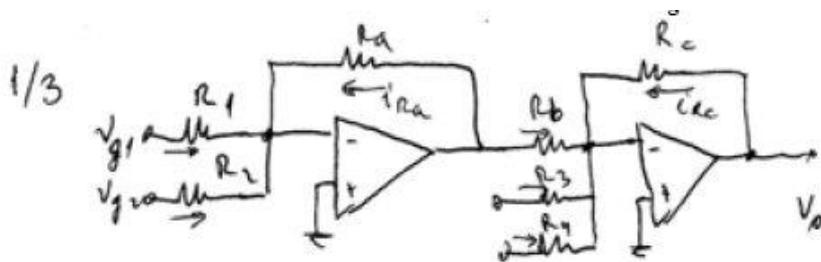
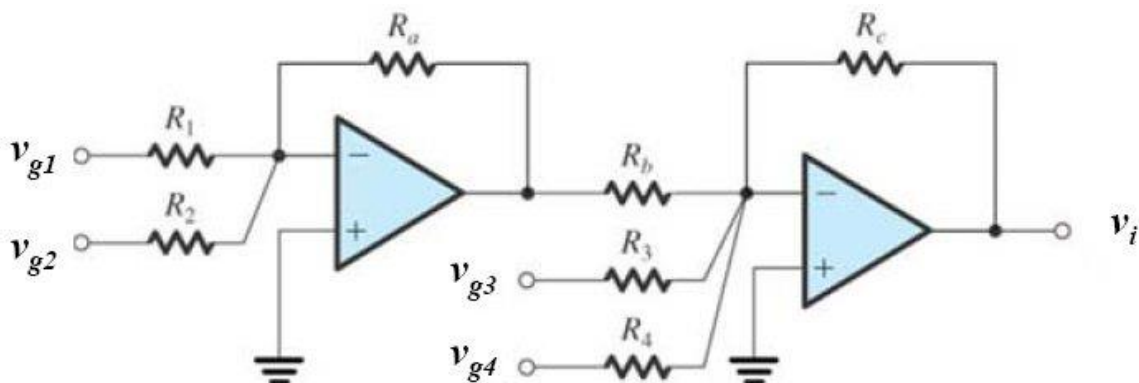


Контролни Електроника II (20.10.2017 решен)

1. Одредити напон на излазу појачавача са слике?
(група а)



$$i_{Rc} = \frac{v_3}{R_c} = -\left(\frac{v_a}{R_b} + \frac{v_3}{R_3} + \frac{v_4}{R_4}\right) \Rightarrow v_o = -\frac{R_c}{R_b} v_a - \frac{R_c}{R_3} v_3 - \frac{R_c}{R_4} v_4$$

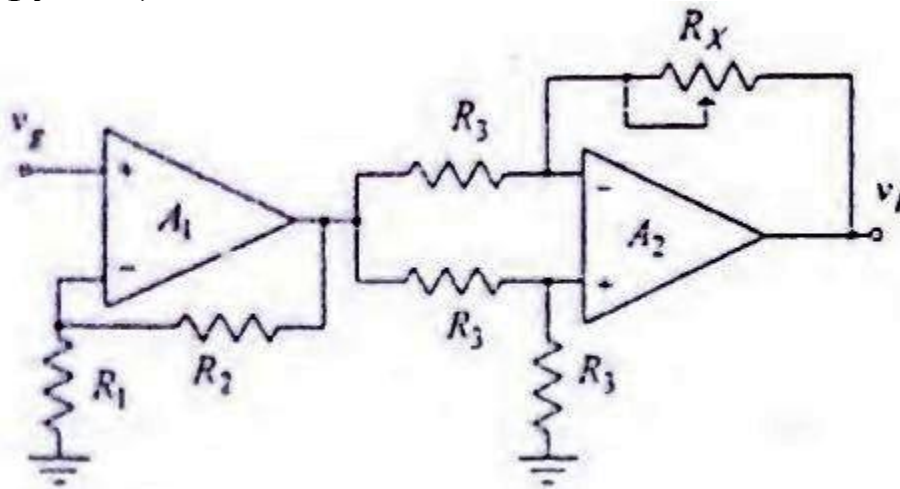
$$i_{Ra} \frac{v_a}{R_a} = -\left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}\right) \Rightarrow v_a = -\frac{R_a}{R_1} v_1 - \frac{R_a}{R_2} v_2$$

