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

ДВАДЕСЕТ И ПРВО РЕПУБЛИЧКО 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 дискавалификован 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

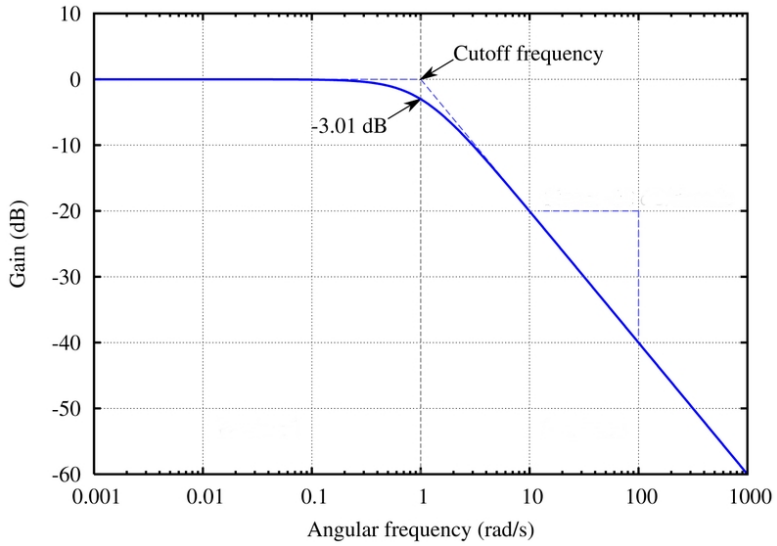
б) приближно једнак

в) већи

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

2. За амплитудску карактеристику филтра приказану на слици, нагиб карактеристике у непропусном опсегу је



а) –20 dB/decade

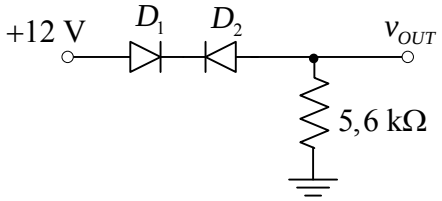
б) 0 dB/decade

в) 20 dB/decade

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

3. Диоде у колу приказаном на слици су идеалне. Напон на диоди D_2 у колу је



а) 0 V

б) 6 V

в) 12 V

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

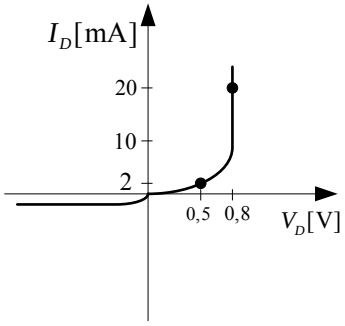
4. Статичка отпорност диоде чија је струјно-напонска карактеристика за слици је

а) мања за $I_D = 2\ \text{mA}$ него за $I_D = 20\ \text{mA}$

б) независна од I_D

в) већа за $I_D = 2\ \text{mA}$ него за $I_D = 20\ \text{mA}$

г) није понуђен тачан одговор



3/-1

---

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

а) проводни

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

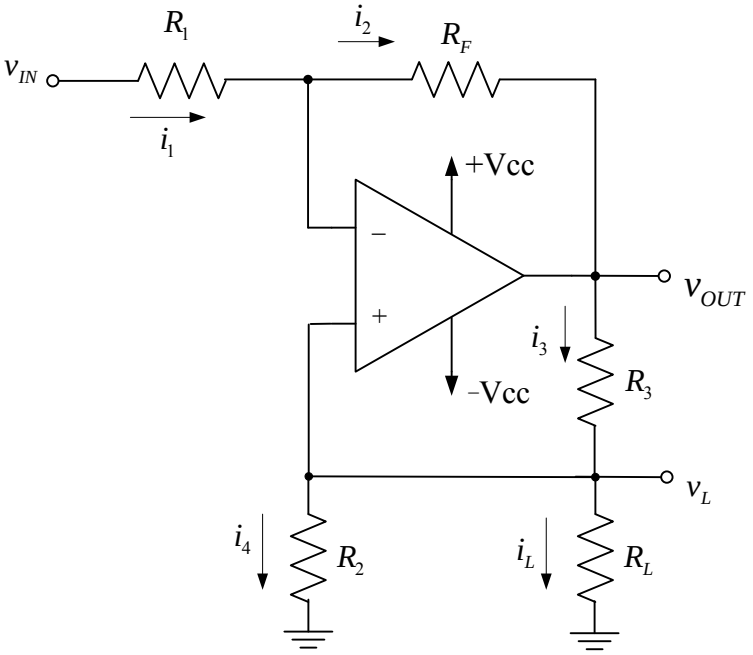
б) непроводни

г) није понуђен тачан одговор

3/-1

---

6. За коло на слици израчунати зависност струје потрошача R_L од улазног напона v_{IN}, ако је $\frac{R_F}{R_1 R_3} = \frac{1}{R_2}$. Показати да струја не зависи од отпорности R_L. Операциони појачавач у колу је идеалан.



