

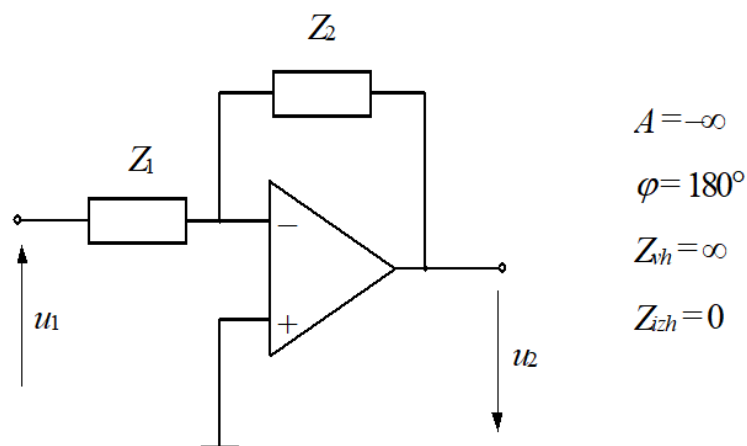
POROČILO 6. LABORATORIJSKE VAJE

!OPOMBA!

Moja vpisna številka je 64180037.

1. UVOD

Podan nam je bil operacijski ojačevalnik OP07 z velikim ojačanjem in zanemarljivih vhodnim tokom, katerega običajna napajalna napetost operacijskega ojačevalnika znaša ± 15 V. Pri vaji smo mogli realizirati regulatorje P, I, PI in PD, izpeljite enačbe prenosnih funkcij in na podlagi le-teh s pomočjo navedenih podatkov za elemente izračunati parametre regulatorjev. Posneti smo morali oscilograme prehodnih funkcij posameznih regulatorjev in tudi iz prehodnih pojavov ugotovili parametre regulatorjev, ter za konec primerjali rezultate izračunanih in izmerjenih parametrov. Pri izvedbi vaje sem uporabljal podane sheme v LTSPICE. S funkcijskega generatorja smo pri vseh primerih poslali na vhod stopničasti signal $V_{pp} = 1$ V.