$$v_o = -\frac{R_c}{R_b} \left(-\frac{R_a}{R_1} v_1 - \frac{R_a}{R_2} v_2\right) - \frac{R_c}{R_3} v_3 - \frac{R_c}{R_4} v_4$$

$$v_i = \frac{R_a}{R_1} \frac{R_c}{R_b} v_{g1} + \frac{R_a}{R_2} \frac{R_c}{R_b} v_{g2} - \frac{R_c}{R_3} v_{g3} - \frac{R_c}{R_4} v_{g4}$$

Или можемо посматрати као редну везу инвертујућег појачавача и инвертујућег сабирача.

(група б)



Операциони појачавач A_1 је неинвертујући појачавач са појачањем

$$A_1 = (1 + R_2 / R_1)$$

Операциони појачавач A_2 је одузимач напона чије је појачање

$$A_2 = (0.5 + R_x / 2 R_3)$$

Једноставно појачања се помноже!

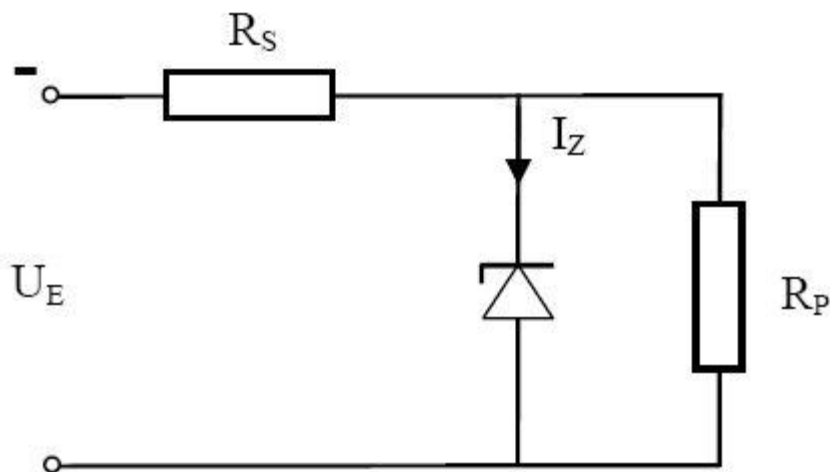
$$|U_{izl}| = (1 + R_2 / R_1) \cdot (0.5 + R_x / 2 R_3) \cdot U_{ul}$$

2.

(група а)

Зенерова диода у стабилизатору напона има напон пробоја $6V$ уз минималну струју $4mA$, док јој је највећа дозвољена снага $200mW$. Одредити највећу вредност отпора R_S за којег склоп делује као стабилизатор напона? Колико износи највећи улазни напон којег склоп још увек може стабилизовати за тај отпор R_S ? $R_P=500\Omega$, $U_E=10V$.(сл.2)

Решење: $R_S < 250\Omega$ $U_{E_{max}}=17.3V$

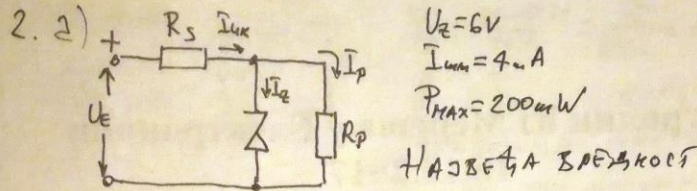


(Сл.2)

(група б)

Напон пробоја Зенерове диоде износи $18V$ уз минималну струју $20mA$. Ако је највећа допуштена струја кроз зенерову диоду $200mA$, за које отпоре R_S ће склоп деловати стабилизирајуће ако се улазни напон мења између $21V$ и $24V$? Отпор потрошача износи $R_P=180\Omega$. (сл.2) Шта ће се догодити ако потрошач прво пробије тј пређе у кратак спој нпр од прегревавања а потом изађе “бели дим” и прекине се? (објасни обе фазе)

