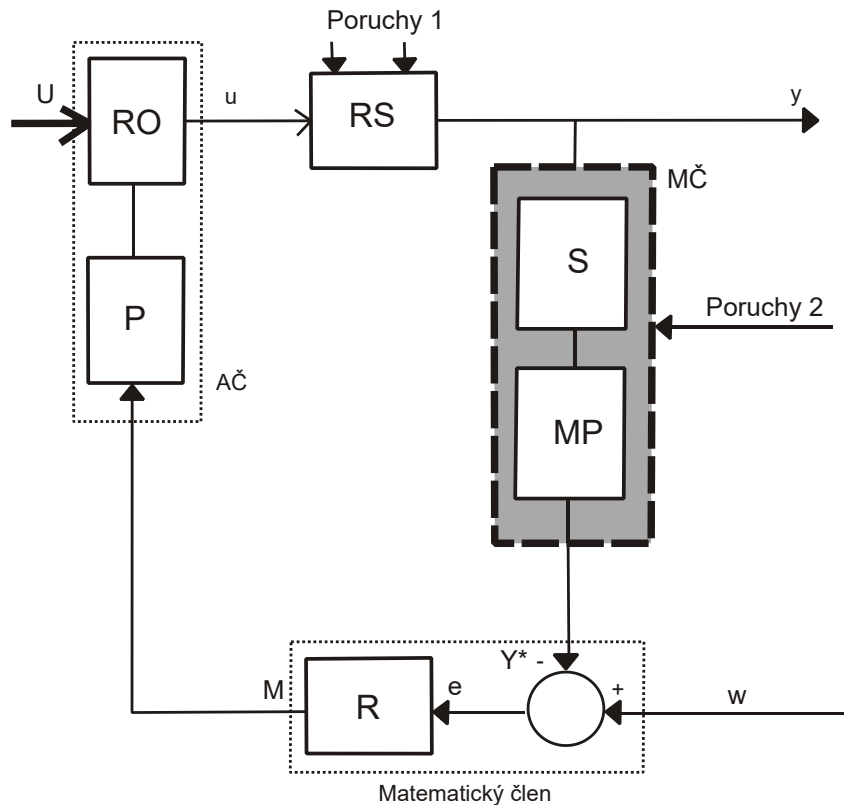


Informačný podsystem RS, merací člen MČ

Analógový a číslicový MK



RS - riadená
MČ - merací člen
S - snímač
MP - merací prevodník
R - regulátor
P - pohon
RO - regulačný orgán
AČ - akčný člen

y - riadená (procesná, prevádzková) veličina
 y^* - odozva meracieho člena (unifikovaný signál)
 w - žiadaná (riadiaca) veličina
 e - regulačná odchýlka
 m - opravná veličina
 u - akčná veličina
 U - zdroj akčnej veličiny
Poruchy 1- poruchy v riadenej sústave
Poruchy 2- poruchy v meracom člene (nepresnosť)

➤ Procesná úroveň

- MČ, IMČ – *IPS RS*
- ÚMČ - Regulátory
- AČ, IAČ (NV)

Riadenie technologického procesu, regulácia, IPS informačný podsystém RS, MČ meracie členy, IMČ

Merací systém-všeobecne

a) **získanie informácie:** snímač (senzor), MP, na výstupe definovaný (najčastejšie elektrický) signál

b) **spracovanie signálov:**

- **spracovanie signálov v meracom člene (MČ):**

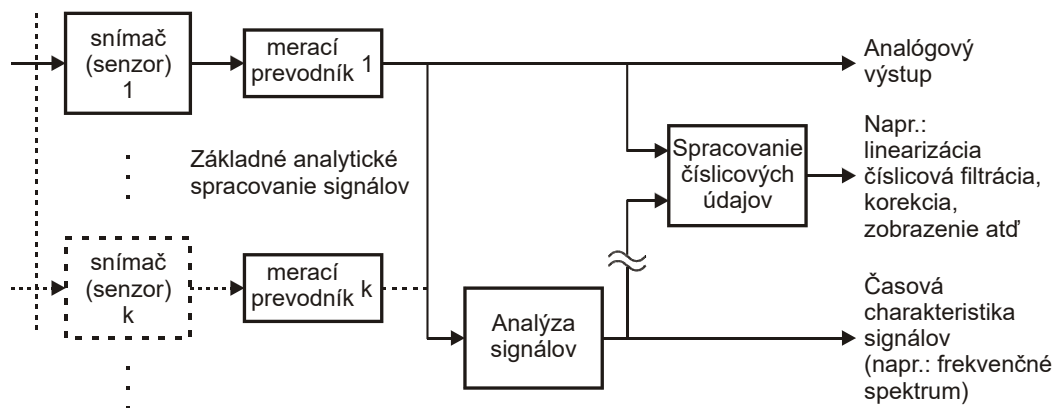
analógové – v dozorni (velíne), v hlavici MČ → **klasické MČ**

číslicové (napr. prvok DCS, PLC) – distribuovaná inteligencia, tj.

hybridné RS → **číslicové MČ**

- **analýza signálov:**

frekvenčné charakteristiky sústavy: *amplitúdové a fázové frekvenčné, spektrá -FT, výkonové spektrá, určenie rozdelenia štatistických veličín*



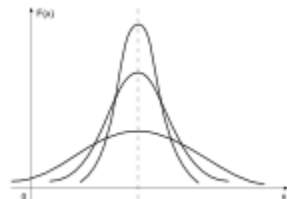
X skriptá SaP

Shannon-Kotel'nikov teorém podmienka

$$f_v \geq 2 \cdot f_m,$$

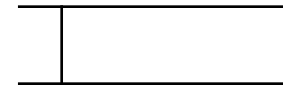
f_v - frekvencia vzorkovania
 f_m - medzná alebo najvyššia frekvencia v signále

Fourierova transformácia pri spracovaní signálov slúži na transformáciu z časovej oblasti, do oblasti frekvenčnej. Je vyjadrením časovo závislého signálu pomocou harmonických signálov, t. j. funkcií sínus a kosínus.

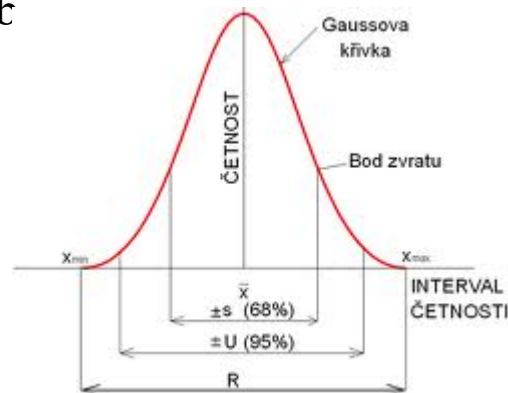


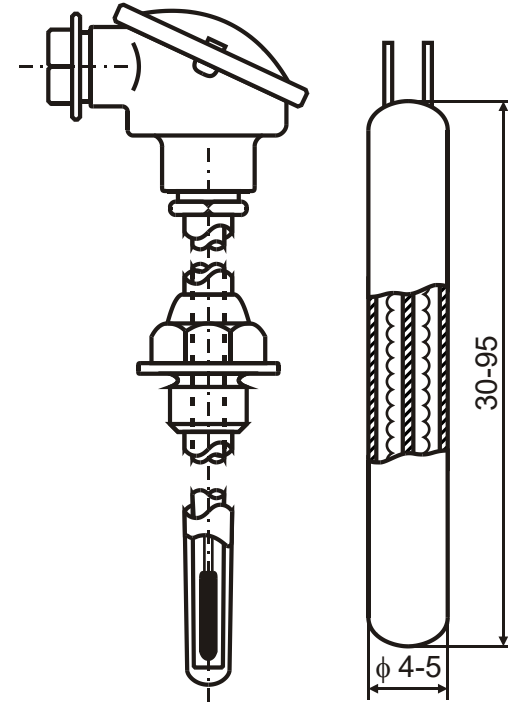
a

zvonovitého tvaru, ktorá znazornuje normální rozložení pravděpodobností. Vyjadřuje též rozložení náhodných chyt



Gaussovy křivky $F(x)$





Príklad AMČ, ČMK → snímač S,+ merací prevodník MP, (+ÚADC + μ C, spracovanie) → IMČ

MČ teploty, odporový snímač Pt 100



Inteligentný prevodník teploty montáž do hlavice

výstup z prevodníka je (4 až 20) mA, (4 až 20) mA s HART alebo PROFIBUS PA komunikačný protokol

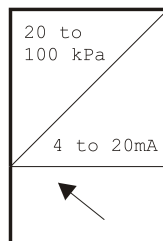
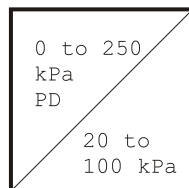
Embedded systems

- *HART fyzická vrstva - frekvenčná modulácia číslicového signálu, Bell 202 [„0“ - 2400 Hz, „1“ - 1200 Hz]; sínusový signál superponovaný na analógovom (4 až 20) mA; stredná hodnota frekvenčného signálu je nulová*

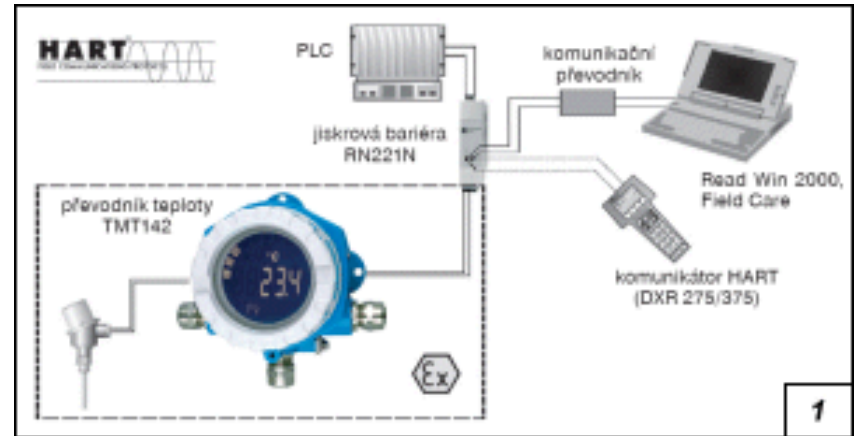


Inteligentný indukčný prietokomer

s komunikáciou Profibus
a funkciou výpočtu kompenzovaného hmotnostného prietoku



Graf. značka - Merací člen, prevodník
(transducer, transmitter)



Inteligentný převodník teploty

výstup z převodníka je (4 až 20) mA, (4 až 20) mA s
číslicovou komunikací HART nebo PROFIBUS PA

Embedded systems

Článek

Informačný podsystem IPS PCS

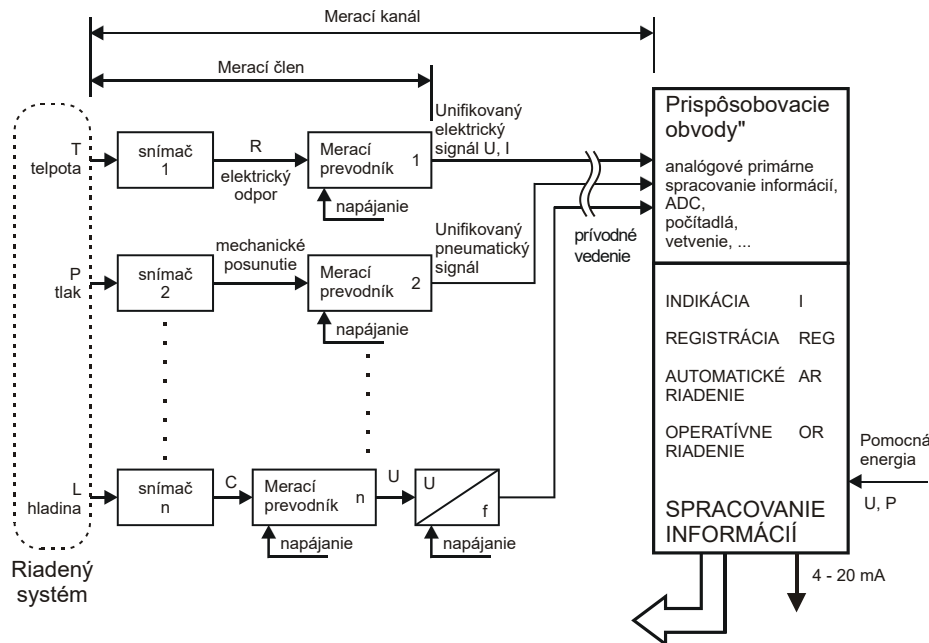
Kľúčové slová

Snímač, senzor (*Sensor, Detektor, Fühler, Geber*)

Merací prevodník (*Transducer, Meßwertumformer*)

Merací člen (*Transmitter, Meßglied*)

1. Analógový merací kanál v IPR RS \Rightarrow AMK



Snímač, senzor

Merací prevodník

Vysielač

Merací člen

Merací kanál, reťazec

Xskriptá SaP

Snímač, snímačový systém, senzor

- *citlivý prvok nepretržite sleduje FV, PV*
- *filter druhu FV (princíp, materiál, konštrukcia, PSI – SSP)*
- *prvý stupeň účelovej redukcie informácií*
- *na výstupe prirodzený signál (nízkoenergetický, R,U,I,L,Q,...)*
- *snímače: aktívne, pasívne*
- *priamy kontakt s pracovným prostredím (ochrana – napr. puzdro)*

Snímač ⇒ dominantné postavenie v MK, kvalita, parametre

Snímač – senzor (terminológia)

senzor – synonymum výrazu **snímač**

1. **senzor-** *technológia IO, nové materiály, využitie nových (nie mechanických) princípov, miniaturizácia a integrácia s IO, nízka cena a hromadné nasadenie*
2. **senzor, senzorový systém** ⇒ *MČ alebo MK v odbornej literatúre, módnosť??*

Merací prevodník transformuje prirodzený signál zo snímača na požadovaný (dohodnutý) **druh a hodnotu** (rozsah) **fyzikálnej veličiny** (elektrická, pneumatická, optická, a pod.) - vhodná na ďalší prenos informácie alebo na jej spracovanie,
MP – vhodné (výborné) metrologické a prevádzkové vlastnosti vzhľadom na TP MČ

Snímač spolu s meracím prevodníkom tvorí často jeden konštrukčný a priestorový celok – **merací člen (vysielač)**, ktorý je umiestnený v štandardných moduloch, tj. meracích armatúrach, hlaviciach a pod.