Slika 1: Podana shema operacijskega ojačevalnika

2. REZULATTI

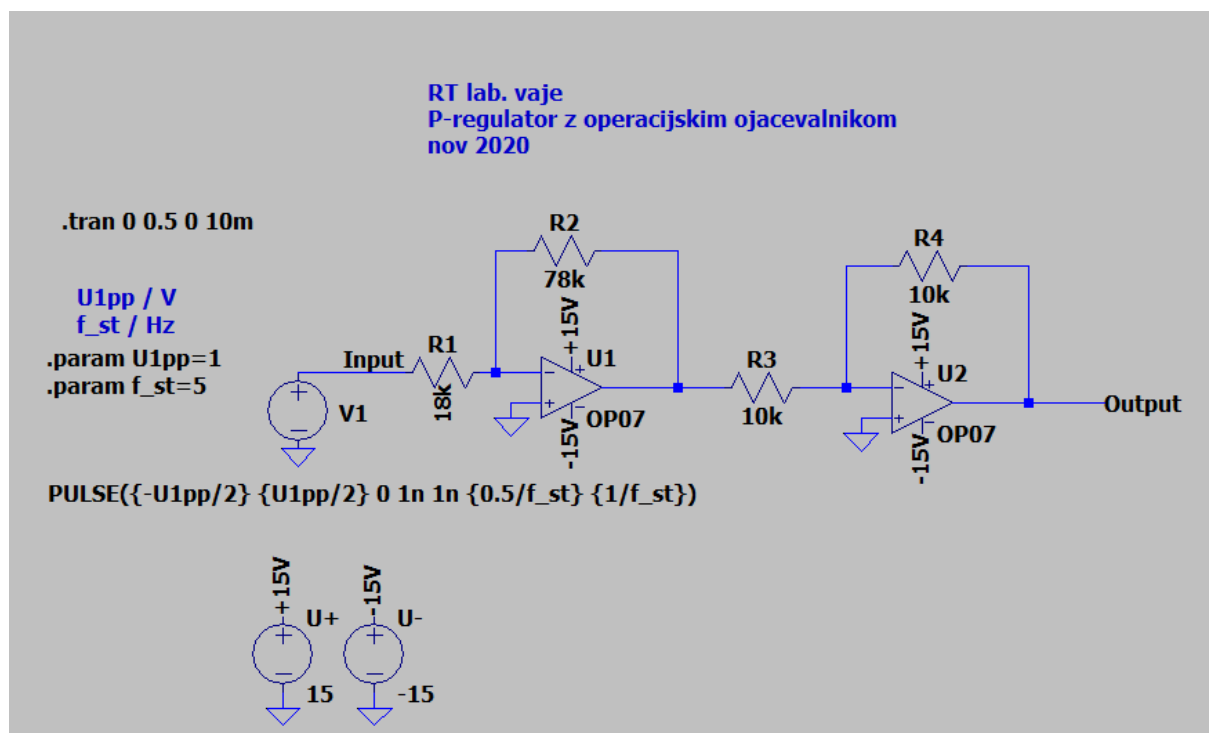
2.1 P - REGULATOR

Podani parametri:

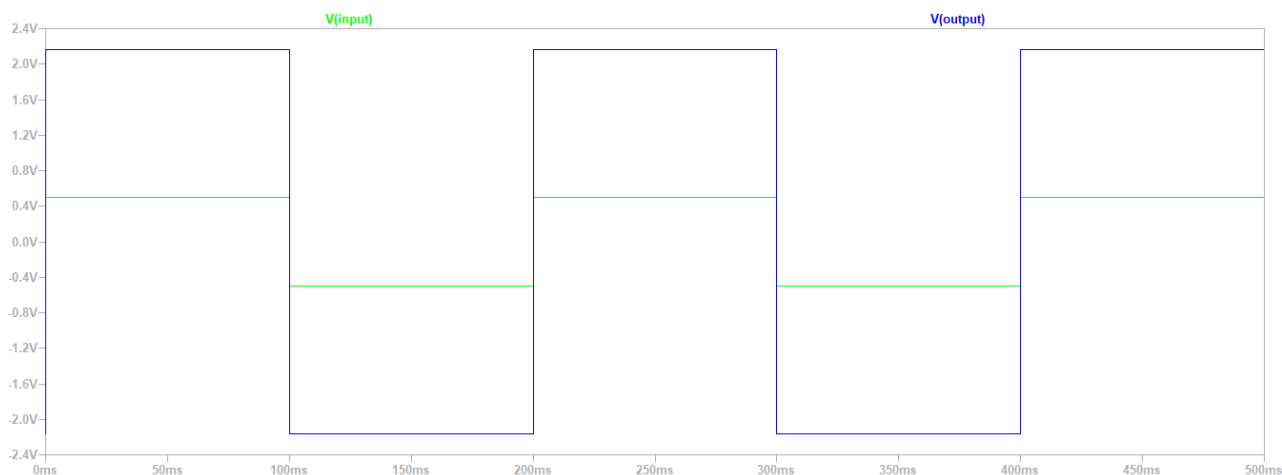
$$-R_1 = 18 \text{ k}\Omega$$

$$-R_2 = 78 \text{ k}\Omega$$

Vežalna shema:



Slika 2: Podana vežalna shema P - regulatorja

Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE:*Slika 3: Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE, P-regulator*

Vhodni signal je vlak stopnic, izhodni signal pa je z enakim časovnim potekom, le da so amplitudne vrednosti precej večje.

Izračun parametrov:

Ojačanje izračunamo iz zapisa prenosne funkcije.

$$K_P = F(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{R_2}{R_1} = 4,333$$

Iz slike 3 pa eksperimentalno določimo ojačanje z merjenjem vhodne in izhodne napetosti:

$$K_{P,izm} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{2,164 \text{ V}}{0,499 \text{ V}} = 4,336$$

Opazimo zelo majhno odstopanje rezultatov.

