

Микропроцесорите в системите с размита логика

РАЧО МАРИНОВ ИВАНОВ
РУМЕН ТЕНЕВ КОРТЕНСКИ

Кат. "Електронна техника", Технически университет – София
E-mail: korten@ecad4sun.vmei.acad.bg

Abstract: Nowadays we are witnessing a growth of the fuzzy logic controllers use, because of their advantages: 1. They allow complex objects without full mathematical model to be controlled. 2. Objects with changeable parameters during their work also can be controlled. 3. Expert knowledge for the particular object can be directly used.

The general block-diagram of every fuzzy controller (FC) is considered in this study. The function and the characteristics of the main blocks are noted in short in this study. The microprocessor's task in FC is to control each block, to make the necessary calculations and at the end to decide whether to apply force on the object. Different requirements for reliability, decision and force applying time, calculation abilities, available resources, etc. are claimed to microprocessors depending on the object. The microprocessor in FC common work algorithm is described in short. Relative analysis of the different types microprocessors for FC – PCs ones, microcontroller unit (MCU) with general purpose and specialized MCU for FC – fuzzy-microprocessors suitability has been made. The selection criteria between them has been established depending on the particular application area of FC.

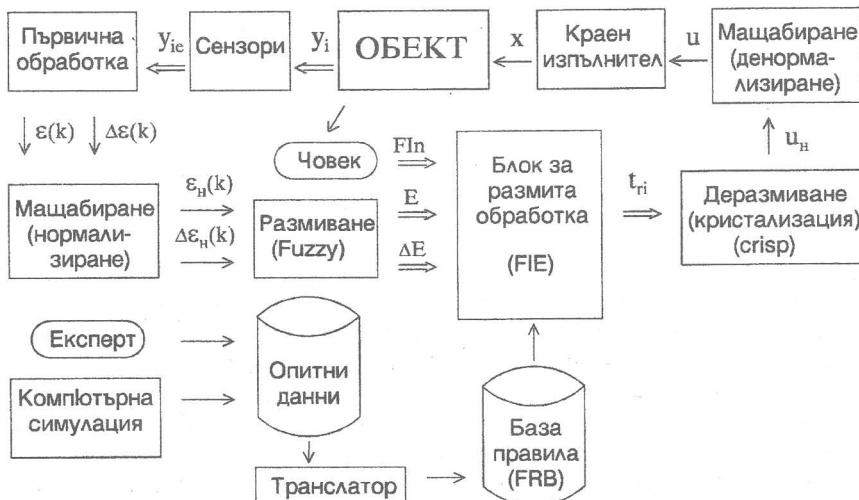
I. Увод

В наши дни сме свидетели на разцвет на контролерите с размита логика [1]. За съставяне на изходната реакция се използва набор правила от типа: ако {ситуация}, то {действие}. Техният брой обикновено е до няколкостотин. Ситуацията представлява съчетание от стойности на всички входове, а действието е формиране на изходна реакция и въздействие върху обекта. Този начин на действие определя основните предимства на контролерите с размита логика: 1. Могат да се управляват сложни обекти без изведен математически модел; 2. Управляват се обекти, които по време на работа си изменят параметрите в широки граници; 3. Има възможност за директно използване на експертен опит (знания) за дадения обект.

Основна част на контролерите с размита логика е микропроцесорната (μ P) система. Чрез анализ на ситуацията и обхождане на всички правила в реално време микропроцесорът изработва управляващо въздействие. Тази негова основна задача поставя редица изисквания към μ P-система. Тя трябва да е в състояние да приема аналогова информация от обекта, т. е. да бъде организиран ADC под някаква форма и да притежава управляващи цифрови изходни портове. Изискванията се покриват в голяма степен от едночиповите микрокомпютри (EMK) с общо предназначение (микроконтролерите).

II. Обща блок-схема

Обобщената блок-схема на размит контролер (Fuzzy controller – FC) е дадена на фиг. 1. Както във всяка система за автоматично управление (САУ) и в размития контролер (FC) обектът е обхванат от обща ОВ [2, 3]. Видът на обекта, както и при конвенционалните САУ, може да бъде най-разнообразен. За простота разглеждаме обект с един управляван параметър x . Величините, характеризиращи състоянието на обекта, са y_i . Чрез подходящи сензори те се преобразуват в електрически величини y_{ie} . Блокът за първична обработка формира от y_{ie} грешка $\varepsilon(k)$ и промяна на грешката $\Delta\varepsilon(k)$ по заложения в него алгоритъм на работа, съобразен със спецификата на обекта. Грешката ε и нейната промяна $\Delta\varepsilon$ са нормализирани с цел унификация на следващите блокове.



