

Е.А. БЕКАЕВ¹ А.Қ. ҚАХАРМАН²

¹*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің оқытушысы
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: yermakhan.bekayev@ayu.edu.kz*

²*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің магистранты
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: adema1300@mail.ru*

ЗАМАНАУИ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ МИКРОПРОЦЕССОРЛАРДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада басқару жүйелерінде бүгінгі қолданыстағы микропроцессорларға ретроперспективалық шолу жасалып, даму үдерісінің негізгі бағыттары қарастырылған. Заманауи басқару жүйелеріндегі микропроцессорларды жобалау үдерісі кезеңінде қойылатын талаптар мен таңдау критериялары, микропроцессорлардың жіктелуі мен архитектуралық ереушеліктері сипатталған. Сонымен қатар, процессордың өнімділігін барынша арттырудағы «конвейерлік» өңдеу әдісі, ондағы конфликттерге байланысты туындайтын қайшылықтарды жоюдың әртүрлі архитектуралық тәсілдерін қолдану арқылы заманауи бақару жүйелеріндегі микропроцессорларды талдау және таңдау ерекшеліктері зерттелген. «Конвейер» принципі бойынша параллель жұмыс істейтін суперскалярлы және бірнеше есептеу құрылғылары бар процессор архитектурасының (VLIW – Very Long Instruction Word) негізгі үш түрі – деректерге сәйкес, басқаруға және құрылымдық конфликттерге байланысты тоқтатылуы анықталған. Сондықтан, олардың VLIW-процессорларында қолданылауы және ғылыми зерттеу саласында қолдану мүмкіндіктерінің, бастапқы кодтардың «жабық» түрде берілетіндігіне байланысты, шектелуі негізделген. Суперскалярлық микропроцессорлардың басты артықшылығы ретінде – бағдарламалық орындалатын кодтардың, олардың құрылымынан тәуелсіздігі мен оларды кез-келген процессор моделдерінде орындау мүмкіндігі анықталған. Сонымен қатар, қарастырылған екі түрлі архитектуралық шешімдердің артықшылықтарын өзінде біріктірген EPIC архитектурасының ерекшеліктері сипатталған.

Кілт сөздер: микроконтроллер, микропроцессор, микропроцессорлар эволюциясы және жіктелуі, VLIW процессоры, суперскалярлық процессор, EPIC архитектурасы.

Е.А. Bekayev¹, А.К. Kaharman²

¹*Lecturer of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), e-mail: yermakhan.bekayev@ayu.edu.kz*

²*Master's Student of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), e-mail: adema1300@mail.ru*

Features of analysis and selection of microprocessors in modern control systems

Annotation. The article discusses the results of a brief retrospective review of the current microprocessors in control systems and the main directions of their development. The main requirements and selection criteria presented at the stage of the microprocessor design process in modern control systems, classification and architectural features of microprocessors are described. In addition, the «pipeline» processing method for maximizing processor performance, features of the analysis and selection of microprocessors in modern control systems using various architectural solutions for the elimination of contradictions arising in it related to conflicts are studied. According

to the «pipeline» principle, three main types of processor architecture (VLIW – Very Long Instruction Word) with superscalar and multiple computing devices working in parallel are defined - depending on data, management and structural conflicts. Therefore, their use in VLIW processors and the limitation of their application in the field of scientific research is justified, due to the fact that the source codes are transmitted in a «closed» form. The main advantage of superscalar microprocessors is the independence of program-executable codes from their structure and the possibility of their execution on any processor models. In addition, the features of the EPIC architecture are described, which combines the advantages of the two different architectural solutions considered.

Keywords: automated control system and classification, software and testing, modular and integration testing, data, data migration.

Е.А. Бекаев¹, А.К. Кахарман²

¹преподаватель Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (Казахстан, г. Туркестан), e-mail: yermakhan.bekayev@ayu.edu.kz,

²магистрант Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (Казахстан, г. Туркестан), e-mail: adema1300@mail.ru

Особенности анализа и выбора микропроцессоров в современных системах управления

Аннотация. В статье рассматриваются результаты краткого ретроспективного обзора существующих на сегодняшний день микропроцессоров в системах управления и основные направления их развития. Описаны основные требования и критерии выбора предъявляемые на этапе процесса проектирования микропроцессоров в современных системах управления, классификация и архитектурные особенности микропроцессоров. Кроме того, изучены «конвейерный» способ обработки при максимизации производительности процессора, особенности анализа и выбора микропроцессоров в современных системах управления с использованием различных архитектурных решений при устранении возникающих в нем противоречий, связанных с конфликтами. По принципу «конвейера» определены три основных типа архитектуры процессора (VLIW – Very Long Instruction Word) с суперскалярными и несколькими вычислительными устройствами, работающими параллельно – в зависимости от данных, управления и структурных конфликтов. Поэтому обосновано их использование в VLIW-процессорах и ограничение возможностей их применения в области научных исследований, в связи с тем, что исходные коды передаются в «закрытом» виде. В качестве главного преимущества суперскалярных микропроцессоров – определена независимость программно-исполняемых кодов от их структуры и возможность их выполнения на любых моделях микропроцессоров. Кроме того, описаны особенности архитектуры EPIC, которая объединила в себе преимущества двух рассмотренных различных архитектурных решений.

Ключевые слова: микроконтроллер, микропроцессор, эволюция и классификация микропроцессоров, VLIW-процессор, суперскалярный процессор, архитектура EPIC.

Кіріспе

Қазіргі заман есептеу жүйелеріндегі микропроцессорлар – әлемдегі ең жылдам және ақылды чиптерден сомдалған құрылғы болып, секундына 4 миллиард операция жасай алады және көптеген түрлі заманауи технологияларды қолдану арқылы жасалады. XX ғасыр 90-шы жылдарынан бастап, процессорлар жаппай қолдануға көшкенде, микропроцессорлар дамуының шарықтау шегі 2002 жылға тура келеді [1]. Себебі, ол уақытта кремнийдің барлық негізгі қасиеттерін, өндіріс пен логикалық тізбектерді құру барысындағы ең аз шығын жұмсап үлкен

тактілік жиіліктер алуға қол жеткізілді. Бірақ, кремнийді өңдеу технологияларының мүмкіндіктерінің шектелуіне байланысты, бүгінгі күндегі жасалатын процессорлардың тиімділігі біршама төмендеді.

Микропроцессор – шағын кремний кристалында түзілген интегралды схема болып, чиптерде жартылай өткізгіштік қасиеттеріне байланысты келесі жағдайларда қолданылады: оның электр өткізгіштігі диэлектриктерге қарағанда үлкен, бірақ металдарға қарағанда аз. Сондықтан, электр зарядтарының еркін өтуі үшін, электр зарядтарының қозғалысына кедергі келтіретін оқшаулағыш ретінде және өткізгіш ретінде жасауға болады. Ал, олардың өткізгіштігін – жартылай өткізгіштік ерекшеліктеріне байланысты қоспаларды енгізу арқылы басқаруға болады.

Микропроцессорда, алюминийден немесе мыстан жасалған ең жақсы өткізгіштермен байланысқан және деректерді өңдеу үшін қолданылатын миллиондаған транзисторлар бар болғандықтан, ондағы ішкі шиналардың функцияналдық мүмкіндіктері қалыптасады. Нәтижесінде, микропроцессор – математикалық және логикалық операциялардан бастап, бүкіл компьютердің жұмысын басқаруға дейінгі көптеген функцияларды орындайды.