РЕШЕЊЕ:

За коло на слици важи:

$v_- = v_+ = v_L = i_L R_L$, **(2 поена)**

$i_1 = i_2 \Rightarrow \dfrac{v_{IN} - i_L R_L}{R_1} = \dfrac{i_L R_L - v_{OUT}}{R_F} \Rightarrow v_{OUT} - i_L R_L = \dfrac{R_F}{R_1}\left(i_L R_L - v_{IN}\right)$, **(2 поена)**

$i_3 = i_4 + i_L$,

$\dfrac{v_{OUT} - i_L R_L}{R_3} = \dfrac{i_L R_L}{R_2} + i_L$, **(2 поена)**

$\dfrac{R_F}{R_1}\left(i_L R_L - v_{IN}\right)\dfrac{1}{R_3} = \dfrac{i_L R_L}{R_2} + i_L$,

$\dfrac{v_{IN} R_F}{R_1 R_3} = i_L\left[\dfrac{R_L R_F}{R_1 R_3} - \dfrac{R_L}{R_2} - 1\right]$,

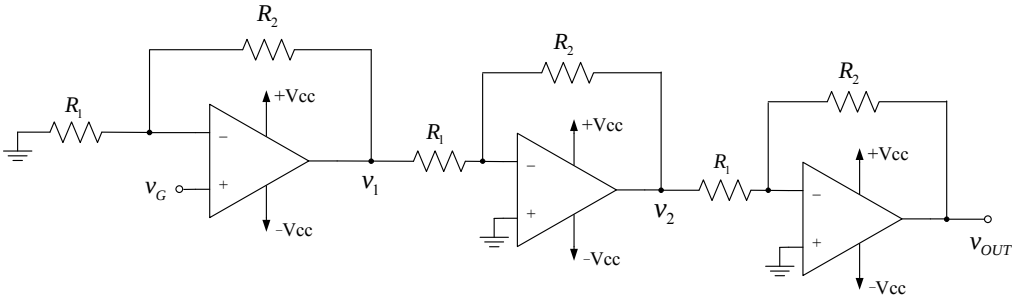
$\dfrac{v_{IN} R_F}{R_1 R_3} = -i_L$,

$i_L = -\dfrac{v_{IN} R_F}{R_1 R_3} = -\dfrac{v_{IN}}{R_2}$. **(4 поена)**

Напомена: За други тачан поступак решавања, на поступак поделити 6 поена, а на крајњи израз и његово сређивања да се покаже независност од отпорности R_L 4 поена.

10

7. За коло на слици одредити изразе за напоне: v_1, v_2 и v_{OUT}, у зависности од напона v_G и отпорности R_1 и R_2. Ако су отпорности отпорника $R_1 = 20\ \text{k}\Omega$ и $R_2 = 100\ \text{k}\Omega$ одредити укупно појачање кола. Операциони појачавачи у колу су идеални.



РЕШЕЊЕ:

За напон: v_1,

$$\frac{0-v_G}{R_1}=\frac{v_G-v_1}{R_2} \quad\Rightarrow\quad \frac{-R_2 v_G}{R_1}=v_G-v_1 \quad\Rightarrow\quad v_1=v_G\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right).$$ **(2,5 поена)**

За напон: v_2,

$$\frac{v_1-0}{R_1}=\frac{0-v_2}{R_2} \quad\Rightarrow\quad \frac{-R_2 v_1}{R_1}=v_2 \quad\Rightarrow\quad v_2=-\frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)v_G.$$ **(2,5 поена)**

За напон: v_{OUT},

$$\frac{v_2-0}{R_1}=\frac{0-v_{OUT}}{R_2} \quad\Rightarrow\quad \frac{-R_2 v_2}{R_1}=v_{OUT} \quad\Rightarrow\quad v_{OUT}=\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)v_G.$$

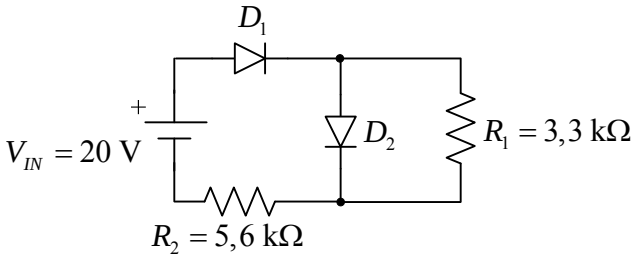
(2,5 поена)

