

# Elektronické systémy zabezpečujúce kvalitu, komfort a bezpečnosť II.

## CENTRÁLNE ZATVÁRANIE DVERÍ

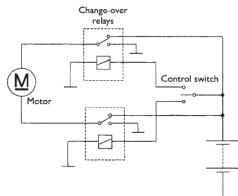
### SYSTÉM ZATVÁRANIA OKIEN, DVERÍ ZABRAŇUJÚCI PRIVRETIETIE

### SLEDOVANIE TRAJEKTÓRIE

Podnadvpis

Podstatnú časť výkonovej elektroniky áut možno charakterizovať slovami:

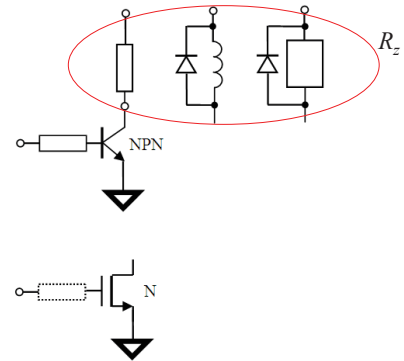
„ZAPNI / VYPNI“



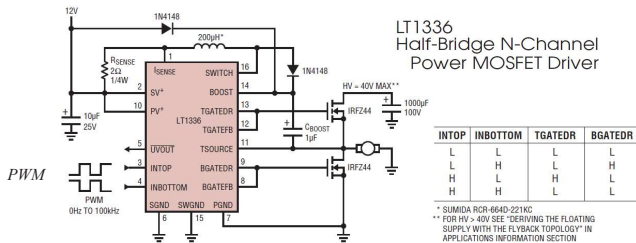
1

Elektronika súčasných áut predstavuje 20, 30, ... % ceny. Elektronika zvyšujúca komfort musí byť bezpečná.

Spínanie ohmickej a indukčnej záťaže tvorí podstatnú časť elektroniky áut.



2



LT1336 Half-Bridge N-Channel Power MOSFET Driver

INTOP	INBOTTOM	TGATEDR	BGATEDR
L	L	L	L
L	H	L	H
H	H	L	L

\* SUMIDA RCR-654D-221KC  
\*\* FOR HV > 40V SEE "DERIVING THE FLOATING SUPPLY WITH THE FLYBACK TOPOLGY" IN APPLICATIONS INFORMATION SECTION

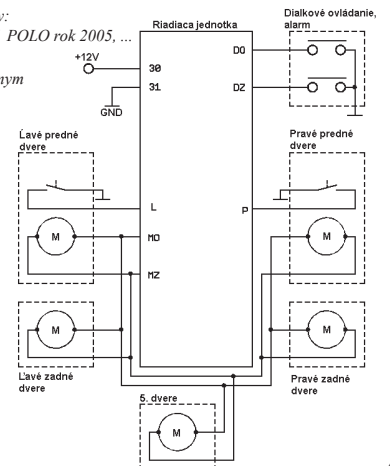
## CENTRÁLNE ZATVÁRANIE DVERÍ

Schéma zapojenia analógovej riadiacej jednotky:

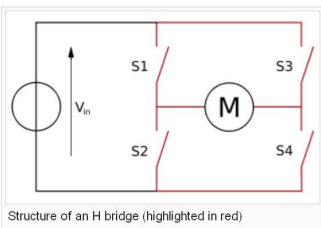
Napr.: Škoda 1997, ..., FABIA a VOLKSWAGEN POLO rok 2005, ...

Vlastnosti:

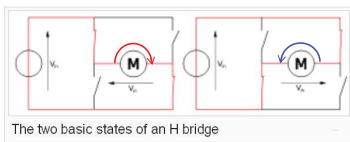
- centralizované - centrálné ovládanie s minimálnym počtom prídavných funkcií,
- nízke výrobné náklady,
- možné problémy pri prevádzke,
- komplikovaná kabeláž,
- namiesto koncových vypínačov sú použité dorazy,
- poisťka je dimenzovaná na skratový prúd motorčekov,
- skratový prúd preteká pri každom otvorení, resp. zatvorení dverí.
- Prúd väčší ako 15A tečie obvodom len pri skrate vodičov.



4



S1 a S4 zapnuté: motor sa točí v smere →  
S3 a S2 zapnuté: motor sa točí v smere ←  
S1 a S3 zapnuté: brzda.  
S1 a S2 nemôžu byť súčasne zapnuté.  
S3 a S4 nemôžu byť súčasne zapnuté.



