у стању вођења.

Највећа вредност интензитета излазног напона:

$$\max |u_{CD}| = U_Z - U_F = 4 \text{ V}$$

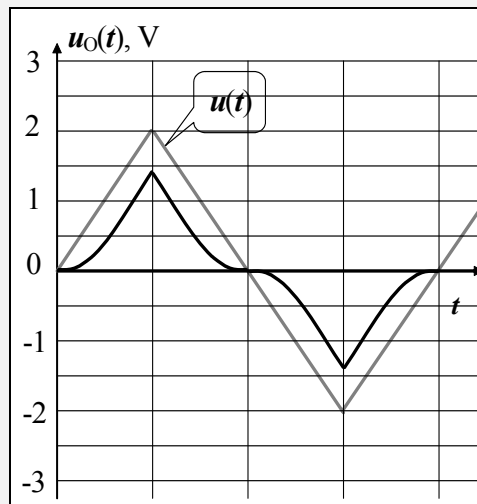
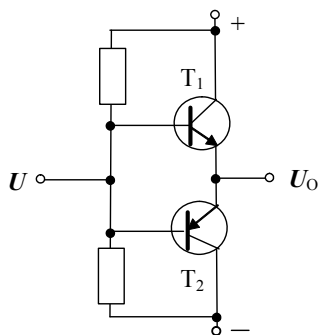
Таласни облик

2

8

10

15. На слици је приказан појачавач напона са комплементарним биполарним силицијумским транзисторима. Нацртати таласни облик сигнала који се добија на излазу кола при побуди периодичним сигналом симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 2 V.



5





МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



ПЕТНАЕСТО РЕГИОНАЛНО 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															
4	4	4	4	4	5	7	8	10	7	5	10	10	8	10	100
-2	-2	-2	-2												-8

мај 2009.



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, може да се користи последња, празна страница. Неопходно је 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 4 бода. За погрешан одговор добијају се два негативна бода. 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. Код биполарних транзистора, у споју са заједничким колектором, када раде у активном режиму, напонско појачење је:

- а) увек мање од 1,
 б) увек веће од 1,
 в) мање или веће од 1, у зависности од вредности емиторског отпорника.

4/-2

2. Температура амбијента је $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Термичка отпорност отпорника је $200\text{ }^{\circ}\text{C/W}$. Струја кроз отпорник је 10 mA , а отпорност отпорника је $1\text{ k}\Omega$. Колика је температура отпорника?

- а) $20\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 б) $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,

в) $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. $T = T_a + R_{\theta} * P$, $P = 0,1\text{ W}$, $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C} + 200\text{ }^{\circ}\text{C/W} \cdot 0,1\text{ W} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

4/-2

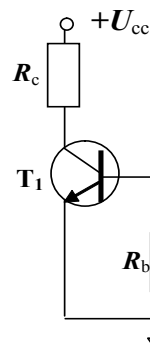
3. Униполарни JFET транзистори су при напону $V_{GS} = 0\text{ V}$ (напон гејт-сорс):

- а) проводни,
 б) непроводни,
 в) зависи да ли је у питању N - канални или P - канални JFET.

4/-2

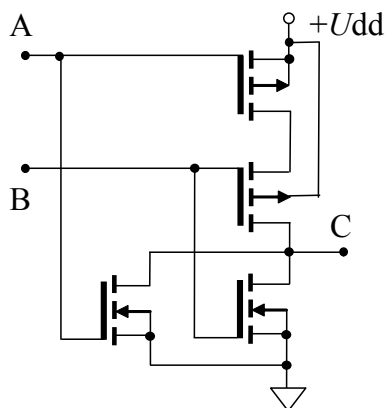
4. Транзистор приказан на слици ради у:

- а) активном режиму,
 б) засићењу,
 в) закочењу.



4/-2

5. За логичко коло, реализовано са N- каналним и P-каналним MOSFET транзисторима, дато на слици, написати таблицу истинитости. Напон од 0 V означити у табlici са 0, а напон U_{DD} са 1. Која логичка функција је реализована овим колом? Написати израз.



A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

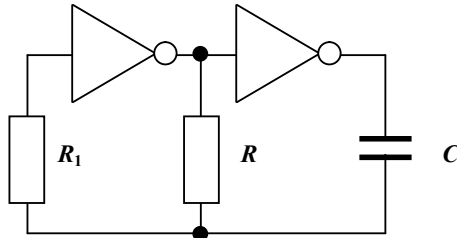
2

1 $C = \overline{A + B}$
 1 NILI коло

4



6. Нацртати шему дигиталног RC осцилатора са два инвертора у CMOS технологији. Колика је, приближно, периода осциловања изражена преко временске константе?



$$1,386RC \leq T \leq 2,197RC$$

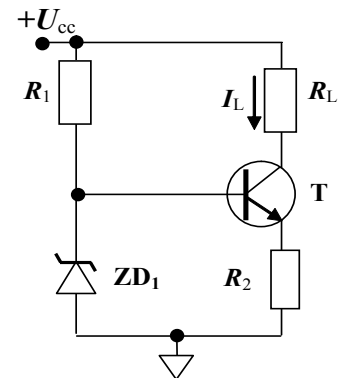
3

2

Вредност за Т зависи од величине R1. Признаје се као тачна вредност било која вредност из датог опсега.

5

7. За коло на слици извести израз за струју I_L кроз потрошач R_L . Радна тачка транзистора је у активној области рада. Занемарити струју базе (сматрати да су струје колектора и емитора једнаке). Познате су вредности U_Z (напон Зенерове диоде), U_{BE} (напон база-емитор), R_1 и R_2 .

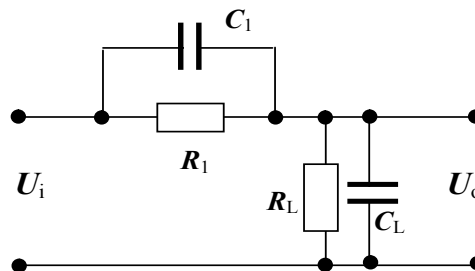


$$I_E = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_2}, \quad I_L \approx I_C = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_2}.$$

7



8. Потрошач се састоји из омског и капацитивног оптерећења R_L и C_L . На ред са потрошачем је везана отпорност R_1 . Паралелно са R_1 , као на слици, везан је компензациони кондензатор C_1 . Извести израз за вредност компензационог кондензатора C_1 тако да напон на потрошачу не зависи од учестаности улазног напона.



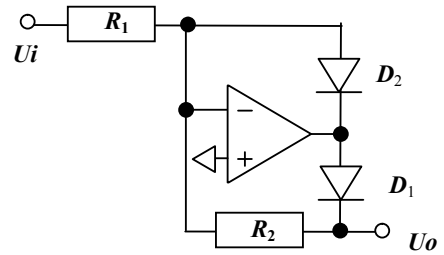
$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{\frac{R_L \cdot \frac{1}{j\omega C_L}}{R_L + \frac{1}{j\omega C_L}}}{\frac{R_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} + \frac{R_L \cdot \frac{1}{j\omega C_L}}{R_L + \frac{1}{j\omega C_L}}} = \frac{\frac{R_L}{1 + j\omega C_L R_L}}{\frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1} + \frac{R_L}{1 + j\omega C_L R_L}} = \frac{R_L}{R_1 \cdot \frac{1 + j\omega C_L R_L}{1 + j\omega C_1 R_1} + R_L},$$

$$\text{за } C_L R_L = C_1 R_1 \Rightarrow \boxed{C_1 = \frac{C_L R_L}{R_1}}$$

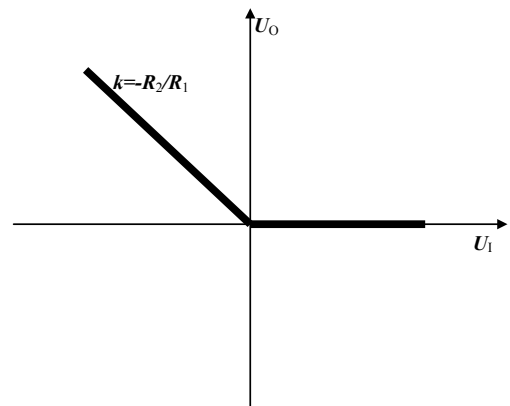
$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{R_L}{R_1 + R_L}$$



9. За коло на слици, идеална диода, нацртати преносну карактеристику. На X оси је U_I а на Y оси је U_O . Улазни напон узима и позитивне и негативне вредности.

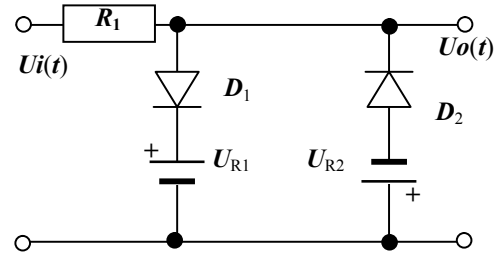


$$U_O = \left\{ \begin{array}{l} 0, U_I > 0, D_2 = \text{ON}, D_1 = \text{OFF}, \\ 0, U_I = 0, D_2 = \text{OFF}, D_1 = \text{OFF}, \\ -U_I \cdot \frac{R_2}{R_1}, U_I < 0, D_2 = \text{OFF}, D_1 = \text{ON} \end{array} \right\}$$

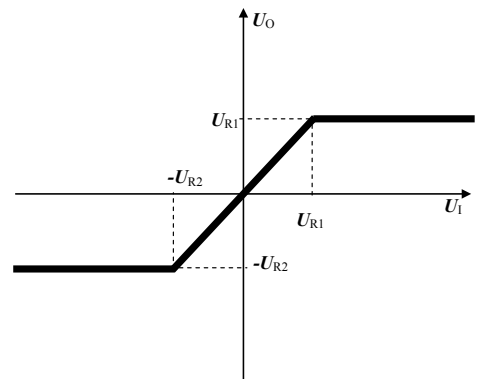




10. За коло на слици, ограничавач напона, нацртати преносну карактеристику. На X оси је U_I а на Y оси је U_O . Диоде су идеалне. Познати су напони U_{R1} и U_{R2} .

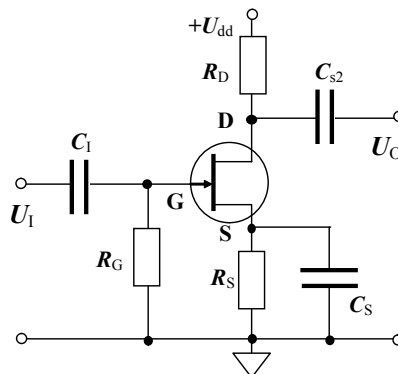


$$U_O = \begin{cases} -U_{R2}, & U_I < -U_{R2}, D_2 = \text{ON}, D_1 = \text{OFF}, \\ U_I, & -U_{R2} \leq U_I \leq U_{R1}, D_2 = \text{OFF}, D_1 = \text{OFF}, \\ U_{R1}, & U_I > U_{R1}, D_2 = \text{OFF}, D_1 = \text{ON} \end{cases}$$





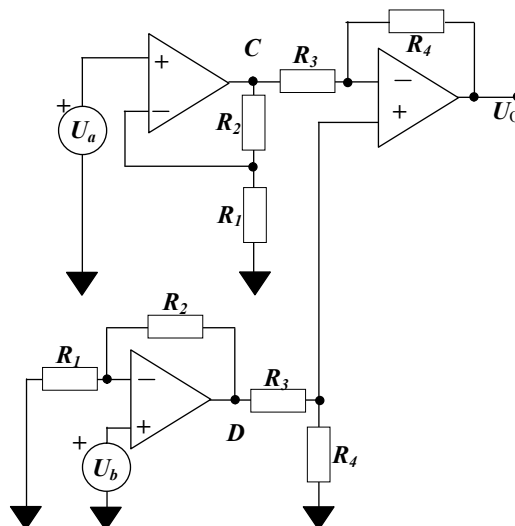
11. За појачавач дат на слици написати вредност напонског појачања. Импедансе свих кондензатора су занемарљиве на предпостављеној радној учестаности.



$$A_U \approx g_m R_D, \text{ или } A_U \approx -g_m (R_D \parallel r_{DS})$$

5

12. За коло, реализовано са три идеална операциона појачавача, дато на слици, написати израз за излазни напон у функцији улазних напона и вредности отпорника.



$$U_O = \frac{R_4}{R_3} (U_D - U_C),$$

$$U_C = (R_2 + R_1) \cdot \frac{1}{R_1} \cdot U_A,$$

$$U_D = (R_2 + R_1) \cdot \frac{1}{R_1} \cdot U_B,$$

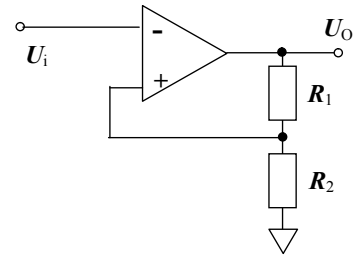
$$U_O = \frac{R_4}{R_3} \left[\left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot U_B - \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot U_A \right],$$

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot (U_B - U_A).$$

10



13. На слици је дато Шмитово окидно коло. Окидни нивои су $\pm 5\text{ V}$ ($U_P = -U_N = 5\text{ V}$), $R_2 = 5\text{ k}\Omega$. Наћи R_1 , ако је напон засићења $U_{zas} = \pm 12\text{ V}$.



$$U_P = -U_N = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot |U_{zas}|,$$

$$U_P \cdot (R_1 + R_2) = R_2 \cdot |U_{zas}|,$$

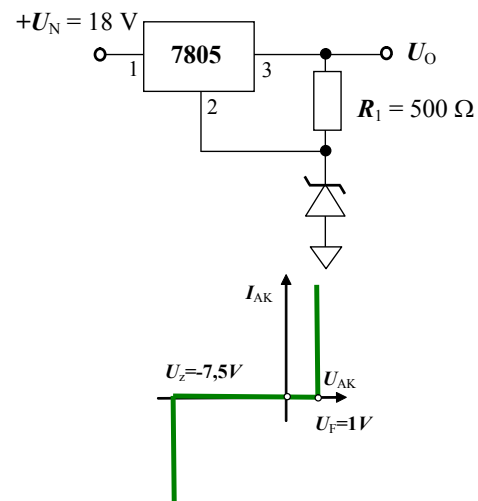
$$R_1 = \frac{R_2 \cdot |U_{zas}| - U_P \cdot R_2}{U_P},$$

$$R_1 = \frac{5\text{ k}\Omega \cdot 12\text{ V} - 5\text{ V} \cdot 5\text{ k}\Omega}{5\text{ V}},$$

$$R_1 = 7\text{ k}\Omega.$$

10

14. За коло приказано на слици израчунати излазни напон. Коришћен је позитивни стабилизатор напона 7805 који на свом излазу даје стабилних $+5\text{ V}$. Праг провођења искоришћене диоде у инверзном смеру је $7,5\text{ V}$.



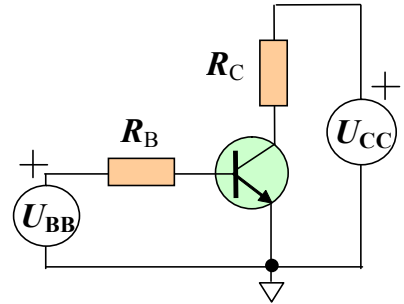
$$U_O = U_Z + 5\text{ V} = 7,5\text{ V} + 5\text{ V} = 12,5\text{ V}.$$

8



15. За коло приказано на слици, под претпоставком да су познате вредности једносмерних напона, U_{BB} и U_{CC} ($U_{CC} > U_{BB}$), као и карактеристичних параметара транзистора (појачање струје од базе до колектора, β , и напон између базе и емитора транзистора при раду у активној области, U_{BE} одредити:

бројне вредности отпорности R_B и R_C за које је напон U_{CE} транзистора једнак 6 V при напонима $U_{CC} = 10$ V, $U_{BB} = 5$ V, струји колектора $I_C = 1$ mA, уколико је $\beta = 100$, $U_{BE} = 0,6$ V;



$$U_{BB} = R_B I_B + U_{BE},$$

$$U_{CE} = -R_C I_C + U_{CC},$$

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_{CE}}{I_C},$$

$$R_C = \frac{10 \text{ V} - 6 \text{ V}}{1 \text{ mA}},$$

$$R_C = 4 \text{ k}\Omega,$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1 \text{ mA}}{100} = 10^{-2} \text{ mA},$$

$$R_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{I_B} = \frac{5 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{10^{-2} \text{ mA}} = \frac{4,4 \text{ V}}{10^{-2} \text{ mA}} = 440 \text{ k}\Omega.$$

5**5****10**



ЕЛЕКТРОНИКА

ПЕТНАЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2009.



ЕЛЕКТРОНИКА

ПЕТНАЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2009.



www.viser.edu.rs



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



ДВАДЕСЕТ ДРУГО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И 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	5	10	10	10	10	10	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. Од чега зависи динамичка отпорност диоде?

а) од положаја радне тачке

б) од температуре

в) од напона на диоди

г) није понуђен одговор

3/-1

2. Инверзни режим биполарног NPN транзистора је:

а) када су спојеви база-емитор и колектор-база поларисани директно

б) када је спој база-емитор поларисан директно, а спој колектор-база инверзно

в) када је спој колектор-база поларисан директно, а спој база-емитор инверзно

г) није понуђен одговор

3/-1

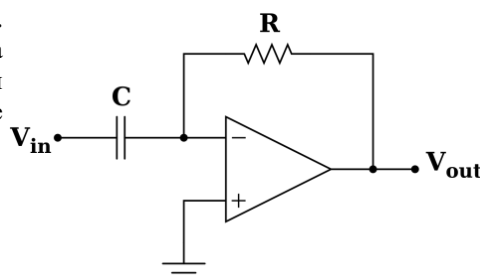
3. На слици је приказано коло за диференцирање. Ако је T време трајања правоугаоног импулса који се доводи на улаз овог кола, вредности компонената R и C се бирају тако да буде задовољен услов:

а) $RC \gg T$

б) $RC \ll T$

в) $RC = T/2$

г) није понуђен одговор



3/-1

4. Реални операциони појачавач:

а) може да ради као линеарни појачавач без повратне спреге

б) не може да ради као линеарни појачавач без повратне спреге

в) може да ради без повратне спреге ако је реализован у CMOS технологији

г) није понуђен одговор

3/-1

5. Униполарни JFET транзистори су при напону $V_{GS} = 0V$ (напон гејт-сорс):

а) непроводни

б) проводни

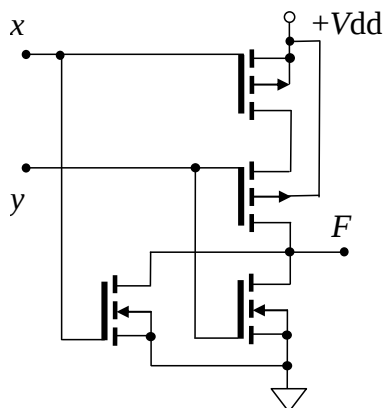
в) зависи да ли је у питању N - канални или P – канални JFET

г) није понуђен одговор

3/-1



6. а) Која логичка функција је реализована колом са N- каналним и P-каналним MOSFET транзисторима, које је приказано на слици ?
 б) Написати логички израз за реализовну функцију.
 в) Попунити таблицу истинитости. Напон од 0 V означити са 0, а напон $+V_{DD}$ са 1.



x	y	F

Решење:

а) НИЛИ коло 1 поен

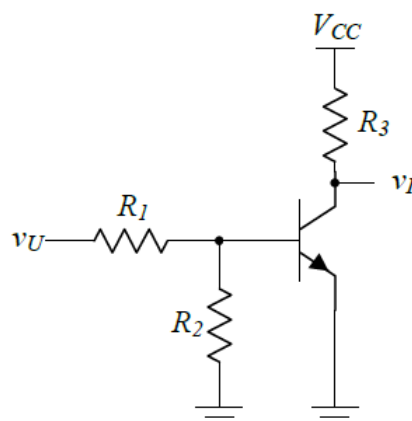
в) 3 поена

б) $F = \overline{x + y}$ 1 поен

x	y	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

5

7. Одредити и графички представити карактеристику преноса $v_I = f(v_U)$ кола приказаног на слици ако се улазни напон мења у границама $-5V < v_U < 5V$.
 Познати су параметри:
 $V_{CC} = 12V$, $\beta = 40$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 20\text{ k}\Omega$,
 $R_3 = 2\text{ k}\Omega$, $V_{CES} \approx 0V$, $V_{BE} = V_{BES} = 0.7V$.





Решење:

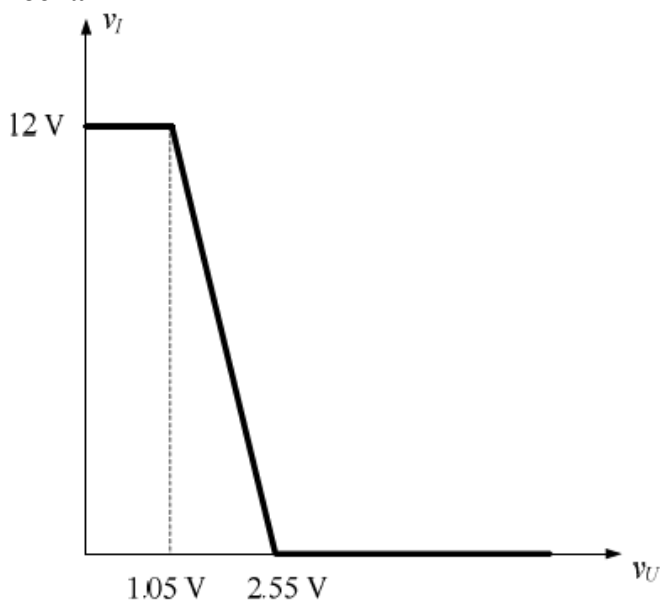
5 поена

$$v_I = \begin{cases} V_{CC} & v_U \leq \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{BE} \\ V_{CC} - \beta R_3 \left(\frac{v_U - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} \right) & \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{BE} \leq v_U \leq V_{BE} + R_1 \left(\frac{V_{CC} - V_{CES}}{\beta R_3} + \frac{V_{BE}}{R_2} \right) \\ V_{CES} & v_U \geq V_{BE} + R_1 \left(\frac{V_{CC} - V_{CES}}{\beta R_3} + \frac{V_{BE}}{R_2} \right) \end{cases}$$

3 поена

$$v_I = \begin{cases} 12 \text{ V} & v_U \leq 1.05 \text{ V} \\ 20.4 \text{ V} - 8v_U & 1.05 \text{ V} \leq v_U \leq 2.55 \text{ V} \\ 0 & v_U \geq 2.55 \text{ V} \end{cases}$$

2 поена



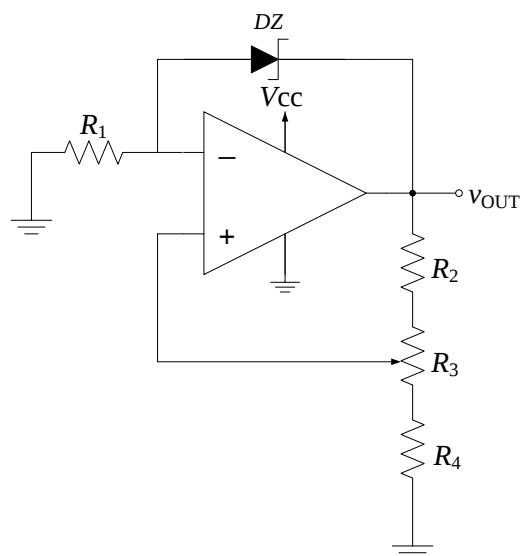


8.

Једносмеран референтни напон v_{OUT} који генерише коло на слици може да се мења променом положаја клизача потенциометра R_3 . Ако су познати параметри: $V_Z = 3V$, $V_{CC} = 15V$, $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ и $R_4 = 10\text{ k}\Omega$,

а) одредити вредност отпорности R_2 тако да максимална вредност излазног напона v_{OUT} буде једнака напону напајања V_{CC} .

б) одредити минималну вредност напона v_{OUT} на основу израчунате вредности отпорности R_2 .

**Решење:**

а)

$$v_{OUT} = \frac{R_2 + R_3 + R_4}{R_2 + (1-k)R_3} V_Z$$

2.5 поена

$$v_{OUT\max} = \left(1 + \frac{R_3 + R_4}{R_2}\right) V_Z = V_{CC}$$

2.5 поена

$$R_2 = \frac{R_3 + R_4}{\frac{V_{CC}}{V_Z} - 1} = 5\text{ k}\Omega$$

2.5 поена

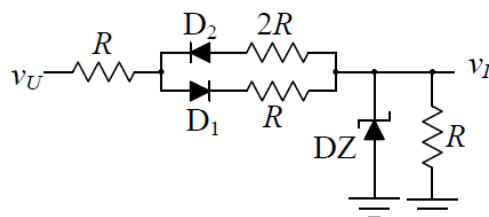
б)

$$v_{OUT\min} = \left(1 + \frac{R_4}{R_2 + R_3}\right) V_Z = 5\text{ V}$$

2.5 поена



9. За коло са слике одредити и нацртати карактеристику преноса $v_I = f(v_U)$. Познати су параметри кола: $R = 1 \text{ k}\Omega$, $V_D = 1 \text{ V}$, $V_Z = 3 \text{ V}$.



Решење:

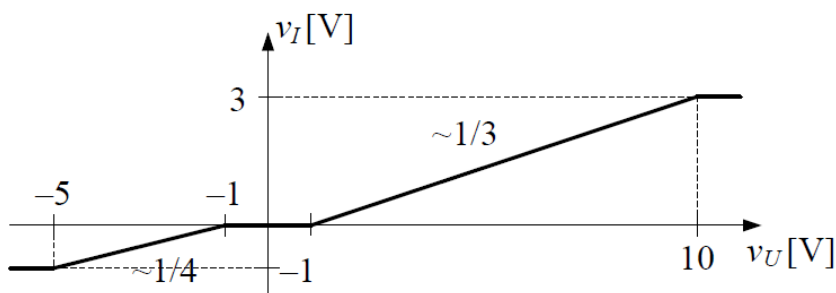
5 поена

$$v_I = \begin{cases} -V_D & v_U < -5V_D \\ \frac{1}{4}(v_U + V_D) & -5V_D < v_U < -V_D \\ 0 & -V_D < v_U < V_D \\ \frac{1}{3}(v_U - V_D) & V_D < v_U < 3V_Z + V_D \\ V_Z & 3V_Z + V_D < v_U \end{cases}$$

3 поена

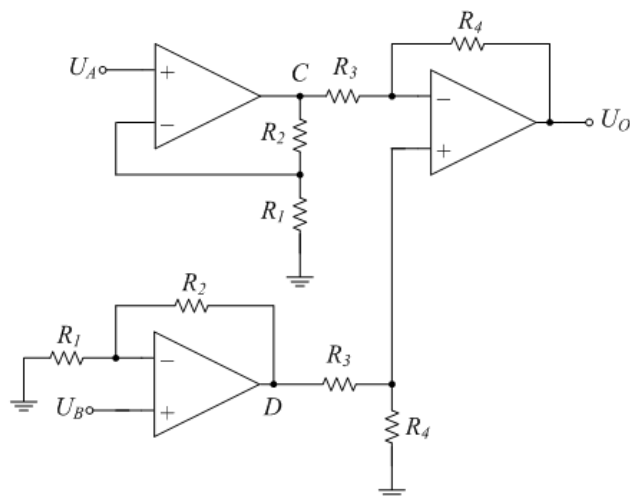
$$v_I = \begin{cases} -1 \text{ V} & v_U < -5 \text{ V} \\ \frac{1}{4}(v_U + 1 \text{ V}) & -5 \text{ V} < v_U < -1 \text{ V} \\ 0 & -1 \text{ V} < v_U < 1 \text{ V} \\ \frac{1}{3}(v_U - 1 \text{ V}) & 1 \text{ V} < v_U < 10 \text{ V} \\ 3 \text{ V} & 10 \text{ V} < v_U \end{cases}$$

2 поена





10. За коло, реализовано са три идеална операциона појачавача, дато на слици, написати израз за излазни напон у функцији улазних напона и вредности отпорника.



Решење:

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} (U_D - U_C),$$

2 поена

$$U_C = (R_2 + R_1) \cdot \frac{1}{R_1} \cdot U_A,$$

2 поена

$$U_D = (R_2 + R_1) \cdot \frac{1}{R_1} \cdot U_B,$$

2 поена

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} \left[\left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot U_B - \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot U_A \right],$$

2 поена

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot (U_B - U_A).$$

2 поена



11. Израчунати елементе извора константне струје, који треба да даје струју $I_O = 3\text{mA}$, ако су транзистори идентични ($V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7\text{V}$) и ако су познате вредности елемената у колу: $V_{CC} = \pm 10\text{V}$, $R_1 = 15\text{k}\Omega$ и $R_2 = 1\text{k}\Omega$.