Výstupné signály z meracích členov :

a/ **spojité** (analógový, intenzitný) – spojité technológie (napr. chem. priem.)

b/ **nespojité** (v IPS častejšie) – nespojité technológie (napr. strojárstvo)

- **impulzný** (šírkovo alebo frekvenčne modulovaný)

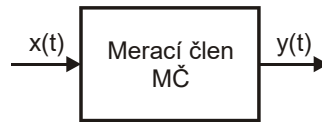
- **logický (binárny)**

- **číslicový (kódovo–impulzne modulovaný)**

Unifikácia signálov zabezpečuje funkčnú zlučiteľnosť (nadväznosť) jednotlivých konštrukčných celkov, napr. MK, dôležitý význam pri zjednodušení projektovania, údržby i prevádzky

Firmy v AUT: **Emerson, Honeywell, Foxboro, Siemens, Schneider,**

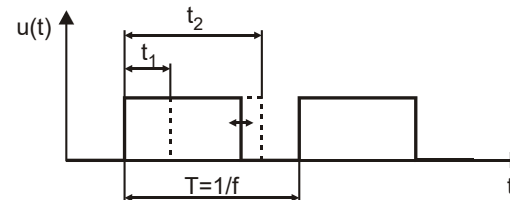
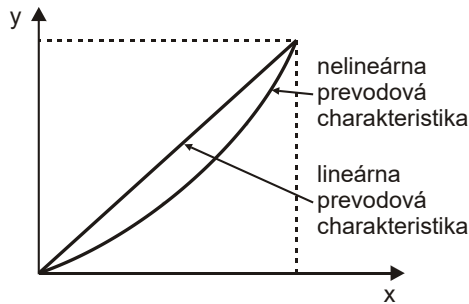
Xskriptá SaP



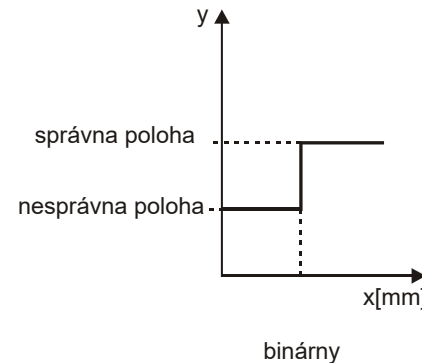
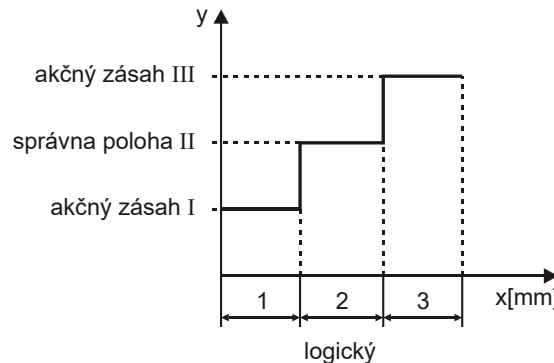
spojitý (analógový, intenzitný)

nespojité impulzný

široková modulácia (informačný parameter t_i)



nespojité impulzný
logický a binárny



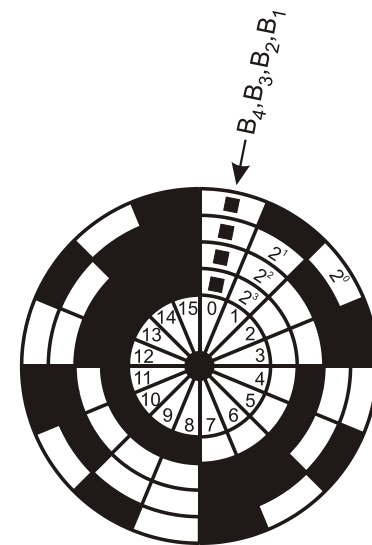
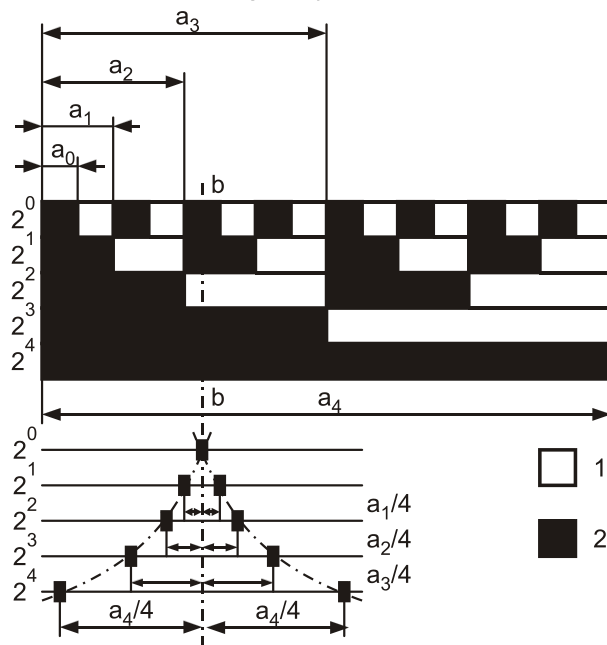
Absolútne (číslicové) snímače

Tento snímač sa nazýva polohový **absolútny**, lebo je to vlastne priamy AD prevodník poloha/číslo. To znamená, že sa poloha vyhodnocuje v tvare číslcového signálu čo reprezentuje jeho hlavnú výhodu. Základ absolútneho snímača polohy tvorí kódovací prvok, na ktorom je vyjadrená číslcová informácia vhodným číslcovým kódom. Z hľadiska funkčných vlastností je dôležité riešenie vyhodnocovacieho optoelektronického systému, ale aj výber vhodného kódu.

Kódovací pás a kotúč
s binárnym kódom

Binárny, Grayov kód
alebo optika

kódový kotúč o priemere 100
mm \Rightarrow 17 dvojkových rádo
v, tj. 131 072 dekadických
jednotiek, absolútna chyba
snímania uhlu $\pm 5''$



Unifikácia signálov v MK (AP), nie pre MECH, AUTO

Prúdový unifikovaný jednosmerný signál (4 až 20) mA je charakterizovaný najmä:

- nízkou záťažovacou impedanciou (pôsobí ako filter na napät'ové špičky)
- dvojvodičovou technikou
- tzv. živou nulou

Norma STN IEC 381-1 (18 0110) Analógové signály pre systémy riadenia procesov

Časť 1– jednosmerné prúdové signály

- záťažová impedancia na výstupe max. 300 Ω , (500 Ω)
- hodnoty mimo unifikovaný rozsah \Rightarrow hlásenie poruchy (napr. prerušenie prírodných vedení)
- signál (0 až 20) mA už nie je odporúčany !!!!

Napät'ový unifikovaný jednosmerný signál

Norma STN IEC 381-2 (18 0111) Analógové signály pre systémy riadenia procesov

Časť 2–jednosmerné napät'ové signály, *definované rozsahy :*

0 až 10 V nesymetrický,

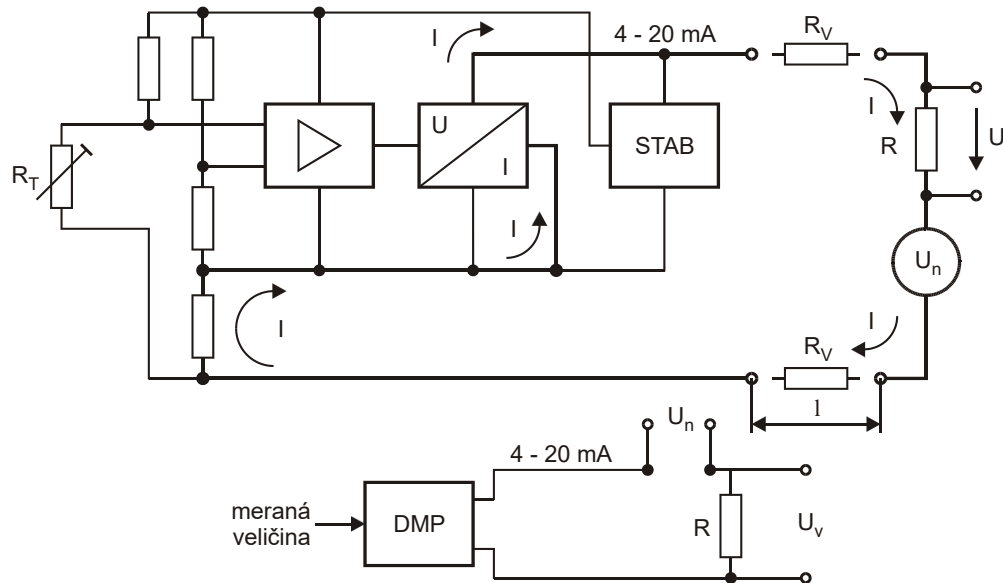
-10 až 10 V symetrický,

0/1 až 5 V (prevod z prúdového signálu (4 až 20) mA cez teplotne nezávislý odpor 250 Ω),

všetko pri podmienke najmenšieho odporu 10 k Ω na vstupe vyhodnocovacieho zariadenia a galvanického oddelenia od zdroja !!!

Xskriptá SaP

Dvojvodičový merací prevodník (4 až 20) mA (merací člen teploty)



dvojvodičová technika (vývoj elektronických súčiastok)

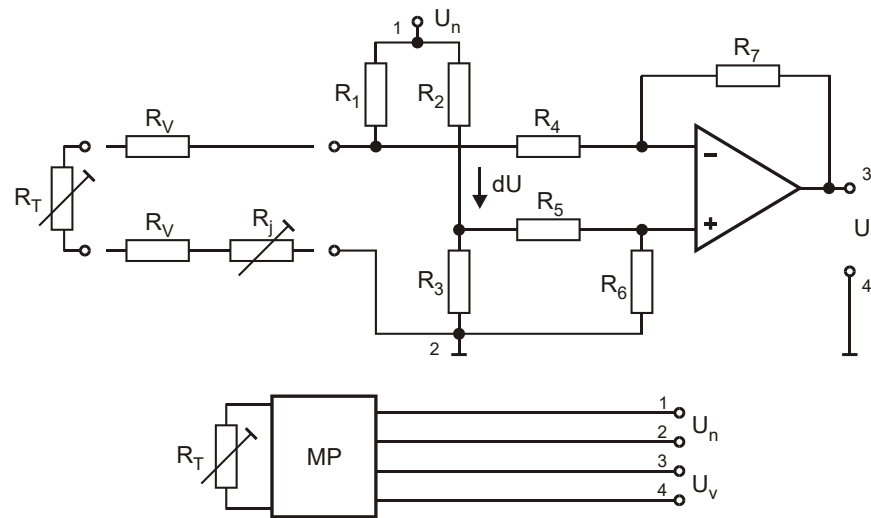
- *zníženie ich spotreby, zníženie úrovne napájacích napätí*
- *malý napät'ový drift*
- *schopnosť pracovať v prevádzkovom prostredí*

Xskriptá SaP,
termočlánok

Elektronické obvody DMČ sú umiestnené v blízkosti snímača, v hlavici MČ, na napájanie a aj na prenos informácie o procesnej veličine sú použité len dva vodiče

Klasický štvorvodičový merací člen (vysielač) (MČ teploty)

„do útlmu!!!“ nie v automobilovej a mechatronickej technike



štvorvodičové pripojenie MP k vyhodnocovaciemu zariadeniu
dvojvodičové pripojenie snímača k MP!!!

Xskriptá SaP

2. Číslicový merací kanál v IPR RS \Rightarrow ČMK

Štruktúra: $AM\check{C}$ (AMK) + $\acute{U}ADC \Rightarrow \check{C}M\check{C}$ (ČMK)

- a) **Pomalé ČMK** – RT v ARS, „rýchlost“ prvkov ČMK, časté v DCS (HS), cenovo efektívny

$M\check{C}_n$ (MK_n) + $\acute{U}ADC$ (spoločný)

- b) **Rýchle ČMK** - (ak je to potrebné), KA ako „mapovaná“ pamäť, číslicový MUX

$M\check{C}_i$ (MK_i) + $\acute{U}ADC_i$ (bez AMUX)

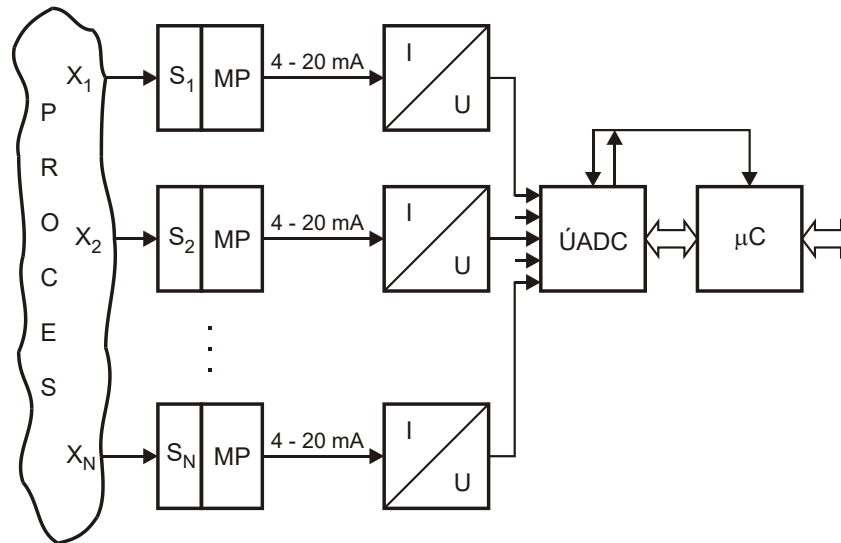
Ú-ADC

vhodná zostava technických prostriedkov na realizáciu analógovo-číslcového prevodu v meracom kanáli

- a) **„klasická štruktúra“** - ČMK v IPS ARS
- b) **integrovaná štruktúra** – hlavne v ISS

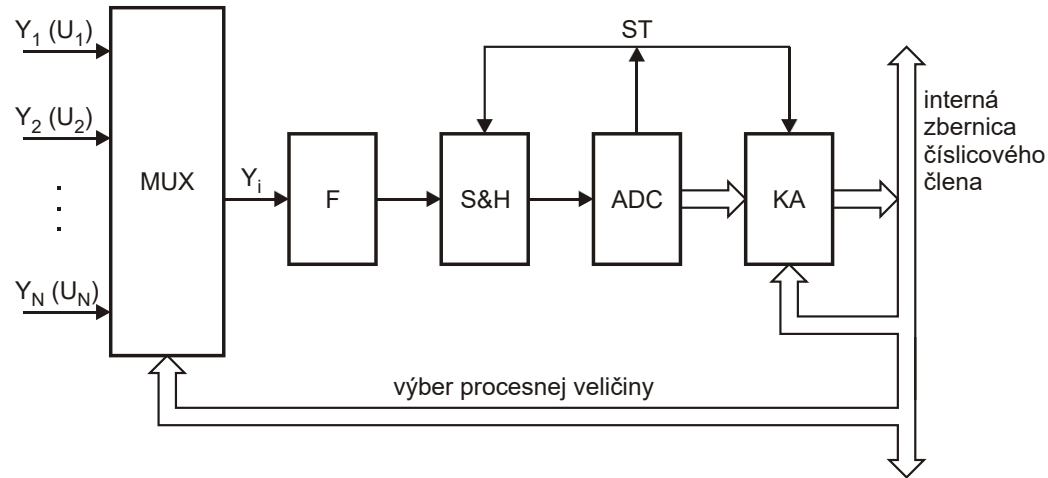
ČMK – pomalá „štruktúra“

Úplný analógovo-číslcový prevodník (ÚADC) je v tomto zapojení spoločným prvkom a zásadne zjednodušuje celkovú štruktúru meracieho kanála



Úplný analógovo–číslicový prevodník (pomalé ČMČ)

- predstavuje vhodnú zostavu technických prostriedkov na realizáciu analógovo-číslicového prevodu
- štruktúru ÚADC tvorí analógový multiplexer MUX, analógový filter F, vzorkovací zosilňovač S&H, analógovo-číslicový prevodník ADC a komunikačný adaptér KA



*Úplný AD
prevodník*

Prítomnosť jednotlivých prvkov v štruktúre závisí

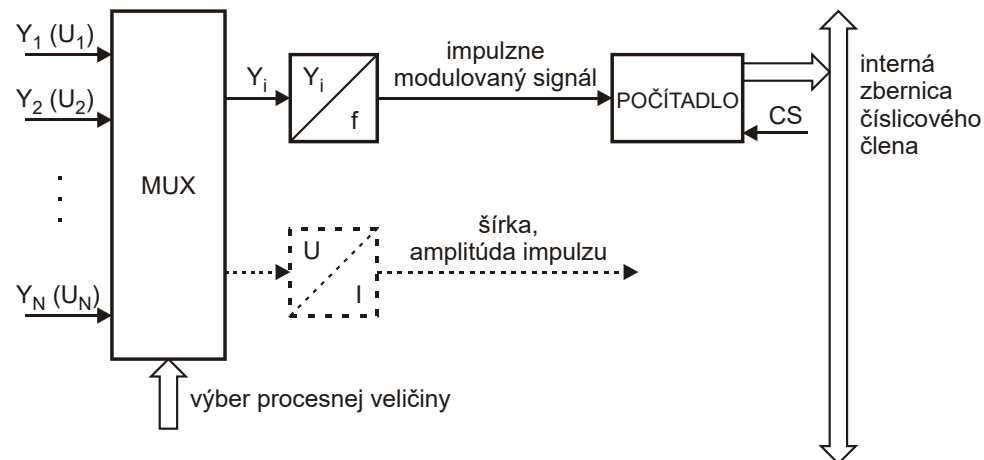
- od použitia ČMK
- od vlastností prvkov v zostave