Укупно појачање је

$$A=\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)=\left(\frac{100\ \text{k}\Omega}{20\ \text{k}\Omega}\right)^2\left(1+\frac{100\ \text{k}\Omega}{20\ \text{k}\Omega}\right)=25\cdot 6=150$$ **(2,5 поена)**

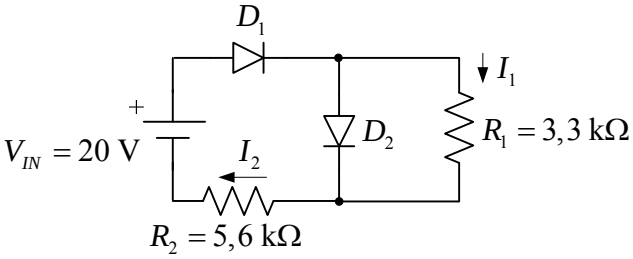
10

8. У колу приказаном на слици израчунати струју диоде D_2, ако је напон провођења диода $V_D = 0,7\ \text{V}$.



РЕШЕЊЕ:

Поларизација диода је таква да обе проводе.



У колу важи:

$I_1 = \dfrac{V_D}{R_1} = \dfrac{0,7\ \text{V}}{3,3\ \text{k}\Omega} = 0,21\ \text{mA}$. **(2 поена)**

У колу важи:

$V_{IN} = V_D + V_D + R_2 I_2$, **(2 поена)**

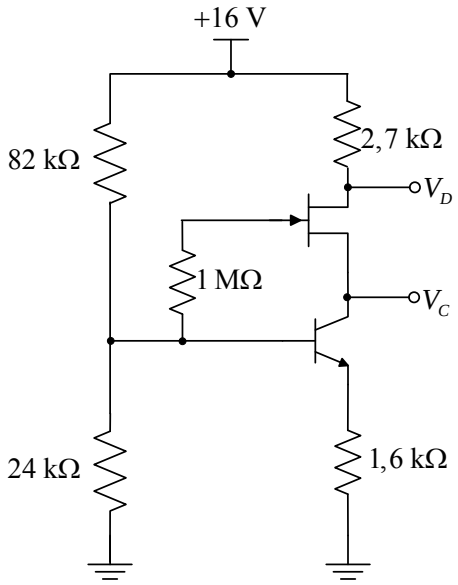
$I_2 = \dfrac{20\ \text{V} - 2 \cdot 0,7\ \text{V}}{5,6\ \text{k}\Omega} = 3,32\ \text{mA}$. **(2 поена)**

$I_2 = I_{D2} + I_1$ **(2 поена)**

$I_{D2} = I_2 - I_1 = 3,32\ \text{mA} - 0,21\ \text{mA} = 3,11\ \text{mA}$. **(2 поена)**

10

9. Одредити вредности за V_D и V_C за коло приказано на слици, ако је $V_{GS} = -3{,}7\ \text{V}$, $I_{DSS} = 12\ \text{mA}$, $V_{GSoff} = -6\ \text{V}$, $\beta_F \to \infty$, $V_{CES} = 0{,}2\ \text{V}$ и $V_{BE} = 0{,}7\ \text{V}$.



РЕШЕЊЕ:

У колу важи:

$$V_B \approx \frac{24\ \text{k}\Omega}{24\ \text{k}\Omega + 82\ \text{k}\Omega} \cdot 16\ \text{V} = 3{,}62\ \text{V}$$, **(2 поена)**

$$V_E = V_B - V_{BE} = 3{,}62\ \text{V} - 0{,}7\ \text{V} = 2{,}92\ \text{V}$$, **(2 поена)**

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{2{,}92\ \text{V}}{1{,}6\ \text{k}\Omega} = 1{,}825\ \text{mA}$$,

$$I_C \approx I_E = 1{,}825\ \text{mA}$$, **(2 поена)**

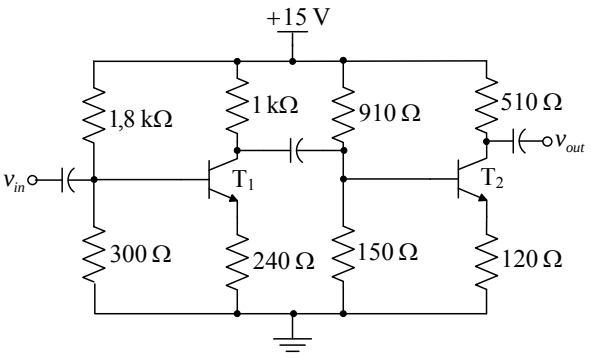
$$I_D = I_S = I_C$$,

$$V_D = 16\ \text{V} - I_D \cdot 2{,}7\ \text{k}\Omega = 16\ \text{V} - 1{,}825\ \text{mA} \cdot 2{,}7\ \text{k}\Omega = 11{,}07\ \text{V}$$, **(2 поена)**

$$V_C = V_B - V_{GS} = 3{,}62\ \text{V} - (-3{,}7\ \text{V}) = 7{,}32\ \text{V}$$. **(2 поена)**