Решење: $R_S = 20\Omega - 25\Omega$



ОТПОРНОСТ R_S ЈЕ ИДЕНТИЧНА ИЗ УСЛОВА
 МИНИМАЛНЕ СТРУЈЕ ДИОДЕ И СТРУЈЕ ПОТРОШАЧА :

$$I_{uk} = 4mA + \frac{6V}{50\Omega} = 4mA + 12mA = 16mA$$

ПАКЕ НА ОТПОРНИКУ R_S ПРЕДСТАЈЕ $10V - 6V = 4V$

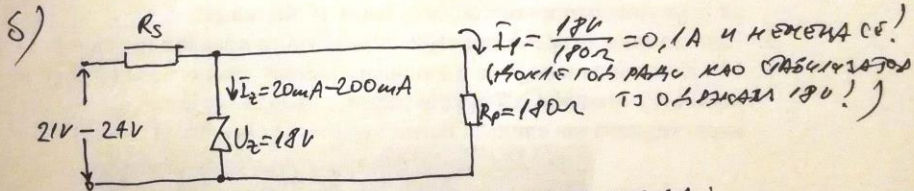
$$ПА ЈЕ $R_S = \frac{4V}{16mA} = 250\Omega$$$

НАЗВЕЋА УЛАЗНИ НАПОН ПРИ $R_S = 250\Omega$ ПРИ КОЈЕМ ЈОШ
 УЗЕК ИМАМО 6V НА ДИОДИ И ИДЕНТИЧНО ИЗ УСЛОВА ЗЕЧА
 МАКСИМАЛНЕ СТРУЈЕ ДИОДЕ И ПОТРОШАЧА ТЈ.!

$$U_{MAX} = \left(\frac{6V}{R_P} + I_{z_{max}} \right) \cdot 250\Omega + 6V$$

$$U_{MAX} = \left(\frac{6V}{R_P} + \frac{200mW}{6V} \right) \cdot 250\Omega + 6V$$

$$U_{MAX} = (12mA + 33,33mA) \cdot 250 + 6V = 17,333V$$



ОТВЕТ ОТПОРНОСТ R_S НАЈЛАЗИМО ИЗ ОВА УСЛОВА!
 ПРВИ ПРИ МИНИМАЛНОМ НАПОНУ ОД 21V СТАЈА ПРОЗ
 ДИОДУ НЕМА ОПАСИ УСЛОВА 20mA :

$$21V \rightarrow 20mA \Rightarrow \left(\frac{18V}{180\Omega} + 20mA \right) \cdot R_S = 21 - 18V = 3V \Rightarrow R_S = 25\Omega$$

ДРУГИ УСЛОВ ЈЕ ПРИ МАКСИМАЛНОМ УЛАЗНОМ НАПОНУ

$$24V \rightarrow 200mA \Rightarrow \left(\frac{18V}{180\Omega} + 200mA \right) \cdot R_S = 24V - 18V = 6V \Rightarrow R_S = 20\Omega$$

$$R_S = (20\Omega \div 25\Omega)$$

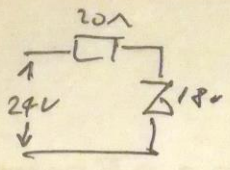
КАДА ПОТРОШАЧ ПРЕЋЕ У КРАТКУ (ТОЈ НАПОН НА
 ДИОДИ ЈЕ 0V И СТРУЈА ЈАКОЈ КТ 0A. ЗАТО ЈИ
 ДИОДА СЕ ОДБУГА ОТПОРНИК ТЈ ПРЕКНЕ НАПОН ПРАТОРЕМА
 ЗА ИСИХАЈ:

$$1) R_S = 20\Omega \Rightarrow \begin{array}{c} 20\Omega \\ \text{---} \\ 24V \end{array} \Rightarrow I_z = \frac{24V - 18V}{20\Omega} = \frac{3V}{20\Omega} = 150mA \Rightarrow$$

ДИОДА И ОК! И СТАБИЛИЗОВА
 18V!