X skriptá SaP

Napríklad, analógový multiplexer je vhodný pre pomalé kanály a analógový filter a S&H zasa pri použití ADC s postupnou aproximáciou

Štruktúra ÚADC pre integrované (inteligentné) senzorové systémy

Neobsahuje ADC, ale prevodník U/f alebo U/šírku impulzu, výstupy sú jednoducho spracovateľné "zaintegrovaným" μC pomocou jeho počítačiel (bez ADC). Takýmto zapojením sa zjednoduší prevod na číslo a integrovaná forma meracieho systému potláča hlavnú poruchovú veličinu takejto štruktúry – teplotu



*ÚADC pre
integrované
senzorové
systémy*

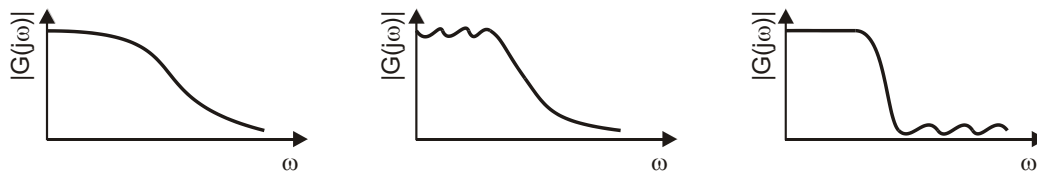
*Aj
mechatronické
systémy*
X skriptá SaP

Analógový multiplexer (MUX) - zabezpečuje prepínanie výstupov z MK_i v definovanej postupnosti podľa riadiaceho centra (postupne alebo na základe požiadaviek riadiaceho algoritmu) do spoločnej časti ÚADC

Dôležitá požiadavka na MUX – min. ovplyvňovanie prepínaných anal. signálov a krátka spínacia doba

Technická realizácia – emitorový sledovač alebo kontaktné konštrukcie MUX, suché alebo ortuťové jazýčkové relé

Analógový frekvenčný filter F (analógový, číslicový) – oddelenie užitočných a nežiaducich (rušivých) zložiek v signáli, ak sú frekvenčne odlišiteľné, **analógové a číslicové**



dolný alebo pásmový priepust (*low or band pass*)

Amplitúdové frekvenčné charakteristiky typových filtrov
Butterworthov typ, Čebyševov typ, Čebyševov typ
druhého rádu

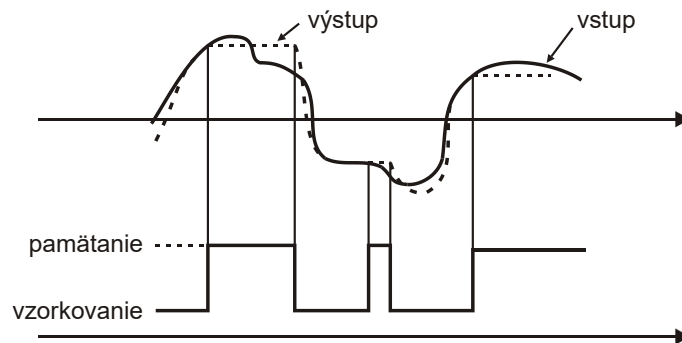
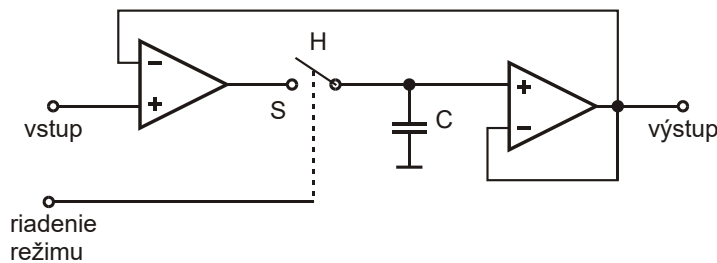
problémy: teplota, nelinearita

Vzorkovací zesilňovač s analógovou pamäťou (*Sample and Hold, S&H*)

- zabezpečuje **zapamätanie** (vzorkovanie) analógového signálu **počas doby AD prevodu** - S&H je dôležitý hlavne pri AD prevodníkoch, ktoré spracovávajú **okamžitú hodnotu analógového signálu**, napr. aproximačný ADC

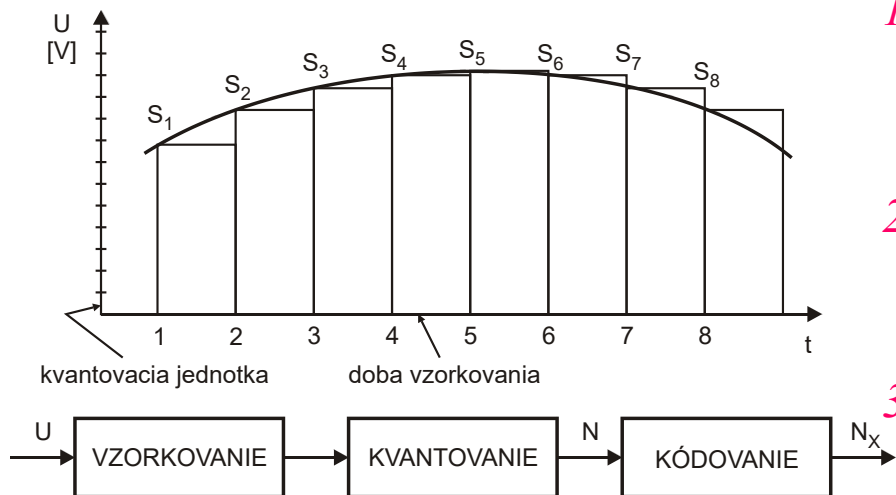
Vzorkovací zesilňovač

Xskriptá SaP



- režim vzorkovanie (**sample**), pamätanie (**hold**)
- impedančné prispôsobenie s jednotkovým alebo požadovaným zosilnením
- prechodový dej, spustenie AD prevodu
- kvalitný kondenzátor - analógová pamäť, (niekoľko milisekúnd), pamätá sa úroveň poslednej hodnoty napätia na výstupe
- vzorkovací zesilňovač - presnejšie určenie okamihu AD prevodu analógového signálu
- riadenie súčinnosti režimu činnosti S&H a prepínania MUX na ďalší analógový kanál

Prevodníky ADC - menia analógovú veličinu na číslicový kód, vstupná veličina pre ADC - jednosmerný napät'ový signál, v AP najmä dva základné princípy – kompenzačný a integračný, (AD prevodníky s moduláciou sigma-delta)



Všeobecný princíp AD prevodu

podmienka - teorémy

$$f_v \geq 2 \cdot f_m$$

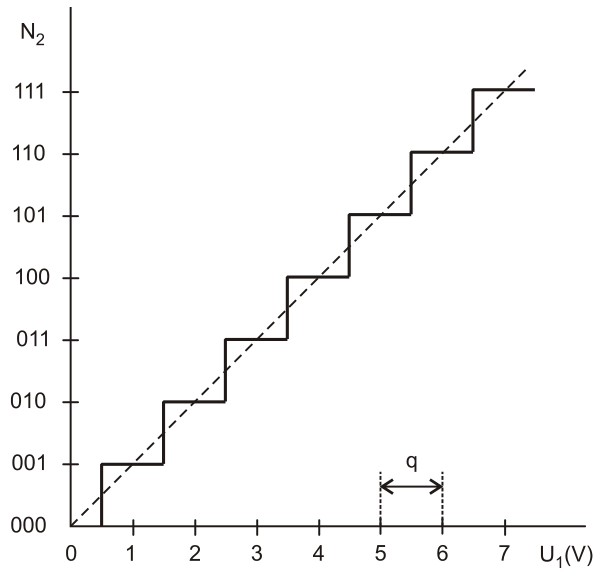
f_v - frekvencia vzorkovania

f_m - medzná alebo najvyššia frekvencia v signále

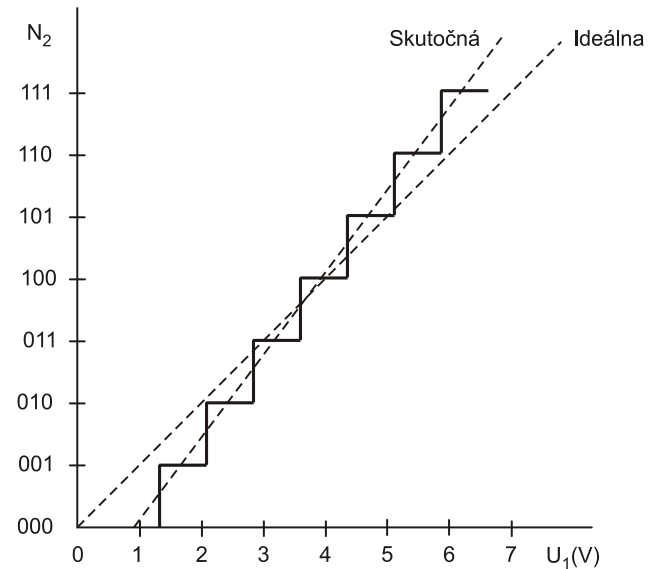
1. *vzorkovanie* – diskretizácia v čase, T_v , rovnomerné delenie
teorémy: Shannon, Kotel'nikov
2. *kvantovanie* – hodnota PV , konečný počet jednotek,
jemnejšie – vyššia presnosť
3. *kódovanie* – najčastejší - prirodzený dvojkový kód
 $2^{n-1}, 2^{n-2}, \dots, 2^1, 2^0$
kód BCD 8421, Grayov kód

Dôležité vlastnosti ADC: linearita, diferenciálna linearita, rýchlosť alebo doba prevodu, počet bitov, tj. citlivosť alebo chyba kvantovania

X skriptá SaP



a)



b)

Prevodová charakteristika 3-bitového ADC

(a) ideálna

(b) zat'azená chybou nuly a zosilnenia

ADC – kompenzačný s postupnou aproximáciou (Successive approximation)

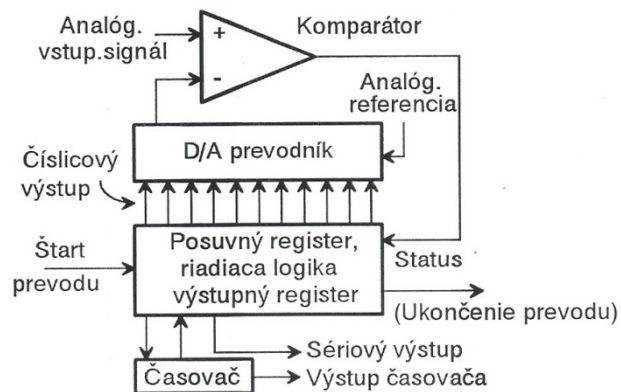
1. prevod okamžitej hodnoty vstupného napätia
2. spolupráca so vzorkovacím zosilňovačom S&H, vysoká rýchlosť prevodu
3. princíp činnosti: postupná aproximácia meraného napätia kompenzačným napätím
4. parametre: presnosť - počet binárnych rádov (10^{-3} až 10^{-4} , 8 až 12 bitov), rýchlosť \Rightarrow počet prevodov až 10^6 sek $^{-1}$, **vyžaduje kvalitné filtrovanie šumu vstupného signálu a S&H**

ADC – s dvojitou integráciou (Dual-slope)

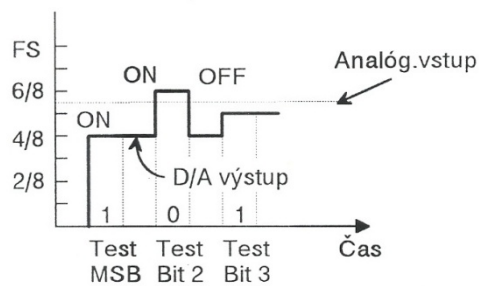
Xskriptá SaP

1. vysoká presnosť (**rozlišovacia schopnosť do 1 μ V**),
2. nízka rýchlosťou prevodu – max. 100 za sekundu, prevodník pôsobí ako čiastočný filter vstupného signálu, **väčšinou nevyžaduje S&H**
3. princíp činnosti: dvojnásobná integrácia, prevod napätia na čas
4. parametre: presnosť - počet binárnych rádov (8 až 16 bitov), **málo citlivý na šum**

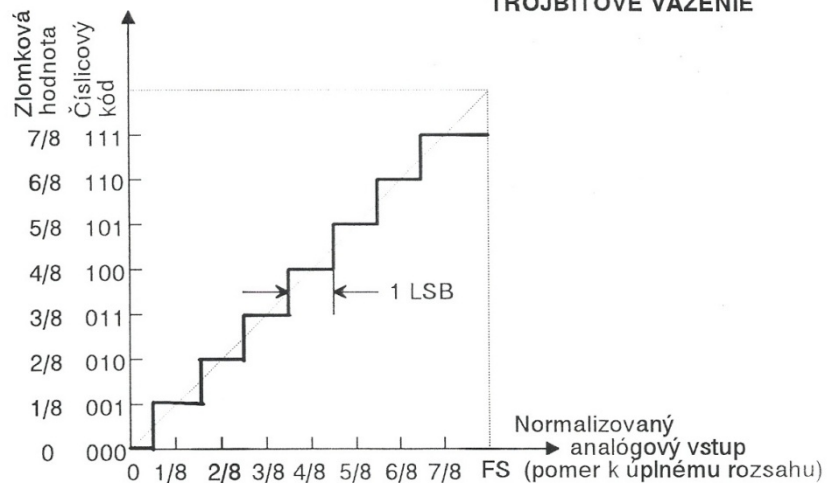
A/D PREVODNÍK S POSTUPNOU APROXIMÁCIOU



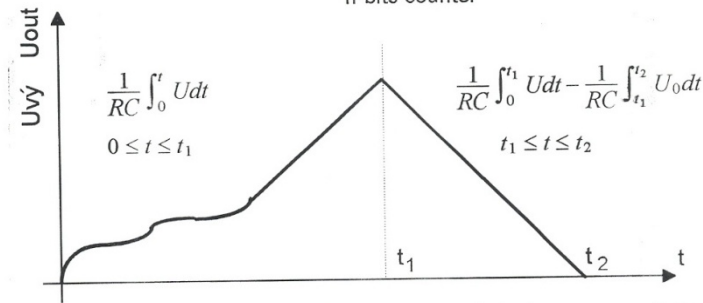
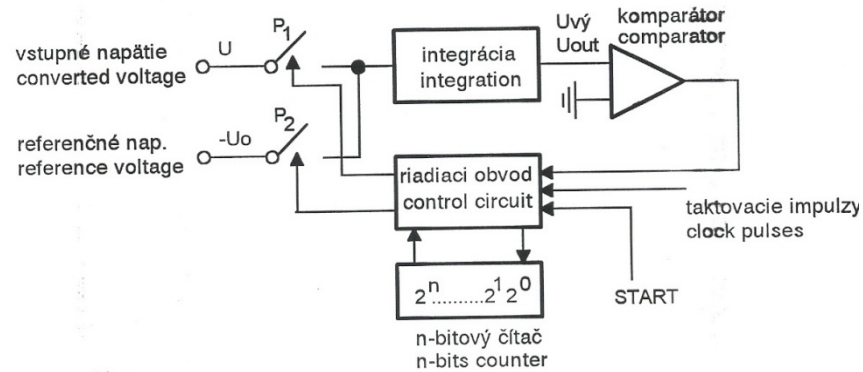
BLOKOVÁ SCHÉMA