Решење:

$$I_1 = \frac{20\text{V} - 0.7\text{V}}{16\text{k}\Omega} \approx 1.2\text{mA}$$

2.5 поена

$$I_{C1} \approx I_1$$

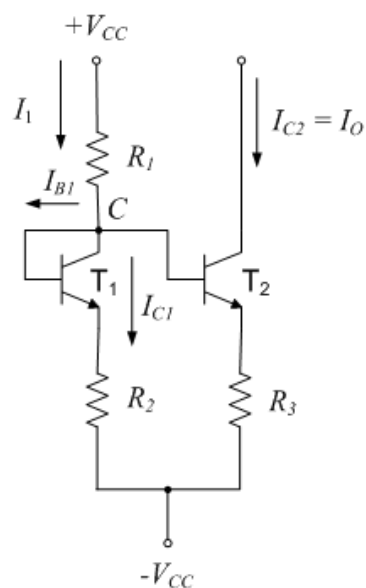
2.5 поена

$$V_{E1} = R_2 I_1 = 1.2\text{V}$$

2.5 поена

Пошто је напон на отпорнику R_3 исти као напон на отпорнику R_2 и износи 1.2V , следи:

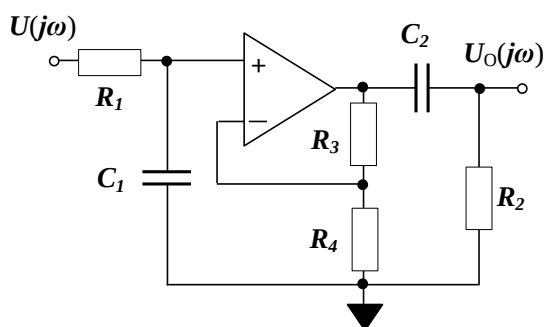
$$R_3 = \frac{V_{E1}}{I_O} = \frac{1.2\text{V}}{3\text{mA}} = 400\Omega$$

2.5 поена

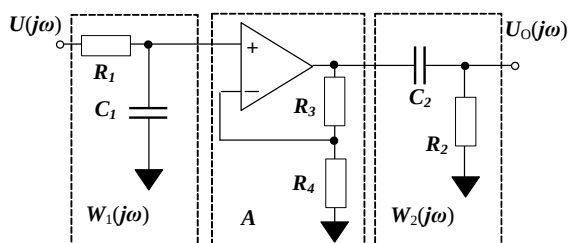


12. У колу, приказаном на слици, примењен је операциони појачавач који се може сматрати савршеним: појачање не зависи од учестаности, а улазна отпорност (импеданса) је бесконачно велика. Одредити фреквенцијску карактеристику овог кола:

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



Решење:



$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot A \cdot W_2(j\omega)$$

$$W_1(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$A = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

$$W_2(j\omega) = \frac{j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

$$W(j\omega) = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1} \frac{j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

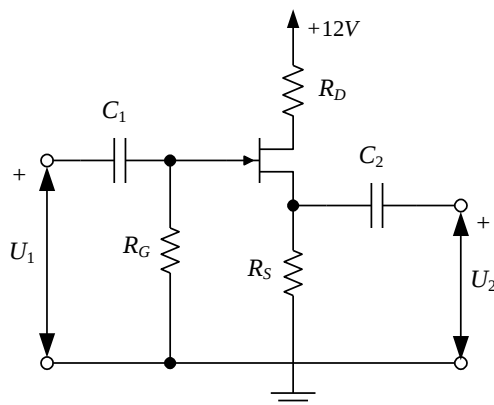


13. За појачавач са заједничким сорсом који је приказан на слици:

а) Нацртати еквивалентну шему за мале сигнале.

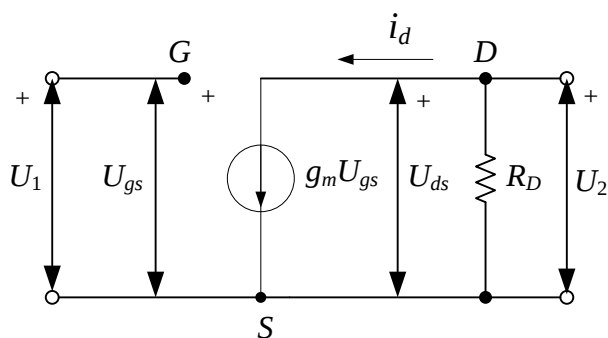
б) Извести израз за напонско појачање.

в) Одредити вредност напонског појачања ако је $R_D = 1\text{ k}\Omega$, $R_S = 1\text{ k}\Omega$ и $g_m = 5\text{ mA/V}$.



Решење:

а) Еквивалентна шема за мале сигнале



4 поена

б) Напонско појачање

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{U_{ds}}{U_{gs}} = \frac{-g_m U_{gs}}{U_{gs}} = -g_m R_d$$

4 поена

в) Вредност анапонског појачања

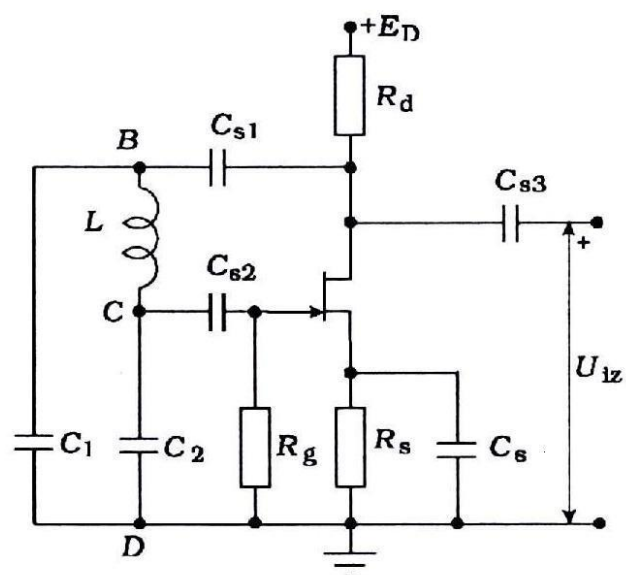
$$A = -5$$

2 поена



14. Нацртати Колпицов осцилатор са FET транзистором.

Решење:



10 поена



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



СЕДАМНАЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

РЕШЕЊА
ИЗ
ЕЛЕКТРОНИКЕ
ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА

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

мај 2011



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, може да се користи последња, празна страница. Неопходно је 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. 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. Тунел диоде могу да се употребљавају као:

а) **осцилатори**,

б) стабилизатори,

в) мешачи,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

2. 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

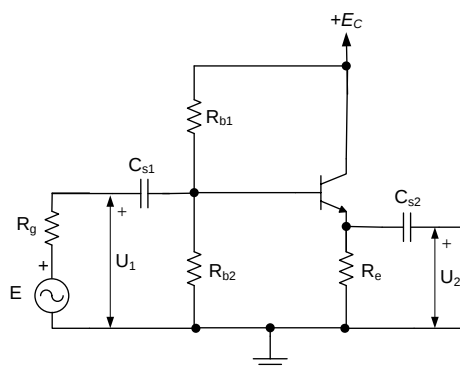
3. Који појачавач је приказан на слици?

а) Појачавач са заједничким емитером.

б) Појачавач са заједничком базом.

в) **Појачавач са заједничким колектором.**

г) Није понуђен тачан одговор.

**3/-1**

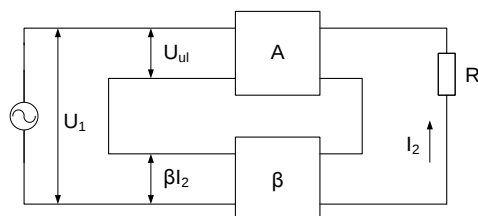
4. Која врста повратне спреге је приказана на слици?

а) Напонско-паралелна.

б) **Струјно-редна.**

в) Струјно-паралелна.

г) Није понуђен тачан одговор.

**3/-1**

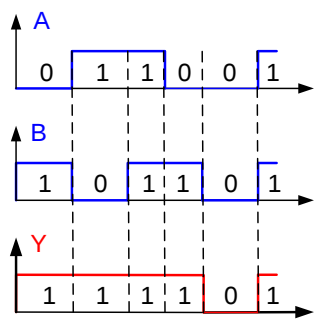
5. Ако су А и В улази двоулазног логичког кола, а Y је излаз, о ком логичком колу је реч ако његов рад може да се опише временским дијаграмима приказаним на слици?

а) **ИЛИ - коло.**

б) И – коло.

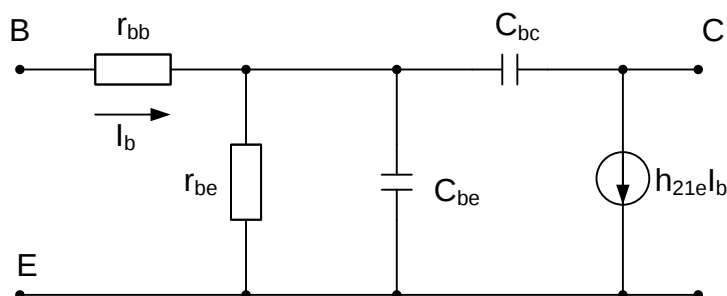
в) НИ – коло.

г) Није понуђен тачан одговор.

**3/-1**



6. Нацртати еквивалентну шему транзистора на високим учестаностима и објаснити значење појединачних елемената еквивалентне шеме.

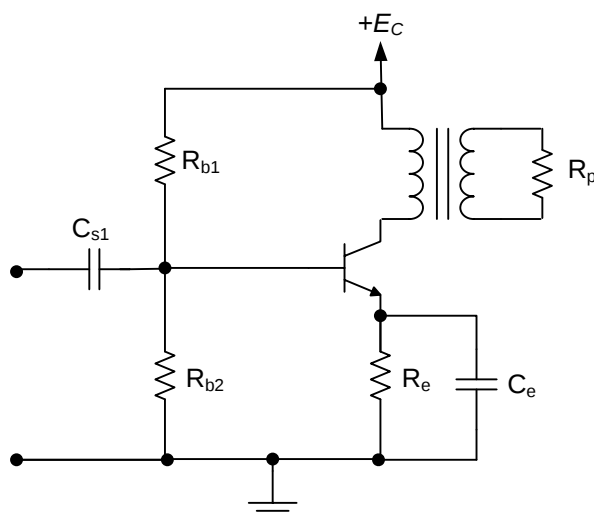


Шема носи 4 поена

r_{bb} је <u>отпорност тела базе,</u>	0,5 поена
r_{be} је <u>динамичка отпорност PN-споја,</u>	0,5 поена
C_{be} је <u>капацитивност споја база-емитер,</u>	0,5 поена
C_{bc} је <u>капацитивност споја база-колектор,</u>	0,5 поена
I_b је <u>струја базе,</u>	0,5 поена
h_{21e} је <u>однос промене струје колектора и промене струје базе.</u>	0,5 поена

7

7. Нацртати шему појачавача снаге у класи А са трансформатором.

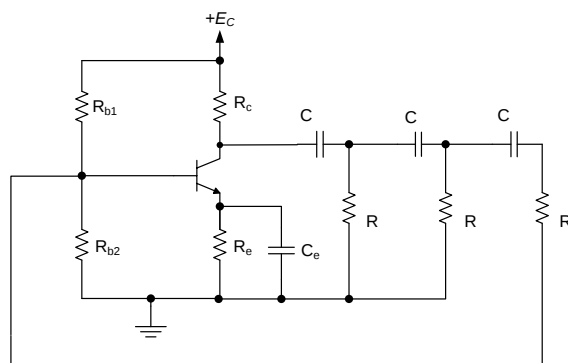


7



8. а) Нацртати шему RC осцилатора са фазним померајем са кондензаторима у редној грани и отпорницима у паралелној грани.
б) Написати израз за фреквенцију осциловања.

а)



Шема носи 5 поена

- б) Учестаност осциловања осцилатора са слике је:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C \cdot \sqrt{6}}.$$

2 поена

7

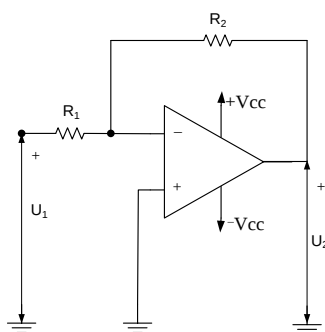
9. а) Нацртати шему инвертујућег појачавача са операционим појачавачем код кога је отпорност отпорника везаног на улаз $1\text{ k}\Omega$, а отпорника везаног за излаз $10\text{ k}\Omega$.

- б) Одредити појачање овог појачавача.

- в) Одредити израз за излазни напон ако је улазни напон дат изразом

$$u_1(t) = 0,5\text{ V} \sin(2\pi \cdot 1\text{ kHz} \cdot t).$$

- а) Шема носи 3 поена.



б) Појачање је $A = -\frac{R_2}{R_1} = -10.$

2 поена

в) Излазни напон је $u_2(t) = -5\text{ V} \sin(2\pi \cdot 1\text{ kHz} \cdot t).$

2 поена

7



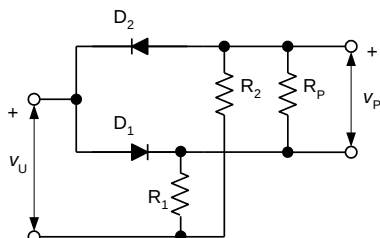
10. За коло приказано на слици:

а) Одредити општи израз за излазни напон v_P у зависности од улазног напона v_U .

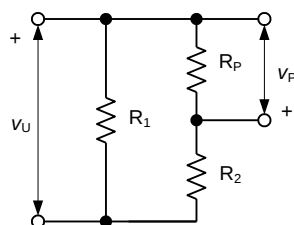
б) Нацртати временски дијаграм излазног напона $v_P(t)$ за $v_U(t) = 12 \sin \omega t$.

Сматрати да су диоде у колу идеалне ($I_D = 0$ за $V_D < 0$ и $I_D > 0$ за $V_D = 0$).

Вредности отпорника на слици су: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_P = 1 \text{ k}\Omega$.

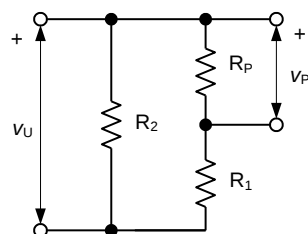


а) $v_U > 0$ D_1 води (кратак спој), D_2 закочена (отворена веза)



$$V_P = -V_U \frac{R_P}{R_P + R_2} = -V_U \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega} = -\frac{V_U}{4} \quad \text{3 поена}$$

$v_U < 0$ D_2 води (кратак спој), D_1 закочена (отворена веза)



$$V_P = V_U \frac{R_P}{R_P + R_1} = V_U \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega} = \frac{V_U}{2} \quad \text{3 поена}$$

б)

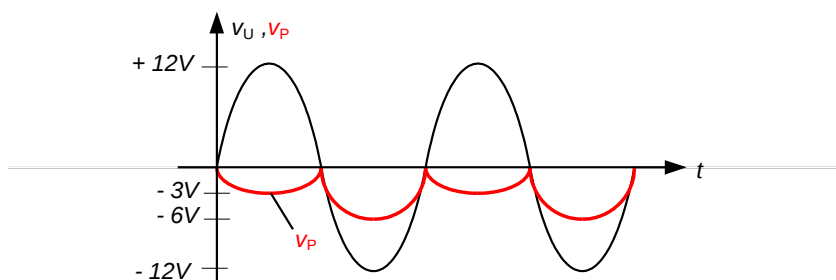
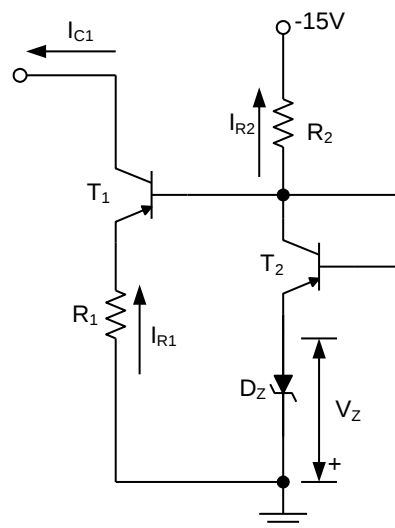


График носи 4 поена.



11. За шему приказану на слици, одредити израз за струју I_{C1} . Сматрати да транзистори имају идентичне карактеристике $V_{BE1} = V_{BE2}$ и да кроз Зенер диоду протиче довољно струје тако да ради у области пробоја (напон на диоди је V_Z).



Пошто транзистори имају идентичне карактеристике

$$V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE}$$

$$I_{R2} = I_{C2} + I_{B2}$$

$$V_{C2} = V_{B2} = V_{BE2} - V_Z$$

$$V_{C2} = V_{B1} = V_{BE1} + V_{E1} = V_{BE1} - I_{R1}R_1$$

$$V_{BE2} - V_Z = V_{BE1} - I_{R1}R_1$$

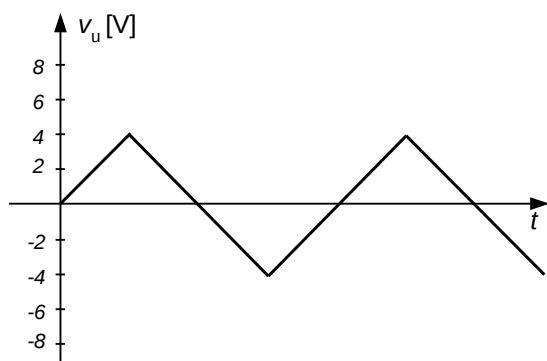
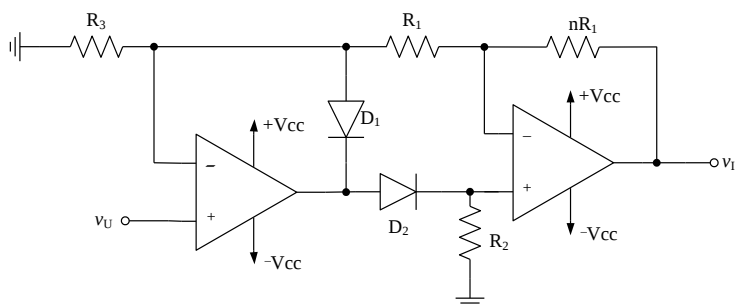
$$I_{R1} \approx I_{C1} = \frac{V_Z}{R_1}$$



12. На слици је приказан прецизан усмерач. На улаз појачавача је доведен периодичан сигнал који је приказан на графику. Употребљени појачавачи и диоде имају идеалне карактеристике. Вредност отпорника R_3 је: $R_3 = \frac{R_1(n+1)}{n-1}$.

а) Одредити израз за излазни напон v_I .

б) На слици на којој је представљен временски дијаграм улазног напона доцртати временски дијаграм излазног напона ако је $n=2$.





а) У позитивној полупериоди напона v_U ($v_U > 0$), диода D2 проводи, а диода D1 не проводи. Израз за излазни напон се одређује из еквивалентне шеме:

$$\frac{v_I - V_A}{nR_1} = \frac{V_A - v_U}{R_1} = \frac{v_U}{R_3}$$

$$(1) \quad \frac{V_A - v_U}{R_1} = \frac{v_U}{R_3}$$

$$V_A = v_U \left(1 + \frac{R_1}{R_3} \right)$$

$$(2) \quad \frac{v_I - V_A}{nR_1} = \frac{v_U}{R_3}$$

$$v_I = nv_U \frac{R_1}{R_3} + V_A$$

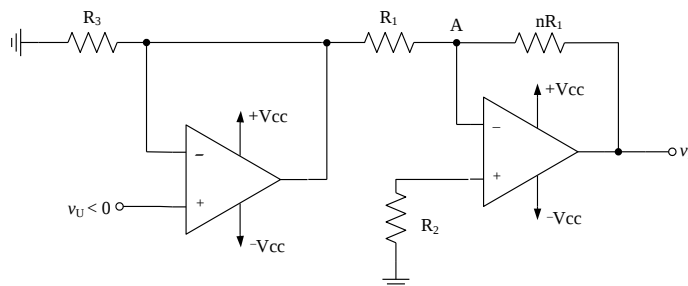
$$v_I = nv_U \frac{R_1}{R_3} + v_U \left(1 + \frac{R_1}{R_3} \right)$$

$$v_I = v_U \left(1 + \frac{R_1}{R_3} (1 + n) \right)$$

$$v_I = nv_U > 0$$

4 поена

У негативној полупериоди ($v_U < 0$), проводи диода D1, док је диода D2 непроводна. Израз за излазни напон се одређује на основу еквивалентне шеме:



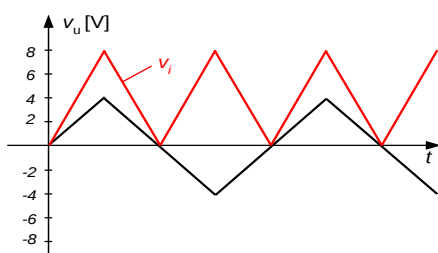
$$\frac{v_I}{nR_1} = \frac{-v_U}{R_1}$$

4 поена

$$v_I = -nv_U > 0$$

На основу претходних разматрања следи да је $v_I = n |v_U|$

б) График носи 4 поена.





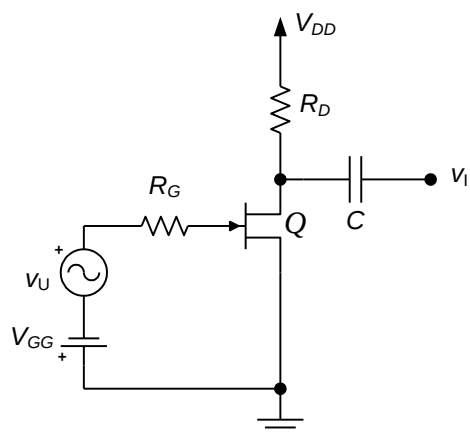
13. На слици је приказан појачавач са заједничким сорсом.

а) Ако су карактеристике n-каналног JFET-а одређене са $V_P = -3,6 \text{ V}$, $I_{DSS} = 5 \text{ mA}$ и $r_{ds} = 66,4 \text{ k}\Omega$, одредити вредност струје I_{DQ} , вредности напона V_{GSQ} , V_{DSQ} , као и вредност транскондуктансе g_m у мирној радној тачки Q.

Вредности елемената у колу су: $V_{GG} = 1,5 \text{ V}$, $R_G = 10 \text{ k}\Omega$, $R_D = 8 \text{ k}\Omega$, $C = 0,5 \text{ }\mu\text{F}$ и $V_{DD} = 30 \text{ V}$.

б) Нацртати модел за мале сигнале датог појачавача.

в) Одредити израз за напонско појачање A_V и израчунати његову вредност.



а)

$$V_{GSQ} = V_G = -V_{GG} = -1,5 \text{ V}$$

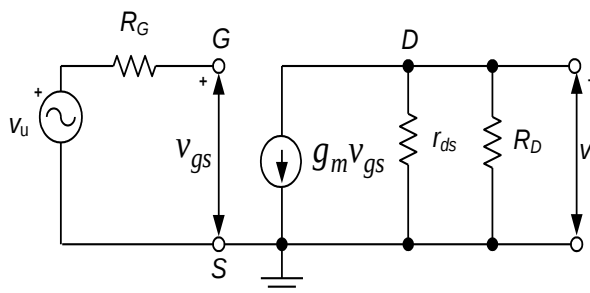
$$I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P} \right)^2 = 1,7 \text{ mA}$$

4 поена

$$V_{DSQ} = V_{DD} - R_D I_{DQ} = 16,4 \text{ V}$$

$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{V_P} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) = 1,62 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

б) Шема носи 4 поена.



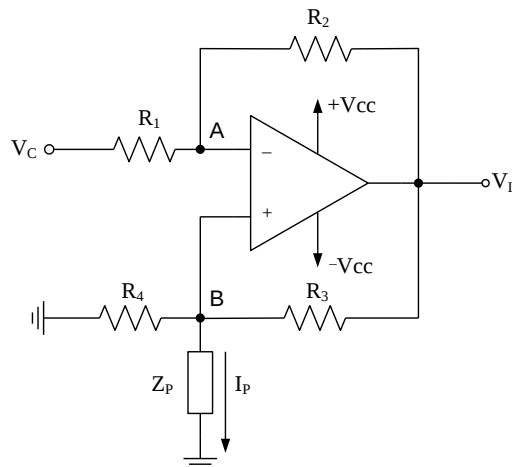
в)
$$A_V = \frac{v_i}{v_u} = -\frac{g_m v_{gs} r_{ds} \parallel R_D}{v_{gs}} =$$

$$= -g_m r_{ds} \parallel R_D = -11,57$$

3 поена



14. Показати да у струјном извору приказаном на слици струја I_P кроз потрошач Z_P зависи од улазног контролног напона V_C , а не зависи од отпорности потрошача, ако су вредности отпорности у колу изабране тако да важи однос $R_2/R_1 = R_3/R_4 = k$. Сматрати да је операциони појачавач идеалан.



Пошто је операциони појачавач идеалан, изрази за струје и напоне могу да се напишу сагласно ознакама и смеровима струја, као што је приказано на слици.

$$V_A = V_B$$

$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{V_C - V_B}{R_1} = \frac{V_B - V_I}{R_2}$$

$$V_I = V_B \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - \frac{R_2}{R_1} V_C$$

$$(1) \quad V_I = V_B(1+k) - kV_C$$

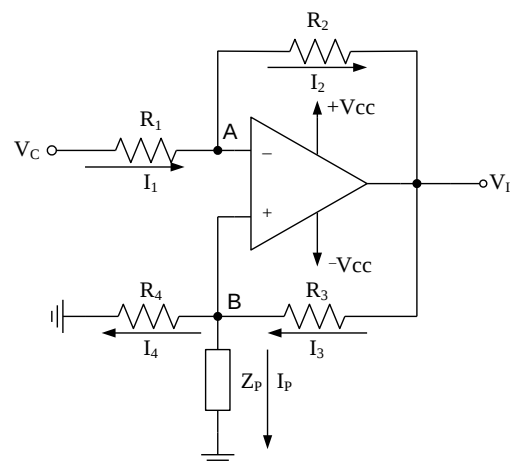
$$I_3 = I_4 + I_P$$

$$\frac{V_I - V_B}{R_3} = \frac{V_B}{Z_P} + \frac{V_B}{R_4}$$

$$V_I = V_B \left(1 + \frac{R_3}{Z_P} + \frac{R_3}{R_4} \right)$$

$$(2) \quad V_I = V_B \left(1 + \frac{R_3}{Z_P} + k \right)$$

Изрази за струје кроз отпорнике које су у решењу на слици означене са I_1, I_2, I_3, I_4 и I_P бодују се са по 2 поена.



Изједначавањем израза (1) и (2) добија се израз за струју кроз потрошач:

$$V_B(1+k) - kV_C = V_B \left(1 + \frac{R_3}{Z_P} + k \right)$$

$$-kV_C = V_B \frac{R_3}{Z_P}$$

$$-\frac{R_3}{R_4} V_C = V_B \frac{R_3}{Z_P}$$

$$I_P = \frac{V_B}{Z_P} = -\frac{V_C}{R_4}$$

Поступак извођења израза из кога следи да струја I_P не зависи од отпорности потрошача носи 4 поена.



ЕЛЕКТРОНИКА

www.viser.edu.rs

СЕДМНАЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2011.



www.viser.edu.rs



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



ОСАМНАЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА

ИЗ

ЕЛЕКТРОНИКЕ ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА

број задатка															Укупно бодова
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
број бодова															100 -5
3 -1	3 -1	3 -1	3 -1	3 -1	8	10	10	10	10	6	10	6	9	6	

мај 2012.



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. У поређењу са силицијумским диодама које садрже PN–спој, напон прага вођења Шотки-диоде је:

а) мањи,

б) приближно једнак,

в) већи,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

2. Инверзни режим биполарног транзистора је:

а) када су оба споја поларисана директно,

б) када је спој база-емитор поларисан директно, а колектор-база инверзно,

в) када је спој колектор-база поларисан директно, а спој база-емитор инверзно,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

3. Највиша радна температура PN–споја од силицијума је, приближно:

а) 100 °C,

б) 200 °C,

в) 300 °C,

г) 400 °C.

3/-1

4. Униполарни JFET транзистори су при напону $V_{GS} = 0V$ (напон гејт-сорс):

а) проводни,

б) непроводни,

в) зависи да ли је у питању N - канални или P – канални JFET.

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

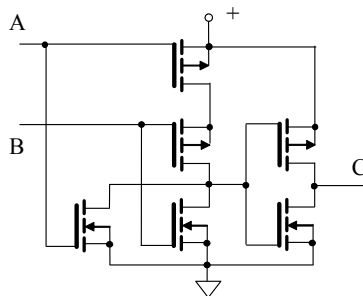
5. На слици је приказано коло са комплементарним MOS – транзисторима које представља:

а) логичко И-коло, $C = A \cdot B$,

б) логичко ИЛИ-коло, $C = A + B$,

в) логичко НИ-коло, $C = \overline{A \cdot B}$

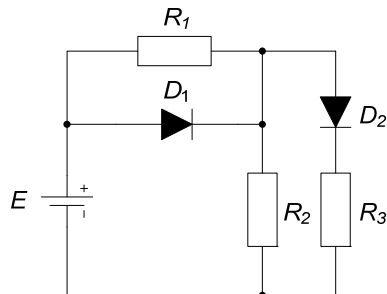
г) логичко НИЛИ-коло, $C = \overline{A + B}$.



