

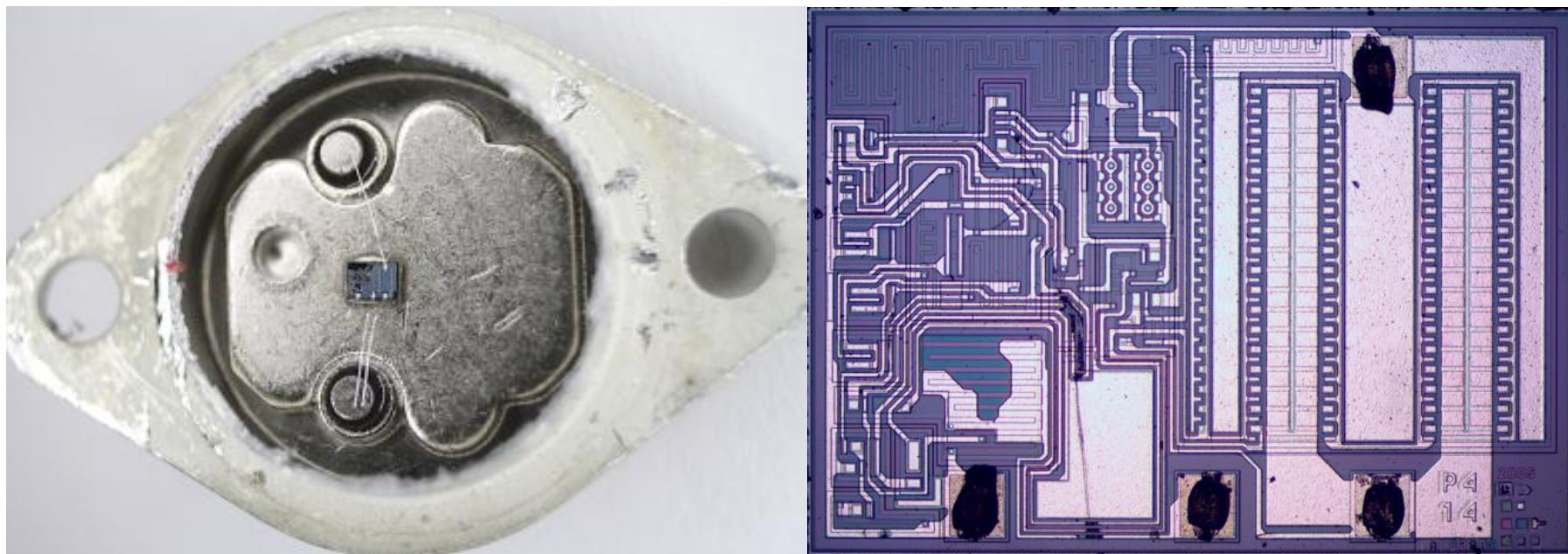
ВИШЕР- Београд

Предмет: Енергетска Електроника

Студијски програми: ЕЛИТЕ, НЕТ, АСУВ



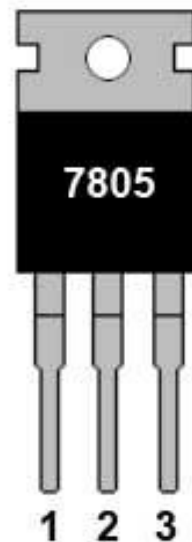
ЛИНЕАРНИ ИЗВОРИ НАПАЈАЊА



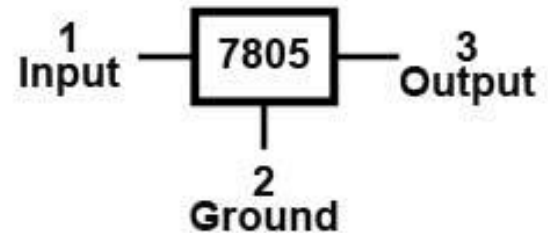
Предметни професор: Др Жељко Десспотовић, дипл.ел.инж

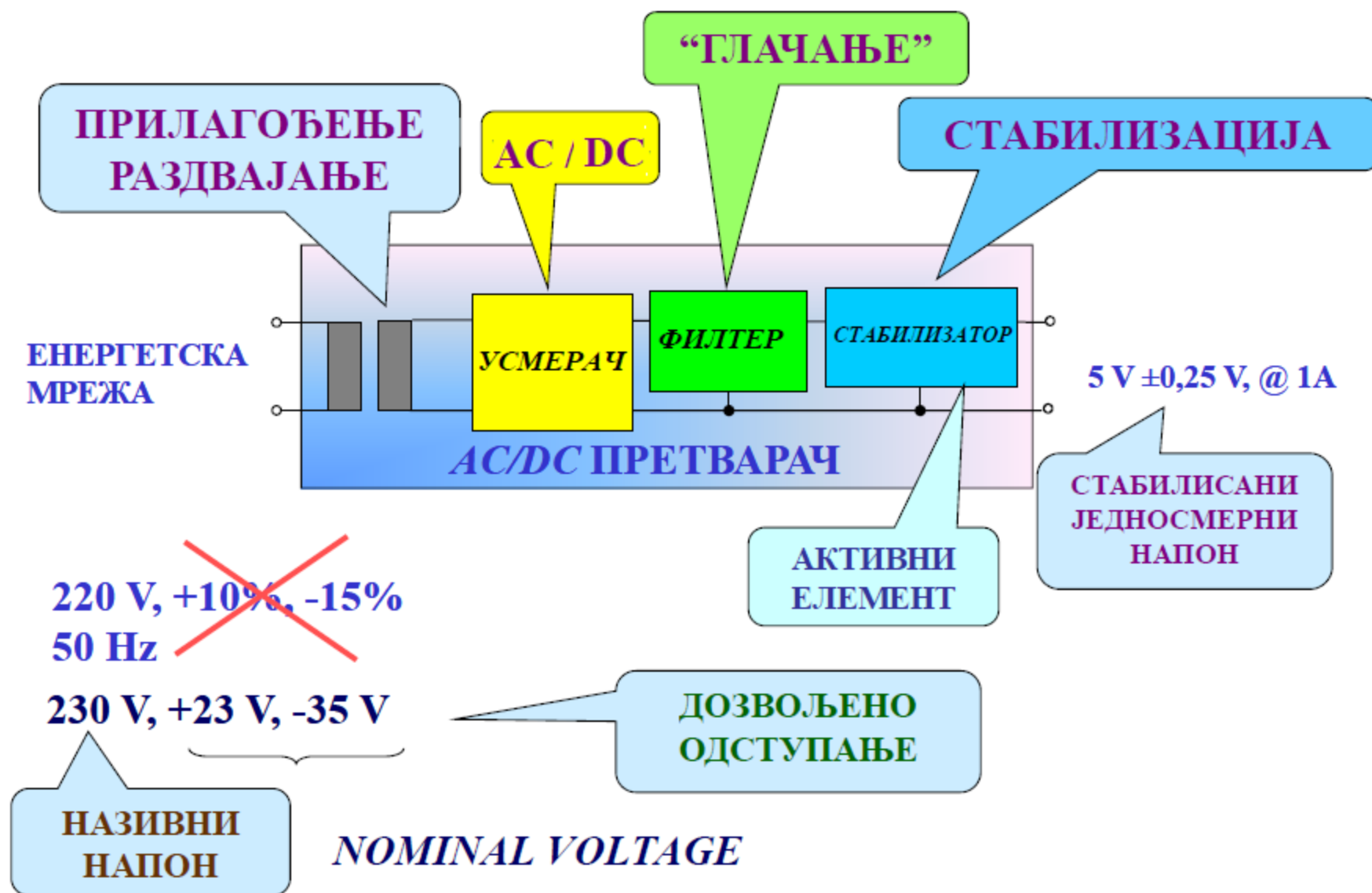
УВОД

- Структура линеарних извора напајања
- Принцип рада
- Карактеристике
- Класификација



7805 Pinout







ИСПРАВЉАЧ УСМЕРАЧ *rectifier*

НАИЗМЕНИЧНИ
НАПОН

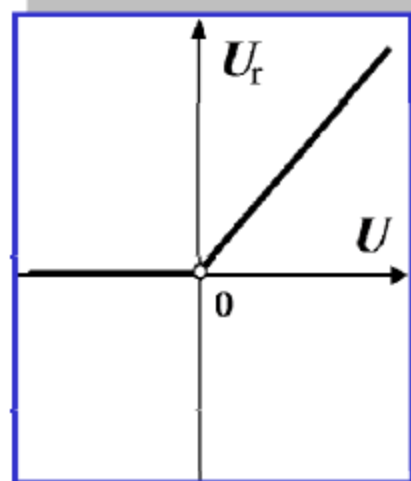
ПУЛСИРАЈУЋИ
ЈЕДНОСМЕРНИ
НАПОН



**ПРЕТВАРАЧ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ КОЈИ
НАИЗМЕНИЧНИ ЕЛЕКТРИЧНИ НАПОН
ТРАНСФОРМИШЕ (ПРЕТВАРА) У
ЈЕДНОСМЕРНИ НАПОН**

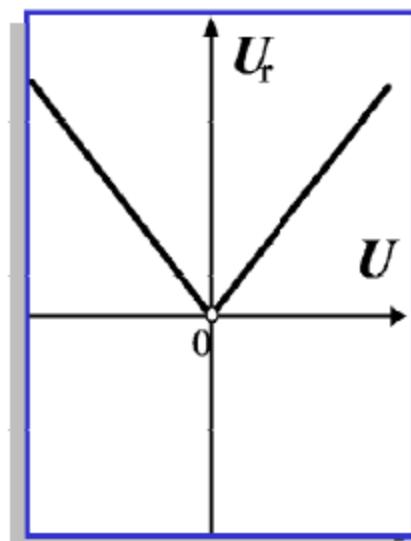
ЈЕДНОСТРАНИ УСМЕРАЧ
ПОЛУТАЛАСНИ *HALF-WAVE*

$$u_r(t) = \begin{cases} u(t); u(t) \geq 0 \\ 0; u(t) < 0 \end{cases}$$



ДВОСТРАНИ УСМЕРАЧ
ПУНОТАЛАСНИ *FULL-WAVE*

$$u_R(t) = \begin{cases} u(t); u(t) \geq 0 \\ -u(t); u(t) < 0 \end{cases}$$



МОДУО КОЛО $u_R = |u|$

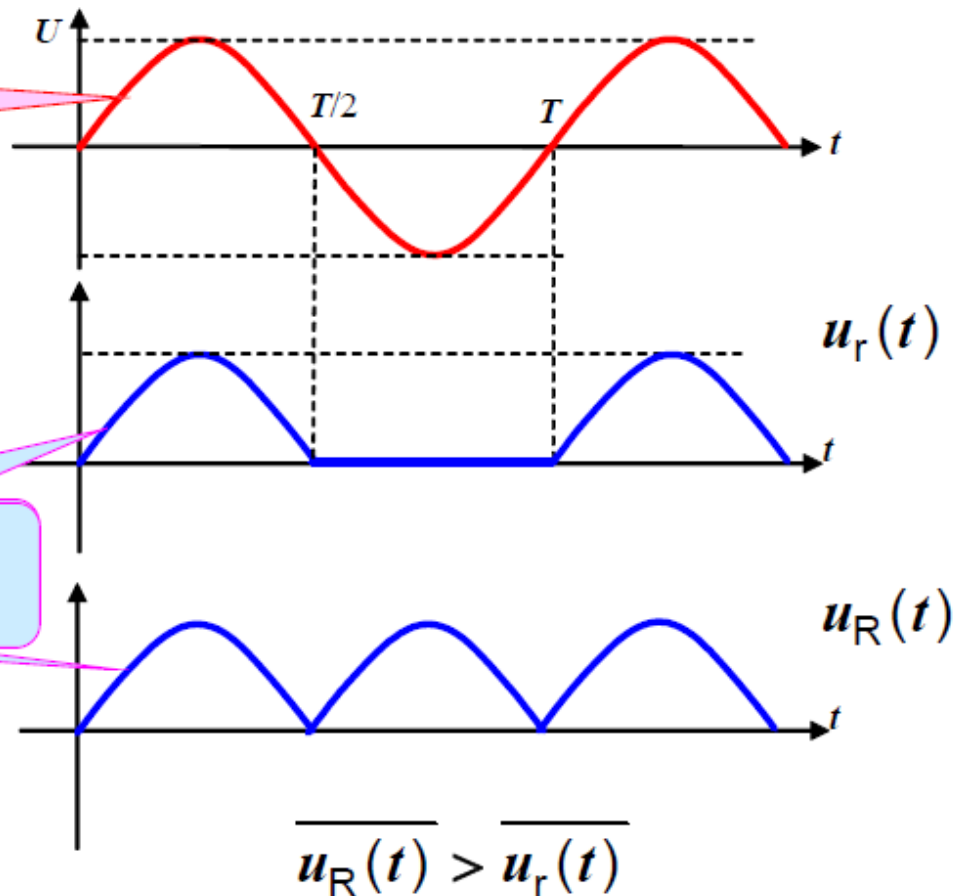
$$u(t) = U \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

СРЕДЊА ВРЕДНОСТ
ЈЕДНАКА НУЛИ

ПОЛУТАЛАСНИ
HALF-WAVE RECTIFIER

СРЕДЊА ВРЕДНОСТ
РАЗЛИЧИТА ОД НУЛЕ

ПУНОТАЛАСНИ
FULL-WAVE



ПУЛСИРАЈУЋИ НАПОН

$$u(t) = U_0 + u_{\sim}(t)$$

$$U_0 = \overline{u(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

СРЕДЊА ВРЕДНОСТ
= КОНСТАНТНА КОМПОНЕНТА

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

ЕФЕКТИВНА ВРЕДНОСТ

$$u_{\sim}(t) = u(t) - U_0$$

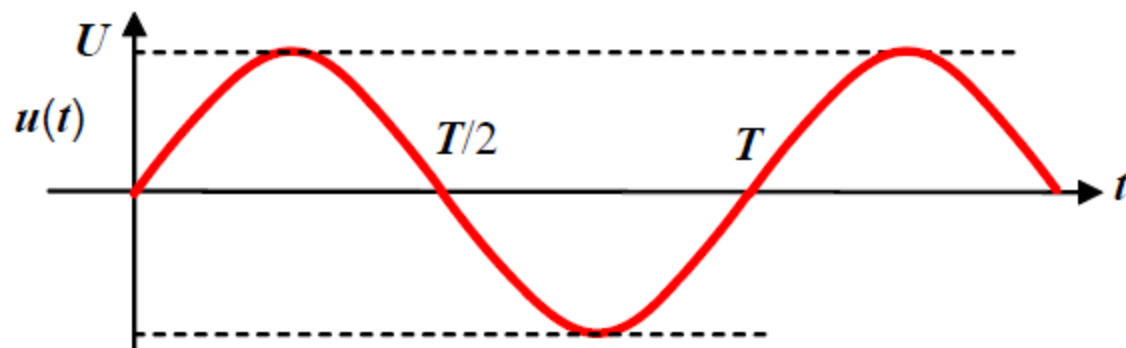
НАИЗМЕНИЧНА КОМПОНЕНТА

$$U_{\sim ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{\sim}^2(t) dt}$$

ЕФЕКТИВНА ВРЕДНОСТ
НАИЗМЕНИЧНЕ КОМПОНЕНТЕ

НАИЗМЕНИЧНИ НАПОН

$$u(t) = U \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$



$$U_0 = \overline{u(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = 0$$

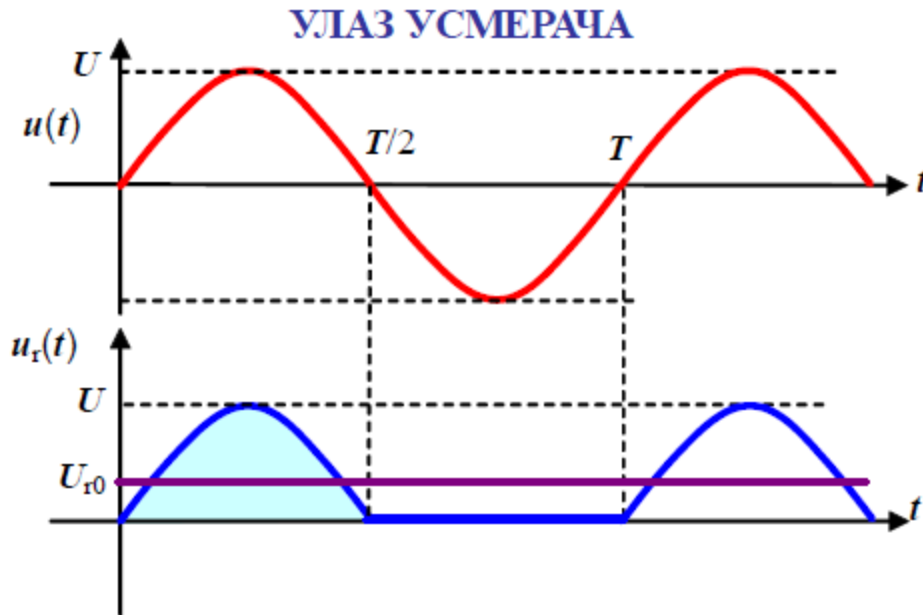
$$U_{ef} = U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

$$\int \sin^2 \omega t dt = \frac{1}{2} t - \frac{1}{4\omega} \sin 2\omega t$$

ПОЛУТАЛАСНИ

$$u(t) = U \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$U_0 = 0 \quad U_{\text{ef}} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$



$$U_{\text{ref}} = \sqrt{u_r^2(t)} = \frac{U_{\text{ef}}}{\sqrt{2}} = \frac{U}{2}$$

ИЗЛАЗ УСМЕРАЧА КОЈИ “ПРОПУШТА”
САМО ПОЗИТИВАН НАПОН

ЕФЕКТИВНА ВРЕДНОСТ
ПОЛУТАЛАСНО
УСМЕРЕНОГ НАПОНА

СРЕДЊА ВРЕДНОСТ

$$u_r(t) = \begin{cases} U \sin \omega t & 0 \leq t < \frac{T}{2} \\ 0 & \frac{T}{2} < t \leq T \end{cases}$$

$$\int_0^{\frac{T}{2}} \sin \omega t \, dt = \frac{T}{\pi}$$

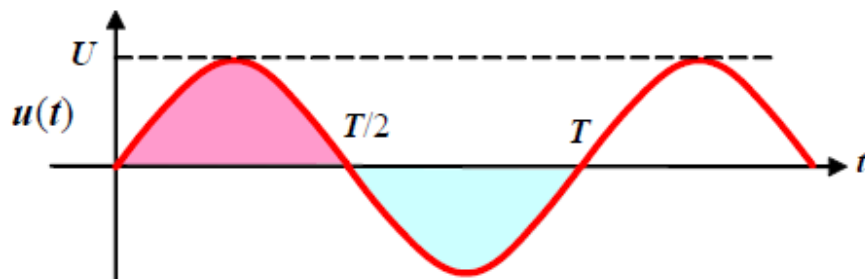
$$U_{r0} = \overline{u_r(t)} = \frac{1}{\pi} U$$

ПУНОТАЛАСНИ

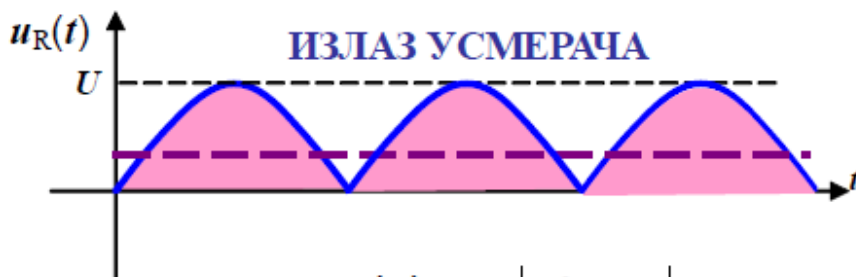
$$u(t) = U \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

УЛАЗ УСМЕРАЧА

$$\overline{u(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = 0$$



$$U_{ef} = U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$



$$u_R(t) = U |\sin \omega t|$$

$$U_{Ref} = \sqrt{\overline{u_R^2(t)}} = U_{ef} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

ЕФЕКТИВНА ВРЕДНОСТ
ПУНОТАЛАСНО
УСМЕРЕНОГ НАПОНА

$$\overline{u_R(t)} = \frac{2}{\pi} U$$

СРЕДЊА ВРЕДНОСТ

НАПОН НА ИЗЛАЗУ УСМЕРАЧА ЈЕ ТАЛАСАСТ

таласаст (*rippled*)

Примењује се на пулсирајућу величину која је увек истог знака.

Однос пуне промене вредности према средњој вредности у општем случају је многомањи од јединице.

ПОКАЗАТЕЉ ТАЛАСНОСТИ

$$\gamma = \frac{U_{\sim ef}}{U_0}$$

=ОДНОС (КОЛИЧНИК)
ЕФЕКТИВНЕ ВРЕДНОСТИ
НАИЗМЕНИЧНЕ КОМПОНЕНТЕ
И
СРЕДЊЕ ВРЕДНОСТИ
ПУЛСИРАЈУЋЕГ НАПОНА

**ПОКАЗАТЕЛЬ
ТАЛАСНОСТИ**

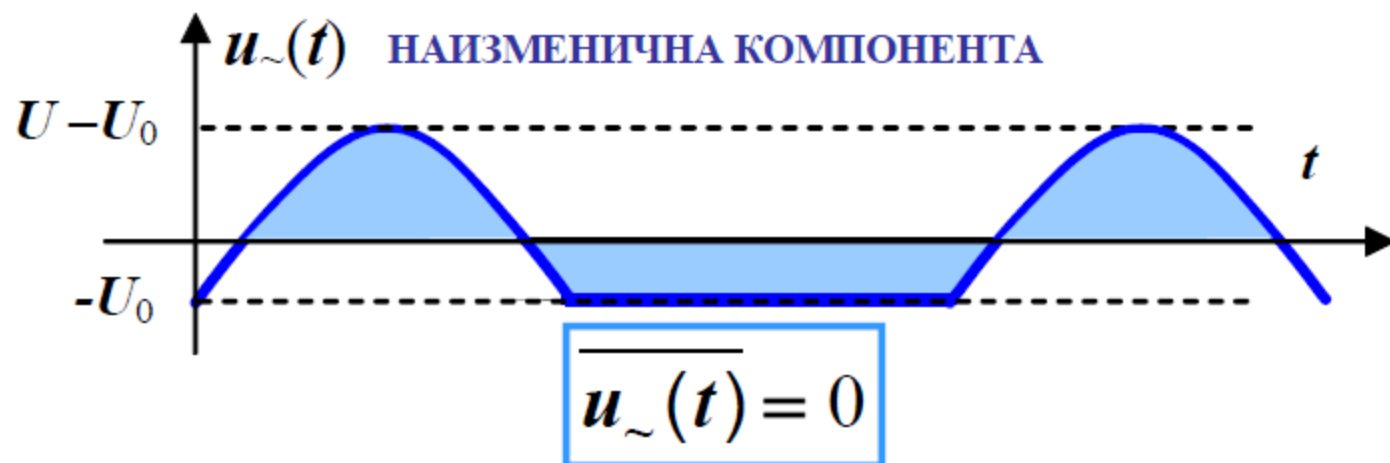
$$\gamma = \frac{U_{\sim ef}}{U_0}$$

$$U_{ef} = U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

$$U_0 = \overline{u(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}}{\frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt}$$

ИЗЛАЗ УСМЕРАЧА ПРЕДСТАВЛЯ ПУЛСИРАЈУЋИ НАПОН

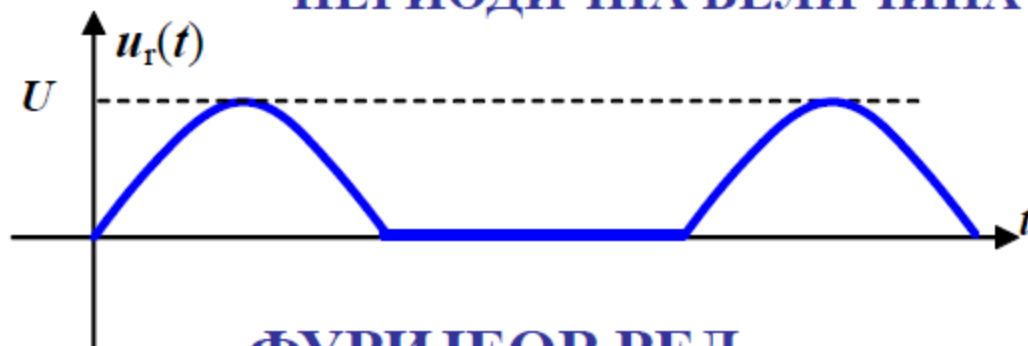


ФУРИЈЕ



ПУЛСИРАЈУЋИ НАПОН

ПЕРИОДИЧНА ВЕЛИЧИНА



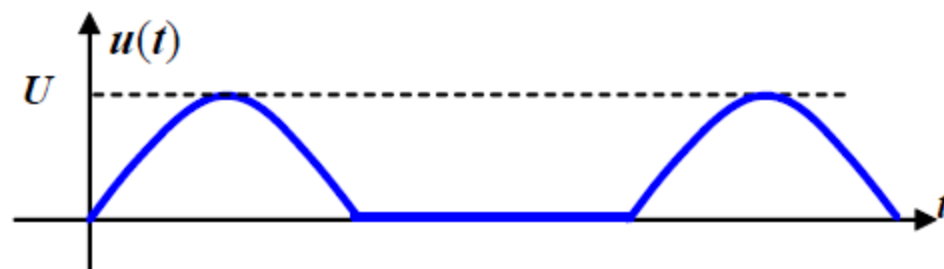
ФУРИЈЕОВ РЕД

$$u_r(t) = U \left[\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos 2n\omega t}{(2n+1)(2n-1)} \right]; \omega = \frac{2\pi}{T}$$

