

Spracovanie údajov v senzorových systémoch (4)

Ján Šturcel, Milan Mišeje, Miroslav Kamenský

ISS teploty s odporovým snímačom teploty Pt 100

Číslicový merací člen teploty:

- snímač Pt 100,
- merací rozsah (0 až 100) °C,
- požadovaná presnosť

$$T_{pC} = 0,5\% \Rightarrow \Delta_C = 0,5^\circ C \quad (43)$$

Výstup:

- a) (0 až 10) V,
- b) (4 až 20) mA,
- c) displej, číslo.

Úlohou je opäť linearizácia prevodovej charakteristiky ČMČ, čiže aproximácia funkcie $T = f(U)$ v mikropočítači.

ČMČ je zobrazený na obr. 11. Na vstupe je teplota T_Y , na vstupe do mikropočítača je napätie U_X . Na výstupe mikropočítača alebo ČMČ je napätie U_{X^*} , prúd I_{X^*} alebo číslo na displeji K_{X^*} . Aproximuje sa inverzná prevodová charakteristika zobrazená na obr. 12.

Volia sa okrem metódy aproximácie aj prevodníky:

- metóda – algoritmus NIP 0. stupňa (tabulková metóda),
- 8 bit – AD prevodník,
- 8 bit – DA prevodník.

Z toho pre jednotlivé rozsahy vyplýva:

$$N_X : 0 - 255;$$

$$N_{XR} = 255 \Rightarrow \text{chyba } ADC$$

$$\Delta_{AD} = 0,5 \Rightarrow \Delta'_{AD} = 0,5997 \sim 0,2352^\circ C$$

$$N_{X^*} : 0 - 255;$$

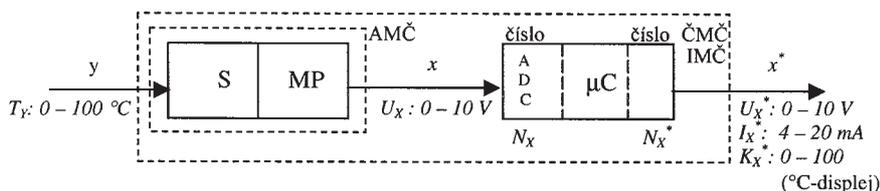
$$N_{XR} = 255 \Rightarrow \text{zaok. chyba}$$

$$\Delta_Z = 0,5 \sim 0,1961^\circ C \quad (44)$$

Ohraničenie pre teoretickú chybu navrhovanej aproximácie je

$$\Delta_{APR} = \Delta_C - \Delta_Z + \Delta'_{AD} = 0,5388^\circ C \quad (45)$$

Tu si treba uvedomiť, že AD prevodník v podstate znižuje chybu aproximácie, a preto je pred Δ_{AD} kladné znamienko. Pre



Obr.11 Merací kanál teploty:

S – snímač, MP – merací prevodník, AMČ – analógový merací člen, ADC – analógovo-digitálny prevodník, DAC – digitálno-analógový prevodník, µC – mikropočítač, ČMČ – číslicový merací člen, IMČ – inteligentný merací člen

X			X*				
N_X	relat. adresa N_X – hex.	U_X [V]	N_{X^*}	N_{X^*} – hex.	U_{X^*} [V]	I_{X^*} [mA]	K_{X^*} [°C]
0	00	0,0000	0	00	0,0000	4	0
1	01	0,0392	1	01	0,0392	4,062745	0,392157
2	02	0,0784	2	02	0,0784	4,12549	0,784314
3	03	0,1176	4	04	0,1569	4,25098	1,568627
4	04	0,1569	5	05	0,1961	4,313725	1,960784
5	05	0,1961	6	06	0,2353	4,376471	2,352941
...
124	7C	4,8627	135	87	5,2941	12,47059	52,94118
125	7D	4,902	136	88	5,3333	12,53333	53,33333
126	7E	4,9412	137	89	5,3725	12,59608	53,72549
127	7F	4,9804	138	8A	5,4118	12,65882	54,11765
...
250	FA	9,8039	251	FB	9,8431	19,74902	98,43137
251	FB	9,8431	252	FC	9,8824	19,81176	98,82353
252	FC	9,8824	252	FC	9,8824	19,81176	98,82353
253	FD	9,9216	253	FD	9,9216	19,87451	99,21569
254	FE	9,9608	254	FE	9,9608	19,93725	99,60784
255	FF	10,0000	255	FF	10,0000	20	100

Tab.5 Uzly pre linearizáciu pomocou NIP 0. stupňa

(hodnoty napätí a prúdov v tabulkách sú fiktívne hodnoty zodpovedajúce daným uzlom, preto si môžeme dovoliť zobraziť ich na toľko desiatinných miest)

X		absolútna chyba				relat. chyba
N_X	U_X [V]	Δ_C	Δ_C [V]	Δ_C [mA]	Δ_C [°C]	δ_C [%]
7,5	0,294118	1,062648	0,041672	0,066676	0,416725	0,416725

Tab.6 Chyba aproximácie

aproximáciu s minimálnym počtom uzlov, ktorá sa „trafi“ do koncového bodu, platí:

$$h_{max} = 1,1435 \quad n_{min} = 224$$

$$\Delta_{APR} = 0,5375^\circ C \quad (46)$$

Volí sa:

$$h = 1 \quad (47)$$

$$n = 256 \quad (48)$$

a platí pre

$$\Delta_{APR} = 1,1989 \sim 0,4701^\circ C \quad (49)$$

Získané uzly sú v tab. 5, kde sú v hrubom rámečku hodnoty (v šestnástkovej sústave) vložené do pamäte mikropočítača. V tab. 6 je vyhodnotená chyba takejto aproximácie. Algoritmus výpočtu v mikropočítači je jednoduchý

