

Mikropočítačové riadenie sústavy 1. rádu

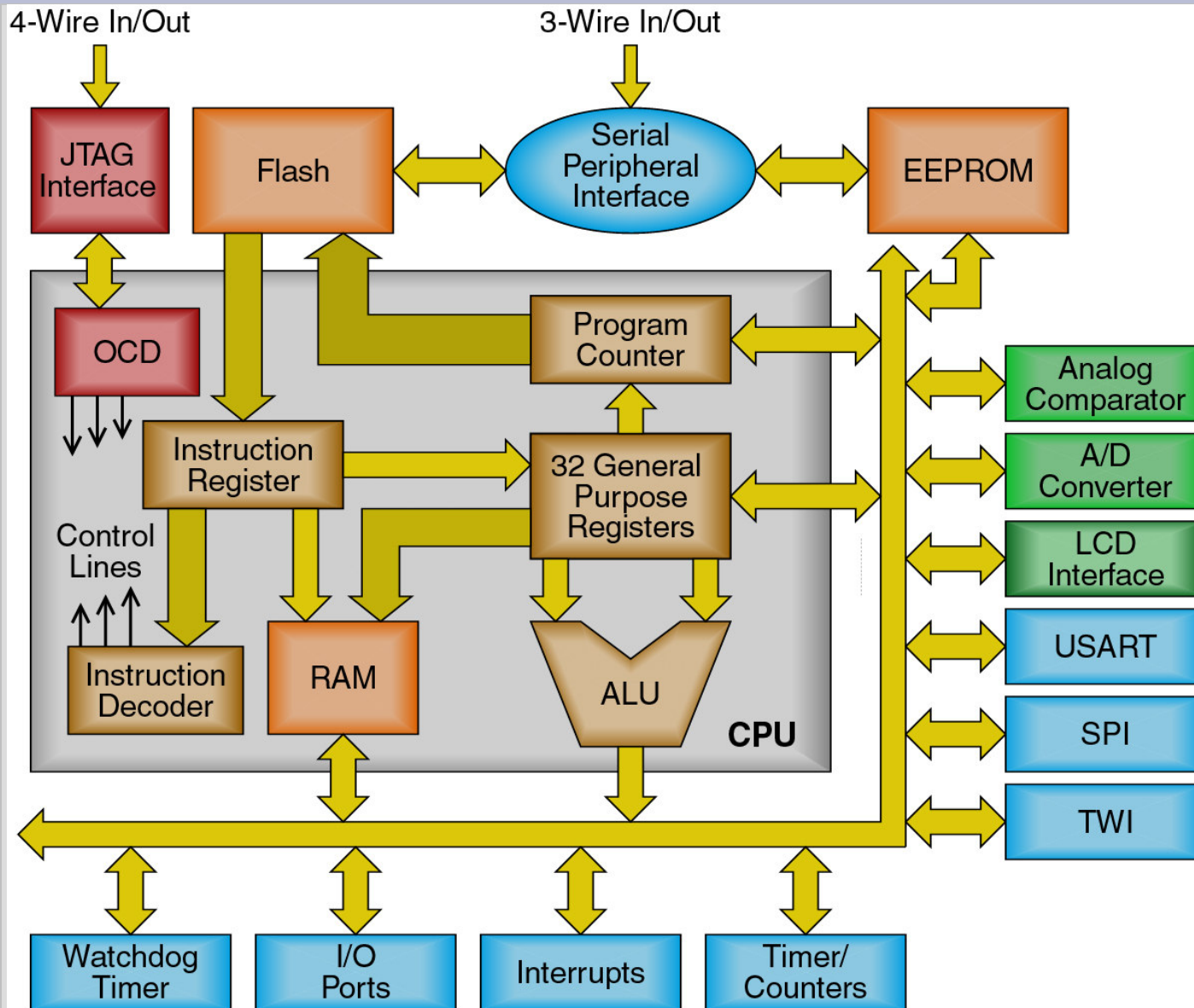
Š. Chamraz, R. Balogh,
Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava.
mail: stefan.chamraz@stuba.sk, richard.balogh@stuba.sk

Projekt bol podporený: KEGA 3/5201/07.

Monolitické μ -počítače

Pôvodne sme používali :

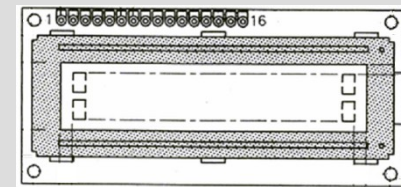
- 8080
- 8051 (552)
- MICROCHIP
- ATMEL AVR



Programovanie

Display:

- „vírus“
- PWM kontrast



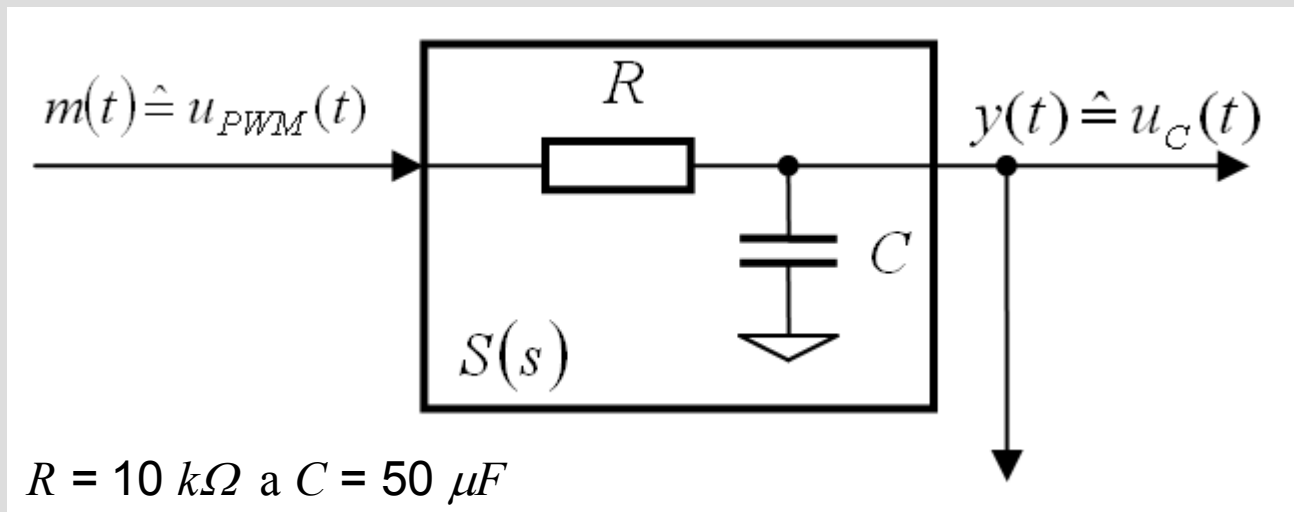
Klávesnica 4*4:

- načítanie na dva krát
- zdvojené klávesy
- ? diódy ?