**КОНСТАНТНА
КОМПОНЕНТА**

ОСНОВНА КОМПОНЕНТА
(fundamental component)

ХАРМОНИЦИ



**ПОКАЗАТЕЛЬ
ТАЛАСНОСТИ**

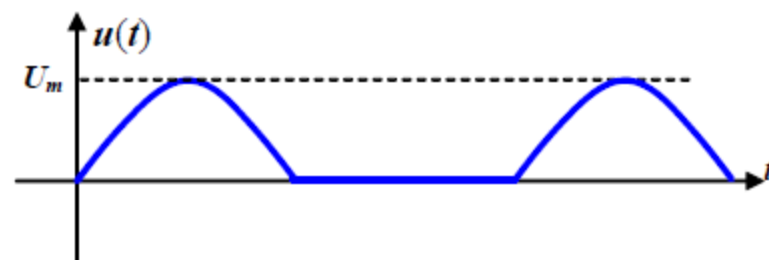
$$\gamma = \frac{U_{\sim ef}}{U_0} = ?$$

$$u(t) = \begin{cases} U \sin \omega t; kT \leq t < (k + \frac{1}{2})T \\ 0; (k + \frac{1}{2})T \leq t < (k + 1)T \end{cases}$$

$$U_0 = \overline{u(t)} = \frac{1}{\pi} U \quad \checkmark$$

$$U_{\sim ef} = ?$$

$$U_{\sim ef} = ?$$



$$u_{\sim}(t) = u(t) - U$$

$$u_{\sim}(t) = U \left[\frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos 2n\omega t}{(2n+1)(2n-1)} \right]$$

Просто!



$$U_{\sim ef} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_{\sim}^2(t) d(\omega t)}$$

$$u(t) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n \sin\left(2n\pi \frac{t}{T} + \varphi_n\right)$$

Сложенопериодична величина

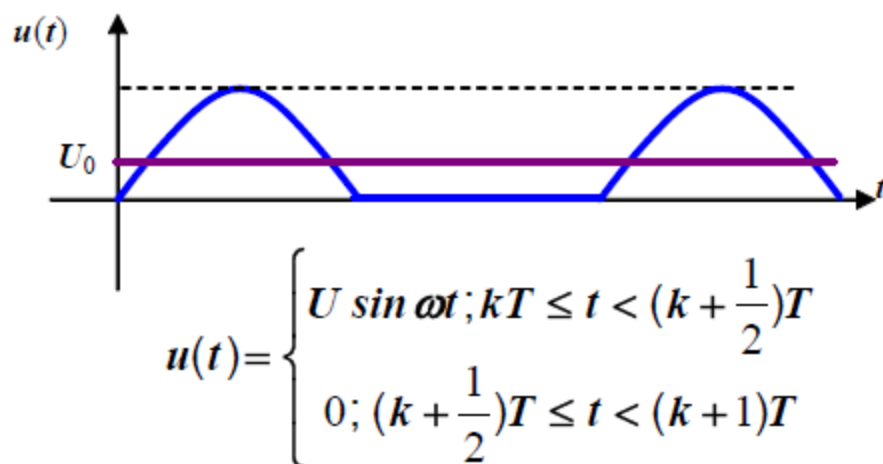
$$U_{\text{ef}} = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} U_{\text{nef}}^2}$$

**ПАРСЕВАЛОВА
ТЕОРЕМА**

$$U_{ef}^2 = \sum_{n=0}^{\infty} U_{nef}^2$$

$$U_{ef}^2 = U_0^2 + U_{\sim ef}^2$$

СТАЛНА КОМПОНЕНТА



$$U_{\sim ef}^2 = U_{ef}^2 - U_0^2$$

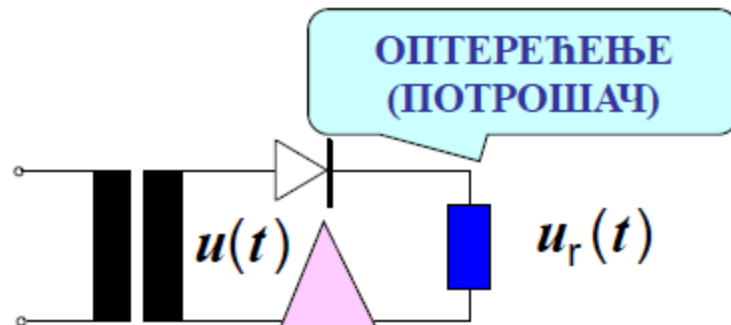
$$U_{ef} = \frac{U}{2}$$

$$U_0 = \frac{1}{\pi} U$$



$$\gamma = \frac{U_{\sim ef}}{U_0} = \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1} \cong 1,21$$

ПОЛУТАЛАСНИ УСМЕРАЧ *HALF-WAVE RECTIFIER*

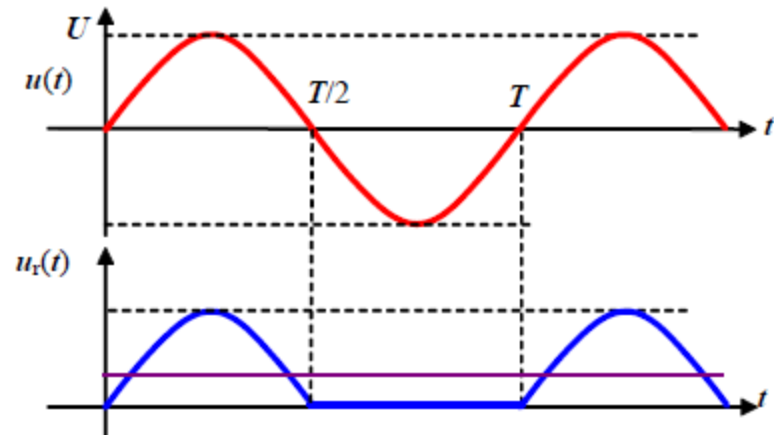


ЗА ОСТВАРИВАЊЕ
ФУНКЦИЈЕ
УСМЕРАВАЊА
КОРИСТИ СЕ
СВОЈСТВО
НЕСИМЕТРИЧНЕ
ОТПОРНОСТИ
(ПРОВОДНОСТИ)
ДИОДНИХ
ЕЛЕМЕНАТА

НАПОН НА КРАЈЕВИМА СЕКУНДАРА

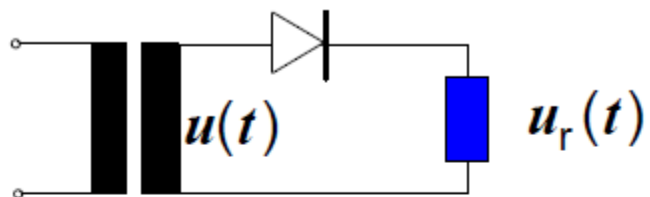
$$u(t) = U \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

АКО ПАД НАПОНА НА ДИОДИ
МОЖЕ ДА СЕ ЗАНЕМАРИ

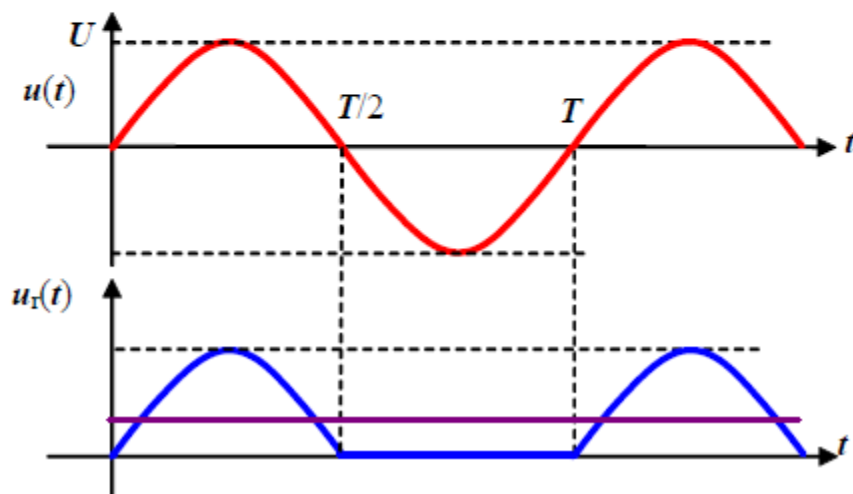


$$u_r(t) = \begin{cases} U \sin \omega t; & kT \leq t < (k + \frac{1}{2})T \\ 0; & (k + \frac{1}{2})T \leq t < (k + 1)T \end{cases}$$

САВРШЕНА ДИОДА



$$u(t) = U \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$



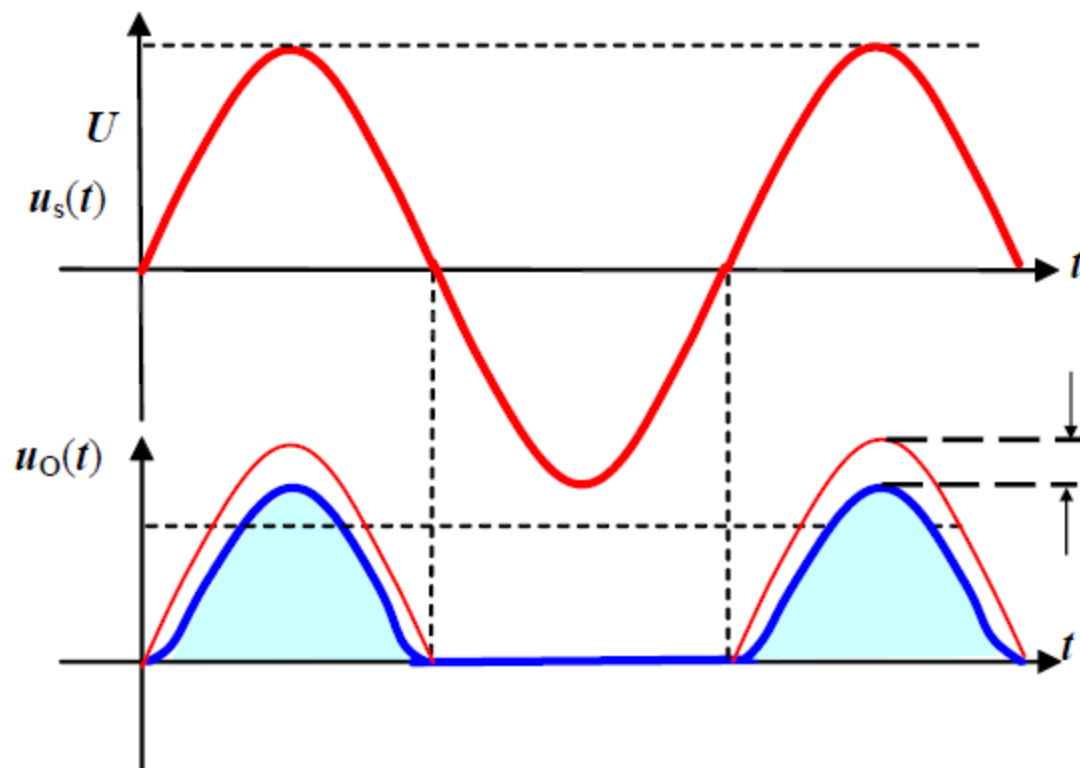
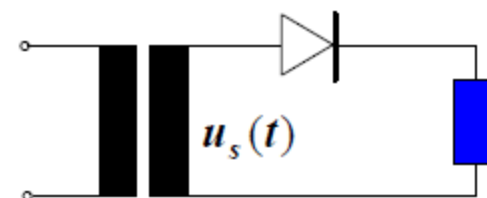
$$\overline{u(t)} = 0$$

$$U_{\text{ef}} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

$$\overline{u_r(t)} = \frac{1}{\pi} U$$

$$U_{\text{ref}} = \frac{U}{2} = \frac{U_{\text{ef}}}{\sqrt{2}}$$

ПОЛУТАЛАСНИ УСМЕРАЧ

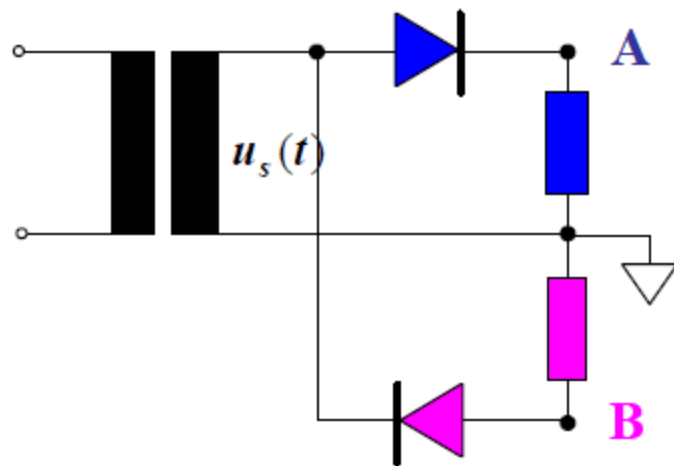


U_F 1N4007 1V @ 1A

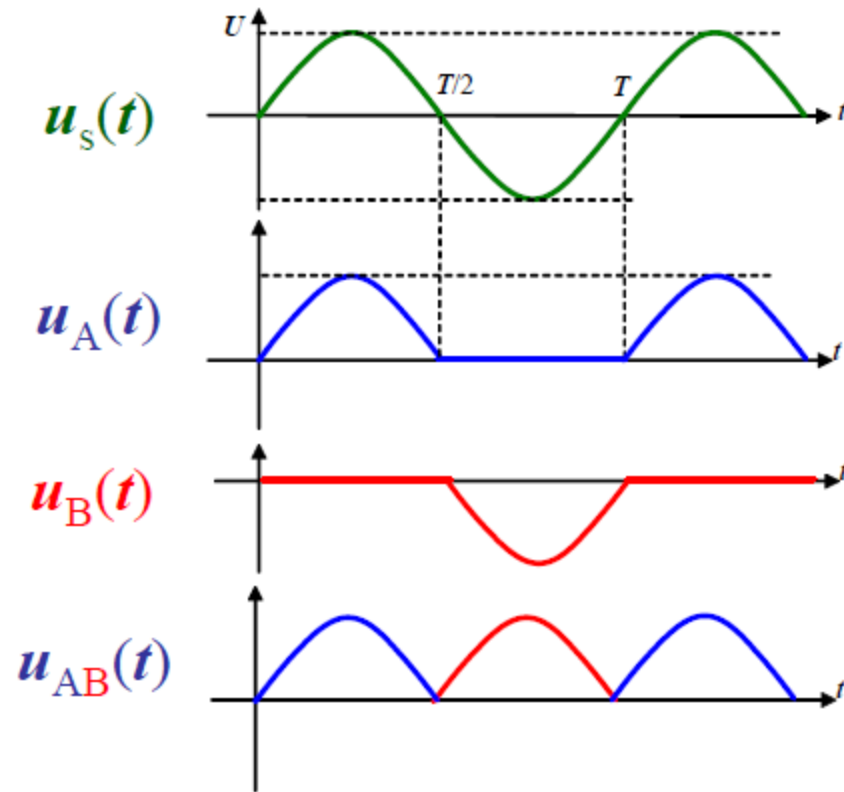
ПАД НАПОНА
НА
УСМЕРАЧКОЈ
ДИОДИ

ПУНОТАЛАСНИ УСМЕРАЧ

FULL-WAVE RECTIFIER



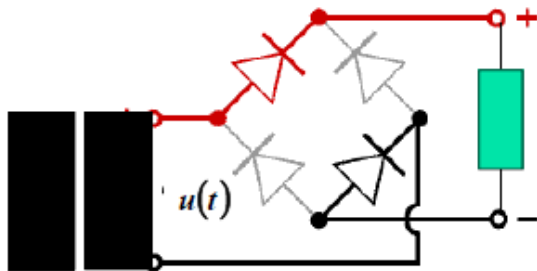
$$u_{AB}(t) = |u_s(t)|$$



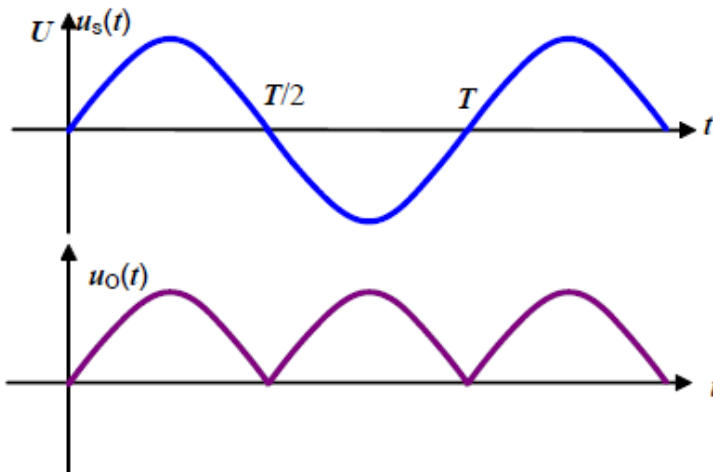
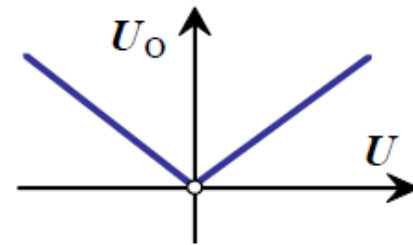
ПУНОТАЛАСНИ УСМЕРАЧ

FULL-WAVE RECTIFIER

ДИОДНИ МОСТ ГРЕЦОВ МОСТ



$$u_O(t) = |u(t)|$$



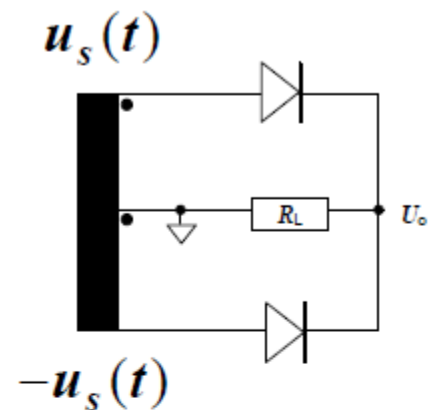
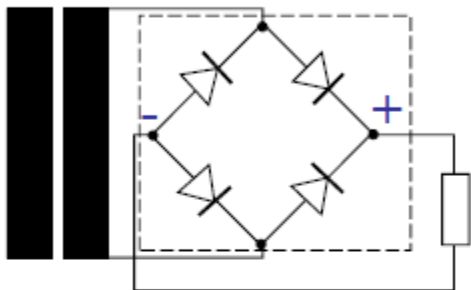
$$\overline{u(t)} = 0$$

$$U_{\text{ef}} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

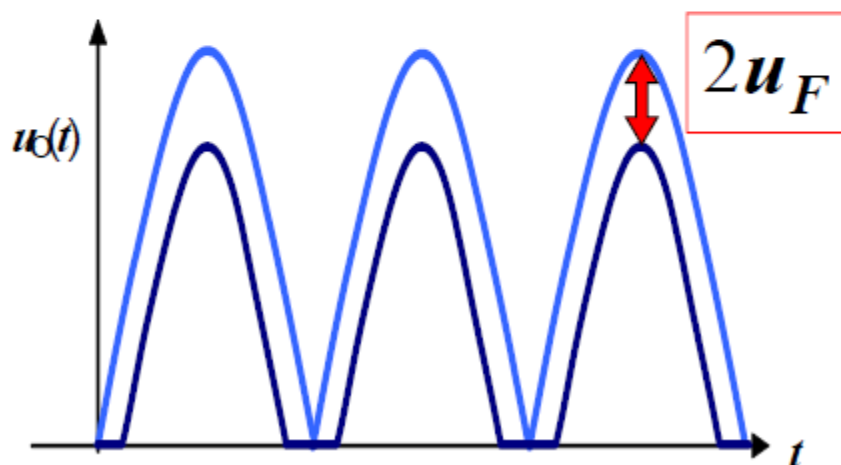
$$\overline{u_R(t)} = \frac{2}{\pi} U$$

$$U_{\text{Ref}} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

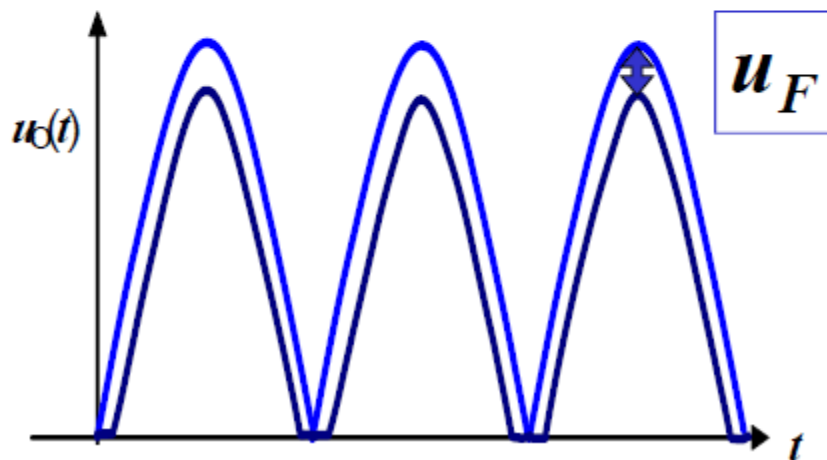
СЛУЧАЈЕВИ СА РЕАЛНИМ ДИОДАМА



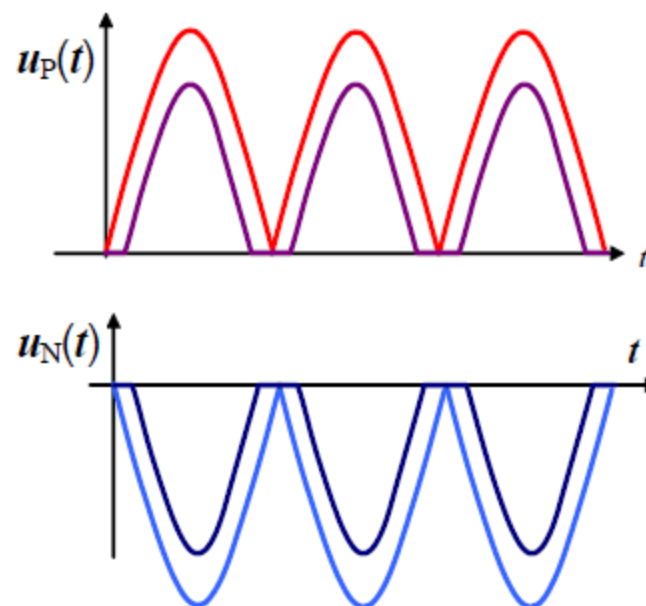
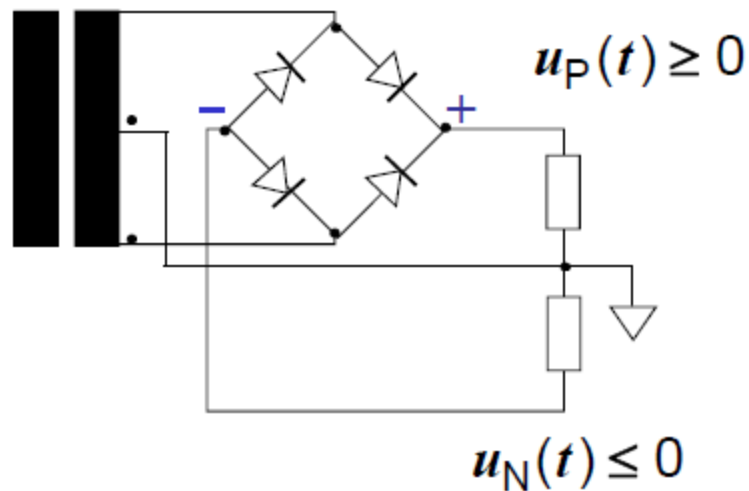
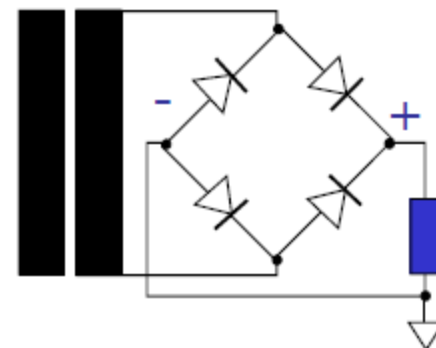
$$u_O(t) = |u_s(t) - 2u_F(t)|$$