Микропроцессордың негізгі параметрлерінің бірі – уақыт бірлігіндегі операциялардың сандық көлемінің мөлшерін, жүйелік шинаның жұмыс жиілігін, SRAM ішкі кэш-жадының көлемін анықтау болғандықтан, кристалдың жұмыс жиілігі бойынша белгіленеді. Кристалдың жұмыс жиілігі транзисторлардың жабық күйден ашық күйге ауысу жиілігімен анықталады. Ал, транзистордың ауысу мүмкіндіктерінің жылдамдығы, чиптердің кремнийден жасалатын пластиналарын өндірудің технологияларымен анықталады. Технологиялық процестің өлшемі – олардың қалыңдығы мен вентилінің ұзындығына байланысты, транзистордың өлшемдерін анықтайды. Сондықтан, барлық заманауи процессорлар өріс транзисторларын пайдаланады. Микропроцессорлардың екі негізгі түрі бар. Бірінші түрі – микроконтроллер деп аталады және процессоры, жады және перифериялық құрылғылары бар дербес жүйе болып табылады. Олар бұқаралық ақпарат құралдарында күнделікті байқалмауы мүмкін, бірақ автокөліктердің, кеңсе жабдықтарының, тұрмыстық техниканың, өнеркәсіптік басқару жүйелерінің, компьютерлік жүйелерге арналған перифериялық құрылғылардың және т.б. көптеп қолданылады. Екіншісі – жеке компьютерлер, серверлер, ұялы телефондар және т.б. сол сияқты жұмыс істейтін жалпы мақсаттағы микропроцессорлар.

Басқару жүйелеріндегі микропроцессорларға ретроперспективалық шолу

Микропроцессорлардың эволюциясын бірнеше сатыға бөліп қарастыруға болады [2].

1. *4 биттік микропроцессор* Intel компаниясы тарапынан 1971 жылы шығарылды. Бұл Intel МП 4004 – 2300 транзистор мен 16 түйреуіштен тұратын процессордың жылдамдығы секундына 60 мың операцияны орындайтын 740 кГц болды. Бір чипке салынған Intel 4004 қарапайым арифметикалық және логикалық амалдарды, ал басқару блогы жадтағы нұсқауларды түсініп, тапсырмаларды орындады.

2. *8 биттік микропроцессор* 1973 жылы, 500 кГц жиіліктегі МП 8008 секундына 50 мың нұсқаулық; 1974 жылы МП 8080 – 2 МГц секундына 60 мың нұсқаулық; 1976 жылы секундына 769 230 нұсқаулық және 3 МГц жылдамдықпен орындауға қабілетті МП 8085 микропроцессор пайда болды.

3. *16 биттік микропроцессор* 1978 жылы МП 8086-88, жиілігі 4,77, 8 және 10 МГц және секундына 2,5 миллион операция. Сонымен қатар, 1982 жылы 68 түйреуішті – Zilog Z800 және 80286 секундына 4 миллион нұсқаулықты оқи алды.

4. *32 биттік микропроцессорлардың* тактілік жиілігі 16-дан 33 МГц-ке дейінгі, 275 мың транзисторлы; 1986 жылы шыққан 16-100 МГц Intel 80486 микропроцессорының 8 КБ жад-кэшi бар 1,2 миллион транзистор болды. 1993 жылы 66 МГц және 8 биттік кэш жады бар Pentium микропроцессоры дүниеге келді.

5. *64 биттік микропроцессор* 1995 жылы шығарылған Pentium процессоры 1,2-ден 3

ГГц-ке дейінгі алғашқы 64 биттік процессорлардың бірі болды. Онда 291 миллион транзистор және секундына 64 КБ нұсқаулық болды.

2007, 2009 және 2010 жылдары i3, i5, i7 микропроцессорлары дүниеге келді. Ал, микропроцессордың әртүрлі қосымшалардағы эволюциясын қысқаша атап өтер болсақ, олар:

Іскери калькулятор 1971 жылы микропроцессорды қолданған алғашқы құрылғылардың бірі болды. Көп ұзамай Commodore PET оны 1971 жылы үй компьютерінің бөлігі ретінде қосты. Кір жуғыш машина, тұрмыстық құрылғы, 1977 жылға қарай микрочип те болды.

1980 жылдары Namco Arcade mania шығарды, бұл жаңа трендті бастады. 1981 жылғы Osborne 1 ноутбугында бес экран, салмағы 10,7 кг және процессор болды. Ойын бизнесі 1986 жылы Nintendo NES процессорын да қолданды.

1991 жылы дербес компьютерлер дәуірі микропроцессорларды кеңінен қолдануға әкелді, содан кейін сәйкесінше 1997 және 2001 жылдары MP3 және iPod сияқты музыкалық ойнатқыштар пайда болды. 2000 жылдың басында BlackBerry смартфонны мен Microsoft Windows планшеті шығарылды.

Ноутбук 2008 жылы жақсартылған мультимедиялық және интернет мазмұнымен шықты. Интернет құрылғылары, Автомобильдер және т.б. сияқты сандық белгілер 2011 жылдан бастап жоғары өнімді микропроцессорларды қолданады. Ультрабук жоғары өнімді есептеу үшін 2011 жылдан бергі ең жаңа технологияны қолданады.

Микропроцессорлардың жылдар бойына өзгеруі жайлы қосымша мәліметтер:

Бірінші буын – 1971 жылдан 1972 жылға дейін Intel 4004 Rockwell International PPS-4 Intel 8008 және т. б. сияқты микропроцессорлар пайда болған бірінші буын дәуірі болды.

Екінші буын – 1973 жылдан 1978 жылға дейін 8 биттік микропроцессорлардың дамуын белгіледі. Intel 8085, Motorola 6800 және 6801 сияқты процессорлар пайда болды.

Үшінші буын – INTEL 8086/80186/80286, Motorola 68000, 68010 және т.б. сияқты 16 биттік процессорлар пайда болды.

Төртінші буын – 1981 жылдан 1995 жылға дейін өмір сүрді. NMOS өндірісін қолданатын 32 биттік процессорлар пайда болды. INTEL 80386 және Motorola 68020 — осы буынның ең танымал процессорлары.

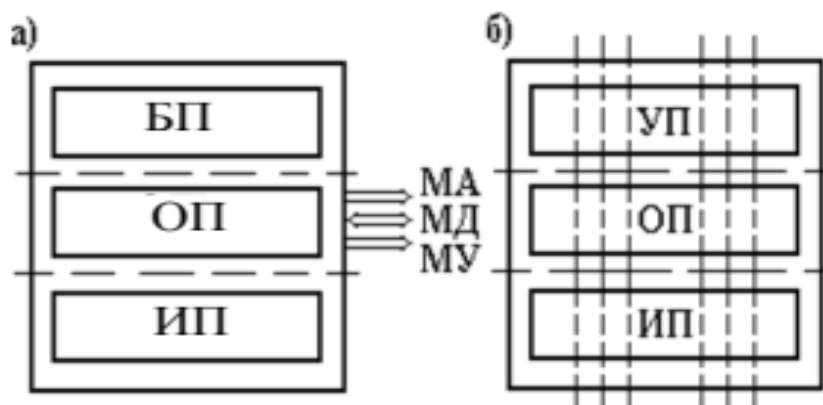
Бесінші буын – 1995 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін біз бесінші ұрпақта өмір сүріп жатырмыз. PENTIUM, Celeron, екі ядролы, төрт ядролы және сегіз ядролы процессорлар сияқты 64 биттік процессорлар пайда болды.