Embedded system

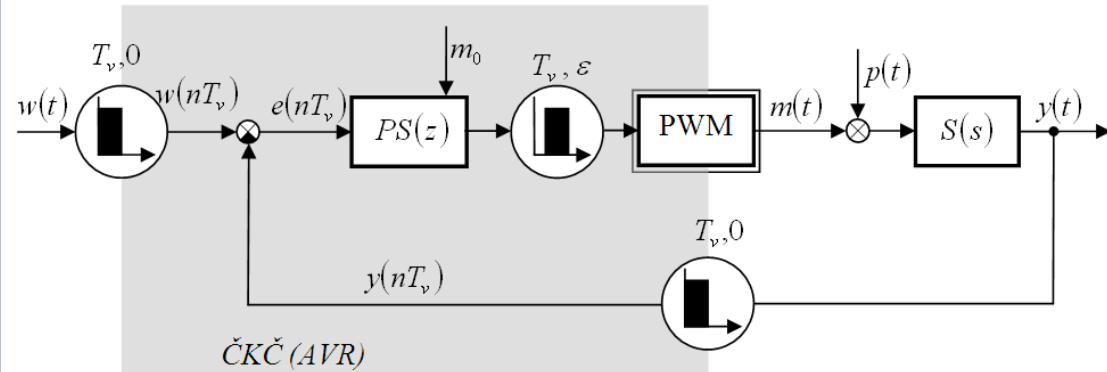
Mikroočítačové riadenie sústavy 1. rádu



$$S(s) = \frac{K}{1 + sT} = \frac{1}{1 + 0.5s}$$

$$T = R * C = 10 \text{ k}\Omega * 50 \text{ }\mu\text{F} = 50 * 10^{-2} \text{ [s]} = 0.5 \text{ [s]}$$
$$K = 1 \text{ [-]}$$

Ciel':



Navrhnuť a realizovať *PS* regulátor:

$$PS_S : m(nT_v) = m_P(nT_v) + m_S(nT_v) + m_0$$

$$m_P(nT_v) = K_R e(nT_v)$$

$$m_S(nT_v) = m_S((n-1)T_v) + K_R \frac{T_v}{T_I} e((n-1)T_v)$$

$$e(nT_v) = w_z(nT_v) - y(nT_v)$$

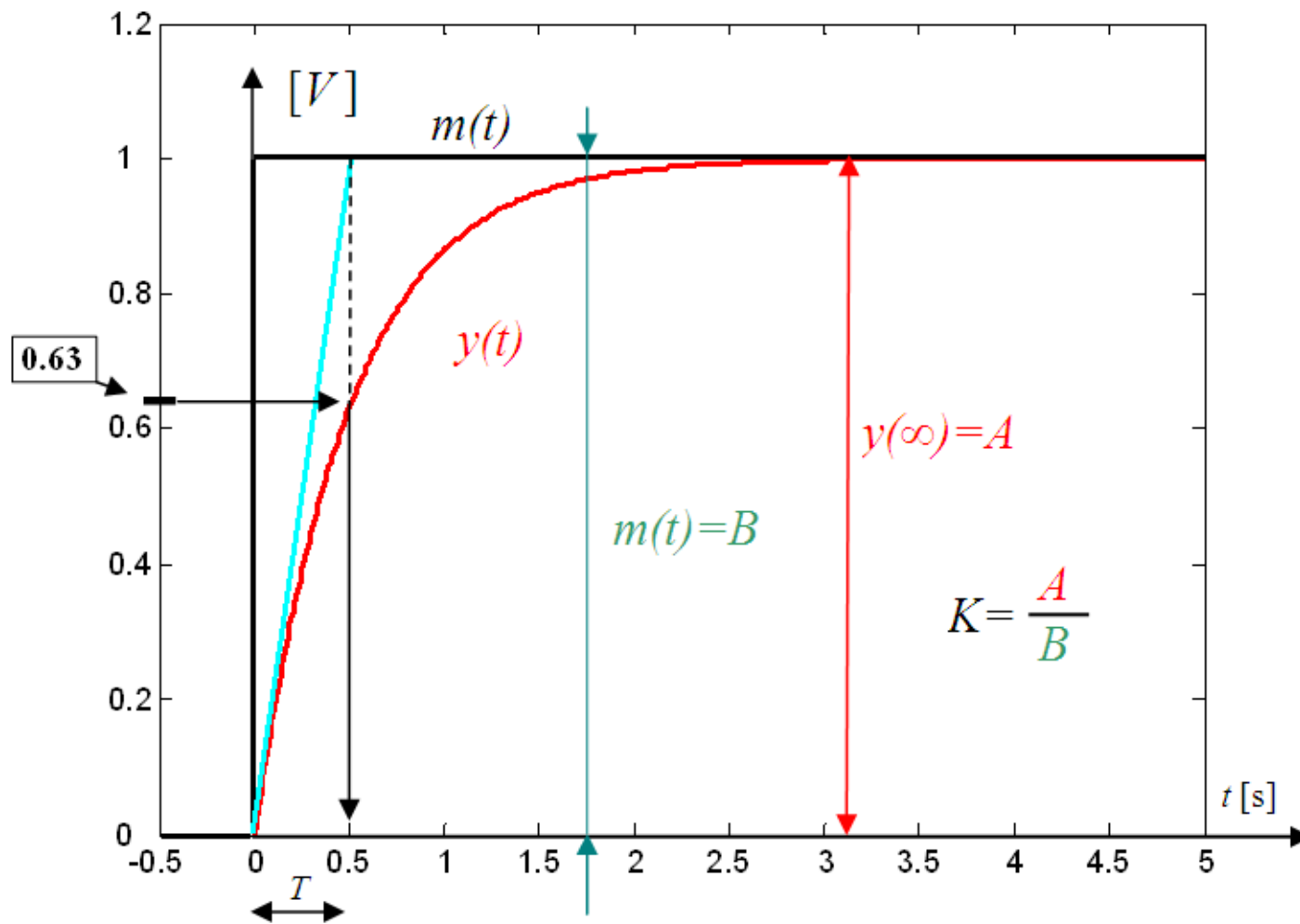
m_0 – posunutie akč. zásahu

T_v – perióda vzorkovania

tak, aby zvlnenie bolo menšie ako rozlíšenie A/D prevodníka.

Použiť celočíselnú aritmetiku.

Identifikácia parametrov regulovanej sústavy:



$m(t)$ – analógová veličina

$$S(s) = \frac{K}{1 + sT}$$

$$K = \frac{A}{B} = \frac{1[V]}{1[V]} = 1[-]$$

$$T \doteq 0.5[s]$$

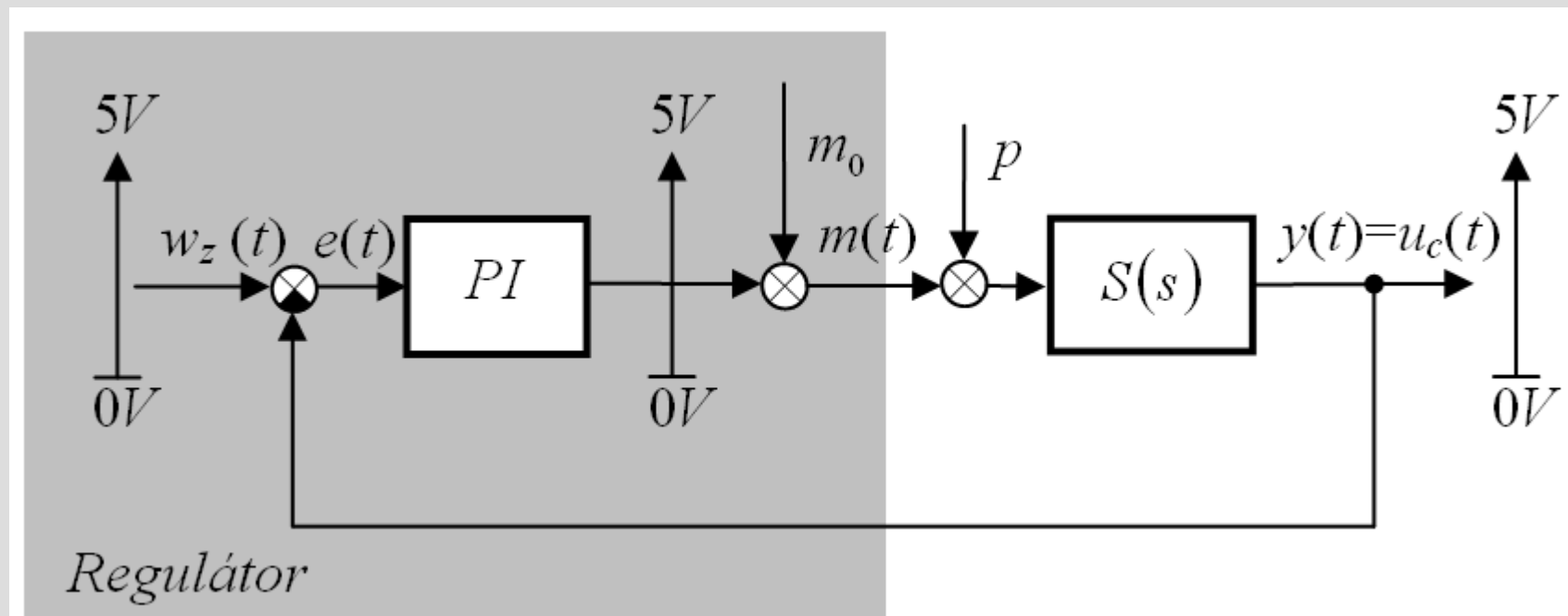
Výpočet spojitého PI regulátora:

Želaná dynamika systému: $T_w = 0.5$ [s].