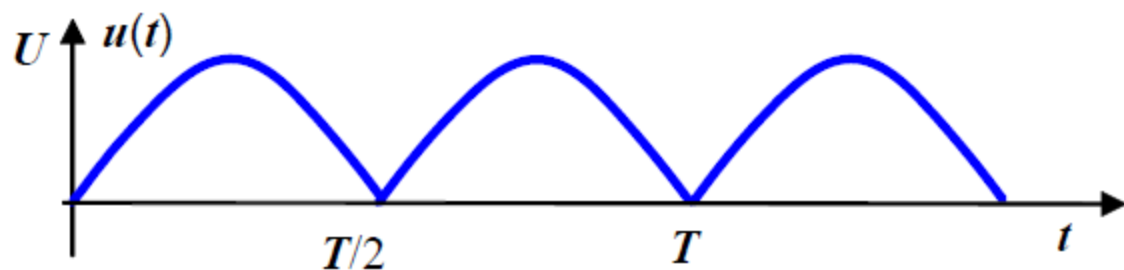


$$u_O(t) = |u_s(t) - u_F(t)|$$



МРЕЖНИ ИСПРАВЉАЧ СА ДВОСТРАНИМ ИСПРАВЉАЊЕМ





$$U_{R0} = \overline{u_R(t)} = \frac{2}{\pi} U$$

$$U_{\text{Ref}} = U_{\text{ef}} = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

$$\gamma = \frac{U_{\sim ef}}{U_0}$$

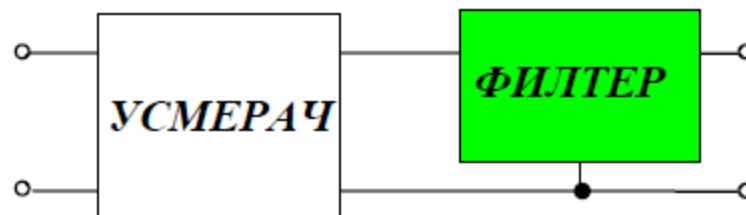
$$U_{\sim ef}^2 = U_{\text{ef}}^2 - U_0^2$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{\pi^2}{8}} - 1 \cong 0,48$$

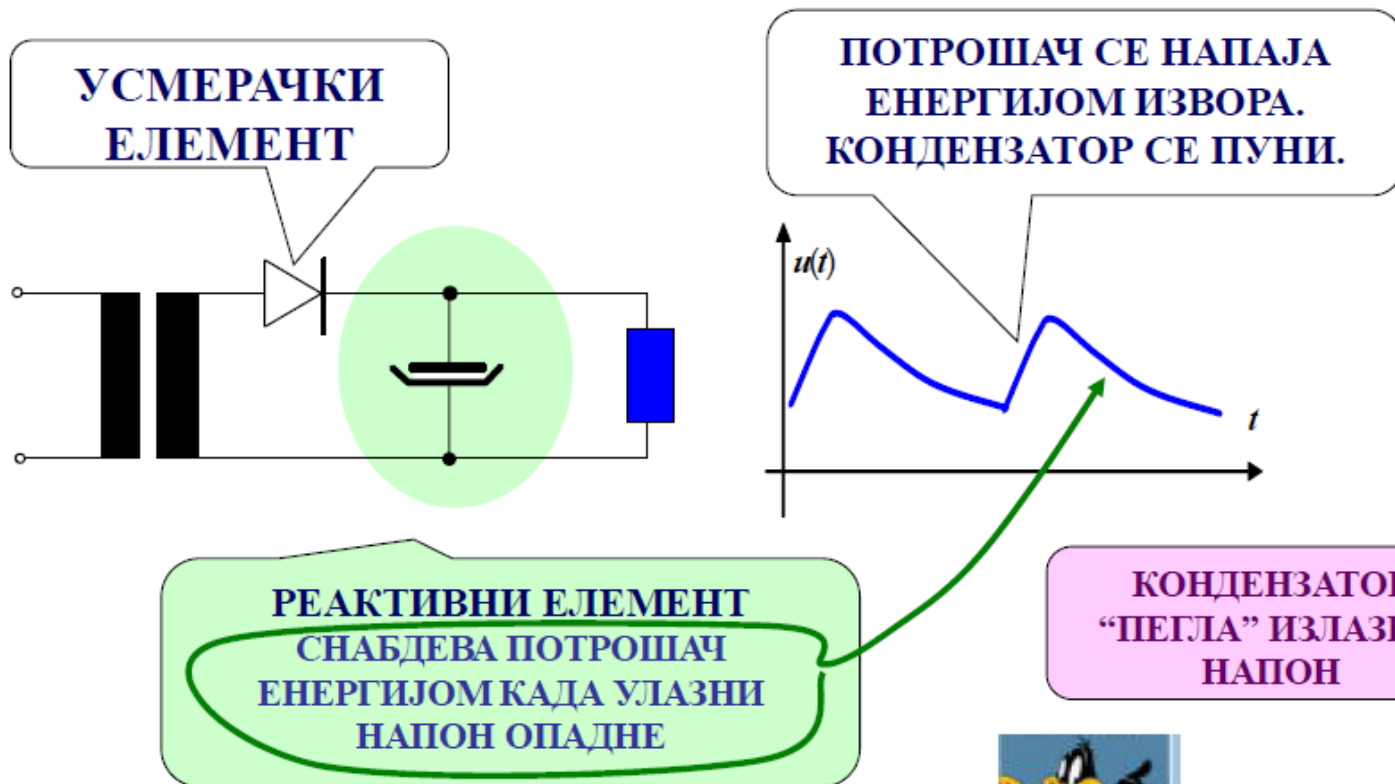
ГЛАЧАЊЕ ПЕГЛАЊЕ

smoothing

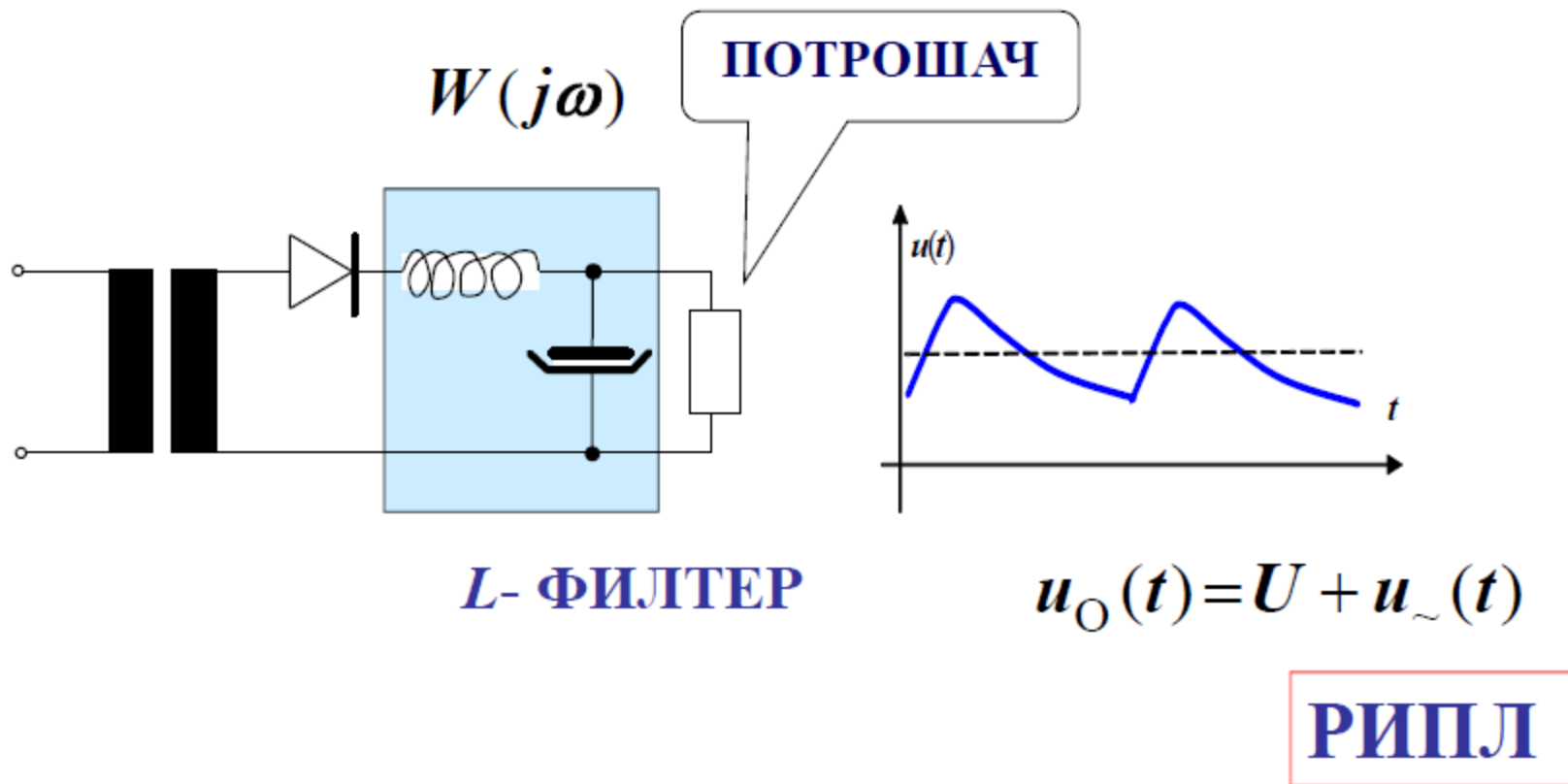
flat



ПОТИСКИВАЊЕ НАИЗМЕНИЧНЕ КОМПОНЕНТЕ



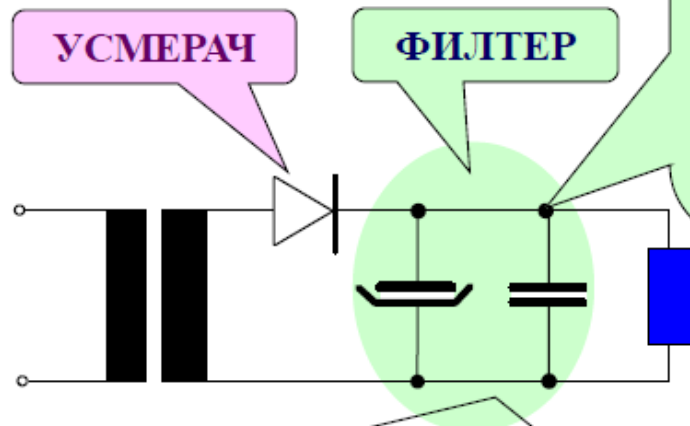
**ПРИ ПОЛУТАЛАСНОМ УСМЕРАВАЊУ
ВЕЋИ ДЕО ВРЕМЕНА КОНДЕЗАТОР СЕ ПРАЗНИ!**



(заостала)

НАИЗМЕНИЧНА КОМПОНЕНТА ИЗЛАЗНЕ ВЕЛИЧИНЕ

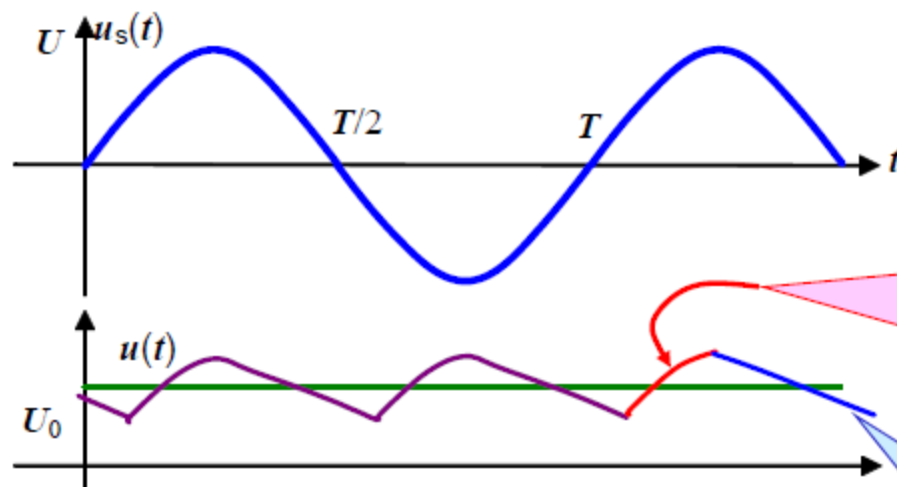
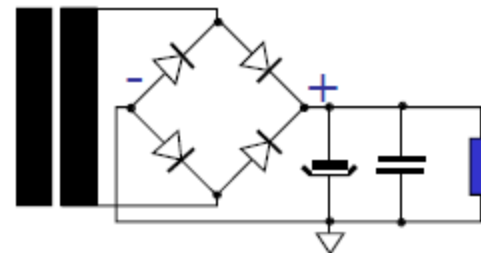
ripple, таласање



**У ЕНЕРГЕТСКОЈ ЕЛЕКТРОНИЦИ,
ФИЛТЕР ЈЕ МРЕЖА САСТАВЉЕНА
ОД ЕЛЕМЕНАТА КОЈИ ИМАЈУ
СПОСОБНОСТ АКУМУЛИРАЊА
ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ,
КОЈИ СНАБДЕВАЈУ ПОТРОШАЧ
ЕНЕРГИЈОМ КАДА УЛАЗНИ НАПОН
ОПАДНЕ.**

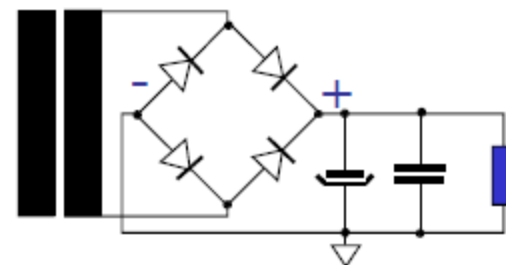
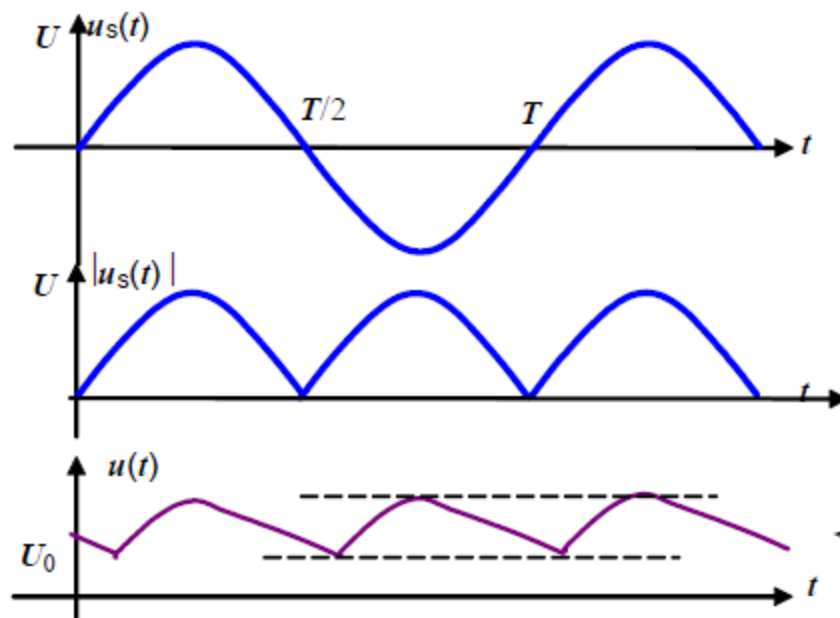
**У ИЗЛАЗНИМ ФИЛТРИМА ИСПРАВЉАЧА НАИЗМЕНИЧНОГ
НАПОНА СЕ КОРИСТИ ПАРАЛЕЛНА ВЕЗА ЕЛЕКТРОЛИТСКОГ
И КЕРАМИЧКОГ КОНДЕНЗАТОРА. ЕЛЕКТРОЛИТСКИ
КОНДЕНЗАТОР ОСТВАРУЈЕ АКУМУЛИРАЊЕ ЕНЕРГИЈЕ, А
КЕРАМИЧКИ ПОТИСКИВАЊЕ (слабљење, филтрирање)
СМЕТЊИ.**

ПРИ ПУНОТАЛАСНОМ УСМЕРАВАЊУ
КОНДЕНЗАТОР СЕ ДОПУЊУЈЕ
У СВАКОЈ ПОЛУПЕРИОДИ

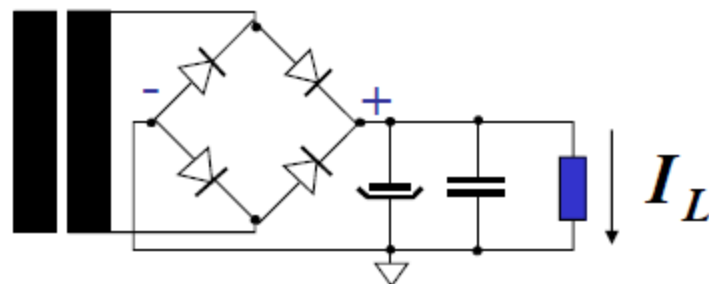
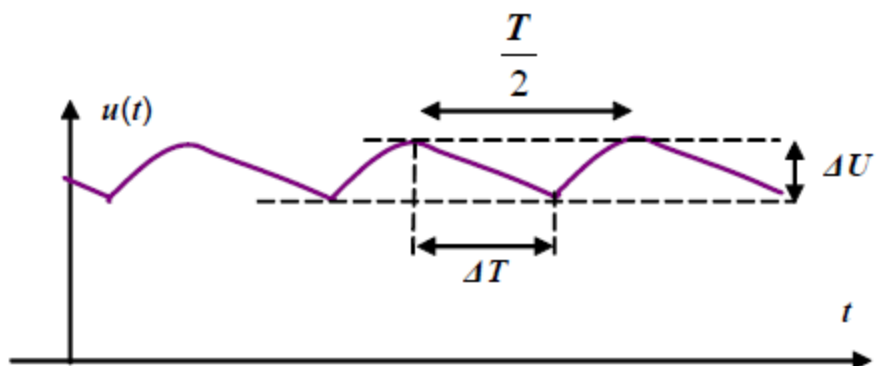


**КОНДЕНЗАТОР СЕ
ПУНИ. ИЗВОР ДАЈЕ
СТРУЈУ ПУЊЕЊА И
СТРУЈУ КРОЗ
ПОТРОШАЧ**

**КОНДЕНЗАТОР СЕ
ПРАЗНИ ДАЈУЋИ
СТРУЈУ КРОЗ
ПОТРОШАЧ**



**АМПЛИТУДА
РИПЛА ЗАВИСИ ОД
СТРУЈЕ
ОПТЕРЕЋЕЊА И
КАПАЦИТИВНОСТИ
КОНДЕНЗАТОРА**

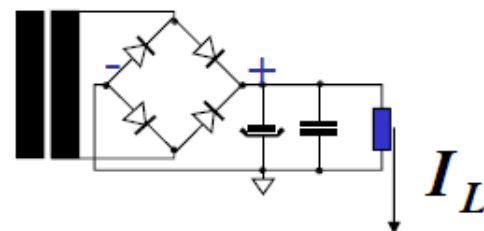
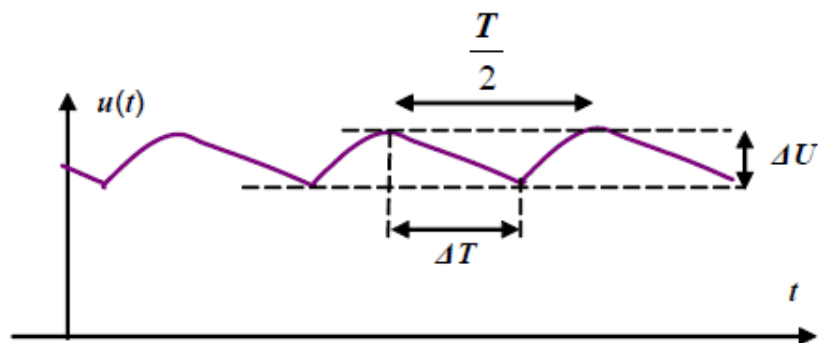


$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{I_L \Delta T}{\Delta U} \quad \Delta U = \frac{I_L \Delta T}{C}$$

$$\Delta T \approx \frac{T}{2}$$

АКО СЕ ВРЕМЕ ПУЊЕЊА ЗАНЕМАРИ

$$\Delta U \sim \frac{I_L T}{2C}$$



$$\Delta U = \frac{I_L \Delta T}{C}$$

АКО СЕ ПОСТАВИ ЗАХТЕВ $\therefore \frac{\Delta U}{U} \approx 0,1$

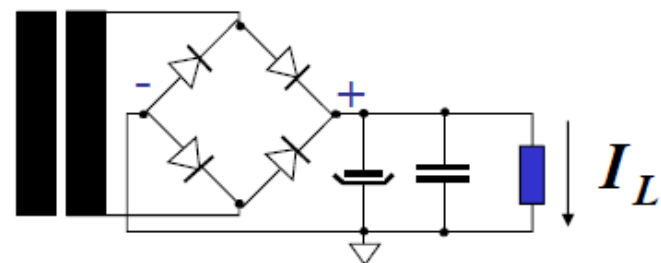
$\Rightarrow \frac{\Delta T}{\frac{T}{2}} \approx 0,8$

80% ВРЕМЕНА КОНДЕНЗАТОР СЕ ПРАЗНИ

$\Rightarrow \Delta U = \frac{I_L}{2,5 C f} \quad C \approx \frac{4 I_L}{U f}$



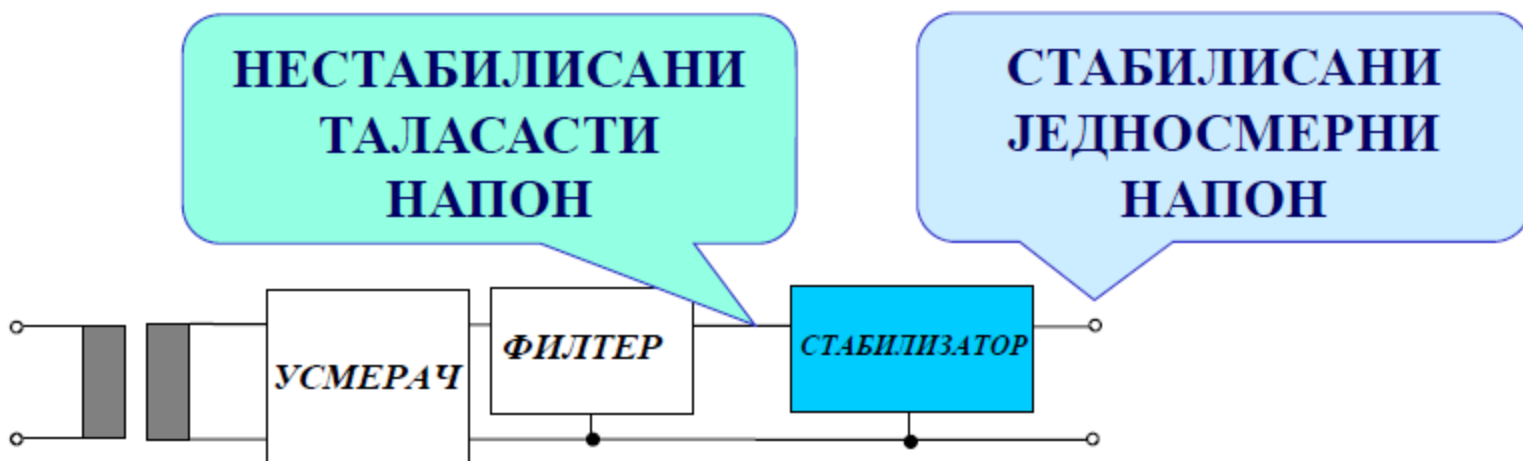
УКОЛИКО ЈЕ
КАПАЦИТИВНОСТ
КОНДЕНЗАТОРА
ВЕЋА, РИПЛ ЈЕ
МАЊИ



АЛИ ЈЕ
“СТРУЈНИ УДАР”
У ТРЕНУТКУ
УКЉУЧЕЊА ИЗВОРА
ЈАЧИ!



