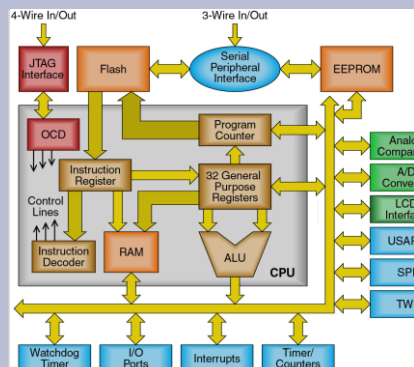


Mikropočítačové riadenie sústavy 1. rádu

Monolitické μ-počítače

Pôvodne sme používali :
 - 8080
 - 8051 (552)
 - MICROCHIP
 - ATMEL AVR



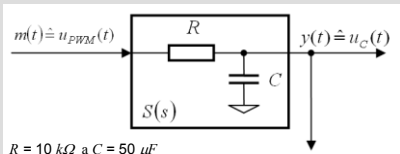
Programovanie

Display:
 - 'virus'
 - PWM kontrast

Klávesnica 4*4:
 - načítanie na dva krát
 - zdvojené klávesy
 - ? diódy ?

Embedded system

Mikropočítačové riadenie sústavy 1. rádu



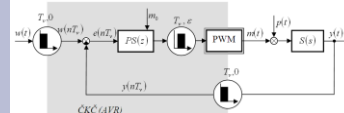
$R = 10 \text{ k}\Omega$ a $C = 50 \mu\text{F}$

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

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

$$K = 1 \text{ [-]}$$

Cieľ:



Navrhnúť a realizovať PS regulátor:

$$PS_S : m(nT_v) = m_p(nT_v) + m_s(nT_v) + m_0$$

$$m_p(nT_v) = K_R e(nT_v)$$

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

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

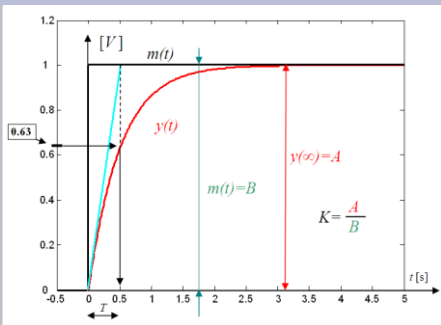
m_0 – posunutie akč. zásahu

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

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

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

$$T \doteq 0.5[s]$$

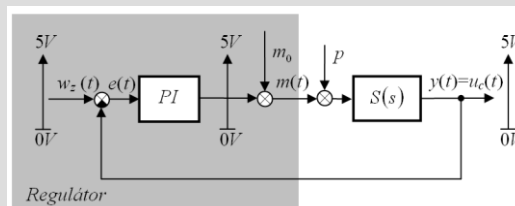
Výpočet spojitého PI regulátora:

Želaná dynamika systému: $T_v = 0.5 \text{ [s]}$.

Metódou ID určíme:

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

- parametre regulátora: $K_R = 1[-]$ a $T_I = 0.5 \text{ [s]}$



1..

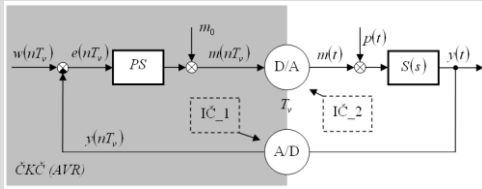
Prepočet spojitého PI regulátora na diskrétny PS regulátor

$$PS_S : m(nT_v) = m_p(nT_v) + m_s(nT_v) + m_0$$

$$e(nT_v) = w_z(nT_v) - y(nT_v); m_p(nT_v) = K_R e(nT_v)$$

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

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 $\frac{5V}{1024} = 4.88 [mV] \approx 5 [mV]$