1. Hodnota X_j sa získa z AD prevodníka.

2. Výber operanda X_j^* s relatívnou adresou X_j ($X_j^* [X_j]$).

3. Hodnota X_j^* sa pomocou DA prevodníka zmení na napätie, prúd...

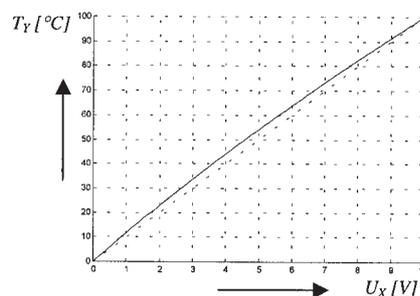
Pre nároky na pamäť a pre čas výpočtu platí (M – pamäť hex. súboru, DM – pamäť dát, T – maximálny čas výpočtu).

$$M = 767 \text{ byte} \quad DM = 256 \text{ byte}$$

$$T = 19 \mu s \quad (50)$$

Záver

Vzájomné porovnanie jednotlivých metód naznačuje tab. 7. Na základe hodnôt času realizácie aplikačného algoritmu možno vi-



Obr.12 Inverzná prevodová charakteristika AMČ – aproximovaná funkcia

P.Č.	metóda	n	δ_c [%]	M [byte]	DM [byte]	T [ms]
ČMČ teploty – termočlánok (850 až 1 495) °C						
1.	NIP1	18	0,0969	3649	73	3427
2.	NIP2	9	0,08971	4169	39	9365
ČMČ teploty – Pt 100 (0 až 100) °C						
3.	NIP0	256	0,4167	767	256	19

Tab.7 Zhrnutie príkladov

dief, že tabuľková metóda (NIP 0. stupňa) je výrazne rýchlejšia než ostatné metódy. Preto metóda NIP 0. stupňa sa používa najmä vtedy, keď je rýchlosť odozvy meracieho člena dominantnou požiadavkou. Pri použití AD prevodníka s rovnakou rozlišovacou schopnosťou ako je krok delenia prevodovej charakteristiky pri NIP 0. stupňa (špeciálny prípad), je táto metóda aj najpresnejšia. Za univerzálnu metódu možno považovať NIP 1. stupňa, pretože NIP 0. stupňa kladie vysoké nároky na pamäť dát mikropočítača a NIP 2. stupňa zasa vyžaduje dlhší čas realizácie. Najnižšie nároky na pamäť dát sú pri NIP 2. stupňa. Avšak tejto metóde zodpovedá najzložitejší výpočtový algoritmus, preto z hľadiska nárokov na pamäť programu nemusí byť najvhodnejšia. Ako vhodný kompromis z hľadiska rýchlosti a nároku na pamäť sa tak ukazuje NIP 1. stupňa. Zmenšenie nároku na pamäť μC sa dosiahne aj tým, že sa aproximovaná funkcia rozdelí na niekoľko samostatných intervalov s rôznym krokom interpolácie. Toto riešenie má opodstatnenie najmä pri prevodových charakteristikách s veľkou chybou linearity. Samozrejme, tým sa zároveň zväčšuje čas odozvy systému.

Prvá etapa vývoja podporného systému aproximácie senzorových charakteristík v mikropočítačoch s požadovanou presnosťou je ukončená. Umožňuje niekoľkonásobne urýchliť návrh a riešenie aproximačnej úlohy spolu s generovaním tabuľky parametrov pre mikropočítač pri zohľadnení obmedzení týchto číslicových meracích členov (reálny čas, nároky na pamäť, čas realizácie algoritmu atď.). Overenie korektnosti a účinnosti podporného systému sa uskutočnilo v rámci výskumných činností na pracovisku a pri problémovo orientovaných študentských projektoch v predmete inžinierskeho štúdia s názvom Inteligentné senzorové systémy.

Literatúra

- [1] ŠTURCEL, J.: Smart senzory v automatizácii, súčasnosť a budúcnosť. International Symposium Mechatronika '99. Vrátna, Slovakia 1999.
- [2] ŠTURCEL, J.: Diagnostika a autokalibrácia v inteligentných senzorových systémoch. 3th. International Symposium Mechatronika 2000. Kočovce, Slovakia 2000.

[3] KAMENSKÝ, M.: Spracovanie informácií v smart senzorových systémoch. Diplomová práca. FEI STU, Bratislava 2001.

[4] HRUBÝ, F., KAŇOVSKÝ, J., KREJČÍČEK, J., STARÝ, J.: Styk mikropočítače s prostredím. ČSVT, Praha 1984.

[5] RIEČANOVÁ, Z., RIEČAN, B., OLEJČEK, V.: Numerické metódy a matematická štatistika. Alfa, Bratislava 1983.

[6] MIKLÍČEK, J.: Numerické metódy. VUT, Brno 1982.

[7] KRÍŽEK, M.: Numerické metódy. VŠSE, Plzeň 1983.

[8] KAUKIČ, M.: Numerická analýza I. Základné problémy a metódy. MC Energy, Žilina 1998.

[9] SOBOTKA, Z.: Otázky a odpovede z mikroprocesorov a mikropočítačov. Aplikácie. Alfa, Bratislava 1988.

doc. Ing. Ján Šturcel, PhD.
Ing. Milan Mišeje

29

**Katedra automatizácie a regulácie
FEI STU
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
Tel.: 02/60 29 16 78
e-mail: sturcel@nov1.kar.elf.stuba.sk**

Ing. Miroslav Kamenský

**Katedra elektrotechnológie Sjf STU
Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava
Tel.: 02/57 29 64 28
e-mail: kamensky@sjf.stuba.sk**