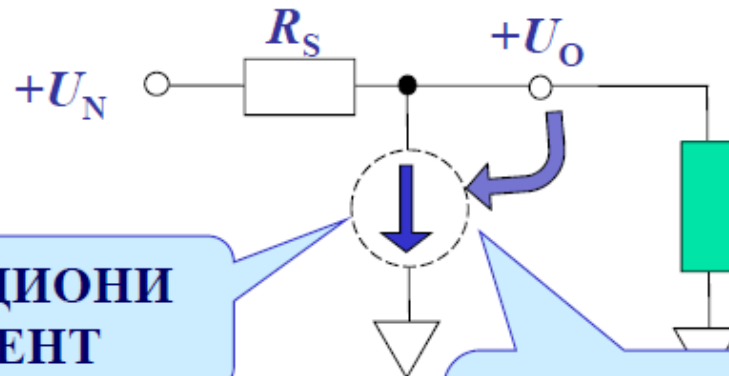
СТАБИЛИЗАТОРИ (РЕГУЛАТОРИ)



**ЗАДАТАК СТАБИЛИЗАТОРА ЈЕ ДА ОБЕЗБЕДИ ДА
ИЗЛАЗНИ НАПОН НЕ ЗАВИСИ ОД ПРОМЕНА УЛАЗНОГ
НАПОНА И ОПТЕРЕЋЕЊА**

ОТОЧНИ (ШАНТ) РЕГУЛАТОР

РЕГУЛАЦИЈА СЕ ПОСТИЖЕ
ПРОМЕНОМ ПАДА НАПОНА НА
РЕДНОМ ОТПОРНИКУ

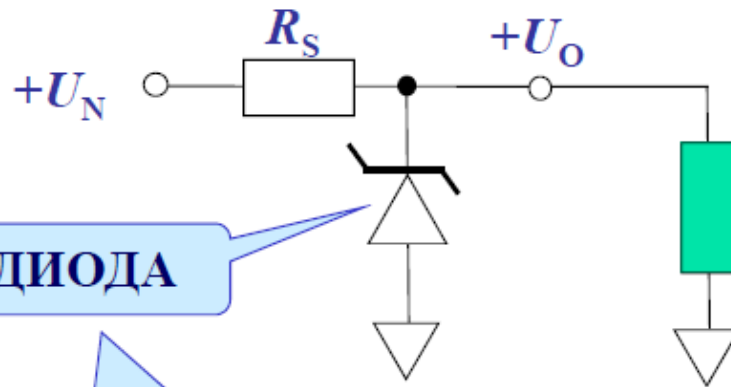


РЕГУЛАЦИОНИ
ЕЛЕМЕНТ

“ВИШАК
СТРУЈЕ”
ОТИЧЕ

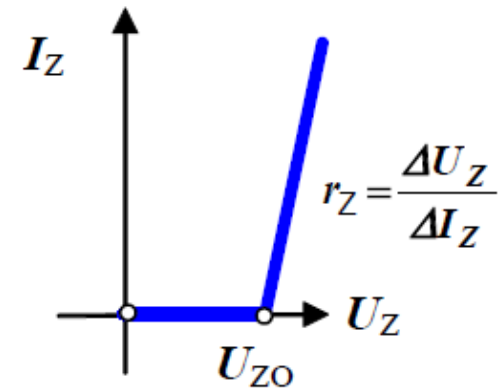
**ПАСИВНИ
ОТОЧНИ (ШАНТ)
РЕГУЛАТОР**

**ПАРАЛЕЛНИ
ОГРАНИЧАВАЧ**

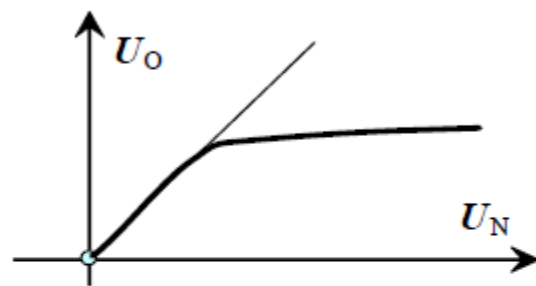
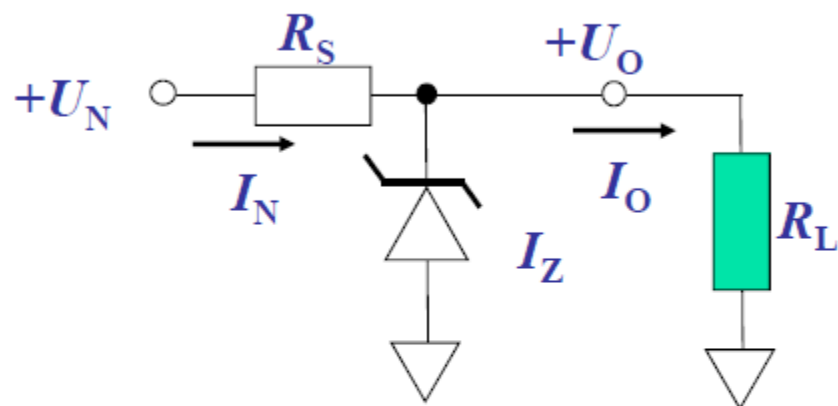


ЦЕНЕР-ДИОДА

**РЕГУЛАЦИОНИ
ЕЛЕМЕНТ
“ПРЕУЗИМА
ВИШАК” СТРУЈЕ**



“КОЛЕНО”



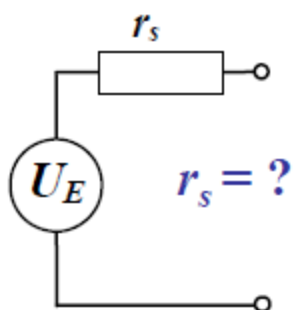
$$P_N = U_N I_N$$

УЛОЖЕНА
(УНЕТА)
СНАГА

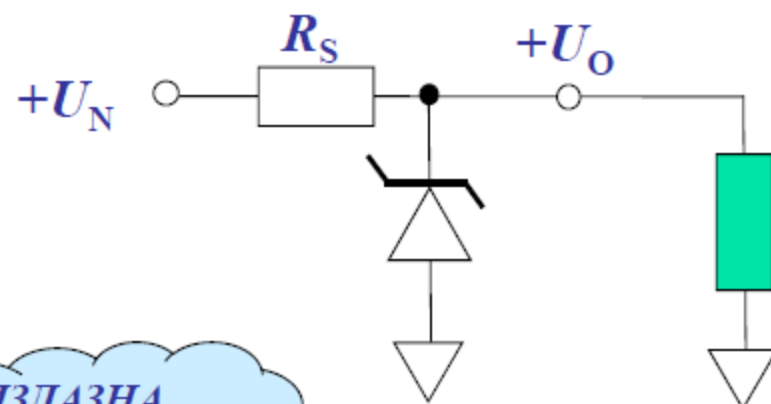
$$P_O = U_O I_O$$

ДОБИЈЕНА
(ПРЕНЕТА)
СНАГА

$$P_O < P_N$$



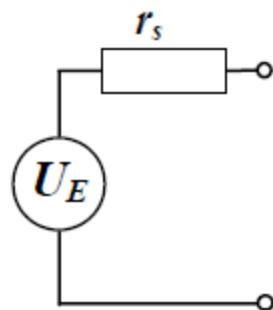
ИЗЛАЗНА
ОТПОРНОСТ
(ИМПЕДАНСА)



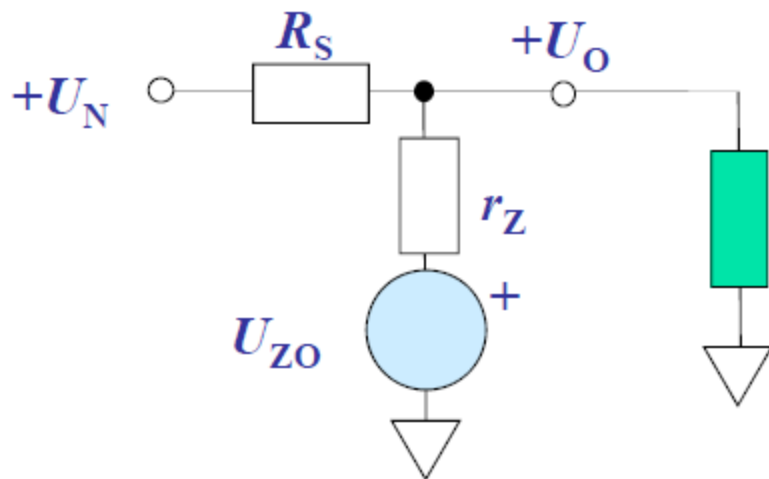
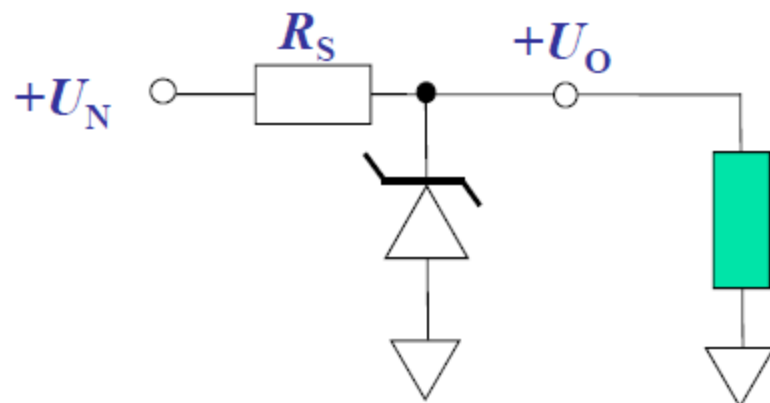
$$R_O = \frac{U_{20}}{I_{2S}}$$

U_{20} НАПОН ПРАЗНОГ ХОДА

I_{2S} СТРУЈА КРАТКОГ СПОЈА

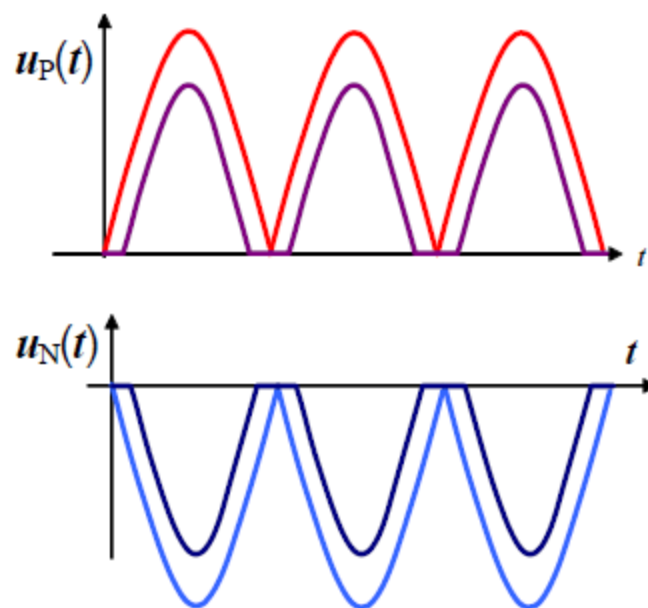
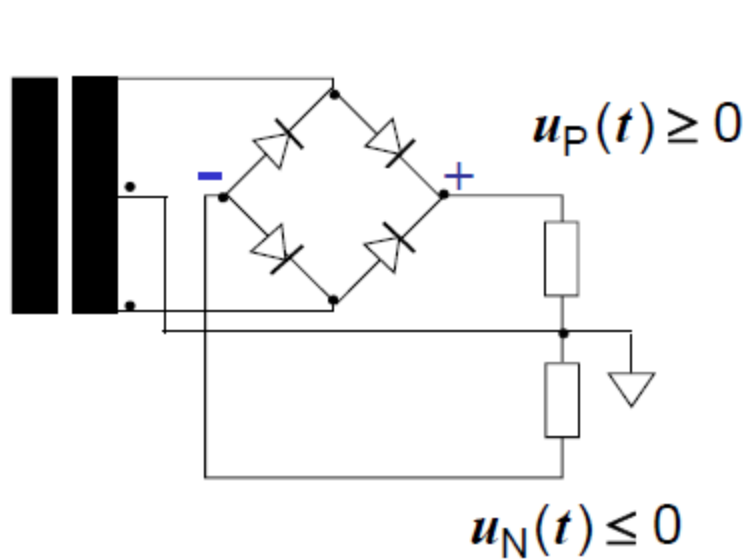


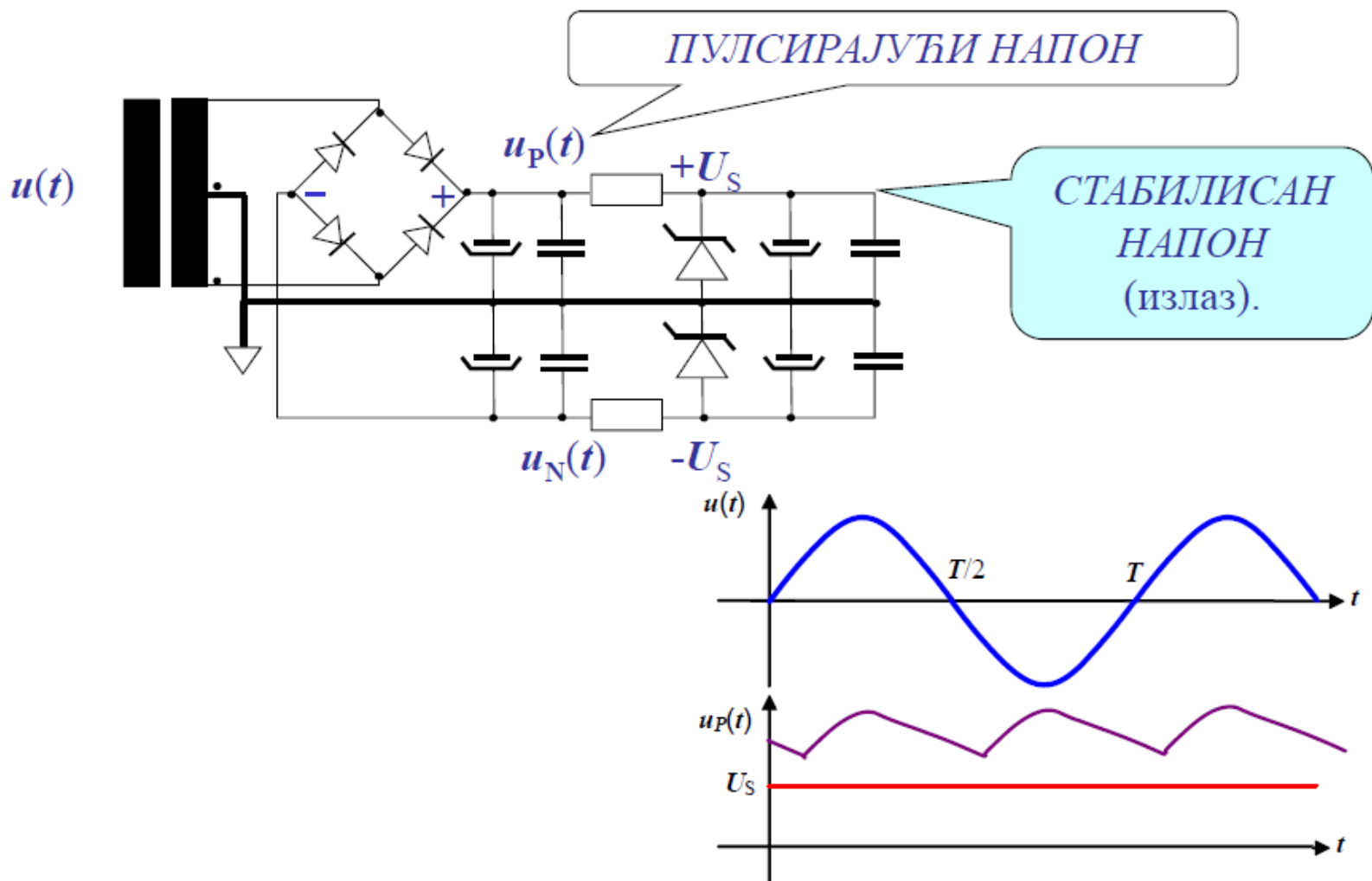
$$r_s = ?$$



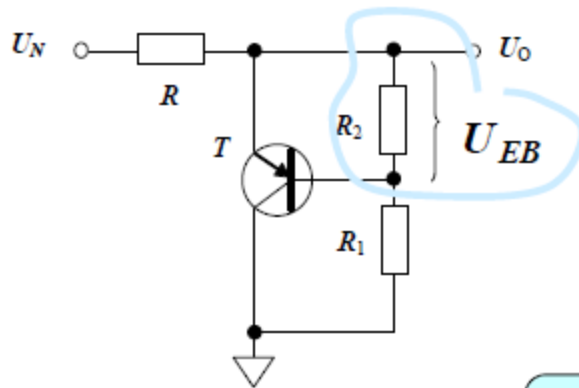
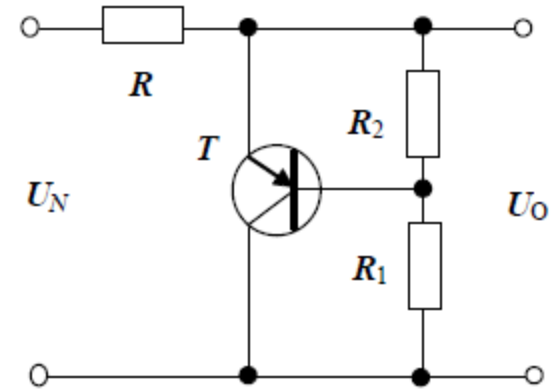
$$r_S = R_S \parallel r_Z$$

ДВОСТРУКО ДВОСТРАНО ИСПРАВЉАЊЕ



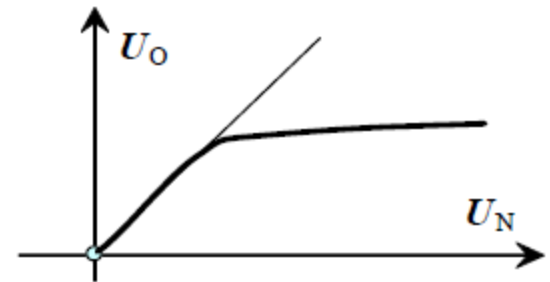


ОТОЧНИ (ШАНТ) РЕГУЛАТОР ПАРАЛЕЛНА СТАБИЛИЗАЦИЈА



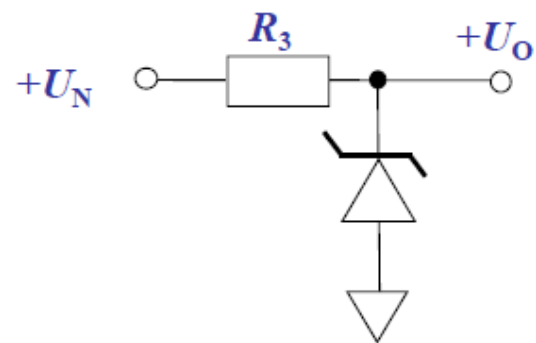
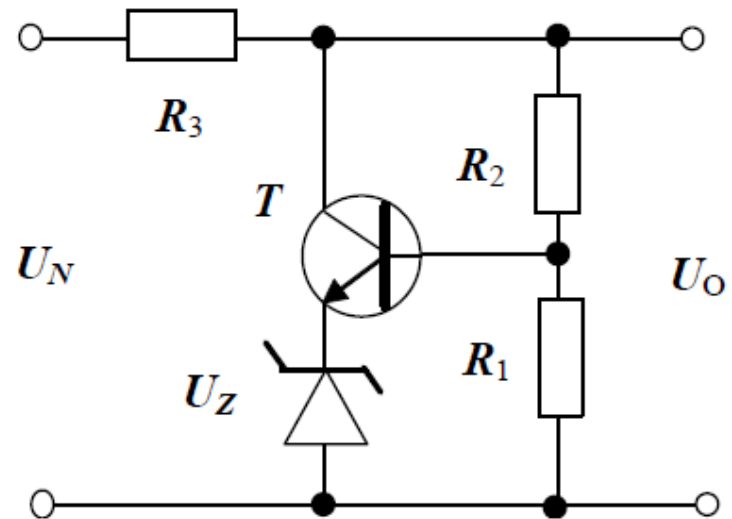
$$U_O \cong U_{BE} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

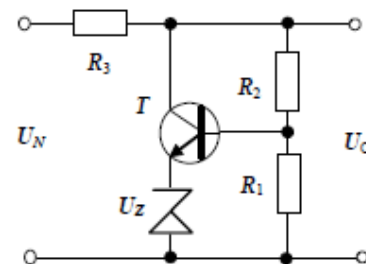
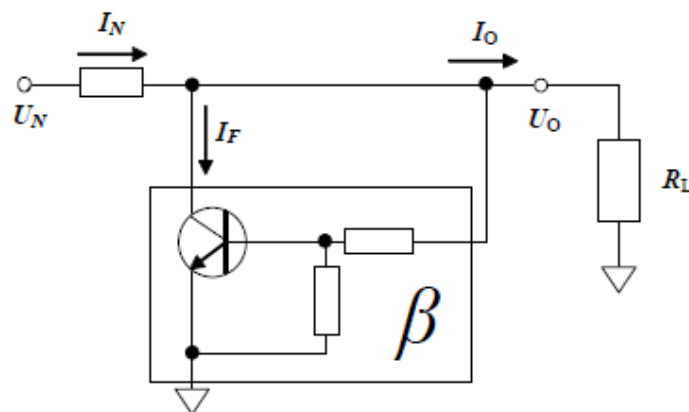
ЦЕНЕРКА СА
ПОДЕСИВИМ КОЛЕНОМ



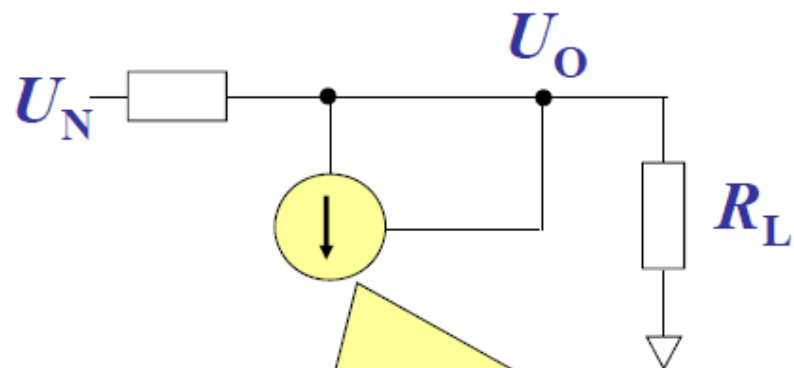
$$U_O = (U_Z + U_{BE}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

