

Размит контролер с едночипов микрокомпютър MC 68HC11

РАЧО МАРИНОВ ИВАНОВ
РУМЕН ТЕНЕВ КОРТЕНСКИ

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

Abstract: The microprocessors (μ P) in FC can be μ P for PC, MCU general purpose or the specialized MCU for FC – fuzzy-processors which was found after analyzing the requirements for microprocessors in FC. The analysis of MCU general purpose use is very interesting because of their lower price and compactness relatively with the PC and the ability for personal configurations and algorithms for particular objects relatively with the fuzzy-processors. The developing FC consists of two inputs and one. The number of the input membership functions is chosen to be five for $\varepsilon(k)$ and five for $\Delta\varepsilon(k)$ and the number of the output force singletons – nine. The fuzzy rule base (FRB) is full (25 rules). MCU works in single mode. Common algorithm for developed and tested assembler program with 627 B total volume is presented in the study. Multiplying is the method for fuzzification and Center of Gravitation is the method for defuzzification. The time for a single loop measurement–inference–force (MIF) is 465 μ s or speed 2150 FIPS is achieved because of the partial turn of FRB. The results achieved prove the rightness of the approach for FC: MCU general purpose and individual hardware and software decisions for any particular case.

I. Увод

Напоследък все повече фирми и научни колективи насочват своите усилия към проблематиката на размитите контролери (FC). Това се обуславя от принципа на работа на FC [1], водещ до основните му предимства: 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.

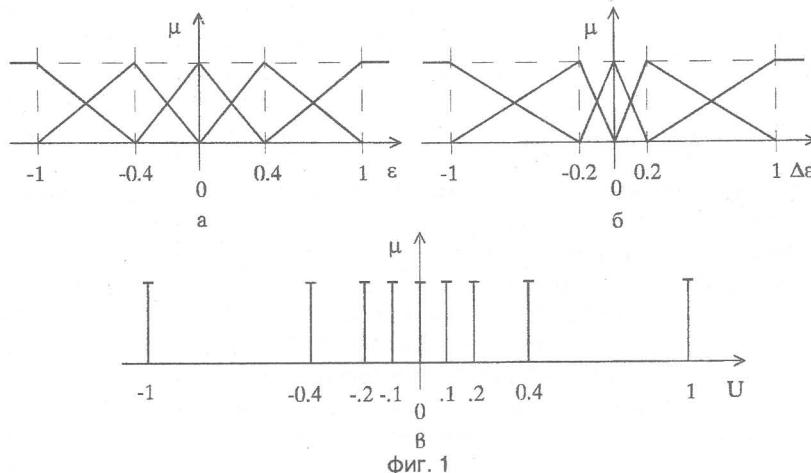
От задачите за изпълнение на микропроцесора (μ P) произтичат и изискванията към него. Те не са особено големи [2], което позволява за FC да се ползват различни процесори: μ P от персонални компютри (PC), едночипови микрокомпютри (EMK) с общо предназначение (микроконтролери) и специализирани EMK за FC – fuzzy-процесори (FP). Микропроцесорите от PC се прилагат за FC само в случаите, когато до обекта вече има в наличност PC. Fuzzy-процесорите се използват при едрoserийно производство и при ограничено време за разработка [3]. Представлява интерес изследването на EMK с общо предназначение за FC поради най-ниската им цена, както и поради компактност в сравнение с PC и възможност за изграждане на индивидуални конфигурации и алгоритми за конкретните обекти в

сравнение с fuzzy-процесорите. Показателен факт за посоката на развитие на FC е и вграждането на fuzzy-инструкции в новите микроконтролери. Такъв е MC 68HC12 на Motorola [4]. Това приближава микроконтролерите до fuzzy-процесорите, запазвайки големите възможности за преконфигуриране и наблюдение.

За разработвания FC е избран EMK с общо предназначение MC 68HC11 на Motorola. Причините за този избор са няколко. EMK с общо предназначение по цена и възможности са пригодени за контролери. Изборът на μ P от PC би ни отдалечил от реалността, където приложението им за FC е ограничено. От друга страна, изборът на fuzzy-процесор би ни ограничил рязко възможностите за анализ и съпоставка на различни режими и условия. Избраният микроконтролер е 8-битов, с 2 kB вградена енергонезависима памет, тактова честота 2 MHz, многобройни вградени подсистеми, възможности за наблюдение на работата в реално време. Не е за пренебрежване и фактът, че продуктите на Motorola са широко разпространени в България. Казаното дотук обуславя направления избор. Тъй като вътрешните ресурси на EMK са достатъчни, той работи в едночипов режим.