2) СЛУЧАЈ

$R_D = 20\ \Omega$
 $U_E = 24\text{V}$



$I_2 = \frac{24 - 18\text{V}}{20\ \Omega} = \frac{6\text{V}}{20\ \Omega} = 0,3\text{A} > 0,2\text{A}$

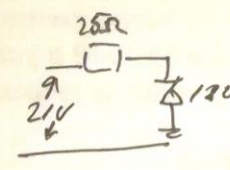
$I_t > I_{z\text{max}} \Rightarrow$ ИЗАЋЕ БЕИЧ АЕМ, ЗЕНЕРИЦА ПРЕРИЧ!

ТРАЖИЧА ИЗДРЖИЉИВОСТИ И ПРО НАПОНИ:

$18\text{V} + 20\ \Omega \cdot 200\ \text{mA} = 18\text{V} + 4\text{V} = \boxed{22\text{V}}$

3) СЛУЧАЈ

$R_D = 25\ \Omega$
 $U_E = 21\text{V}$

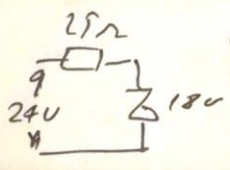


$I_2 = \frac{21\text{V} - 18\text{V}}{25\ \Omega} = \frac{3\text{V}}{25\ \Omega} = 120\ \text{mA} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_2 < I_{z\text{max}} \Rightarrow$ ЗЕНЕРИЦА РАДИ, ТО СТАБИЛИШЕ НАПОН

4) СЛУЧАЈ

$R_D = 25\ \Omega$
 $U_E = 24\text{V}$



$I_2 = \frac{24\text{V} - 18\text{V}}{25\ \Omega} = \frac{6\text{V}}{25\ \Omega} = 240\ \text{mA} > I_{z\text{max}}$

$I_t > I_{z\text{max}} \Rightarrow 240\ \text{mA} > 200\ \text{mA} \Rightarrow$

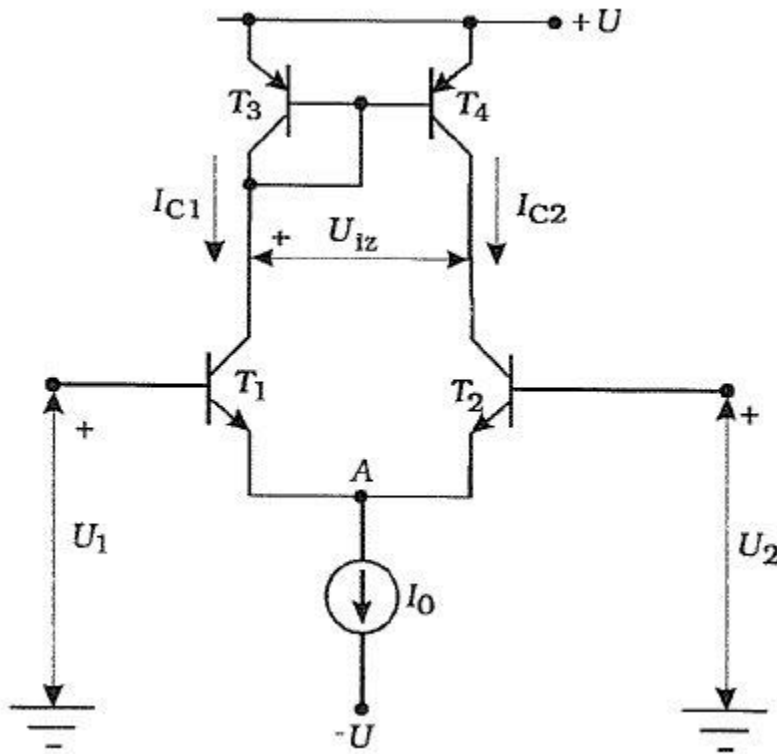
\Rightarrow ИЗАЋЕ БЕИЧ АЕМ, ТО ПРЕРИЧ ЗЕНЕРИЦА

ТРАЖИЧА НАПОНИ ПРЧ 25 Ohm JE:

$25\ \Omega \cdot 200\ \text{mA} + 18\text{V} = 5 + 18\text{V} = 23\text{V}$

3. (група а)

Зашто је погодно ставити извор константне струје уместо колекторских отпорника у појачавачу?