ПОДЕСИВА
ЦЕНЕРКА

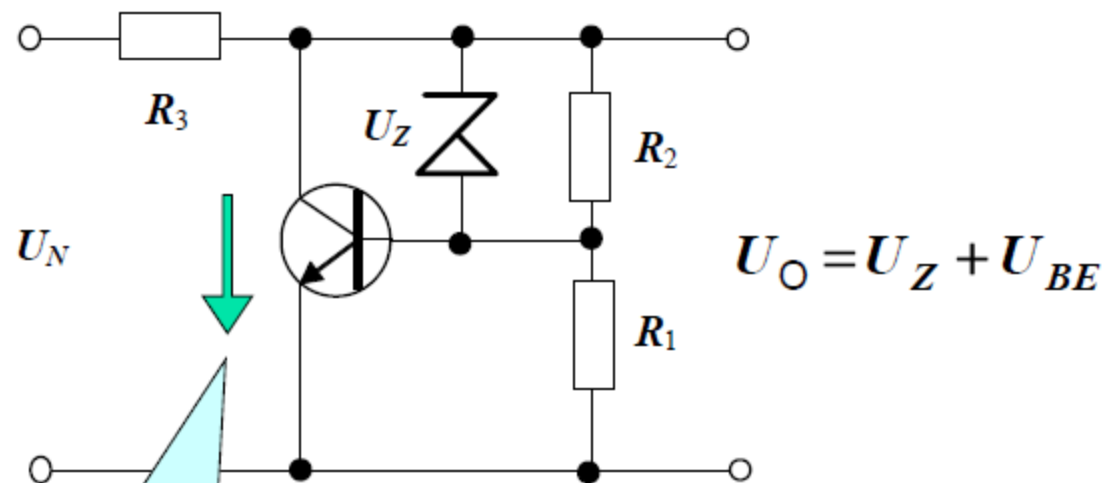




НАПОНСКО-ПАРАЛЕЛНА ПОВРАТНА СПРЕГА

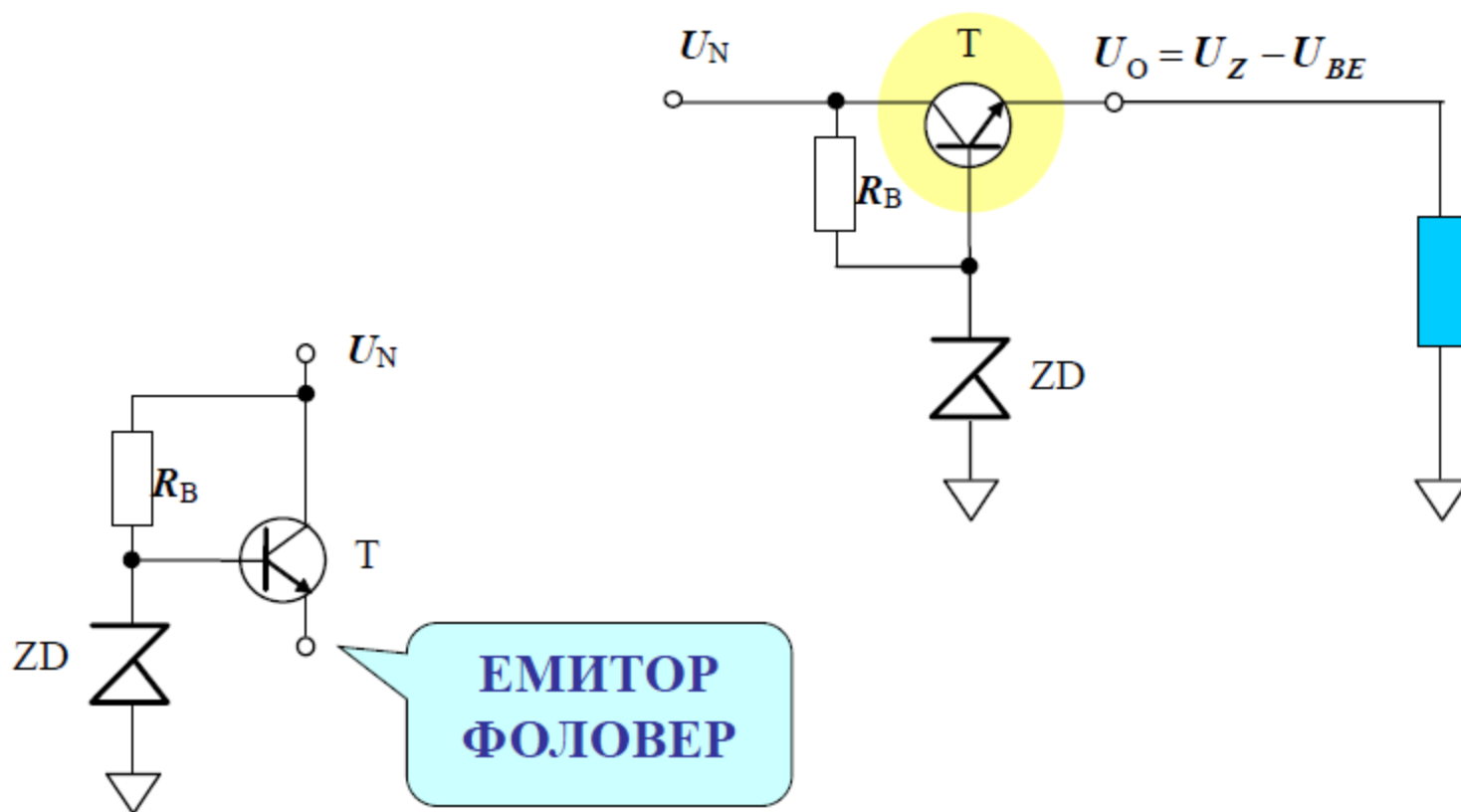


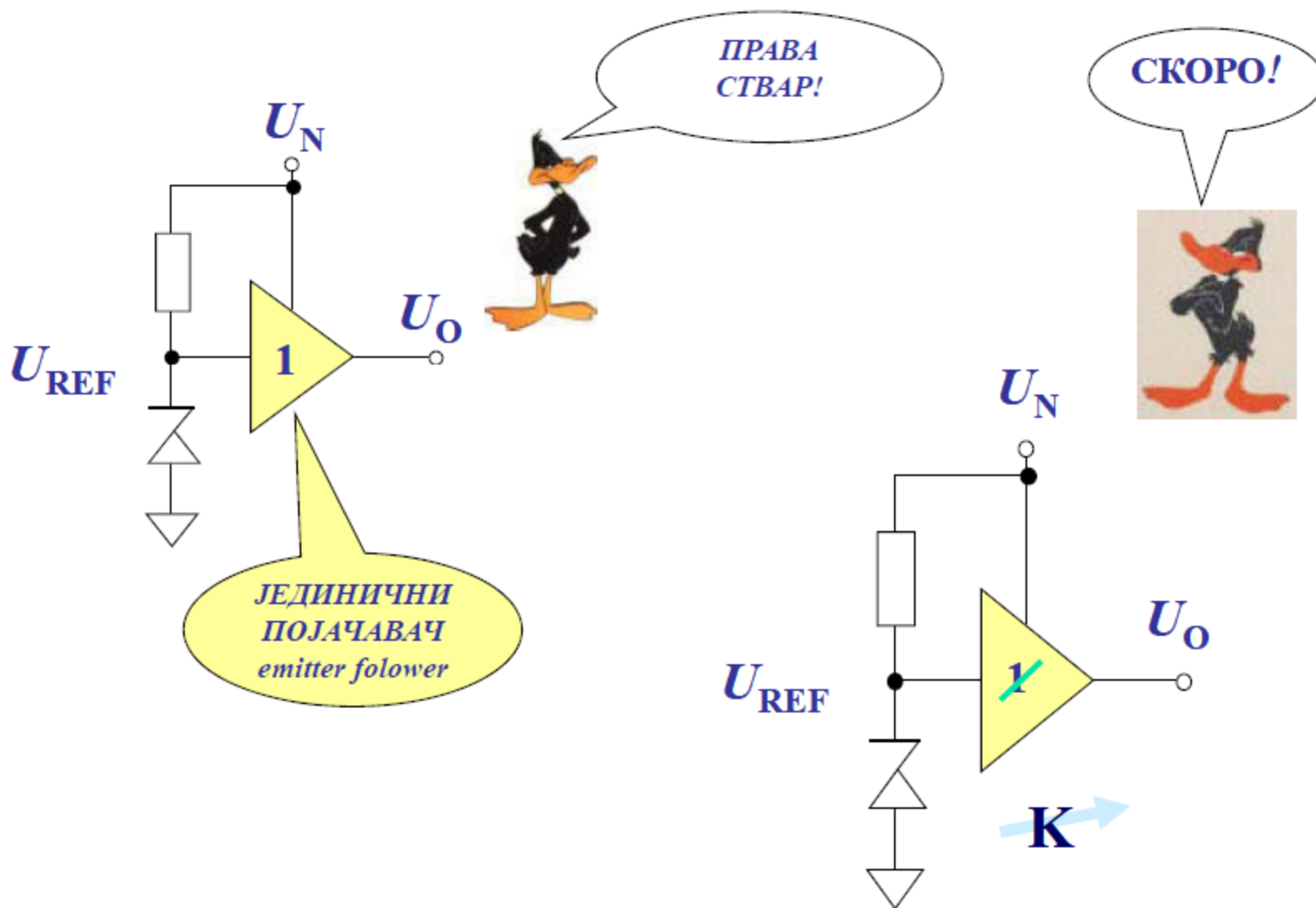
НАПОНСКИ УПРАВЉАН
“ПОНОР СТРУЈЕ”



поента:
ВИШАК СТРУЈЕ
НЕ ИДЕ КРОЗ
ЦЕНЕРКУ!

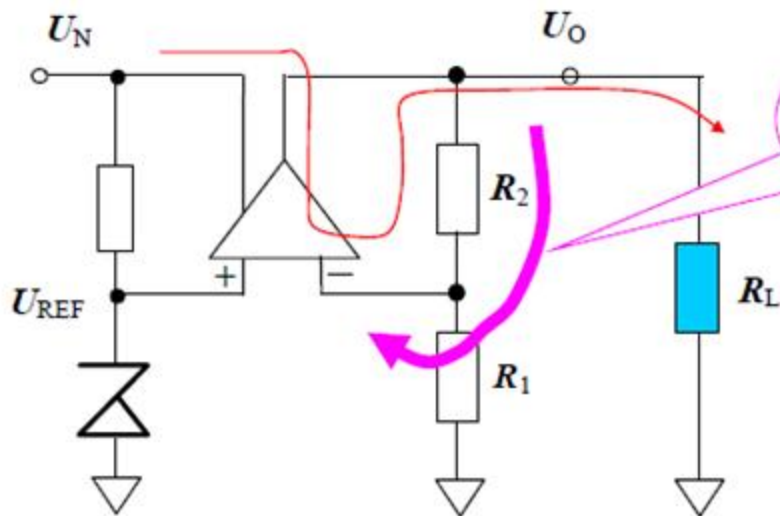
РЕДНА СТАБИЛИЗАЦИЈА





ПОДЕСИВИ СТАБИЛИЗАТОР

СТАБИЛИЗАЦИЈА НАПОНА ПОМОЋУ ПОВРАТНЕ СПРЕГЕ РЕГУЛАЦИЈА

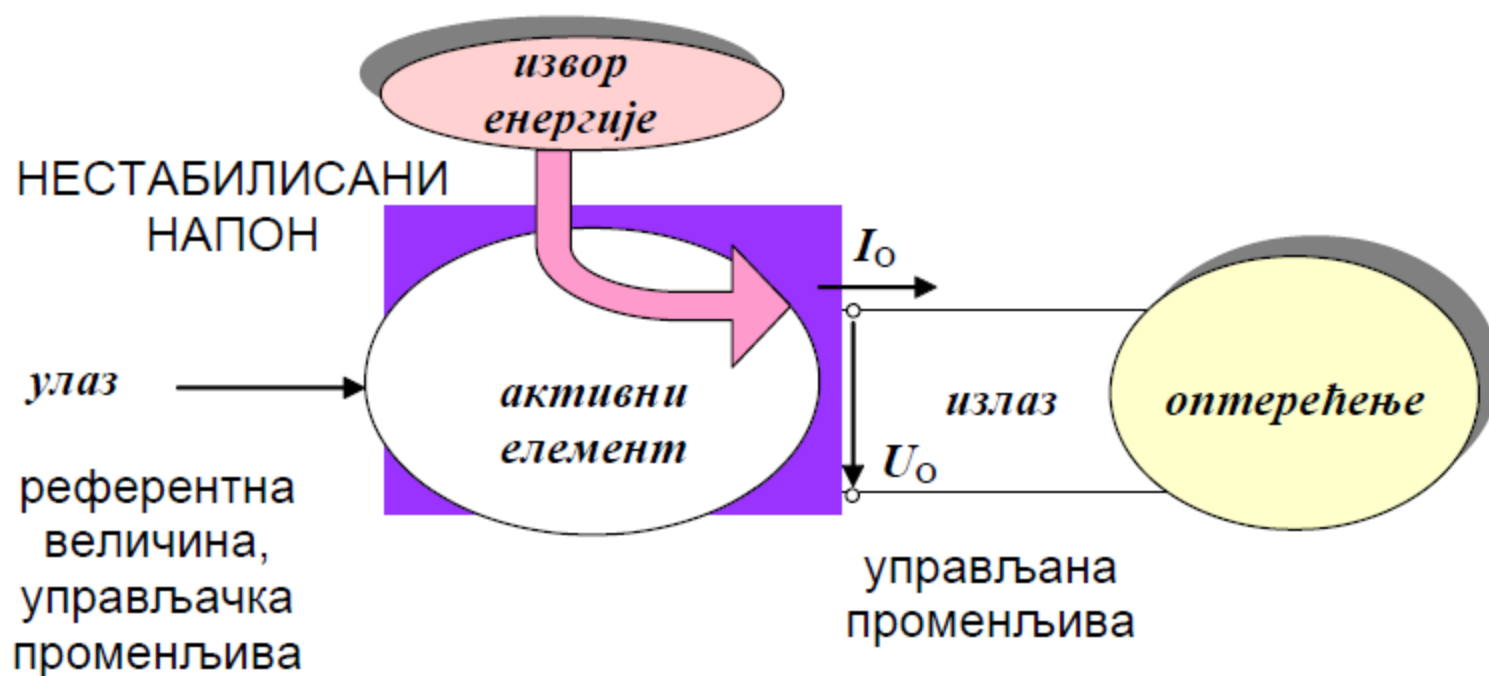


НЕГАТИВНА
ПОВРАТНА
СПРЕГА

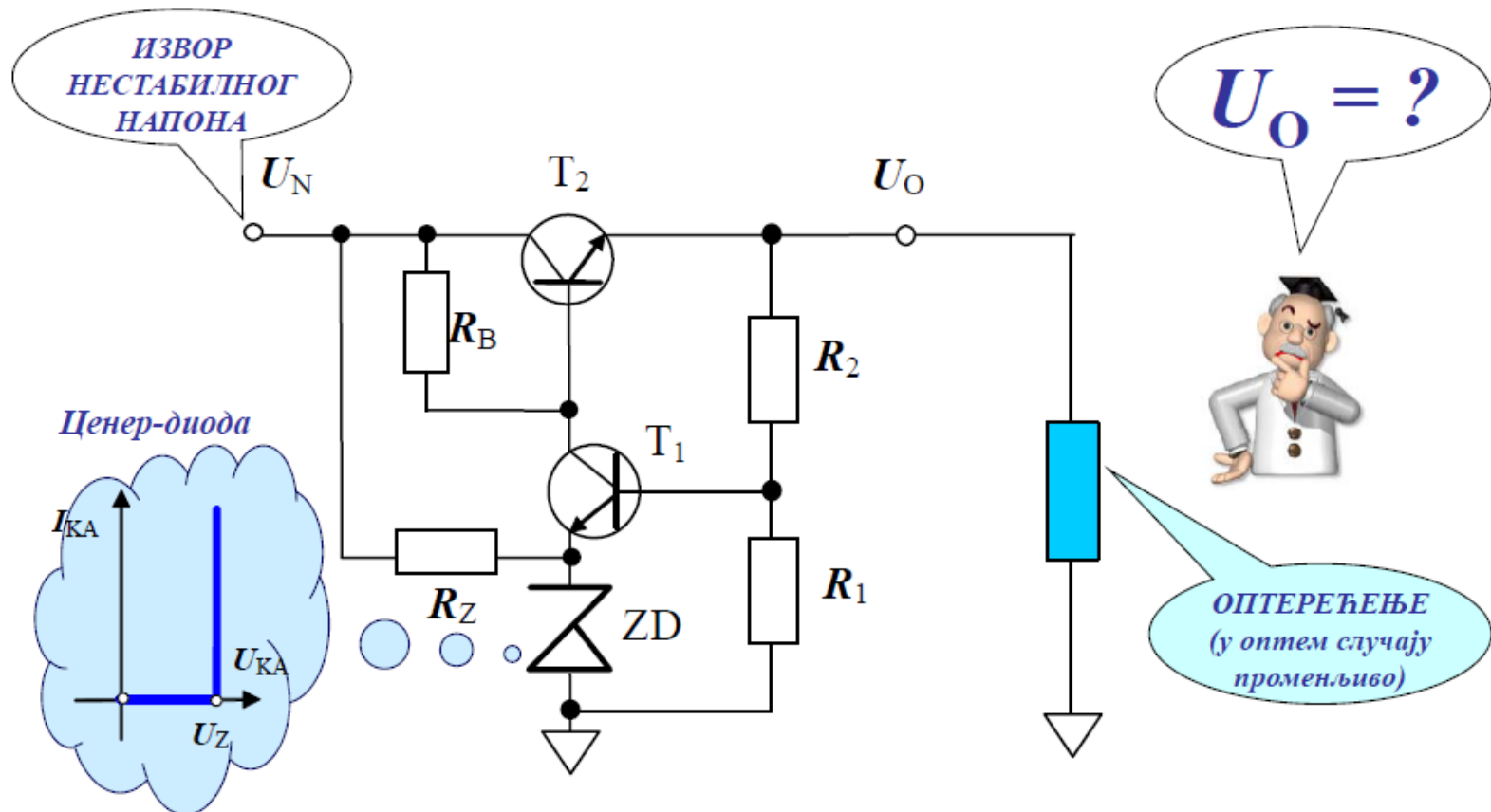
САУ!



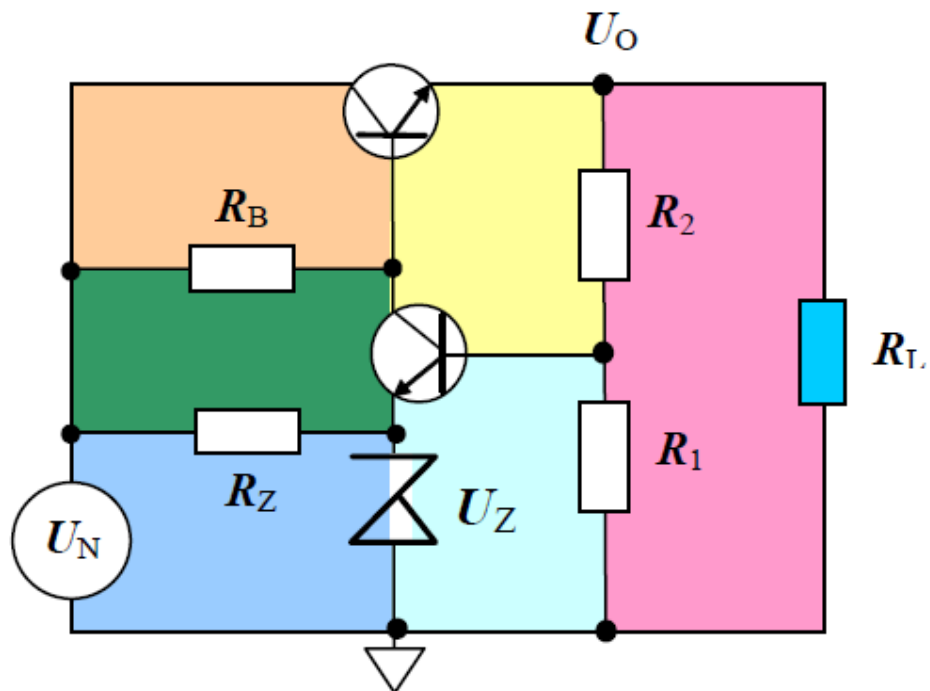
ЛИНЕАРНИ РЕГУЛАТОР НАПОНА



СТАБИЛИЗАТОР НАПОНА СА ПОВРАТНОМ СПРЕГОМ



ШЕСТ
КОНТУРА,
ПА ШТА!



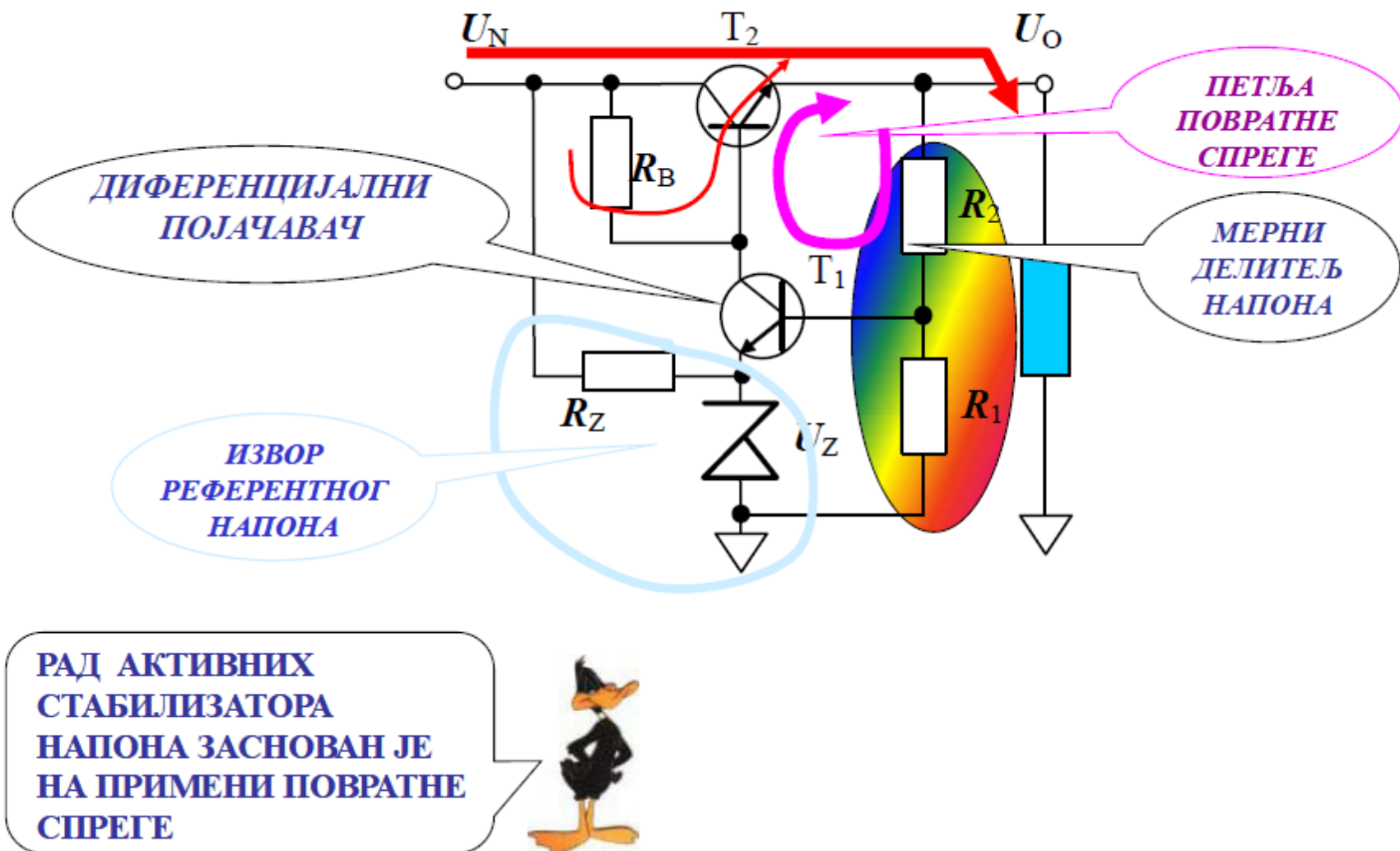
$$U_O(U_Z, R_1, R_2)$$

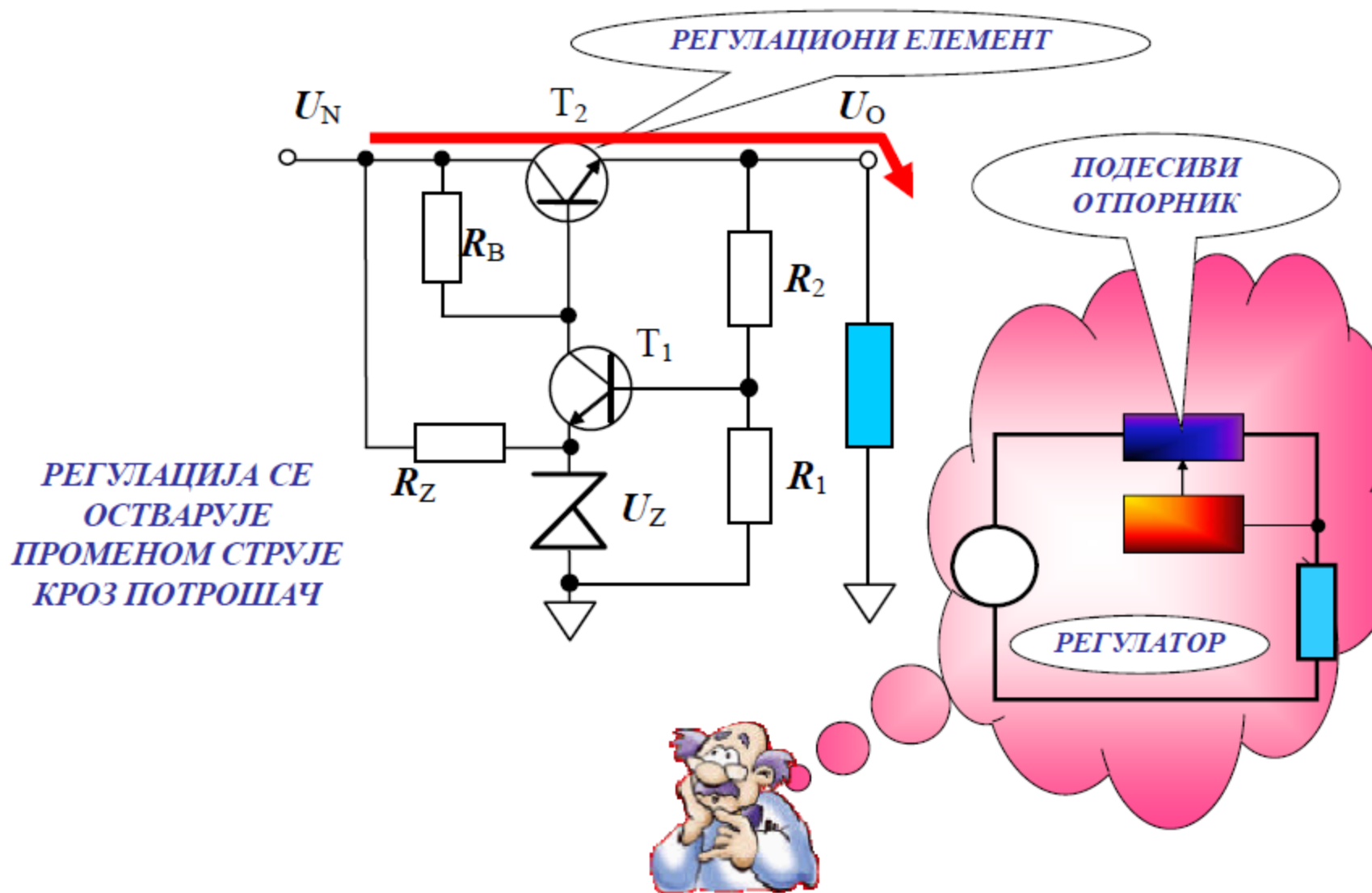
$$U_O(\beta_1, \beta_2, r_Z, U_{BE}, U_N, R_Z, R_B)$$

УТИЦАЈНЕ
ВЕЛИЧИНЕ

Цаба моја
предавања!!!