3/-1



6. На слици је приказано коло са две диоде. Одредити струју кроз обе диоде ако је: $E = 10\text{ V}$, $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2\text{ k}\Omega$ и $R_3 = 3\text{ k}\Omega$. (Подразумевати да је $U_{D1} = U_{D2} = 0.7\text{ V}$)



Прво треба испитати да ли струја тече кроз диоду D_1 . Пошто је напон на отпорнику R_1 када није прикључена диода виши од 0.7 V , значи да струја тече кроз диоду D_1 . Напон и струја на отпорнику R_2 се израчунавају на основу израза:

$$U_2 = E - U_{D1} = 9.3\text{ V}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{9.3\text{ V}}{2 \cdot 10^3 \Omega} = 4.65\text{ mA}$$

2 поена

Струја кроз диоду D_2 одређује се као струја кроз отпорник R_3 :

$$I_{D2} = \frac{U_2 - 0.7\text{ V}}{R_3} = \frac{9.3\text{ V} - 0.7\text{ V}}{3 \cdot 10^3 \Omega} = 2.87\text{ mA}$$

2 поена

Струја кроз отпорник R_1 је:

$$I_1 = \frac{0.7\text{ V}}{R_1} = \frac{0.7\text{ V}}{1 \cdot 10^3 \Omega} = 0.7\text{ mA}$$

2 поена

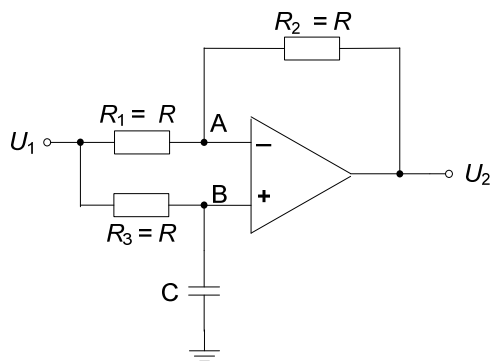
Струја кроз диоду D_1 одређује се применом I Кирхофовог закона:

$$I_{D1} = I_2 + I_{D2} - I_1 = 6.81\text{ mA}$$

2 поена



7. У колу, приказаном на слици, примењен је операциони појачавач који се може сматрати идеалним: појачање не зависи од учестаности, а улазна отпорност (импеданса) је бесконачно велика. Одредити фреквенцијску карактеристику овог кола:



$$W(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)}.$$

За посматрано коло важе следеће једначине:

$$U_A(j\omega) = U_B(j\omega), \quad U_B(j\omega) = \frac{Z_C(j\omega)}{R_3 + Z_C(j\omega)} U_1(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} U_1(j\omega) \quad \text{2 поена}$$

$$U_2(j\omega) = U_A(j\omega) - R_2 I_2(j\omega), \quad \text{2 поена}$$

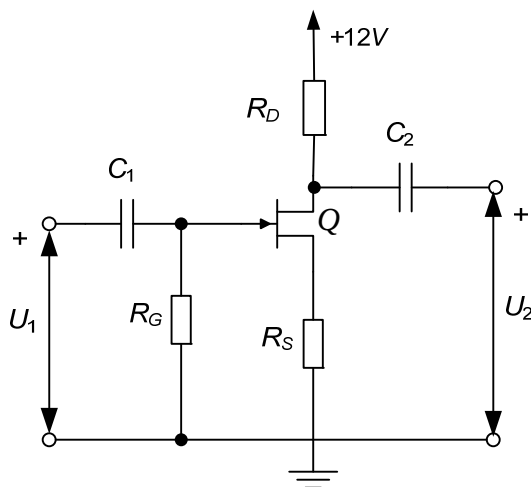
$$I_2(j\omega) = I_1(j\omega), \quad I_1(j\omega) = \frac{U_1(j\omega) - U_A(j\omega)}{R_1} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} U_1(j\omega) \quad \text{2 поена}$$

на основу којих следи:

$$W(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = \frac{1 - j\omega RC}{1 + j\omega RC} \quad \text{4 поена}$$



8. Одредити појачање (A_R) појачавача са негативном повратном спрегом 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

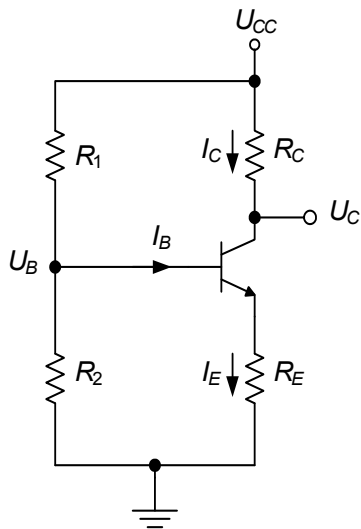


9. За коло приказано на слици:

а) Одредити струје и напоне назначене у колу подразумевајући да транзистор ради у активном режиму.

б) Одредити минималну вредност отпорника R_C тако да транзистор ради на ивици засићења ($U_{CES}=0.3V$).

Познато је: $U_{CC}=+12V$, $\beta = 100$, $U_{BE} = 0.7V$, $R_1 = 100\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $R_E = 1\text{ k}\Omega$ и $R_C = 2\text{ k}\Omega$.



а)

$$U_B = U_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1.09V$$

$$I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} = 0.39mA$$

$$I_C = \frac{\beta}{1 + \beta} I_E = 0.386mA \approx 0.39mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 3.86\mu A \approx 3.9\mu A$$

$$U_C = U_{CC} - R_C I_C = 11.22V$$

Сваки од пет израза носи по 1 поен, односно укупно 5 поена.

б)

$$U_{CC} - R_C I_C - U_{CES} - R_E I_E = 0$$

$$R_{C\min} = \frac{U_{CC} - U_{CES} - R_E I_E}{I_C} = 29.76k\Omega$$

5 поена



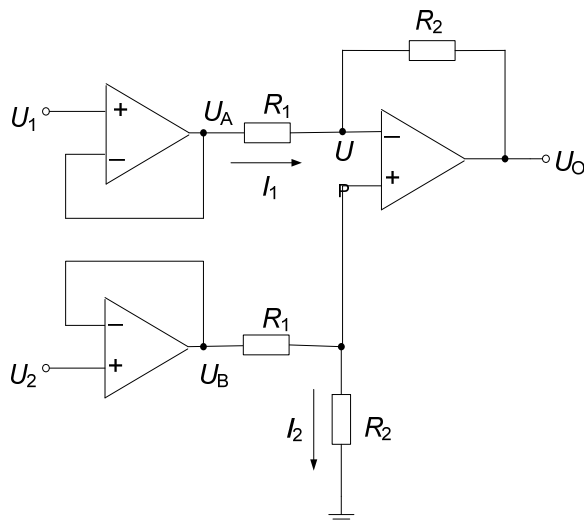
10. Ако су познате вредности U_1 , U_2 ,

R_1 и R_2 и ако се претпостави да су на слици дати идеални операциони појачавачи:

а) Одредити напон U_0 .

б) Одредити напонско појачање које је дефинисано као

$$A_u = \frac{U_0}{U_2 - U_1}.$$



а)

$$U_A = U_1$$

1 поен

$$U_B = U_2$$

1 поен

$$I_2 = \frac{U_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_P = R_2 \frac{U_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_0 = I_1(R_1 + R_2) + U_1$$

$$I_1 = \frac{U_0 - U_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_0 = R_2 \frac{U_0 - U_1}{R_1 + R_2} + R_2 \frac{U_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_0(R_1 + R_2) = R_2 U_0 - U_1 R_2 + R_2 U_2$$

$$U_0 = \frac{R_2(U_2 - U_1)}{R_1}$$

6 поена

Напомена: сваки од тачно написаних израза за струје и напоне на основу којих се долази до коначног израза за напон U_0 може да носи по 1 поен.

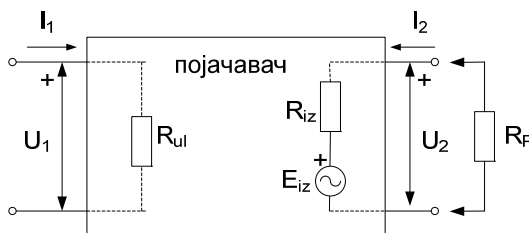
б)

$$A_v = \frac{U_0}{U_2 - U_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

2 поена



11. Појачавач има излазну отпорност $R_{IZ} = 200 \Omega$, док му је напон празног хода $U_{20} = 4 V$. Када се на излаз појачавача прикључи потрошач, излазни напон се смањи за 20 %. Наћи напон на потрошачу, отпорност и снагу потрошача.



Када се смањи за 20%, напон на потрошачу износи:

$$U_P = 0.8 \cdot U_{20} = 0.8 \cdot 4V = 3.2V$$

2 поена

Из једначине за израчунавање излазне отпорности појачавача добија се:

$$R_P = \frac{U_P \cdot R_{IZ}}{U_{20} - U_P} = \frac{3.2V \cdot 200\Omega}{4V - 3.2V} = 800\Omega$$

2 поена

Снага потрошача је:

$$P = \frac{U_P^2}{R_P} = \frac{(3.2V)^2}{800\Omega} = 12.8mW$$

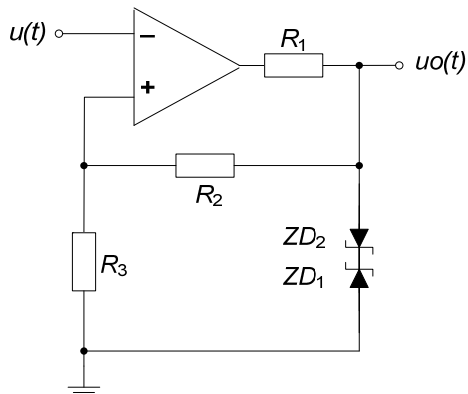
2 поена



12. У колу, приказаном на слици, примењен је 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:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega, R_2 = 2 \text{ k}\Omega \text{ и } R_3 = 4 \text{ k}\Omega.$$

- а) Одредити амплитуду излазног сигнала.
б) Нацртати таласни облик сигнала који се добија на излазу кола при побуди периодичним сигналом симетричног троугаоног таласног облика амплитуде 8 V.



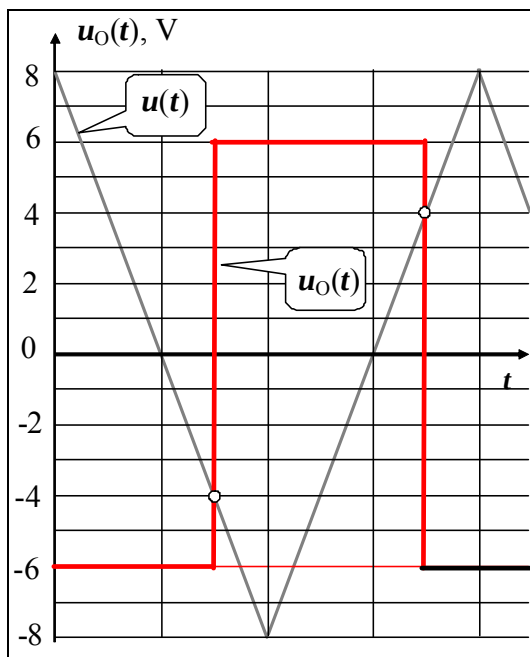
Коло представља прецизни компаратор са хистерезисом и симетричним праговима поређења (Шмитово коло).

- а) Амплитуда излазног сигнала је:

$$U_Z + U_F = 6 \text{ V}$$

2 поена

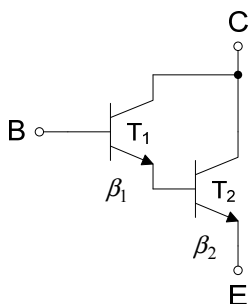
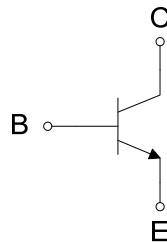
- б)



8 поена



13. Нацртати спој биполарних *NPN* транзистора који је еквивалентан једном *NPN* транзистору. Одредити израз за појачање струје од базе до колектора (β), еквивалентног транзистора, у зависности од одговарајућих појачања појединачних транзистора у споју.



Еквивалентно коло

3 поена

$$I_E = (1 + \beta)I_B,$$

$$I_E = I_{E2} = (1 + \beta_2)I_{B2}$$

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

$$1 + \beta = (1 + \beta_2)(1 + \beta_1) = 1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_1\beta_2$$

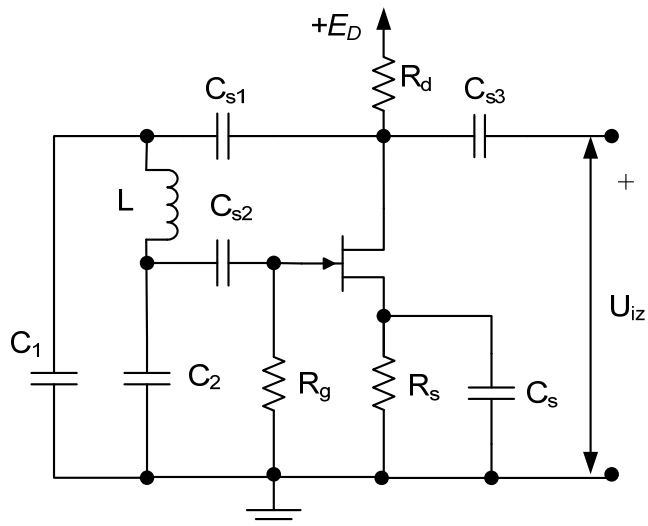
$$\boxed{\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1\beta_2 \cong \beta_1\beta_2}$$

Еквивалентно појачање струје

3 поена

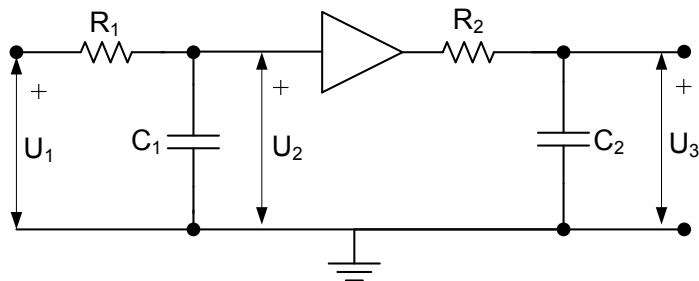


14. Нацртати шему Колпицовог осцилатора са FET-ом.



9

15. Нацртати шему која се састоји од 2 кола за интеграљење која су раздвојена појачавачем појачања $A=1$. Извести израз за преносни однос нацртане шеме на високим учестаностима.



3 поена

$$\begin{aligned} \frac{U_3}{U_1} &= \frac{U_3}{U_2} \cdot \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + j\omega C_2 R_2} \cdot \frac{1}{1 + j\omega C_1 R_1} \approx \\ &\approx \frac{1}{j\omega C_2 R_2} \cdot \frac{1}{j\omega C_1 R_1} = -\frac{1}{\omega^2 C_1 R_1 C_2 R_2} \end{aligned}$$

3 поена

6



МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



ДЕВЕТНАЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА

ИЗ

ЕЛЕКТРОНИКЕ ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА

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

мај 2013.



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. У колу једностраног усмерача са филтарским кондензатором бољи једносмерни напон на излазу се добија коришћењем:

а) електролитског кондензатора

б) керамичког кондензатора

в) отпорника са мањом вредности отпорности

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

2. Које се диоде користе као променљиви напонски контролисани кондезатори?

а) Варикап диоде

б) Шотки диоде

в) Ценер диоде

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

3. За појачавач са заједничким емитором важи:

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

б) велико напонско 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

4. Униполарни MOSFET транзистори су при напону $U_{GS} = 0V$ (напон гејт-сорс):

а) проводни,

б) непроводни,

в) зависи да ли је у питању MOSFET транзистор са индукованим или уграђеним каналом,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

5. Како негативна повратна спрега утиче на појачање појачавача?

а) Смањује појачање у односу на основно појачање појачавача без повратне спреге.

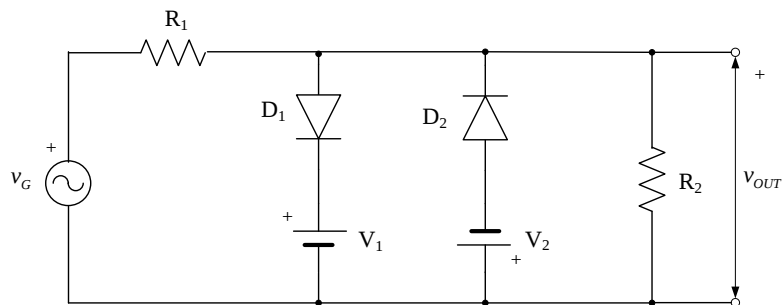
б) Повећава појачање у односу на основно појачање појачавача без повратне спреге.

в) Повратна спрега не утиче на појачање појачавача.

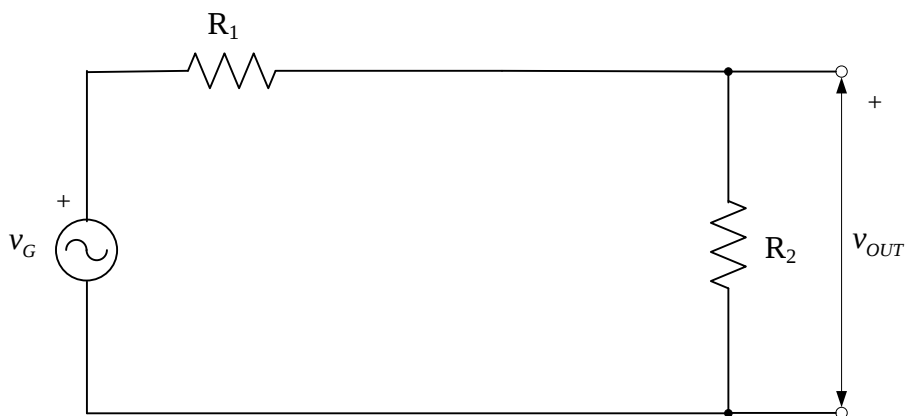
3/-1



6. На слици је приказано коло са две идеалне диоде. Напон генератора на улазу кола је одређен изразом $v_G = 32 \text{ V} \sin(2\pi \cdot 1\text{kHz} \cdot t)$. Одредити напон на излазу, ако је познато да је $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $V_1 = 8 \text{ V}$, $V_2 = 4 \text{ V}$. Скицирати временски облик напона на улазу v_G и напона на излазу кола v_{OUT} .



Ако је излазни напон $-V_2 < v_{OUT} < V_1$ ниједна од диода не води и коло изгледа као на наредној слици.



Односно, излазни напон је:

$$v_{OUT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_G = \frac{10 \text{ k}\Omega}{20 \text{ k}\Omega + 20 \text{ k}\Omega} v_G = \frac{1}{2} v_G, \text{ односно } v_G = 2v_{OUT}. \text{ (2 поена)}$$

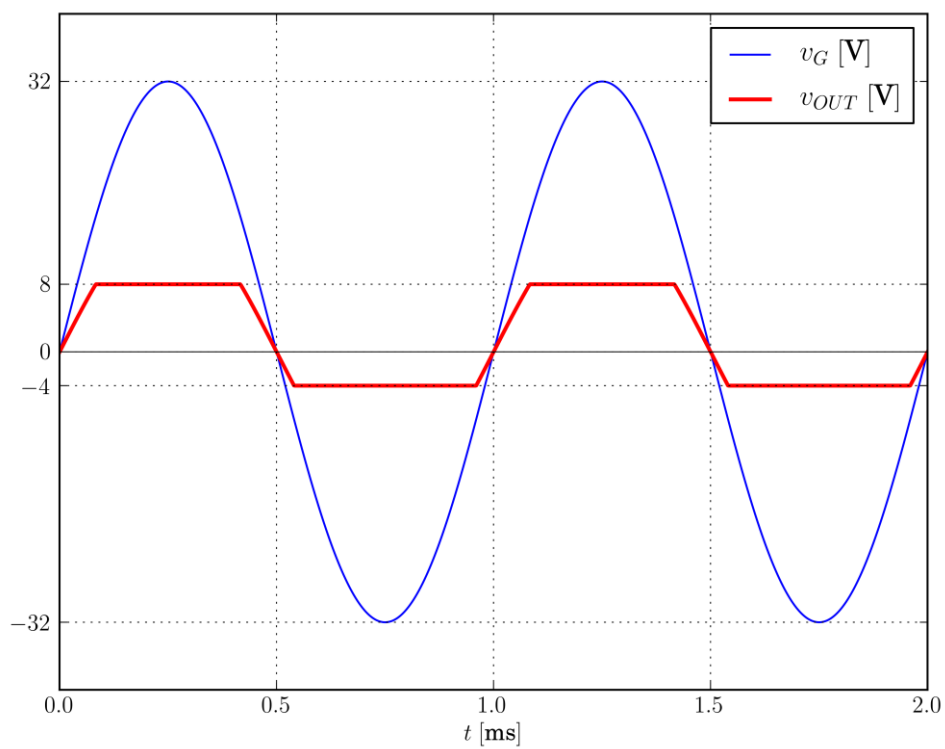
Ако је улазни напон $v_G \geq 2V_1$ проводи диода D_1 , па је излазни напон:

$$v_{OUT} = V_1 = 8 \text{ V}. \text{ (2 поена)}$$

Ако је улазни напон $v_G \leq -2V_2$ проводи диода D_2 , па је излазни напон:

$$v_{OUT} = V_2 = -4 \text{ V}. \text{ (2 поена)}$$

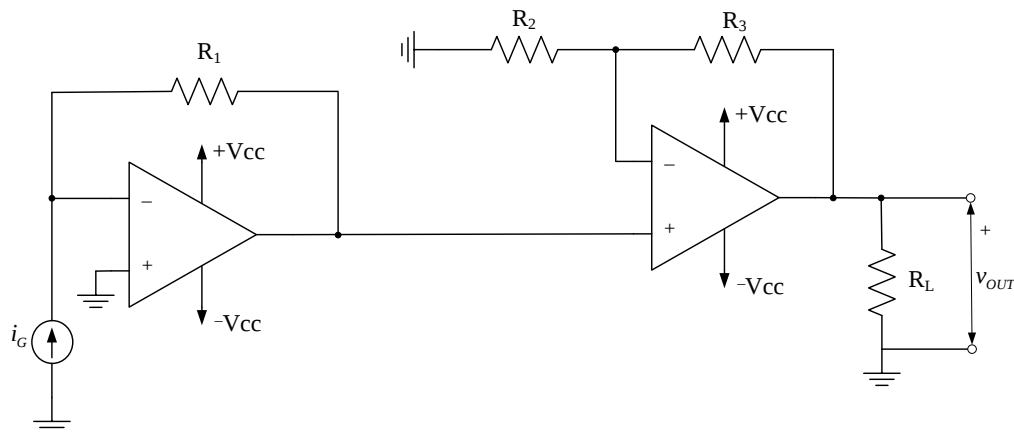
Таласни облици су приказани на наредној слици.



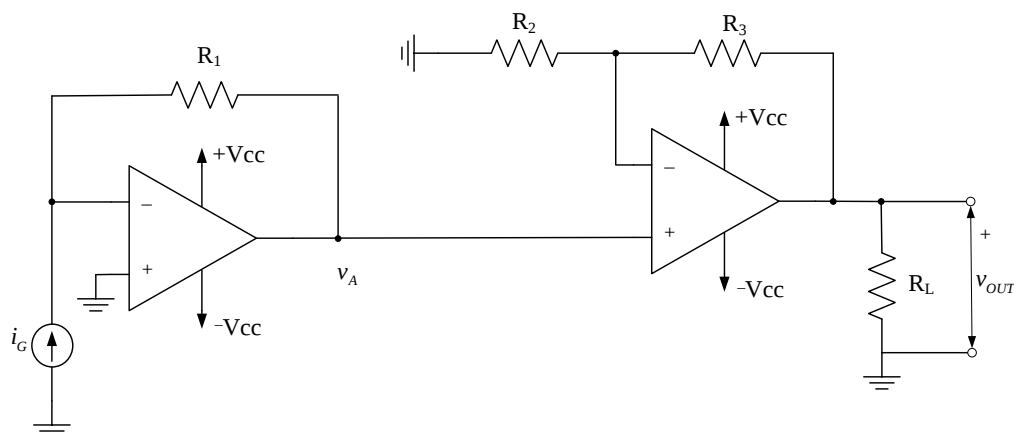
(4 поена)



7. На слици је дато коло са идеалним операционим појачавачима. Одредити излазни напон v_{OUT} , ако је познато да је $i_G = 1 \text{ mA}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_L = 4,7 \text{ k}\Omega$.



Можемо да одредимо излазни напон v_{OUT} , користећи помоћни напон v_A у складу са ознаком на слици.



Напон на излазу првог ОП је:

$$v_A = -i_G \cdot R_1 = -1 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = -1 \text{ V} \text{ (4 поена)}$$

Сада се напон на излазу другог ОП, односно v_{OUT} , може одредити као:

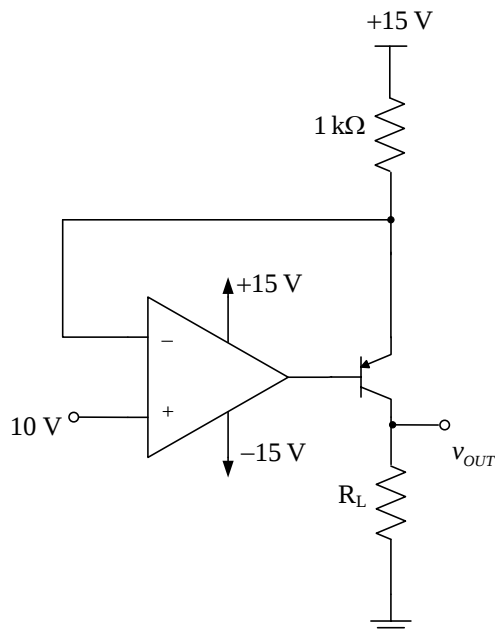
$$v_{OUT} = \frac{R_2 + R_3}{R_2} v_A = \frac{1 \text{ k}\Omega + 4 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} v_A = 5v_A = -5 \text{ V} \text{ (6 поена)}$$



8. На слици је дато коло које садржи идеалан операциони појачавач и PNP транзистор чији је напон засићења приближно нула, $V_{CES} \approx 0 \text{ V}$, а струјно појачање $\beta_F \rightarrow \infty$.

а) Одредити излазни напон v_{OUT} , ако је $R_L = 200 \Omega$.

б) Колика је максимална вредности отпорности отпорника $R_{L\max}$, а да транзистор не уђе у засићење?



а) Струја на излазу се може одредити као:

$$i_{OUT} = \frac{15 \text{ V} - 10 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 5 \text{ mA},$$

па је сада напон на излазу:

$$v_{OUT} = i_{OUT} R_L = 5 \text{ mA} \cdot 200 \Omega = 1 \text{ V}$$

(5 поена)

б) Када је транзистор у засићењу, на основу $V_{CES} \approx 0 \text{ V}$ важи:

$$v_C = v_E = 10 \text{ V}.$$

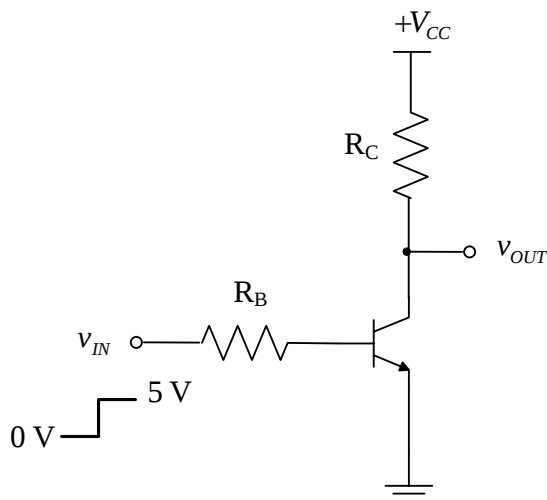
Даље је максимална вредности отпорности отпорника $R_{L\max}$,

$$R_{L\max} = \frac{v_C}{i_{OUT}} = \frac{10 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

(5 поена)



9. За биполарни транзистор у колу на слици важи $\beta_F = 100$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Одредити напон на излазу кола ако се напон на улазу скоковито промени са 0 V на 5 V . Вредности отпорности отпорника у колу су $R_B = 3 \text{ k}\Omega$ и $R_C = 1 \text{ k}\Omega$, док је напајање $V_{CC} = 15 \text{ V}$.



Ако је улазни напон $v_{IN} = 0 \text{ V}$, тада је транзистор закочен, а излазни напон једнак напону напајања:

$$v_{OUT} = 15 \text{ V} . \text{ (5 поена)}$$

Ако је улазни напон $v_{IN} = 5 \text{ V}$, тада је струја базе:

$$I_B = \frac{v_{IN} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{3 \text{ k}\Omega} = 1,43 \text{ mA} .$$

Ако је транзистор у засићењу струја колектора је:

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC} - V_{CES}}{R_C} = \frac{15 \text{ V} - 0,2 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 14,8 \text{ mA} ,$$

Како је

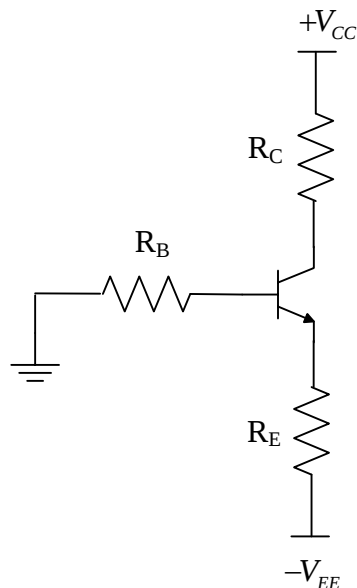
$$\beta_F I_B = 100 \cdot 1,43 \text{ mA} = 143 \text{ mA} \text{ и } \beta_F I_B > I_{CSAT} .$$

слиди да је транзистор у засићењу, па је излазни напон:

$$v_{OUT} = V_{CES} = 0,2 \text{ V} . \text{ (5 поена)}$$



10. За биполарни транзистор у колу на слици важи $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Одредити напон V_{CE} . Вредности отпорности отпорника у колу су $R_B = 2,7 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ и $R_C = 3,6 \text{ k}\Omega$, док за напајање важи $V_{CC} = 10 \text{ V}$ и $V_{EE} = 2 \text{ V}$.



Напон емитера је $V_E = 0 - V_{BE} = 0 - 0,7 \text{ V} = -0,7 \text{ V}$.

