

MĚŘENÍ NA PID REGULÁTORU

101 - 4R

1. Pomocí modulového systému **Dominoputer** sestavte základní obvod **PID regulátoru** a seznamte se s funkcí jednotlivých jeho částí.
2. Určete přenosovou funkci a přechodovou charakteristiku:
 - a) proporcionálního členu (OZ1)
 - b) integračního členu (OZ2)
 - c) derivačního členu (OZ3)
3. Určete přenosovou funkci sestaveného PID regulátoru a změřte jeho přechodovou charakteristiku.

16

MOŘKOVSKÝ TOMÁŠ

M4

1

2000 - 2001

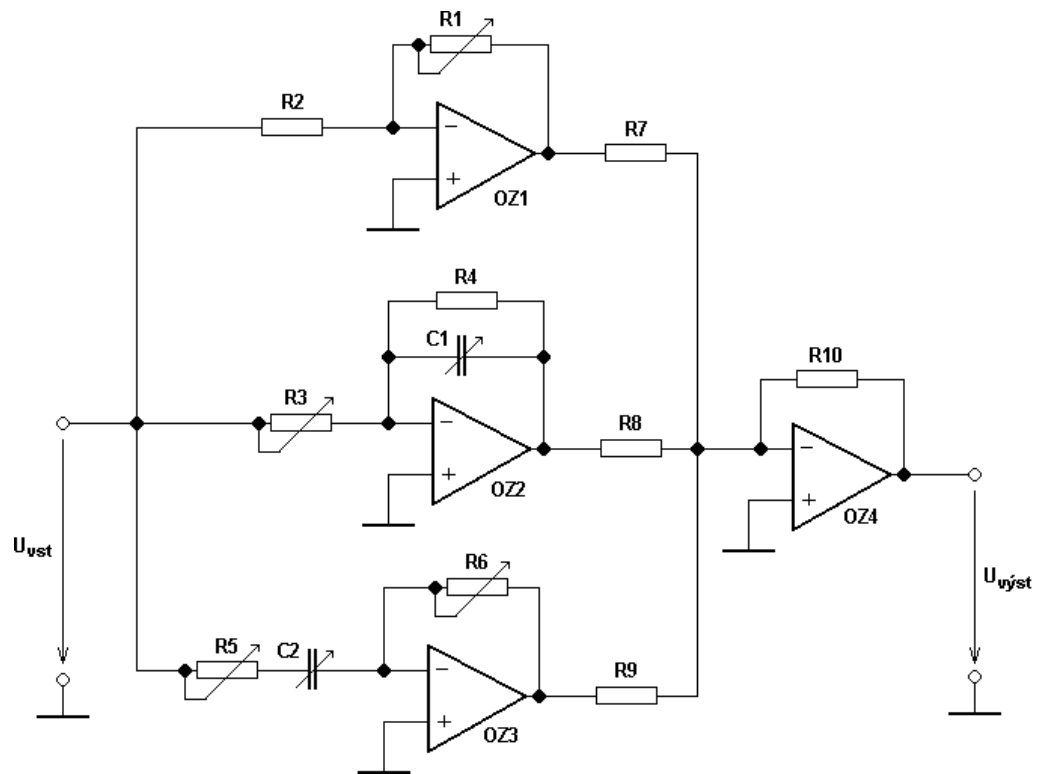
20. 3. 2001

27. 4. 2001

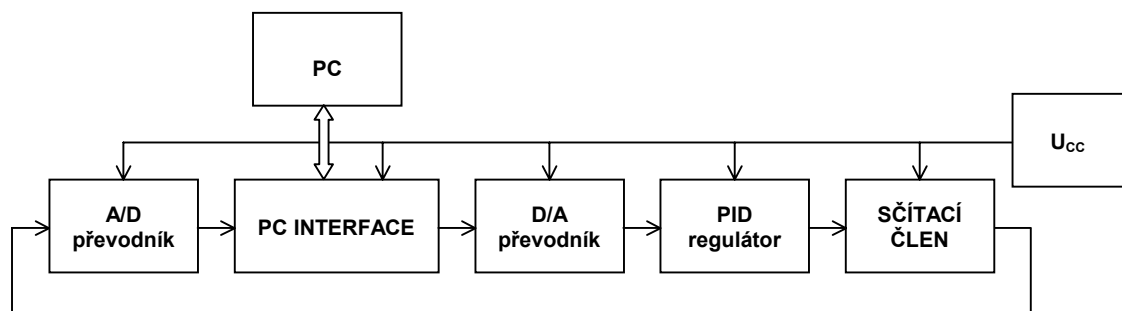
7

SCHÉMA

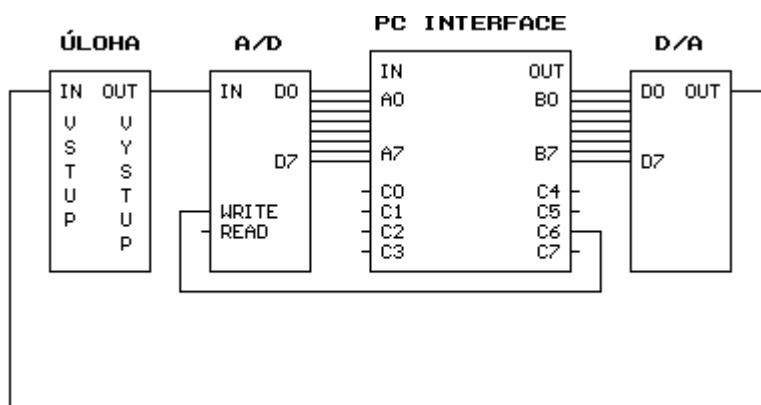
Obr. 1 Zapojení měřeného obvodu - PID regulátor



Obr. 2 Blokové schéma regulačního obvodu



Obr. 3 Zapojení stavebnice Domino



POUŽITÉ PŘÍSTROJE

OZN.	PŘÍSTROJ	TYP	EVID. Č.	POZNÁMKA
PC	osobní počítač	P120	---	---
Z	Zdroj napětí	BK 125	---	U _{cc} = 5 V
A/D	A/D převodník	---	---	Dominoputer
D/A	D/A převodník	---	---	Dominoputer
Interface	převod dat DP/PC	---	---	Dominoputer
OZ1-OZ4	operační zesilovače	---	---	Dominoputer
R1-R10	rezistory	viz TAB1	---	Dominoputer
C ₁	kondenzátor	22 μF	---	Dominoputer
C ₂	kondenzátor	470 nF	---	Dominoputer

POSTUP MĚŘENÍ

- Návrh jednotlivých částí systému, seznámení se s novými prvky Dominoputeru a jeho funkcemi a propojení.
- Zapojení systému Dominoputer dle OBR.1, OBR.2, OBR.3 a nastavení komunikačního programu (základní zapojení dle OBR.3, analog. vstup, analog. výstup použit jako generátor skokového impulsu a jako osciloskop zaznamenávající časovou odezvu obvodu). Výpočet počtu úrovní pro námi zvolenou velikost skokového impulsu 1V (viz VÝPOČTY).
- Volba rozsahů A/D a D/A převodníků v závislosti na jejich použití: výstupní D/A převodník nastavíme na +5V (switch 0110) – skokový impuls bude mít