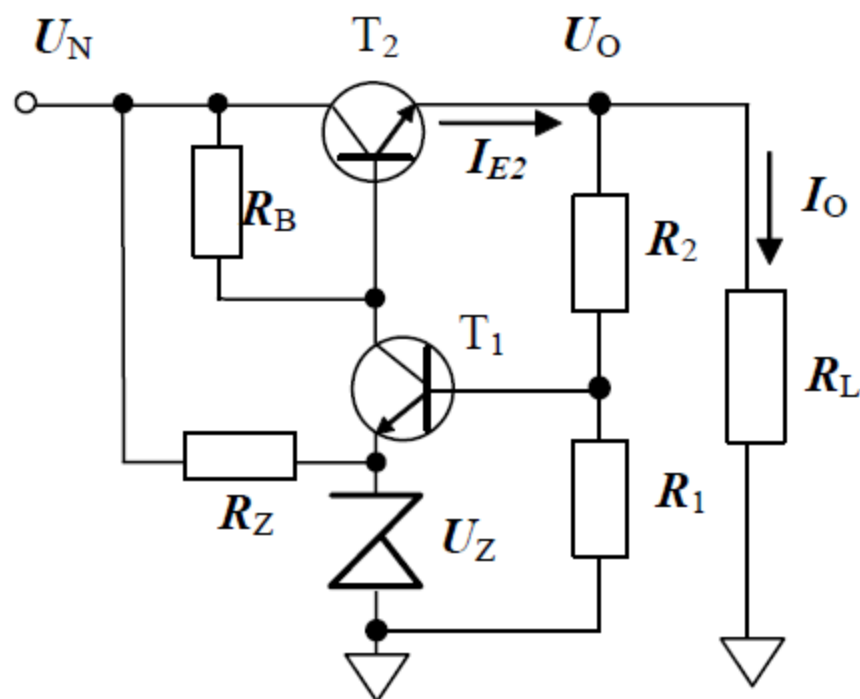






АНАЛИЗА МЕТОДОМ ПОРЕМЕЋАЈА

Шта би било кад би било...



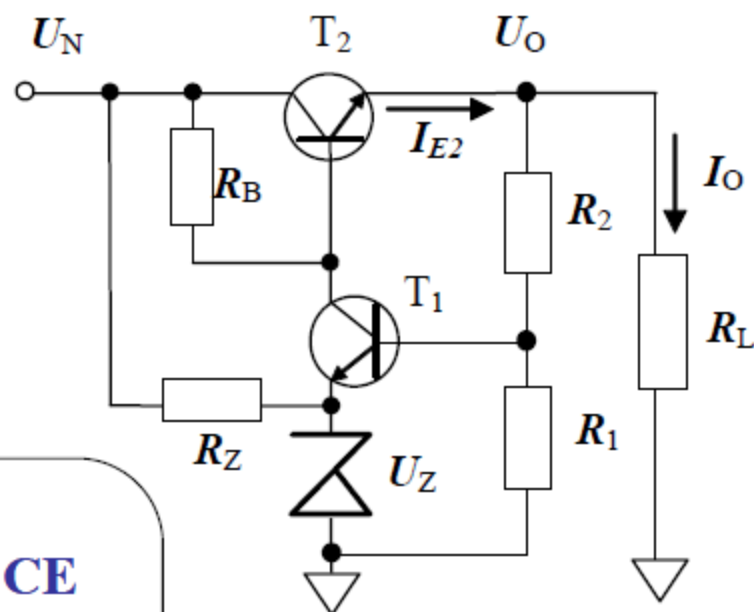
АКО СЕ, ЗБОГ НЕЧЕГА,
ПРОМЕНЕ ОПТЕРЕЋЕЊА
ИЛИ ДЕЛОВАЊА НЕКОГ
ПОРЕМЕЋАЈА,
ВРЕДНОСТ ИЗЛАЗНОГ
НАПОНА ПРОМЕНИ,
на пример, тако да се
повећа...



$$\therefore U_N \Rightarrow U_N + \Delta U_N \Rightarrow \Delta I_{E2} \Rightarrow \Delta I_O \Rightarrow \Delta U_O$$

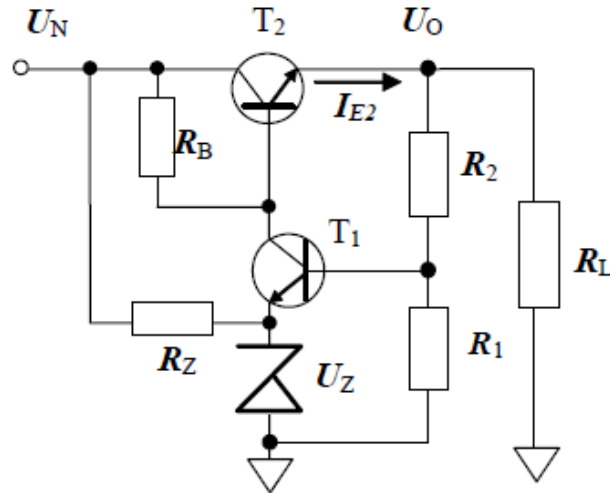
АНАЛИЗА МЕТОДОМ ПОРЕМЕЋАЈА

У ПРВОЈ
АПРОКСИМАЦИЈИ СЕ
МОЖЕ СМАТРАТИ ДА СЕ
НАПОН U_Z НЕ МЕЊА СА
ПРОМЕНАМА НАПОНА
НАПАЈАЊА И
ОПТЕРЕЋЕЊА



$$\therefore U_Z = \text{CONST}$$

АКО СЕ ВРЕДНОСТ ИЗЛАЗНОГ НАПОНА ПРОМЕНИ...



...ПОВРАТНА СПРЕГА
ДЕЛУЈЕ ДА ОВУ
ПРОМЕНУ ПОНИШТИ

$$\therefore U_O \Rightarrow U_O + \Delta U_O \uparrow \text{ Расте}$$

СЛЕДИ ↓

$$U_{BE1} \Rightarrow U_{BE1} + \Delta U_{BE} \uparrow \text{ Расте}$$

↓

$$I_{C1} \Rightarrow I_{C1} + \Delta I_{C1} \uparrow \text{ Расте}$$

↓

$$I_{B2} \Rightarrow I_{B2} + \Delta I_{B2} \downarrow \text{ Онада}$$

↓

$$I_{E2} \Rightarrow I_{E2} + \Delta I_{E2} \downarrow \text{ Онада}$$

↓

$$U_O \Rightarrow U_O + \Delta U_O \downarrow \text{ Онада}$$

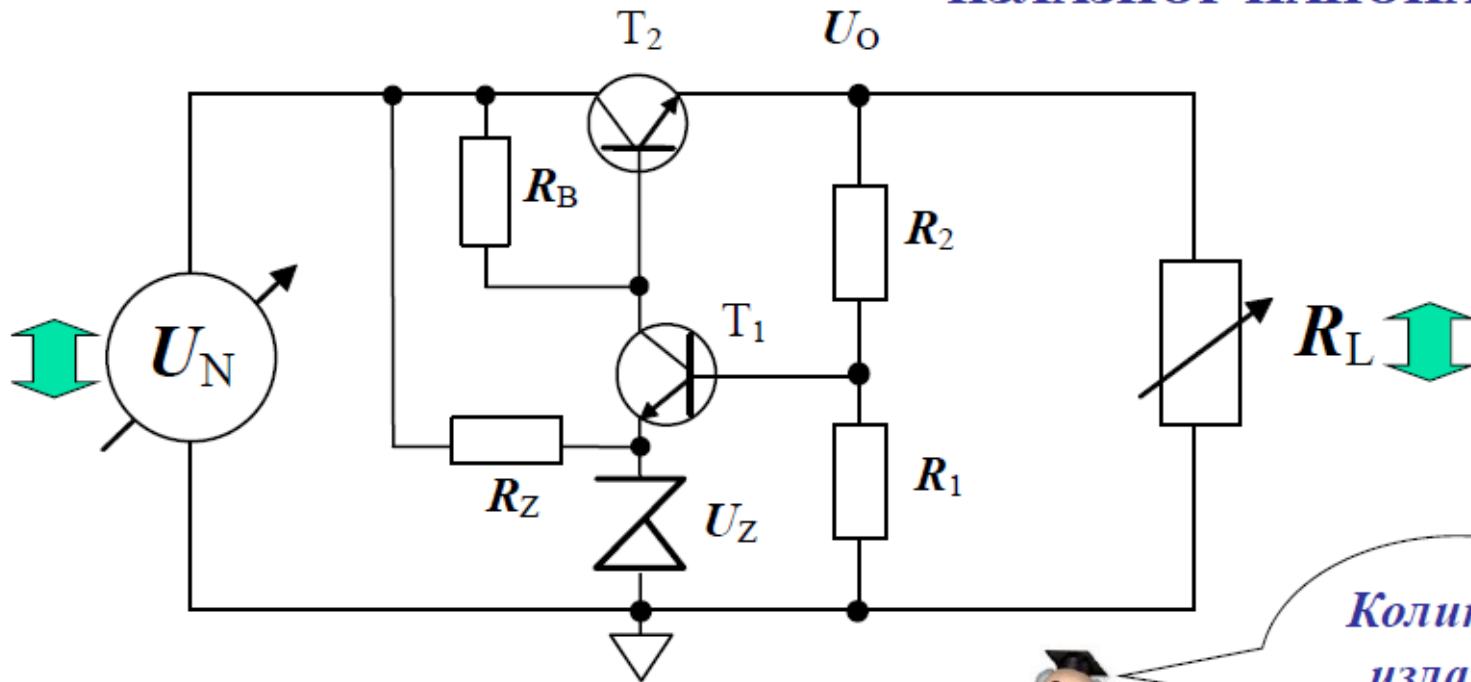
Просто

!





**СТАБИЛИЗАТОР
СМАЊУЈЕ (СЛАБИ) УПИЦАЈ
ПРОМЕНА НА ВРЕДНОСТ
ИЗЛАЗНОГ НАПОНА**



*Колики је
излазни
напон ?*

$$\therefore \beta_1 \gg 1$$

$$\therefore I_{B1} \cong 0$$

АКО СЕ СТРУЈА БАЗЕ
МОЖЕ ЗАНЕМАРИТИ



ДЕЛИТЕЉ
НАПОНА

$$U_B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_O$$

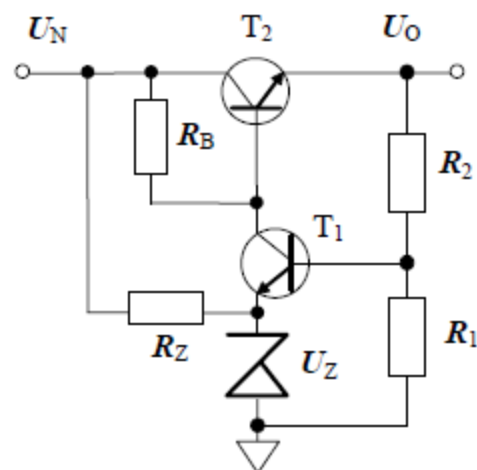
$$U_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_B$$

$$U_Z \approx \text{const !}$$



$$U_B = U_Z + U_{BE1}$$

$$U_O = (U_Z + U_{BE1}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$



$$U_O = (U_Z + U_{BE1}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$U_B = U_Z + U_{BE}$$

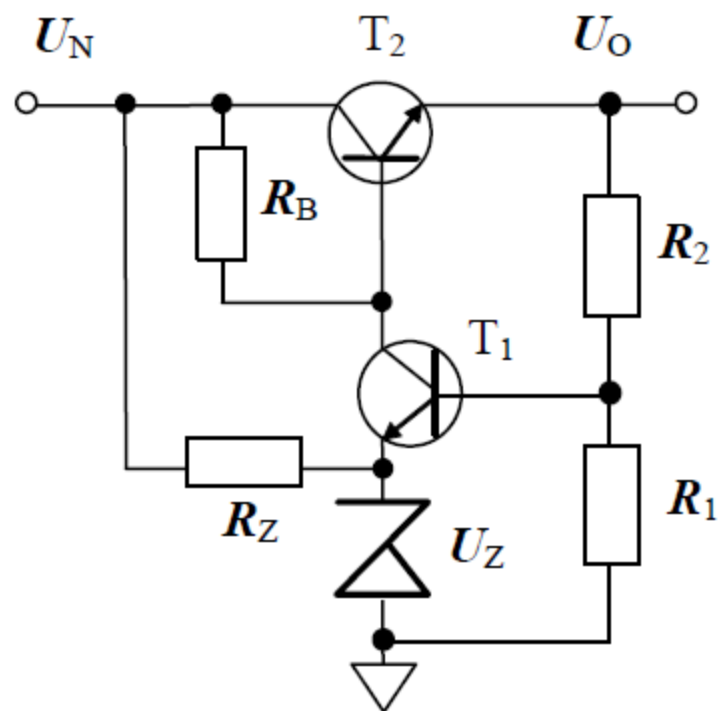
$$\frac{\Delta U_O}{U_O} = \frac{\Delta U_B}{U_B}$$

$$\frac{\Delta U_{BE}}{\Delta T} \cong -2 \frac{mV}{K}$$

$$\frac{\Delta U_Z}{\Delta T} \cong 1,6 \frac{mV}{K}$$

ТЕМПЕРАТУРСКА
СТАБИЛИЗАЦИЈА

ZX 5,6





Колики је
утицај
струје I_{B1}
?

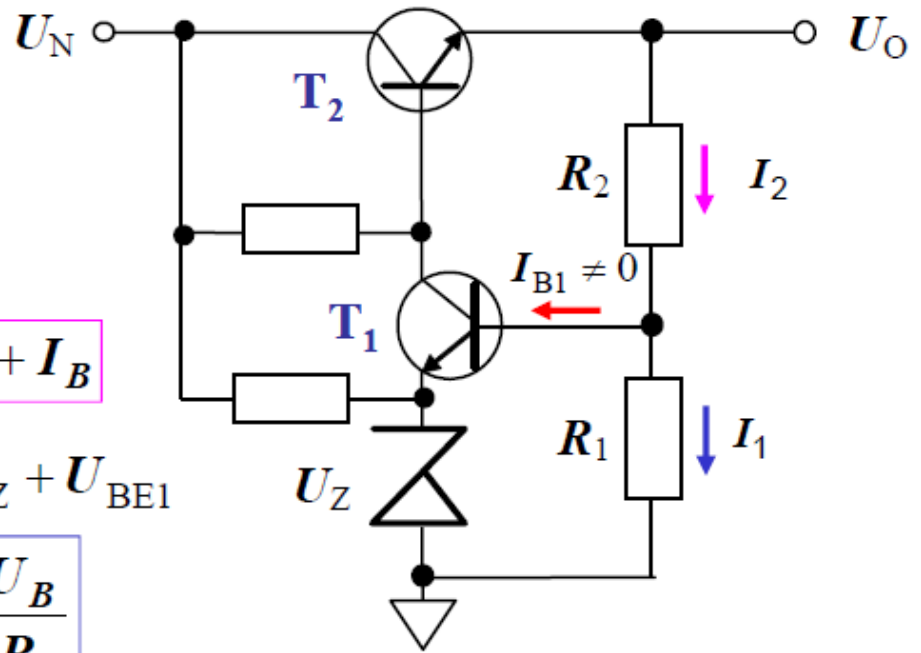
$$I_2 = I_1 + I_B$$

$$U_B = U_Z + U_{BE1}$$

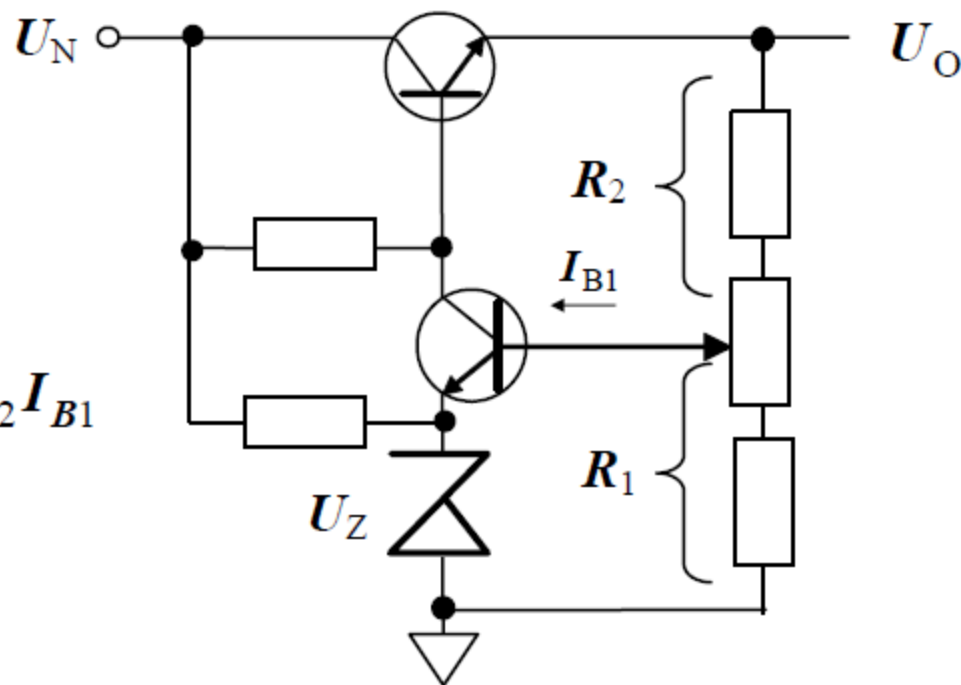
$$I_1 = \frac{U_B}{R_1}$$

$$U_O = U_B + R_2 I_2$$

$$U_O = (U_Z + U_{BE1}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + R_2 I_{B1}$$



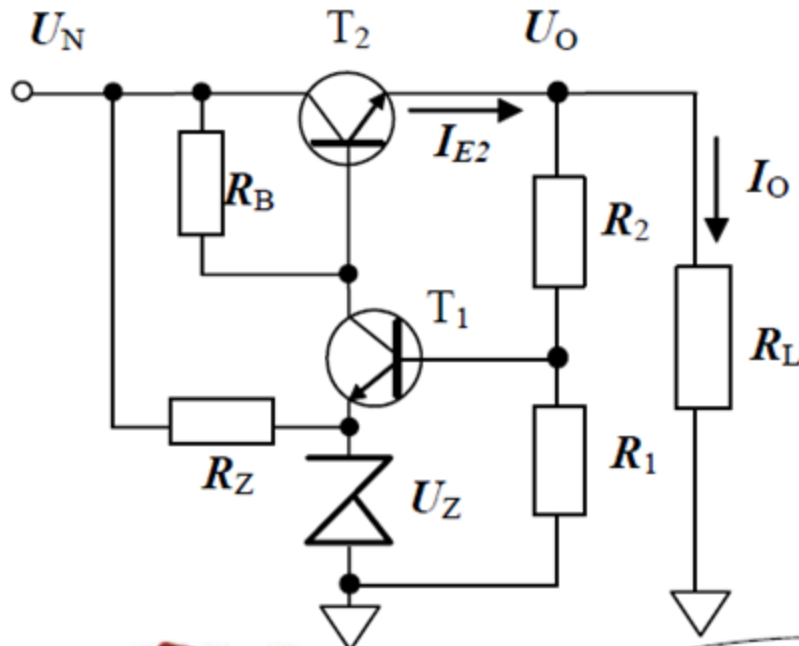
$$U_O = (U_Z + U_{BE1}) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + R_2 I_{B1}$$



ОДСТУПАЊЕ ОД ЖЕЉЕНЕ (ПРОРАЧУНАТЕ, ТЕОРИЈСКЕ) ВРЕДНОСТИ СЕ ОДСТРАЊУЈЕ ПОДЕШАВАЊЕМ ОДНОСА ОТПОРНОСТИ.

НАКОН ТОГА, ЗНАЧАЈНЕ СУ САМО ПРОМЕНЕ СТРУЈЕ I_B ДО КОЈИХ ДОЛАЗИ УСЛЕД ПРОМЕНА ОПТЕРЕЋЕЊА ИЛИ НАПОНА U_N

УТИЦАЈ ПРОМЕНЕ ОПТЕРЕЋЕЊА



$$\Delta I_O \Rightarrow \Delta I_{B2} \approx \frac{\Delta I_O}{\beta_2}$$

$$\Rightarrow \Delta I_{B1} \approx \frac{\Delta I_{B2}}{\beta_1} \approx \frac{\Delta I_O}{\beta_1 \beta_2}$$

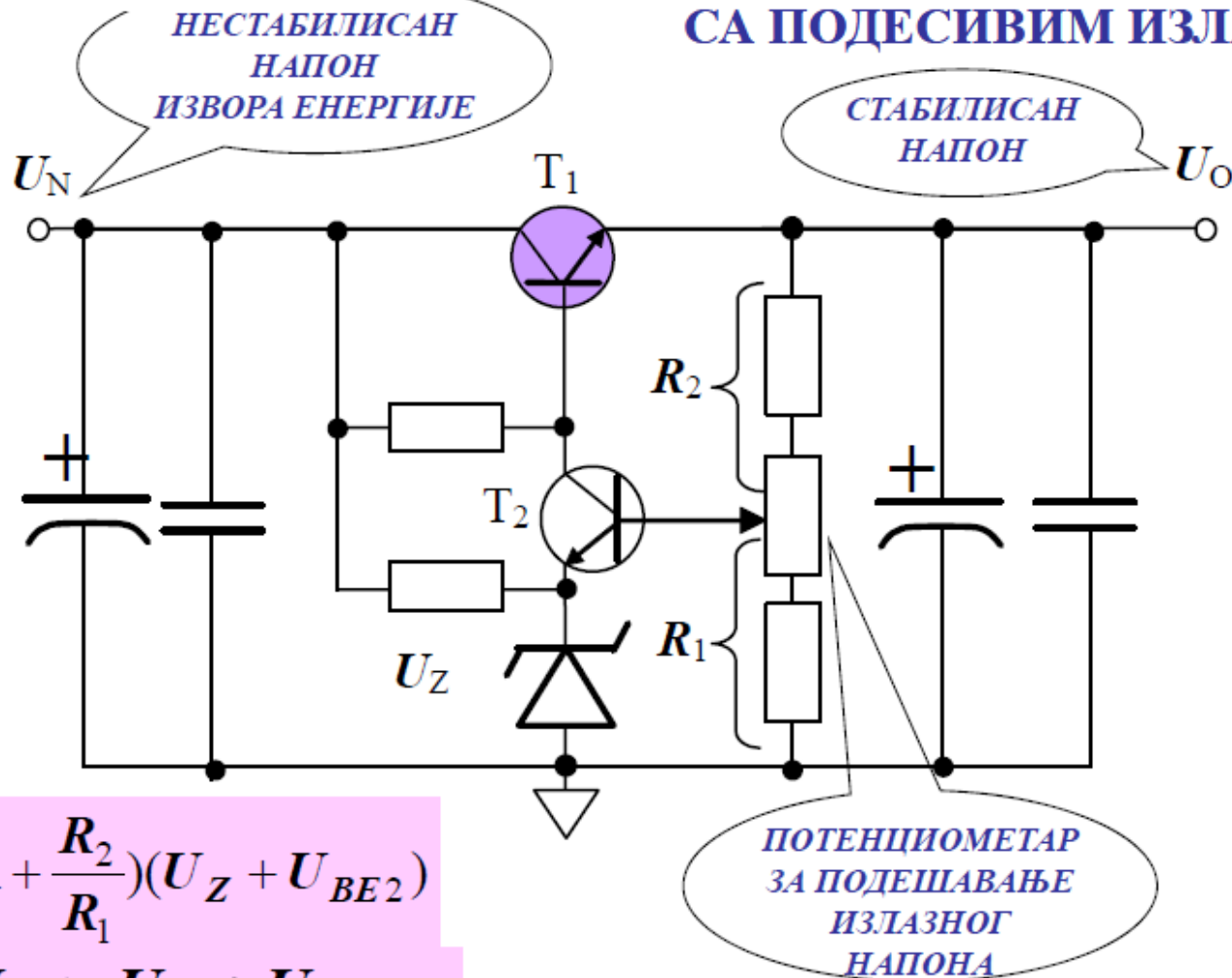
ПРОМЕНЕ ИЗЛАЗНОГ НАПОНА
УСЛЕД ПРОМЕНЕ
ОПТЕРЕЋЕЊА

$$\Delta U_O = R_2 \Delta I_{B1} \approx R_2 \frac{\Delta I_O}{\beta_1 \beta_2}$$