Струја емитера је

$$I_E = \frac{V_E - (-V_{EE})}{R_E} = \frac{-0,7 \text{ V} + 2 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 1,3 \text{ mA}.$$

Напон колектора је:

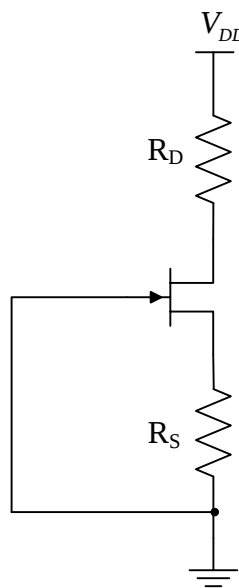
$$V_C = +V_{CC} - I_C R_C = 10 \text{ V} - 1,3 \text{ mA} \cdot 3,6 \text{ k}\Omega = 5,32 \text{ V}.$$

Коначно

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5,32 \text{ V} - (-0,7 \text{ V}) = 6,02 \text{ V}.$$



11. Проверити у ком режиму ради JFET у колу на слици. Познато је:
 $V_{DD} = 15\text{ V}$, $V_{GSoff} = -2\text{ V}$,
 $I_D = 1\text{ mA}$, $R_S = 1\text{ k}\Omega$ и
 $R_D = 3\text{ k}\Omega$.



За коло на слици важи:

$$V_{GS} = -R_S I_D = -1\text{ k}\Omega \cdot 1\text{ mA} = -1\text{ V},$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_S + R_D) I_D = 15\text{ V} - (1\text{ k}\Omega + 3\text{ k}\Omega) \cdot 1\text{ mA} = 11\text{ V},$$

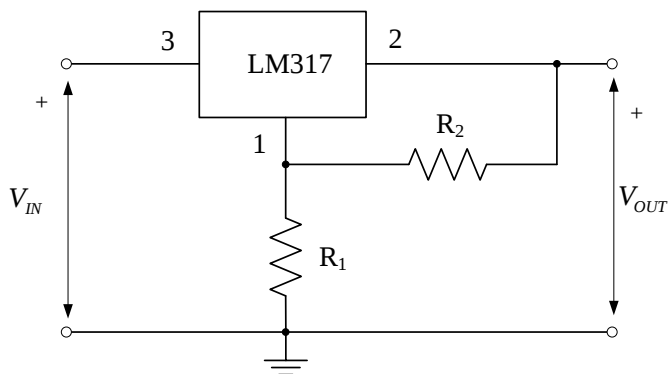
па је

$$V_{GD} = V_{GS} - V_{DS} = -1\text{ V} - 11\text{ V} = -12\text{ V}.$$

Како важи $-12\text{ V} < V_{GSoff}$, транзистор са ефектом поља је у засићењу.

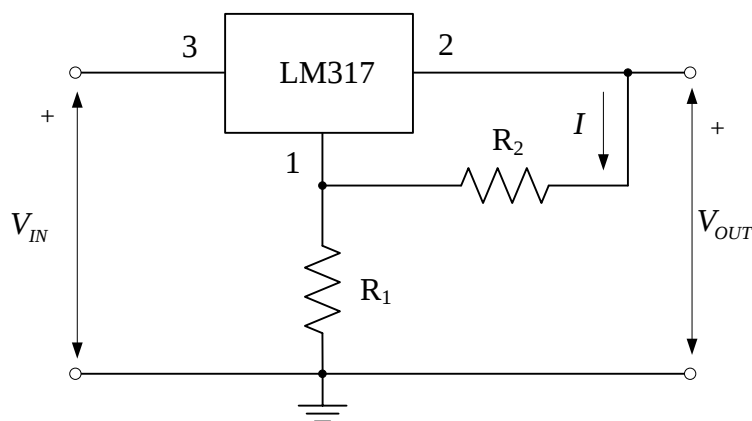


12. За коло са стабилизатором напона LM317 чији референтни напон (између тачака 2 и 1) износи $V_{REF} = 1,25 \text{ V}$, израчунати вредности отпорника R_1 тако да излазни напон буде $V_{OUT} = 5 \text{ V}$. Отпорности отпорника R_2 је 250Ω .



Струја I се одређује помоћу израза:

$$I = \frac{V_{REF}}{R_2} = \frac{1,25 \text{ V}}{250 \Omega} = 5 \text{ mA}.$$



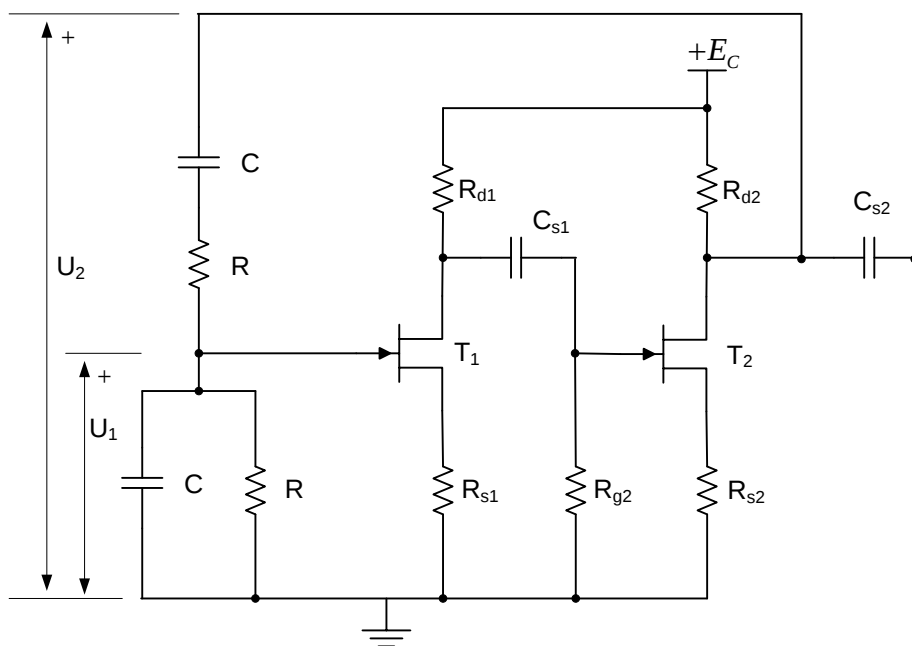
Сада се вредност отпорности отпорника R_1 може одредити помоћу израза:

$$V_{OUT} = (R_1 + R_2)I,$$

$$R_1 = \frac{V_{OUT} - R_2 I}{I} = \frac{5 \text{ V} - 250 \Omega \cdot 5 \text{ mA}}{5 \text{ mA}} = 750 \Omega.$$

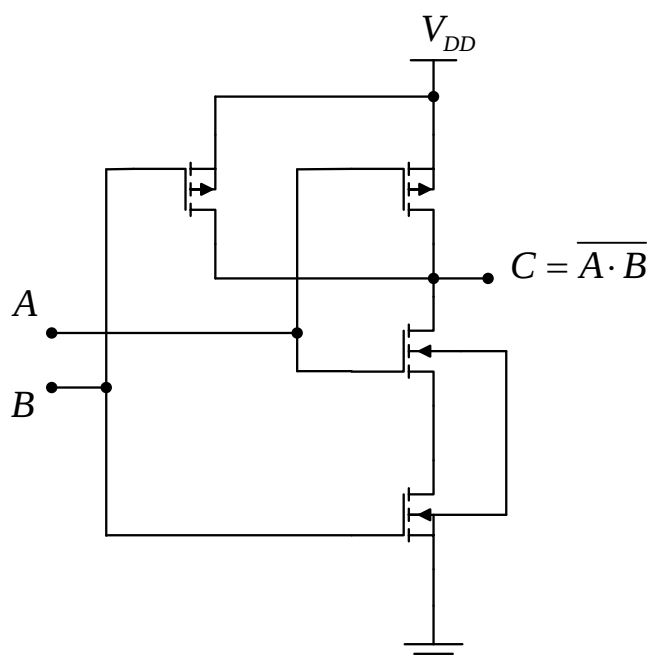


13. Нацртати RC осцилатор са Виновим мостом.



8

14. Нацртати шему логичког НИ кола у CMOS техници.



7



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



ДВАДЕСЕТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И 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	10	10	7	8	100 -5

мај 2014.



**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. За напон пробоја Ценер диоде важи:

- а) уништава диоду
- б) значајно се мења са променом струје диоде
- в) једнак је струја пута отпорност

г) приближно је константан

3/-1

2. Када колектор и емитор замене места, овакав транзистор има:

а) мањи коефицијент струјног појачања

б) већи коефицијент струјног појачања

в) исти коефицијент струјног појачања

3/-1

3. На слици је приказан операциони појачавач чији напони засићења износе $\pm v_{SAT}$. Колики је опсег улазних напона за који ће излазни напон за појачавач на слици бити дат

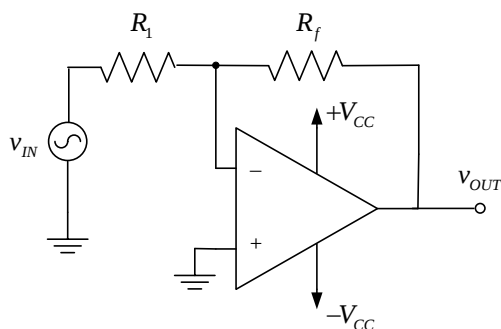
изразом $v_{OUT} = -\frac{R_f}{R_1} v_{IN}$?

а) $-\frac{R_1}{R_f} v_{SAT} < v_{IN} < \frac{R_1}{R_f} v_{SAT}$

б) $-\frac{R_f}{R_1} v_{SAT} < v_{IN} < \frac{R_f}{R_1} v_{SAT}$

в) $-v_{SAT} < v_{IN} < v_{SAT}$

г) није понуђен одговор



3/-1

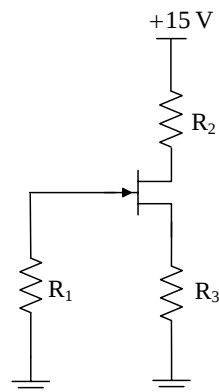
4. Ако је струја дрејна у колу на слици $I_D = 3 \text{ mA}$, колико износи напон V_{DS} ? Вредности отпорника у колу на слици су $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ и $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$.

а) $V_{DS} = 3 \text{ V}$

б) $V_{DS} = 5,4 \text{ V}$

в) $V_{DS} = 8,4 \text{ V}$

г) није понуђен одговор



3/-1



5. Тростепени каскадни појачавач има следећа напонска појачања појединачних степена $A_1 = 20 \text{ dB}$, $A_2 = 32 \text{ dB}$ и $A_3 = 46 \text{ dB}$. Колико је укупно напонско појачање појачавача?

а) 29440

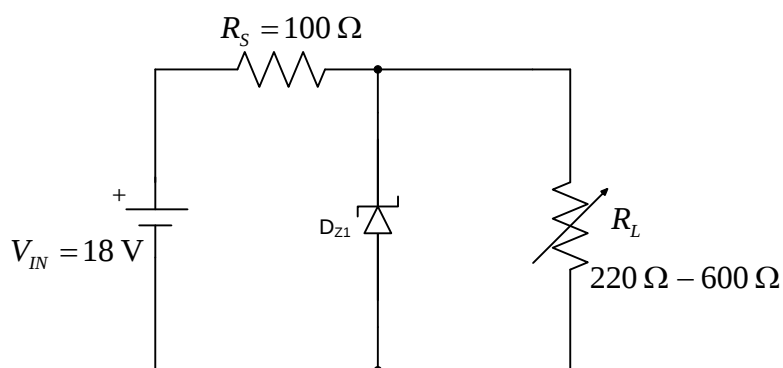
б) 79432,82

в) $6,31 \cdot 10^9$

г) није понуђен одговор

3/-1

6. За коло на слици одредити колико износе минимална и максимална струја Ценер диоде, као и минималну и максималну снагу дисипације на Ценер диоди. Претпоставити да је напон пробоја Ценер диоде у колу на слици $V_Z = 12 \text{ V}$.



Струја кроз отпорник $R_S = 100 \Omega$ је

$$I_S = \frac{V_{IN} - V_Z}{R_S} = \frac{18 \text{ V} - 12 \text{ V}}{100 \Omega} = 60 \text{ mA}.$$

Сада су минимална и максимална струја Ценер диоде

$$I_{Z \min} = I_S - I_{L \max} = I_S - \frac{V_Z}{R_{L \min}} = 60 \text{ mA} - \frac{12 \text{ V}}{220 \Omega} = 5,45 \text{ mA}, (2,5 \text{ поена})$$

$$I_{Z \max} = I_S - I_{L \min} = I_S - \frac{V_Z}{R_{L \max}} = 60 \text{ mA} - \frac{12 \text{ V}}{600 \Omega} = 40 \text{ mA}. (2,5 \text{ поена})$$

Минимална и максимална снага дисипације на Ценер диоди су:

$$P_{DZ \min} = I_{Z \min} V_Z = 5,45 \text{ mA} \cdot 12 \text{ V} = 65,4 \text{ mW}, (2,5 \text{ поена})$$

$$P_{DZ \max} = I_{Z \max} V_Z = 40 \text{ mA} \cdot 12 \text{ V} = 480 \text{ mW}. (2,5 \text{ поена})$$

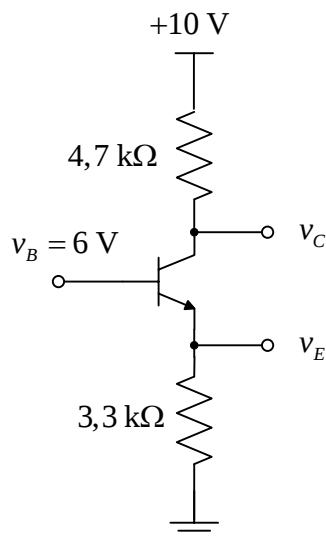
10



ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2014.

7. Анализирати коло на слици и одредити напоне на емитеру, колектору и струје базе, емитера и колектора. Сматрати да су параметри транзистора $\beta_F = 100$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$.



Сматрамо да је транзистор у активном режиму. Важи:

$$v_E = 6 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 5,3 \text{ V},$$

$$I_E = \frac{5,3 \text{ V}}{3,3 \text{ k}\Omega} = 1,6 \text{ mA},$$

$$I_C \approx I_E = 1,6 \text{ mA},$$

$$v_C = 10 \text{ V} - 1,6 \text{ mA} \cdot 4,7 \text{ k}\Omega = 2,48 \text{ V},$$

$$v_C - v_B = 2,48 \text{ V} - 6 \text{ V} < 0 \Rightarrow \text{транзистор није у активном режиму.}$$

Транзистор у засићењу:

$$v_E = 6 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 5,3 \text{ V}, \text{ (2 поена)}$$

$$I_E = \frac{5,3 \text{ V}}{3,3 \text{ k}\Omega} = 1,6 \text{ mA}, \text{ (2 поена)}$$

$$v_C = 5,3 \text{ V} + 0,2 \text{ V} = 5,5 \text{ V}, \text{ (2 поена)}$$

$$I_C = \frac{10 \text{ V} - 5,5 \text{ V}}{4,7 \text{ k}\Omega} = 0,96 \text{ mA}, \text{ (2 поена)}$$

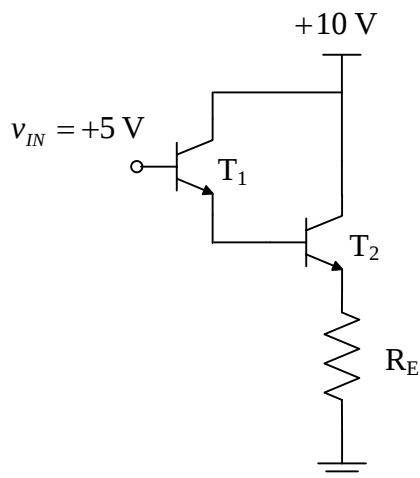
$$I_B = I_E - I_C = 1,6 \text{ mA} - 0,96 \text{ mA} = 0,64 \text{ mA}. \text{ (2 поена)}$$



ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2014.

8. У колу на слици први транзистор има струјно појачање $\beta_{F1} = 100$, а други струјно појачање $\beta_{F2} = 50$. За оба биполарна транзистора важи $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Вредност отпорника R_E у колу је $R_E = 100 \Omega$. Колико износи базна струја првог транзистора?



Напон и струја емитера другог транзистора су:

$$V_{E2} = v_{IN} - 2V_{BE} = 5 \text{ V} - 2 \cdot 0,7 \text{ V} = 3,6 \text{ V},$$

$$I_{E2} = \frac{V_{E2}}{R_E} = \frac{3,6 \text{ V}}{100 \Omega} = 36 \text{ mA} . \text{ (5 поена)}$$

Сада су базне струје транзистора:

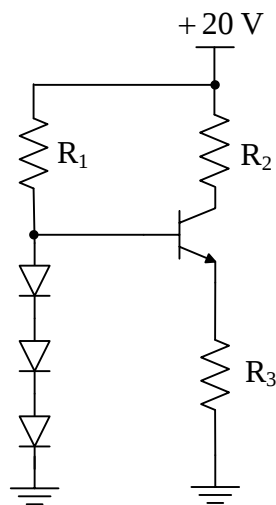
$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta_{F2} + 1} = \frac{36 \text{ mA}}{51} = 705,88 \mu\text{A},$$

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_{F1} + 1} = \frac{705,88 \mu\text{A}}{101} = 6,99 \mu\text{A} . \text{ (5 поена)}$$

Напомена: Признавати са максималним бројем поена и решење са приближним рачуном, где је $\beta_{F1} + 1 \approx \beta_{F1}$ и $\beta_{F2} + 1 \approx \beta_{F2}$.



9. За транзистор у колу на слици важи $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} \approx 0 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, диоде су истих карактеристика где важи $V_D = 0,7 \text{ V}$, док су вредности отпорника у колу $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 8,2 \text{ k}\Omega$ и $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$. Одредити струју колектора транзистора.



Све три диоде у колу на слици воде, па је укупан напон на диодама, на бази транзистора једнак $3V_D = 2,1 \text{ V}$. (4 поена)

Струја емитера транзистора је сада

$$I_E = \frac{3V_D - V_{BE}}{R_3} = \frac{2,1 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 1,4 \text{ mA} \text{ (4 поена).}$$

Важи да је

$$V_C = 20 \text{ V} - R_2 I_E = 20 \text{ V} - 8,2 \text{ k}\Omega \cdot 1,4 \text{ mA} = 8,52 \text{ V},$$

$$V_B = 2,1 \text{ V},$$

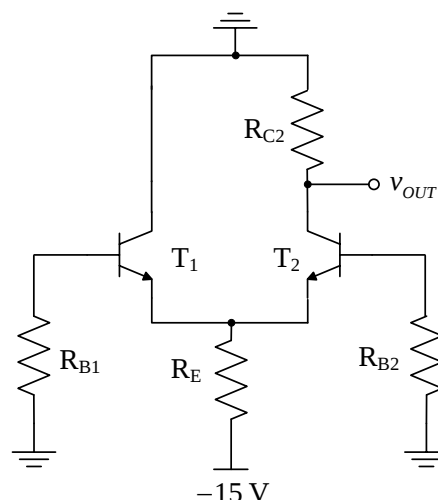
$V_{CB} = V_C - V_B = 8,52 \text{ V} - 2,1 \text{ V} = 6,42 \text{ V} > 0$, чиме је потврђено да транзистор ради у директном активном режиму.

Тражена струја колектора транзистора је

$$I_C \approx I_E = 1,4 \text{ mA}. \text{ (2 поена)}$$



10. За транзистор у колу на слици важи $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} \approx 0 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, док су вредности отпорника у колу $R_{B1} = R_{B2} = 33 \text{ k}\Omega$ и $R_E = R_{C2} = 15 \text{ k}\Omega$. Колико износи излазни напон v_{OUT} ?



Струја која пролази кроз отпорник R_E је одређена изразом

$$I = \frac{-V_{BE} - (-15 \text{ V})}{R_E} = \frac{-0,7 \text{ V} - (-15 \text{ V})}{15 \text{ k}\Omega} = 0,95 \text{ mA},$$

па је струја емитора транзистора $I_{E1} = I_{E2} = \frac{I}{2} = \frac{0,95 \text{ mA}}{2} = 0,475 \text{ mA}$. (5 поена)

Сада је излазни напон једнак

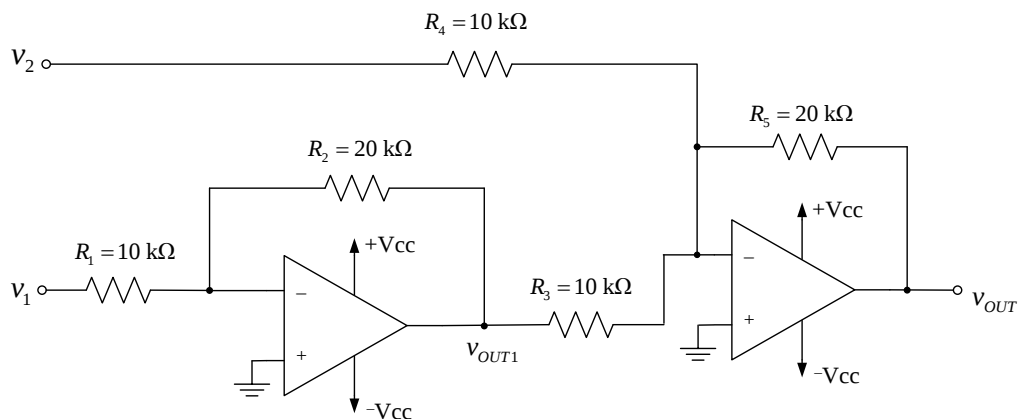
$$v_{OUT} = 0 \text{ V} - I_{E1} R_{C2} = 0 \text{ V} - I_{E1} R_{C2} = 0 \text{ V} - 0,475 \text{ mA} \cdot 15 \text{ k}\Omega = -7,125 \text{ V}.$$

На основу израчунате вредности излазног напона види се да транзистор није у директном активном режиму, већ је zasiћен, па је зато излазни напон:

$$v_{OUT} = -0,7 \text{ V}. \text{ (5 поена)}$$



11. Наћи израз за излазни напон за коло на слици:



Напон на излазу првог ОП је:

$$v_{OUT1} = -\frac{R_2}{R_1} v_1 = -\frac{20 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} v_1 = -2v_1. \text{ (5 поена)}$$

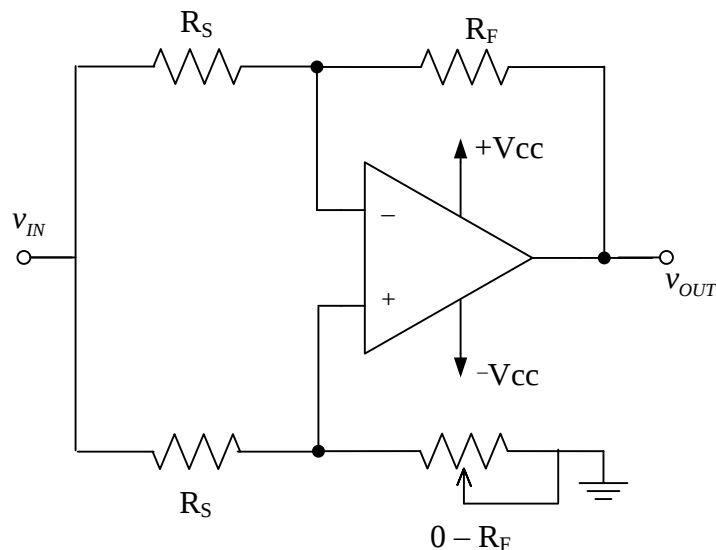
Даље имамо:

$$v_{OUT} = -\left(\frac{R_5}{R_3} v_{OUT1} + \frac{R_5}{R_4} v_2\right) = -\left(\frac{20 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} v_{OUT1} + \frac{20 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} v_2\right) = -2v_{OUT1} - 2v_2,$$

$$v_{OUT} = 4v_1 - 2v_2. \text{ (5 поена)}$$



12. Одредити излазни напон у колу на слици у зависности од параметара приказаних на слици, за крајње положаје потенциометра, 0 и R_F .



За положај потенциометра 0 излазни напон једнак је

$$v_{OUT} = -\frac{R_F}{R_S} v_{IN} \text{ (5 поена)}$$

За положај потенциометра R_F , инвертујући и неинвертујући улаз операционог појачавач су

$$v_- = v_+ = \frac{R_F}{R_F + R_S} v_{IN},$$

па је излазни напон једнак

$$\frac{v_- - v_{OUT}}{R_F} = \frac{v_{IN} - v_-}{R_S},$$

$$v_{OUT} = v_- - \frac{v_{IN} - v_-}{R_S} \cdot R_F,$$

$$v_{OUT} = \frac{\frac{R_S R_F}{R_F + R_S} v_{IN} - v_{IN} R_F - \frac{R_F R_F}{R_F + R_S} v_{IN}}{R_S},$$

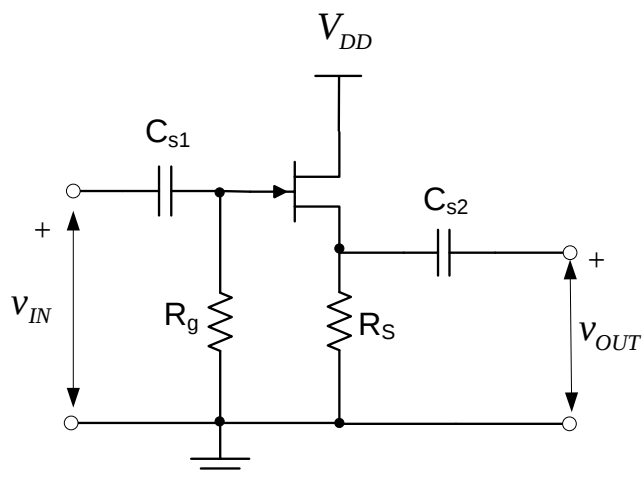
$$v_{OUT} = \frac{v_{IN} \left(\frac{R_S R_F}{R_F + R_S} - R_F - \frac{R_F R_F}{R_F + R_S} \right)}{R_S} \cdot R_F = 0 \text{ V. (5 поена)}$$



Напон на излазу за положај потенциометра R_F , се могао одредити и директно на основу симетрије.

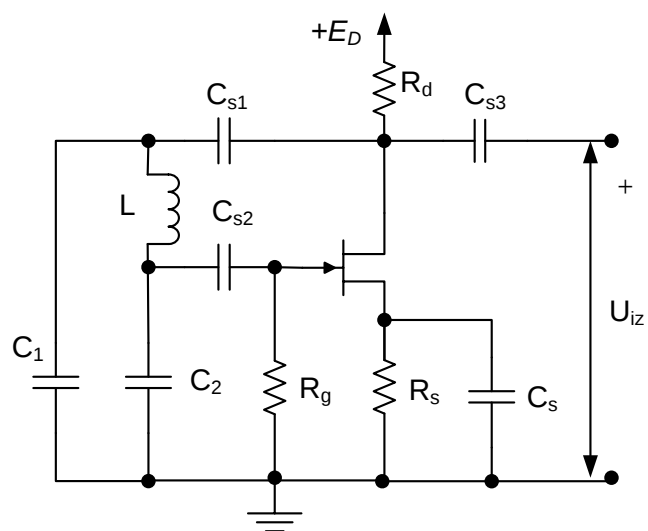
10

13. Нацртати шему појачавача са заједничким дрејном.



7

14. Нацртати шему Колпицовог осцилатора са FET-ом.





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



ДВАДЕСЕТ И ПРВО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И 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	10	10	7	8	100 -5

мај 2015.



**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. Које се диоде користе као променљиви напонски контролисани кондензатори?

а) Варикап диоде

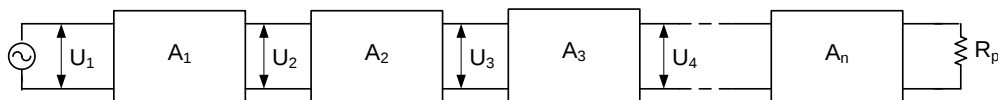
б) Шотки диоде

в) Ценер диоде

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

2. На слици је дат вишестепени појачаваач. Ако је напон $U_1 = 200 \text{ mV}$, а појачања појачаваача $A_1 = 10 \text{ dB}$, $A_2 = 3 \text{ dB}$ и $A_3 = 2$, колики је напон U_4 ?



а) 1,78 V

б) 8 V

в) 8,93 V

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

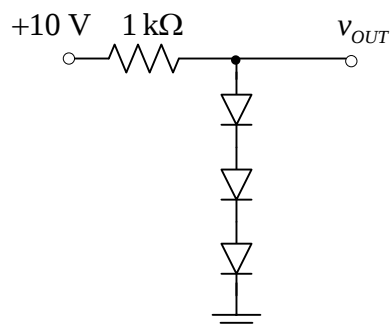
3. Колико износи напон на излазу кола на слици? Напони провођења диода су $V_T = 0,7 \text{ V}$.

а) 10 V

б) 7,9 V

в) 2,1 V

г) није понуђен тачан одговор



3/-1

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

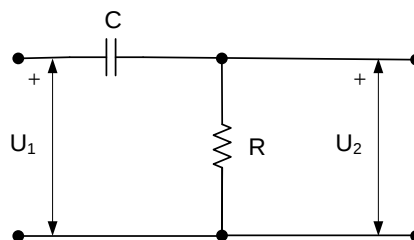
$W(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)}$, одређена изразом:

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



5. 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

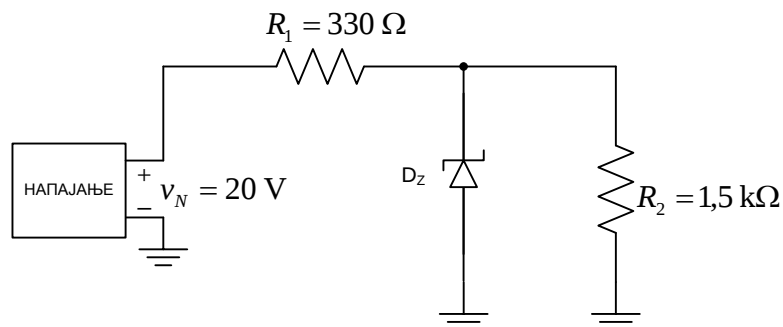
г) није понуђен тачан одговор

3/-1

6. На слици је дат регулатор напона за Ценер диодом, чији је напон пробоја $V_Z = 12\text{ V}$.