Микропроцессорлардың жіктелуі

Қарапайым компьютерлердің процессорлары күрделі функционалды құрылымға ие болғандықтан, көптеген электронды элементтерден және тармақталған байланыс жүйелерінен тұрады. Процессордың құрылымын толық схемада немесе оның бөліктерінде мүмкін болатын құрылымға сәйкес келетін элементтер мен байланыстар саны бірдей болатындай етіп өзгерту керек. Бұл жағдайда микропроцессор ішкі магистральдық архитектурасының құрылымы, яғни, негізгі функционалды құрылымдық блоктарға (арифметика-логикалық, жұмыс регистрлері, стек, үзілістер, интерфейс, басқару және синхрондау және т.б.) бөлінеді. Үш чипті микропроцессорды (нүктелі сызықтар) құру кезінде процессор құрылымының функционалды блоктарға бөлінуі 1-суретте берілген. Ондағы операциялық, басқарушы және интерфейс бойынша процессорлардың үлкен интегралды схемасы көрсетілген [3].

Операциялық процессор (ОП) деректерді өңдеуге қызмет етеді, басқару процессоры (БП) операндтардың адресерін іріктеу, декодтау, операндтар мекен-жайының адресерін есептейді және сонымен қатар микрокомандалар тізбегін генерациялайды. БП-ның автономды жұмысы мен оның үлкен жылдамдығы – ОП жадтының командаларын, орындау жылдамдығына қарағанда жоғары жылдамдықпен таңдауға мүмкіндік береді. Бұл ретте БП-да әлі орындалмаған командалардың кезегі қалыптасады, сондай-ақ БП келесі жұмыс циклдерінде қажет болатын деректер алдын ала дайындалады. Командалардың мұндай озық

үлгісі бағдарлама командаларын орындау үшін қажетті операндтарды күту үшін ОП жұмыс уақытын үнемдейді. Интерфейс процессоры жад пен перифериялық құралдарды микропроцессорға қосуға мүмкіндік береді, яғни олар негізінен ақпаратты енгізу/шығару құрылғылары үшін күрделі контроллерлер болып табылады. Интерфейс процессоры жадқа тікелей қол жеткізу арнасының функцияларын да орындайды.



1-сурет – Процессордың (а) функционалдық құрылымы және б) секциялық ҮИС (БИС) бөлінген комплект түріндегі кекінінің көрінісі

Жадтан таңдалған командалар микропроцессордың әр бөлігімен дербес оқылып танылады және орындалады. Сондықтан барлық МП интегралды микросхемаларының бір уақытта жұмыс істеу режимін қамтамасыз етуге болады, яғни бағдарлама командаларының тізбегін орындаудың конвейрлік ағындық режимі (аз уақыт ауысымымен тізбекті түрде орындау). Бұл жұмыс режимі микропроцессордың жұмысын едәуір жақсартады.

Жоғары өнімді көп разрядты микропроцессорларды құру үшін қол жетімді ҮИС-да іске асырылмайтын көптеген аппараттық құралдар қажет. Сондықтан, микропроцессор құрылымдарының көлденең жазықтықтармен функционалды блоктарға бөлу қажет болуы мүмкін. Микропроцессор құрылымын функционалды және конструктивті аяқталған бөліктерге қарастырылған функционалды бөлу нәтижесінде олардың әрқайсысын ҮИС түрінде іске асыру үшін жағдайлар жасалады. Олардың барлығы МР секциялық интегралды схемалар жиынтығын құрайды.

Осылайша, микропроцессорлық бөлім – бұл деректердің бірнеше биттік көлемін өңдеуге немесе белгілі бір басқару операцияларын орындауға арналған ҮИС және МП интегралды схемаларының секциялық өңделетін деректердің жадтағы көлемін «арттыру» немесе ҮИС-ның көп санын «параллель» қосу кезінде микропроцессорды басқару құрылғыларын қиындату немесе қиындартау мүмкіндіктерін анықтайды.

МП бір чипті және үш чипті интегралды микросхемалар, әдетте, біртұтас жартылай өткізгіш аспаптардың микроэлектрондық технологиялары негізінде, ал биполярлы МП көп чипті секциялық ҮИС негізінде жасалады. Өңделетін деректердің аз физикалық разрядтылығы кезінде функционалды заңдылығы бар және терминалдардың көптеген саны бар корпусқа орнатылған көп чипті микропроцессорлық жоғары жылдамдықты биполярлық ҮИС-ларды пайдалану, процессордағы байланыстың тармақталуын ұйымдастыруға, сондай-ақ, оның өнімділігін арттыру үшін ақпаратты өңдеудің конвейрлік принциптерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Әмбебап және мамандандырылған микропроцессорлар

Тәжірибелік қолдану мақсаты бойынша микропроцессорлар әмбебап және мамандандырылған микропроцессорлар болып екіге бөлінеді.

Әмбебап микропроцессорларды әртүрлі мәселелерді шешу үшін қолдануға болады. Сонымен қатар, олардың тиімді өнімділігі шешілетін міндеттердің проблемалық ерекшелігіне байланысты. МР мамандануы, яғни оның белгілі бір функцияларды жеделдетіп орындауға проблемалық бағдарлануы тек белгілі бір мәселелерді шешуде тиімді өнімділікті күрт арттыруға мүмкіндік береді.

Мамандандырылған микропроцессорлардың ішінде логикалық операциялардың күрделі тізбегін орындауға бағытталған әртүрлі микроконтроллерлерді, арифметикалық операцияларды орындау кезінде өнімділікті арттыруға арналған математикалық МП-ны, мысалы, оларды орындаудың матрицалық әдістерін, әртүрлі қолданбалы салалардағы деректерді өңдеуге арналған МП және т. б. мамандандырылған МП көмегімен жаңа күрделі есептерді тиімді шешуге болады параллельді деректерді өңдеу. Мысалы, конволюция кеңінен қолданылатын корреляция әдістеріне қарағанда сигналдарды күрделі математикалық өңдеуге мүмкіндік береді [3].

Соңғысы, негізінен деректердің тек қана екі сериясын салыстыруға дейін азаяды: сигнал түрінде берілетін кіріс және бекітілген тірек және сондай-ақ, олардың ұқсастығын анықтау. Конволюция нақты уақыт шкаласында өзгермелі формадағы сигналдарға сәйкестікті оларды әр түрлі эталон сигналдарымен салыстыру арқылы табуға мүмкіндік береді. Мысалы, пайдалы сигналды белгілі фонда тиімді бөлуге мүмкіндік береді. Әзірленген бір чипті конвольверлер, деректерді жинау мүмкіндіктері мен жүйенің осы деректерді өңдеу қабілетінен асып түсетін жағдайларда ғана үлгіні тану құрылғыларында қолданылады.