фиг. 1

Така обработените стойности на ε и $\Delta\varepsilon$ постъпват в *Блока за размиване (Fuzzy)*. В него те се преобразуват в набори от стойности E и ΔE , изразяващи степента на принадлежност на съответния вход към всяка от функциите на принадлежност, заложени предварително за всеки вход в *Блока за размита обработка (FIE)*^{*}. На това място ясно изпъква едно

* В англоезичната терминология този блок се нарича Fuzzy Inference Engine. Някои български автори го превеждат като *Блок за вземане на решение*, което е твърде общо. Авторите предлагат превода *Блок за размита обработка*, което считат за по-конкретизиращо и насочено към проблематиката на размитото управление.

от предимствата на FC пред конвенционалните САУ. Има възможност за директно въвеждане във FIE на човешка (експертна) оценка за състоянието на обекта чрез размитите входове Fin паралелно на описаната дотук верига от блокове. Това води до изключителна гъвкавост, незаменима особено в аварийни и критични (гранични) ситуации. Блокът за размита обработка ползва данни от *Базата правила (Fuzzy Rule Base – FRB)*. Те са от вида: Ако $\varepsilon = \langle \text{стойност} \rangle$ и $\Delta\varepsilon = \langle \text{стойност} \rangle$, тогава изход = $\langle \text{стойност} \rangle$. Формирани са предварително чрез транслатор (съвкупност от принципи) от опитни данни, събрани от експертни оценки или компютърна симулация. Ползвайки всички тези входни данни, FIE изчислява степента на активиране на всяко правило t_{ri} . Тези размити данни постъпват в *Блока за деразмиване (crisp)*, където се изработва цялостен изход Δu_i , който вече не е размит. Той силно зависи и от предварително зададените дискретни стойности – жалони (*singletones*)** за Δu_i . Следва блок *Машабиране* (денормализация). От него се получава крайната изходна реакция u_i , която се подава на *Регулиращия орган* (краен изпълнител). Величината u_i въздейства върху обекта и поддържа стойностите на u_i в желаните граници. С това един цикъл измерване–решение–въздействие (measurement–inference–force – MIF) е завършен. Изчаква се отшумяването на преходния процес в обекта в зависимост от неговите времеконстанти и микропроцесорът започва нов цикъл с ново измерване на параметрите на обекта. Основна характеристика на FC е времето за един цикъл. Измерва се в цикли за 1 s (Fuzzy Inference per Second – FIPS). При бързопроменящи се параметри на обектите това е от важно значение за цялото управление. Времето за един цикъл MIF е $t_{FI} = 1/\text{FIPS}$.

III. Основни задачи на микропроцесора и изисквания към него

Всеки FC включва в себе си няколко блока, в които е необходима обработка на данните и вземане на решение. Очевидно най-целесъобразно е всички тези задачи да се изпълняват от микропроцесорна система. Бихме искали да обърнем внимание на факта, че в нея са вложени в неявен вид: идея за FC, критерии за оценка и изисквания към физическото устройство. Те могат да се нарекат част от "света на идеите". Алгоритъмът на работа носи в себе си идеята на устройството. Микропроцесорът съхранява и пренася до обектаисканията на човека към него и следи за изпълнението им. Критериите за оценка са всички необходими измервателни единици и скали за измерване на входните величини. Като изисквания към физическото устройство

** Тъй като все още на български език не е утвърден превод, авторите считат, че терминът жалони е най-близък по значение.

могат да се посочат: минимален обем, ниска себестойност, голямо бързодействие, надеждност, механична издръжливост и др.

Микропроцесорната система изпълнява управленски, изчислителни и входно/изходни функции. Сравнява входните величини със заложените еталони; променя обхватите за мащабиране; съхранява в паметта си FRB и "света на идеите", закодирани в данни и алгоритми; изчислява ε и $\Delta\varepsilon$; размира входните величини; управлява постъпването на размити данни директно от човек; изчислява степента на активиране на всяко правило. Формира изходен сигнал чрез деразминаване. Подава необходимото управляващо въздействие. Организира цикличността на непрекъснато измерване и управление. Микропроцесорът поддържа при необходимост и всички видове комуникации с околнния свят – клавиатура, индикация, връзка с друг μ P (по RS232 или др.).

В зависимост от конкретния обект на управление приоритетите в изискванията към микропроцесорната система са различни. При разработване на μ P-системи за управление се акцентира върху надеждността на работата им. Тя зависи от многобройни фактори, които могат да се обединят в следните групи:

- обект, сензори, регулиращи органи (крайни изпълнители);
- апаратни дефекти;
- алгоритмични бели петна;
- насищане на регулирането;
- субективни причини (от операторите).

Основно изискване към системите за управление е скоростта на обработка. При всички положения времето от преобразуване на измерваната величина от сензора до подаване на управляващо въздействие трябва да е по-малко от времето за съществена промяна на състоянието на обекта. Във FC се дефинира времето за обхождане на всички правила. То се дава като брой цикли за 1 s (FIPS). Това време може да се намали чрез увеличаване на тактовата честота на μ P, избор на по-мощен μ P, съкращаване на броя на входовете и изходите, оптимизиране на алгоритмите.