а) Ако су толеранције оба отпорника у колу $\pm 10\%$, колико износи максимална струја Ценер диоде?

б) Претпоставити да напон напајања v_N опада са 20 V на 0 V .
Одредити напон напајања при коме ће Ценер диода престати са регулацијом напона. Отпорници имају номиналне вредности отпорности.



а) Максимална вредност струје кроз Ценер диоду се јавља када је отпорник R_1 номиналне отпорности $330\ \Omega$ најмањи ($297\ \Omega$), а отпорник R_2 номиналне отпорности $1,5\text{ k}\Omega$ највећи ($1,65\text{ k}\Omega$). (2 поена)

Струја Ценер диоде се одређује као разлика струје кроз отпорник R_1 и струје кроз отпорник R_2 . Максимална струја Ценер диоде је сада

$$I_{Z\max} = \frac{v_N - V_Z}{R_{1\min}} - \frac{V_Z}{R_{2\max}} = \frac{20\text{ V} - 12\text{ V}}{297\ \Omega} - \frac{12\text{ V}}{1650\ \Omega}. \quad (3\text{ поена})$$
$$\approx 26,94\text{ mA} - 7,27\text{ mA} = 19,67\text{ mA}$$

б) Струја која протиче кроз отпорник R_2 док је Ценер диода у пробоју једнака је

$$I_{R2} = \frac{V_Z}{R_2} = \frac{12\text{ V}}{1500\ \Omega} = 8\text{ mA}.$$

Када напон напајања опада смањује се струја која протиче кроз отпорник R_1 и кроз Ценер диоду. Када се струја која протиче кроз отпорник R_1 изједначи са струјом која протиче кроз отпорник R_2 , струја Ценер диоде постаје нула.

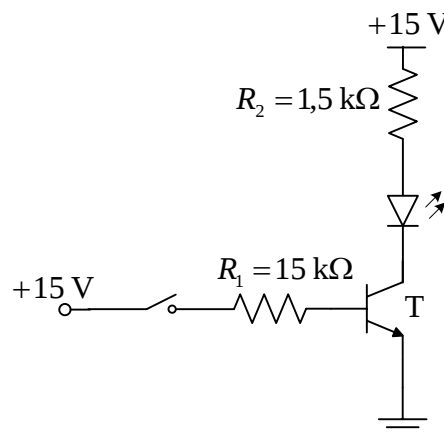
**ЕЛЕКТРОНИКА****ДВАДЕСЕТ И ПРВО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2015.**

Смањење напона напајања испод ове вредности доводи до престанка регулације напона.

$$\frac{v_N - V_Z}{R_1} = \frac{v_N - 12 \text{ V}}{330 \Omega} = 8 \text{ mA} \Rightarrow v_N = 14,64 \text{ V} . \text{ (5 поена)}$$



7. У ком положају прекидача на слици, *LED* диода емитује светлост? Одредити струју диоде. У ком режиму ради транзистор у том случају? Параметри транзистора су $\beta_F = 100$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Напон провођења диоде је $V_T = 2 \text{ V}$.



Ако је прекидач у отвореном положају струја базе транзистора је једнака нула, па је транзистор закочен. Тада је струја колектора такође једнака нули, а како је то струја диоде, диода не светли. (2 поена)

Претпоставимо да је, када се прекидач затвори, транзистор у директном активном режиму. Струја базе је

$$I_B = \frac{15 \text{ V} - V_{BE}}{R_1} = \frac{15 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{15 \text{ k}\Omega} \approx 0,9533 \text{ mA}, \quad \text{па је струја колектора}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \cdot 0,9533 \text{ mA} = 95,33 \text{ mA}, \quad \text{а напон колектора}$$
$$V_C = 15 \text{ V} - R_2 I_C - V_T = 15 \text{ V} - 1,5 \text{ k}\Omega \cdot 95,33 \text{ mA} - 2 \text{ V} \approx -130 \text{ V}.$$

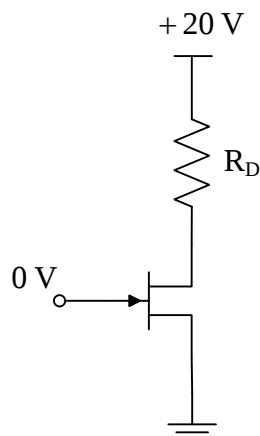
Овај напон V_{CE} не задовољава услове рада транзистора у директном активном режиму, па ће транзистор проводити у засићењу. Сада је струја колектора транзистора, а тиме и струја диоде

$$I_C = \frac{15 \text{ V} - V_{CES} - V_T}{R_2} = \frac{15 \text{ V} - 0,2 \text{ V} - 2 \text{ V}}{1,5 \text{ k}\Omega} \approx 8,53 \text{ mA}. \quad (8 \text{ поена})$$



8.

Колико износи напон V_{DS} за коло на слици, ако је познато $V_{GSoff} = -4\text{ V}$, $I_{DSS} = 10\text{ mA}$ и $R_D = 470\ \Omega$? У ком режиму ради транзистор? Ако се отпорност отпорника R_D повећа 10 пута, да ли долази до промене режима рада транзистора?



За коло важи:

$$V_{DS} = 20\text{ V} - I_{DSS} R_D = 20\text{ V} - 10\text{ mA} \cdot 470\ \Omega = 15,3\text{ V} \quad (2,5 \text{ поена})$$

и транзистор ради у засићењу. (2,5 поена)

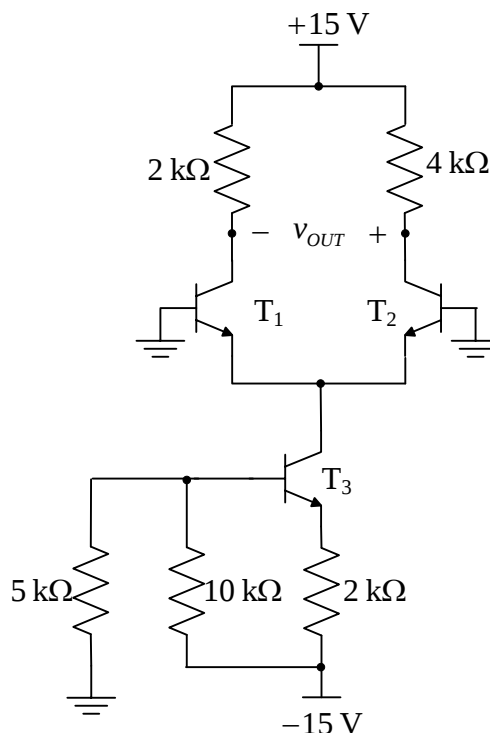
Ако се отпорник R_D повећа 10 пута и ако би претпоставили да транзистор и даље ради у засићењу важило би:

$$V_{DS} = 20\text{ V} - I_{DSS} R_D = 20\text{ V} - 10\text{ mA} \cdot 4700\ \Omega = -27\text{ V}, \quad (2,5 \text{ поена}).$$

Нису испуњени услови да транзистор и даље проводи у засићењу, односно дошло је до промене режима рада. (2,5 поена)



9. За коло на слици, израчунати излазни напон. Параметри транзистора су $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} \approx 0 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$.



Прво ће бити одређена струја колектора трећег транзистора.

Напон базе на трећем транзистору је

$$V_{B3} = -15 \text{ V} \cdot \frac{5 \text{ k}\Omega}{5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = -5 \text{ V}, \text{ па је напон емитера овог транзистора}$$

$$V_{E3} = V_{B3} - V_{BE} = -5 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = -5,7 \text{ V},$$

$$\text{а струја емитера } I_{E3} = \frac{V_{E3} - (-15 \text{ V})}{2 \text{ k}\Omega} = \frac{-5,7 \text{ V} + 15 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = 4,65 \text{ mA}. \text{ (2,5 поена)}$$

Сада је коначно струја колектора трећег транзистора $I_{C3} \approx I_{E3} = 4,65 \text{ mA}$, (2,5 поена), па је струја емитера за први и други транзистор

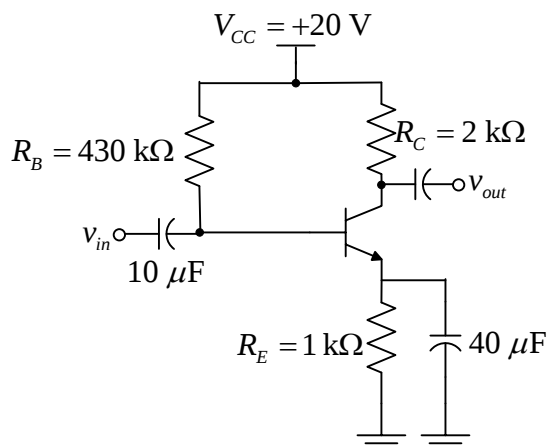
$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_{C3}}{2} = \frac{4,65 \text{ mA}}{2} = 2,325 \text{ mA}, \text{ (2,5 поена). Струја колектора ових транзистора је приближно једнака струјама емитера.}$$

Излазни напон је сада

$$v_{OUT} = 2 \text{ k}\Omega \cdot 2,325 \text{ mA} - 4 \text{ k}\Omega \cdot 2,325 \text{ mA} = -4,65 \text{ V}. \quad \text{(2,5 поена)}$$



10. За коло на слици одредити I_C и V_{CE} , ако је $\beta_F = 50$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$.



За коло на слици важи:

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} + (1 + \beta) I_B R_E,$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) R_E} = \frac{20 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{430 \text{ k}\Omega + 51 \cdot 1 \text{ k}\Omega} = \frac{19,3 \text{ V}}{481 \text{ k}\Omega} = 40,12 \mu\text{A},$$

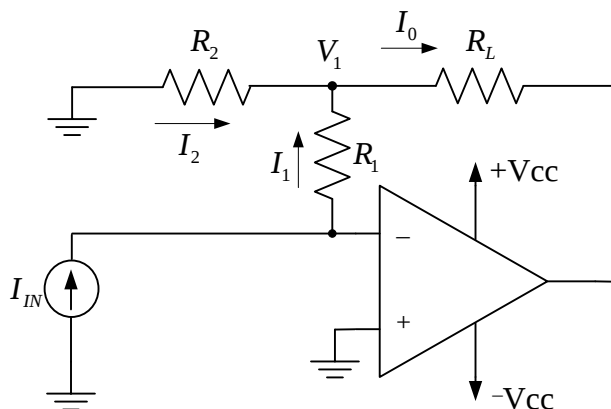
$$I_C = \beta I_B = 50 \cdot 40,12 \mu\text{A} = 2,01 \text{ mA}, \quad (5 \text{ поена})$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 51 \cdot 40,12 \mu\text{A} = 2,05 \text{ mA},$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = \\ &= 20 \text{ V} - 2 \text{ k}\Omega \cdot 2,01 \text{ mA} - 1 \text{ k}\Omega \cdot 2,05 \text{ mA} = 13,93 \text{ V}. \end{aligned} \quad (5 \text{ поена})$$



11. Одредити израз за струју I_0 у колу приказаном на слици. Сматрати да је операциони појачавач идеалних карактеристика и да је позната струја струјног генератора I_{IN} , као и вредности отпорности R_1 , R_2 и R_L .



За коло на слици важи:

$$V_1 = -I_1 R_1, \quad (2,5 \text{ поена})$$

$$I_2 = \frac{0 - V_1}{R_2} = \frac{0 + I_1 R_1}{R_2}, \quad (2,5 \text{ поена})$$

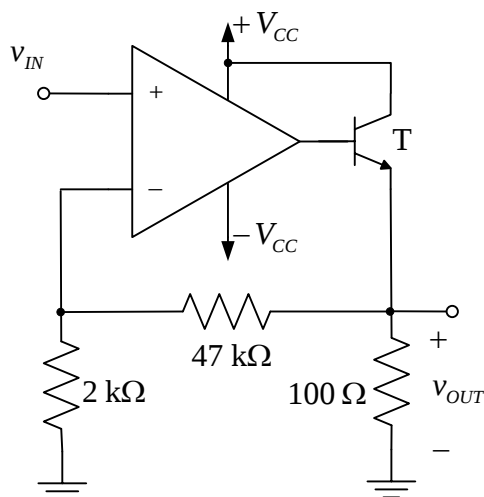
$$I_0 = I_1 + I_2 = I_1 + \frac{I_1 R_1}{R_2},$$

$$I_{IN} = I_1,$$

$$I_0 = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) I_{IN}. \quad (5 \text{ поена})$$



12. Коло на слици садржи идеални операциони појачавач и биполарни транзистор чији су параметри $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} \approx 0 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Улазни напон је $v_{IN} = 100 \text{ mV}$. Одредити излазни напон који представља напон на потрошачу, чија је отпорност 100Ω . Колика је струја потрошача?



Како транзистор ради у директном активном режиму остварена је негативна повратна спрега па важи да је

$$v_- = v_+ = v_{IN} \quad (2,5 \text{ поена})$$

Како нема струје која улази у негативни прикључак операционог појачавача, излазни напон је

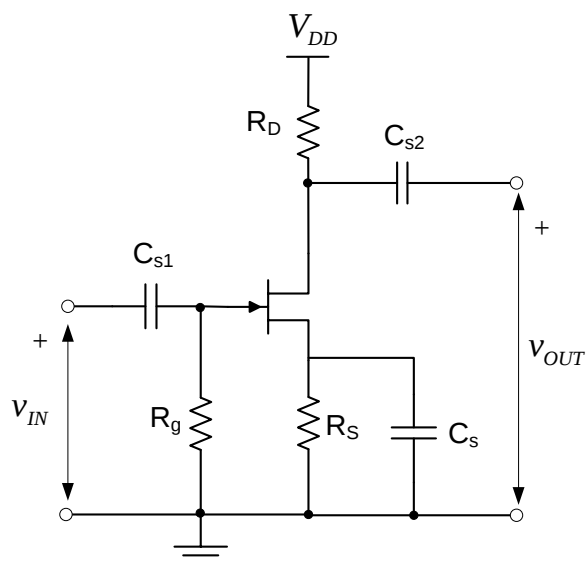
$$v_{OUT} = 0,1 \text{ V} \cdot \frac{2 \text{ k}\Omega + 47 \text{ k}\Omega}{2 \text{ k}\Omega} = 2,45 \text{ V}, \quad (2,5 \text{ поена})$$

а струја потрошача

$$I_L = \frac{2,45 \text{ V}}{100 \Omega} = 24,5 \text{ mA} \quad (5 \text{ поена})$$

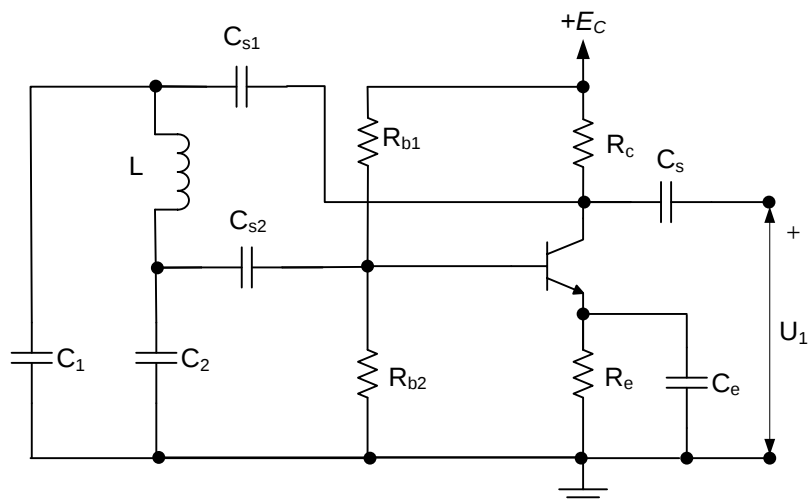


13. Нацртати шему појачавача са заједничким сорсом.



7

14. Нацртати шему Колпицов осцилатор са биполарним транзистором.



8



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



ДВАДЕСЕТ ДРУГО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И 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	3	3	3	3	5	10	10	10	10	10	10	10	10	100
-1	-1	-1	-1	-1										-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. Од чега зависи динамичка отпорност диоде?

а) од положаја радне тачке

б) од температуре

в) од напона на диоди

г) није понуђен одговор

3/-1

2. Инверзни режим биполарног NPN транзистора је:

а) када су спојеви база-емитор и колектор-база поларисани директно

б) када је спој база-емитор поларисан директно, а спој колектор-база инверзно

в) када је спој колектор-база поларисан директно, а спој база-емитор инверзно

г) није понуђен одговор

3/-1

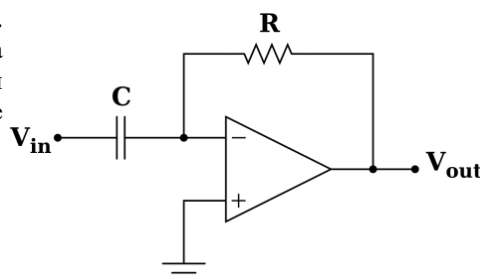
3. На слици је приказано коло за диференцирање. Ако је T време трајања правоугаоног импулса који се доводи на улаз овог кола, вредности компонената R и C се бирају тако да буде задовољен услов:

а) $RC \gg T$

б) $RC \ll T$

в) $RC = T/2$

г) није понуђен одговор



3/-1

4. Реални операциони појачавач:

а) може да ради као линеарни појачавач без повратне спреге

б) не може да ради као линеарни појачавач без повратне спреге

в) може да ради без повратне спреге ако је реализован у CMOS технологији

г) није понуђен одговор

3/-1

5. Униполарни JFET транзистори су при напону $V_{GS} = 0V$ (напон гејт-сорс):

а) непроводни

б) проводни

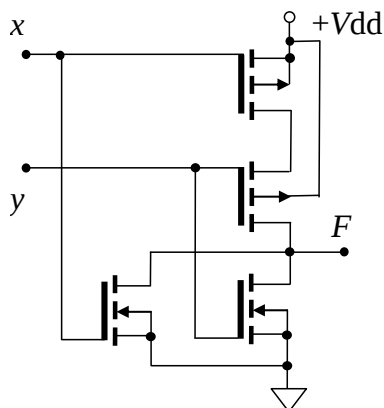
в) зависи да ли је у питању N - канални или P – канални JFET

г) није понуђен одговор

3/-1



6. а) Која логичка функција је реализована колом са N- каналним и P-каналним MOSFET транзисторима, које је приказано на слици ?
 б) Написати логички израз за реализовну функцију.
 в) Попунити таблицу истинитости. Напон од 0 V означити са 0, а напон $+V_{DD}$ са 1.



x	y	F

Решење:

а) НИЛИ коло 1 поен

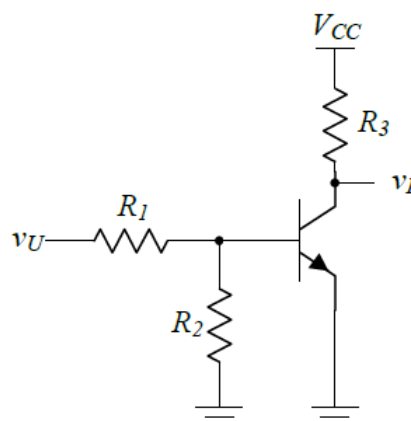
в) 3 поена

б) $F = \overline{x + y}$ 1 поен

x	y	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

5

7. Одредити и графички представити карактеристику преноса $v_I = f(v_U)$ кола приказаног на слици ако се улазни напон мења у границама $-5V < v_U < 5V$.
 Познати су параметри:
 $V_{CC} = 12V$, $\beta = 40$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 20\text{ k}\Omega$,
 $R_3 = 2\text{ k}\Omega$, $V_{CES} \approx 0V$, $V_{BE} = V_{BES} = 0.7V$.





Решење:

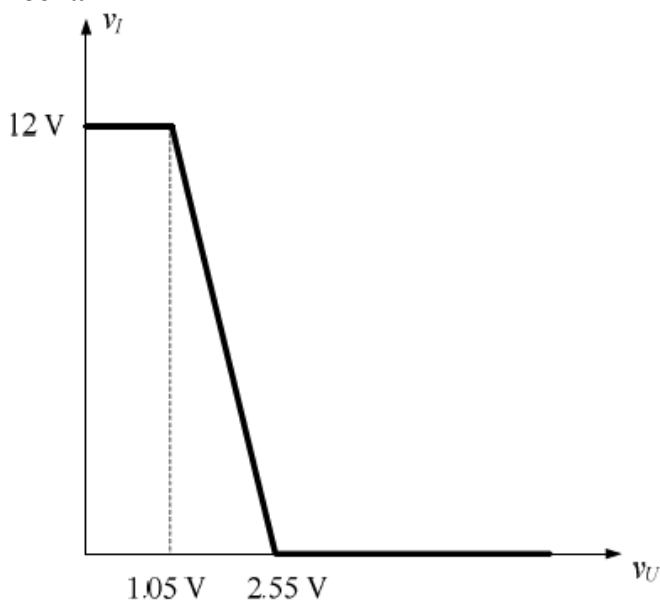
5 поена

$$v_I = \begin{cases} V_{CC} & v_U \leq \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{BE} \\ V_{CC} - \beta R_3 \left(\frac{v_U - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} \right) & \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{BE} \leq v_U \leq V_{BE} + R_1 \left(\frac{V_{CC} - V_{CES}}{\beta R_3} + \frac{V_{BE}}{R_2} \right) \\ V_{CES} & v_U \geq V_{BE} + R_1 \left(\frac{V_{CC} - V_{CES}}{\beta R_3} + \frac{V_{BE}}{R_2} \right) \end{cases}$$

3 поена

$$v_I = \begin{cases} 12 \text{ V} & v_U \leq 1.05 \text{ V} \\ 20.4 \text{ V} - 8v_U & 1.05 \text{ V} \leq v_U \leq 2.55 \text{ V} \\ 0 & v_U \geq 2.55 \text{ V} \end{cases}$$

2 поена



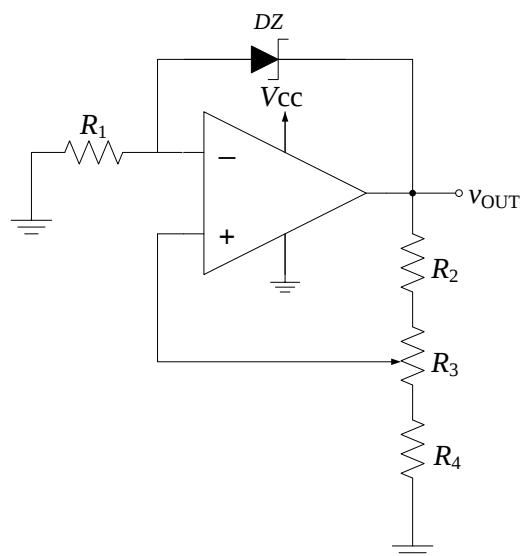


8.

Једносмеран референтни напон v_{OUT} који генерише коло на слици може да се мења променом положаја клизача потенциометра R_3 . Ако су познати параметри: $V_Z = 3V$, $V_{CC} = 15V$, $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ и $R_4 = 10\text{ k}\Omega$,

а) одредити вредност отпорности R_2 тако да максимална вредност излазног напона v_{OUT} буде једнака напону напајања V_{CC} .

б) одредити минималну вредност напона v_{OUT} на основу израчунате вредности отпорности R_2 .

**Решење:**

а)

$$v_{OUT} = \frac{R_2 + R_3 + R_4}{R_2 + (1-k)R_3} V_Z$$

2.5 поена

$$v_{OUT\max} = \left(1 + \frac{R_3 + R_4}{R_2}\right) V_Z = V_{CC}$$

2.5 поена

$$R_2 = \frac{R_3 + R_4}{\frac{V_{CC}}{V_Z} - 1} = 5\text{ k}\Omega$$

2.5 поена

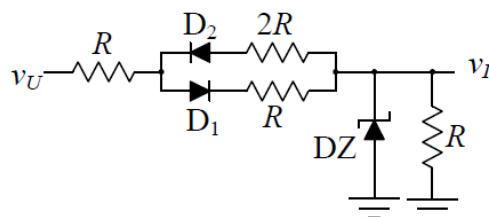
б)

$$v_{OUT\min} = \left(1 + \frac{R_4}{R_2 + R_3}\right) V_Z = 5\text{ V}$$

2.5 поена



9. За коло са слике одредити и нацртати карактеристику преноса $v_I = f(v_U)$. Познати су параметри кола: $R = 1 \text{ k}\Omega$, $V_D = 1 \text{ V}$, $V_Z = 3 \text{ V}$.



Решење:

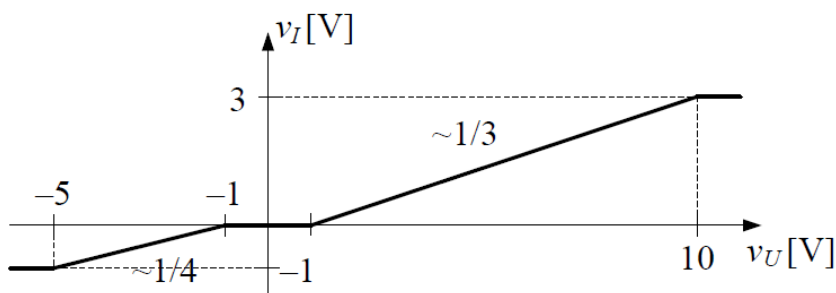
5 поена

$$v_I = \begin{cases} -V_D & v_U < -5V_D \\ \frac{1}{4}(v_U + V_D) & -5V_D < v_U < -V_D \\ 0 & -V_D < v_U < V_D \\ \frac{1}{3}(v_U - V_D) & V_D < v_U < 3V_Z + V_D \\ V_Z & 3V_Z + V_D < v_U \end{cases}$$

3 поена

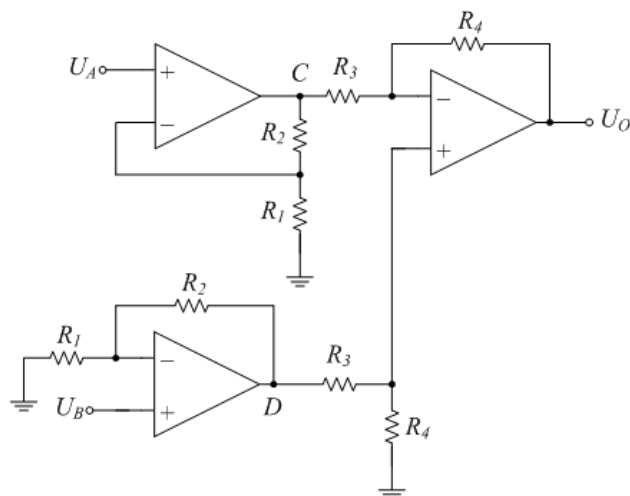
$$v_I = \begin{cases} -1 \text{ V} & v_U < -5V_D \\ \frac{1}{4}(v_U + 1 \text{ V}) & -5 \text{ V} < v_U < -1 \text{ V} \\ 0 & -1 \text{ V} < v_U < 1 \text{ V} \\ \frac{1}{3}(v_U - 1 \text{ V}) & 1 \text{ V} < v_U < 10 \text{ V} \\ 3 \text{ V} & 10 \text{ V} < v_U \end{cases}$$

2 поена





10. За коло, реализовано са три идеална операциона појачавача, дато на слици, написати израз за излазни напон у функцији улазних напона и вредности отпорника.



Решење:

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} (U_D - U_C),$$

2 поена

$$U_C = (R_2 + R_1) \cdot \frac{1}{R_1} \cdot U_A,$$

2 поена

$$U_D = (R_2 + R_1) \cdot \frac{1}{R_1} \cdot U_B,$$

2 поена

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} \left[\left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot U_B - \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot U_A \right],$$

2 поена

$$U_O = \frac{R_4}{R_3} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \cdot (U_B - U_A).$$

2 поена



11. Израчунати елементе извора константне струје, који треба да даје струју $I_O = 3\text{mA}$, ако су транзистори идентични ($V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7\text{V}$) и ако су познате вредности елемената у колу: $V_{CC} = \pm 10\text{V}$, $R_1 = 15\text{k}\Omega$ и $R_2 = 1\text{k}\Omega$.