Слика 2.1.5. Диференцијални појачавач са активним оптерећењем

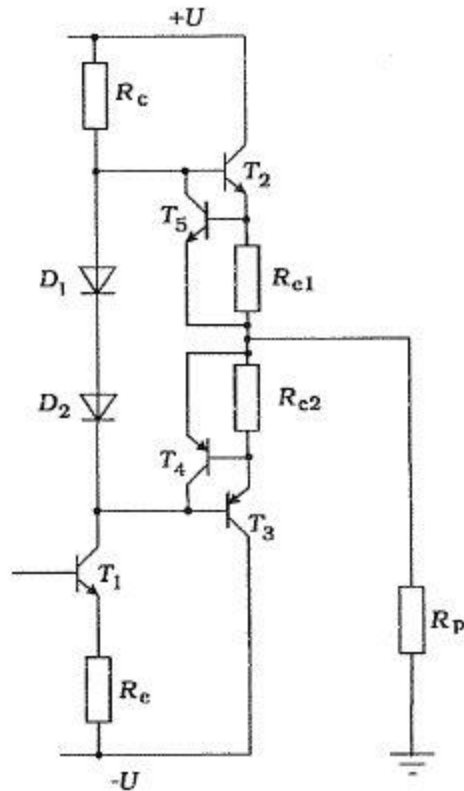
Из електронике I познато нам је да је појачање појачавача сразмерно колекторској отпорности R_c . Ако би се отпорност R_c сувише повећала, тада би се сувише смањила струја колектора. Ако се уместо колекторских отпорника поставе извори константне струје као што је приказано на слици 2.1.5, тада се при промени напона струја практично не мења. Појачавач се понаша као да има веома велике колекторске отпорности, па има велико напонско појачање (на пример 500).

У пракси се активна оптерећења изводе као на слици 2.1.5. Укупна струја кроз транзисторе T_1 и T_2 је константна и она је одређена извором константе струје I_0 . Транзистори T_3 и T_4 чине струјно огледало, па су им колекторске струје приближно једнаке. То значи да се константна струја I_0 дели на две константне струје I_{c1} и I_{c2} .

Улазни диференцијални појачавач може такође да се изведе помоћу фетова. Тада се добије знатно већа улазна отпорност.

(група б)

Како се изводи ограничење струје излазног степена операционог појачавача код кратког споја?