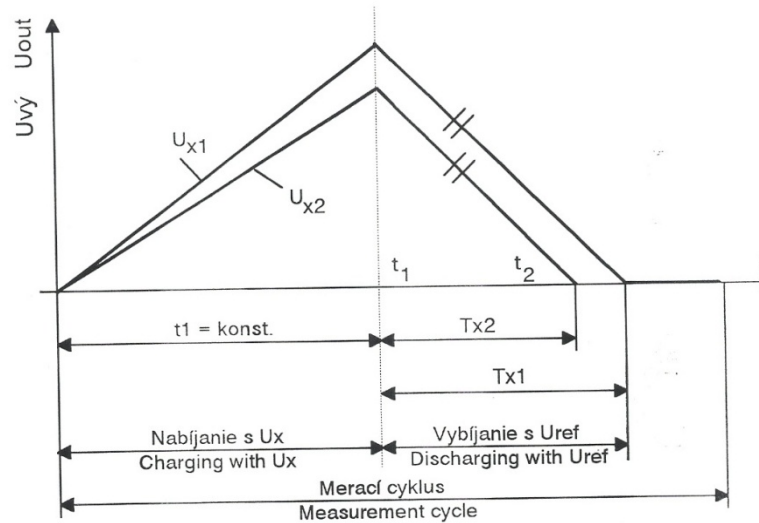
TROJBITOVÉ VÁŽENIE



ANALÓGOVO - ČÍSLICOVÝ PREVOD

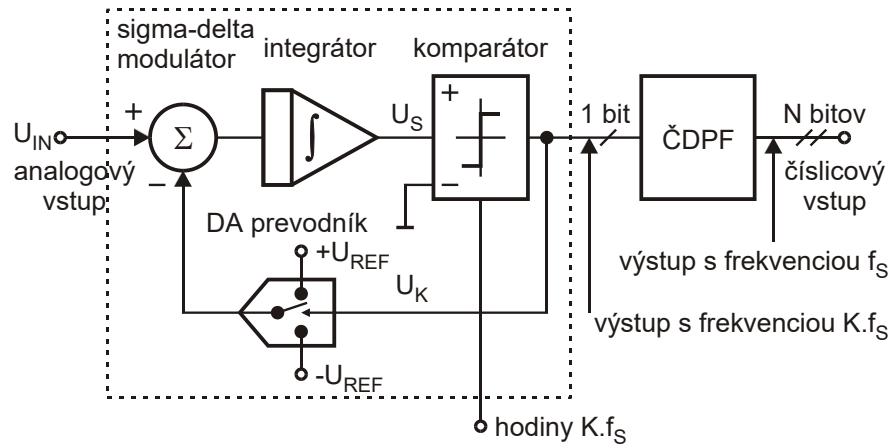


Bloková schéma ADC s dvojitou integráciou a priebeh nap. na výstupe OZ
Block Diagram of Dual-Slope ADC and OA Output Voltage Trend



Princíp ADC typu dual - slope Dual-Slope ADC Principle

ADC s moduláciou sigma-delta \Rightarrow moderné prevodníky, zásadné výhody oproti klasickým ADC: vysoká rozlišovacia schopnosť, vhodné šumové charakteristiky, zvýšená spoľahlivosť a vysoká stabilita parametrov



krok	U_S [V]	U_{IN} [V]	U_K
i-2	1	4	0
i-1	5	4	1
i	4	4	1
i+1	3	4	1
i+2	2	4	0
i+3	6	4	1
i+4	5	4	1
i+5	4	4	1
i+6	3	4	1
i+7	2	4	0
i+8	6	4	1
i+9	5	4	1
i+10	4	4	1

- frekvencia vzorkovacích hodín $K.f_s$
- pre N bitové rozlíšenie $K=2^N$, (max. 128)
- ADC prevodník so vstupom (0 až 5) V
- aktuálna vstupná hodnota 4 V
- komparačná úroveň zodpovedajúca stredu rozsahu, tj. 2,5 V
- pre $+U_{REF} = 5\text{ V}$ a pre $-U_{REF} = 0\text{ V}$

Prevod sigma-delta prevodníka

Komunikačný adaptér KA - umožňuje vo všeobecnosti pripojenie MK na zbernicu číslicového člena, napr. μC . ČMK predstavuje pre μC prídavné zariadenie, **riadenie prenosu údajov**

1. **nepodmienený prenos** údajov možno vykonať len s takým prídavným zariadením, ktoré je pripravené na prenos v príslušnom čase, napr. ČMK \Rightarrow ÚADC pracujúci autonómne a zakončený záchytným registrom KA na výstupe
2. **podmienený prenos** údajov je vhodný pre prídavné zariadenia, ktoré potrebujú na vykonanie vstupno-výstupnej operácie dlhší čas. V tomto prípade je okamih prenosu podmienený stavom periférie, tj. μC musí počkať, až bude prídavné zariadenie pripravené na prenos, napr. ČMK
3. **prenos údajov s využitím prerušenia** rieši problém efektívneho využitia výpočtovej kapacity μC pri riadení pomalších periférií. Princíp metódy spočíva v tom, že pri požiadavke na obsluhu prídavného zariadenia, konkrétne ČMK (ÚADC), sa proces merania naštartuje z μC (obsluha MUX, štart ADC), hlavný program v μC beží ďalej. Po ukončení AD prevodu, logický signál z ADC vyvolá prerušenie činnosti μC a vykoná sa obsluha ČMK, tj. presun aktuálnych údajov z ADC ČMK do pracovných registrov μC

ČMK – pomalá „štruktúra“

Úplný analógovo-číslcový prevodník (ÚADC) je v tomto zapojení spoločným prvkom a zásadne zjednodušuje celkovú štruktúru meracieho kanála

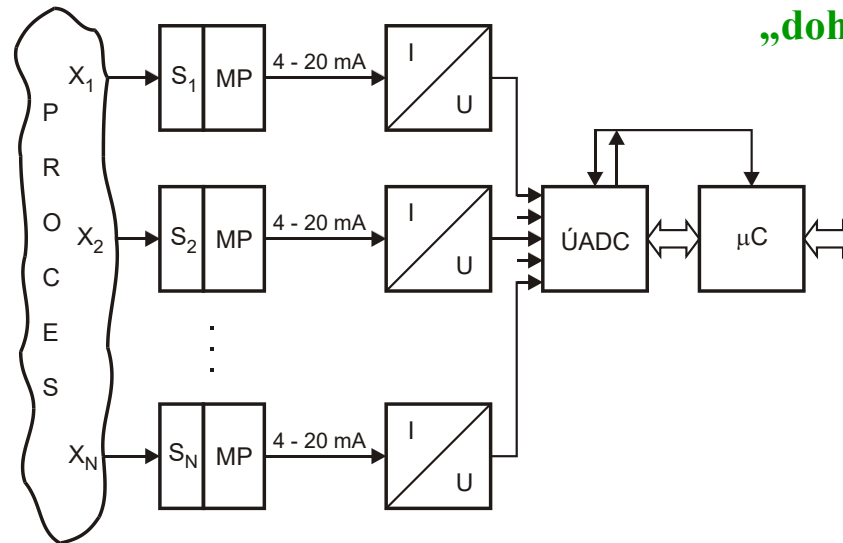
X_1, X_2, X_3, \dots

Teplota motora

Tlak v sacom potrubí

Napätie batérie

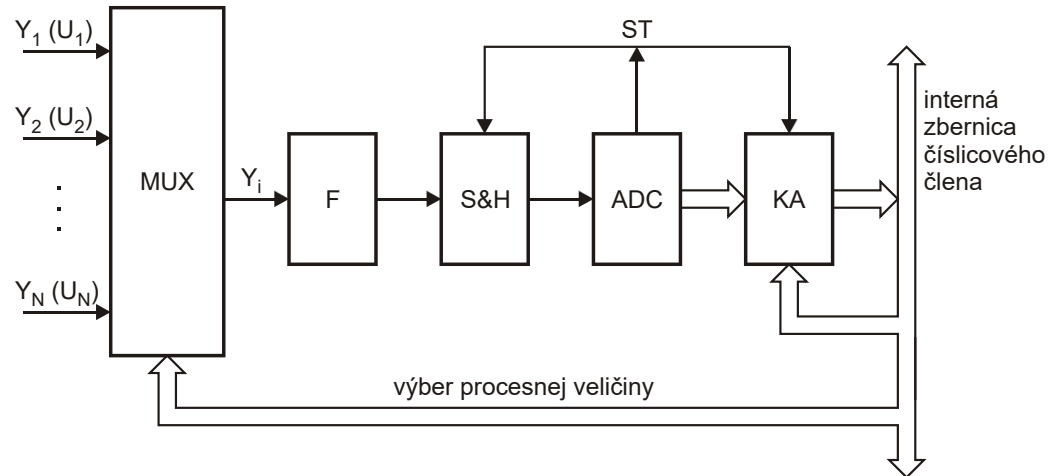
.....



4-20mA → v autotechnike
„dohodnutý signál“

Úplný analógovo–číslicový prevodník (pomalé ČMČ)

- predstavuje vhodnú zostavu technických prostriedkov na realizáciu analógovo-číslicového prevodu
- štruktúru ÚADC tvorí analógový multiplexer MUX, analógový filter F, vzorkovací zosilňovač S&H, analógovo-číslicový prevodník ADC a komunikačný adaptér KA



*Úplný AD
prevodník*

Prítomnosť jednotlivých prvkov v štruktúre závisí

- od použitia ČMK
- od vlastností prvkov v zostave

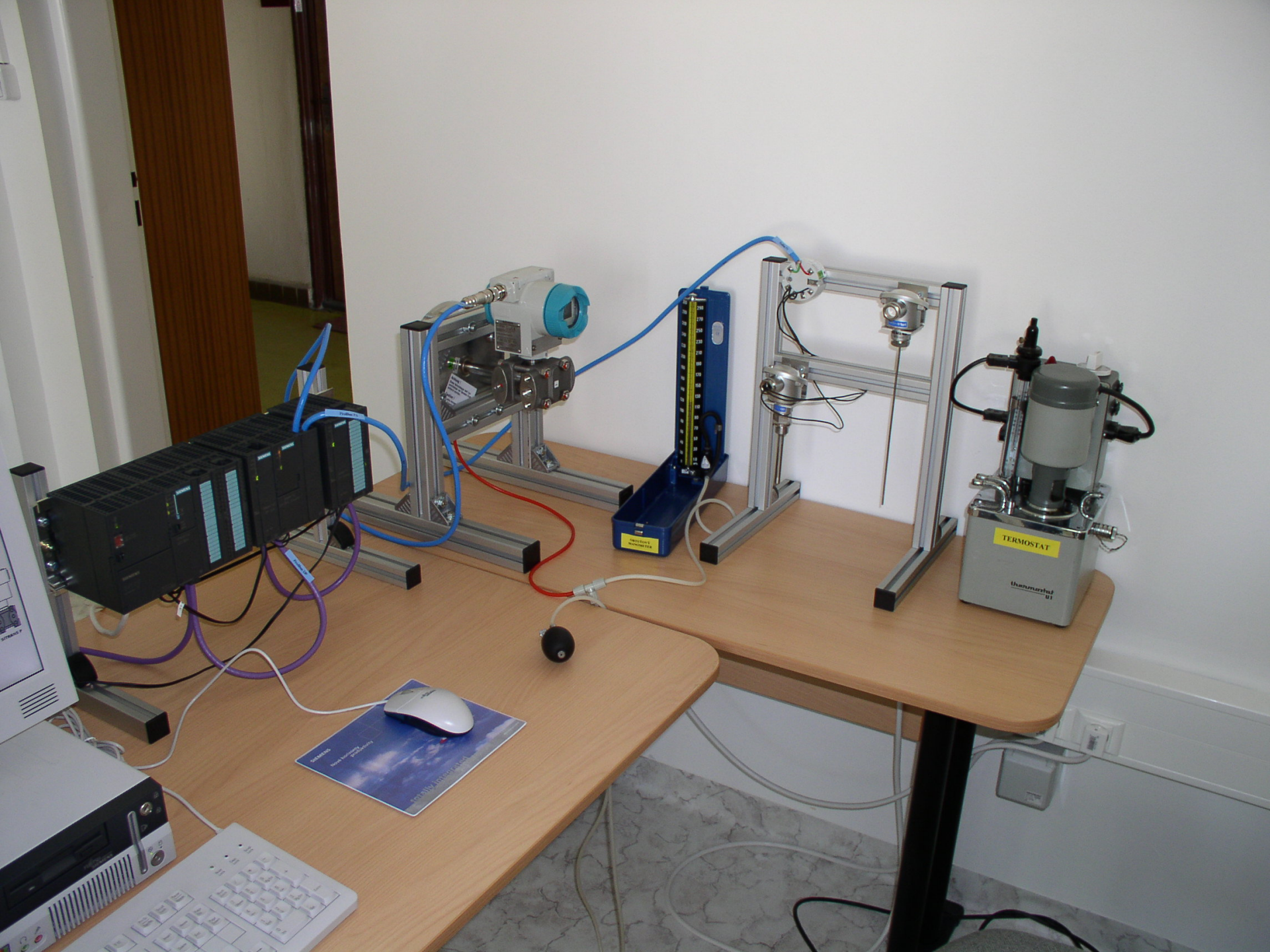
Napríklad, analógový multiplexer je vhodný pre pomalé kanály a analógový filter a S&H zasa pri použití ADC s postupnou aproximáciou

Príklady ČMK

Phoenix Contact

- *univerzálny napájací modul s veľmi malou konštrukčnou šírkou*
šírka 22,5 mm, regulovaný výstup 24 V DC, elektronicky chránený proti preťaženiu a skratu a pri teplotách okolia do 60 °C dodáva prúd 650 mA
- *multiplexer pre normované analógové signály*
funkcie multiplexeru: prepínať analógové signály, galvanicky oddeliť signály, zosilniť ich a prípadne konvertovať na rôzne typy signálov navzájom (prepínač DIP)

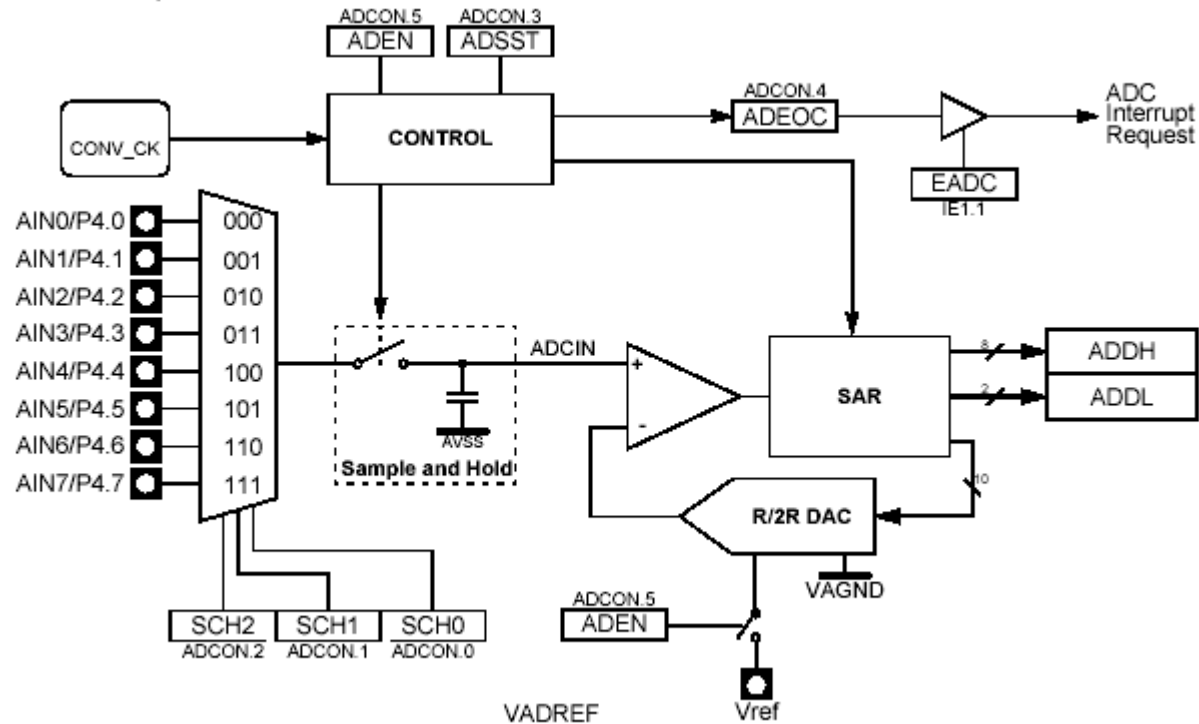




Intel 8051 \Rightarrow ATMEL, AT 83C511, AT87C511, Analog-to-Digital Converter (ADC- *Successive approximation*)