3

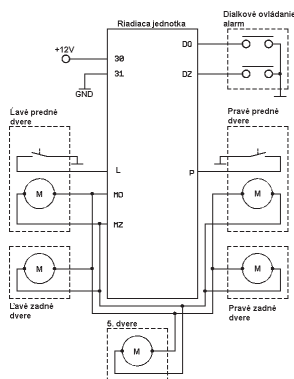
Základné funkcie analógovej riadiacej jednotky:

L, P - vstupy pre mikrosypínače ľavých a pravých dverí,  
DO, DZ - vstupy pre pripojenie diaľkového ovládania,  
MO, MZ - ovládanie paralelne pripojených motorčekov.

Vlastnosti:

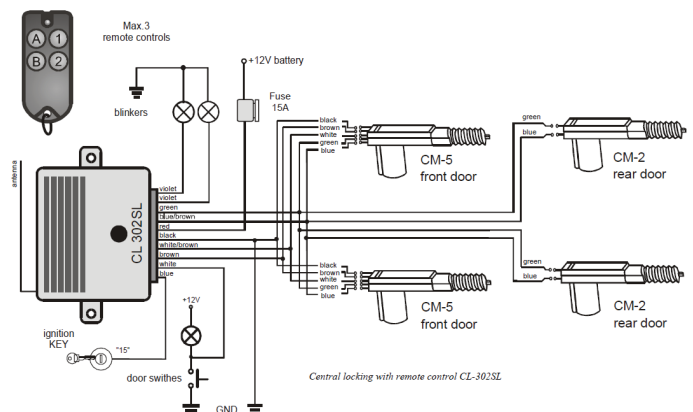
- Pri činnosti tečie prúd až 15 A.
- Trvanie signálu pre odomknutie/zamknutie je cca 0,6sek.
- Prúd tečúci motorčekmi možno rozdeliť na dve základné časti:
  - Motorček sa otáča. Prekajúci prúd menší ako 0,5A.
  - V okamžiku keď sa motorček dostane na doraz, tečie ním skratový prúd cca 3A.
- Z tohto dôvodu je zrejme poisťka dimenzovaná na 15A. Päť dverí po tri ampéry.
- Motorček sa dostane z jednej krajnej polohy do druhej za cca 0,2sek. Zvyšný čas je poplatok za jednoduchosť riešenia.

Takéto riešenie neumožňuje nastaviť len otvorenie niektorých vybraných dverí, napr. na strane vodiča.



5

## Bloková schéma CL-302SL



Central locking with remote control CL-302SL

6

Schéma zapojenia decentralizovaného riadenia

Charakteristika decentralizovanej riadiacej jednotky :

- decentralizované - centrálné ovládanie,
- nízke výrobné náklady (pri veľkej výrobe),
- jednoduchá montáž,
- prídavné funkcie - záležitosť software, konfigurácia zmenou parametrov v EEPROM,
- kabeláž riešená zbernicovo,
- koncové vypínače? (elektronika),
- cca 1A poisťka chráni obvod len pred prípadnou poruchou

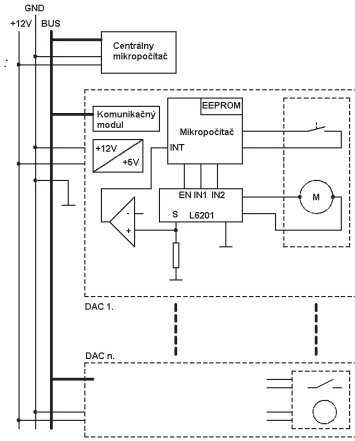
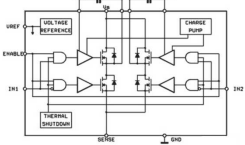
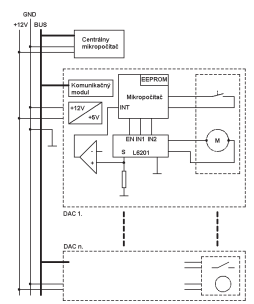


Schéma zapojenia decentralizovaného riadenia

Charakteristika decentralizovanej riadiacej jednotky pokračovanie:

- Centrálna riadiaca jednotka, okrem iného, monitoruje stav dverí, spracováva požiadavky na otvorenie, resp. uzatvorenie, časovanie, a posíla príkazy pre jednotlivé ovládače zámkov dverí. Takéto riešenie umožní otvárať, zatvárať postupne v čase podľa zvoleného algoritmu. Zníži sa okamžitý prúdový odber z batérie a zvýši sa komfort obsluhy. Namiesto koncových vypínačov pohybu motorčeka použijeme snímač prúdu. Pripojený je na pin S obvodu L6201, resp. podobného typu. Na základe tejto informácie odpojí mikropočítač motorček od napätia. Motorčekom nepotečie skratový prúd. Pripomeňme, že obvod L6201 má zabudovanú aj tzv. tepelnú poisťku.