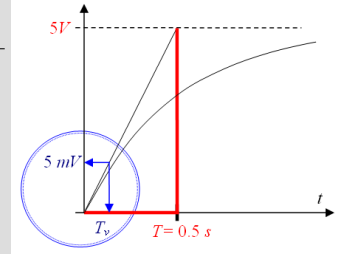
15 kSPS $\approx 66.6 \mu s$

Určenie najmenej hodnoty periódy vzorkovania:

Stačí riešiť trojčlenku:

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

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



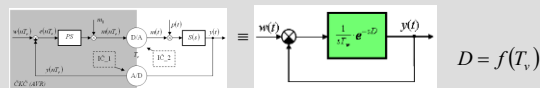
2.

Výpočet periódy vzorkovania:

Môžeme použiť:

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

dobře regulovaného číslicového regulačného obvodu pomocou MHR.



3.

Výpočet periódy vzorkovania [d]:

Predpokladajme:

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

$$T_v \stackrel{(<)}{=} 0.22 T_w$$

Potom:

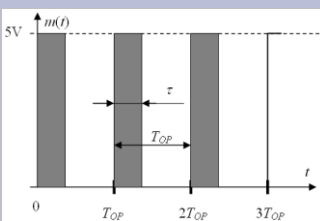
- bude prechodný proces odpovedať vlastnej sústave 2. rádu s preregulovaním menším ako 1%. Doba regulácie bude $t_{reg} \approx 2.84 T_w + \varepsilon_v T_v$ (+ vzorkovanie nemusí byť synchronné so vznikom skoků riadenia).

Pre $T = 0.5 [s]$ je $T_v \leq 0.22 T_w = 0.22 \cdot 0.5 = 0.11 [s]$

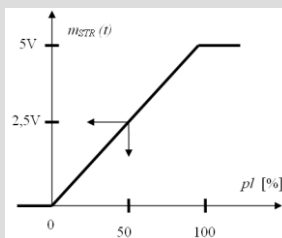
Ak bude relatívne posunutie akčného zásahu $\varepsilon = 0$, bude prechodný proces odpovedať sústave 1. rádu, a BUDE TRVAŤ DLHŠIE $t_{reg} = 5 T_w$.

1.

PWM vo funkcii D/A prevodníka:



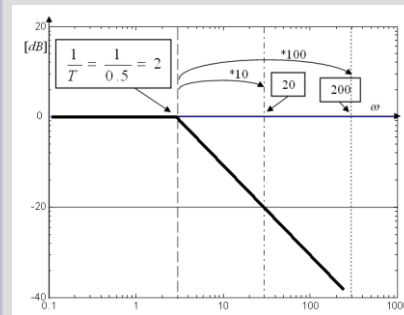
$$pl = \frac{\tau}{T_{OP}} \begin{cases} < 0, 1 > \\ < 0, 100 \% > \\ ? \end{cases}$$



2.

PWM vo funkcii D/A prevodníka:

Určenie periódy opakovania PWM bloku pomocou ALF charakteristik :



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

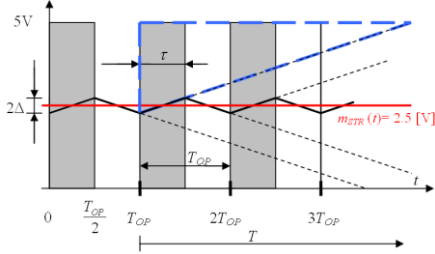
Amplitúda 1. harmonickej signálu $u_s(t)$ je $31 [mV]$ a 3. harmonickej je $3.5 [mV]$.

31 [mV] >> „LSB“
=>
NEVYHUVUJE

PWM vo funkcii D/A prevodníka:

3.

Určenie periódy opakovania PWM bloku pomocou maximálneho zvlnenia regulovanej veličiny:



Chceme zvlnenie menšie ako $LSB / 2 = 2.5 [mV]$

Opäť stačí riešiť trojčlenku.