Metódou **ID** určíme:

- štruktúru: $PI(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right)$; $m(t) = m_0 + K_R \left(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau\right)$

- parametre regulátora: $K_R = 1[-]$ a $T_I = 0.5$ [s]



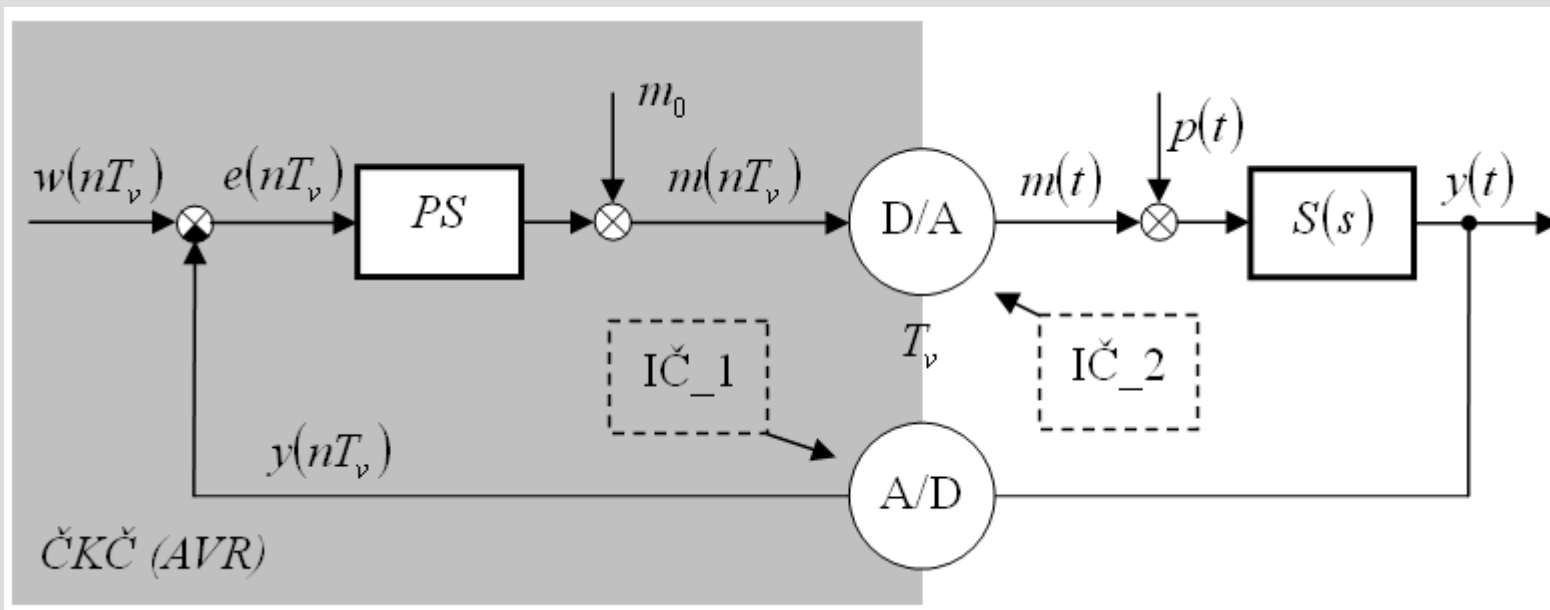
Prepočet spojitého PI regulátora na diskretný PS regulátor

$$PS_S : m(nT_v) = m_P(nT_v) + m_S(nT_v) + m_0$$

$$e(nT_v) = w_z(nT_v) - y(nT_v); \quad m_P(nT_v) = K_R e(nT_v)$$

$$m_S(nT_v) = m_S((n-1)T_v) + K_R \frac{T_v}{T_I} e((n-1)T_v)$$

Dvakrát T_v



Výpočet periódy vzorkovania:

Nemôžeme presnejšie regulovať ako meriame.

Predpokladáme použitie 10 bitového prevodníka a $U_{REF} = 5.000 [V]$.

1 bit, LSB, odpovedá $\frac{5 V}{1024} = 4.88 [mV] \doteq 5 [mV]$

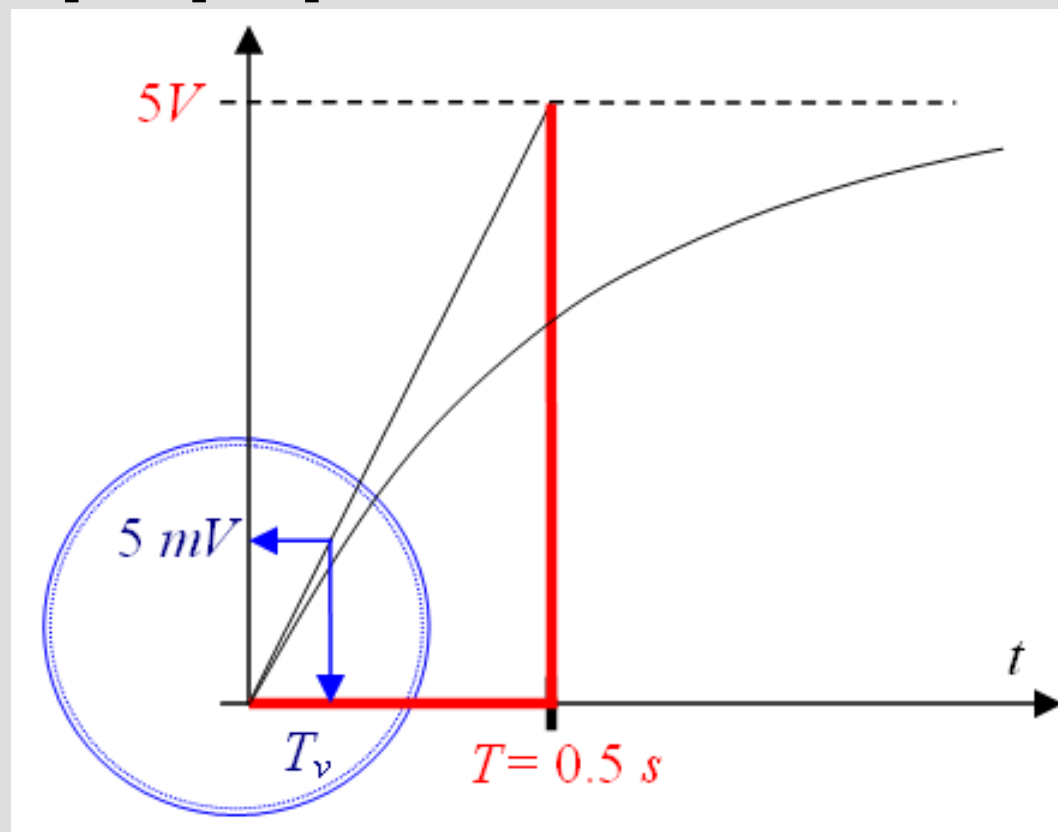
$15 kSPS \doteq 66.6 \mu s$

Určenie najmenej hodnoty periódy vzorkovania:

Stačí riešiť trojčlenku:

$$\frac{T_v}{T} = \frac{5 mV}{5 V}$$

$$T_v = 0.5 [s] * \frac{5 [mV]}{5 [V]} = 500 [\mu s]$$

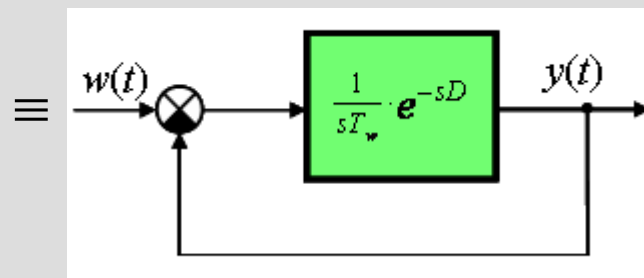
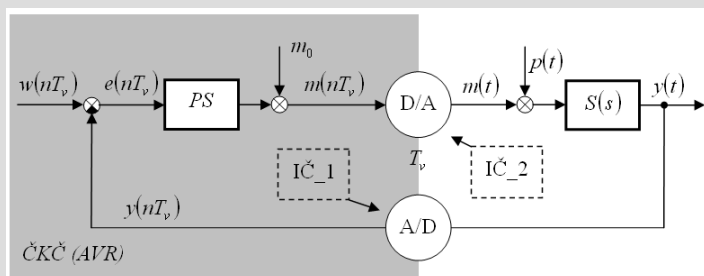


Výpočet periódy vzorkovania:

Môžeme použiť:

- a) Shannon - Kotelnikov teorém: $T_v < \frac{\pi}{2} [s] \doteq 1.57 [s]$
- b) $\frac{1}{6} \div \frac{1}{10}$ najväčšej časovej konštanty: $T_v \in \langle 83 [ms] \div 50 [ms] \rangle$
- c) Metóda bulharskej konštanty. Rule of thumb.
- d) Riešenie „malej“ charakteristickej rovnice $(sT_w + e^{-sD} = 0)$

dobře regulovaného číslicového regulačného obvodu pomocou MHR.



$$D = f(T_v)$$

Výpočet periódy vzorkovania [d]:

Predpokladajme:

- želaná dynamika riadenia $T_w = T$.
- relatívne posunutie akčného zásahu $\varepsilon = 1$.
- *PS* regulátor navrhujeme tak (prepočítame *PI* na *PS*), aby bola perióda vzorkovania

$$T_v^{(<)} = 0.22 T_w.$$

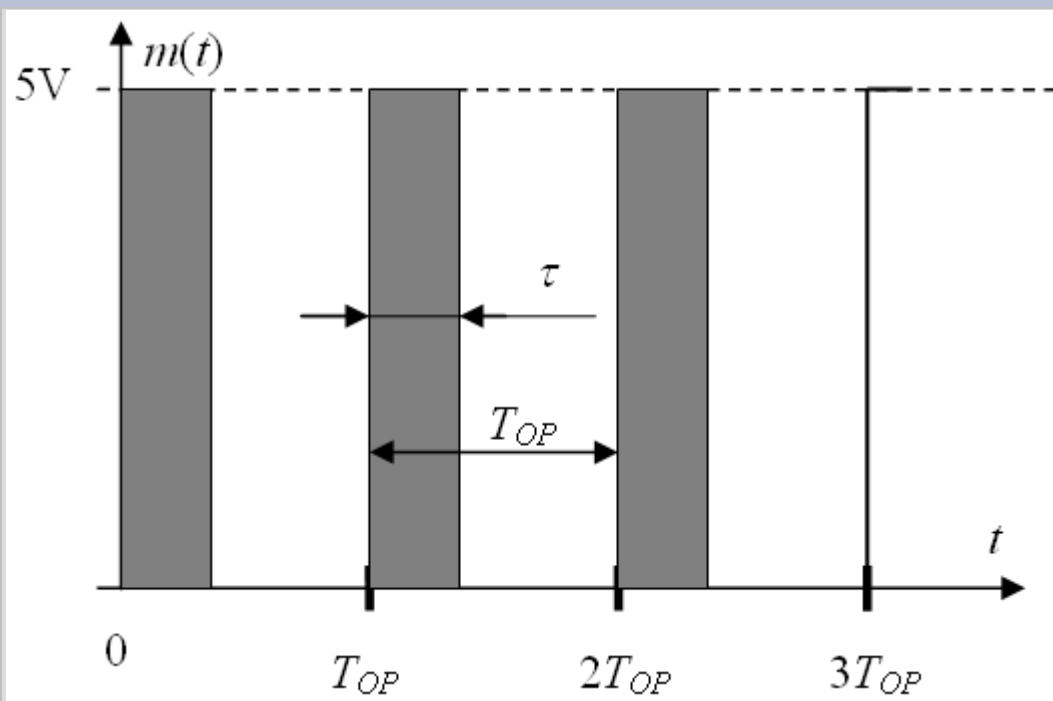
Potom:

- bude prechodný proces odpovedať vlastnej sústave 2. rádu s preregulovaním menším ako 1%. Doba regulácie bude $t_{reg} \doteq 2.84 T_w + \varepsilon_v T_v$ (+ vzorkovanie nemusí byť synchronné so vznikom skoku riadenia).

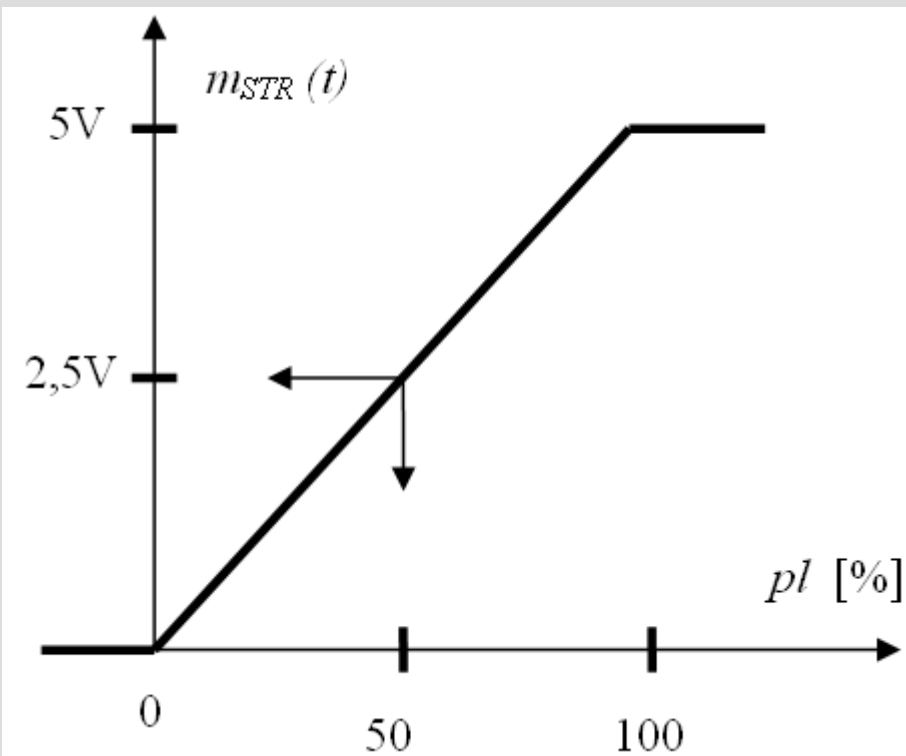
$$\text{Pre } T = 0.5 \text{ [s] je } T_v \leq 0.22 T_w \stackrel{!}{=} 0.22 \cdot 0.5 = 0.11 \text{ [s]}$$

Ak bude relatívne posunutie akčného zásahu $\varepsilon = 0$, bude prechodný proces odpovedať sústave 1. rádu, a BUDE TRVAŤ DLHŠIE $t_{reg} = 5 T_w$.