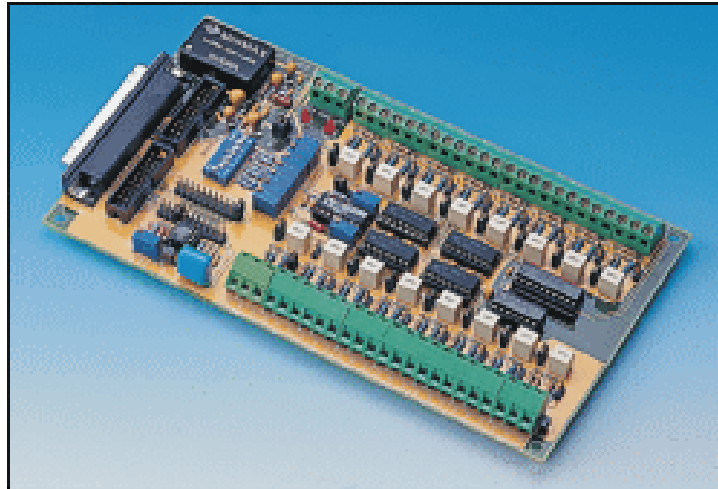
10-bit analog-to-digital converter T89C51RB2/RC2. Eight ADC sources AN0 to AN7

Figure 1. ADC Description

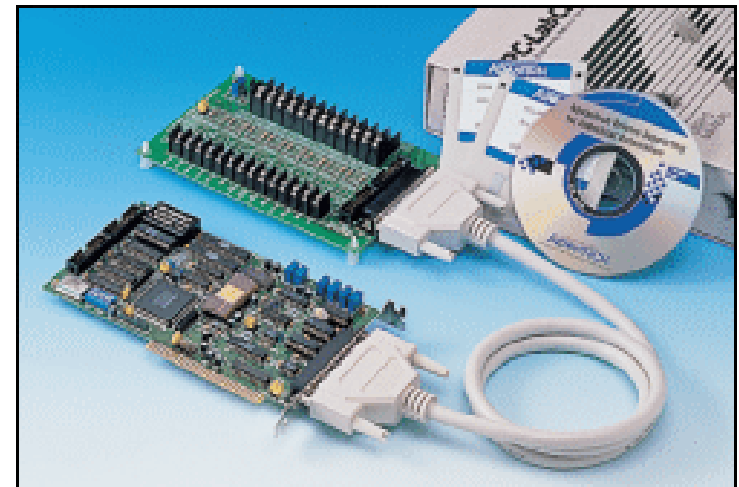


Měření teplot pomocí měřicích počítačových karet

Advantech PCL-818G (ISA) nebo PLC-1710G (PCI).



Obr. 2. Analogový multiplexor PCLD-789D, vhodný pro měření s termočlánky



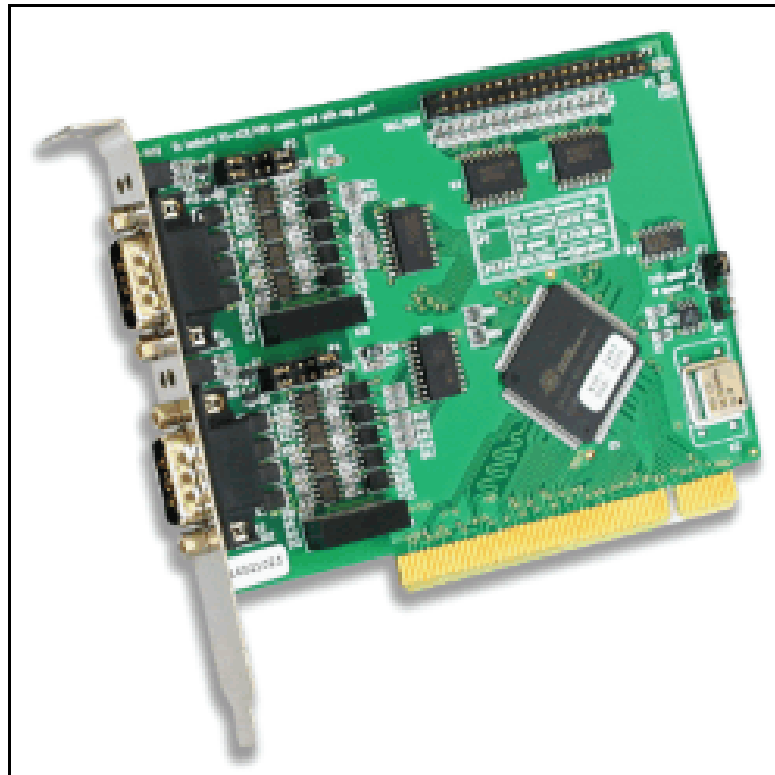
Obr. 1. Měřicí karta PCL-818HG se svorkovnicí PCLD-8115

Nové typy komunikačných karet PCI

Plzeňská společnost TEDIA spol. s r. o.

PCI-1222 2× RS-232 bez galvanického oddelenia

PCI-1482 2× RS-422/485 s galvanickým oddelením



Obr. 1. Univerzálni komunikační karta PCI-1602
(2× RS-422/485 s izolací)

Kvalita IPS a MČ RS

metrologické a prevádzkové vlastnosti

Kvalita IPS a MČ

- **Kvalita objektu (prvku, systému)** ⇒ súhrn vlastností, na základe ktorých je objekt vzhľadom k predpokladanému spôsobu a podmienkam použitia, spôsobilý vykonávať požadovanú funkciu. Najvýznamnejšie vlastností určujúce kvalitu objektu: *technické a funkčné vlastnosti objektu, spoľahlivá činnosť, materiállová a energetická náročnosť, technologičnosť, estetické, ergonomické a ekologické vlastnosti, atď.*
 - **Kvalita IPS RS** - súhrn vlastností, na základe ktorých je IPS, vzhľadom k spôsobu a podmienkam použitia, spôsobilý vykonávať funkciu, na ktorú je určený
 - Najvýznamnejšie skupiny vlastností MČ určujúce jeho kvalitu možno usporiadať podľa ich významu
 - *technické a funkčné vlastnosti* (metrologické a funkčné vlastnosti)
 - *spoľahlivosť činnosti* (prevádzkové vlastnosti)
- (*spoľahlivosť* -vykonávanie funkcií za daných podmienok a počas stanovenej doby)

X skriptá SaP

1. Snímače a převodníky

požadavky (klasické a IMČ)

- **Metrologické (AUT, MECH)**
 - presnosť od 0,5 % do 0,1 %, **autotechnika okolo 1%**, rýchla reakčná doba (*reálny čas, RT*)
 - linearizácia, teplotná kompenzácia a výstupný dohodnutý napät'ový signál (**autotechnika, mechatronika**, proprietárny, firemný systém)
 - veľmi presný merací prevodník, **???**
 - primárne spracovanie signálov v blízkosti miesta merania, aj MECH. , **autotechnika – nie často**

- **Prevádzkové (AUT, MECH)**
 - „bezúdržbové“ **meracie členy** (*MTBF – mean time between failure*), **životnosť automobilu**,
 - **dial'ková diagnostika, štatistické monitorovanie meracieho procesu (inteligentné riadenie)**
 - **výstup: prúdový, napät'ový signál, číslicový výstup a číslicová komunikácia (inteligentné riadenie)**
 - **EMC** (elektromagnetická kompatibilita - *electromagnetic compatibility*), **EEx** (prostredia s nebezpečím výbuchu – *explosion proof*), **auto ??**

- **Ekonomické (AUT,...)**

- priaznivý pomer ceny k výkonu pri zachovaní vysokej kvality a spoľahlivosti prvkov
- testované a kalibrované prístroje vo výrobnom závode
- expertné software - *podpora prevádzky (špeciálna diagnostika) a údržby*

inteligentné senzorové systémy

- **Mechanická konštrukcia (AUT,...)**

- minimalizované rozmery, uzavretá a stavebnicová konštrukcia, nenáročná inštalácia
- hermeticky uzavretá konštrukcia: *snímačová jednotka, elektronika a pripájacia svorkovnica*

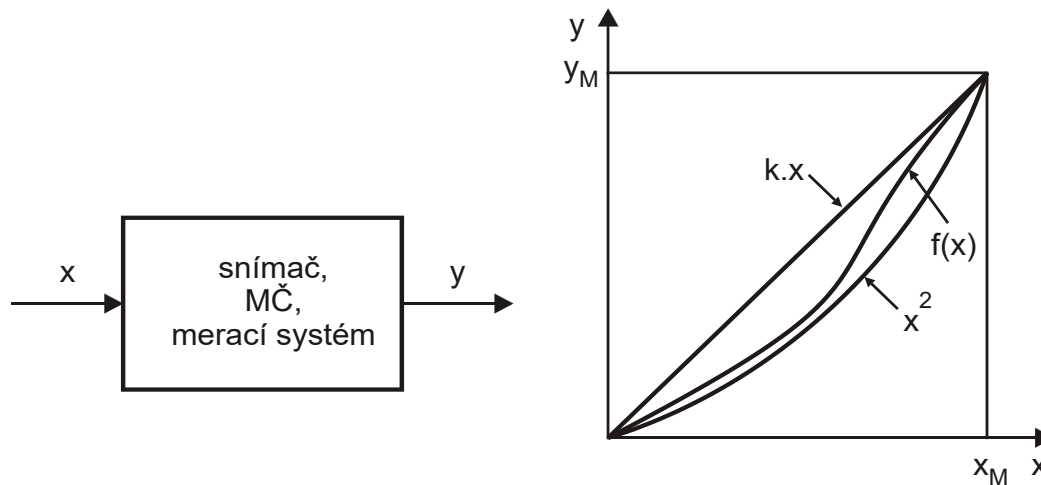
Metrologické vlastnosti meracích členov

- **statické a dynamické vlastnosti** (základné informácie o MČ, ktoré sú dostupné v katalógoch)
- ovplyvňuje ich hlavne **snímač (chyby spôsobené snímačom sú ťažko odstrániteľné)**, tj. snímače sú najdôležitejšie prvky meracích reťazcov; náklady na ich výskum, vývoj a výrobu sú podstatne väčšie ako náklady na všetky ostatné prvky celého reťazca

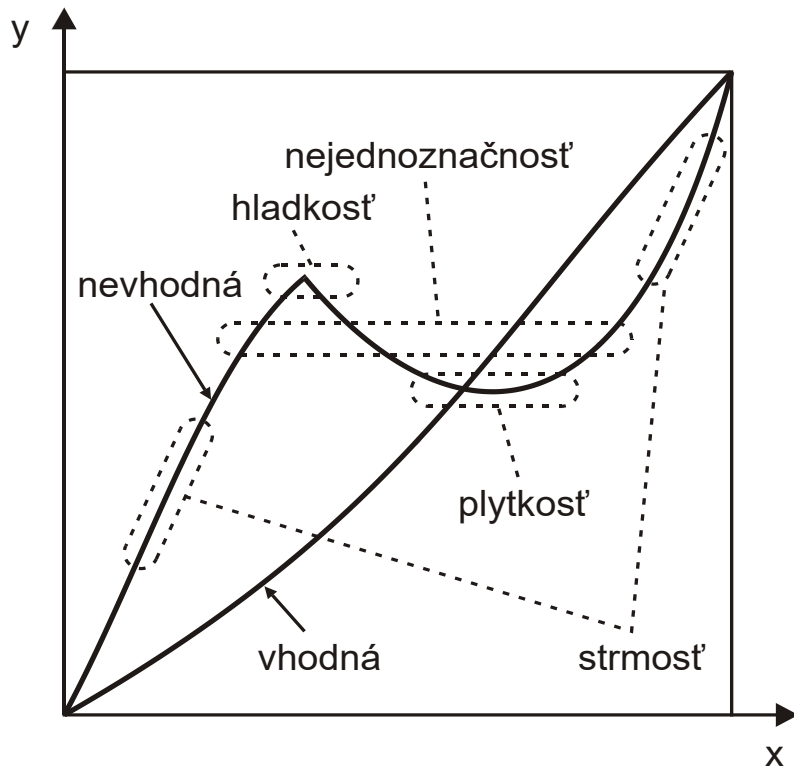
Statické vlastnosti MČ

- charakterizujú jeho chovanie v **časovo ustálených stavoch** (sú dané statickými vlastnosťami jednotlivých prvkov MČ)
- **statická prevodová charakteristika** – vzťah medzi vstupnou a výstupnou závisle premennou veličinou prvku v časovo ustálených stavoch

$$y = f(x) - \text{rovnica, tabuľka, graf}$$



Charakteristika snímača



- **jednoznačnosť** – žiadna hodnota výstupného signálu nezodpovedá viac ako jednej hodnote vstupného signálu
- **hladkosť** – definovaná deriváciou, ktorá je spojitá na def. intervale
- **monotónnosť** – rastúca alebo klesajúca v celom rozsahu meranej fyzikálnej veličiny
- **strmosť** – sklon prevodovej char. \Rightarrow vhodné ak je podobná v rôznych častiach meracieho rozsahu
- **plytkosť** – gradient charakteristiky v jej lokálnych častiach nesmie byť zásadne menší ako citlivosť systému

Presnosť meracieho člena

- schopnosť udávať na výstupe **pravé hodnoty** signálu
- je daná jeho celkovou chybou, tj. súčtom *základnej* a *vedľajšej* chyby (**katalógové údaje**)
 - **základná chyba** člena je udávaná výrobcom a je určená pri definovaných, referenčných podmienkach (napr.: teplota okolia, barometrický tlak, vlhkosť vzduchu, frekvencia napájacieho zdroja a pod.)
 - **vedľajšie (dodatkové, prídavné) chyby** sú spôsobené inými ako referenčnými podmienkami pri meraní (napr. poloha, teplota, ktoré sú mimo hodnôt udávaných výrobcom, katalógové údaje \Rightarrow vplyv teploty prostredia na meranie)

Delenie chýb

Podľa spôsobu vyjadrenia sa chyby delia na **absolútne Δ** a **relatívne (pomerné) δ** . Platí:

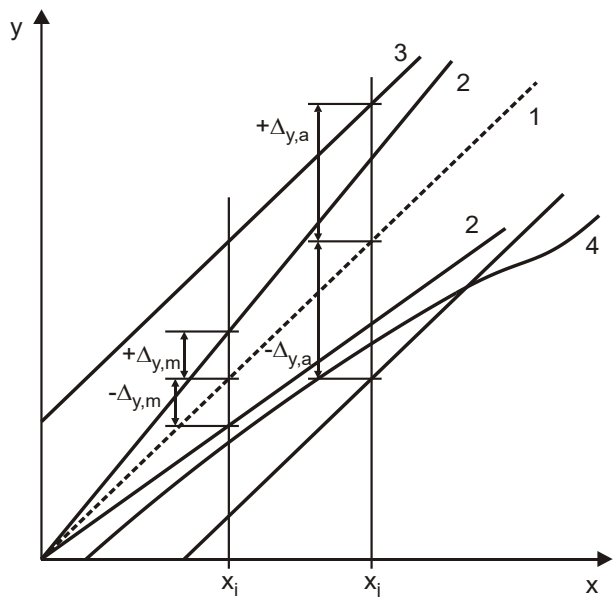
$$\Delta_y = |y_N - y_S|; \quad \delta_y = \frac{\Delta_y}{y_N} \quad \delta_y = \frac{\Delta_y}{y_M} \quad \delta_T = \frac{\Delta_T}{y_M}$$

kde

- y_N je nameraná hodnota výstupnej veličiny
- y_S konvenčne pravá hodnota výstupnej veličiny (určená na základe konvencie, napr. etalón, štatistické spracovanie)
- y_M merací rozsah výstupnej veličiny, tj. $y_{\max} - y_{\min}$
- Δ_y absolútna chyba merania
- Δ_T najväčšia možná absolútna chyba, napr. *MČ*
- δ_y relatívna chyba merania (vzťahnutá na údaj y_N ; rozsah y_M)
- δ_T najväčšia možná relatívna chyba, napr. *MČ*