SYSTÉM ZATVÁRANIA OKIEN, DVERÍ ZABRAŇUJÚCI PRIVRETIE

Predpisy

Automaticky sa otvárajúce/zatvárajúce sa okná musia vyhovovať medzinárodným predpisom. V USA MVSS118 v USA a v Európe 74/60 / EHS .

Dvere, resp. okná út automaticky sa zatvárajúce môžu stlačiť, zachytiť a dokonca poraniť osobu obsluhujúcu auto.

Systém zatvárania musí zmeniť smer, ak sila vyvolaná motorom prekročí nastavenú hodnotu. To sa dá dosiahnuť len neustálím monitorovaním:

- ...
- rýchlosti,
- prúdu,
- polohy.

Predpisy:

- Detekčná oblasť: 4 až 200 mm,
- Maximálna príťažná sila = 100N,
- Reverzný chod v prípade nebezpečia.
- Maximálny dovolený pomerný prieťah predmetov : 5 N / mm až 20N / mm

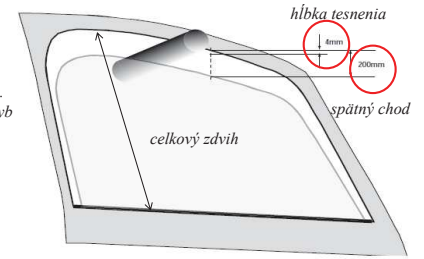
Výhodnotenie prekážky:

- Bezdotykové snímače: infračervený, ultrazvuk.
- Ideálny stav: Reaguje pred kontaktom s prekážkou.
- Výhody: odolné voči vibráciám.
- Nevýhody: zložitejšia elektronika.
- Taktické snímače.

- Priame meranie sily zabudované v ráme okna. Drahé riešenie.
- Nepriame meranie, napr. : prúd motora. Budeme analyzovať.

Algoritmus vyhodnotenia privretia musí byť robustný (adaptívny) :

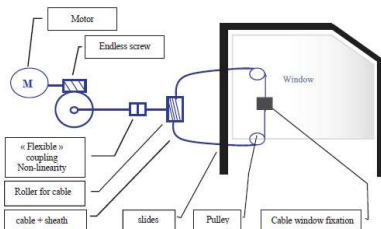
- Snímače a mechanizmus pohybu môžu meniť vlastnosti, v čase, od teploty, ...)
- Môžu sa výrazne meniť elektrické parametre
- Poruchy nesmie vyhodnotiť ako privretie.
- Musí byť robustný proti výpadku napájania,...



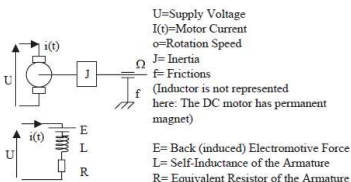
Mechanické prvky pohybu okna

Potrebné informácie získame meraním:

- prúdu
- polohy, resp.
- rýchlosti mechanizmu skla



Model jednosmerného motora:

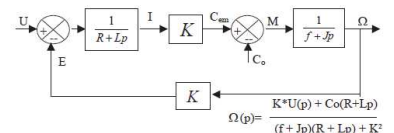


U=Supply Voltage  
 I(t)=Motor Current  
 ω=Rotation Speed  
 J= Inertia  
 f= Frictions  
 (Inductor is not represented here. The DC motor has permanent magnet)  
 E= Back (induced) Electromotive Force  
 L= Self-Inductance of the Armature  
 R= Equivalent Resistor of the Armature

Rovnice:

$$\begin{aligned}
 u(t) &= E(t) + Ri(t) + L \frac{di}{dt} & U(p) &= E(p) + \bar{R}I(p) + LpI(p) \\
 E(t) &= k \Omega(t) & E(p) &= k \Omega(p) \\
 M(t) &= k I(t) \text{ , motor torque} & M(p) &= k I(p) \\
 J \frac{d\Omega}{dt} &= M(t) - f\Omega(t) \\
 Jp\Omega(p) &= M(p) - f\Omega(p)
 \end{aligned}$$

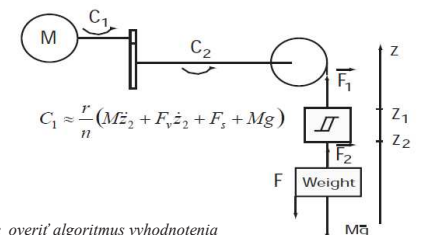
Model :



- Model :  
 • Akčná veličina: napájacie napätie motora U  
 • Model umožňuje meranie prúdu I  
 • rýchlosti, Ω  
 • Co – porucha, záťaž