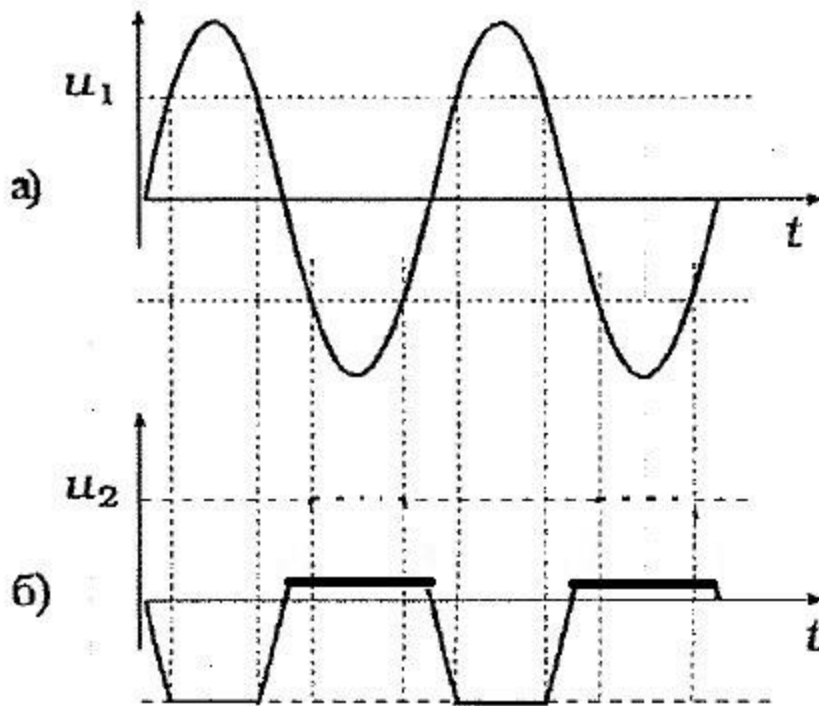
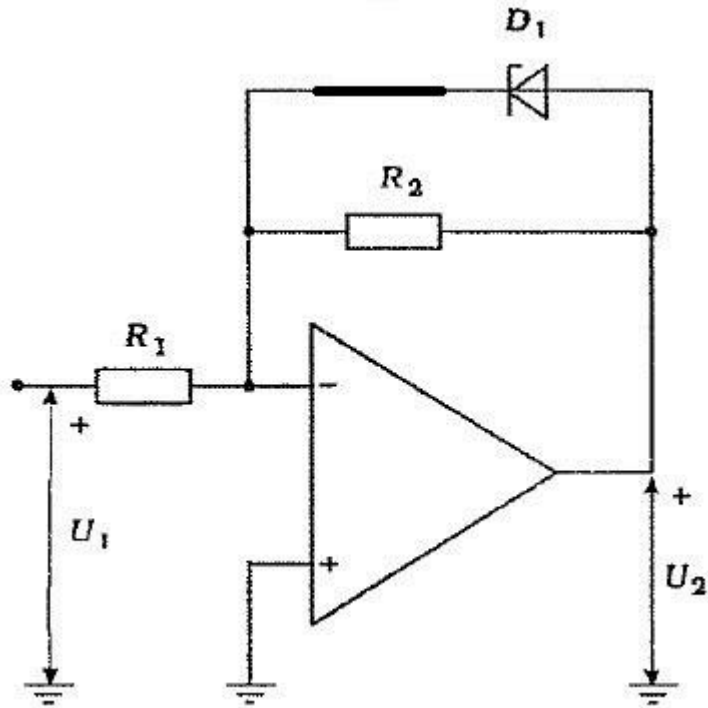


Слика 2.1.7. Излазни степен операци оног појачавача са компензацијом прага провођења излазних транзистора и заштитом од кратког споја

Отпорници R_{e1} и R_{e2} са транзисторима T_4 и T_5 чине заштиту од кратког споја, која делује на следећи начин: ако се излазни крај споји директно на масу, тада би кроз транзистор T_2 или T_3 дошло до повећања струје. Овако повећана струја такође тече кроз отпорник R_{e1} (или R_{e2}) и на њему ствара повећани напон. Када овај напон порасте преко прага провођења између базе и емитора транзистора T_5 , он постаје проводан и спаја базу транзистора T_2 са излазом појачавача. Излаз појачавача је на нижем потенцијалу од базе транзистора T_2 , па транзистор T_2 постаје мање проводан и струја кроз њега се смањује. У суштини, струја кроз транзистор T_2 може да расте до вредности када почиње да проводи транзистор T_5 . На овај начин се приликом кратког споја излазног краја са масом струја излазног транзистора T_2 ограничава на вредност која га неће оштетити. Слична анализа може да се изведе и за транзистор T_3 .

Интегрисани операциони појачавачи могу да се такође у целости израђују од *MOSFET*-ова.