2.2 I - REGULATOR

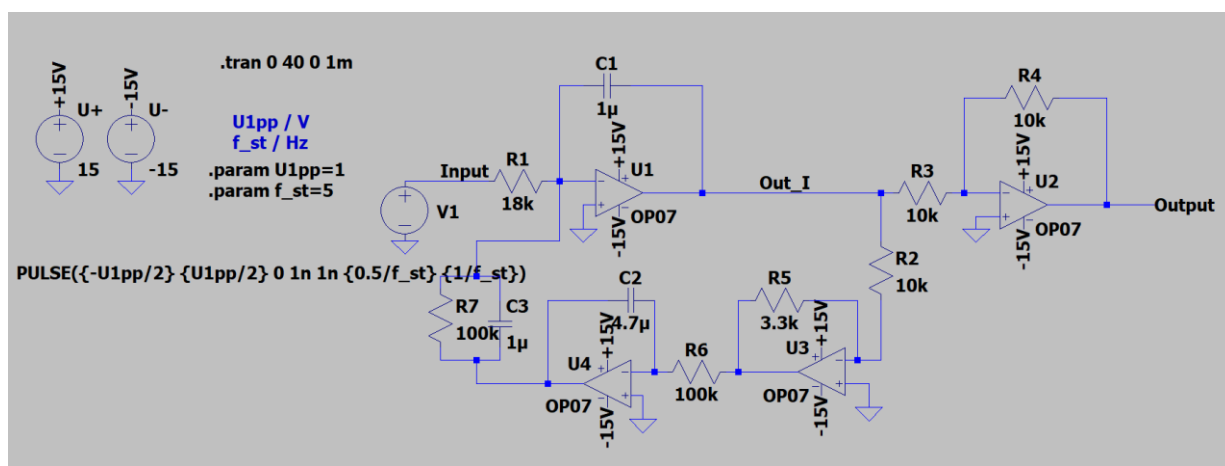
Podani parametri:

Če bi vajo izvajali v običajnih razmerah bi te parametre izmerili z uporabo multimetra.

$$-R_1 = 18 \text{ k}\Omega$$

$$-C = 1 \mu\text{F}$$

Vežalna shema:



Slika 4 Podana vežalna shema I - regulatorja

Prenosna funkcija:

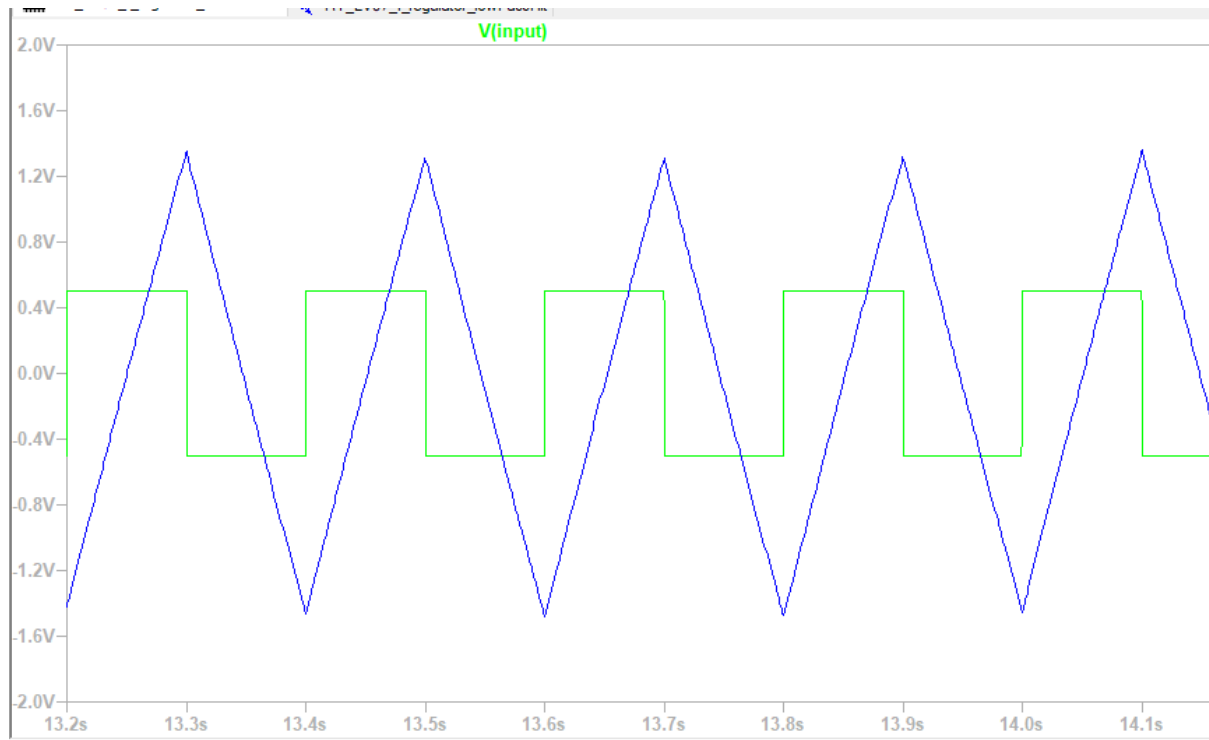
$$F(s) = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{RCs} = \frac{1}{T_i s}, \text{ kjer je } T_i = RC = 18 \text{ ms}$$