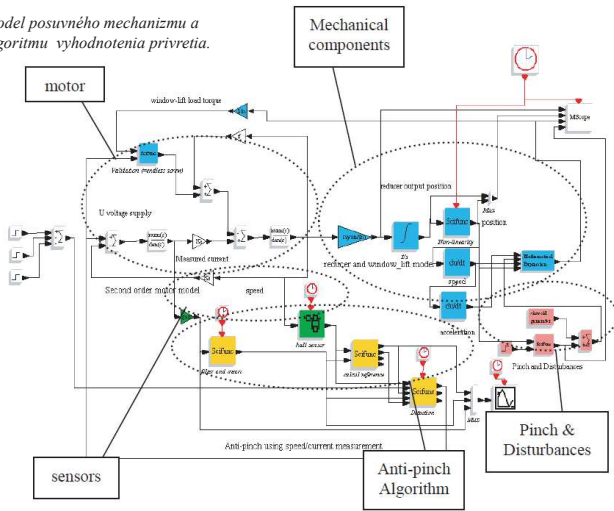
Posuvný mechanizmus:

- Vstup moment motora.
- Model umožňuje meranie polohy  
 rýchlosti  
 zrýchlenia

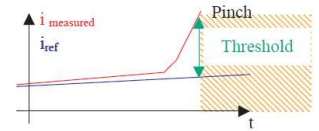


Takto vytvorený model umožňuje overiť algoritmus vyhodnotenia privretia.

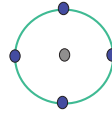
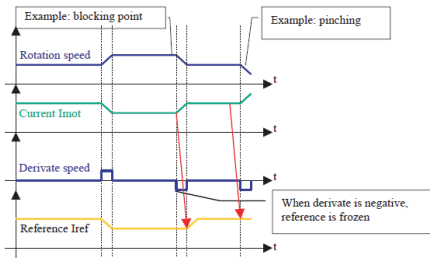
Model posuvného mechanizmu a algoritmu vyhodnotenia prívretia.



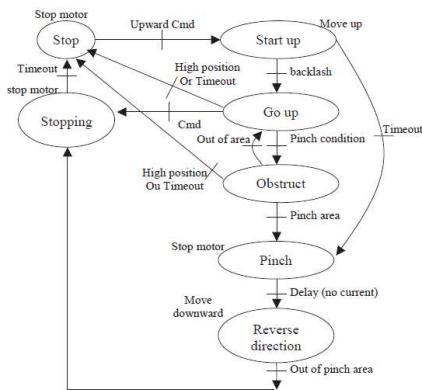
Výhodnotenie prívretia. Meria sa prúd motorom a vyhodnocuje sa rýchlosť pohybu.



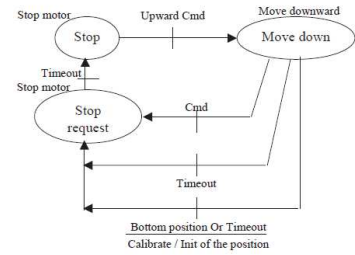
Referenčný prúd pre celú dráhu pohybu je uložený v pamäti. Podmienka prívretia je vyhodnotená, ak súčasne klesá rýchlosť a súčasne narastá krútiaci moment (prúd). Súčasný výskyt oboch podmienok je vyhodnotený ako nebezpečenstvo. Robnosť algoritmu sa dosahuje tak, že sa prúd priemeruje.



Vývojový diagram ovládania mechanizmu okna smerom nahor.

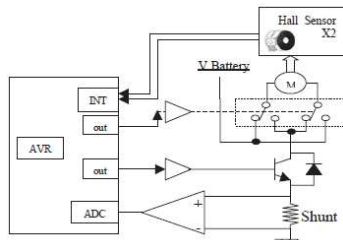


Vývojový diagram ovládania mechanizmu okna smerom nadol



- Ďalšie, tu neuvažované funkcie potrebné k správnej prevádzke zdvíhacieho mechanizmu okna:
- meranie a filtrovanie prúdu
  - Menežment ovládacích tlačidiel
  - Od pamätanie kritických parametrov (poloha, smer pohybu, ...) pre prípad výpadku napájania

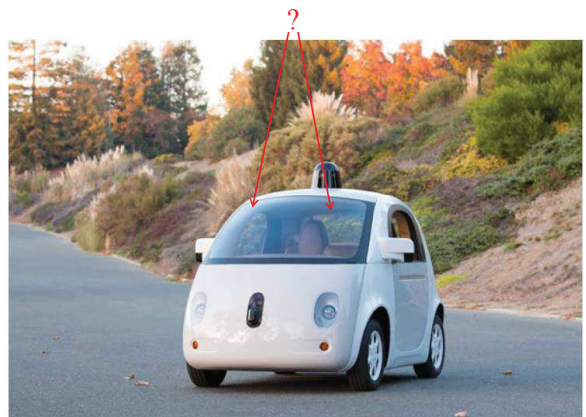
Bloková schéma: Prepojenie  $\mu$ -počítača a elektrických prvkov mechanizmu ovládania okna.