pouze kladné napětí, A/D převodník nastavíme na $\pm 5V$ (switch 0101).
Propojení CLK0 a CLK1 na desce PC Interface.

4. Postupné sestavování jednotlivých členů regulátoru (proporcionální s OZ1, integrační s OZ2, derivační s OZ3) a obvodu „analogové negace“ s OZ4. Výsledný signál negujeme pomocí zapojení OZ se zápornou zpětnou vazbou, protože jednotlivé články PID regulátoru jsou zapojeny s OZ také se zápornou zpětnou vazbou.
5. Změření jednotlivých článků P, I, D a celku PID regulátoru. Zakreslení všech průběhů viz GRAF 1 (červeně skokový impuls, modře změřené průběhy).
6. Určení přechodových funkcí jednotlivých členů.
7. Zhodnocení výsledků a poznatků z celého měření.

TABULKY

TAB 1 Hodnoty rezistorů použitých při měření

Ozn.	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
[k Ω]	400	100	100	200*	50	100	100	100	100	100

TAB 2 Výsledné parametry článků

parametr	P	I	D
F(p)	-4	$-2 - 0.455 p^{-1}$	$-2 - 0.047 p$
K	-4	$-0.455 - 2 p$	$-0.047 - 2 p^{-1}$
A _U	-4	-2	-2

PŘÍKLAD VÝPOČTU

a) rezistoru R_1 v proporcionálním členu ($R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, A_U volíme 4)

$$A_U = \frac{R_1}{R_2} \quad R_1 = R_2 \cdot A_U = 100 \cdot 10^3 \cdot 4 = \underline{\underline{400 \text{ k}\Omega}}$$

b) nastavení úrovní pro výstup skokového impulsu (volíme 1V)

$$\begin{array}{r} 00000000 \dots\dots\dots 0 V \\ 11111111 \dots\dots\dots 5 V \\ \hline 255 \text{ úrovní} \dots\dots\dots 5 V \\ \hline n \text{ úrovní} \dots\dots\dots 1 V \end{array} \qquad \begin{array}{l} 11111111 \text{ bin} = 255 \text{ dec} \\ n = \frac{255 \cdot 1}{5} = 51 \\ 51 \text{ dec} = \underline{\underline{00110011}} \text{ bin} \end{array}$$