10

10. За коло на слици, израчунати једносмерне компоненте напона колектора за оба транзистора. Параметри транзистора су $\beta_F \to \infty$, $V_{CES} = 0{,}2\ \text{V}$ и $V_{BE} = 0{,}7\ \text{V}$.
Кондензатори се понашају као отворена веза за једносмерну струју.



РЕШЕЊЕ:

Напон базе првог транзистора је

$V_{B1} = 15\ \text{V} \cdot \dfrac{300\ \Omega}{300\ \Omega + 1{,}8\ \text{k}\Omega} = 2{,}14\ \text{V}$, па је напон емитера $V_{E1} = V_{B1} - V_{BE} = 2{,}14\ \text{V} - 0{,}7\ \text{V} = 1{,}44\ \text{V}$, а струја емитера $I_{E1} = \dfrac{V_{E1}}{240\ \Omega} = \dfrac{1{,}44\ \text{V}}{240\ \Omega} = 6\ \text{mA}$. **(2,5 поена)**

Како је $I_{C1} \approx I_{E1} = 6\ \text{mA}$, напон колектора првог транзистора је $V_{C1} = 15\ \text{V} - 1\ \text{k}\Omega \cdot 6\ \text{mA} = 9\ \text{V}$. **(2,5 поена)**

По сличном принципу за други транзистор добија се:

$$V_{B2} = 15\ \text{V} \cdot \frac{150\ \Omega}{150\ \Omega + 910\ \Omega} = 2{,}12\ \text{V},$$

$$V_{E2} = V_{B2} - V_{BE} = 2{,}12\ \text{V} - 0{,}7\ \text{V} = 1{,}42\ \text{V},$$

$$I_{E2} = \frac{V_{E2}}{120\ \Omega} = \frac{1{,}42\ \text{V}}{120\ \Omega} \approx 11{,}86\ \text{mA}.$$ **(2,5 поена)**

Како је $I_{C2} \approx I_{E2} = 11{,}86\ \text{mA}$, напон колектора другог транзистора је $V_{C2} = 15\ \text{V} - 510\ \Omega \cdot 11{,}86\ \text{mA} = 8{,}95\ \text{V}$. **(2,5 поена)**

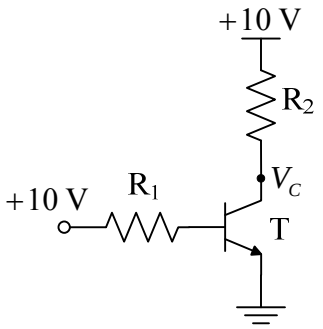
10

11. На слици је дато коло са биполарним транзистором за који важи да је појачање $\beta_F = 200$, $V_{CES} = 0\ \text{V}$ и $V_{BE} = 0{,}7\ \text{V}$. Отпорности отпорника су $R_1 = 330\ \text{k}\Omega$ и $R_2 = 820\ \Omega$.

а) Одредити напон између колектора и емитера транзистора V_{CE}.

б) Како се мења напон V_{CE} ако се отпорник R_1 замени отвореном везом?

в) Како се мења напон V_{CE} ако се отпорник R_2 замени отвореном везом?



РЕШЕЊЕ:

Како је $V_E = 0\ \text{V}$, $V_{CE} = V_C - V_E = V_C$.