Časovna konstanta eksperimentalnega dela:

Izračunano časovno konstanto primerjamo z rezultatom časovne konstante eksperimentalnega dela v LTSPICE, določimo jo pa na podlagi definicije, da je čas v katerem se izhod spremeni za isto vrednost kot vhod. Na sliki 5 sem odčital, da se izhodni signal v 0,1s spremeni za 2,76V medtem ko se izhod za 0,5V.

$$T_{i,izm} = \frac{100 \text{ ms } 0,5 \text{ V}}{2,76 \text{ V}} = 18,11 \text{ ms}$$

Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE:



Slika 5: Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE, I-regulator

2.3 PI - REGULATOR Podani parametri:

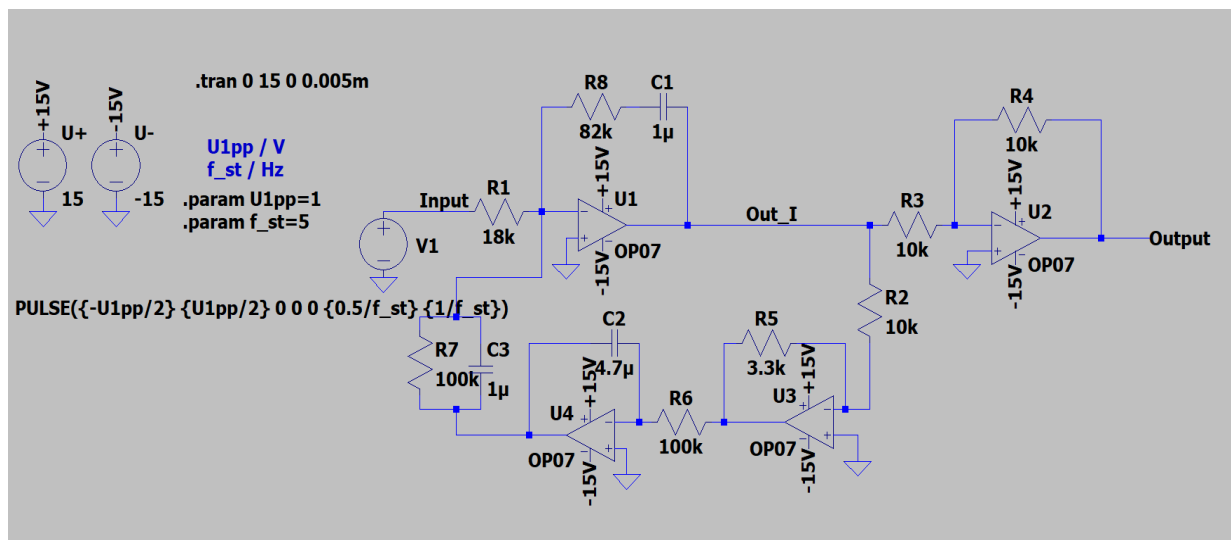
Če bi vajo izvajali v običajnih razmerah bi te parametre izmerili z uporabo multimetra.

$$-R_1 = 18 \text{ k}\Omega$$

$$-R_8 = 82 \text{ k}\Omega$$

$$-C = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

Vežalna shema:



Slika 6 Podana vezalna shema PI - regulatorja

Prenosna funkcija:

$$F(s) = \left(\frac{R_8}{R_1} + \frac{1}{s R_1 C} \right) = K_p \left(1 + \frac{1}{s T_{ip}} \right)$$

Kjer je ojačanje:

$$K_p = \frac{R_8}{R_1} = \frac{82 \text{ k}\Omega}{18 \text{ k}\Omega} = 4,6$$

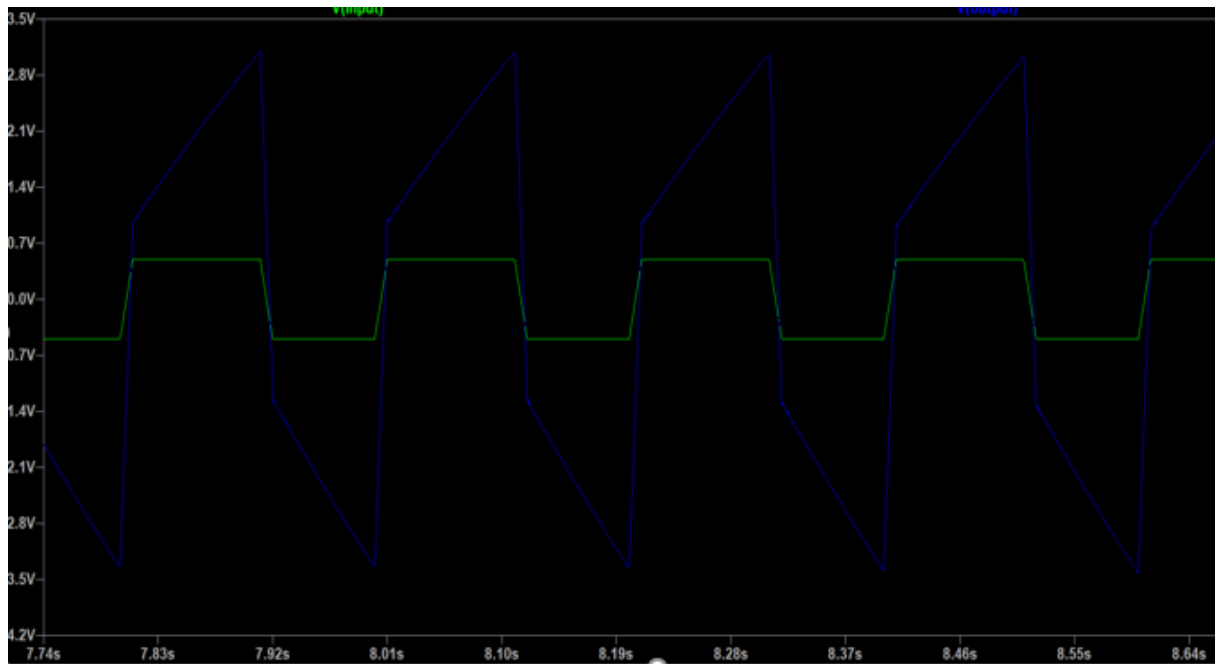
Časovna konstanta pa:

$$T_i = R_1 C = 18 \text{ k}\Omega \cdot 1 \mu\text{F} = 18 \text{ ms}$$

Iz teh vrednosti sledi:

$$T_{ip} = T_i K_p = 18 \text{ ms} \cdot 4,6 = 82,8 \text{ ms}$$

Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE:



Slika 7: Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE, PI-regulator

P del regulatorja se na spremembo odzove hipno, I del regulatorja pa počasi.

Ojačanje dobimo po postopku:

$$K_p = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = \frac{4,3729V}{1V} = 4,4$$

Po enakem postopku kot pri prejšnjem tipu regulatorja izračunamo še časovno konstanto:

$$T_i = 18,89ms$$

$$T_{ip} = 83,2ms$$

Dobimo smo manjše časovno ojačenje in večjo časovno konstanto.

2.4 PD - REGULATOR

Podani parametri:

Če bi vajo izvajali v običajnih razmerah bi te parametre izmerili z uporabo multimetra.

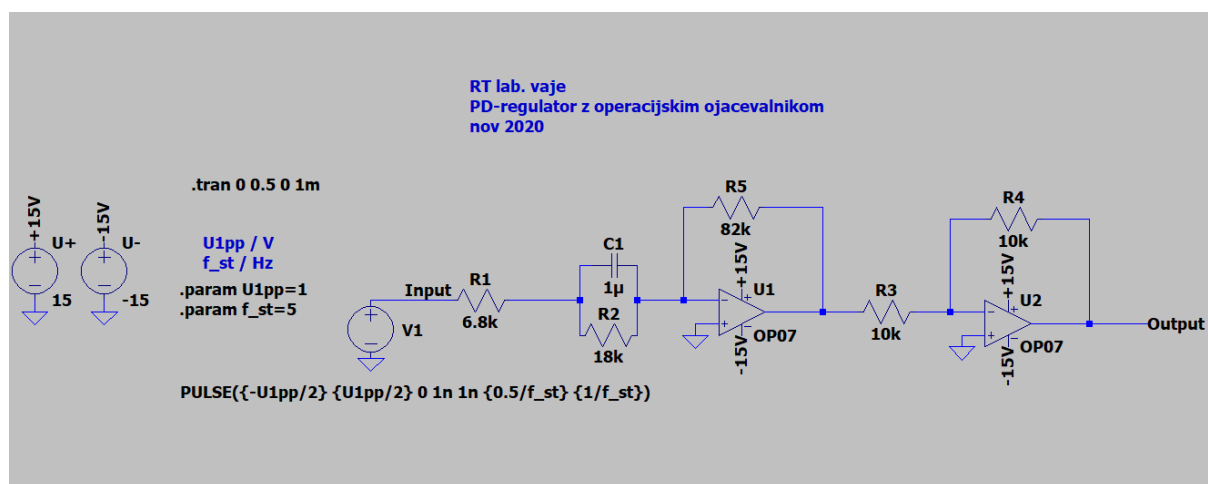
$$-R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$$