c) přenosová funkce a zesílení proporcionálního členu

$$(R_1 = 400 \text{ k}\Omega, R_2 = 100 \text{ k}\Omega)$$

$$F_P(P) = \frac{Z_{\text{výst}}}{Z_{\text{vst}}} = -\frac{R_1}{R_2} = K_P = A_U \qquad K_P = A_U = -\frac{400 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} = \underline{\underline{-4 [-]}}$$

d) přenosová funkce integračního členu

$$(R_3 = 100 \text{ k}\Omega, R_4 = 200 \text{ k}\Omega, C_1 = 22 \text{ }\mu\text{F})$$

$$F_I(P) = \frac{Z_{\text{výst}}}{Z_{\text{vst}}} = -\frac{R_4/p \cdot C_1}{R_3 + 1/p \cdot C_1} = -\frac{R_4}{p \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot C_1 + R_3} = \frac{K_I}{p}$$

$$F_I(P) = -\frac{200 \cdot 10^3}{p \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^{-6} + 100 \cdot 10^3} = \underline{\underline{-2 - 0.455 \cdot p^{-1}}}$$

$$K_I = F_I \cdot p = -\frac{p \cdot R_4}{p \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot C_1 + R_3}$$

$$K_I = -\frac{p \cdot 200 \cdot 10^3}{p \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^{-6} + 100 \cdot 10^3} = \underline{\underline{-0.455 - 2 \cdot p}}$$

zesílení integračního členu:

$$A_U = -\frac{R_4}{R_3} = -\frac{200 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} = \underline{\underline{-2 [-]}}$$

doba nabíjení kondenzátoru C_1 :

$$T = R_4 \cdot C_1 = 200 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{4.4 \text{ s}}}$$

Pozn: při měření byl rezistor R_4 byl rozpojen a tedy $\underline{\underline{R_4 = \infty \Omega}}$

e) přenosová funkce derivačního členu

$$(R_5 = 50 \text{ k}\Omega, R_6 = 100 \text{ k}\Omega, C_2 = 470 \text{ nF})$$

$$F_D(P) = \frac{Z_{\text{výst}}}{Z_{\text{vst}}} = -\frac{R_6}{R_5 + \frac{1}{p \cdot C_2}} = -\frac{p \cdot R_6 \cdot C_2}{p \cdot R_5 \cdot C_2 + 1} = K_D \cdot p$$

$$F_D(P) = -\frac{p \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-9}}{p \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-9} + 1} = \underline{\underline{-2 - 0.047 \cdot p}}$$

$$K_D = \frac{F_D}{p} = \frac{-\frac{p \cdot R_6 \cdot C_2}{p \cdot R_5 \cdot C_2 + 1}}{p} = -\frac{R_6 \cdot C_2}{p \cdot R_5 \cdot C_2 + 1}$$

$$K_D = -\frac{100 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-9}}{p \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-9} + 1} = \underline{\underline{-0.047 - 2 \cdot p^{-1}}}$$

zesílení derivačního členu:

$$A_U = -\frac{R_6}{R_5} = -\frac{100 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3} = \underline{\underline{-2 [-]}}$$

doba nabíjení kondenzátoru C_2 :