Цифрлық және аналогтық микропроцессорлар

Өңделетін кіріс сигналдарының түрі бойынша цифрлық және аналогтық микропроцессор болып екіге бөлінеді. Микропроцессорлардың өздері – сандық құрылғыларда аналогтық-сандық және сандық-аналогтық түрлендіргіштер болуы мүмкін. Сондықтан кіріс аналогтық сигналдар МП-ға түрлендіргіш арқылы сандық түрде беріледі, өңделеді және аналогтық түрге қайта түрлендірілгеннен кейін шығысқа түседі. Архитектуралық тұрғыдан алғанда, мұндай микропроцессорлар аналогтық функционалды сигнал түрлендіргіштері болып табылады және оларды аналогтық микропроцессорлар деп атайды.

Сандық микропроцессорларды салыстыру олардың жұмыс тізімдерін орындау уақытын салыстыру арқылы жүзеге асырылады. Аналогтық микропроцессорларды салыстыру екінші ретгі рекурсивті сүзгілердің аналогтық-цифрлық сүзгілерінің баламалы сілтемелерінің саны бойынша жүргізіледі. Аналогтық микропроцессордың өнімділігі оның көбейту операцияларын жылдам орындау қабілетімен анықталады: көбейту неғұрлым тез жүзеге асырылса, аналогтық түрлендіргіштегі сүзгі сілтемелерінің эквивалентті саны соғұрлым көп болады және микропроцессорда цифрлық сигналдарды түрлендірудің неғұрлым күрделі алгоритмін орнатуға болады.

Аналогтық микропроцессорларды одан әрі жетілдіру бағыттарының бірі олардың әмбебаптығы мен икемділігін арттыру болып табылады. Сондықтан цифрлық деректердің үлкен көлемін өңдеу жылдамдығын арттырумен бірге бағдарламаларды үзудің аппараттық блоктарын және бағдарламалық ауысуларды іске асыру есебінен цифрлық ақпаратты өңдеудің дамыған есептеу процестерін қамтамасыз ету құралдары дамитын болады.

Синхронды және асинхронды микропроцессорлар

Жұмысты уақытша ұйымдастыру табиғатына қарай микропроцессорлар синхронды және асинхронды болып бөлінеді. Синхронды микропроцессорлар – операциялардың басталуы мен аяқталуы басқару құрылғысымен берілген микропроцессорлар (бұл жағдайда операциялардың орындалу уақыты толтыратын командалардың түріне және операндтардың шамаларына байланысты емес).

Асинхронды микропроцессорлар әрбір келесі болатын операцияның басталуын алдыңғы операцияның нақты аяқталу сигналымен анықтауға мүмкіндік береді.

Микропроцессорлық жүйенің әрбір құрылғысын тиімдірек пайдалану үшін асинхронды жұмыс істейтін құрылғылардың құрамына, олардың дербес жұмыс істеуін қамтамасыз ететін электрондық тізбектер енгізіледі. Кез-келген операциялық жұмысты аяқтағаннан кейін, құрылғы келесі операцияны орындауға дайын екендігін білдіретін сұрау сигналын шығарады. Бұл реттегі жұмыстардың табиғи таратушысының рөлін, алдын ала белгіленген басымдыққа сәйкес, қалған құрылғылар оларды бірлескен ақпаратпен және деректермен қамтамасыз ету жөніндегі сұрауларын орындайтын жад өзіне алады [4].

Бір және көп магистральды микроэмдер

Микропроцессорлық жүйелердің құрылымын ұйымдастыру бойынша бір және көп магистральды микроэмдер болып екіге ажыратылады.

Бір магистральды микроэмдерде – барлық құрылғылардың интерфейсі де бірдей және деректер кодтары, мекен-жайлары және басқару сигналдары берілетін бірыңғай ақпараттық магистральға қосылған.

Көп магистральды микроэмдерде – құрылғылар өздерінің ақпараттық магистралдеріне топтасып қосылады. Бұл жағдай, өз кезегінде бірнеше немесе барлық магистральдар арқылы ақпараттық сигналдарды бір уақытта жетуіп беруге мүмкіндік туғызады. Жүйелерді мұндай түрде ұйымдастыру арқылы өнімділікті арттыруға болады, бірақ жобалау үдерісі қиындайды.

Бір және көп бағдарламалық микропроцессорлар

Орындалатын бағдарламалар саны бойынша микропроцессорлар бір және көп бағдарламалық болып екіге ажыратылады. Бір бағдарламалық микропроцессорларда тек бір ғана бағдарлама орындалады, ал басқа бағдарламаларды орындауға көшу үдерісі, ағымдағы бағдарлама аяқталғаннан кейін ғана орын алады.

Көптеген немесе мультипрограммалық микропроцессорларда – бір уақыттың ішінде бірнеше немесе бірнеше ондаған бағдарламалар орындалады. Микропроцессорлық басқару жүйелерінің мультипрограммалық жұмысын ұйымдастыру, көптеген ақпарат дерек көздерінің немесе қабылдағыштардың күйін және басқарылуын бақылауға мүмкіндік береді.

Микропроцессорларды дамытудың негізгі бағыттары

Әмбебап микропроцессорларды (МП) өндірушілері арасындағы бәсекелестік, олардың архитектурасын жақсарту және өндіріс технологиясын жетілдіру арқылы болатын арзан және өнімділігі жоғары құрылғыларды жасауға алып келеді. Бүгінгі таңда, заманауи микропроцессорларды дамытудың келесі негізгі бағыттарын бөліп қарастыруға болады:

Тактілік жиілікті арттыру. Тактілік жиіліктің жоғарылауы жобалық нормалары аз өндірістің жетілдірілген технологиялары есебінен орындалады; топологиялық қабаттар санының артуы мен аз каскадты және жетілдірілген транзисторлары бар неғұрлым дамыған схемотехникасы және сондай-ақ функционалды құрылғылардың кристалда тығыз орналасуымен сипатталады.

Жадтың ішкі жүйесінің көлемі мен өткізу қабілеттілігін арттыру. Жадтың ішкі жүйесінің өткізу қабілеттілігін арттыру мүмкіндігін беретін шешімдерге мыналар жатады: бір немесе бірнеше деңгейдегі кэш-жадты құру, оқу және жазу барысында жадқа қол жеткізу үшін порттардың санын көбейту, шиналардың өткізу қабілеттілігін арттыру және процессор мен жадтың арасындағы (кэш-жад пен негізгі жадтың арасында) деректер шиналарының санын көбейту

Параллель жұмыс істейтін атқарушы құрылғылардың санын көбейту. Микропроцессорлардың әрбір жаңа буынын жасау барысында функционалды атқарушы құрылғылардың сандары артып, уақыт пен функционалды сипаттамалары жақсартады.

Өндіріс технологиясының жетілдірілуімен транзисторлардың өлшемдері азаяды, кідіріс азаяды, бұл микропроцессордың тактілік жиілігін арттыруға, корпус ауданын азайтуға және нәтижесінде кристалды өндіру құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Бүгінгі күні процессорлардың күрделілігі соншалық, бір ғана чипте бірнеше жүз миллион логикалық вентильтер болуы мүмкін. Сонымен қатар, заманауи технологияларды жетілдіру, МП

жұмысында бөлінетін шашыраңқы қуатты азайтуға мүмкіндік береді, ал бұл өз кезегінде олардың тұтынушылық қасиеттерін жақсартады және базарлық нарықта әртүрлі мобильді есептеу жүйелерінің пайда болуына алып келеді.