II. Блок-схема и избор на начални условия

Разработваният FC притежава два входа и един изход, тъй като в голяма част от случаите следенето на обекта се свежда до измерване на грешките $\varepsilon(k)$ и $\Delta\varepsilon(k)$ и до единствено въздействие $u(k)$. Качествата на FC много зависят от броя и разположението на функциите на принадлежност (MF) на всеки вход и на жalonите (singletons) за изхода. Удобно е те да са нечетен брой за симетрия относно някакво желано състояние, в което отклонението ще е нула.

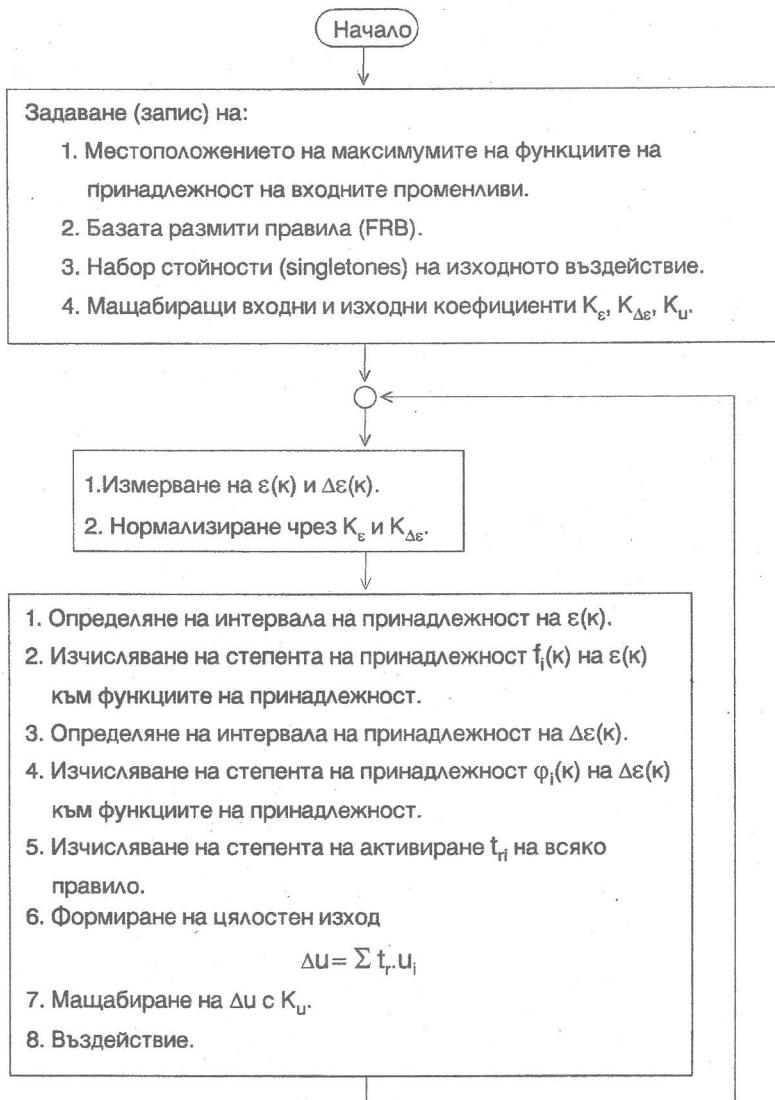


Броят на входните MF е 5, 7 или 9 в зависимост от конкретната задача [5]. Тук те са избрани пет за $\varepsilon(k)$ и пет за $\Delta\varepsilon(k)$ (фиг. 1 а,б). Сгъстяването на MF около нулата подобрява динамиката при малки изменения. Пресичането на MF на ниво 0.5 не води до недостатъци на FC, а до значително опростяване на изчисленията и оттам – до увеличаване на бързодействието. За еднобайтова целочислена аритметика стойностите на върховете на MF са в интервала $[-127; +127]$. За равномерна чувствителност в целия диапазон на FC броят на жалоните (singletons) на изхода трябва да са $m = 2n - 1$, където $n = \max(n_1, n_2)$, а n_1 и n_2 – броят на MF на двата входа. Следователно $m = 2n - 1 = 2.5 - 1 = 9$ (фиг. 1 в). Местоположението на върховете на MF на входните променливи и на жалоните на изходното взаимодействие оказват съществено влияние върху чувствителността, свойствата и поведението на FC. Избираме базата правила (FRB) да е пълна за удобство в процеса на изследване. Нейното ограничаване можем да си позволим едва след като алгоритъмът и FC с обекта са доказали своята работоспособност. Така броят правила ще бъде $n_1 \cdot n_2 = 5.5 = 25$.



фиг. 2

На фиг. 2 е представена опростената блок-схема на FC. В нея присъстват типичните за всяка система за автоматично управление блокове: *Обект*, *Сензори*, *Първични преобразуватели*, *Мащабиране*, *Краен изпълнител* и характерните за всяка процесорна система: *Индикация*, *Клавиатура*, *Последователен интерфейс*. В тях няма особено интересни новости и поради ограничения обем на статията тук няма да бъдат разглеждани подробно.