АКО ЈЕ ПОЈАЧАЊЕ
ТРАНЗИСТОРА ДОВОЉНО
ВЕЛИКО, ВРЕДНОСТ
НАПОНА U_O "НЕ ЗАВИСИ"
ОД ОПТЕРЕЋЕЊА

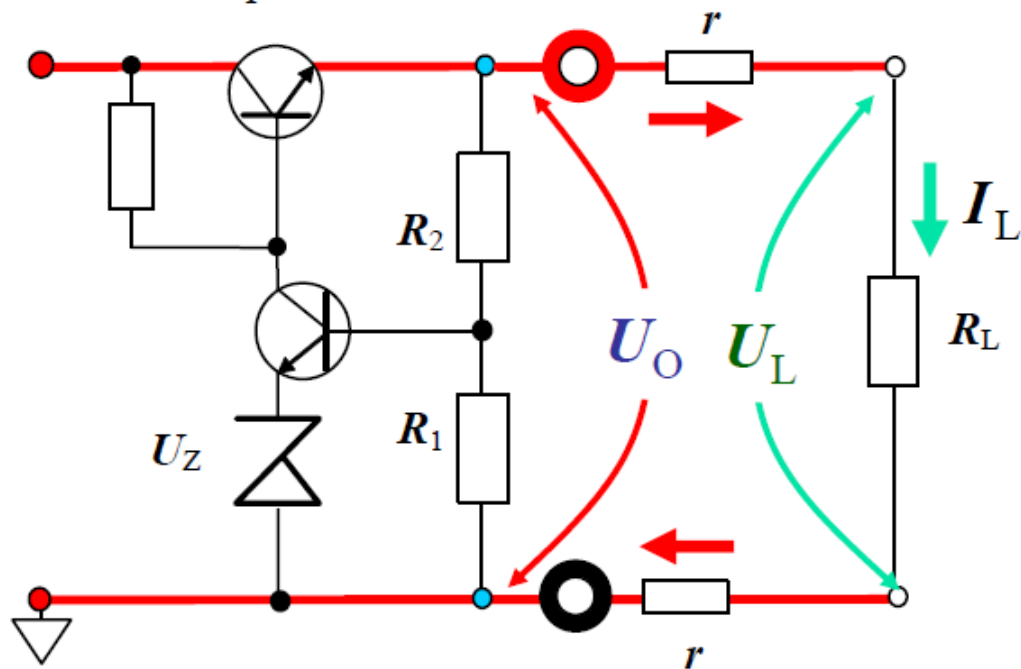
СТАБИЛИЗАТОР НАПОНА СА ПОДЕСИВИМ ИЗЛАЗОМ



$$U_O \cong \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(U_Z + U_{BE2})$$

$$\min U_N > U_O + U_{BE1sat}$$

$$U_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(U_Z + U_{BE})$$



ОПОРНОСТ ВОДА ЗА
НАПАЈАЊЕ ПОТРОШАЧА

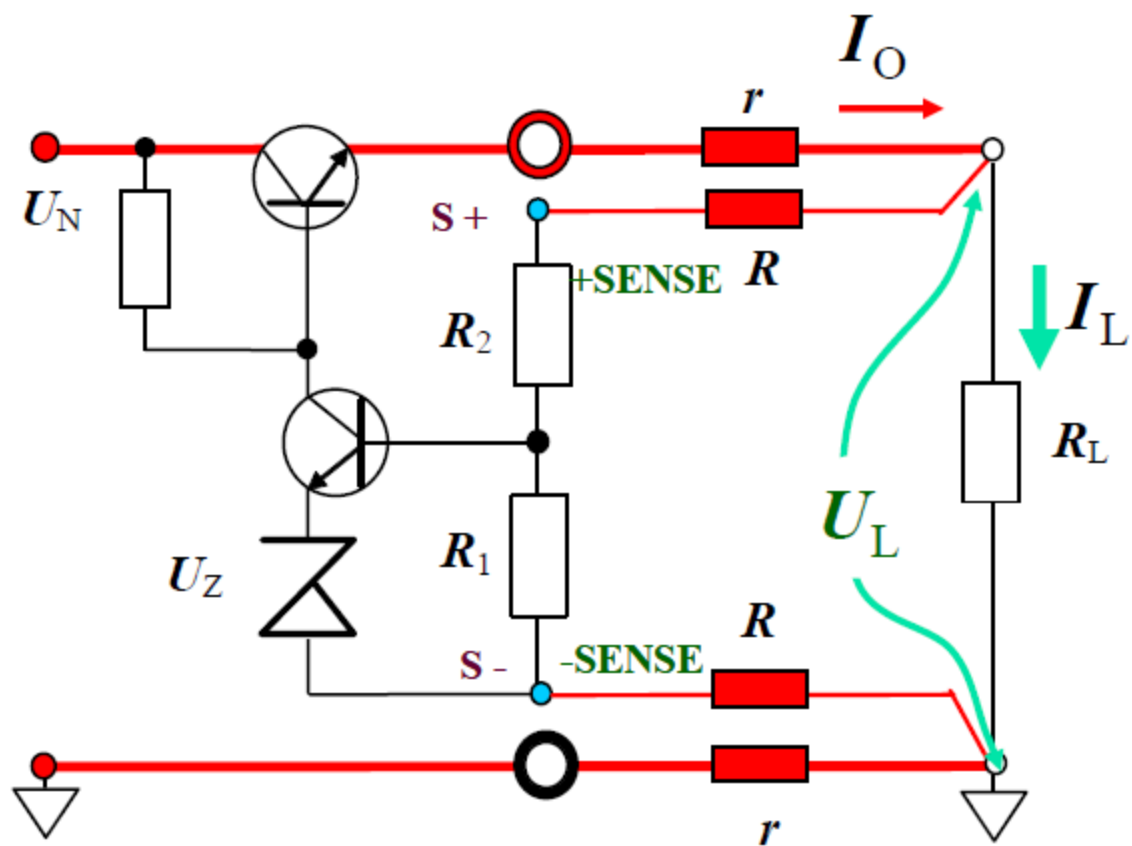
$$U_O = 2rI_L + U_L$$

ВЕЛИКА СТРУЈА,
ВЕЛИКИ ПАД
НАПОНА



$$U_L = U_O(1 - \Delta)$$

$$\Delta = \frac{2r}{2r + R_L}$$

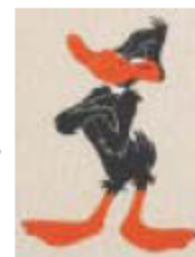


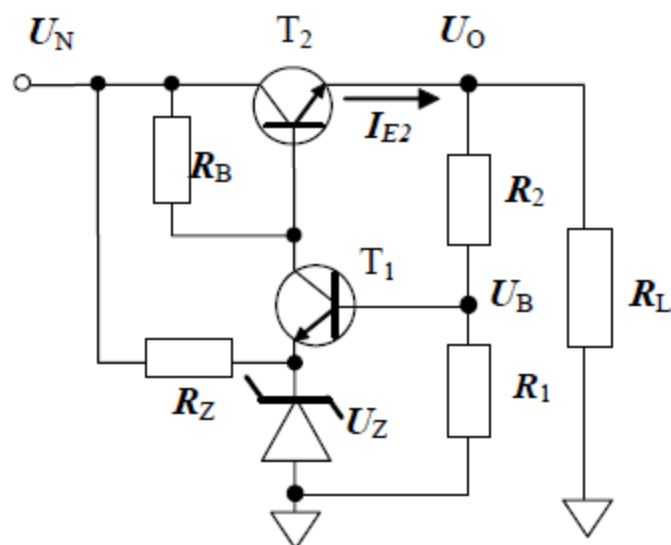
$$U_O = 2rI_O + U_L$$



КЕЛВИНОВ СПОЈ
4 - ЖИЧНА ВЕЗА

ОПАСНОСТ ОД
ПРЕКИДА!





КОЛИКА ЈЕ ВРЕДНОСТ
ИЗЛАЗНОГ НАПОНА?

$$U_B = U_Z + U_{BE1} \quad U_B \cong \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_O$$

$$U_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_B$$

КАКО СЕ ОДРЖАВА ВРЕДНОСТ
ИЗЛАЗНОГ НАПОНА ?

$$\therefore U_O \Rightarrow U_O + \Delta U_O \uparrow \text{ Расте}$$

СЛЕДИ ↓

$$U_{BE1} \Rightarrow U_{BE1} + \Delta U_{BE} \uparrow \text{ Расте}$$

↓

$$I_{C1} \Rightarrow I_{C1} + \Delta I_{C1} \uparrow \text{ Расте}$$

↓

$$I_{B2} \Rightarrow I_{B2} + \Delta I_{B2} \downarrow \text{ Онада}$$

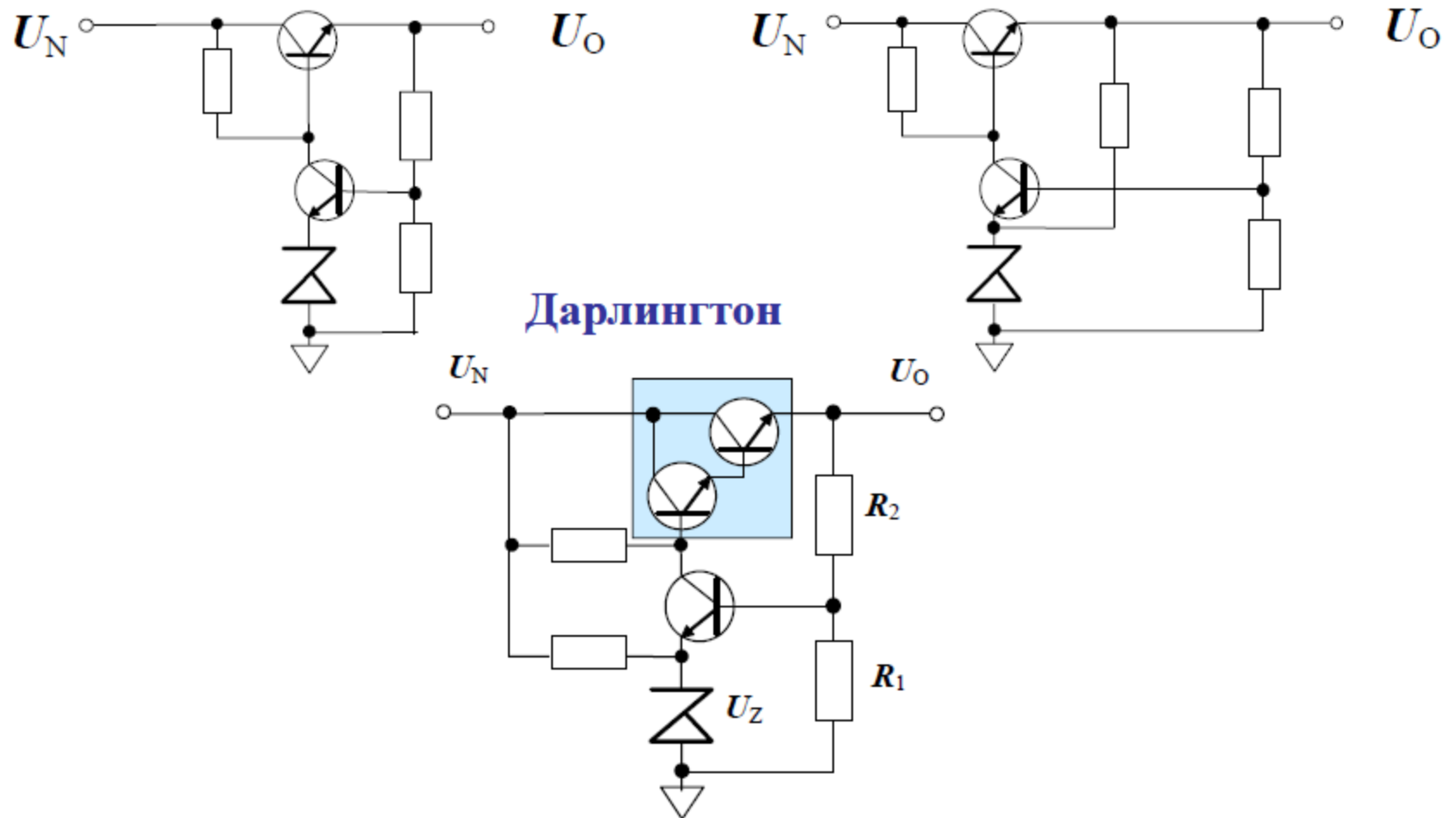
↓

$$I_{E2} \Rightarrow I_{E2} + \Delta I_{E2} \downarrow \text{ Онада}$$

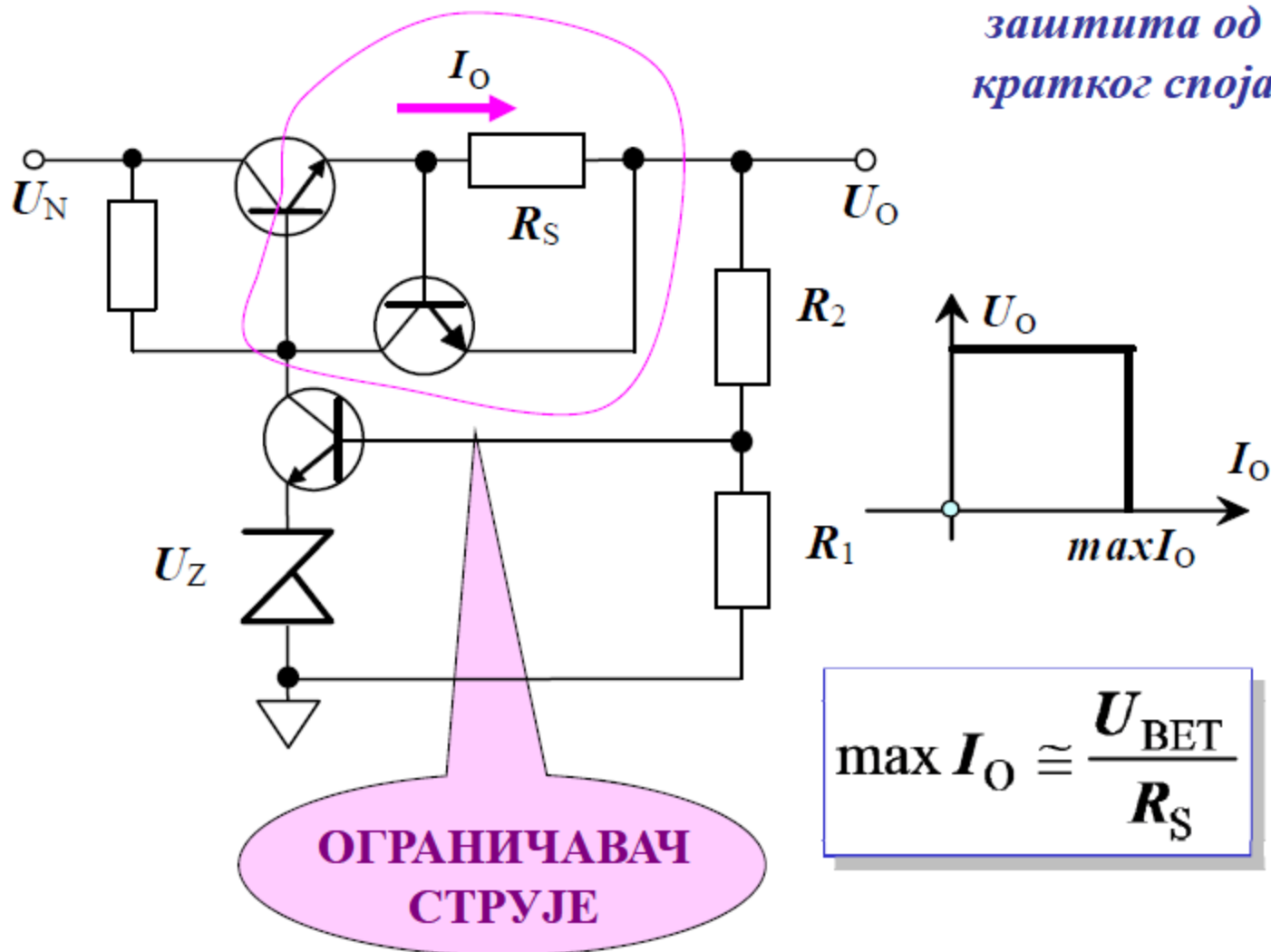
↓

$$U_O \Rightarrow U_O + \Delta U_O \downarrow \text{ Онада}$$

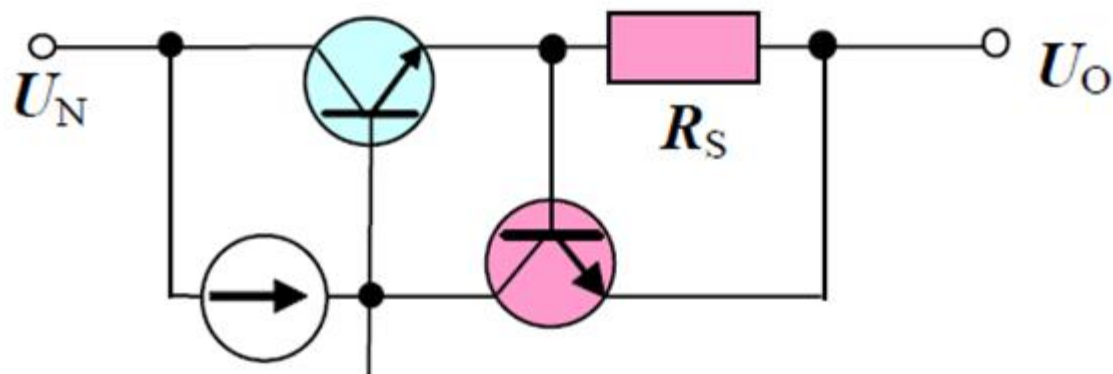
ВАРИЈАЦИЈЕ



ПРЕКОСТРУЈНА ЗАШТИТА *заштита од кратког споја*



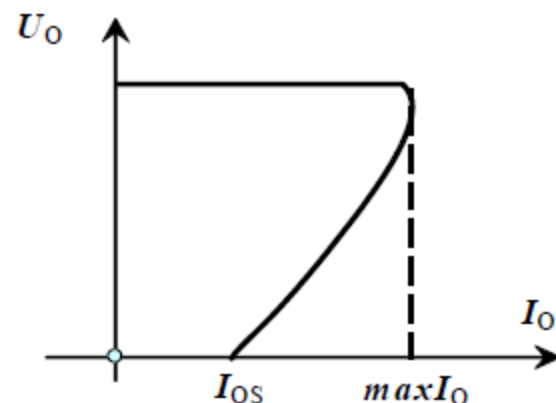
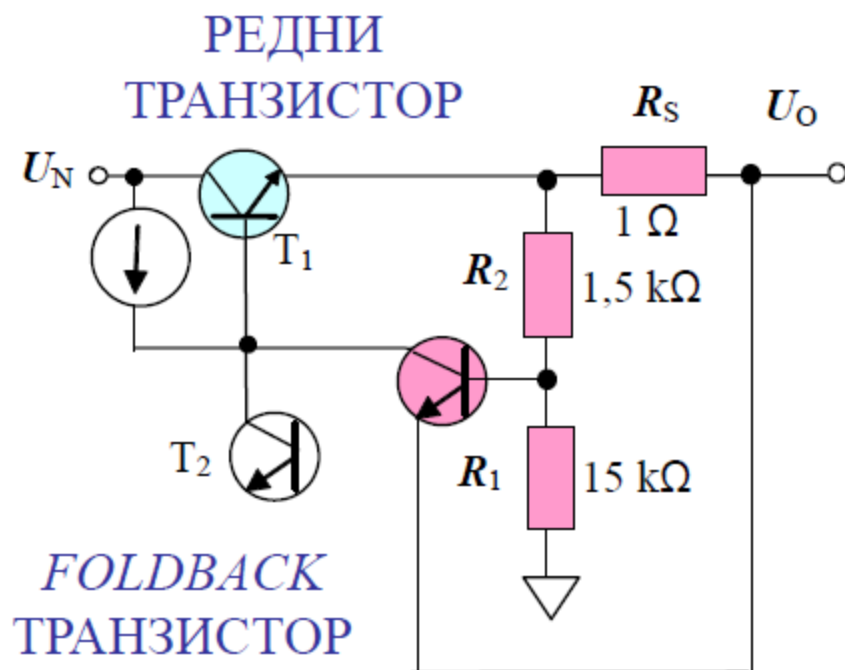
РЕДНИ ТРАНЗИСТОР



**ПОТРЕБНА ЈЕ
ЗАШТИТА РЕДНОГ ТРАНЗИСТОРА
ОД ТЕРМИЧКОГ ОШТЕЋЕЊА**

$$P_D = (U_N - U_O) \cdot \max I_O$$

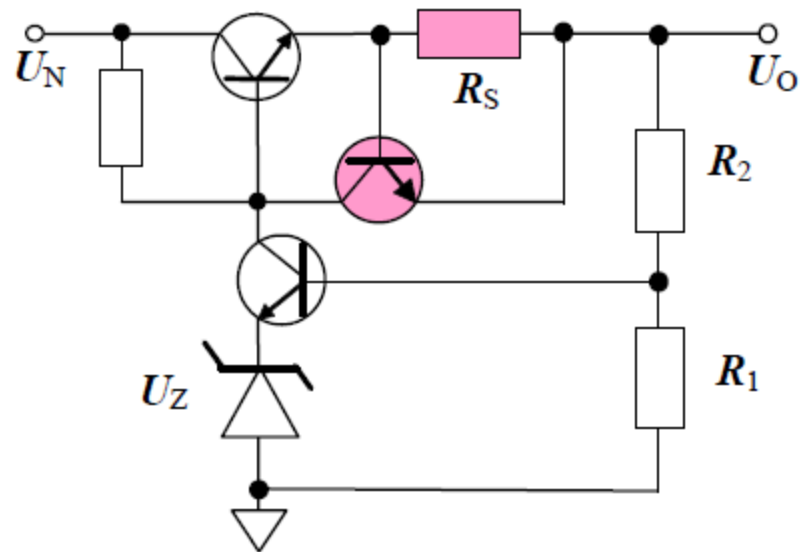
FOLDBACK CURRENT LIMITING ЗАШТИТА ОД ТЕРМИЧКОГ ОШТЕЋЕЊА



$$I_{OS} = \frac{1}{R_S} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{BE}$$

ПОЗИТИВНА
ПОВРАТНА
СПРЕГА

$$max I_O = \frac{1}{R_S} \left[\left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{BE} + \frac{R_2}{R_1} U_O \right]$$



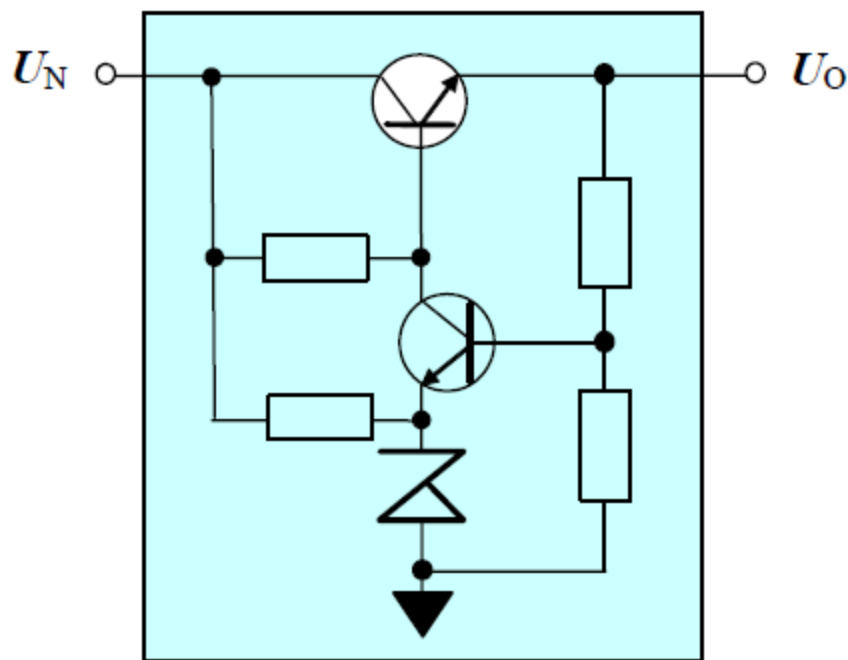
$$U_D = U_N - U_O > 0$$

**ДИФЕРЕНЦИЈАЛНИ НАПОН УЛАЗ-ИЗЛАЗ
ПРЕДСТАВЉА “РЕГУЛАЦИОНИ ПАД НАПОНА”**

ВИШАК НАПОНА СЕ “ТРОШИ” НА ЗАГРЕВАЊЕ

DROPOUT VOLTAGE

(ДИФЕРЕНЦИЈАЛНИ НАПОН УЛАЗ-ИЗЛАЗ)