Дегенмен логикалық вентильдердің сипаттамалық өлшемдерін азайту жолындағы әрбір жаңа қадам – уақыт пен ресурстарды көбірек жұмсауды талап етеді және сонымен қатар, МП жобалау ерекшеліктеріне байланысты, жаңа технологиялар арқылы тактілік жиілікті айтарлықтай арттыруға мүмкіндік бермейді. Бәсекелестік чиптегі вентильдер санын көбейту – оның ішінде бір уақытта жұмыс істейтін бір кристалдағы МП санын көбейту арқылы есептеу жүйесінің архитектуралық өнімділігін арттыру саласына ауысады. Осы бағытта сәтті даму үшін белгілі бір МП архитектурасын таңдап, күтілетін болжамды өнімділік пен оның құнын және тұтынушылық қасиеттерін тез бағалай білу керек.

Сондықтан, архитектураны әзірлеу барысында, есептеу жүйесін жобалаудың алғашқы кезеңдерінде кристалдың орналасу кеңістігі ауданын, оның қуаты мен өнімділігін тез және мүмкіндігінше дәлірек бағалай білу керек. Сонымен қатар, бұл таңдалған архитектураның әртүрлі мақсаттарға бағытталған салаларға – мобилді жүйелерге, жоғары өнімді серверлерге және т.б. оңтайландыру үшін қажет болуы мүмкін.

Микропроцессорлар архитектурасы

Бүгінгі таңда, негізгі микропроцессорды өндірушілердің технологиялық мүмкіндіктері шамамен бірдей болғандықтан, жылдамдық үшін күресте архитектуралық фактор бірінші орынға шығады. Сондықтан, микропроцессорлардың архитектурасы соңғы жылдары негізгі екі бағытта дамуда. Әр бағыттың шеңберінде өнімділікті арттырудың бұрын қарастырылған архитектуралық әдістерінің өзіндік ерекшеліктері мен басымдықтары бар және белгілі бір дәрежеде қолданылады.

Бірінші бағыт шартты түрде *speed Daemon* деп аталды және ондағы микропроцессордың ішкі құрылымдық ұйымдастырылуы жоғары тактілік жиілік негізінде болғандықтан, жоғары өнімділікке қол жеткізуге ұмтылумен сипатталады. Ал екінші бағыт – *Drainiac*, есептеуді жоспарлау логикасы мен процессордың ішкі құрылымын күрделендіру арқылы жоғары өнімділікке қол жеткізу арқылы сипатталады. Бұл аталған бағыттардың әрқайсысының өз қарсыластары мен қолдаушылары бар. Сондықтан, қолданыстағы микропроцессорлардың архитектуралық шешімдері келесі кестеде келтірілген.

1-Кесте – Қолданыстағы микропроцессорлардың архитектуралық шешімдері

Әзірлеуші компаниялар	Intel, AMD	Intel	Motorola, IBM, Apple	IBM	DEC	Hewlett-Packard	SUN	SUN	MIPS
Микропроцессор архитектурасы	x86	IA64	PowerPC	Power	Alpha	HP/PA	SPARC	MAJC	MIPS

Бүгінгі күндегі, гиперүлкен СБИС дамуының негізгі тенденцияларының бірі – көптеген қарапайым процессорлардан бір чипті жүйелерді құру болғандықтан, бұлар мультитредті немесе векторлық-конвейерлік архитектуралы болуы мүмкін. Сонымен қатар, қарапайым процессорлар немесе қарапайым процессор элементтерінің қайта конфигурацияланатын массивтерінен құралған MIMD және SIMD-жүйелерін де білдіруіде мүмкін.

Зерттеу әдістері

Ақпараттық деректерді өңдеу үдерісін, қолданыстағы бар – *үлестірілген, матрицалық және конвейерлік* деп аталатын әдістерге шартты түрде бөліп қарастыруға болады [5].

Үлестірілген өңдеу әдісі – бағдарламалар мен деректер бөлшектеледі және жүйедегі

машиналар бойынша таратылуды зерттейді. Бейімделетін параллель бағдарламаларды құруға рұқсат етіледі және оларды іске асыру барысында тармақтарыдың саны жүйеде жұмыс істейтін есептеу машиналар санына сәйкес келеді. Үлестірілген деректерді өңдеу әдісі күрделі тапсырмалар кластарының кең ауқымында теориялық және эксперименталдық түрде жете зерттелген. Күрделі мәселелерді шешу барысында ірі блоктарға бөлінген жүйелердегі параллельдеу әдістемесін өндірісте қолдану тәжірибесі – ақпараттық үлестірілген өңдеуге арналған параллель бағдарламалардан пайдаланудың жоғары тиімділігін көрсетеді.

Матрицалық өңдеу әдісі жағдайында, есептеу бағдарламасы бір басқарушы машинада болады, ал деректер жүйенің немесе ішкі жүйенің барлық машиналарына бірдей бөлінеді. Мәселені шешу процесі: басқару компьютерінен командаларды басқа машиналарға жіберу және осы командаларды барлық машиналармен әрқайсысының орындалу үдерісі, үстіңгі операндтар бойынша ауыспалы процедуралардан тұрады. Матрицалық әдіс, үлестірілген әдіспен салыстырғанда, машиналар бойынша үлестірілген жүйенің жадын пайдаланылу барысында жадтың сымдылығын үнемдеуге мүмкіндік береді. Алайда, бұл әдіске тән негізгі кемшіліктердің бірі – машиналардың қолданылуы біркелкі емес, яғни гетерогенді болады және ондағы жадтардың жүктелуі біркелкі еместігімен сипатталады.

Ақпаратты өңдеудің *жалпыланған матрицалық әдісі*. Мұнда бағдарламалардың бір жүйеде орналастырылуы тұтастай емес, бірақ алдын-ала сегменттеледі (параллель емес), содан кейін машиналардың жадына сегменттелген түрде орналастырылады, яғни бағдарлама құрайтын сегменттер тізбегін машиналардың жадына орналастыруға болады. Ақпараттарды өңдеудің үлестірілген және матрицалық әдістердің өзіндік ерекшеліктері бар. Олар, мәселені шешу процесінде жүйелік машиналардың арасындағы мәліметтердің өзаралық алмасуымен сипатталады.

Деректерді өңдеудің *конвейерлік* әдісінде – жүйенің құрылымындағы машиналар «сызғыш» немесе «сақина» конвейерді құрайтындай етіп алдын ала конфигурацияланады. Содан кейін ғана бағдарламаны сегменттеу және конвейердің құрылымына сәйкес алынған сегменттердің тізбегін жүйенің машиналарына орналастыру жүзеге асырылады. Деректердің орналастырылуы шоғырланған (мысалы, бір компьютердің сыртқы жадтарында) немесе таратылған болулары мүмкін (барлық конвейер машиналарының жадында). Мәселені шешу барысында деректер конвейерді құрайтын машиналар тізбегі арқылы өңдеулер «өткізіледі».