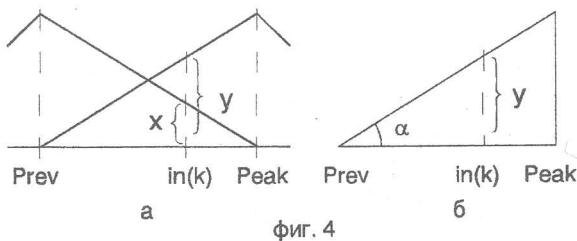
фиг. 3

III. Програмно осигуряване. Алгоритъм

На фиг. 3 е представен окръглен алгоритъм на разработена и изпитана програма на асемблер с общ обем 627 В. В началото се задават няколко групи данни. Всички те се записват в постоянната памет на μ P-система. След това μ P навлиза в цикъл измерване–решение–въздействие (measurment–inference–force – MIF). Измерват се всички входове.

Машабирането в целочисления интервал $[-127; +127]$ се извършва в Първичните преобразуватели и блока *Машабиране* под управление от μ P (фиг. 2). За вземане на решение от μ P е необходимо да се определи интервалът на принадлежност на всеки вход и да се изчисли степента на принадлежност към функциите на принадлежност (MF). При програмиране на асемблер е по-удобно това да стане поотделно за всеки вход. Интервалът на принадлежност се определя чрез сравняване на текущата измерена стойност $\varepsilon(k)$ с максимумите на MF. Степените на принадлежност $f_i(k)$ и $\phi_i(k)$ съответно на входовете $\varepsilon(k)$ и $\Delta\varepsilon(k)$ се изчисляват по правилото на подобните триъгълници (фиг. 4):

$$y = \frac{\text{in}(k) - \text{Prev}}{\text{Peak} - \text{Prev}}$$



фиг. 4

От пресичането на MF на ниво 0.5 следва $x = 100\% - y$.

С този метод се получава много добра точност, но поради операцията деление е малко по-бавен. Друга възможност за изчисляване на степените на принадлежност е чрез умножение с tg на ъгъла α на триъгълника, но точността се влошава драстично поради нелинейността на функцията tg . Степените на активиране на всяко правило се изчисляват по T-нормата Умножение $t_i = f_i \phi_i$, където i е номерът на правилото, а k и I – редът и колоната от FRB, с което се запазва влиянието и на по-малката степен на принадлежност върху резултата. Формирането на цялостен изход (деразмиване) се извършва по метода *Център на тежестта* (COG) по формулата

$$\Delta u(k) = \frac{\sum_{i=1}^N t_{ri} \cdot u_i}{\sum_{i=1}^N t_{ri}}$$

При пресичане на MF на ниво 0.5 сумата в знаменателя е 1, с което бавната операция деление отпада. Следва същинското въздействие върху обекта. С това един цикъл измерване–решение–въздействие (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.

IV. Заключение

В разработвания размит контролер на базата на микроконтролера MC 68HC11 благодарение на съкратеното обхождане на FRB е постигнато време за един цикъл измерване–решение–въздействие (MIF) 465 μ s или бързодействие 2150 FIPS. За сравнение FC на Motorola със същия микроконтролер и същия метод за деразмиване (COG) постига време 500 μ s на правило. При използване на предлагания алгоритъм бързодействието не зависи от броя на правилата, а само от броя на входовете. Интересен е фактът, че когато стойността на някой от входовете е в краищата на обхватата (т.е. получило се е голямо отклонение от заданието и е нужна бърза намеса), то бързодействието нараства до 5263 FIPS в резултат на намаляване на броя на активираните правила . При ползване на EMK с общо предназначение за FC (включително и онези от тях с вградени fuzzy-инструкции) се запазват възможностите за гъвкавост, индивидуален подход към обекта и наблюдение на FC в реално време. Тези постигнати резултати доказват правилността на подхода за FC – микроконтролери с индивидуални апаратни и програмни решения за всеки отделен случай.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lii, C. C. Fuzzy Logic in Control Systems. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol 20, No 2, pp. 404–434, 1990.
2. Иванов, Р., Р. Кортенски. Микропроцесорите в системите с размита логика. *Пета нац. научно-техническа конференция "ET '96"*, септември 1996, Созопол.
3. Einert, G. (съставител). *Fuzzy_initiative NRW*. MIT, Dusseldorf, 1993.
4. Motorola. *Motorola 68HC12 Overview*. May 1996.
5. Qiao, L., M. Sato and H. Takeda. Learning Algorithm of Environmental Recognition in Driving Vehicle. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol 25, No 6, pp. 917–925, 1995.