PWM vo funkcii D/A prevodníka:

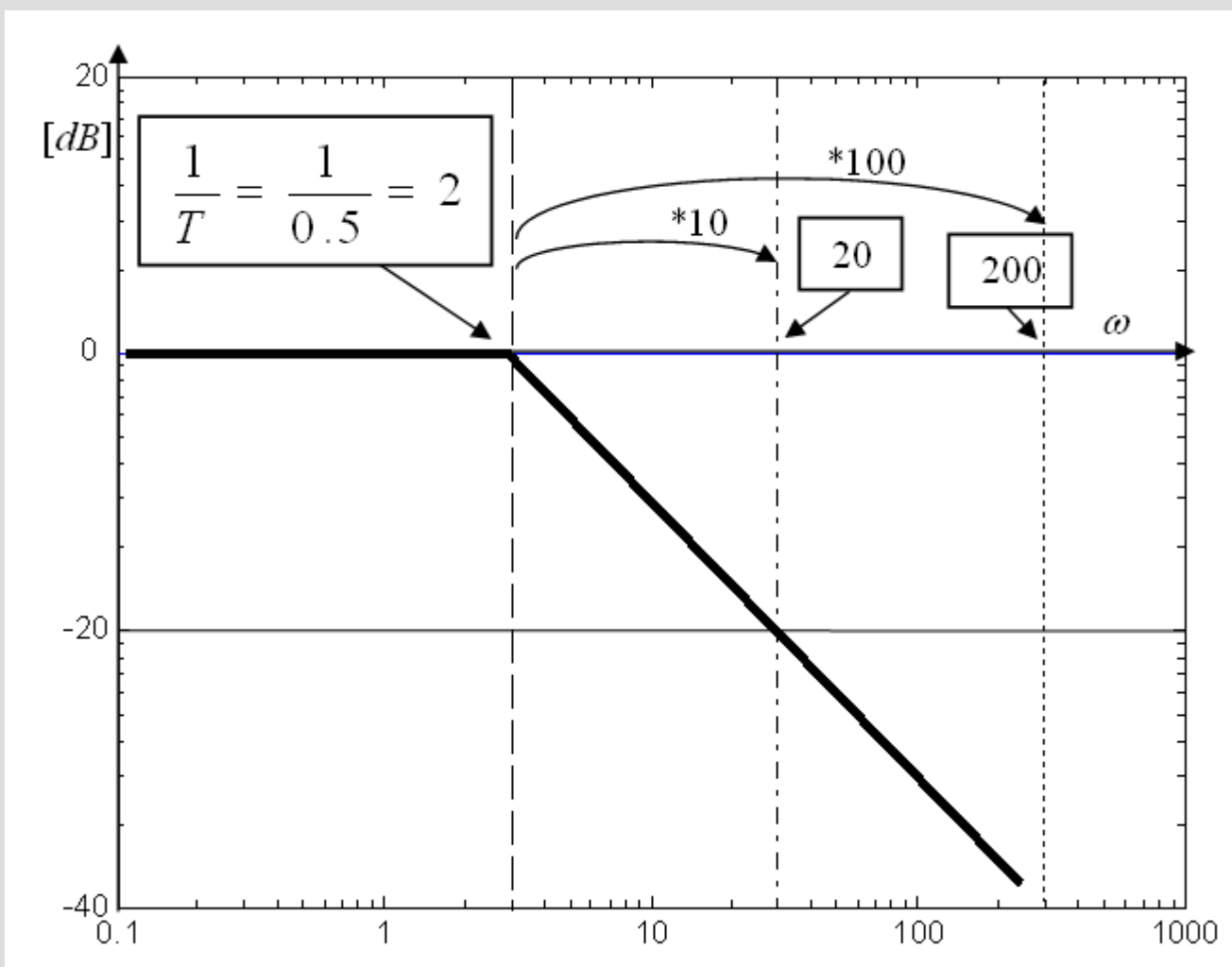


$$pl = \frac{\tau}{T_{OP}} \begin{cases} < 0, 1 > \\ < 0, 100 \% > \\ ? \end{cases}$$



PWM vo funkcii D/A prevodníka:

Určenie periódy opakovania PWM bloku pomocou ALF charakteristík :



Nech $\omega_{op} = 200 \text{ [rad s}^{-1}\text{]}$
potom $T_{op} \approx 30 \text{ [ms]}$

Amplitúda 1. harmonickej signálu $u_c(t)$ je 31 [mV] a 3. harmonickej je 3.5 [mV] .

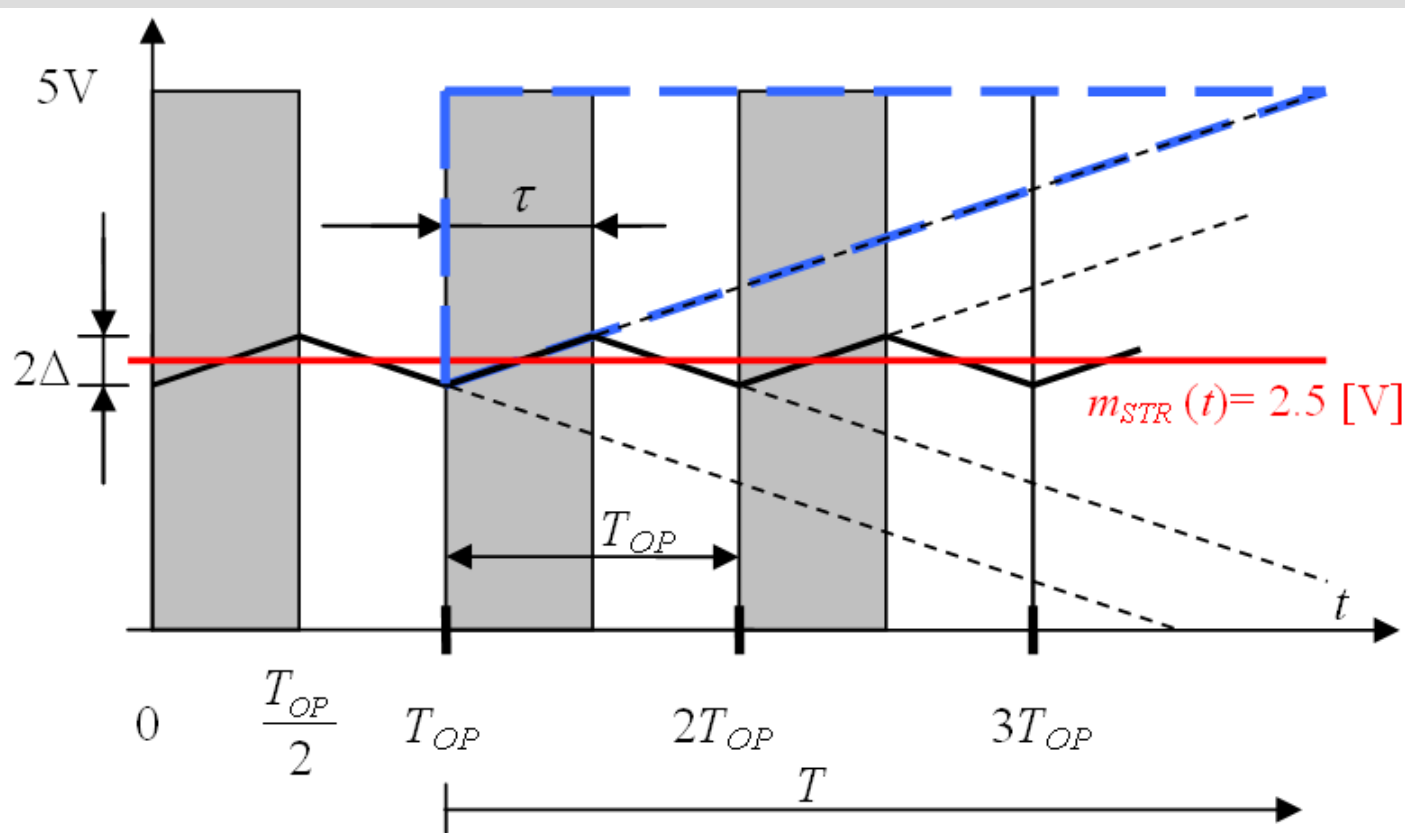
$31 \text{ [mV]} \gg \text{„LSB“}$

\Rightarrow

NEVYHOVUJE

PWM vo funkcii D/A prevodníka:


Určenie periódy opakovania PWM bloku pomocou maximálneho zvlnenia regulovanej veličiny:



Chceme zvlnenie menšie ako

$$LSB/2 = 2.5 \text{ [mV]}$$

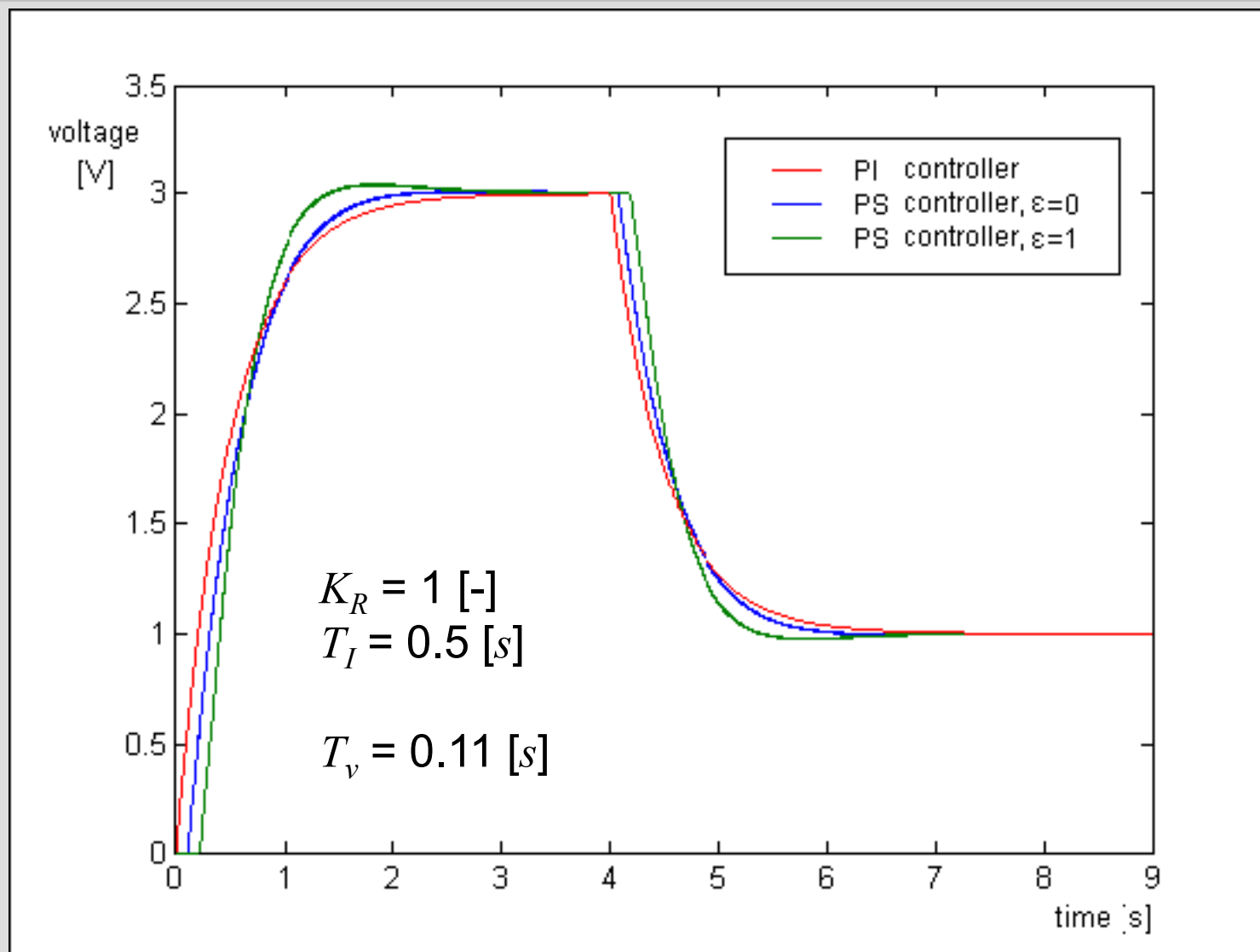
Opäť stačí riešiť trojčlenku.

Riešením „“

$$\frac{2,5 \text{ [V]} + \frac{LSB}{2}}{LSB} = \frac{T}{T_{OP} / 2}$$

$$\text{je } T_{OP} \doteq 2 \text{ [ms]}$$

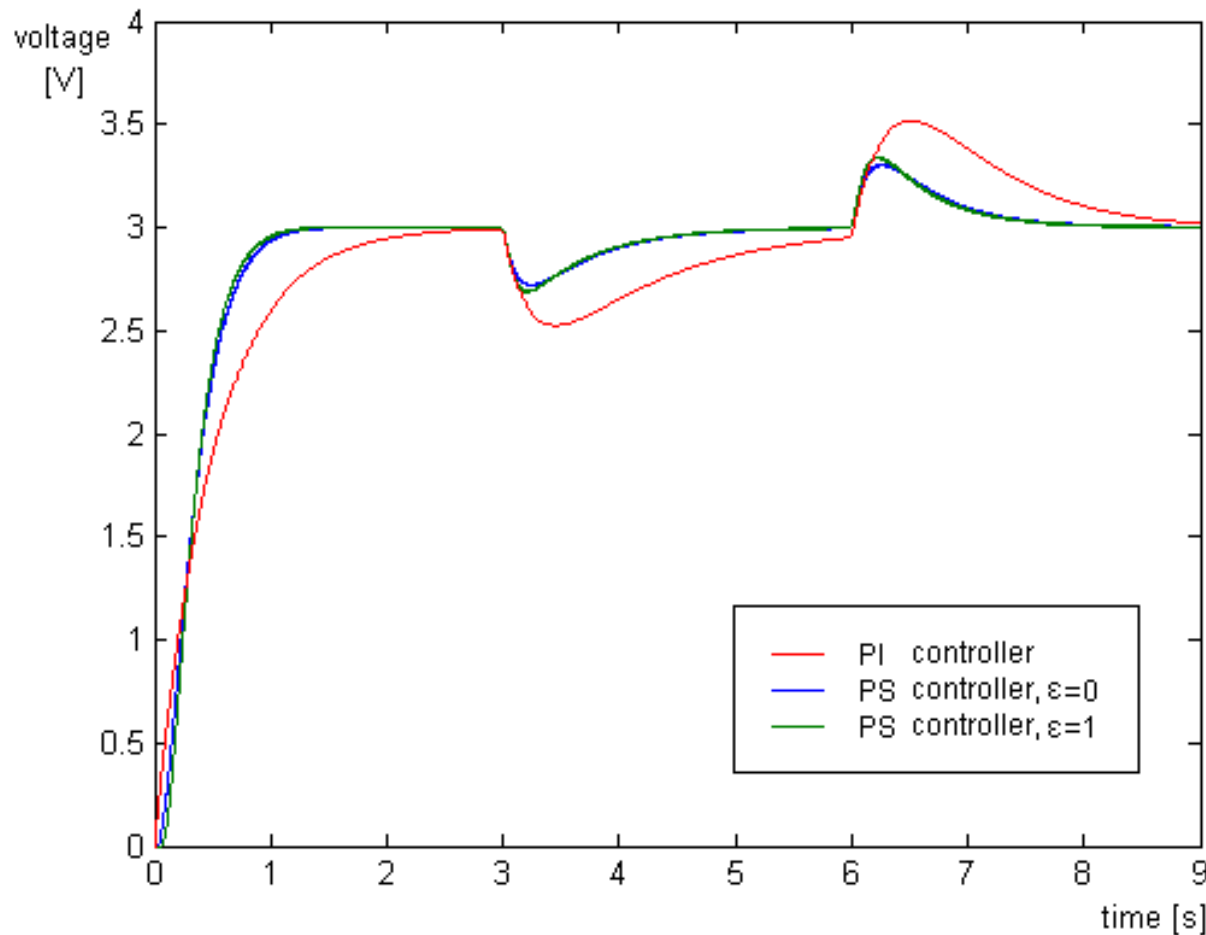
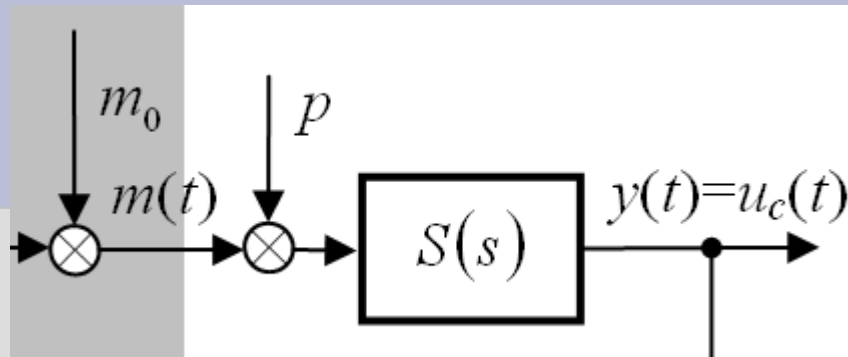
Overenie riešenia: simulácia



Overenie riešenia: simulácia

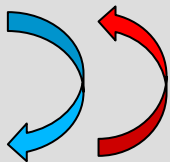
2.