Aditívne a multiplikatívne chyby

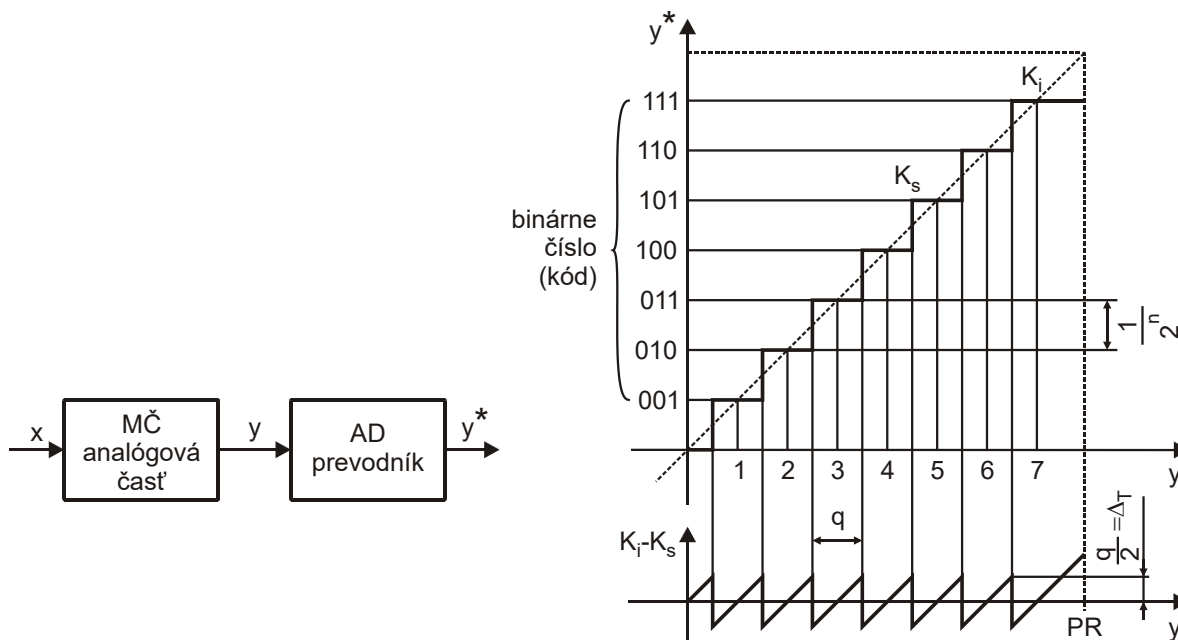
(systematické a náhodné chyby)



Teoretické rozdelenie - dané závislosťou (multiplikatívnej) alebo nezávislosťou (aditívnej) chyby merania Δy na hodnote meranej veličiny x

1. ideálna (menovitá) charakteristika definovaná konštantou prenosovej funkcie K
2. nemá rovnaký sklon ako ideálna (zmena citlivosti alebo zosilnenia meracieho prvku) tj. **multiplikatívna chyba** (závisí od x)
3. vytvorená posunom od menovitej, lineárnej charakteristiky, tj. **aditívna chyba** (nezávislou od x), trieda presnosti
4. reprezentuje všeobecnú prevodovú charakteristiku snímača alebo meracieho člena

ADC \Rightarrow kvantovacia chyba



Aditívna kvantovacia chyba pri číslicovom výstupe MČ

Vyjadrenie chýb

Pri klasických, analógových MČ, výrobca v katalógových listoch udáva *triedu presnosti* alebo len *presnosť* – maximálna relatívna chyba vztiahnutá na rozsah prístroja

$$\delta_{MC} = \frac{\Delta_T}{Y_M} \cdot 100 [\%]$$

Pre precízne MČ

$$\delta_{MC} = \frac{\Delta_T}{Y_M} \cdot 10^6 [\text{ppm}]$$

Na vyjadrenie hraníc chýb zaručovaných výrobcom sa používa tzv. *dvojčlenný vzorec (nie v autotechnike)*

$$\Delta_T = \Delta_{T,m} + \Delta_{T,a}$$

kde

$\Delta_{T,m}$ a $\Delta_{T,a}$ sú maximálne absolútne multiplikatívne a aditívne chyby MČ

Dynamické vlastnosti a parametre MČ

- Pri mnohých funkciách AUT v automobile nestačí pri sledovaní meranej (sledovanej) veličiny požadovať len spoľahlivosť a staticky stanovenú presnosť meracieho reťazca
- Najmä meracie členy indikujúce medzné stavy riadeného procesu musia sledovať vstupný signál $x(t)$ s minimálnym skreslením (*alarmy, blokovania, asistenčné služby*)
- Dynamické vlastnosti meracích členov sú dôležité pre analýzu a syntézu regulačných obvodov, dynamická chyba pri „rýchlych“ regulačných obvodoch (*polohovanie v robotike, v stroj. výrobe*)

AUTOTECHNIKA

ABS, ...

ESP – Electronic Stability
Program,

ACC - Adaptive Cruise Control ,

EBS –Electronic Braking System

Dynamické vlastnosti a parametre MČ, dynamická chyba

- **Dynamická chyba** (Δ_D , δ_D) je stanovená pri referenčných podmienkach a je definovaná v Laplaceovej transformácii ako odchýlka medzi skutočným (reálnym) prenosom meracieho člena $F(s)$ a ideálnym prenosom K



$$\Delta_D(s) = F(s) \cdot X(s) - K \cdot X(s) = X(s) \cdot [F(s) - K]$$

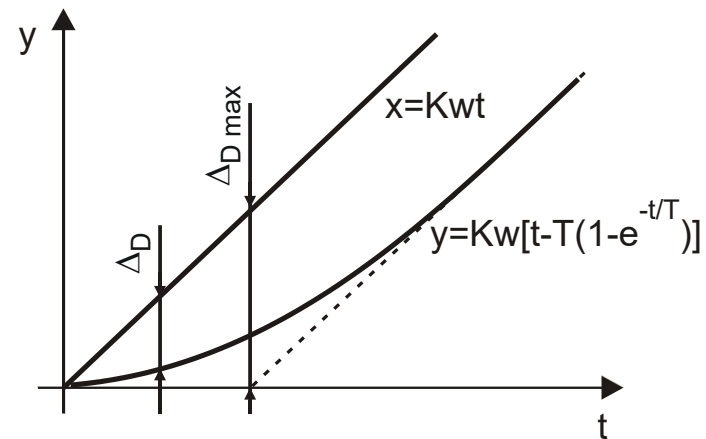
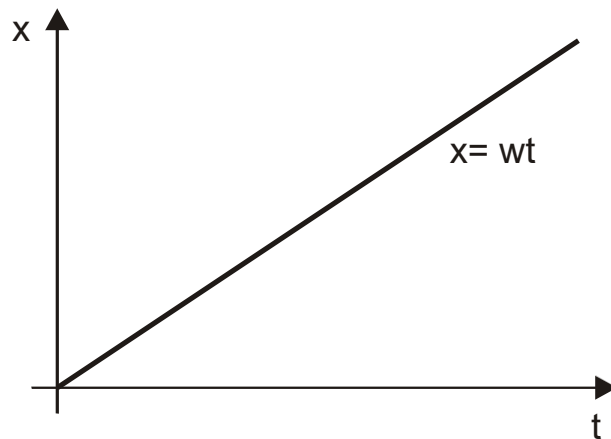
$$\delta_D(s) = \frac{\Delta_D(s)}{K \cdot X(s)} = \frac{F(s)}{K} - 1$$

- Je závislá aj od priebehu vstupného signálu, tj. na jej určenie treba poznať časový priebeh meranej veličiny $X(s)$

Veľkosť DCH závisí:

- *zosilnenia K*
- *časovej (vých) konštanty T*
- *od priebehu meranej veličiny*

1. Dynamická chyba pri rampovej zmene vstupnej veličiny



$$\Delta_D = \frac{w}{s^2} \cdot [F(s) - K] \quad \text{potom pre max.}$$

$$\Delta_{D \max} = \lim_{t \rightarrow \infty} \Delta_D = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \Delta_D(s)$$

a po úprave $\Delta_{D \max} = -w \cdot K \cdot T$

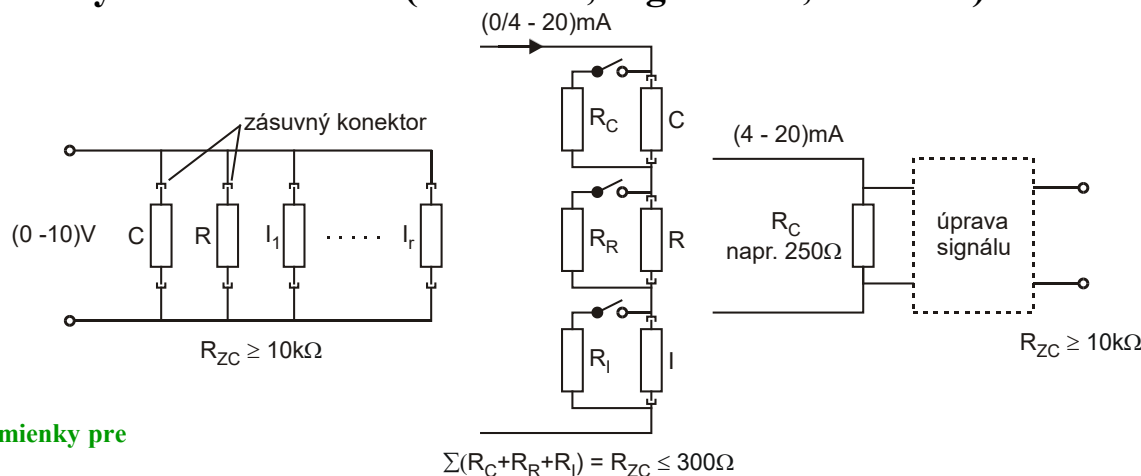
Prevádzkové vlastnosti a zabezpečenie činnosti IPS a MČ

PSI a MČ \Rightarrow zabezpečenie napájania a ochrany meracích kanálov, identifikácia a vyhodnocovanie porúch IPS, vetvenie informačných signálov, primárne spracovanie informácií (PSI)

napájanie \Rightarrow stabilita, zaťažiteľnosť, rozvody energie musia predstavovať spoľahlivý prenosový prostriedok

ochrana a kontrola stavu \Rightarrow tj. skratu alebo prerušenia obvodu v niektorom meracom kanále s nasledujúcim odpojením sa od napájacieho rozvodu, vzájomné neovplyvňovanie

vetvenie informačných signálov \Rightarrow dôležité z hľadiska ich ďalšieho spracovania alebo využitia na viacerých miestach **RS** (indikácia, registrácia, riadenie)



V autotechnike sú podmienky pre R_{ZC} - firemné

Inteligentné systémy v AUT technike

Kľúčové slová: informačné technológie (IT) v automobile, zbernicové systémy, fuzzy systémy, neurónové siete, inteligentné systémy

J. Šturcel, STU FEI KAR, Bratislava

Všeobecné o inteligentných systémoch v riadení

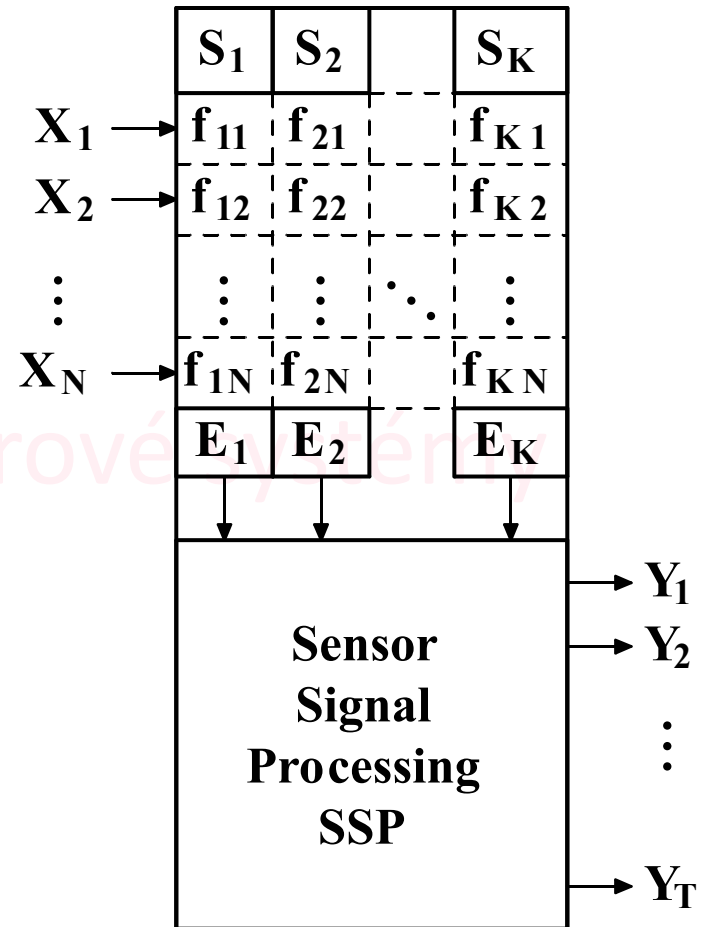
- **Inteligentné (*smart, advanced, sophisticated*) systémy riadenia** využívajú umelú inteligenciu alebo jej technológie
- **Hlavný cieľ inteligentného riadenia** - dosiahnuť vysoký výkon zariadení a vysokú úžitkovú hodnotu, vysokú spoľahlivosť, efektívnu použiteľnosť a automatickú akomodáciu na poruchu
- **Inteligentné systémy** - aplikácia znalostných systémov riadenia pri neurčitosti parametrov a zmene signálov, fuzzy riadenie, umelé neurónové siete, učiace sa systémy, expertné systémy, rozhodovacie systémy → „**soft-computing**“

IMČ, ISS (inteligentné senzorové systémy) V AUT, MECH, AUTO technike - budúcnosť

Senzorové polia procesných veličín:

- elektronické „nosy“,
- **identifikácia stavu prostredia,**
- a ďalšie

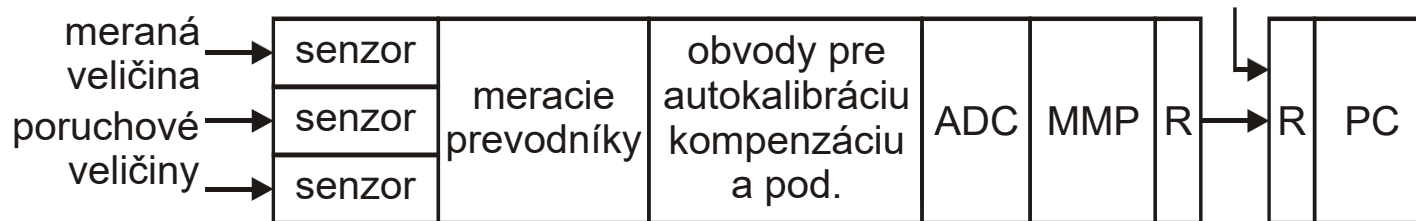
*Neselektívne senzory, krížové citlivosti,
nelineárne prevodové charakteristiky*



Senzorový systém

Prevádzková meracia technika v autotechnike

- **Súčasný stav** \Rightarrow nutná kombinácia „klasických“ a inteligentných (smart) meracích členov
- **Vývoj jednoznačne smeruje** \Rightarrow k **inteligentným** meracím členom a iným „**embedded**“ jednotkám; nesporné prednosti z hľadiska funkčných vlastností i z pohľadu používateľa



Bloková schéma IMČ

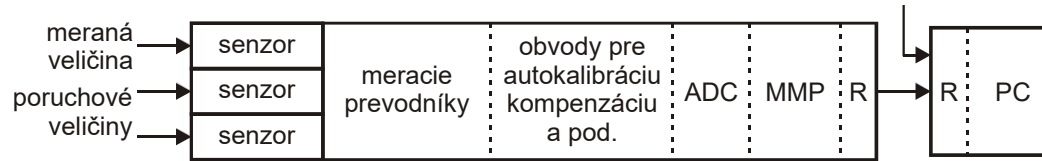
autonómny číslicový (embedded) systém \Rightarrow mikropočítač

MMP \Rightarrow monolitický alebo „*embedded*“ mikropočítač

R-rozhranie



Inteligentné MČ (ISS) ⇒ podstatne širšie spektrum úloh primárneho spracovania informácií (*sensor signal processing*), kvalitatívne vyššie účinky, využitie mikropočítačovej techniky priamo v štruktúre MČ



Požiadavky kladené na IPS ⇒ **zvýšenie úrovne a kvality pod systému IPS, tj. :**

- pomocou zvýšenia kvality jeho prvkov
- rozšírením jeho štruktúry o prvky umožňujúce **číslicové spracovanie informácií: primárne spracovanie informácií** ⇒ (linearizácia, filtrácia, korekcia na poruchové veličiny, štatistika,...), **autodiagnostika** ⇒ (bezdemotážna a nedeštruktívna činnosť), **autokalibrácia** ⇒ (referenčný zdroj, generovanie definovaného priebehu meranej veličiny), **komunikácia** ⇒ (analógová, číslicová), a pod.