Riešenie vyššie popísaných úloh, je realizované softwarovo, resp. hardwarovo.

Feature	A to D Converter	Timer0 (8-bit)	Timer1 (16-bit)	PCINT9	EEPROM	IDLE (Soft)
Current Acquisition	X	X				
Position, Speed, direction			X	X		
Determine Current Reference			X			
Timeout			X			
Save Parameters			X		X	
Filter						X
Anti-Pinching						X
Operate Window-Lift						X

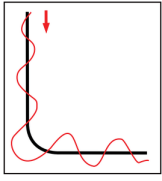
SLEDOVANIE TRAJEKTÓRIE  
NÁŠ CIEL JE NIEČO TAKÉTO.



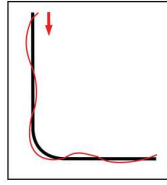
Riešenie: „per partes“.

V „literatúre“ sa dočítate a na internete nájdete.

Napr.: „Bežný“ robot (auto) dokáže sledovať čiaru tak, ako je nakreslené na obr. (červená čiara – pohyb robota)



Robot riadený PID regulátorom Dokáže sledovať čiaru „lepšie“



### Sledovanie trajektórie (sledovanie cieľa, vzdialenosť medzi dvoma pohybujúcimi sa vozidlami, ...):

Jesťuje niekoľko riešení úlohy „sledovania trajektórie“ pohybujúcim sa vozidlom.

Zvolí sa jedna z možných štruktúr PID (P, PI, PD, PID alebo úplne iná) regulátora a doladia sa parametre. Ktorá možnosť je správna?

Proces sledovania možno zjednodušene popísať ako integračnú sústavu:  $S(s) = \frac{1}{sT}$

P regulátor dokáže sledovať skokovú zmenu trajektórie s nulovou regulačnou odchýlkou a

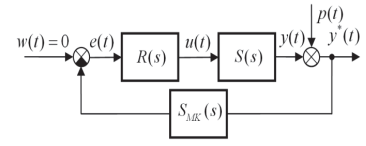
PI regulátor dokáže sledovať lineárne narastajúcu zmenu trajektórie s nulovou regulačnou odchýlkou.

Harmonický sa meniaci trajektóriu dokáže sledovať s nulovou regulačnou odchýlkou až nelineárny obvod využívajúci sklzový režim.

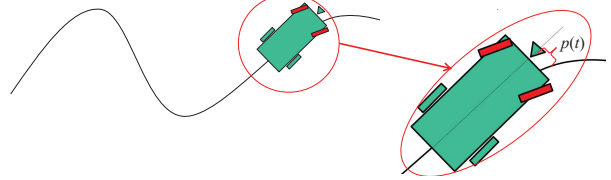
### Sledovanie trajektórie (sledovanie cieľa, vzdialenosť medzi dvoma pohybujúcimi sa vozidlami, ...):

Uvedieme ako treba navrhovať vlastnosti akčného člena a regulátora vzhľadom na parametre sledovanej trajektórie.

- $S(s) = \frac{1}{sT}$
- $R(s)$  je prenos regulátora a
- $S_{MK}(s)$  je prenos meracieho kanála (snímača).
- $y(t)$  je predstavuje vzdialenosť referenčného bodu od stredu želanej trajektórie.



Poruchová veličina  $p(t)$  predstavuje natočenie – posunutie sledovanej trajektórie voči referenčnému bodu vozidla (snímača).



### Vlastnosti štruktúr regulátora:

P regulátor.

Predpokladáme ideálny snímač, merací kanál:  $S_{MK}(s) = 1$ .

Uvažujme skokovú zmenu poruchy  $p(t) = A$

Požadujeme:  $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$

Táto požiadavka odpovedá prenosu výstupnej poruchy:  $F_p(s) = \frac{\lambda s}{1 + \lambda s}$

$\lambda$  predstavuje dynamiku obvodu.

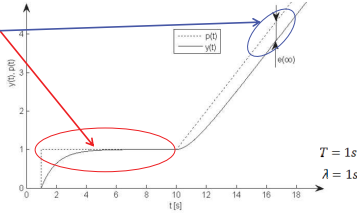
Štruktúra a parametre regulátora:  $R(s) = \frac{1 - F_p(s)}{F_p(s)} \frac{1}{S(s)} = \frac{T}{\lambda}$

To znamená, ak uvažujeme len skok polohy, postačuje P regulátor.