$$-R_2 = 18 \text{ k}\Omega$$

$$-R_5 = 82 \text{ k}\Omega$$

$$-C = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

Vezalna shema:



Slika 8 Podana vezalna shema PD - regulatorja

Prenosna funkcija:

$$F(s) = \frac{R_5 (1 + s R_2 C)}{(R_1 + R_2) \left(1 + \frac{R_1 R_2 C s}{R_1 + R_2}\right)} = \frac{K_p (1 + s T_d)}{(1 + s T'_d)}$$

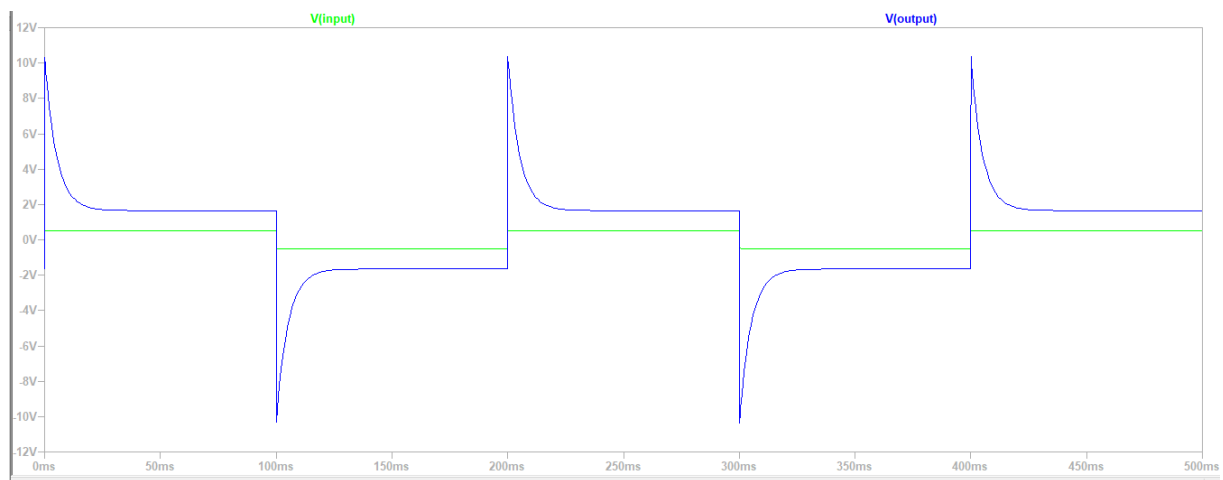
Izračunamo:

$$\text{- ojačanje: } K_p = \frac{R_5}{R_1 + R_2} = \frac{8200 \text{ }\Omega}{6800 \text{ }\Omega + 18000 \text{ }\Omega} = 3,3$$

$$\text{- časovna konstanta: } T_d = R_2 \cdot C = 18 \text{ k}\Omega \cdot 1 \text{ }\mu\text{F} = 18 \text{ ms}$$

$$\text{- parazitna časovna konstanta: } T'_d = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} = \frac{6,8 \text{ k}\Omega \cdot 18 \text{ k}\Omega}{6,8 \text{ k}\Omega + 18 \text{ k}\Omega} \cdot 1 \text{ }\mu\text{F} = 4,93 \text{ ms}$$

Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE:



Slika 7: Slika prehodnega pojava v programskem okolju LTSPICE, PD-regulator

V stacionarnem stanju izmerimo ojačanje:

$$K_p = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = \frac{3,3364 \text{ V}}{1 \text{ V}} = 3,3$$

Čas ko pade izhodna napetost na 63,2%:

$$T'_d = 4,965 \text{ ms}$$

Časovna konstanta spremembe izhodne napetosti v trenutku spremembe vhodne:

$$T_d = \frac{\Delta U_4 T'_d}{K_p} = 17,82 \text{ ms}$$