Inteligentné meracie členy (IMČ, ISS)

- *primárne spracovanie informácií (PSI), diagnostické a autokalibračné funkcie, riadenie komunikácie prvku ISS s okolím*
- *„čistá” informácia o stave riadeného procesu, **zrýchlenie vykonávania riadiaceho algoritmu***
- *združovanie funkcií: **meracích, riadiacich, bezpečnostných,...***

PSI:

linearizácia prevodových charakteristík,

selektívny výber frekvencie meraného signálu, filtrácia,

korekcie vzhľadom na ovplyvňujúce veličiny, najčastejšie na teplotu okolia, či prístroja,

redukcie nameraných údajov,

nepriame meranie, výpočty a prepočty, atď.

Vlastnosti ISS (používateľ):

výborné metrologické vlastnosti,

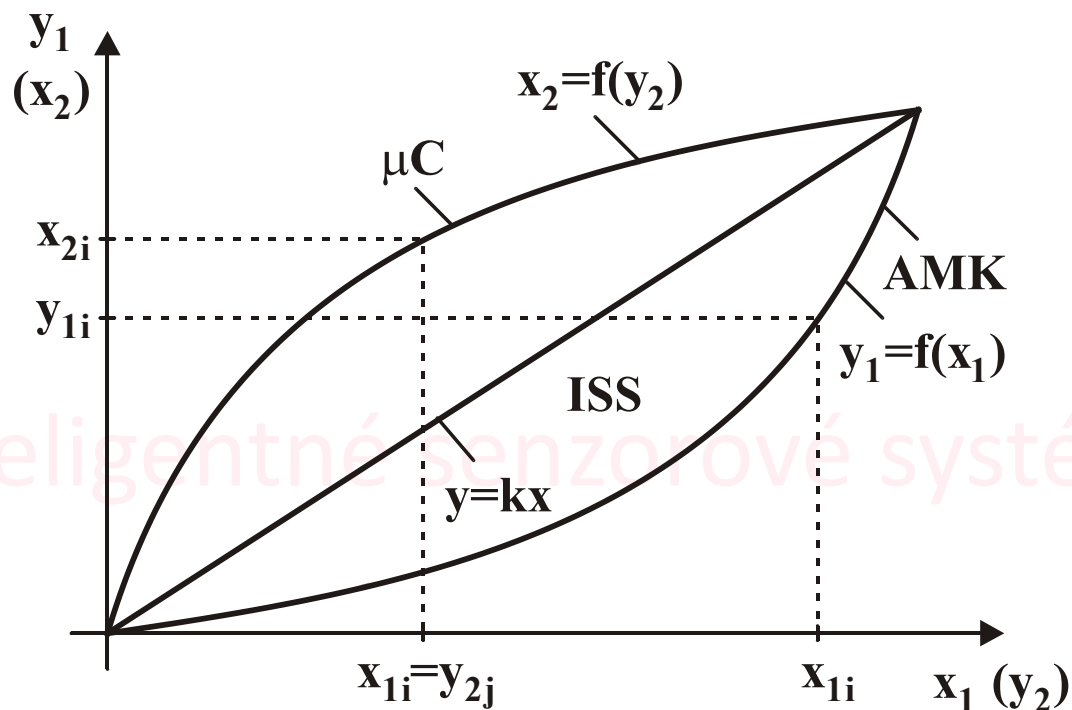
úspara procesných prvkov pre predspracovanie signálov, mat. funkcie

*integrovaná forma – **EEx, EMC, IP 65?**,*

flexibilita procesných veličín, parametrov - projektovanie riadiacich systémov,

zásadná úspora káblov, zbernice, atď.

Príklad linearizácie **senzorovej prevodovej charakteristiky**



Požiadavky na presnosť

- klasické MČ (do 1990) \Rightarrow T_p okolo 1%,
- IMČ, ISS \Rightarrow 0,5% až 0,1%

Prísne pre autotechniku

Xskriptá SaP

- **Diagnostické funkcie** (vybrané)

úloha TD ⇒ určiť poruchu, druh poruchy, jej lokalizáciu (nedeštruktívne a bez demontáže)

Vnútoraná (prevádzková) diagnostika ⇒ tzv. *Watch dog, inicializačná, prevádzková, ...*

Vonkajšia (servisná) diagnostika ⇒ *prídavné zariadenie*

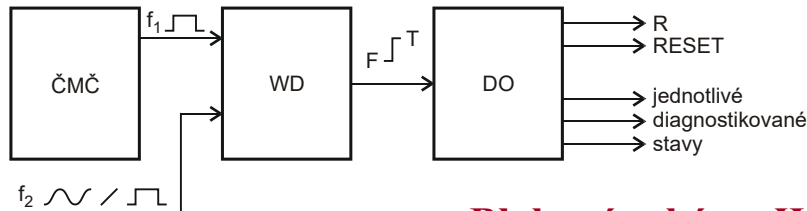
Autokalibrácia ⇒ - *meranie ovplyvňujúcej veličiny a jej kompenzácia,*

- *autokalibrácia pomocou pripojenia referenčného signálu*

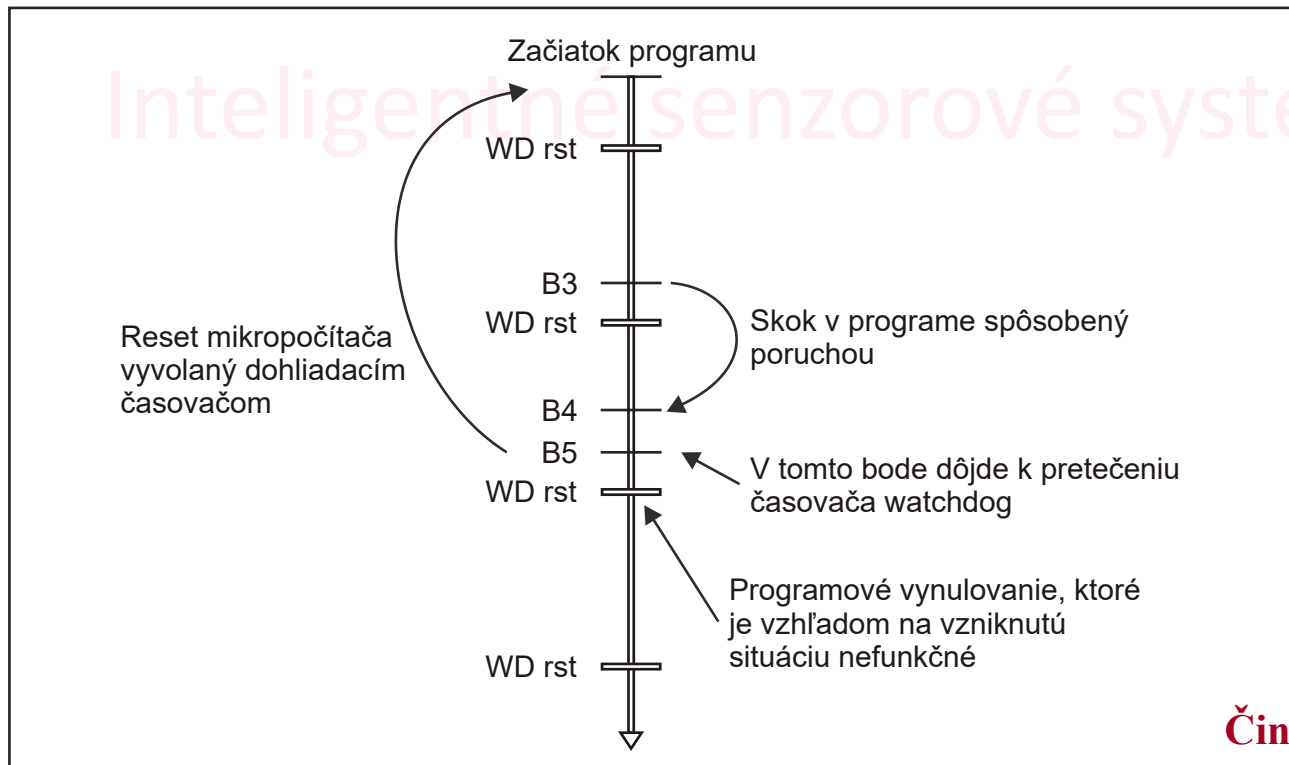
v autotechnike –zatiaľ nie!!!

• Diagnostické funkcie (vybrané)

tzv. *Watch dog* – číslicové RJ, reálny čas

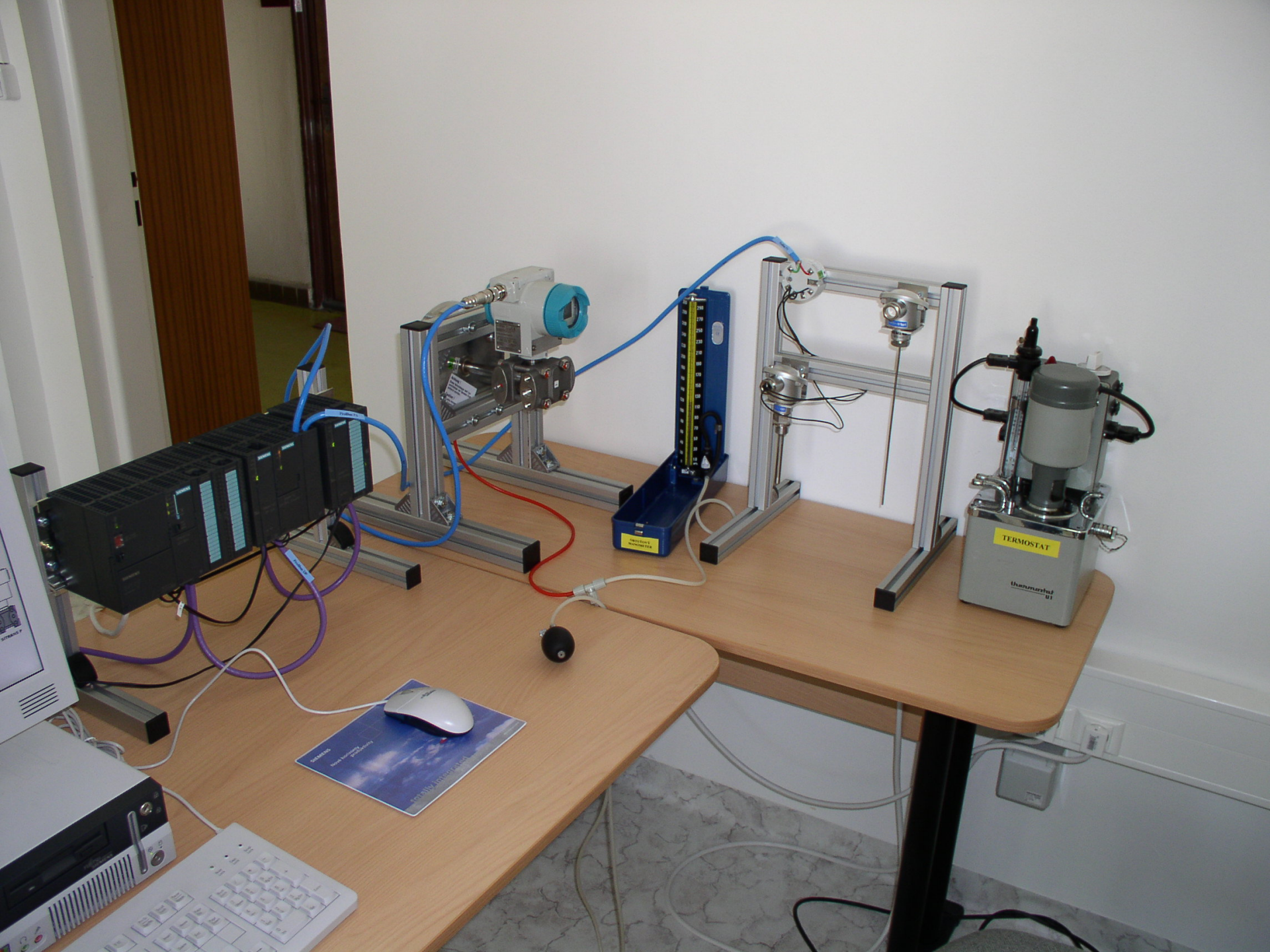


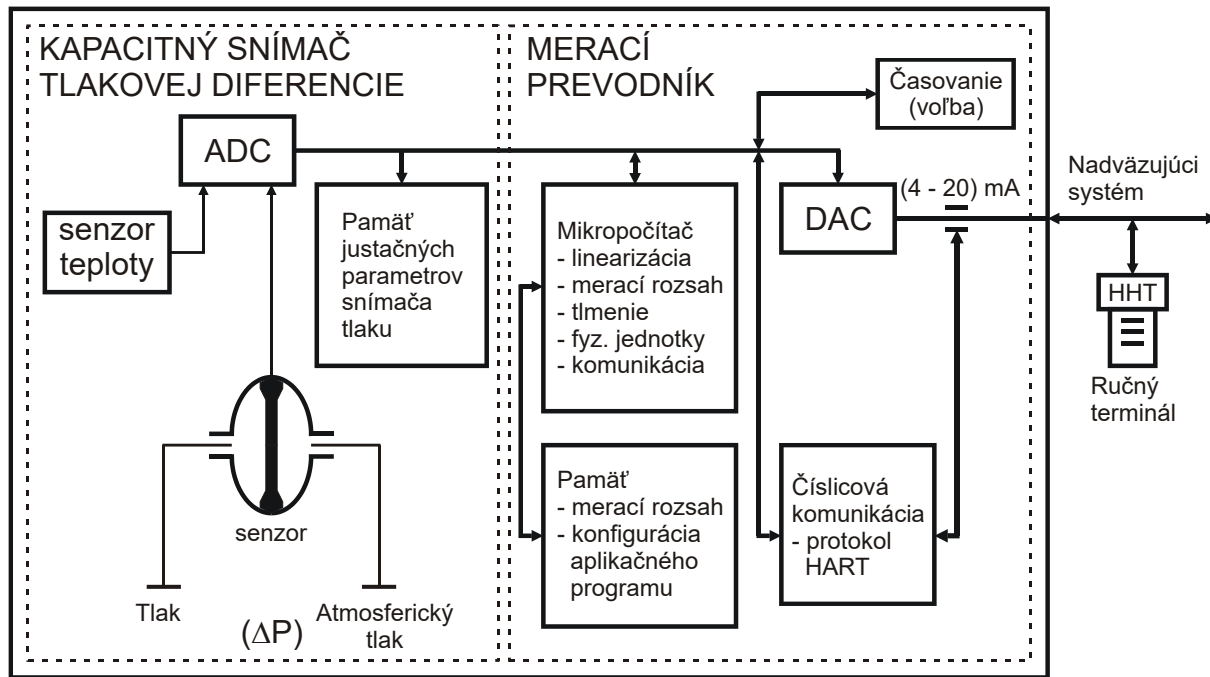
Bloková schéma Watch Dog-u číslicového meracieho člena