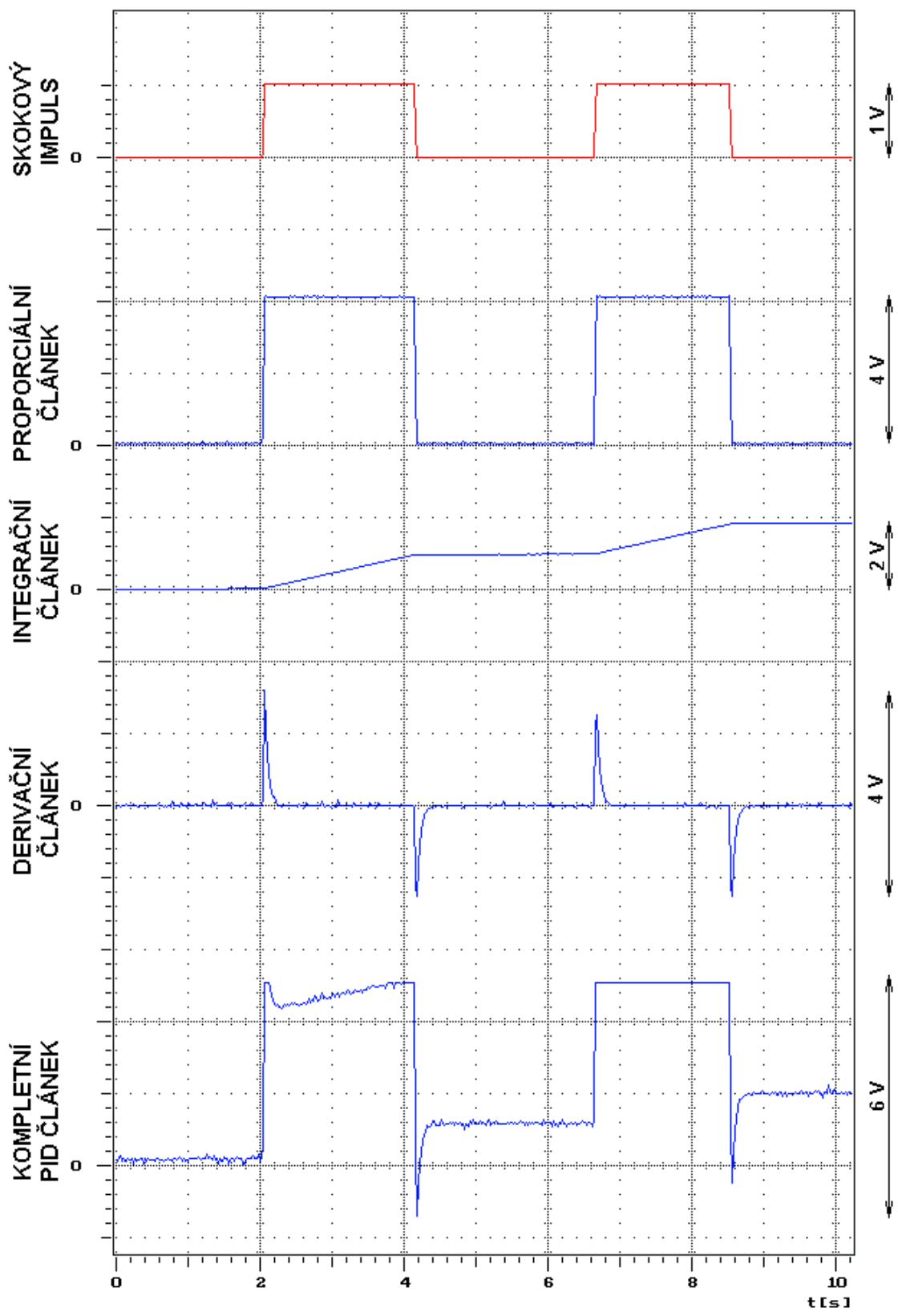
$$T_n = R_6 \cdot C_2 = 100 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-9} = \underline{\underline{47 \text{ ms}}}$$

doba vybíjení kondenzátoru C_2 :

$$T_v = R_5 \cdot C_2 = 50 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-9} = \underline{\underline{23.5 \text{ ms}}}$$

GRAFY

GRAF 1 Přechodové charakteristiky článků PID regulátoru viz list 7



ZÁVĚR

Chyby měření

V měření se mohli objevit nepřesnosti, protože jsme použili 8-bitové A/D a D/A převodníky – odhadovaná chyba do 2 %, další nedostatky a zkreslení se projevily následkem zobrazení charakteristik na monitoru v nedostatečném rozlišení – nemůžeme přesně určit chybu, ale odhadl bych ji do 4 %.

Zhodnocení

Jednotlivé články se prakticky chovaly dle našich teoretických předpokladů. Vyzkoušeli jsme mnoho různých hodnot součástí v jednotlivých členech PID regulátoru a ověřili tak jejich vliv na charakteristiku. Zde jsme se bohužel dopustili drobného zmatku, a tak vypočtené hodnoty v některých případech neodpovídají charakteristice v GRAFu 1. Některé naše poznatky:

- P:** - odezva na jednotkový skok je přímka (konstantní)
- změna velikosti R_1 má vliv na zesílení
- I:** - odezva na jednotkový skok je přímka (rostoucí)
- změnou velikosti R_3 má vliv na zesílení signálu
- změnou velikosti C_1 ovlivňujeme délku integrace signálu
- D:** - odezva na jednotkový skok „Diracův impuls“
- změna součástí R_5 , R_6 , C_2 má vliv na délku náběžné a sestupné hrany impulsu (R_5 a C_2 = náběh, R_6 a C_2 = sestup)

V GRAFu 1 si u charakteristiky celého PID regulátoru všimneme faktu, že při druhém skokovém impulsu, je již průběh zkreslen integračním článkem, protože zde zůstal nabit kondenzátor C_1 .

PID regulátorem můžeme regulovat statickou soustavu 2. a vyššího řádu, astatickou soustavu a soustavu s dopravním zpožděním. Derivační vazba přispívá ke stabilitě. Využití v praxi je např. řízení teploty ve vysokých pecích, vytápění v bytech, atd...