Porucha:

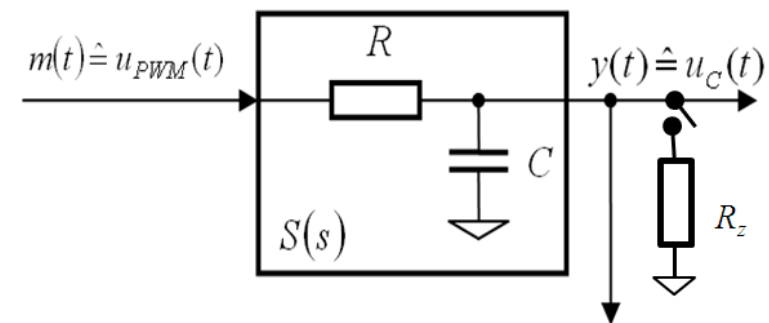


PI: $K_R = 1 [-]$
 $T_I = 0.5 [s]$

PS: $K_R = 3 [-]$
 $T_I = 0.5 [s]$
 $T_v = 0.037 [s]$

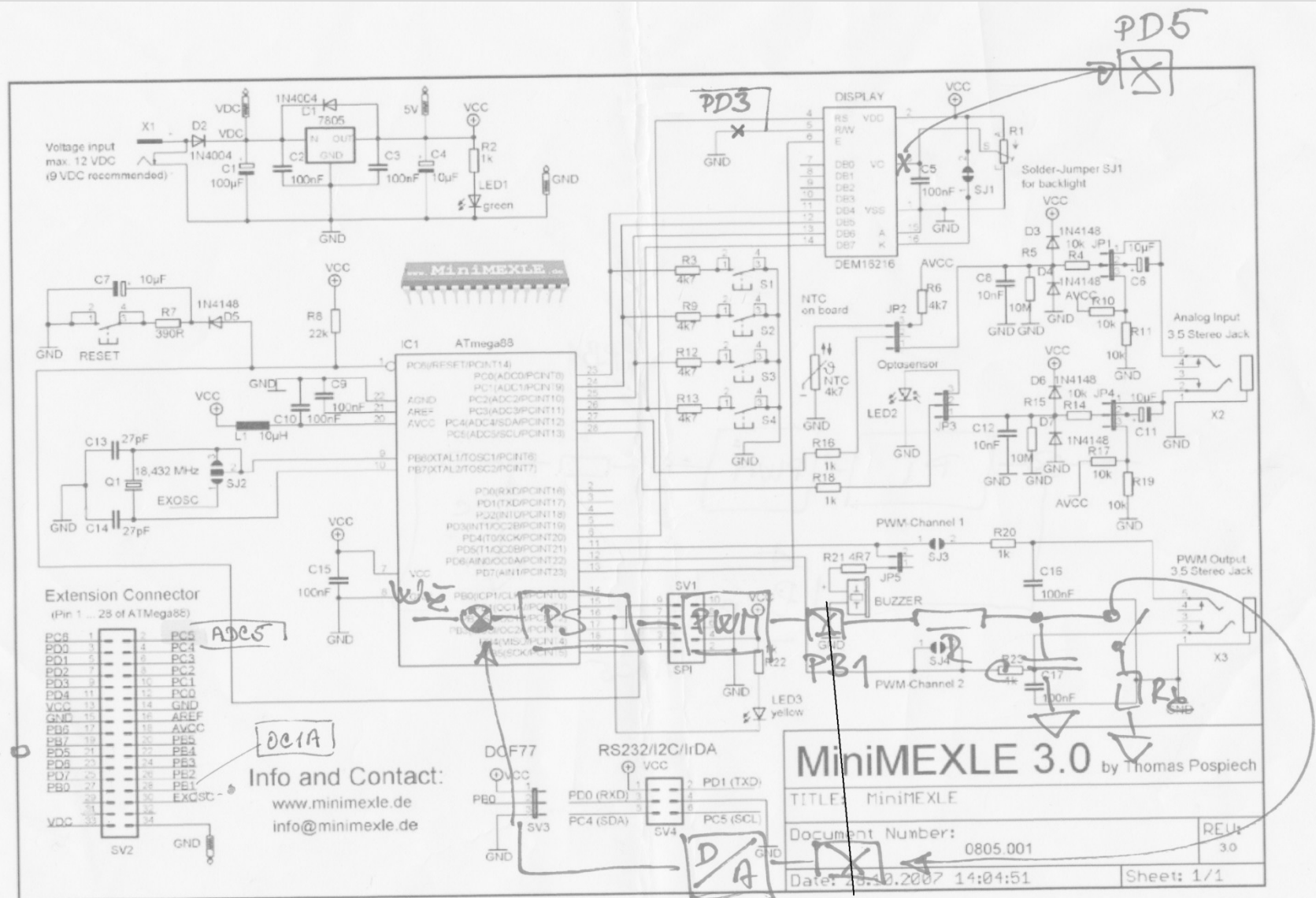


Záťaž: $R_z = 20k\Omega$

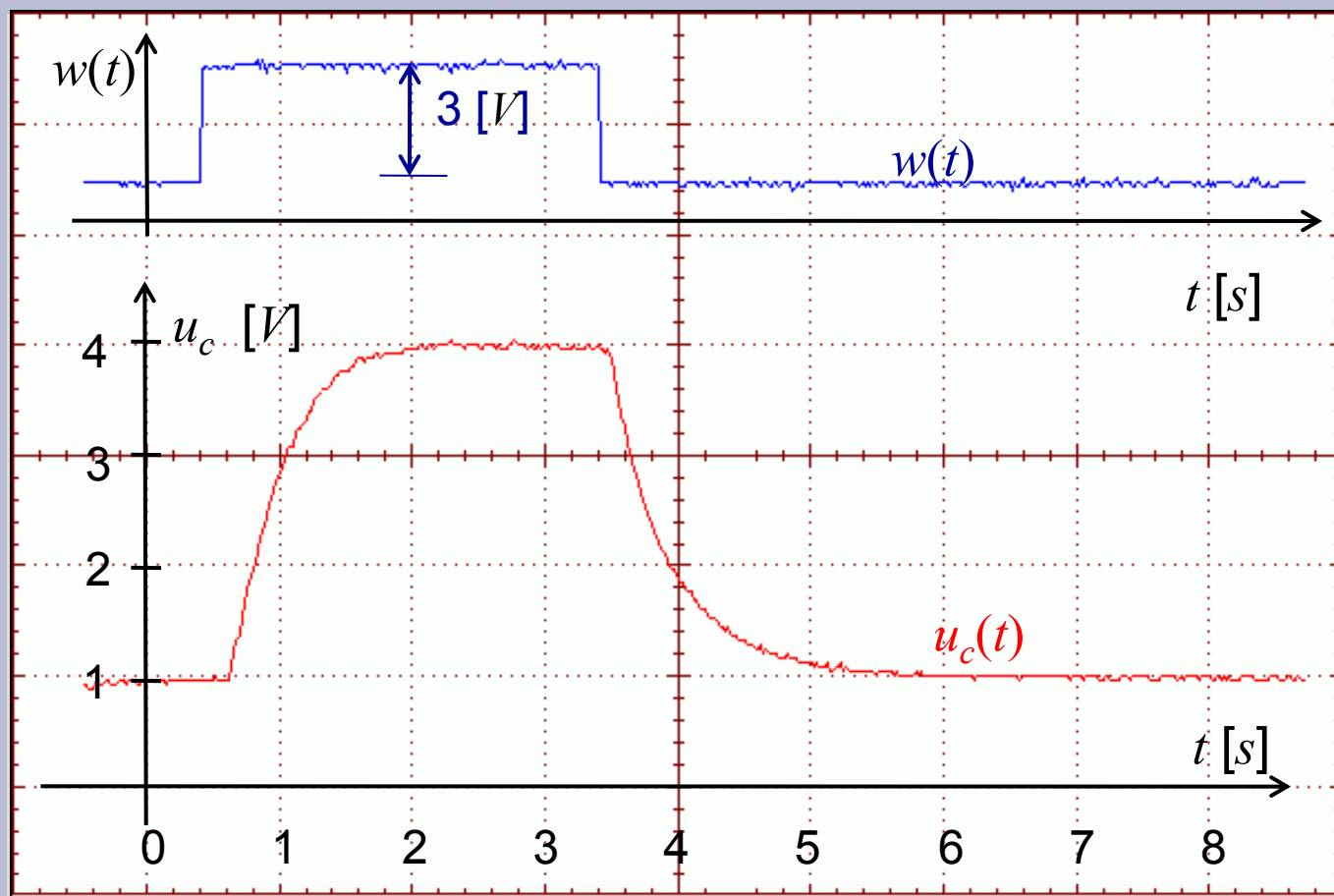


Overenie riešenia: reálna sústava

Blok. schéma MMP



Overenie riešenia: reálna sústava



PS: $K_R = 1$ [-]
 $T_I = 0.5$ [s]
 $T_v = 0.11$ [s]

Overenie riešenia: porovnanie

Čo spôsobilo rozdiely?

- Prepočty binárnych čísiel na dekadické.

Napr.:

$$\frac{1023 * 25}{51} \doteq 501$$

ale malo byt

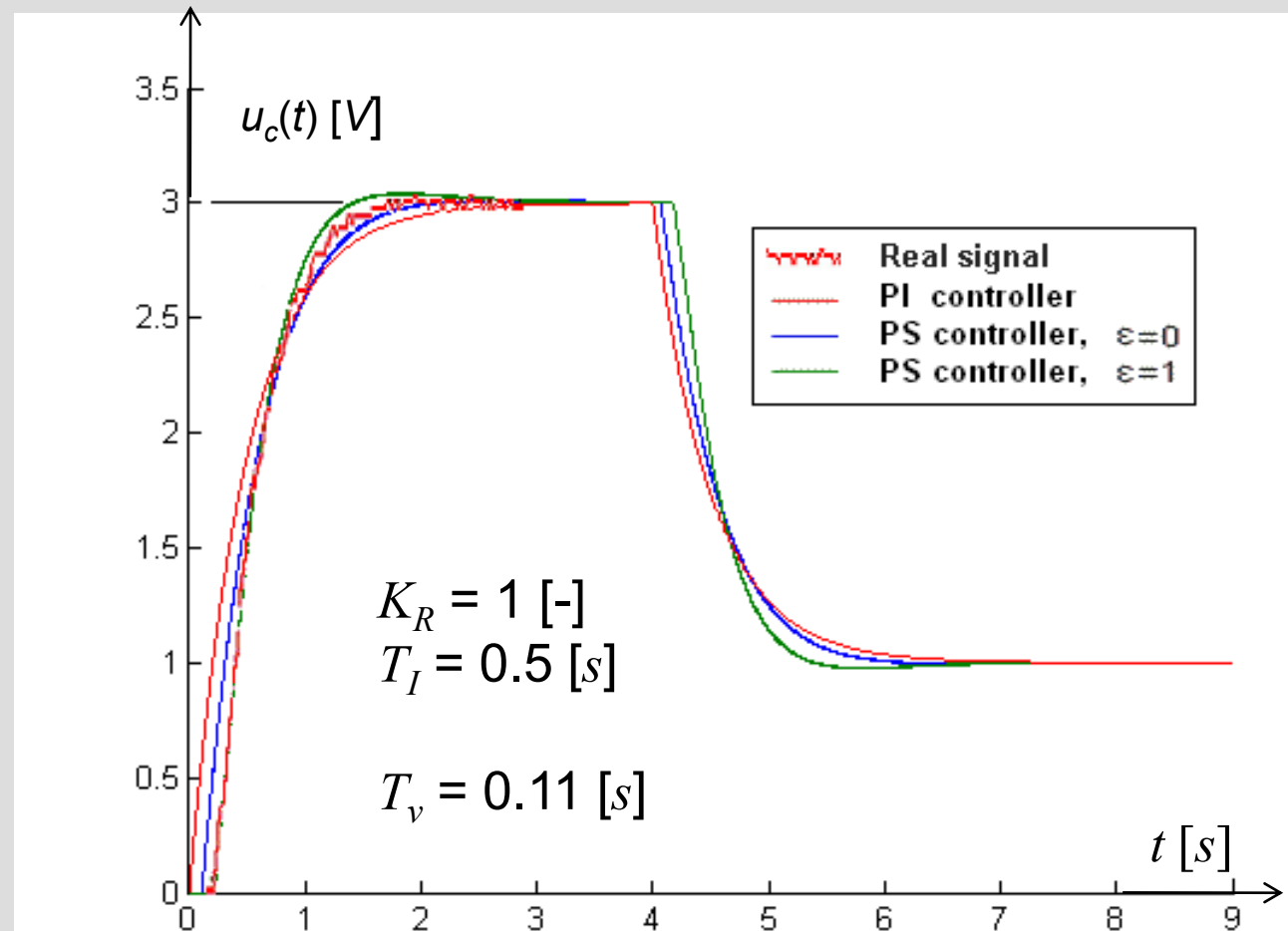
$$500 = 5 * 100$$

- Celočíselná aritmetika.