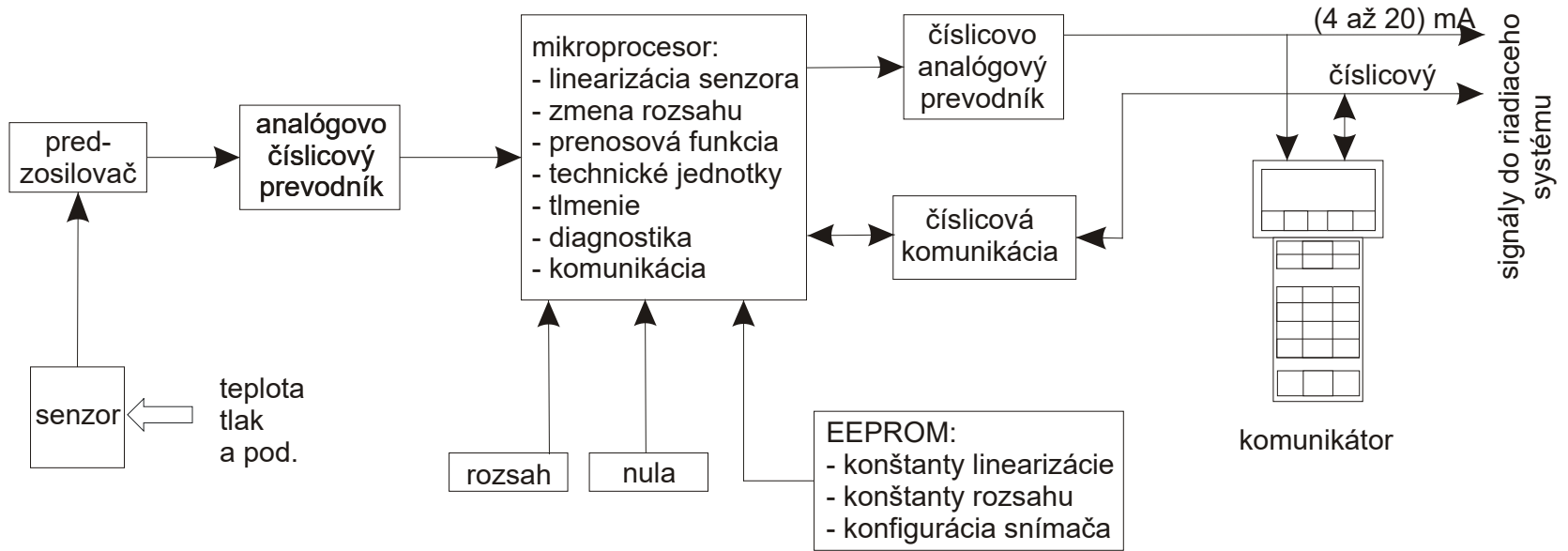
Xskriptá SaP

Činnosť obvodu WD

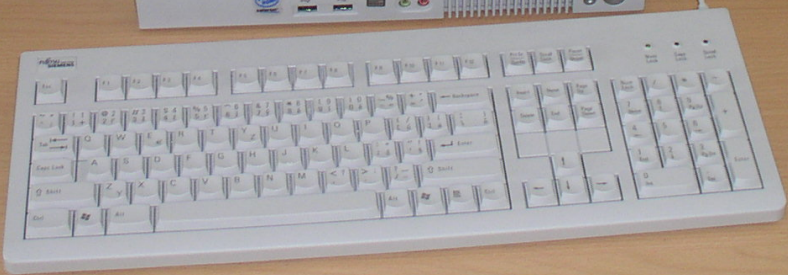
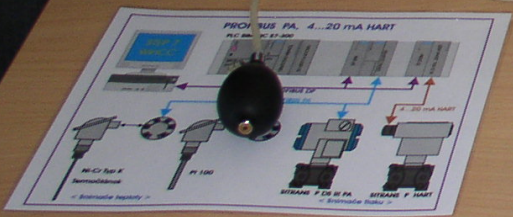
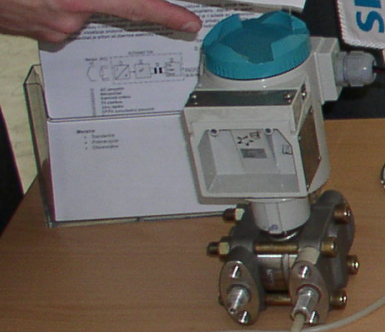
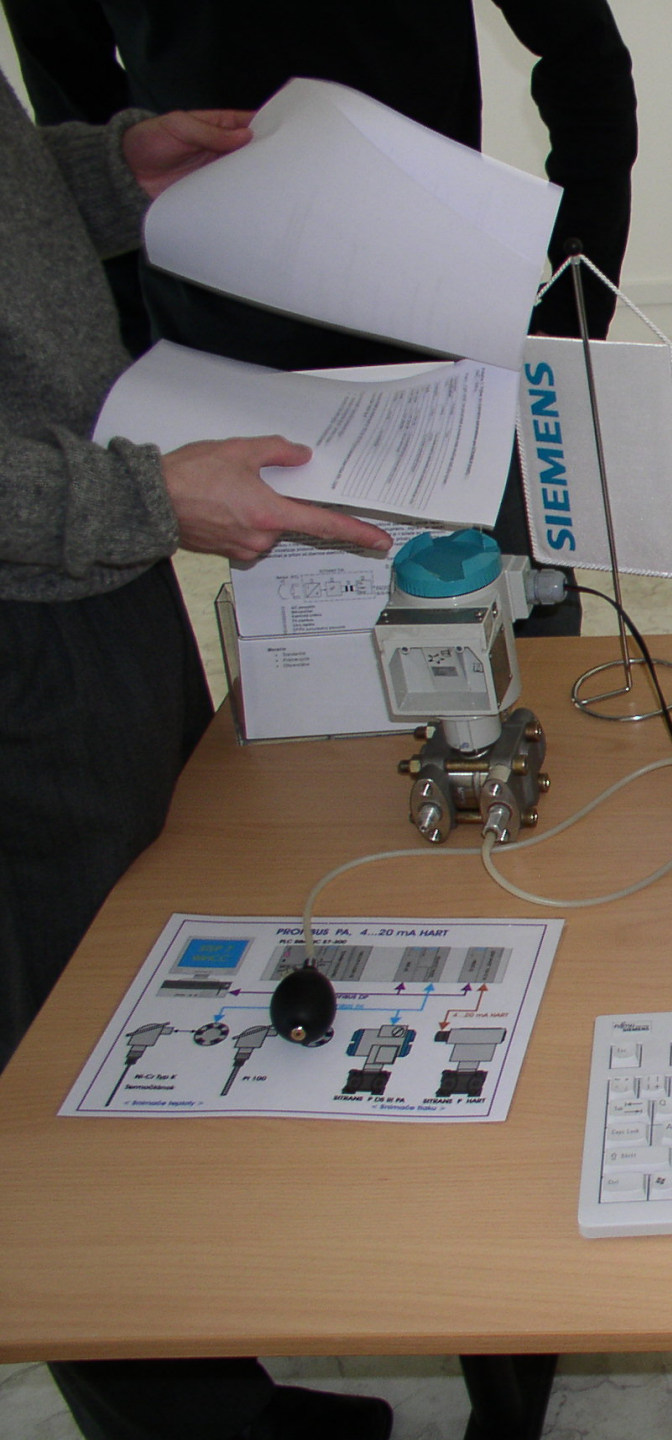




Bloková schéma ISS tlaku a tlakovej diferencie, Smart Transmitter 3051 CG firmy ROSEMOUNT



Inteligentný senzorový systém – bloková schéma



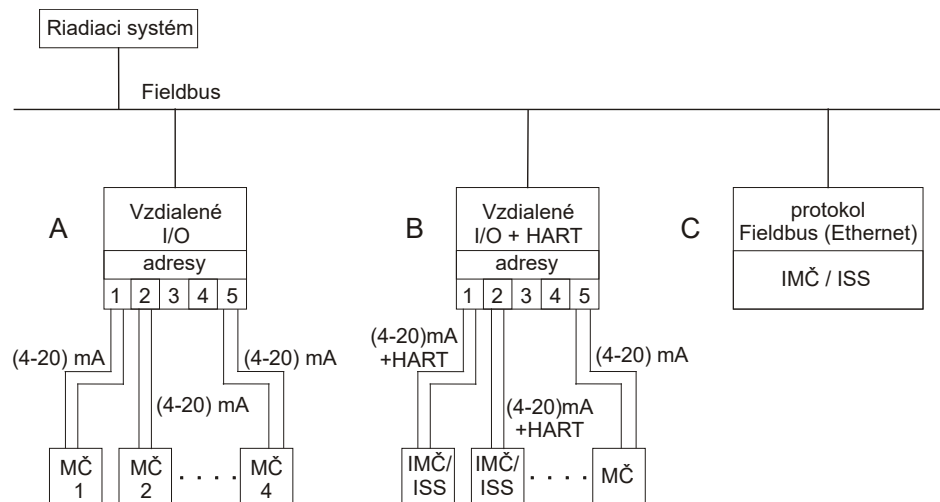
Priemyselné komunikačné zbernice – motivačné pre SSA

klasické, napr. **Fieldbus Foundation, Profibus-DP, PA, FIP,...** CAN

Základný problém – celosvetový komunikačný protokol

projekt *Multi-System-Standard* (IEC, 1999) - norma IEC 1158 prijala časť súčasných národných a proprietárnych (firemných) noriem. Nie je však riešením základného problému - *univerzálnosti* a ani vzťahu *uvádzaných zberníc k internetu a Ethernetu*
Ethernet v automatizácii

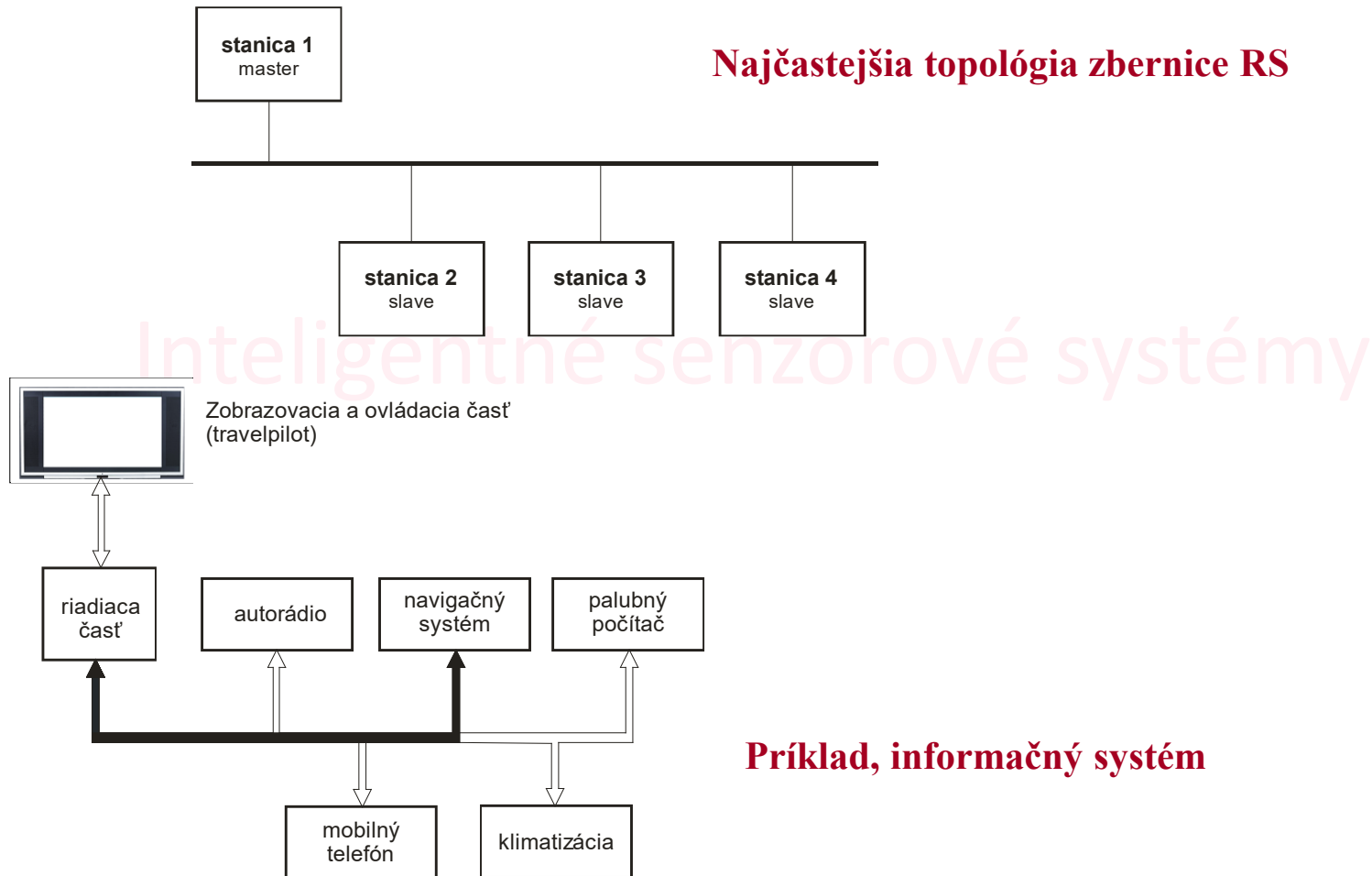
bezdrôtové: Bluetooth, WAP (Wireless Access Protocol)



Pripojenie meracích členov na priemyselné zbernice

- A** – vzdialené I/O, MČ – merací člen s výstupným signálom (4 až 20) mA
- B** – vzdialené I/O s HART protokolom, IMČ – inteligentný MČ, ISS – inteligentný senzorový systém
- C** – IMČ/ISS s integrovaným rozhraním zbernice, napr. Profibus PA

• Komunikačné zbernice v autotechnike, topológie (vybrané)



Meranie, monitorovanie a riadenie v automobilovej technike

Riadenie prevádzky automobilu, zbernicový RS – CAN, inteligentné riadenie, asistenčné služby, inteligentný automobil



CAN - *Controller Area Network* je používaná viac ako 20 rokov pre zbernicové (sieťové) technológie pri riadení a monitorovaní automobilov. Dnes sa CAN používa v Európe, Amerike a aj v Ázii. V takmer všetkých európskych vozidlách sa používajú jej sieťové aplikácie. Patria sem riadenie a monitorovanie pohonu, podvozku, informačné a zábavné aplikácie.

Nové požiadavky na prevádzku automobilov, ako sú tichšie motory, nižšia spotreba paliva, čistejšie výfukové plyny a lepšia dynamika jazdy sú niekedy v rozpore požiadavky na pôvodnú CAN. Možno ich splniť iba novším riadiacim softvérom pri optimalizovanej CAN komunikácii – **stály vývoj zbernice CAN.**