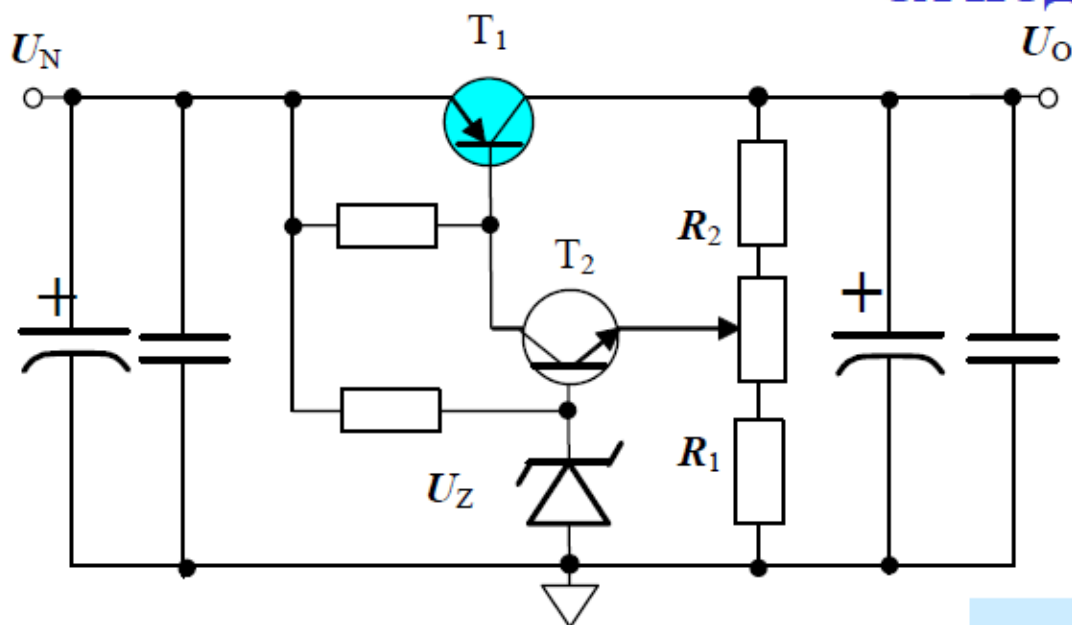
$$U_D = \min(U_N - U_O)$$

**НАЈМАЊИ
ПАД НАПОНА НА
РЕГУЛАТОРУ
ПОТРЕБАН ЗА
ОСТВАРИВАЊЕ
РЕГУЛАЦИЈЕ**

$$U_D > U_{BEsat}$$

LOW DROPOUT

СТАБИЛИЗАТОР НАПОНА СА ПОДЕСИВИМ ИЗЛАЗОМ

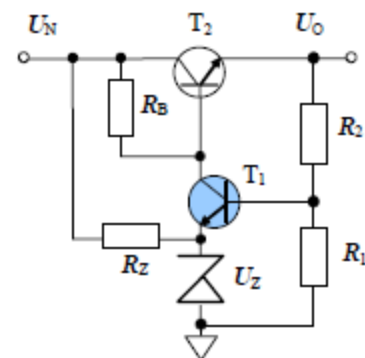
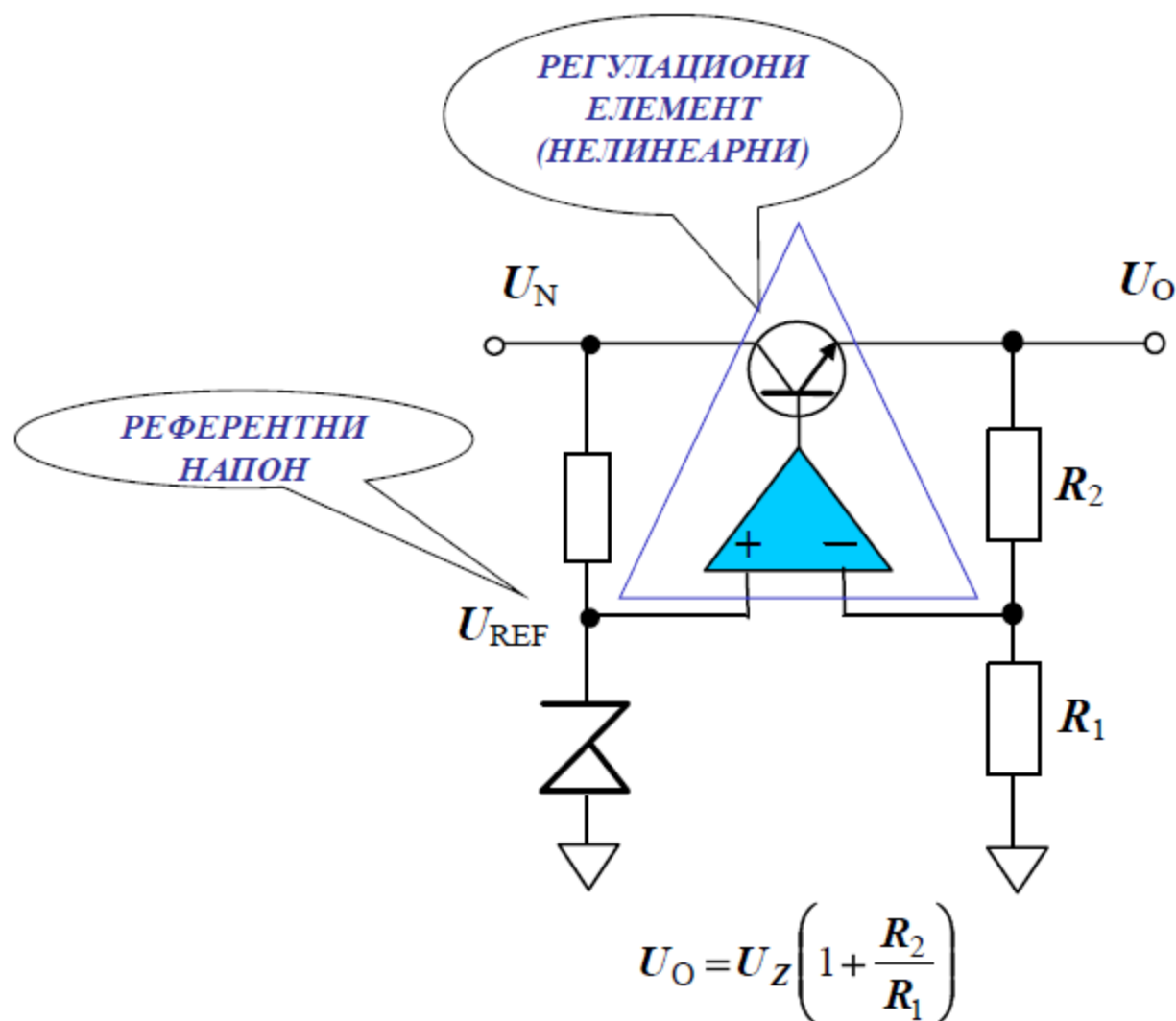


ЗАПАМТИ!

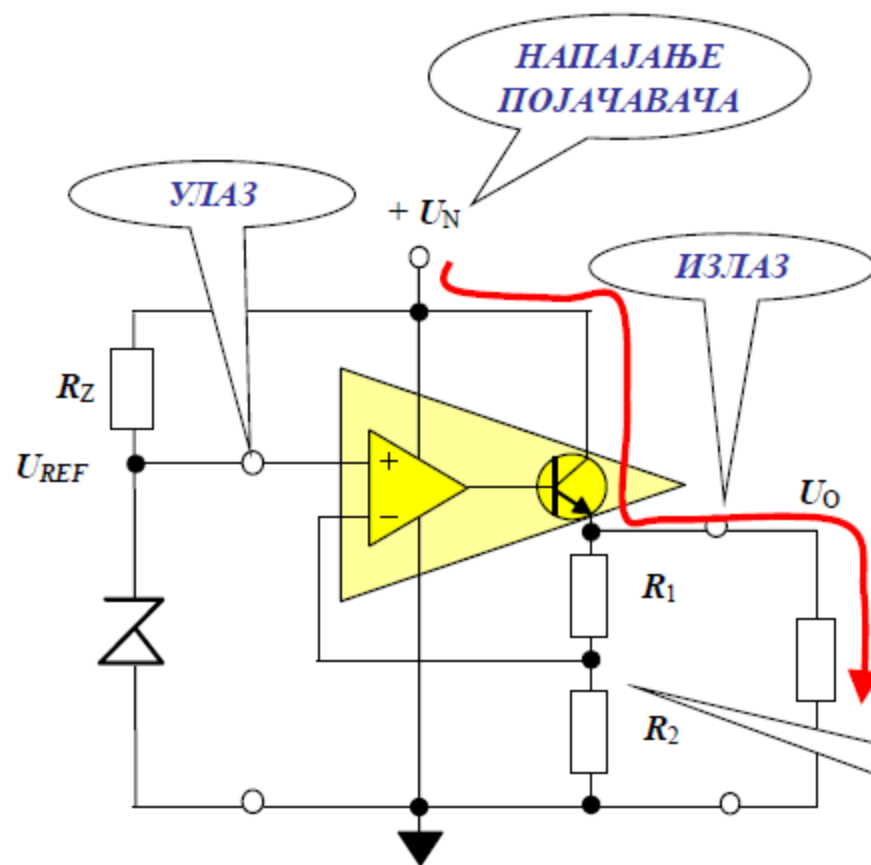
НАЈМАЊИ ПОТРЕБНИ
ПАД НАПОНА
ЈЕ МАЊИ
У КОЛУ СА PNP
ТРАНЗИСТОРОМ

$$U_O \cong \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(U_Z - U_{BE2})$$

$$U_D > U_{ECsat}$$



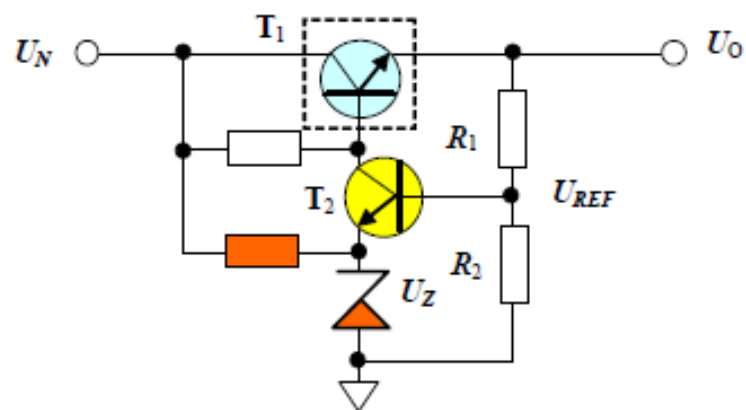
**СТАБІЛІЗАЦІЯ
НАПОНА
ПОМОЇУ
НЕГАТИВНЕ
ПОВРАТНЕ
СПРЕГЕ**



$$U_O = U_Z \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

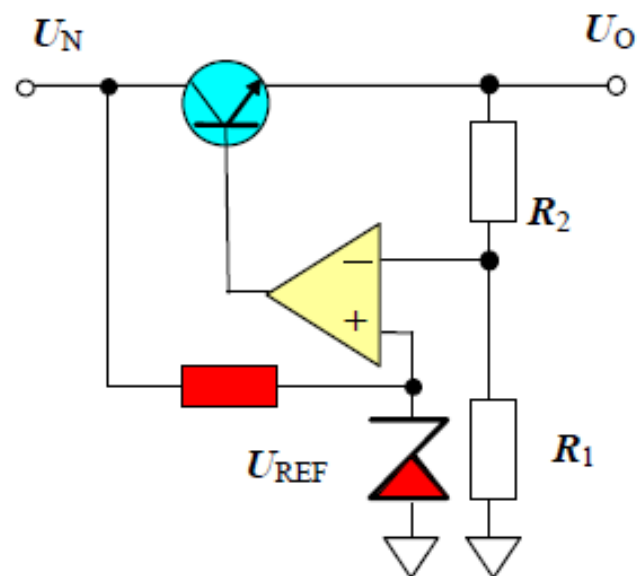
ПОДЕШАВАЊЕ
ПОЈАЧАЊА

**СНАЖНИ НЕИНВЕРТУЈУЋИ
ПОЈАЧАВАЧ**



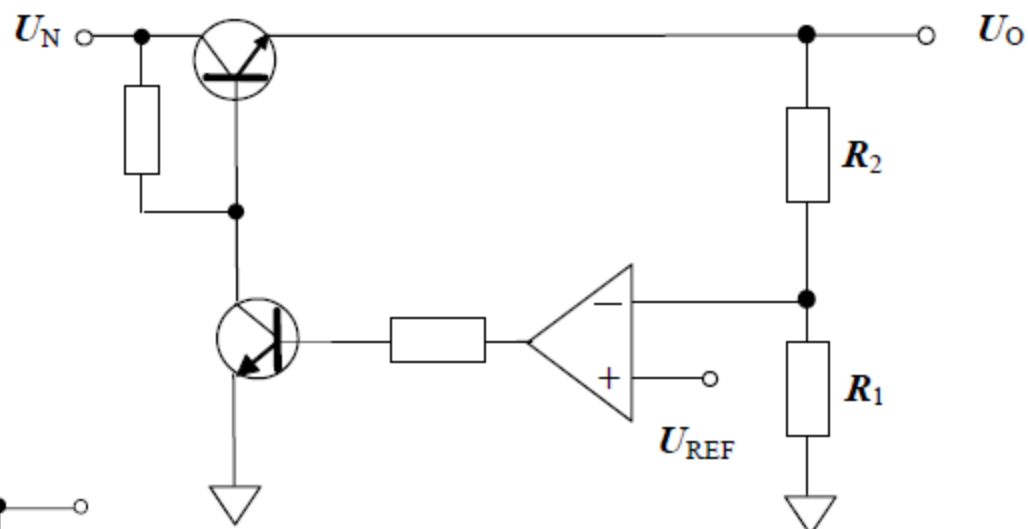
$$U_{REF} = U_Z + U_{BE2}$$

$$U_O = U_{REF} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

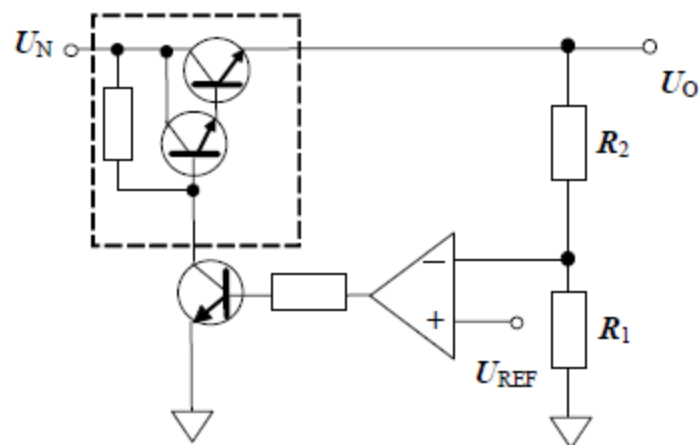


$$U_O = U_Z \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

РЕГУЛАТОР ПОЗИТИВНОГ НАПОНА

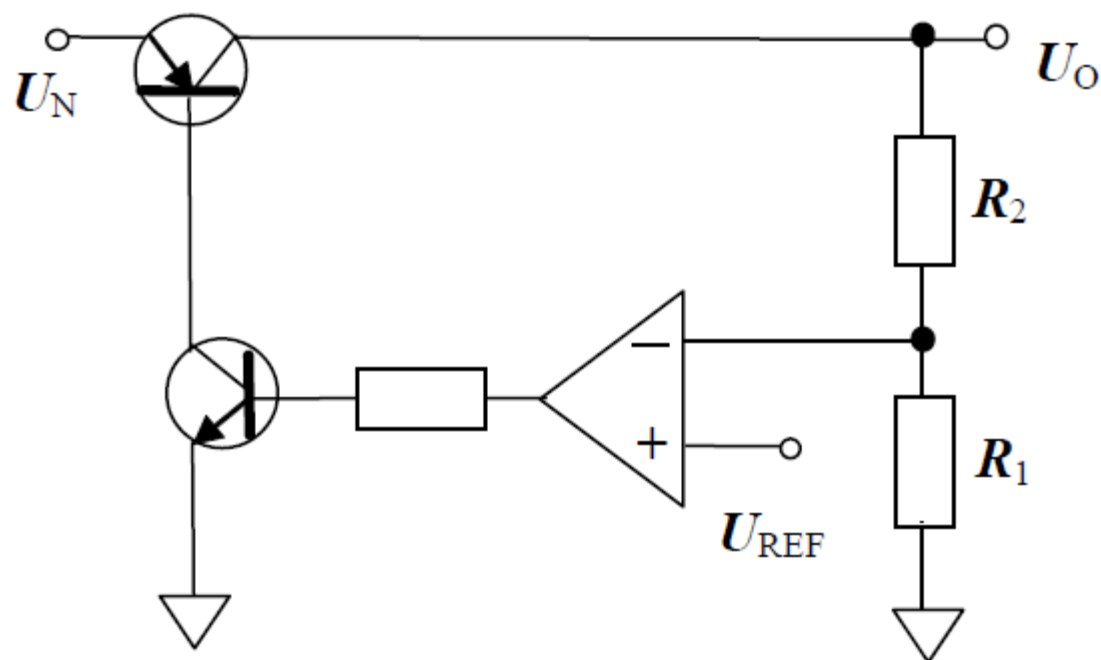


NPN ДАРЛИНГТОН



$$U_D > U_{BEsat}$$

LDO РЕГУЛЯТОР

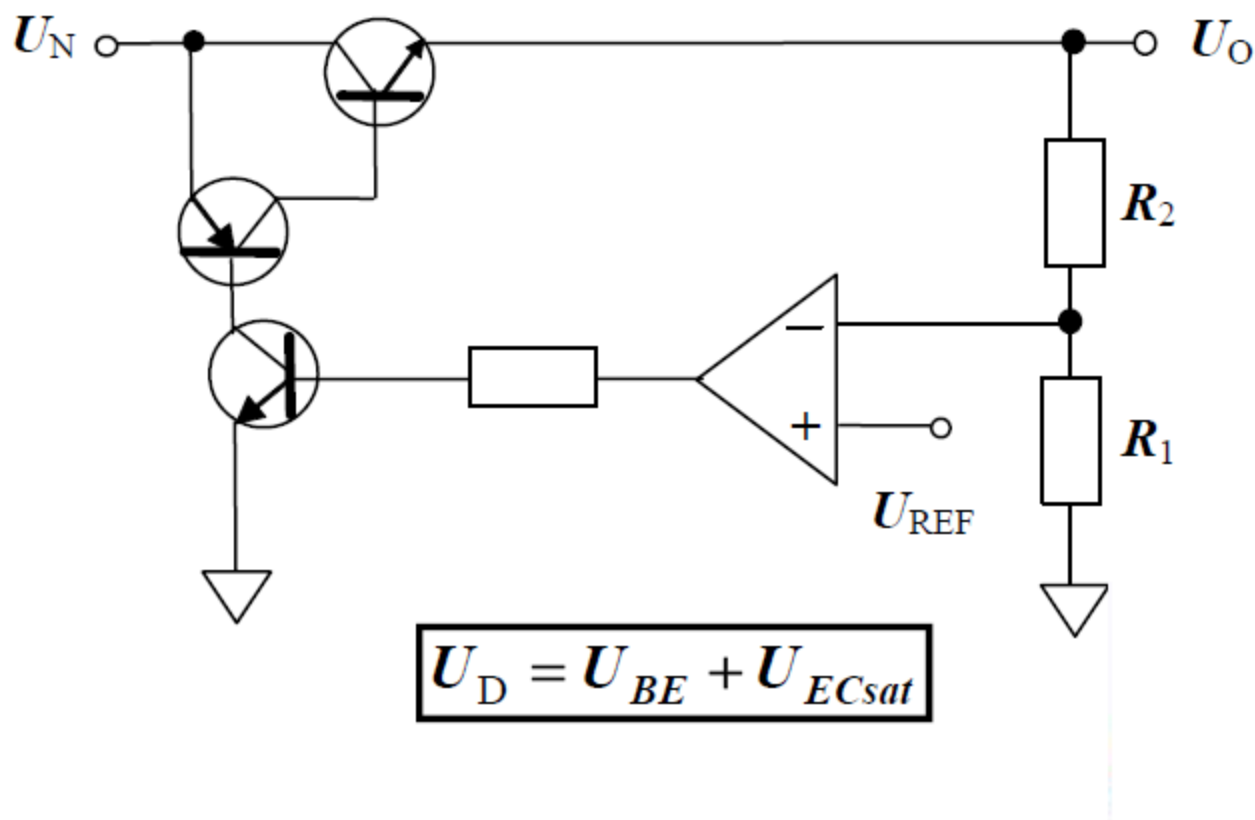


$$U_D = U_{ECsat}$$

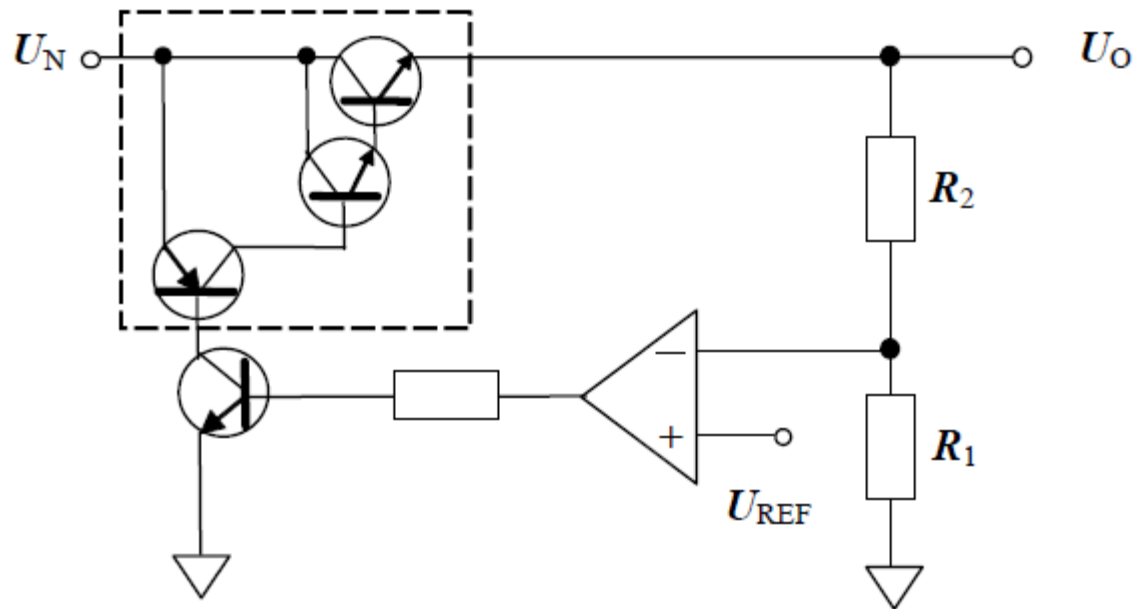
LDO=LOW DROPOUT

QUASI-LDO РЕГУЛЯТОР

КОМПЛЕМЕНТАРНИ ПАР

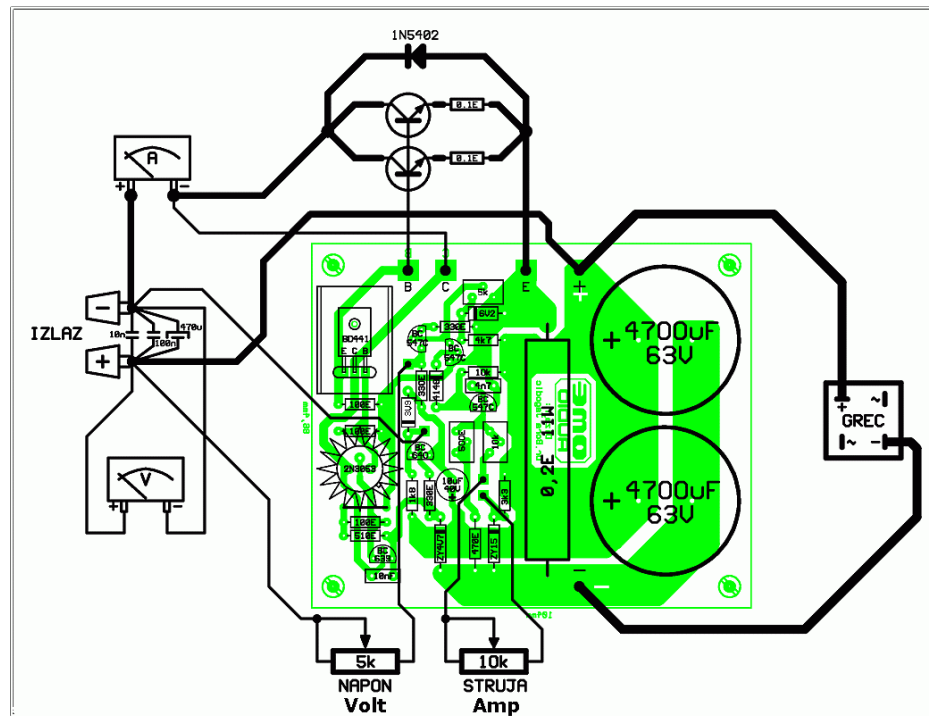


ТИПИЧНИ (*NPN*) РЕГУЛАТОР НАПОНА



$$U_D = 2U_{BE} + U_{ECsat}$$

ХВАЛА НА ПАЖЊИ!!!



Београд,
ОКТОБАР 2016

ПИТАЊА??