- $V_{CC} \doteq 5 [V]$

....

- $t_{reg} \doteq 1.42 [s]$



Nespomenuli sme:

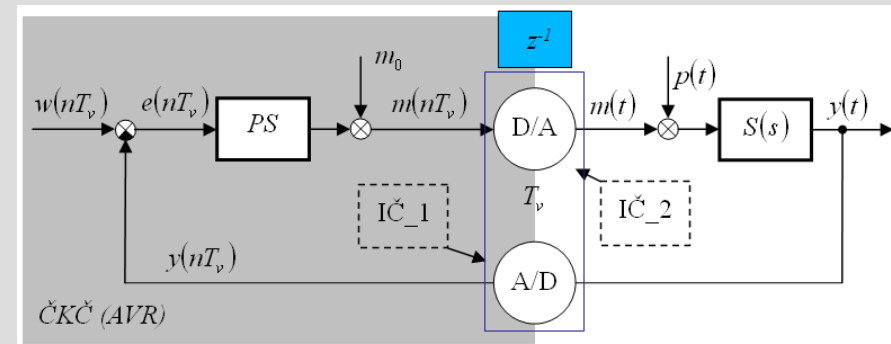
- Prečo $R = 10 \text{ k}\Omega$? (dva-krát; zaťažovací prúd, vnútorný odpor zdroja)
- K_R – je *od - do* ?
- Normovanie veličín.
- „JITTER“ a „JITTERBUG“

Ak navrhujeme T_v a regulátor tak, ako sme napísali vyššie, a oneskorenie výstupu nahradíme:

- oneskorením výpočtu akčného zásahu,
- oneskorením v meracom kanále,
- oneskorením signálu medzi regulátorom a akčným členom,

potom

JITTER nie je naším problémom.



Overenie riešenia: použitý μ -počítač



Ďakujeme za pozornosť

.

2DOF – relé s hysteréziou