Решење:

$$I_1 = \frac{20\text{V} - 0.7\text{V}}{16\text{k}\Omega} \approx 1.2\text{mA}$$

2.5 поена

$$I_{C1} \approx I_1$$

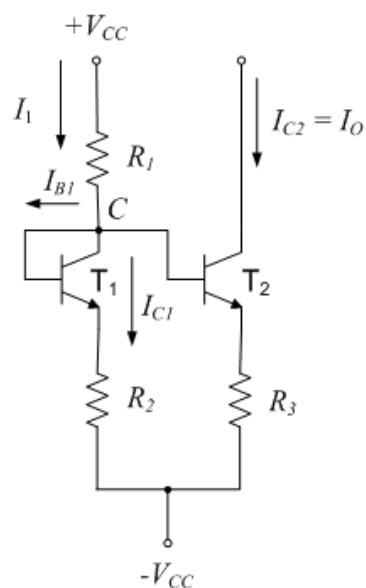
2.5 поена

$$V_{E1} = R_2 I_1 = 1.2\text{V}$$

2.5 поена

Пошто је напон на отпорнику R_3 исти као напон на отпорнику R_2 и износи 1.2V , следи:

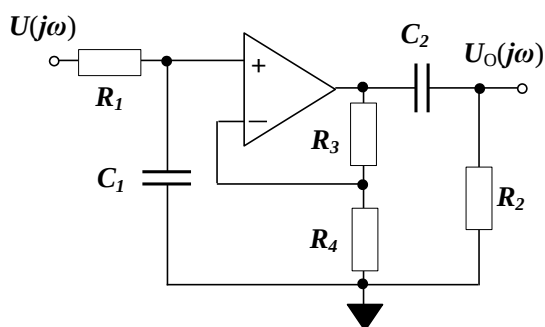
$$R_3 = \frac{V_{E1}}{I_O} = \frac{1.2\text{V}}{3\text{mA}} = 400\Omega$$

2.5 поена

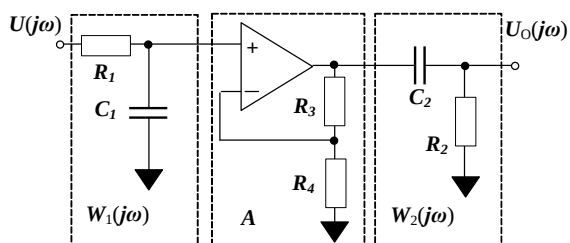


12. У колу, приказаном на слици, примењен је операциони појачавач који се може сматрати савршеним: појачање не зависи од учестаности, а улазна отпорност (импеданса) је бесконачно велика. Одредити фреквенцијску карактеристику овог кола:

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



Решење:



$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot A \cdot W_2(j\omega)$$

$$W_1(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$A = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

$$W_2(j\omega) = \frac{j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

$$W(j\omega) = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1} \frac{j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

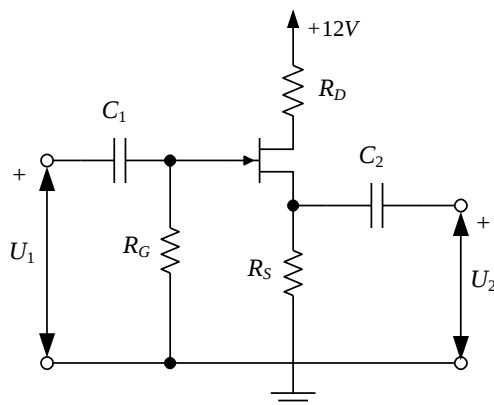


13. За појачавач са заједничким сорсом који је приказан на слици:

а) Нацртати еквивалентну шему за мале сигнале.

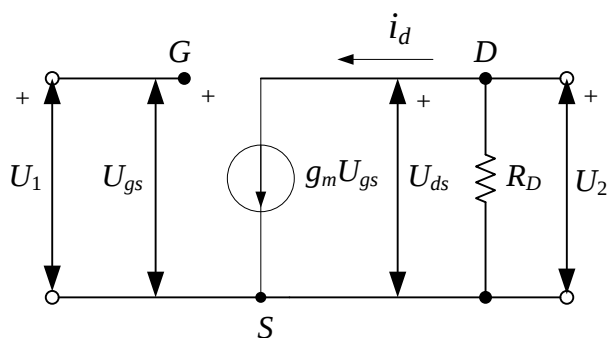
б) Извести израз за напонско појачање.

в) Одредити вредност напонског појачања ако је $R_D = 1\text{ k}\Omega$, $R_S = 1\text{ k}\Omega$ и $g_m = 5\text{ mA/V}$.



Решење:

а) Еквивалентна шема за мале сигнале



4 поена

б) Напонско појачање

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{U_{ds}}{U_{gs}} = \frac{-g_m U_{gs}}{U_{gs}} = -g_m R_d$$

4 поена

в) Вредност анапонског појачања

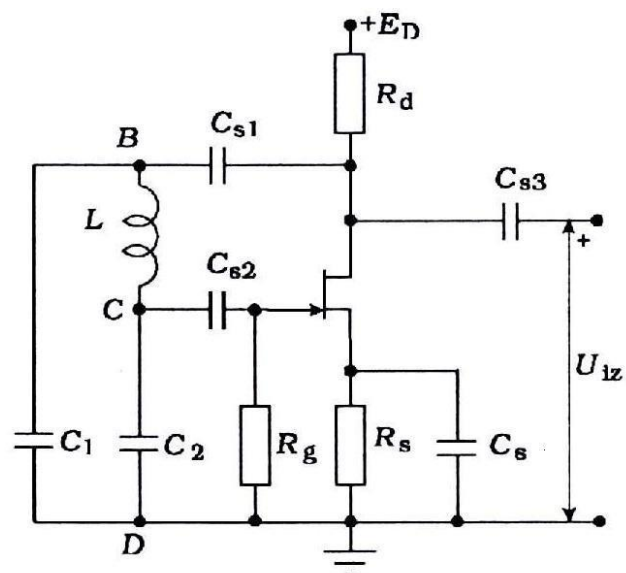
$$A = -5$$

2 поена



14. Нацртати Колпицов осцилатор са FET транзистором.

Решење:



10 поена



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



ДВАДЕСЕТ И ТРЕЋЕ РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ

ОДГОВОРИ И 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	10	10	7	8	100 -5

мај 2017.



**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. Тунел диоде могу да се употребљавају као:

а) осцилатори,

б) стабилизатори,

в) мешачи,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

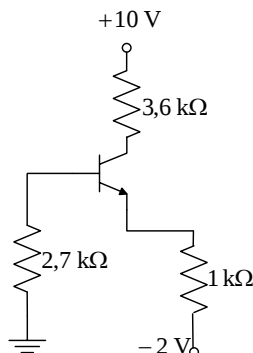
2. Ако су параметри транзистора $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, струја емитера је:

а) $I_E = 0 \text{ mA}$

б) $I_E = 1,3 \text{ mA}$

в) $I_E = 2,7 \text{ mA}$

г) није понуђен тачан одговор



3/-1

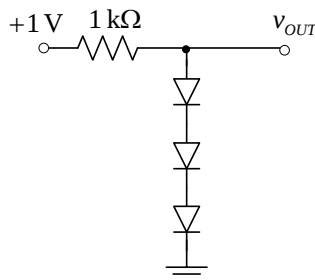
3. Колико износи напон на излазу кола на слици? Напони провођења диода су $V_T = 0,7 \text{ V}$.

а) $0,7 \text{ V}$

б) 1 V

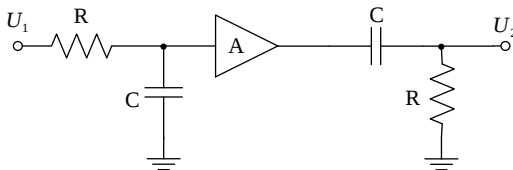
в) $2,1 \text{ V}$

г) није понуђен тачан одговор



3/-1

4. На слици је приказано коло чија је фреквенцијска карактеристика, $W(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)}$, одређена изразом:



а) $W(j\omega) = A \frac{j\omega RC}{(1 + j\omega RC)^2}$

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

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

г) није понуђен тачан одговор

3/-1



5. За појачавач са заједничким колектором важи:

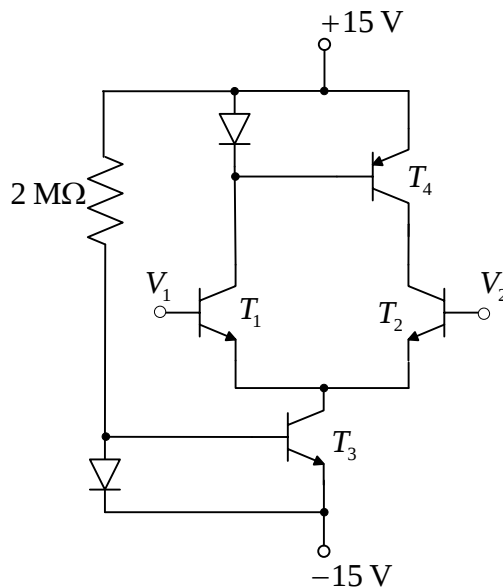
- а) струјно појачање приближно 1, велика улазна отпорност, мала излазна отпорност
- б) велико струјно појачање, мала улазна отпорност, велика излазна отпорност

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

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

6. Одредити приближну вредност струје колектора за транзистор T_2 . Транзистори T_1 и T_2 у колу су идентични, а њихови параметри су $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Напон провођења диоде је $V_T = 0,7 \text{ V}$.



Струја кроз отпорник у колу је

$$I_R = \frac{15 \text{ V} - (-15 \text{ V} + 0,7 \text{ V})}{2 \text{ M}\Omega} = 14,65 \text{ }\mu\text{A} . \text{ (2,5 пеона)}$$

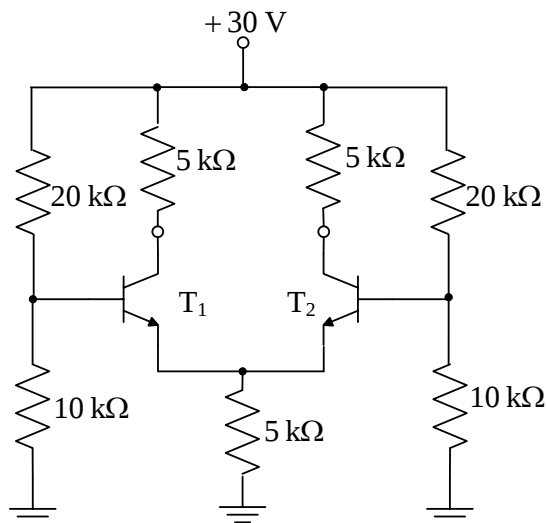
Ова струја се дели на два једнака дела за струје емитера (па и колектора) транзистора T_1 и T_2 , односно $I_E = 7,325 \text{ }\mu\text{A}$.

Коначно струја колектора за транзистор T_2 је приближно $I_{C2} = 7,325 \text{ }\mu\text{A}$.

(7,5 пеона)



7. Транзистори у колу су идентични, а њихови параметри су $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} = 0,2 \text{ V}$ и $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Одредити напон између колектора транзистора T_1 и масе. Одредити напон између колектора транзистора T_2 и масе.



Напон базе транзистора T_1 по принципу разделника напона је:

$$V_B = \frac{10 \text{ k}\Omega}{20 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \cdot 30 \text{ V} = 10 \text{ V} . \text{ Симетрично за напон базе транзистора } T_2 \text{ важи}$$

иста вредност напона. **(2,5 поена)**

Струја емитера транзистора T_1 (а симетрично и транзистора T_2) је:

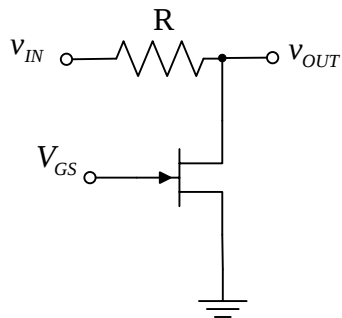
$$I_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_B - V_{BE}}{R_E} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{5 \text{ k}\Omega} = 0,93 \text{ mA} . \text{ **(2,5 поена)** }$$

Напон колектора у односу на масу за T_1 (а симетрично и транзистора T_2) је:

$$V_C = 30 \text{ V} - I_E R_C = 30 \text{ V} - 0,93 \text{ mA} \cdot 5 \text{ k}\Omega = 25,35 \text{ V} . \text{ **(5 поена)** }$$



8. Улазни напон, за коло на слици, је $v_{IN} = 50 \text{ mV}$. Колико износи излазни напон v_{OUT} , за $V_{GS} = 0 \text{ V}$, а колико за $V_{GS} = -3 \text{ V}$? Познато је $V_{GSoff} = -2 \text{ V}$, $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ и $R = 22 \text{ k}\Omega$. Када ЈФЕТ ради у омској области понаша се као отпорник $R_{DS} = \frac{-V_{GSoff}}{I_{DSS}}$.



За $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ЈФЕТ ради у омској области, па је

$$R_{DS} = \frac{-V_{GSoff}}{I_{DSS}} = \frac{2 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 200 \Omega \text{ и}$$

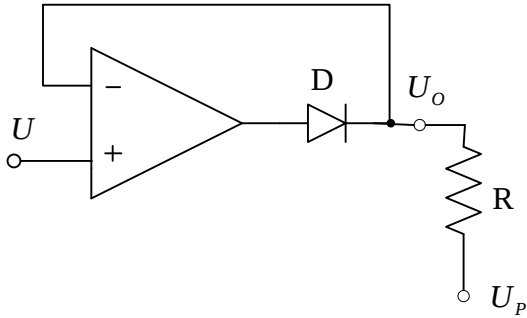
$$v_{OUT} = \frac{R_{DS}}{R_{DS} + R} v_{IN} = \frac{200 \Omega}{200 \Omega + 22 \text{ k}\Omega} 50 \text{ mV} = 0,45 \text{ mV} . \text{ (5 поена)}$$

За $V_{GS} = -3 \text{ V}$ ЈФЕТ је отворена веза, па је

$$v_{OUT} = v_{IN} = 50 \text{ mV} . \text{ (5 поена)}$$



9. Под претпоставком да је у колу, приказаном на слици, операциони појачавач савршен, одредити општи израз за функцију $U_O(U, U_P)$, и нацртати карактеристику преноса $U_O(U)$. За напон U_P важи $U_P > 0$.



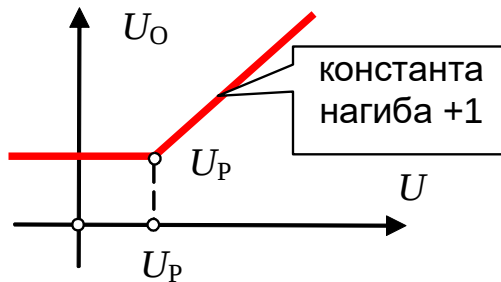
Када је вредност улазног напона напон већа од напона U_P негативна повратна спрега је успостављена преко директно поларисане диоде која обезбеђује струју кроз отпорност R_O . Напон на излазу кола је једнак улазном напону, $U_O = U$.

(4 поена)

Када је улазни напон мањи од напона U_P , диода је инверзно поларисана и петља повратне спреге је прекинута. Излазни напон је тада једнак U_P , $U_O = U_P$.

(4 поена)

Карактеристика преноса је приказана на слици.



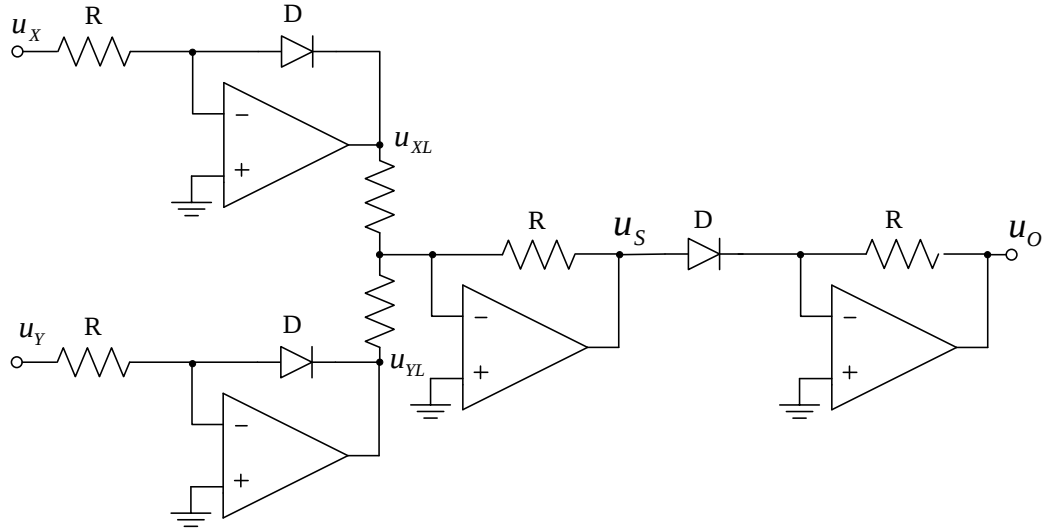
(2 поена)



10.

Операциони појачавачи су идеални, а струја диода је дата изразом $i_D = I_S e^{\frac{U_{AK}}{U_T}}$.

Одредити изразе за u_{XL} , u_{YL} , u_S и u_O коло приказано на слици, у зависности од улазних напона u_X и u_Y , ($u_X > 0$ и $u_Y > 0$), и параметара R , I_S и U_T .



За коло на слици важи:

$$u_{XL} = -U_T \ln \frac{u_X}{RI_S}, \text{ (2,5 поена)}$$

$$u_{YL} = -U_T \ln \frac{u_Y}{RI_S}, \text{ (2,5 поена)}$$

$$u_S = -u_{XL} - u_{YL} = U_T \ln \frac{u_X}{RI_S} + U_T \ln \frac{u_Y}{RI_S}, \text{ (2,5 поена) и}$$

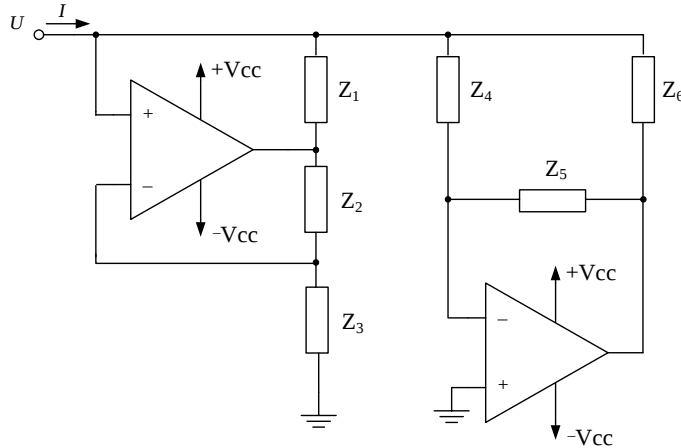
$$u_O = -RI_S e^{\frac{u_{XL} + u_{YL}}{U_T}},$$

на основу којих следи:

$$u_O = -RI_S e^{\left(\ln \frac{u_X}{RI_S} + \ln \frac{u_Y}{RI_S} \right)} = -RI_S e^{\ln \frac{u_X}{RI_S}} \cdot e^{\ln \frac{u_Y}{RI_S}} = -\frac{u_X u_Y}{RI_S}. \text{ (2,5 поена)}$$



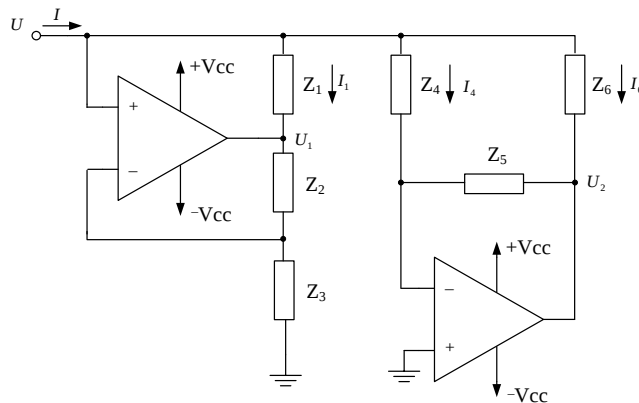
11. За коло приказано на слици, под претпоставком да су примењени операциони појачавачи савршени, извести општи израз за улазну импедансу ($Z = U/I$), ако су импедансе Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 и Z_6 познате.



Према ознакама на слици, за коло са савршеним операционим појачавачима у линеарном режиму рада, важе једначине:

$$I = I_1 + I_4 + I_6, \quad I_1 = \frac{U - U_1}{Z_1}, \quad I_4 = \frac{U}{Z_4}, \quad I_6 = \frac{U - U_2}{Z_6}$$

$$U_1 = U \left(1 + \frac{Z_2}{Z_3} \right), \quad U_2 = -U \frac{Z_5}{Z_4},$$



на основу којих следи:

$$I_1 = \frac{U - U_1}{Z_1} = \frac{U - U \left(1 + \frac{Z_2}{Z_3} \right)}{Z_1} = -\frac{U}{Z_1} \frac{Z_2}{Z_3}, \quad I_6 = \frac{U - U_2}{Z_6} = \frac{U + U \frac{Z_5}{Z_4}}{Z_6} \quad (\text{поставка једначина 5 поена})$$

односно:

$$I = -\frac{U}{Z_1} \frac{Z_2}{Z_3} + \frac{U}{Z_4} + \frac{U}{Z_6} + \frac{U}{Z_6} \frac{Z_5}{Z_4}.$$

Сређивањем ове једначине добија се израз за вредност улазне струје у зависности од улазног напона и импеданси Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 и Z_6 :



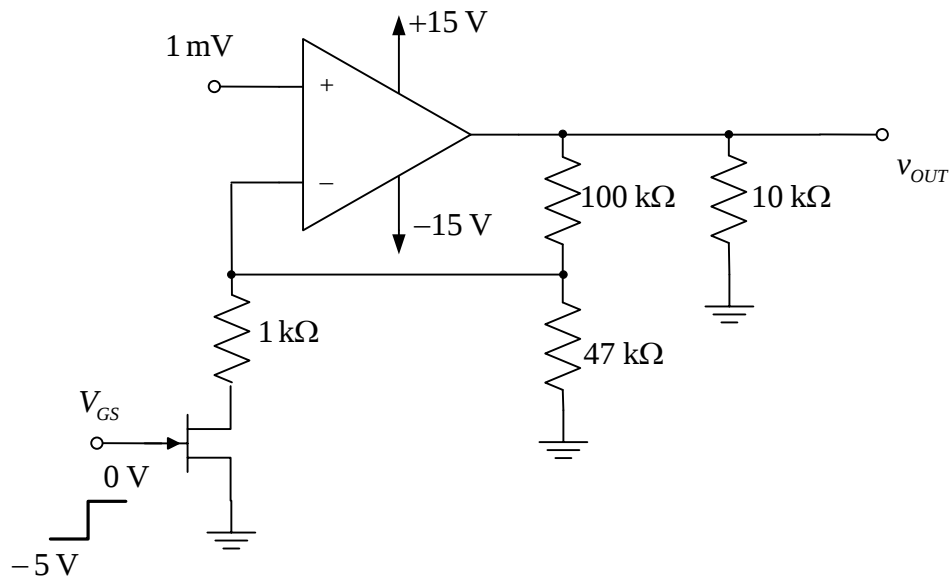
$$I = U \frac{Z_1 Z_3 Z_6 + Z_1 Z_3 Z_4 + Z_1 Z_3 Z_5 - Z_2 Z_4 Z_6}{Z_1 Z_3 Z_4 Z_6},$$

на основу којег следи општи израз за вредност улазне импедансе Z :

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{Z_1 Z_3 Z_4 Z_6}{Z_1 Z_3 Z_6 + Z_1 Z_3 Z_4 + Z_1 Z_3 Z_5 - Z_2 Z_4 Z_6}. \quad (5 \text{ поена})$$



12. Када је напон $V_{GS} = -5\text{ V}$ транзистор је закочен, док за $V_{GS} = 0\text{ V}$ ради у омској области и понаша се као отпорник R_{DS} . Отпорност дрејна када је транзистор у омској области је $R_{DS} = 40\ \Omega$. Колико износе минимални и максимални напон на излазу v_{OUT} ?



Када је $V_{GS} = -5\text{ V}$ транзистор је закочен, па је напон на излазу једнак

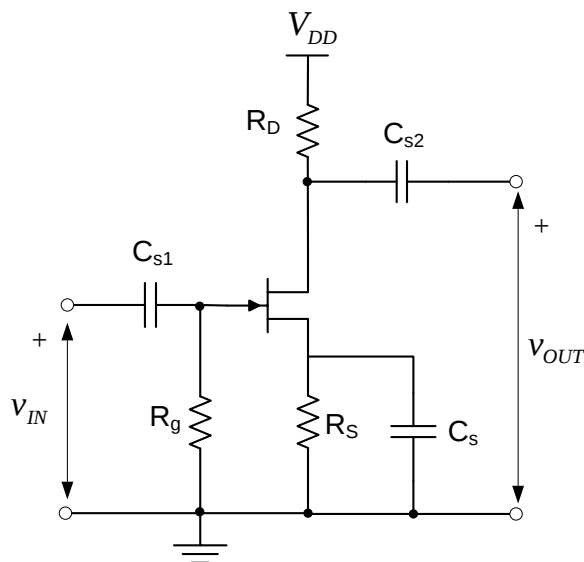
$$v_{OUT} = \frac{47\text{ k}\Omega + 100\text{ k}\Omega}{47\text{ k}\Omega} \cdot 1\text{ mV} = 3,13\text{ mV} . \text{ (5 поена)}$$

Када је $V_{GS} = 0\text{ V}$ транзистор је у омској области, па је напон на излазу једнак

$$v_{OUT} = \frac{47\text{ k}\Omega \parallel (1\text{ k}\Omega + 40\ \Omega) + 100\text{ k}\Omega}{47\text{ k}\Omega \parallel (1\text{ k}\Omega + 40\ \Omega)} \cdot 1\text{ mV} = 99,04\text{ mV} . \text{ (5 поена)}$$

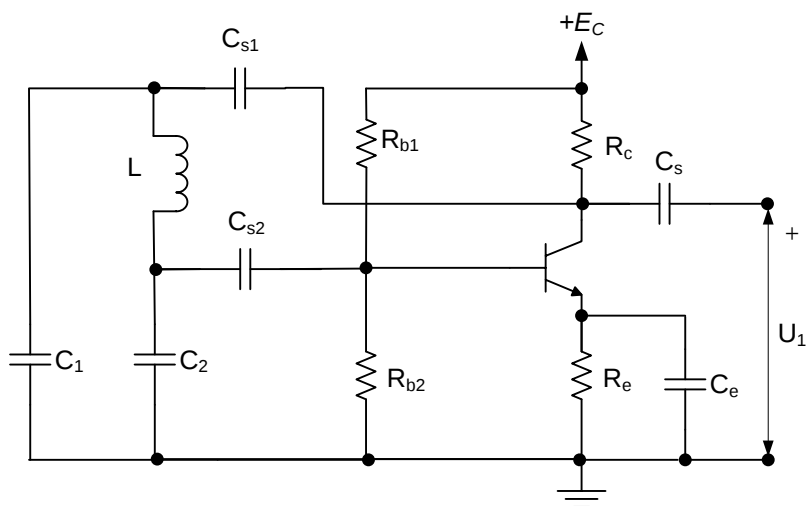


13. Нацртати шему појачавача са заједничким сорсом.



7

14. Нацртати шему Колпицовог осцилатор са биполарним транзистором.



8



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



**ДВАДЕСЕТ И ПЕТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ
ИЗ
ЕЛЕКТРОНИКЕ**

ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА

ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА

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

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

Срећно!



1. У поређењу са силицијумским диодама које садрже PN -спој, напон прага вођења Шотки-диоде је:

а) мањи,

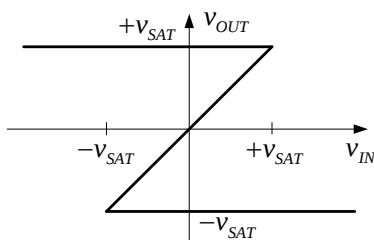
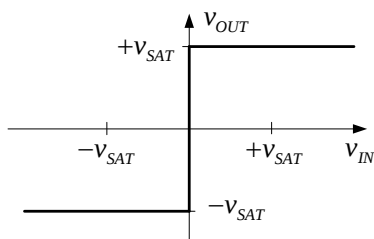
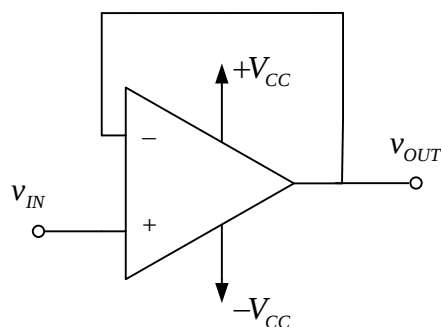
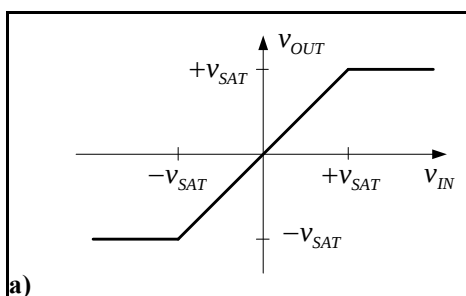
б) приближно једнак,

в) већи,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

2. Како изгледа преносна карактеристика кола на слици? Карактеристике операционог појачавача су идеалне, напони засићења износе $\pm V_{SAT}$.



г) није понуђен одговор

3/-1

3. Тростепени каскадни појачавач има следећа напонска појачања појединачних степена $A_1 = 20 \text{ dB}$, $A_2 = -10 \text{ dB}$ и $A_3 = 3$. Колико је укупно напонско појачање појачавача?

а) 10 dB ,

б) 13 dB ,

в) $14,77 \text{ dB}$,

г) није понуђен тачан одговор.

3/-1



4. Униполарни MOSFET транзистори су при напону $U_{GS} = 0V$ (напон гејт-сорс):

- а) проводни,
б) непроводни,

в) зависи да ли је у питању MOSFET транзистор са индукованим или уграђеним каналом,

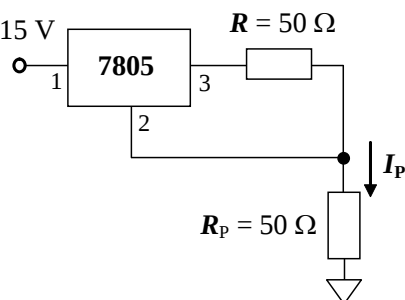
- г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

5. Под претпоставком да се струја $U = +15V$ стабилизатора која тече кроз прикључак 2 може занемарити, одредити вредност излазне струје, I_p која протиче кроз отпорник R_p .

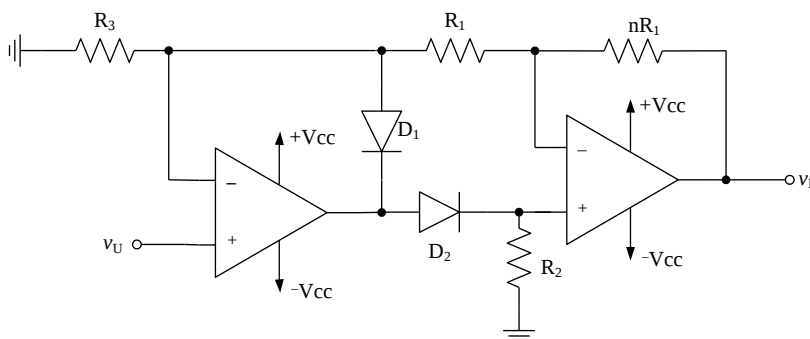
- а) $50mA$,
б) $100mA$,
в) $150mA$,

- г) није понуђен тачан одговор.