Ak budeme predpokladať lineárne narastajúci signál:  $p(t) = A_d t$

vznikne trvalá reg. odchýlka veľkosti

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s P(s) F_p(s) = A_d \frac{T}{\lambda}$$



### Vlastnosti štruktúr regulátora:

PI regulátor.

Predpokladáme ideálny snímač, merací kanál:  $S_{MK}(s) = 1$ .

Uvažujme lineárne narastajúci poruchový signál  $p(t) = A_d t$

Ak má obvod podľa obr. sledovať  $p(t) = A_d t$  s nulovou regulačnou odchýlkou,

musí prenos poruchy  $F_p(s) = \frac{a_2 s^2}{a_2 s^2 + a_1 s + 1}, a_2 > 0, a_1 > 0$

predstavovať deriváciu druhého rádu realizovanú na stabilnom filtri minimálne druhého rádu.

Ak zvolíme  $a_1 = 2\lambda$  a  $a_2 = \lambda^2$

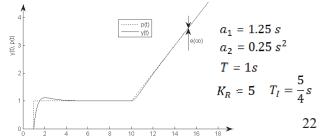
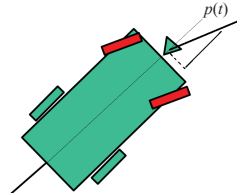
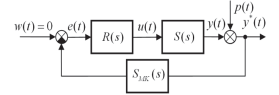
(stabilná prenosová funkcia, dvojnásobný koreň) výsledkom bude PI regulátor so štruktúrou

$$R_{PI}(s) = \frac{1 + 2\lambda s}{\lambda^2} = K_R \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right); K_R = \frac{2T}{\lambda}, T_I = 2\lambda$$

Priebeh prechodného procesu je daný hodnotami  $a_1$  a  $a_2$

To znamená, ak uvažujeme len skok polohy a rýchlosti, postačuje PI regulátor.

PI regulátor nedokáže bez trvalej reg. odchýlky sledovať signál  $p(t) = A \sin \omega t$ .



### Vlastnosti štruktúr regulátora:

Predpokladáme ideálny snímač, merací kanál:  $S_{MK}(s) = 1$ .

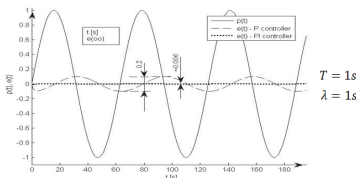
Uvažujme harmonický poruchový signál  $p(t) = A \sin \omega t$

Ustálená zložka amplitúdy regulačnej odchýlky  $e(t)$  bude:  $A_e = A |F_p(j\omega)|$

!Nastavme! dynamiku systému vzhľadom na poruchu:  $\lambda = 1/(10\omega)$

Potom P regulátor  $R_P(s) = \frac{T}{\lambda} = K_R$  utlmí amplitúdu kmitov na  $A_e = A/10$

PI regulátor (rovnocenné podmienky) utlmí amplitúdu kmitov na hodnotu  $A_e = 0,0099A$



### Vlastnosti štruktúr regulátora:

Predpokladáme ideálny snímač, merací kanál:  $S_{MK}(s) = 1$ .

Uvažujme harmonický poruchový signál  $p(t) = A \sin \omega t$

Polohový regulátor:

Obvod podľa obr. neprenesie – utlmí poruchový signál  $p(t) = A \sin \omega t$

ak platí:  $\left| \frac{dp(t)}{dt} \right| \leq \frac{1}{T}$

Tento vzťah predstavuje podmienku vzniku sklzového režimu.  $e(t)$  má nulovú amplitúdu a nekonečnú frekvenciu.

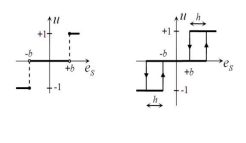
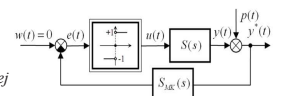
To znamená regulačný obvod bude eliminovať vplyv harmonickej poruchy na  $y(t)$ , ak bude platiť:  $A\omega \leq \frac{1}{T}$

Nekonečná frekvencia prepínania „relé“ môže zničiť mechanické časti obvodu.

Prax sa proti tomu bráni tak, že vytvorí necitlivosť okolo počiatku (trojpolohové relé s necitlivosťou).

Ak porucha lineárne narastá alebo klesá, môže sa z podobného dôvodu zničiť buď kontakt +b, resp. -b. Prax zavedie hysteréziu h okolo týchto kontaktov.