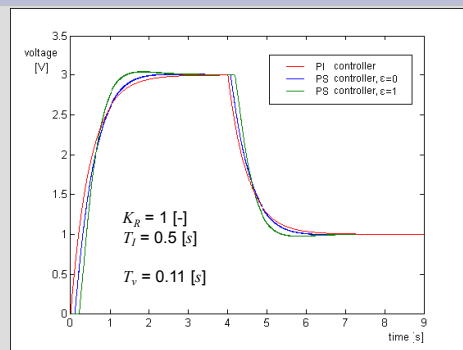
Riešením „ \triangleleft “

$$2.5 [V] + \frac{LSB}{2} = \frac{T}{T_{OP} / 2}$$

je $T_{OP} \approx 2 [ms]$

Overenie riešenia: simulácia

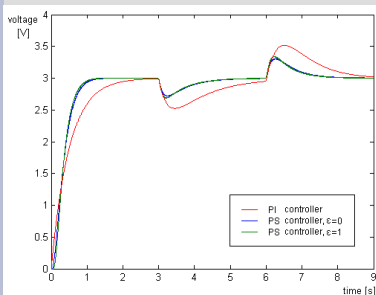
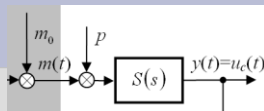
1.



Overenie riešenia: simulácia

2.

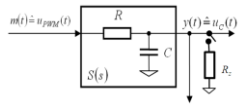
Porucha:



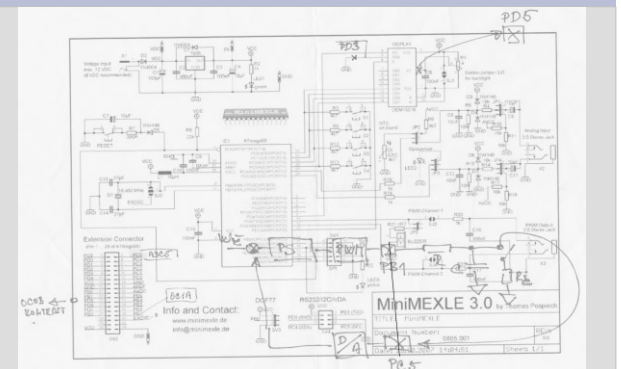
PI: $K_R = 1 [-]$
 $T_j = 0.5 [s]$

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

Zátťaž: $R_z = 20k\Omega$

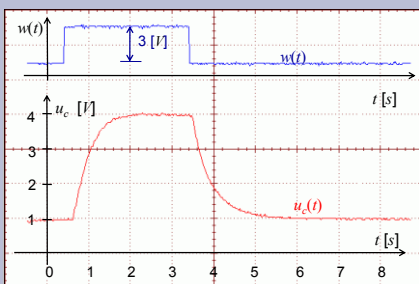


Overenie riešenia: reálna sústava Blok. schéma MMP



Overenie riešenia: reálna sústava

3.



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

Overenie riešenia: porovnanie

4.

Čo spôsobilo rozdiely?

- Prepočty binárných čísel na dekadické.

Napr.:

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

ale malo byt

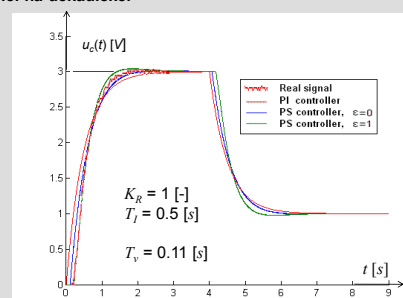
$$500 = 5 * 100$$

- Celočíselná aritmetika.

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

...

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

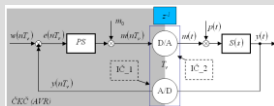


Nespomenuli sme:

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

Ak navrhne 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 našim problémom.

Overenie riešenia: použitý μ -počítač



2DOF – relé s hystereziou