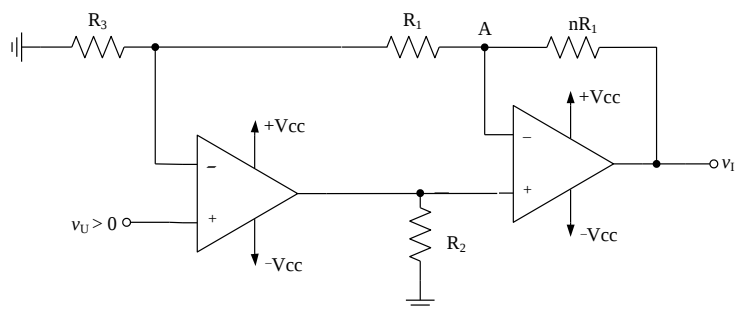


3/-1

6. На слици је приказан прецизан усмерач. Употребљени појачавачи и диоде имају идеалне карактеристике. Вредност отпорника R_3 је: $R_3 = \frac{R_1(n+1)}{n-1}$. Одредити излазни напон v_1 .



У позитивној полупериоди напона v_U ($v_U > 0$), диода D_2 проводи, а диода D_1 не проводи. Израз за излазни напон се одређује из еквивалентне шеме:



$$\frac{v_I - V_A}{nR_1} = \frac{V_A - v_U}{R_1} = \frac{v_U}{R_3}$$

$$(1) \quad \frac{V_A - v_U}{R_1} = \frac{v_U}{R_3}$$

$$V_A = v_U \left(1 + \frac{R_1}{R_3} \right)$$

$$(2) \quad \frac{v_I - V_A}{nR_1} = \frac{v_U}{R_3}$$

$$v_I = nv_U \frac{R_1}{R_3} + V_A$$

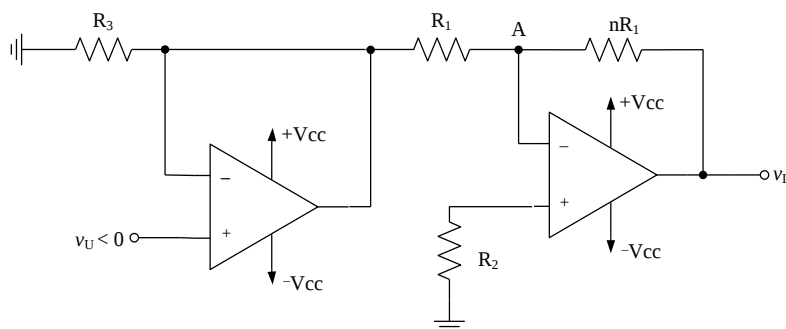
$$v_I = nv_U \frac{R_1}{R_3} + v_U \left(1 + \frac{R_1}{R_3} \right)$$

$$v_I = v_U \left(1 + \frac{R_1}{R_3} (1 + n) \right)$$

$$v_I = nv_U > 0$$

5 поена

У негативној полупериоди ($v_U < 0$), проводи диода D1, док је диода D2 неководна. Израз за излазни напон се одређује на основу еквивалентне шеме:



$$\frac{v_I}{nR_1} = \frac{-v_U}{R_1}$$

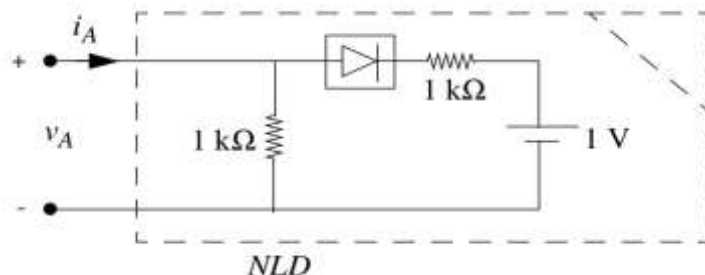
5 поена

$$v_I = -nv_U > 0$$

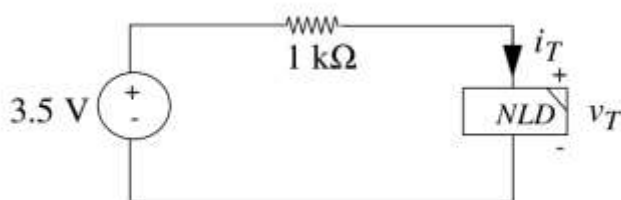
На основу претходних разматрања следи да је $v_I = n |v_U|$



7. а) Одредити и нацртати i_A у зависности од v_A за нелинеарну мрежу приказану на слици. Претпоставити да је диода идеална.



б) Нелинеарна мрежа (означена са NLD) повезана је као на следећој слици. Нацртати праву која дефинише везу између i_T и v_T (load line) на истом графику где је нацртана и карактеристика из тачке а). Одредити струју i_T и напон v_T на којој се налази пресечна тачка карактеристика из а) и б) (operating point).



а) Када је $v_A > 1V$ диода проводи струју па је

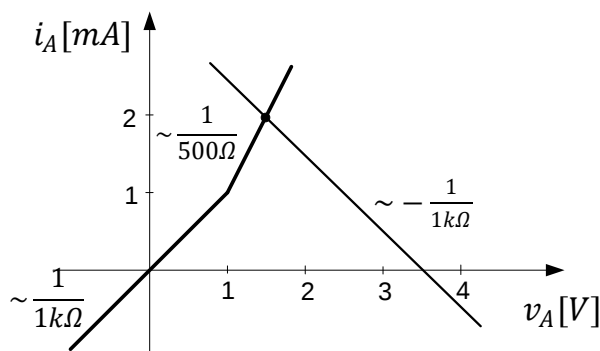
$$i_A = \frac{2v_A - 1V}{1k\Omega}. \quad (2 \text{ поена})$$

Са друге стране, када је $v_A < 1V$ диода не проводи струју па је

$$i_A = \frac{v_A}{1k\Omega}. \quad (2 \text{ поена})$$

б) За коло на слици важи

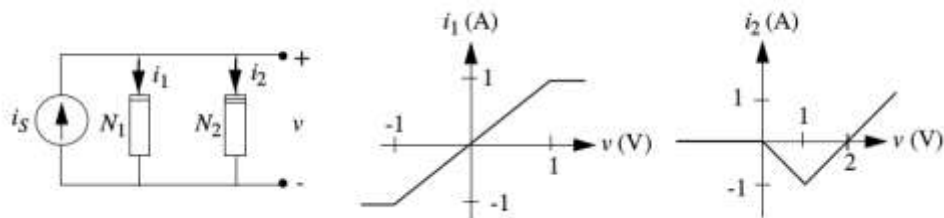
$$3.5V - 1k\Omega i_T = v_T, \text{ па је } i_T = \frac{3.5V - v_T}{1k\Omega}. \quad (1.5 \text{ поен}) \text{ Пресечна тачка карактеристика је за } i_T = 2mA \text{ и } v_T = 1.5V. \quad (1.5 \text{ поен})$$



(3 поена)



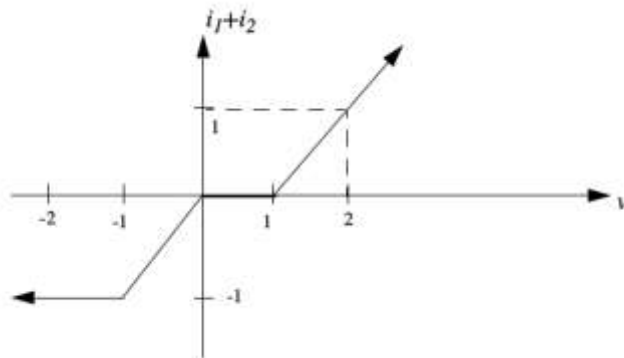
8. Коло на слици садржи два нелинеарна елемента N_1 и N_2 чије су струјно-напонске карактеристике дате на сликама. Одредити напон v ако је а) $i_S = 1A$ и б) $i_S = 10A$.



Како за коло на слици важи израз:

$$i_S = i_1 + i_2$$

график суме струја нелинеарних елемената дат је на следећој слици.

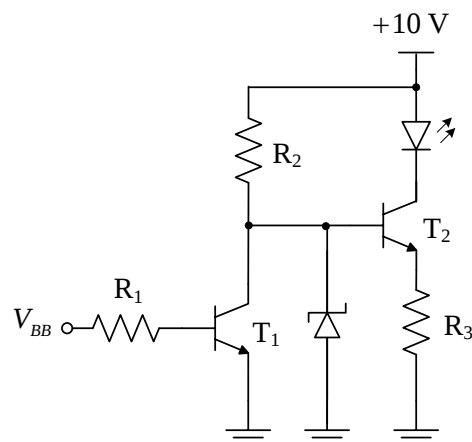


а) На основу графика суме струја нелинеарних елемената види се да је излазни напон за $i_S = 1A$ једнак $v = 2V$ (5 поена).

а) На основу графика суме струја нелинеарних елемената види се да је излазни напон за $i_S = 10A$ једнак $v = 11V$ (5 поена).



9. Колико износи струја кроз LED диоду за $V_{BB} = 0,2\text{ V}$, а колико за $V_{BB} = 10\text{ V}$? За транзисторе у колу на слици важи $\beta_F \rightarrow \infty$, $V_{CES} \approx 0\text{ V}$ и $V_{BE} = 0,6\text{ V}$, напон пробоја Ценер диоде је $V_Z = 5,1\text{ V}$, док су вредности отпорника у колу $R_1 = 2,4\text{ k}\Omega$, $R_2 = 240\text{ }\Omega$ и $R_3 = 270\text{ }\Omega$.



Ако је $V_{BB} = 0,2\text{ V}$ први транзистор је закочен, а Ценер диода је у пробоју. Струја емитера другог транзистора је

$$I_{E2} = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_3} = \frac{5,1\text{ V} - 0,6\text{ V}}{270\text{ }\Omega} = 16,67\text{ mA},$$

па је струја кроз LED диоду

$$I_{C2} \approx I_{E2} = 16,67\text{ mA}. \text{ (5 поена)}$$

Ако је $V_{BB} = 10\text{ V}$ први транзистор је zasiћен, Ценер диода не води, а други транзистор је закочен. Струја кроз LED диоду је сада једнака нули. (5 поена)

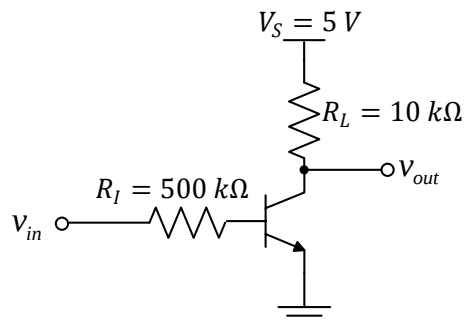


10. На слици је дато коло са биполарним транзистором за који важи да је $\beta = 100$, $V_{CES} = 0,2 V$ и $V_{BE} = 0,6 V$. Остале познате вредности су означене на слици.

а) Одредити зависност v_{out} од v_{in} , ако је транзистор у директном активном режиму. (6 поена)

б) Колико износе вредности улазног и излазног напона за које транзистор престаје да ради у директном активном режиму и прелази у закочење? (2 поена)

в) Колико износе вредности улазног и излазног напона за које транзистор престаје да ради у директном активном режиму и прелази у засићење? (2 поена)



Како је $V_E = 0 V$, $V_{CE} = V_C - V_E = V_C$. Излазни напоне је $v_{out} = V_C$.

а) Транзистор је у директном активном режиму. Струја базе транзистора је

$$I_B = \frac{v_{in} - V_{BE}}{R_I}, \text{ (1 поен)}$$

па је струја колектора $I_C = \beta I_B$ (1 поен). Сада је напон на излазу

$$v_{out} = V_C = V_S - R_L I_C = V_S - R_L \beta I_B = V_S - \beta R_L \frac{v_{in} - V_{BE}}{R_I}, \text{ (2 поен)}$$

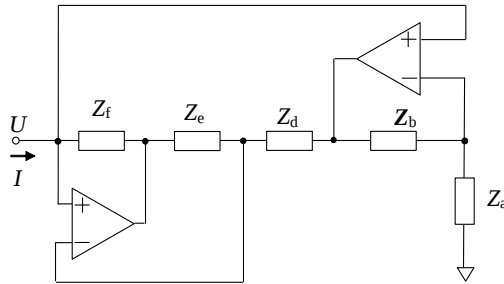
$$\text{Односно } v_{out} = 5 V - 100 \cdot 10 k\Omega \cdot \frac{v_{in} - 0,6 V}{500 k\Omega} = 6,2 V - 2v_{in}. \text{ (2 поен)}$$

б) Када транзистор пређе у закочење струје базе и колектора су једнаке нули. На основу израза за струју базе дате под а), следи да је у овом случају $v_{in} = 0,6 V$ (1 поен), а излазни напон је тада једнак $v_{out} = 5 V$. (1 поен)

в) Када транзистор уђе у засићење излазни напон је једнак $v_{out} = 0,2 V$. (1 поен) Улазни напон је тада $v_{in} = 3 V$. (1 поен)



11. За коло приказано на слици, под претпоставком да су примењени операциони појачавачи савршени, извести општи израз за вредност улазне импедансе $Z = U/I$.



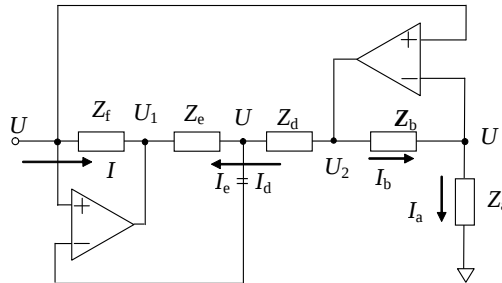
У складу са ознакама и референтним смеровима назначеним на слици, за коло са савршеним операционим појачавачима важе следеће једначине:

$$I_e = I_d = \frac{U_2 - U}{Z_d},$$

$$I_b = I_a = \frac{U}{Z_a},$$

$$U_1 = U - Z_e I_d,$$

$$I = I_f = \frac{U - U_1}{Z_f},$$



на основу којих следи:

$$U_2 = \frac{Z_b + Z_a}{Z_a} U. \quad (3 \text{ поена})$$

Сменом израза за струју I_d у једначини за напон U_1 добија се:

$$U_1 = U - Z_e \frac{U_2 - U}{Z_d} = U - Z_e \frac{\left(1 + \frac{Z_b}{Z_a}\right) U - U}{Z_d} = U \left(1 - \frac{Z_e Z_b}{Z_d Z_a}\right). \quad (3 \text{ поена})$$

За вредност улазне струје I важи:

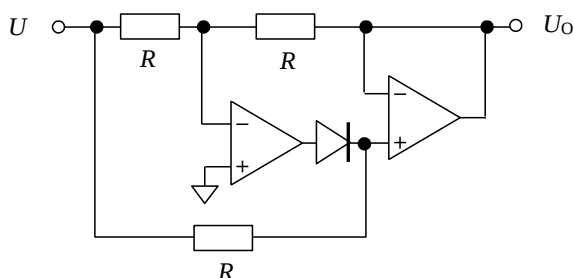
$$I = \frac{U - U_1}{Z_f} = U \frac{Z_b Z_e}{Z_a Z_d Z_f}$$

одакле следи:

$$Z = \frac{Z_a Z_d Z_f}{Z_b Z_e}. \quad (4 \text{ поена})$$



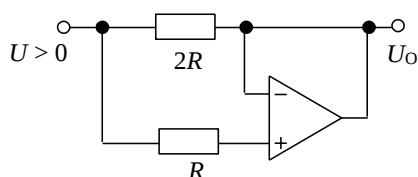
12. Под претпоставком да су у колу, приказаном на слици, примењени савршени операциони појачавачи и идеална диода, одредити општи израз за карактеристику преноса $U_O(U)$.



Могућа су два стања у колу, у зависности од поларитета улазног напона. Када је напон U позитиван коло делује као неинвертујући јединични појачавач.

Када је $U > 0$ излазни напон је $U_O = U$.

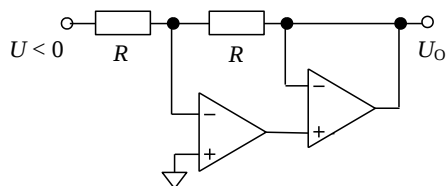
(5 поена)



Када је улазни напон негативан, коло делује као јединични инвертујући појачавач са баферизованим излазом приказан на слици.

Када је $U < 0$ излазни напон је $U_O = -U$.

(5 поена)

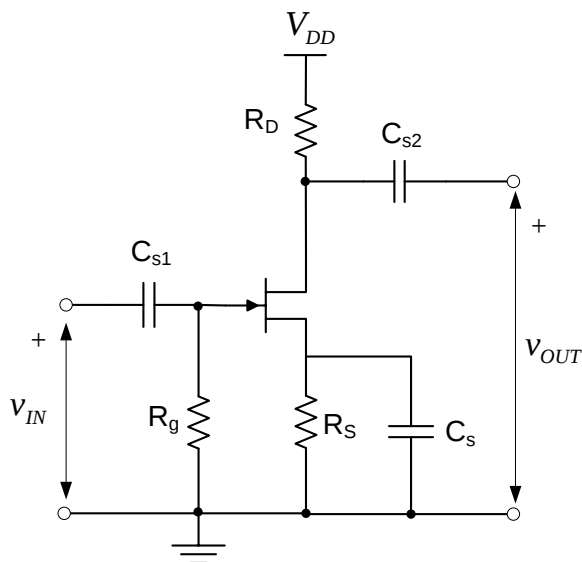


Карактеристика преноса $U_O(U)$ одређена је изразом:

$$U_O = |U|.$$

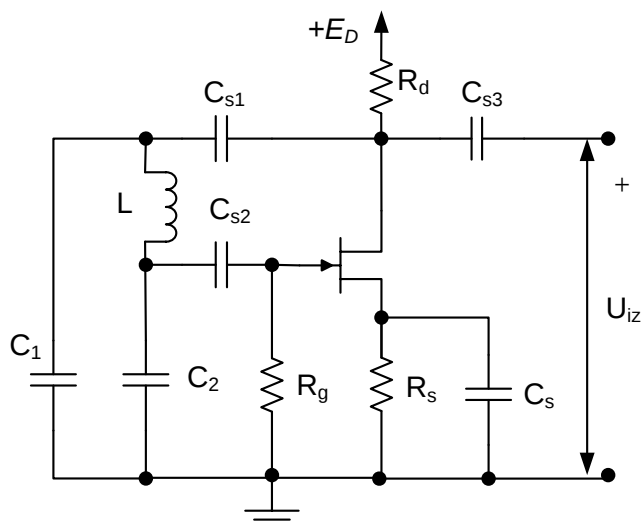


13. Нацртати шему појачавача са заједничким сорсом.



7

14. Нацртати шему Колпицовог осцилатора са FET-ом.



8



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



**ДВАДЕСЕТШЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ
ИЗ
ЕЛЕКТРОНИКЕ**

ЗА УЧЕНИКЕ ТРЕЋЕГ РАЗРЕДА

ОДГОВОРИ И РЕШЕЊА

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

мај 2022.



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 купан 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.

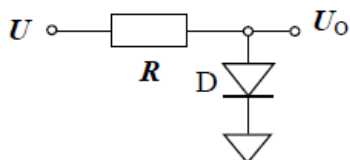
Није мудро да се дуго задржавате на питањима и задацима код којих, у датом тренутку, не можете са сигурношћу да одредите тачан одговор, односно да сагледате решење постављеног задатка. Усредсредите се на питања и задатке који следе. Након тога, преостало време посветите решавању задатака које сте „прескочили”.

Срећно!

ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТШЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2022.

1. Означити тачан израз за излазни напон U_O у зависности од опсега вредности улазног напона U .



- а) $U_O = U$ када је $U \geq 0$
б) $U_O = 0$ када је $U \geq 0$,
 в) $U_O = 0$ када је $U < 0$,
 г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

2. Код транзистора у стању засићења струјно појачање $\beta_s = I_C/I_B$ је

- а) мање него у активном режим рада,**
 б) веће него у активном режим рада,
 в) исто као у активном режиму рада,
 г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

3. За напон пробоја Ценер диоде важи:

- а) напон на коме диода не може да ради
 б) значајно се мења са променом струје диоде,
в) приближно је константан
 г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

4. Код појачавача са заједничком базом

- а) улазни напон се доводи на емитор, а излазни напон се одводи са колектора транзистора,**
 б) улазни напон се доводи на колектор а излазни напон се одводи са емитора транзистора,
 в) улазни напон се доводи на емитор а излазни напон се одводи са базе транзистора,
 г) није понуђен одговор.

3/-1

5. Примена негативне повратне спреге код операционог појачавача:

а) смањује појачање кола у односу на коло без реакције,

б) повећава појачање кола у односу на коло без реакције,

в) обезбеђује да појачање буде бесконачно велико,

г) није понуђен тачан одговор.

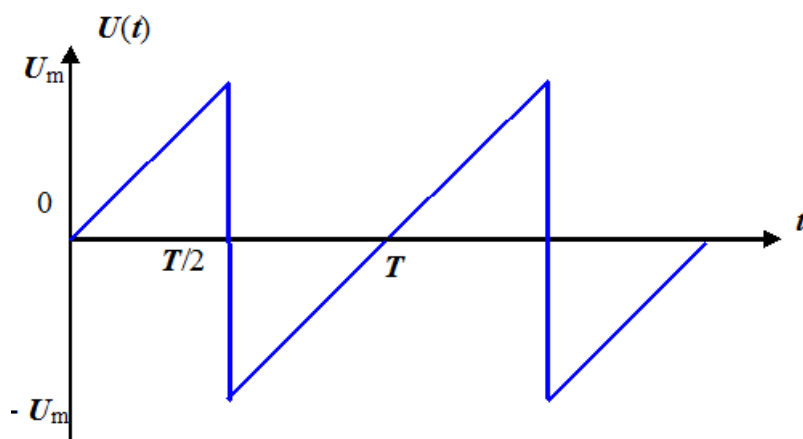
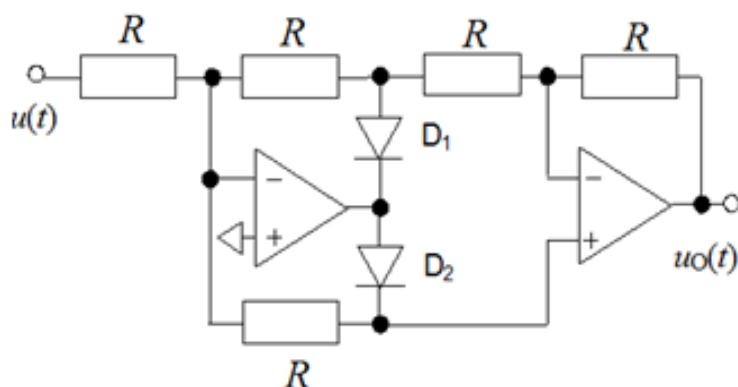
3/-1

6. За коло са идеалним операционим појачавачима, које је приказано на слици

а) Одредити израз за излазни напон.

б) Нацртати преносну карактеристику $U_O(U)$.

в) Нацртати временски дијаграм излазног напона.



ЕЛЕКТРОНИКА

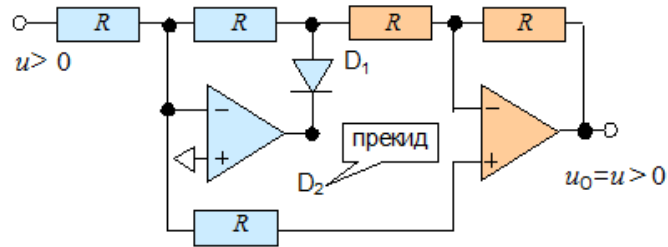
ДВАДЕСЕТШЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2022.

а)

$$u \geq 0$$

$$u_O = u$$

1 бод



$$u < 0$$

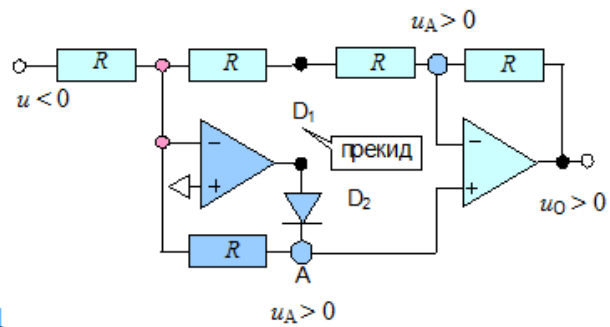
$$-\frac{u}{R} = \frac{u_A}{R} + \frac{u_A}{2R} = +\frac{3}{2} \frac{u_A}{R}$$

$$u_A = -u \frac{2}{3}$$

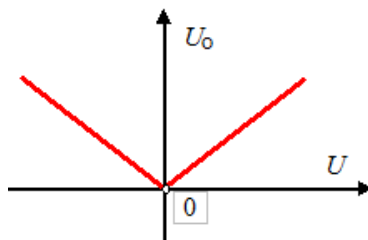
$$u_O = u_A + R \frac{1}{3} \left(-\frac{u}{R} \right) = -\frac{2}{3} u - \frac{1}{3} u = -u$$

$$u_O = -u$$

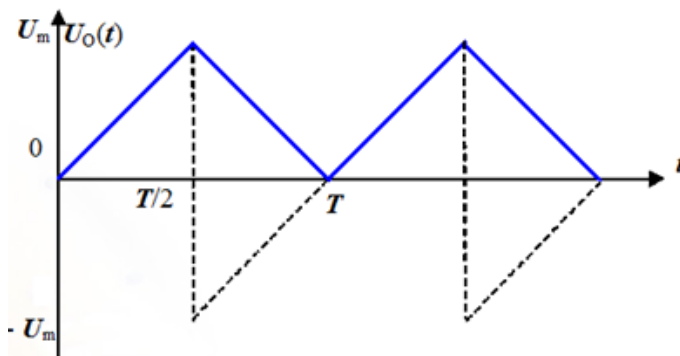
1 бод



б)



2 бода



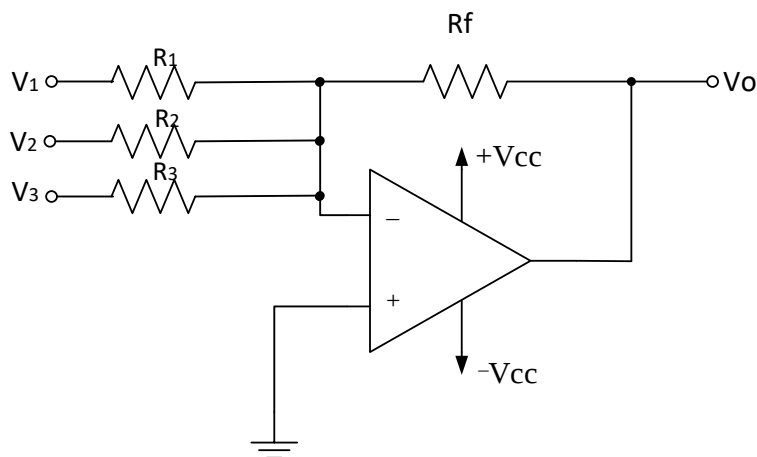
4 бода



7. Нацртати и одредити елементе кола реализованог са једним операционим појачавачем које остварује следећу функцију:

$$V_o = -V_1 - 4V_2 - 2V_3,$$

ако се између излаза операционог појачавача и – прикључка на улазу операционог појачавача налази отпорник од $100\text{ k}\Omega$. V_o означава излазни напон.



5 бодова

Напон на излазу суматора на слици је дат са:

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1}V_1 - \frac{R_f}{R_2}V_2 - \frac{R_f}{R_3}V_3$$

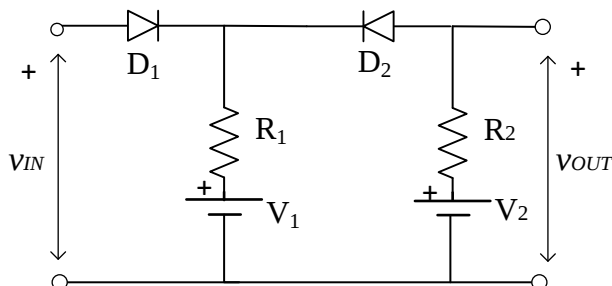
Одакле добијамо $-\frac{R_f}{R_1} = -1$, $R_1 = 100\text{ k}\Omega$, $-\frac{R_f}{R_2} = -4$, $R_2 = 25\text{ k}\Omega$,

$$-\frac{R_f}{R_3} = -2, R_3 = 50\text{ k}\Omega,$$

5 бодова

8.

Под претпоставком да су у колу, приказаном на слици, примењене савршене диоде одредити и нацртати преносну карактеристику кола $v_{OUT} = f(v_{IN})$ ако се улазни напон мења у распону од 0 до $5V_1$. Елементи кола су R_1 , $R_2=2R_1$, $V_1>0$, $V_2=4V_1$.



Када је улазни напон мањи од V_1 ($v_{IN} \leq V_1$) диода D_1 не проводи струју. Пошто је $V_2 > V_1$ диода D_2 проводи па је излазни напон дат изразом:

$$v_{OUT} = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_1 + \frac{R_1}{R_1+R_2} V_2 = 2V_1 \quad \text{3 бода}$$

Пошто је ово напон на катоди диоде D_1 , диода D_1 ће провести тек када улазни напон достигне $2V_1$. За улазне напоне веће од $2V_1$ проводе обе диоде све док улазни напон не достигне вредност V_2 када диода D_2 престаје да проводи.