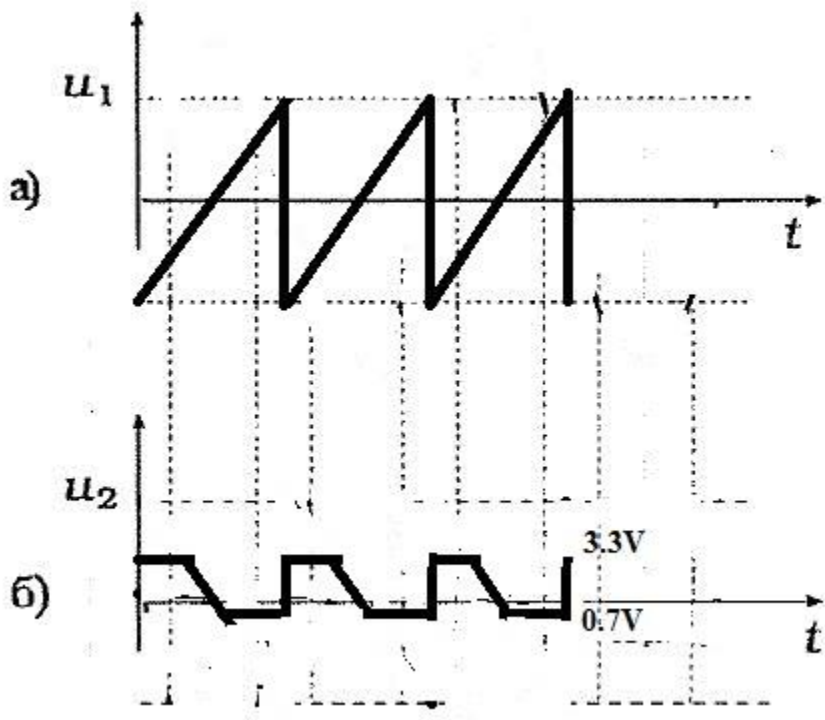
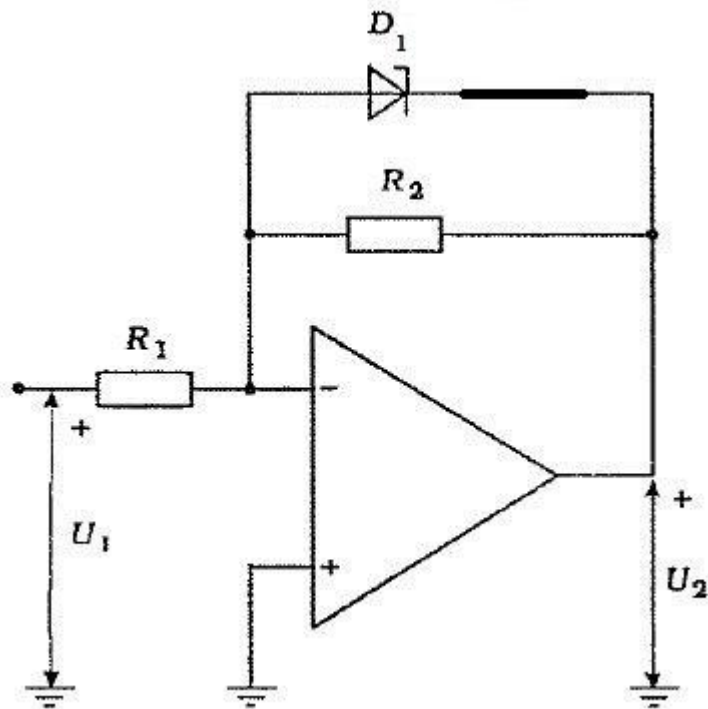
4. Ако се на улаз активног ограничавача:
 - (група а) позитивног напона улазне синусоиде + зенер 5V6 доводи напон од 18dB



5.6V

$18\text{dB} = 20 \log(U/0.755\text{V}) \Rightarrow U = 6.156\text{V}$ а амплитуда је $6.156\text{V} \cdot \sqrt{2} = 8.68\text{V}$ сигнала на улазу.
 (група б) негативног напона улазне тестере + зенер $3\text{V}3$ доводи напон од 20dB

Нацртај шему и излазни сигнал ?



$20\text{dB}=20\text{Log}(U/0.775\text{V}) \Rightarrow U=7.75\text{V}$ а амплитуда је $7.75\text{V}\cdot\sqrt{2}=10.9275\text{V}$ сигнала на улазу.

5. (група а)

Карактеристичне величине интегрисаних операционих појачавача тј објасни: фактор потискивања заједничког сигнала= \Rightarrow “CMRR=Common Mode Ratio Rejection“, опсег радних температура, улазна струја раздешености= \Rightarrow input offset current, брзина пораста и опадања излазног напона= \Rightarrow slew rate, улазна отпорност ?

(група б)

Карактеристичне величине интегрисаних операционих појачавача тј објасни: симетрично појачање , диференцијално појачање, улазни напон раздешености= \Rightarrow input offset voltage, излазна отпорност, напонско појачање отворене петље операционог појачавача= \Rightarrow “Open loop voltage gain“?

(одговоре потражити у књизи на странама 16-18.)

Предметни професор:
Слободан Вуковљак