Сонымен, ақпаратты өңдеудің таратылған әдісімен MIMD архитектуралы жүйелердің мүмкіндіктері толығымен қолданылады. Ақпаратты өңдеудің матрицалық және конвейерлік әдістері жүйе архитектурасының мүмкіндіктерін ішінара пайдалануды қамтамасыз етеді. MIMD архитектуралы жүйелер бірінші әдіспен SIMD архитектуралық, ал екінші әдіспен MISD архитектуралық құрылымға айналады.

Ақпаратты өңдеу үдерісін зерттеудің цифрлық әдістері және олардың даму қарқыны – өңдеу үдерісіндегі қолданбалы микропроцессорлық құралдарын (дербес компьютерлер мен перифериялық жабдықтар) есептеу және өндірісті басқару тәжірибесіндегі эзірлемелерге және оларды өндіріске енгізудің алғышарттық талаптарын қалыптастырады. Микропроцессорлар, контроллерлер, жүйелік платалар, шиналар, дискілер, бейне және аудио ақпараттарды шығару жүйелерін және т.б. қамтиды. Сонымен қатар, оларды аппаратуралық іске асыру көбінесе осы құралдарды пайдаланатын жүйелердің есептеу қуаты мен функционалдық мүмкіндіктерінің белгіленген деңгейлерін қамтамасыз етеді.

Микропроцессорлық жүйелерді эзірлеуде әрдайым дерлік аппараттық құралдардың оңтайлы құрамын және ең алдымен, жүйенің максималды тиімділігін қамтамасыз ететін микропроцессорларды таңдау мәселесі туындайды.

Өртүрлі микропроцессорлық жүйелерді құру кезінде аппаратуралық жүйелерді пайдалану тиімділігіне әсер ететін өртүрлі техникалық және өндірістік-технологиялық факторлар есепке алынады. Микропроцессорлық жүйе аппаратурасының құрамы келесі үдерістерді: қарапайым бит пен өнімділікті арттыру; есептеу процесін кең параллельдеу

мүмкіндігі; әртүрлі есептерді шешу алгоритмдерін тиімді өңдеу; техникалық және математикалық пайдалану қарапайымдылығын қамтамасыз етуді көздейді.

Микропроцессорлық құралдардың көмегімен ақпаратты жинау мен өңдеу үдерістерінің әртүрлі жүйелерін дамытудың күрделі техникалық мәселелерін, жалпы функцияларын бағалау және шешім қабылдау үшін бір орталыққа көптеген сигналдарды азайтып жіберуге дейінгі мәселелерді шешуге болады.

Мұндағы, бағалау және шешім қабылдау үшін болатын жалпы функциялар – көптеген сигналдарды бір орталыққа жіберуге дейін азаяды. Оларды қолданудың негізгі төрт бағытын ажыратып көрсетуге болады: кіріктірілген бақылау және басқару жүйелері; ақпаратты жинақтау мен өңдеудің жергілікті жүйелері; күрделі объектілерді басқарудың таратылған жүйелері; үлестірілген жоғары өнімді параллельді есептеу жүйелері.

Кіріктірілген бақылау және басқару жүйелері. Кіріктірілген микропроцессорлық жүйелерді басқарушылар жергілікті нысандарды басқару мәселелерін шешуге арналған және жоғары басқару тізбектерінің микропроцессорлық жүйелерге қосылған құрылғы контроллері функцияларын орындай алады немесе төменгі басқару тізбектерінің басқару жүйелерінің орталығы болып табылады.

Ақпаратты жинақтау мен өңдеудің жергілікті жүйелері. Қазіргі заманғы кәсіпорынды немесе мекемені басқару деңгейі кез-келген маман немесе басшы үшін жеткілікті мөлшерде нақты ақпараттың болуын талап етеді. Мұны жергілікті микропроцессорлық есептеу жүйелерін қолдану арқылы қамтамасыз етуге болады.

Күрделі объектілерді басқару таратылған жүйелері. Таратылған микропроцессорлық басқару жүйелері орталық процессоры бар кең таралған жүйелерге балама болып табылады. Бұл жағдайда микропроцессорлар және олармен байланысты деректерді өңдеу схемалары физикалық түрде жергілікті микропроцессорлық жүйелерді құра отырып, ақпарат пайда болған жерлерге жақын орналасады.

Үлестірілген жоғары өнімді параллель есептеу жүйелері. Микропроцессорлық жүйелердегі күрделі есептеу мәселелерін шешудің жаңа мүмкіндіктері ашылып, олардың есептеу алгоритмдері параллелизация жасауға мүмкіндік береді, яғни көптеген микропроцессорларда бір мезгілде (параллель) есептеулер жүргізу мүмкін.

Бүгінгі жағдайдағы аппаратуралық қамтамалар элементтерінің инженерлік әзірлемелері – бағдарламаланатын құрылымы бар аппаратуралық жабдықты пайдалануға бағытталған. Сондықтан, бағдарламаланатын құрылымы бар құрал-жабдықтарға деген қажеттілік күрделі жүйелерді дамыту барысында туындайды. Мұнда, шағын және орташа интеграл схемаларды қолдану – жүйеде орналасқан корпустар санының күрт өсуіне байланысты күрделенуге алып келеді, яғни монтаж жасау жұмыстарын қиындатады және жалпы сенімділікті төмендетеді.

Микроконтроллер (ағылш. Micro Controller Unit, MCU) – электрондық құрылғыларды басқаруға арналған бір кристалды чиптерде орналасқан процессорлық және перифериялық функцияларды, жедел жадылар мен (немесе) тұрақты сақтау құрылғыларын (RAM / ROM) өзінде біріктіреді.

Қазіргі уақытта ең көп таралған әдістемелік тәсіл – контроллердің бүкіл даму кезеңін жобалау үдерісінің үш сатылы тізбегі ретінде қарастыруға болады:

- Тапсырманы талдау және контроллердің аппараттық құралдарын таңдау;
- Қолданбалы бағдарламалық қамтамаларды әзірлеу;
- Контроллер прототипіндегі аппараттық құралдар мен бағдарламалық жасақтамаларды кешендеу және оны «отладка» жасап ретке келтіру.

Микропроцессорлық техниканы цифрлы басқару жүйелерінің құрылымында кездесетін бағдарламаланатын құралдарды тиімді пайдалануды қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда жүйені дамытудың күрделілігі – жобалау аймағынан бағдарламалау саласына ауысады. Қолданбалы бағдарламалық жасақтамаларды әзірлеу кезеңдерін өз кезегінде екі сатыға бөліп қарастыруға болады:

- «Тапсырманы қоюдан бастап алғашқы бағдарламаға дейінгі» кезең;
- «Алғашқы бағдарламадан бастап объект модуліне дейінгі» кезең.

Микроконтроллерде жұмыс істейтін қолданбалы бағдарламаның машиналық кодтарын алуға бағытталған «Алғашқы бағдарламадан бастап объект модуліне дейінгі» әзірлеу кезеңін рәсімдеу оңай. Қолданбалы бағдарламалық жасақтаманы алу процестерін автоматтандыруға бағытталған бұл кезеңде, микроконтроллер жүйелік бағдарламалық жасақтамасы тарапынан өте қуатты қолдау көрсетіледі. Жүйелік бағдарламалық қамтамасыз ету құралдары құрамына – әртүрлі жоғары деңгейлі алгоритмдік тілдердің аудармашылары, құрастырушылар, мәтін редакторлары, «отладчик» бағдарламалар, құжаттаушы бағдарламалар және т. б. сол сияқты қосымшалар кіреді.