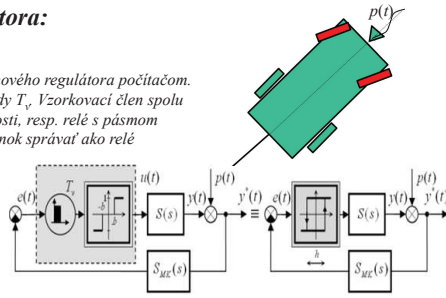
Takto upravený regulátor bude mať podobné vlastnosti ako P regulátor.



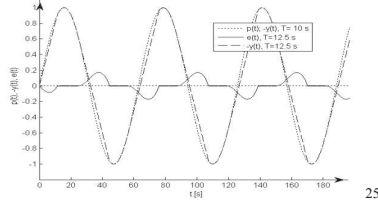
### Vlastnosti štruktúr regulátora:

#### Polohový regulátor:

Ďalšou komplikáciou je realizácia polohového regulátora počítačom. Treba uvažovať vplyv vzorkovacej periódy  $T$ , Vzorkovací člen spolu s ideálnym relé (relé s pásmom necitlivosti, resp. relé s pásmom necitlivosti a hysteréziou) sa bude navonok správať ako relé s hysteréziou. V obvode vzniknú trvalé kmity, čo nie je želaný stav.



Príklad:  $b = 0, p(t) = 1 \sin(0.1 t)$ . Ak  $T = 10$  s, potom  $y(t)$  sleduje trajektóriu ideálne. Ak  $T = 12.5$  s, potom  $y(t)$  nesleduje trajektóriu počas celej periódy kmitov ideálne.



#### Tempomat: Požiadavky kladené na regulačný obvod.

Nulová trvalá regulačná odchýlka pre:

- skok riadenia,
- poruchovú veličinu.

Dynamické vlastnosti regulovaného systému  $S(s) = \frac{1}{ms+b} = \frac{K}{Ts+1}$

nám vyhovujú, t.j.:  $M(s) = S_{iden}(s)$ .

Parametre systému:  $m = 1000$  [kg] a  $b = 50$  [Nsm<sup>-1</sup>], t.j.  $K = \frac{1}{b} = 0.02$  [m(Ns)<sup>-1</sup>];  $T = \frac{m}{b} = 20$  [s]

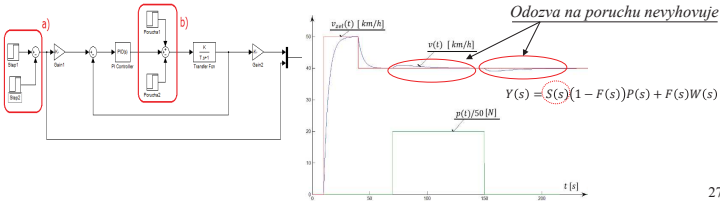
Nech doba regulácie je < 20 sekúnd (pásmo 1%). Tejto požiadavke odpovedá prenos riadenia v tvare:

$$F(s) = \frac{1}{\lambda s + 1}; \lambda = 4$$

Regulátor tempomatu má štruktúru a parametre:

$$R(s): U(s) = R_0(s)E(s) - V(s)Y(s) = \frac{F(s)}{1-F(s)M(s)} E(s) - V(s)Y(s)$$

$$R_0(s) = \frac{F(s)}{1-F(s)S_{iden}(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right) = 250 \left(1 + \frac{1}{20s}\right); K_P = 250$$
 [Nsm<sup>-1</sup>] a  $T_I = 20$  [s]



#### Tempomat: Požiadavky kladené na regulačný obvod.

Nulová trvalá regulačná odchýlka pre:

- skok riadenia,
- poruchovú veličinu.

Dynamické vlastnosti regulovaného systému  $S(s) = \frac{1}{ms+b} = \frac{K}{Ts+1}$

sa menia, t.j.:  $M(s) = \frac{1}{\beta} \frac{1}{s^2 + 1}$ . Vnútrošná SV:  $V(s) = a_1 s + a_0 = \left(\frac{\beta T}{4} s + \beta\right) - \left(\frac{T}{K} s + \frac{1}{K}\right); \beta = 200$  a  $a_0 = 150$  [Nsm<sup>-1</sup>]

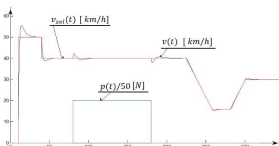
#### Sledovanie lineárnych zmien riadiaceho a poruchového signálu:

Prenos riadenia v tvare:  $F(s) = \frac{a_1 s + 1}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} = \frac{\frac{4}{3} \lambda s + 1}{(1 + \lambda s)(1 + \frac{1}{2\lambda s})} = \frac{\frac{4}{3} \lambda s + 1}{\frac{1}{2} \lambda^2 s^2 + \frac{3}{2} \lambda s + 1}; \lambda = 4$  [s]