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

$$I_B = \frac{10\ \text{V} - V_{BE}}{R_1} = \frac{10\ \text{V} - 0{,}7\ \text{V}}{330\ \text{k}\Omega} \approx 28{,}18\ \mu\text{A},$$

па је струја колектора $I_C = \beta I_B = 200 \cdot 28{,}18\ \mu\text{A} = 5{,}64\ \text{mA}$. Сада је напон

$V_{CE} = 10\ \text{V} - R_2 I_C = 10\ \text{V} - 820\ \Omega \cdot 5{,}64\ \text{mA} \approx 5{,}38\ \text{V}$. **(4 поена)**

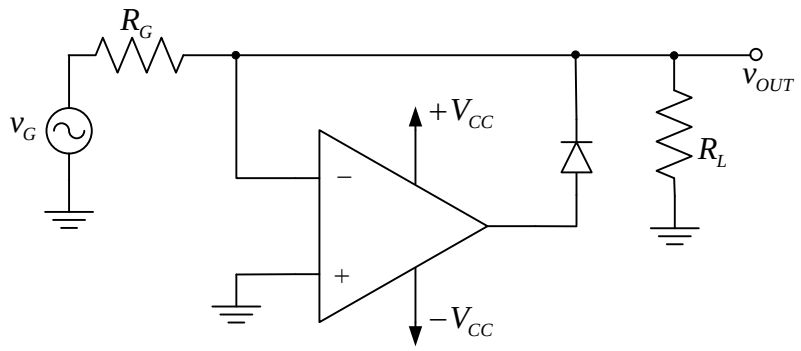
б) Ако се отпорник R_1 замени отвореном везом транзистор се закочи, па су струје базе и колектора једнаке нули. Одавде следи да је напон $V_{CE} = 10\ \text{V}$.

(3 поена)

в) Ако се отпорник R_2 замени отвореном везом транзистор прелази у засићење. Пошто је струја колектора једнака нули, важи $I_C < \beta I_B$. Одавде следи да је напон $V_{CE} = V_{CES} = 0\ \text{V}$. **(3 поена)**

10

12. Коло на слици садржи идеални операциони појачавач и идеалну диоду. За отпорнике у колу важи $R_G = R_L$. Одредити излазни напон за случај када је $v_{IN} = +V_p$ и када је $v_{IN} = -V_p$. Важи да је $V_p > 0$.



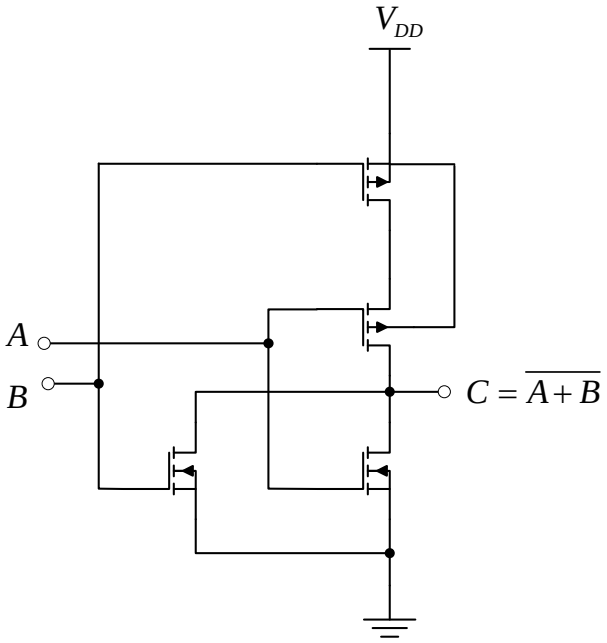
РЕШЕЊЕ:

У првом случају улазни напон је позитиван, $v_G = +V_p$. Претпоставимо да диода не води. Потенцијал $v_- = v_{OUT} = \frac{R_L}{R_L + R_G} v_G = \frac{+V_P}{2}$. Излазни напон операционог појачавача је једнак $-V_{CC}$, што значи да је полазна претпоставка да диода не води била исправна. **(5 поена)**

У другом случају улазни напон је негативан, $v_G = -V_p$. Претпоставимо да диода не води. Како је излазни напон операционог појачавача једнак $+V_{CC}$ претпоставка је погрешна. Следи да када диода води због негативне повратне спреге која сада постоји у колу важи $v_- = v_+ = 0\ \text{V} = v_{OUT}$. **(5 поена)**

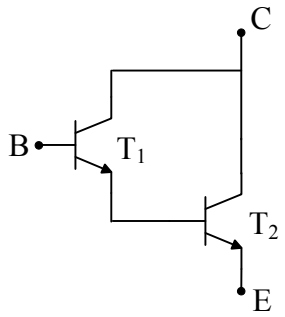
10

13. Нацртати шему логичког НИЛИ кола у CMOS техници.

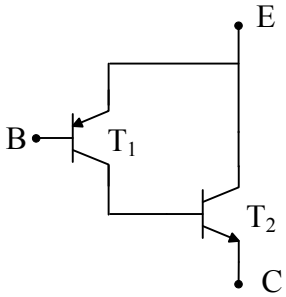


7

14. Нацртати шему Дарлингтоновог споја и комплементарног Дарлингтоновог споја.



(4 поена)



(4 поена)

8