Апаратните ресурси на μ P-система трябва да са достатъчни за изпълнението на поставените задачи. При FC това е лесно изпълнимо – изчисленията са целочислени, няма високи изисквания за измерване на входните величини, т. е. задължителният за FC аналого-цифров преобразувател може да е с невисока точност, програмата не е дълга и FRB е компактна, което не създава трудности обем от 2 kB постоянна памет да е напълно достатъчен. При прилагане на FC в битова техника водещо изискване е ниската себестойност поради масовото тиражиране.

От казаното дотук става ясно, че едва ли не всеки микропроцесор става за FC. Трите основни групи μ P (изключвайки μ P на големите

машини) са: μ P от персонални компютри (PC), едночипови микрокомпютри (EMK – микроконтролери) с общо предназначение и специализирани EMK за FC. В зависимост от изискванията и възможностите се избира един от вариантите. Изгодно е да се използва PC при управление на голям промишлен обект или когато до обекта вече има в наличност PC. EMK с общо предназначение са изключително удобни за влагане във FC. Вътрешната им конфигурация е напълно достъпътчна. Цената им е несравнено по-ниска от PC. Осигуряват максимална гъвкавост при препограмиране. За разлика от специализираните EMK за FC тук конструкторът е напълно свободен да избира брой входове и изходи, методите за размиване и деразмиване, да създава съкратени процедури за обработка.

Специализираните EMK за FC (fuzzy-чипове или fuzzy-процесори – FP) са сравнително нови и все още не могат да се наложат масово. Техният сектор на приложение е сравнително тесен – в масово произвежданите уреди с FC, изпробвани и доказали своите предимства пред конвенционалните регулатори. Удобство при fuzzy-чиповете е лесното прилагане и липсата на грешки във вградения алгоритъм на работа. Намаляват рязко разходите и времето за програмиране и тестване на FC. Техен недостатък е неизползването на пълните им възможности (брой входове, изходи и правила), невъзможността за изследване на вътрешното поведение на FC и липсата на гъвкавост при изследване на FC върху нови обекти.

Siemens предлага fuzzy-процесор FUZZY-166. Той притежава богати възможности благодарение на вградените алгоритми и подсистеми. Възприема линейни и S-образни функции на принадлежност (MF). Поддържа размиващи оператори MIN-MAX, GAMMA, MIN-AVG и деразмиващи методи COG, COM и Fuzzy-Output. Времето за един цикъл при COG е 2220 μ s. Вграден е 16-битов RISC-процесор с работна честота 40 MHz.

Представлява интерес вариантът, при който fuzzy-процесор се използва в ролята на копроцесор, свързан към стандартна VME-шина. В този случай се използва едновременно fuzzy-чип и PC. Голяма част от FP, предлагани от фирмите, са ориентирани към тази концепция, т.е. те са fuzzy-копроцесори (FCP). Отново Siemens предлага FCP SEA 81C99. Той поддържа размиващи оператори MIN-MAX и MIN-BSUM и деразмиващи методи COG и MOM. Постигнати са 7,9 MFIPS при тактова честота 20 MHz. Дължината на думата е 60 Bit.

Предлага се изграден fuzzy-модул с MC 68HC11 с бързодействие 500 μ s за правило. Новият микроконтролер с общо предназначение MC 68HC12 на Motorola [4] има вградени fuzzy-инструкции, благодарение на което при прилагането му във FC в сравнение с 68HC11 обемът на програмата намалява 5 пъти, а времето за обработка –

до 50 μ s. Вече е реализиран FP на базата на процесор XC3030PC84 с тактова честота 100 MHz, постигаш 50 MFIPS.

IV. Заключение

В бъдеще изследванията по прилагането на различни μ P-системи във FC ще се разрастват съобразно възможностите им и конкретните изисквания. От друга страна се виджа, че съществуват области, в които FC е много по-добър от конвенционалните САУ. В бъдеще той ще доказва възможностите си. Обектите и ситуациите в науката и техниката стават все по-сложни и все по-неопределени, а именно там е силата на метода с размита логика.

Всичко това води до растяща необходимост от изследване на микропроцесорни системи в контролери с размита логика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yager, R. and D. Filev. Analysis of Flexible Structured Fuzzy Logic Controllers. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 24, No 7, pp. 1035–1043, 1994.
2. Yamakawa, T. Fuzzy Controller Hardware System. *2nd IFSA Congress, Tokyo, Japan*, pp. 827–830, July 1987.
3. Colodro, F., A. Torralba and L. G. Franquelo. A Digital Fuzzy-Logic Controller with a Simple Architecture. *Proc. of the Int. Symp. on CAS*, vol. 2, pp. 101–104, 1994.
4. Motorola. Motorola 68HC12 Overview. May 1996.