Regulátor tempomatu má štruktúru a parametre:

$$R(s): U(s) = R_0(s)E(s) - V(s)Y(s)$$

$$R_0(s) = \frac{F(s)}{1-F(s)M(s)} = \frac{\frac{4}{3} \lambda s + 1}{\frac{1}{3} \lambda^2 s^2} = \frac{1}{3} \lambda \beta T s^2 + s \beta \left(\frac{4}{3} \lambda + \frac{T}{4}\right) + 1$$

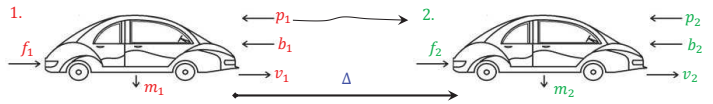


### Adaptívny tempomat:

1. udržiava nastavenú rýchlosť vozidla.
2. udržiava vzdialenosť vozidla za vozidlom idúcim vpredu.

Základné parametre auta:

- $m$  – hmotnosť,
- $v(t)$  – rýchlosť,
- $b$  – odpor prostredia (trenie),
- $u(t) \sim F$  je sila motora,
- $p(t) \sim F_d$  – porucha (sklon cesty, ...).



Rovnice popisujúce pohyb auta:

$$2. \text{ Newtonov pohyb. zákon: } m \frac{dv(t)}{dt} + bv(t) = u(t) + p(t)$$

L. transf.:  $M(s)sV(s) + bV(s) = U(s) + P(s) \Rightarrow$

$$\frac{V(s)}{U(s)} = \frac{1}{ms + b} = \frac{K}{Ts + 1}$$

Poznáte metódu syntézy vhodnú pre túto úlohu?

#### Tempomat: Požiadavky kladené na regulačný obvod.

Nulová trvalá regulačná odchýlka pre:

- skok riadenia,
- poruchovú veličinu.

Dynamické vlastnosti regulovaného systému  $S(s) = \frac{1}{ms+b} = \frac{K}{Ts+1}$

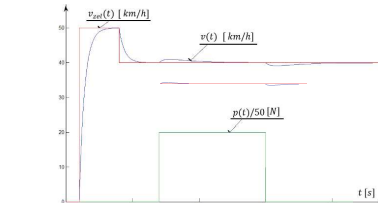
sa menia, t.j.:  $M(s) = \frac{1}{\beta} \frac{1}{s^2 + 1}$ . Vnútrošná SV:  $V(s) = a_1 s + a_0 = \left(\frac{\beta T}{4} s + \beta\right) - \left(\frac{T}{K} s + \frac{1}{K}\right); \beta = 200$  a  $a_0 = 150$  [Nsm<sup>-1</sup>]

Prenos riadenia v tvare:  $F(s) = \frac{1}{\lambda s + 1}; \lambda = 4$  [s]

Regulátor tempomatu má štruktúru a parametre:

$$R(s): U(s) = R_0(s)E(s) - V(s)Y(s) = \frac{F(s)}{1-F(s)M(s)} E(s) - V(s)Y(s)$$

$$R_0(s) = \frac{F(s)}{1-F(s)M(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right) = 250 \left(1 + \frac{1}{20s}\right); K_P = 250$$
 [Nsm<sup>-1</sup>] a  $T_I = 5$  [s]



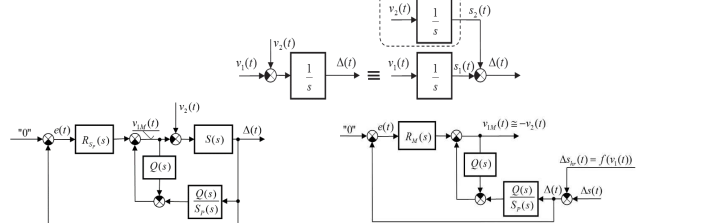
### Adaptívna časť tempomatu:

Regulovaný systém obvodu adaptačnej časti tempomatu môžeme popísať rovnicou:

$$\frac{d\Delta s(t)}{dt} = v_2(t) - v_1(t)$$

L. transf.:  $\Delta s(s) = \frac{1}{s} (V_2(s) - V_1(s)); S_A(s) = \frac{\Delta s(s)}{V_1(s)} = \frac{1}{s} \Rightarrow$

Označme  $\Delta s(t) = \Delta s_{hr} + \Delta(t)$



Meranie poruchovej veličiny  $v_2(t)$ . Pozorovateľ poruchy.

Obvod generujúci adaptívnu rýchlosť 1. vozidla.