Контроллер құрылғылары үшін жасалатын қолданбалы бағдарламалық жасақтаманың сапасы – толығымен жобалау шешімдерінің деңгейіне байланысты және «Тапсырманы қоюдан бастап алғашқы бағдарламаға дейінгі» кезеңдегі әзірлеушілердің тәжірибесімен, біліктілігімен және интуициялық түйсігімен анықталады.

Микроконтроллердің бір уақытта бірнеше тапсырмаларды орындайтын және өзін-өзі қамтамасыз ететін жүйе ретіндегі мүмкіндіктері – берілетін әр түрлі тапсырмалар арасында орын ауыстыра алады. Олар, күрделі әрекеттерді дәйекті түрде орындай алады және әртүрлі перифериялық құрал-жабдықтарды тиімді қолдана алады. Микроконтроллер құрылғысы әр түрлі санаттағы автоматты жүйелерді (соның ішінде «ақылды» үй, тұрмыстық жихаздар және т.б.) басқару үшін көптеген сандық құрылғыларда жиі қолданылады. Оларды бағдарламалау арқылы аппараттық құралдарға тиісті көптеген практикалық мәселелерді шешу және жүйеге кіріктіріле орнатылған құрылғыларды икемді басқаруға болады. Микроконтроллердің және осыған ұқсас бағдарламаланатын өнімдердің әмбебаптығының арқасында берілген режимде тапсырмаларды өзгерте отырып, жаңартуды қажет етпейтін «компоненттерге» жұмсалатын артық шығындарды үнемдеуге болады [6].

Микропроцессорларды дамытудың негізгі бағыттары

Әмбебап микропроцессорларды (МПП) өндірушілері арасындағы бәсекелестік, олардың архитектурасын жақсарту және өндіріс технологиясын жетілдіру арқылы болатын арзан және өнімділігі жоғары құрылғыларды жасауға алып келеді. Бүгінгі таңда, микропроцессорларды дамытудың келесі негізгі бағыттарын бөліп қарастыруға болады:

Тактілік жиілікті арттыру. Тактілік жиіліктің жоғарылауы жобалық нормалары аз өндірістің жетілдірілген технологиялары есебінен орындалады; топологиялық қабаттар санының артуы мен аз каскадты және жетілдірілген транзисторлары бар неғұрлым дамыған схематехникасы және сондай-ақ функционалды құрылғылардың кристалда тығыз орналасуымен сипатталады.

Жадтың ішкі жүйесінің көлемі мен өткізу қабілеттілігін арттыру. Жадтың ішкі жүйесінің өткізу қабілеттілігін арттыру мүмкіндігін беретін шешімдерге мыналар жатады: бір немесе бірнеше деңгейдегі кэш-жадты құру, оқу және жазу барысында жадқа қол жеткізу үшін порттардың санын көбейту, шиналардың өткізу қабілеттілігін арттыру және процессор мен жадтың арасындағы (кэш-жад пен негізгі жадтың арасында) деректер шиналарының санын көбейту.

Параллель жұмыс істейтін атқарушы құрылғылардың санын көбейту. Микропроцессорлардың әрбір жаңа буынын жасау барысында функционалды атқарушы құрылғылардың сандары артып, уақыт пен функционалдық сипаттамалары жақсарады.

Өндіріс технологиясының жетілдірілуімен транзисторлардың өлшемдері азаяды, кідіріс азаяды, бұл микропроцессордың тактілік жиілігін арттыруға, корпус ауданын азайтуға және нәтижесінде кристалды өндіру құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Бүгінгі күні процессорлардың күрделілігі соншалық, бір ғана чипте бірнеше жүз миллион логикалық вентильтер болуы мүмкін. Сонымен қатар, заманауи технологияларды жетілдіру, МПП жұмысында бөлінетін шашыраңқы қуатты азайтуға мүмкіндік береді, ал бұл өз кезегінде

олардың тұтынушылық қасиеттерін жақсартады және базарлық нарықта әртүрлі мобильді есептеу жүйелерінің пайда болуына алып келеді.

Дегенмен логикалық вентилятордың сипаттамалық өлшемдерін азайту жолындағы әрбір жаңа қадам – уақыт пен ресурстарды көбірек жұмсауды талап етеді және сонымен қатар, МП жобалау ерекшеліктеріне байланысты, жаңа технологиялар арқылы тактілік жиілікті айтарлықтай арттыруға мүмкіндік бермейді.

Сондықтан бәсекелестік чиптегі вентилятор санын көбейту арқылы, оның ішінде бір уақытта жұмыс істейтін бір кристалдағы МП санын көбейту арқылы есептеу жүйесінің архитектуралық өнімділігін арттыру саласына ауысады.

Осы бағытта сәтті даму үшін белгілі бір МР архитектурасын таңдау туралы тез шешім қабылдау керек. Ол үшін, болашақ өнімнің өнімділігін, құнын және тұтынушылық қасиеттерін тез бағалай білу керек.

Сондықтан, архитектураны әзірлеу барысында, есептеу жүйесін жобалаудың алғашқы кезеңдерінде кристалдың орналасу ауданын, оның қуаты мен өнімділігін тез және мүмкіндігінше дәлірек бағалай білу керек.

Сонымен қатар, бұл таңдалған архитектураның әртүрлі мақсаттарға бағытталған салаларға – мобилді жүйелерге, жоғары өнімді серверлерге және т.б. оңтайландыру үшін қажет болуы мүмкін.

Талдау мен нәтижелер

Қазіргі заманғы жоғары өнімді есептеу жүйелері көптеген салаларда сұранысқа ие болған микропроцессорлық жүйелердің өнімділігі жыл сайын 25-35%-ға артуда. Заманауи есептеу жүйелері мен желілерінің архитектурасын жобалау дегеніміз – бұл аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы әзірлеуді, сынауды және жөндеуді қамтитын күрделі міндет болып саналады. Сондықтан, зерттелетін микропроцессорлық жүйелерді талдау және олардың нәтижелерін сараптауды архитектуралық жобалау сатыларында қарастырамыз.

Жобалау үдерісінің барлық кезеңдерінде әзірлемелердің тиімділігін арттыру әдістерінің бірі – микропроцессорлар мен микропроцессорлық жүйелердің жұмысын модельдейтін бағдарламалар жиынтығын және олардың негізгі компоненттерін дербес бөлек қолдану болып табылады.

Зерттелетін жүйелердің модельдерін құру арқылы әзірлеу уақытын едәуір қысқартуға болады [7]. Мұндай модельдер аспаптық (хост) машинада орындалады және мақсатты (имитацияланған моделдеу) машинаның әрекетін белгілі бір дәлдікпен қайталайды. Жұмыс жасау принципі – модельденген ортада мақсатты машинаның нұсқауларын түсіндіру болып табылады. Бұл жаңа микропроцессорлық архитектураларды іске асыру кезінде де, стандартты архитектуралық сипаттамаларға негізделген есептеу құралдарын жасау кезінде баламаларды салыстыруға және шешімдерді негізделген түрде жасауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта компьютерлік технологиялар саласындағы көптеген жетекші компаниялар осылай жұмыс істейді, дегенмен олардың әдістерінің маңызды бөлшектері «құпия» жабық күйінде қалады.