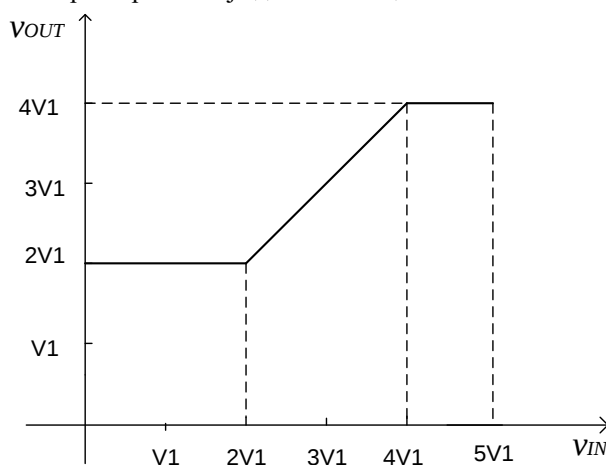
За улазне напоне $2V_1 < v_{IN} < V_2$ излазни напон је једнак улазном напону

$$v_{OUT} = v_{IN} \quad \text{3 бода}$$

Када улазни напон порасте изнад V_2 , закочи се диода D_2 и излазни напон је једнак напону $V_2=4V_1$. **3 бода**

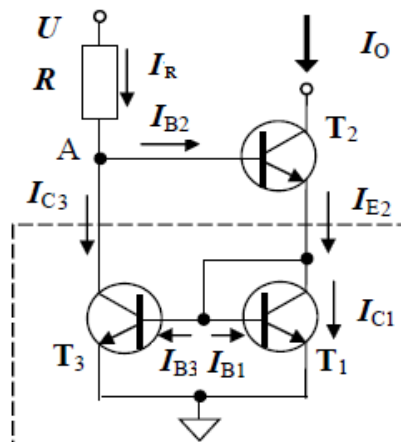
Преносна карактеристика је дата на слици

1 бод





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



$$I_{B1}=I_{B3}=I_B \quad 1 \text{ бод}$$

$$I_0=I_{C2} \quad 1 \text{ бод}$$

$$I_{C2}=I_{B2} \cdot \beta \quad 1 \text{ бод}$$

$$I_R=I_{C3}+I_{B2} \quad 1 \text{ бод}$$

$$I_{C3}=I_{C1}=I_0+I_{B2}-2I_B=I_0+\frac{I_0}{\beta}-\frac{2I_{C3}}{\beta} \quad 1 \text{ бод}$$

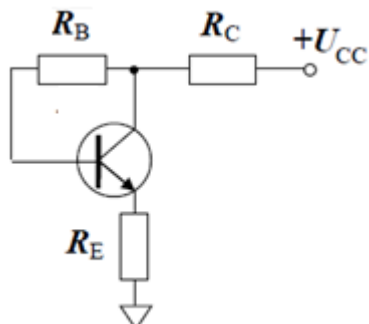
$$I_{C3}+\frac{2I_{C3}}{\beta}=I_0\left(1+\frac{1}{\beta}\right) \quad 1 \text{ бод}$$

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

$$I_0=I_{C3}\frac{2+\beta}{1+\beta} \quad 3 \text{ бода}$$



10. У колу приказаном на слици употребљен је силицијумски транзистор чији су параметри $\beta = 99$, и $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Одредити струје I_B , I_C и U_{CE} , ако су познате вредности: $R_B = 100 \text{ k}\Omega$, $R_C = R_E = 2 \text{ k}\Omega$ и $U_{CC} = 10 \text{ V}$.



$$I = I_B + I_C = I_E$$

$$U_{CE} = R_C I_C + U_{BE}$$

1 бод

$$U_{CC} = (R_C + R_E)(I_C + I_B) + U_{CE}$$

1 бод

$$I_C = \beta I_B$$

1 бод

$$U_{CC} = (R_C + R_E)(\beta + 1)I_B + R_B I_B + U_{BE}$$

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + (R_C + R_E)(\beta + 1)}$$

1 бод

$$I_B = 18,6 \mu\text{A}$$

2 бода

$$I_C = 1,84 \text{ mA}$$

2 бода

$$U_{CE} = 2,56 \text{ V}$$

2 бода

11. За појачавач приказан на слици,

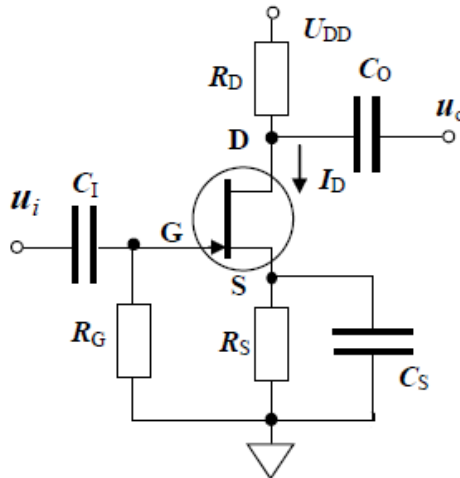
а) Нацртати еквивалентан модел за мале сигнале.

б) Одредити општи израз за вредност појачања напона за мале сигнале, ако су импедансе свих кондензатора занемарљиве на претпостављеној радној учестаности.

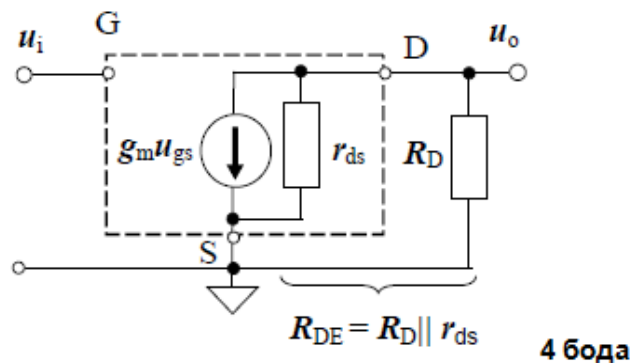
в) Одредити вредност отпорника R_D ако је апсолутна вредност појачања $A_V = 4$, $r_{ds} \gg R_D$ и ако су познате вредности компонената у колу: $R_S = 2 \text{ k}\Omega$, $R_G = 2 \text{ M}\Omega$, $g_m = 2 \text{ mS}$, $U_{GS} = -2 \text{ V}$ и $U_{DD} = 12 \text{ V}$.

г) Допунити реченицу:

На слици је приказан појачавач у споју са заједничким_____.



а)



б)

$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = -g_m R_D \parallel r_{ds}$$

2 бода

в)

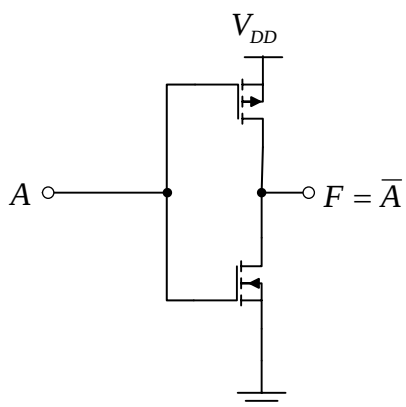
$$R_D = 2 \text{ k}\Omega \quad \text{2 бода}$$



12. а) Нацртати шему логичког инвертора у CMOS техници.

б) Када проводе оба MOSFET-а? (1 поен)

а)



6 бодова

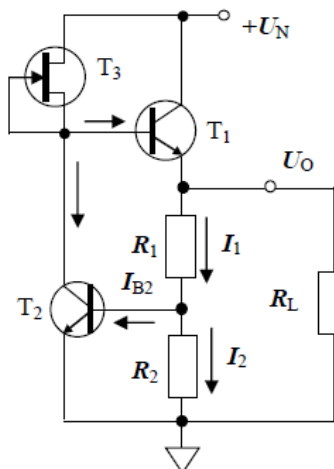
б) Оба транзистора проводе приликом преласка из једног стања у друго.

1 бод

13. На слици је приказано коло за стабилизацију позитивног једносмерног напона, којим се омогућава напајање потрошача R_L .

а) Одредити општи израз за вредност излазног напона U_O .

б) Одредити однос отпорника R_2/R_1 тако да излазни напон U_O има вредност 5 V, ако је отпорник $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, струја $I_{B2} = 10 \text{ }\mu\text{A}$ и $U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$.



$$U_O = U_{BE2} + R_1 I_1 \quad 1 \text{ бод}$$

$$I_1 = I_{B2} + I_2 \quad 1 \text{ бод}$$

$$U_{BE2} = R_2 I_2 \quad 1 \text{ бод}$$

$$U_O = U_{BE2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 I_{B2} \quad 4 \text{ бода}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 6 \quad 3 \text{ бода}$$

ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТШЕСТО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, мај 2022.

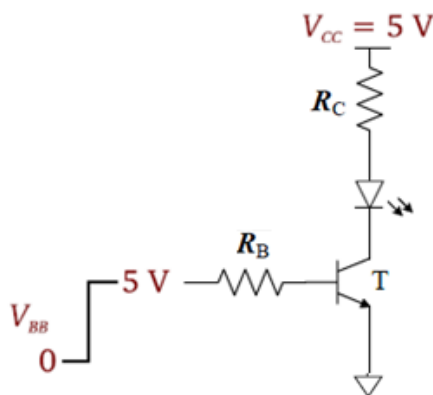
14. За транзистор који служи за побуду црвене LE диоде, приказан на слици:

а) Допуните реченицу:

Када је напон на улазу $V_{BB} = 0 \text{ V}$ транзистор ради у области _____.

Када је напон на улазу $V_{BB} = 5 \text{ V}$ транзистор ради у области _____.

б) Одредити вредности отпорника R_C и R_B и вредност струје I_B тако да струја кроз диоду буде $I_D = 20 \text{ mA}$, ако су вредности параметара транзистора $V_{BE} = 0,75 \text{ V}$, $V_{CE(sat)} = 0,2 \text{ V}$ и $\beta = 100$. За црвену LE диоду је напон провођења $V_D = 1,8 \text{ V}$.



а) Када је напон на улазу $V_{BB} = 0 \text{ V}$ транзистор ради у области закочења **1 бод**

Када је напон на улазу $V_{BB} = 5 \text{ V}$ ради у области засићења. **1 бод**

б)

$$R_C \simeq \frac{V_{CC} - V_{D1} - V_{CE(sat)}}{I_C} = \frac{5 - 1,8 - 0,2}{20 \times 10^{-3}} = 150 \Omega \quad \mathbf{2 \text{ бода}}$$

$$I_B > \frac{I_C}{\beta} = \frac{20 \times 10^{-3}}{100} = 200 \mu\text{A} \quad \mathbf{2 \text{ бода}}$$

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,75}{200 \times 10^{-6}} = 21.25 \text{ k}\Omega \quad \mathbf{2 \text{ бода}}$$



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



ДВАДЕСЕТСЕДМО РЕГИОНАЛНО 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	10	10	7	8	100 -5

април 2023.



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!

ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТСЕДМО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, април 2023.

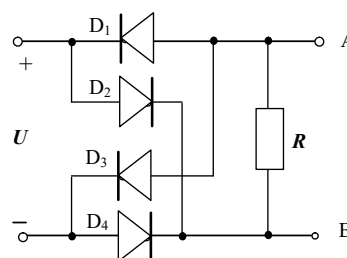
1. Степен са заједничким колектором има:

- а) приближно јединично напонско појачање и велико струјно појачање,
- б) приближно јединично струјно појачање и велико напонско појачање,
- в) приближно јединично и напонско и струјно појачање,
- г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

2. На улаз кола се доводи синусни напон означен са U . У колу су употребљене савршене диоде. Напон U_{AB} је

- а) позитиван за обе полупериоде улазног сигнала или једнак нули када је улазни сигнал једнак нули
- б) негативан за обе полупериоде улазног сигнала или једнак нули када је улазни сигнал једнак нули
- в) у једној полупериоди улазног напона позитиван у другој негативан и једнак нули када је улазни сигнал једнак нули
- г) није понуђен одговор



3/-1

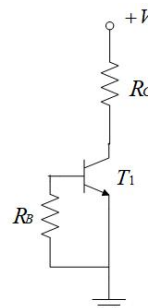
3. Када колектор и емитор транзистора замене места добија се транзистор са коефицијентом струјног појачања β које је:

- а) исто као и код стандардног транзистора ;
- б) веће него код стандардног транзистора,
- в) мање него код стандардног транзистора,
- г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

4. За транзистор T_1 који се налази у колу приказаном на слици може се закључити да је:

- а) у засићењу,
- б) закочен,
- в) у активном режиму рада,
- г) није понуђен тачан одговор.



3/-1

ЕЛЕКТРОНИКА

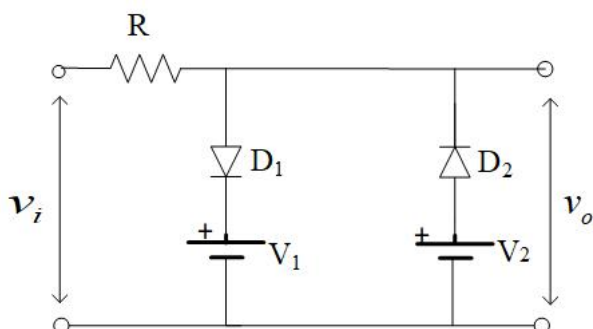
ДВАДЕСЕТСЕДМО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, април 2023.

5. Униполарни MOSFET транзистор са уграђеним каналом N типа може да ради

- а) само са позитивним напонима између гејта и сорса
- б) само са негативним напонима између гејта и сорса,
- в) и са позитивним и са негативним напонима између гејта и сорса,
- г) није понуђен тачан одговор.

3/-1

6. а) Под претпоставком да су у колу, приказаном на слици, примењене савршене диоде одредити преносну карактеристику кола $v_o = f(v_i)$. Елементи кола су R, V_1 , $V_2 < V_1$. б) За синусни улазни сигнал амплитуде $A > V_1$ нацртати излазни сигнал.



Решење:

а)

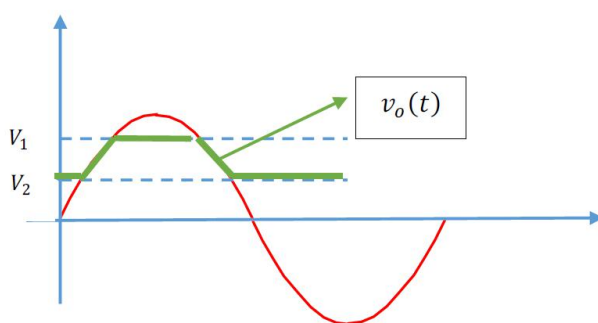
За $v_i > V_1$ D_1 води, а D_2 не води, излазни напон је дат са $v_o = V_1$ (2 бода)

За $V_2 \leq v_i \leq V_1$ D_1 не води и D_2 не води, излазни напон је дат са $v_o = v_i$ (2 бода)

За $v_i < V_2$ D_1 не води, а D_2 води, излазни напон је дат са $v_o = V_2$ (2 бода)

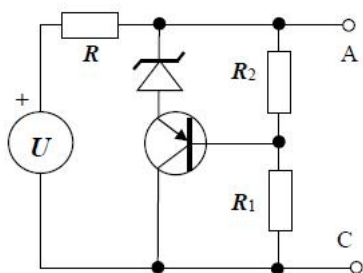
б) Излазни сигнал је приказан на слици (4 бода)

:

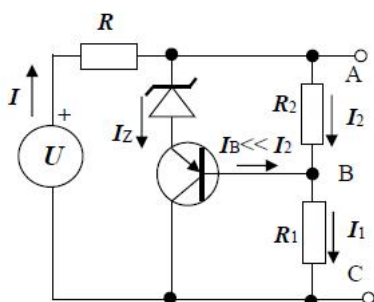


10

7. За коло приказано на слици одредити потребан услов да излазни напон U_{AC} не зависи од улазног напона U . Познате су вредности U , R , R_1 , R_2 , напон пробоја Ценер-диоде, U_Z , и напон U_{EB} . Сматрати да је инверзна струја колекторског споја једнака нули, као и да је појачање струје од базе до колектора довољно велико да се струја базе може занемарити у односу на остале струје у колу.



Решење:



Да излазни напон не би зависио од улазног потребно је да је транзистор у проводном стању. (2 бода)

Транзистор је проводном стању, ако је струја кроз Ценер-диоду већа од нуле:

$$I_Z = I - I_2 > 0, \text{ односно, ако је испуњен услов } I > I_2:$$

$$\frac{U - U_{AC}}{R} > \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} \quad (3 \text{ бода})$$

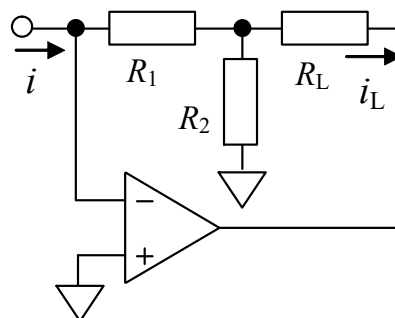
$$U_{AB} = R_2 I_2 = U_Z + U_{EB}$$

$$I_1 = I_2, \quad I_2 = \frac{U_Z + U_{EB}}{R_2}$$

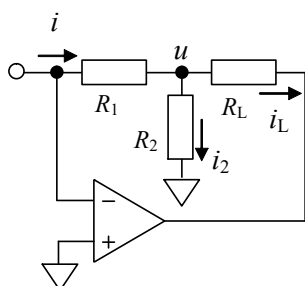
$$U_{AC} = (R_1 + R_2) I_2 = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) (U_Z + U_{EB}) \quad (3 \text{ бода})$$

$$U > \frac{R_1 + R_2 + R}{R_2} (U_Z + U_{EB}) \quad (2 \text{ бода})$$

8. Под претпоставком да је у колу приказаном на слици примењен савршени операциони појачаваач, одредити општи израз за вредност струје i_L кроз отпорник R_L у функцији улазне струје i и елемената кола.



Решење:



У складу са ознакама назначеним на слици, математички модел овог кола чине једначине:

$$u(t) = -R_1 i(t), \text{ (2 бода)}$$

$$i_2(t) = \frac{u(t)}{R_2}, \text{ (2 бода)}$$

$$i_L(t) = i(t) - i_2(t), \text{ (2 бода)}$$

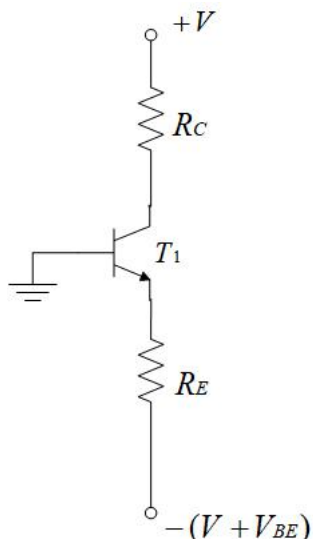
на основу којих следи:

$$i_L(t) = i(t) - \frac{u(t)}{R_2} = i(t) + \frac{R_1}{R_2} i(t) = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) i(t), \text{ (4 бода)}$$

ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТСЕДМО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, април 2023.

9. У колу приказаном на слици израчунати струју колектора I_C и напон између колектора и емитора V_{CE} , ако је $V = 10 \text{ V}$, $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$, струјно појачање $\beta=100$, $R_C = 2,6 \text{ k}\Omega$, $R_E = 4 \text{ k}\Omega$. Транзистор ради у активном режиму рада. За које вредности односа отпорности R_E и R_C ће транзистор да буде у активном режиму рада?



Решење:

За контуру са емиторским спојем важи:

$$V_{BE} + R_E I_E - (V + V_{BE}) = 0$$

$$I_E = \frac{V}{R_E} = 2,5 \text{ mA} \quad (3 \text{ бода})$$

За контуру са колекторским спојем важи:

$$V_{CB} + R_C I_C - (V) = 0, \quad I_C \approx I_E$$

$$V_{CB} = V - I_C R_C = 10 - 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,6 \cdot 10^3 = 3,5 \text{ V}$$

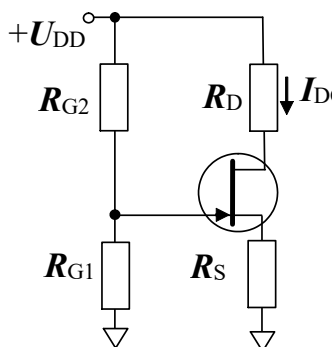
$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE} = 4,1 \text{ V} \quad (3 \text{ бода})$$

Граница за рад у активном режиму рада је $V_{CB} > 0$

Из ове границе и једначина за V_{CB} и I_E добијамо да је транзистор у активном режиму за:
 $R_E > R_C$.

(4 бода)

10. За коло приказано на слици одредити вредност струје I_D и напона U_{DS} у мирној радној тачки ако је: $U_{DD} = 16V$, $R_{G1} = 270\text{ k}\Omega$, $R_{G2} = 2,1\text{ M}\Omega$, $R_S = 1,5\text{ k}\Omega$, $R_D = 2,4\text{ k}\Omega$, и $U_{GS} = -1,8\text{ V}$, $U_{GS(OFF)} = -4\text{ V}$, $I_{DSS} = 8\text{ mA}$.



Решење:

$$U_G = \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}} U_{DD} = 1,82\text{ V (2 бода)}$$

$$U_{GS} = U_G - U_S$$

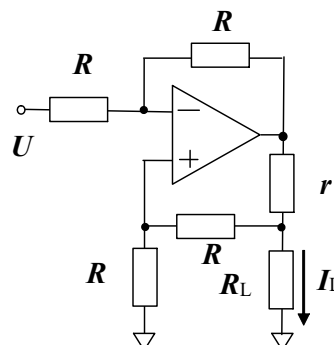
$$U_S = U_G - U_{GS} = 1,82\text{ V} - (-1,8\text{ V}) = 3,62\text{ V}$$

$$U_S = R_S I_D$$

$$I_D = \frac{U_S}{R_S} = 2,41\text{ mA (4 бода)}$$

$$U_{DS} = U_{DD} - (R_S + R_D) I_D = 16\text{ V} - (1,5\text{ k}\Omega + 2,4\text{ k}\Omega) \cdot 2,41\text{ mA} = 6,6\text{ V (4 бода)}$$

11. За коло приказано на слици, под претпоставком да је операциони појачаваач савршен, одредити струју кроз отпорник R_L . Познате су све отпорности у колу као и улазни напон U . Сматрати да су отпорности $R \gg R_L$ и да су струје кроз отпорник r и R_L приближно једнаке.

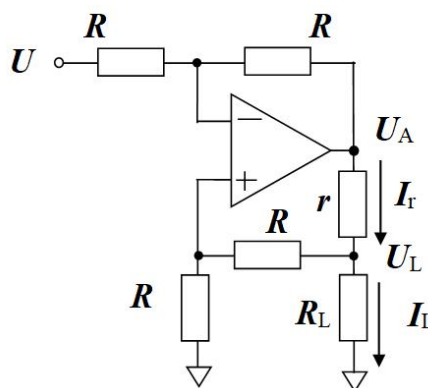


Решење:

У складу са ознакама и референтним смеровима назначеним на слици, за коло са савршеним операционим појачаваачем важе следеће једначине:

$$I_r = \frac{U_A - U_L}{r} \quad (1 \text{ бод})$$

$$I_L \approx I_r$$



До израза који описује зависност напона U_A од улазног напона U и напона U_L долази се на основу анализе мреже преко које се остварује негативна повратна спрега у колу операционог појачаваача:

$$U_A = U_- - RI$$

$$I = \frac{U - U_-}{R}$$

$$U_A = 2U_- - U \quad (3 \text{ бода})$$

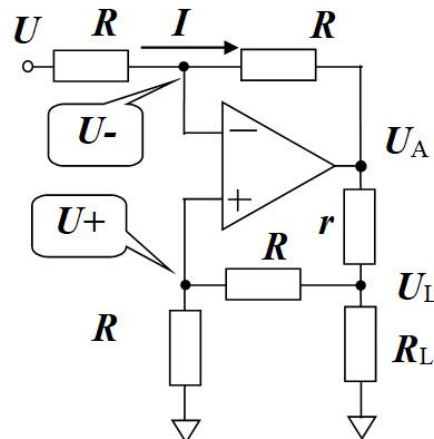
$$U_+ = \frac{R}{R+R} U_L = \frac{U_L}{2} \quad (3 \text{ бода})$$

$$U_- = U_+$$

$$U_A = 2 \frac{U_L}{2} - U = U_L - U$$

$$I_L \approx I_r = \frac{U_A - U_L}{r} = \frac{2 \frac{U_L}{2} - U - U_L}{r} = \frac{-U}{r}$$

(3 бода)

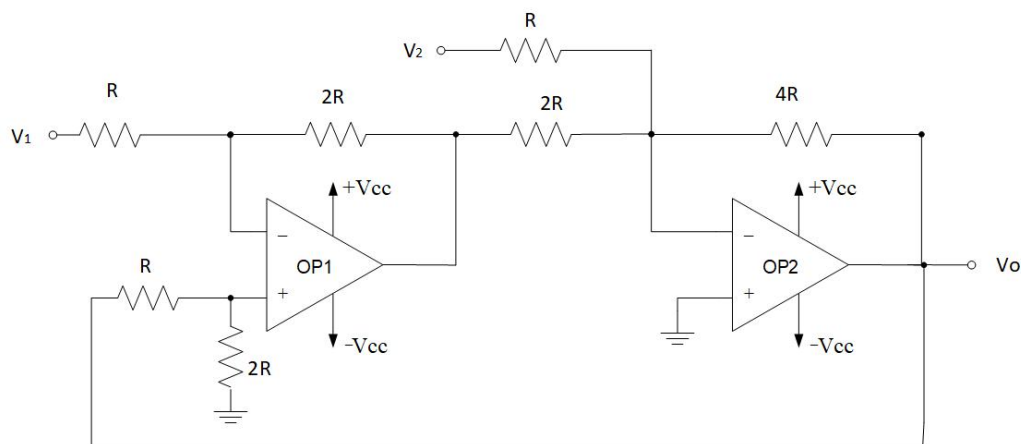


ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТСЕДМО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, април 2023.

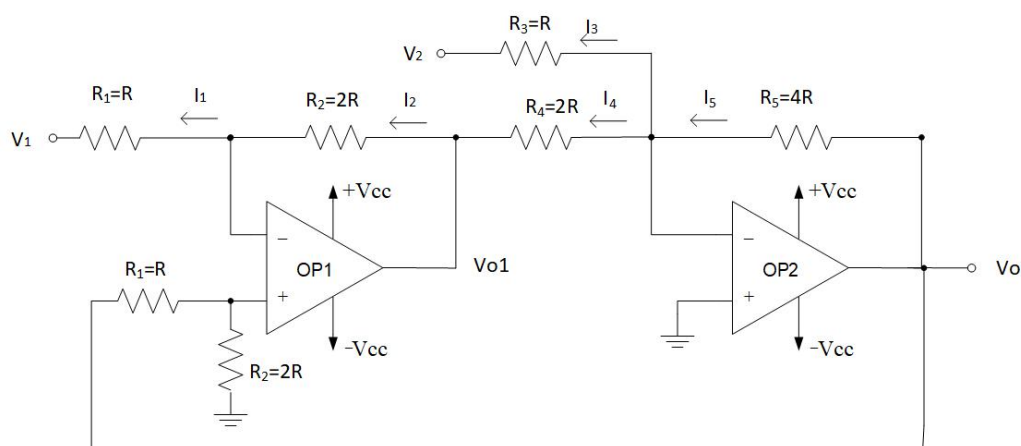
12.

За коло са савршеним операционим појачавачима, приказано на слици, одредити израз за вредност излазног напона V_o у зависности од напона V_1 и V_2 и елемената кола.



Решење:

На основу слике:



Операциони појачавач OP1 са отпорницима R_1 и R_2 образује диференцијални појачавач (појачавач разлике два напона):

$$V_{OP1+} = \frac{2R}{3R} V_o = \frac{2}{3} V_o, \quad I_1 = \frac{2V_o - V_1}{R},$$

$$V_{O1} = (R_1 + R_2)I_1 + V_1 = 2(V_o - V_1) \quad (3 \text{ бода})$$

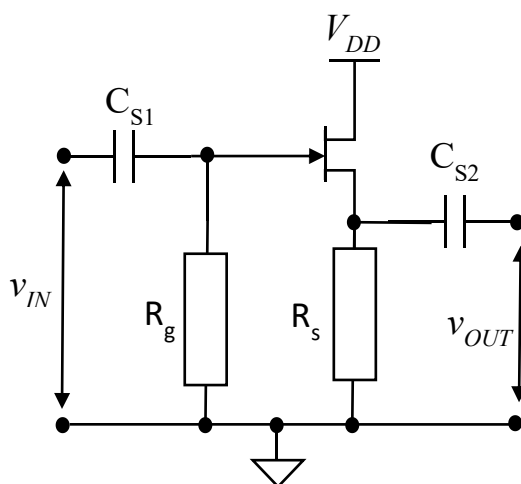
Операциони појачавач OP2 са отпорницима R_3 , R_4 и R_5 образује сабирач:

$$I_3 = \frac{-V_2}{R_3}, \quad I_4 = \frac{-V_{O1}}{R_4}, \quad V_o = R_5(I_3 + I_4) = -4V_2 - 2V_{O1} \quad (3 \text{ бода})$$

Када се у последњи израз замени израз за V_{O1} добија се:

$$V_o = \frac{4}{5}(V_1 - V_2) \quad (4 \text{ бода})$$

13. Нацртати шему појачавача са заједничким дрејном.



ЕЛЕКТРОНИКА

ДВАДЕСЕТСЕДМО РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ, април 2023.

14. Нацртати шему Колпицовог осцилатора са FET-ом.