Қазіргі заманауи микропроцессорларда «конвейер» принципі бойынша қалыптасқан оншақты немесе одан да көп өңдеу құрылғылары қолданыста бар. Параллель жұмыс істейтін конвейерлерді тиімді жүктеу процессордың аппаратурасымен немесе барлық конвейерлерді мүмкіндігінше максималды жүктейтін осындай орындалатын модульді құрастыратын компилятормен қамтамасыз етіледі. Бірінші принцип бойынша жұмыс істейтін процессорлар суперскалярлы, ал екіншісінде – бірнеше есептеу құрылғылары бар процессор архитектурасы командалық сөзмен (VLIW – Very Long Instruction Word) деп аталады.

Кез-келген конвейердің жұмысы, әдетте үш негізгі түрге – деректерге сәйкес, басқаруға және құрылымдық болып бөлінетін конфликттерге байланысты тоқтатылуы мүмкін. Оңтайландырушы компилятор, деректер мен құрылымдық конфликттер болмайтын кодты

құра алады. Бұл жағдайда бір уақытта орындалатын командалардың саны конвейерлер санына тең болады, яғни процессорда VLIW-команда орындалады деп санауға болады. Дәл осы тәсіл VLIW- процессорларында қолданылады [8]. Олар өте қарапайым құрылымға және жоғары өнімділікке ие. Мұндай процессорлардың кемшілігі – бағдарламаның орындалатын коды құрылғының құрылымына (конвейерлер санына) байланысты боғандықтан, процессордың жаңа моделі үшін бағдарламаны қайта құрастыру керек. Өзірлеушілер, әдетте бағдарламаның бастапқы мәтінін ашық жарияламайды, сондықтан VLIW-процессорларын ғылыми зерттеу саласында қолданудың мүмкіндіктері шектеледі.

Суперскалярлық процессорларда конфликттерді жоюдың барлық мүмкін болатын әдістері қолданылады және олар динамикалық түрде жүзеге асырылады. Конвейерлер санының өсуімен оларды басқару құрылғысының (UU) күрделілігімен қатар, UU-дағы кідірістер де артады. Сондықтан, конвейерлердің максималды саны – 10 болса, ал олардағы қадамдардың саны – 20 болады. AMD фирмасының қорытынды шешімі бойынша, 10 қадам оңтайлы деп саналады. Бағдарламаның орындалатын кодының олардың құрылымынан тәуелсіздігі мен оны кез-келген процессор моделінде орындау мүмкіндігі – суперскалярлық процессорлардың басты артықшылығы болып саналады және суперскалярлық процессорлардың басымдықпен таралуына негіздеме болады [9].

Айқын параллелизмді командаларға ие процессорлар (EPIC – Explicitly Parallel Instruction Computing) қарастырылған екі түрлі архитектураның да артықшылықтарын өз бойына біріктірген [10].

EPIC-тің VLIW-тен келесі айырмашылықтары бар және олар келесі кемшіліктерін жоюға мүмкіндік береді:

- Бандл (*bundle*) деп аталатын бірнеше командалардың (нұсқаулардың) әр тобы мүмкін келесі топтың берілген жұмыс нәтижелеріне байланысты екенін білдіретін «тоқтату» биті болуы керек. Сондықтан, тәуелділіктер туралы ақпаратты компилятор есептейді, ал аппаратура тарапынан операндтардың тәуелсіздігін қосымша тексерудің қажеті жоқ.

- Деректерді алдын-ала ауыстыру үшін бағдарламалық жасақтама командасы қолданылады. Бұл операция жүктеу пәрмені орындалған кезде деректердің кэш-жадта болу ықтималдығын арттырады.

- Жүктеуді тексеру нұсқаулары деректер бойынша конфликттерді жоюды қамтамасыз етеді.

EPIC архитектурасы параллель жұмыс жасау үдерісін арттыру үшін келесі бірнеше тұжырымдамалық командаларды қамтиды: тармақтарды болжау басқарудағы конфликттерді жою үшін қолданылады; ерекше жағдайлардан кейін де спекулятивтік орындауды жалғастыруға мүмкіндік беретін жалпы мақсаттағы регистрлерде, «Not a Thing» битін қолданатын кейінге қалдырылған ерекше жағдайларда қолданылады; регистрлердің атын өзгерту қажеттілігін болдырмау үшін өте үлкен ұзындықтағы тіркеу файлдары қолданылады.

Қорытынды

Заманауи басқару жүйелеріндегі микропроцессорлық құрылғыларды талдау және таңдау ерекшеліктерін зерделеу үшін қолданыстағы микроконтроллер мен микропроцессорларға, олардың даму тенденциясының негізгі бағыттарына ретроперспективалық шолу жасалды. Микропроцессорларды жобалау үдерісі кезеңінде қойылатын негізгі талаптары мен оларды таңдау критериялары, микропроцессорлардың жіктелуі мен архитектуралық ерекшеліктері және сонымен қатар, процессорлардың өнімділігін арттыруда қолданылатын «конвейерлік» өңдеу негізінде туындайтын конфликттерге байланысты қайшылықтарды жоюдың әртүрлі архитектуралық шешімдерін, әдіс-тәсілдерін қолдану арқылы заманауи бақару жүйелеріндегі микропроцессорларды талдау және таңдау ерекшеліктері зерттелді.

«Конвейер» принципі бойынша параллель жұмыс істейтін суперскалярлы және бірнеше

есептеу құрылғылары бар процессор архитектурасының (VLIW – Very Long Instruction Word) негізгі үш түрі – деректерге сәйкес, басқаруға және құрылымдық конфликттерге байланысты тоқтатылуы, VLIW-процессорларында қолданылауы және олардың ғылыми зерттеу саласында қолдану мүмкіндіктерінің шектелгендігі негізделді. Суперскалярлық микропроцессорлардың басты артықшылығы ретінде, бағдарламаның орындалатын кодының олардың құрылымынан тәуелсіздігі мен оны кез-келген процессор моделінде орындау мүмкіндігі анықталды.

Сонымен қатар, қарастырылған екі архитектуралық шешімдердің артықшылықтарын өзінде біріктірген EPIC архитектурасының ерекшеліктерін атап өтуге болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. В.В. Корнеев, А.В. Киселев. Современные микропроцессоры. – 3-с изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ – Петербург, 2013. – 448 с.
2. С. Ливенцов. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие / С.Н.Ливенцов, А.Д. Вильнин, А.Г. Горюнов – Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2017. – 118 с.
3. Обзор микроархитектур современных десктопных процессоров. <https://techa.livejournal.com / 131932.html>
4. Н.А. Бурамбаева. Микропроцессорлық құралдар және жүйелер: зерттеу жұмыстарға әдістемелік нұсқаулар / Н.А. Бурамбаева – Алматы: Эверо, 2021. – 88 б.
5. А. Борзяк, Л. Исмаилова. Способ конвейерной обработки данных // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2018. №3 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ sposob-konveyernoy-obrabotki-dannyh> (дата обращения: 29.03.2023).
6. Архитектура микропроцессоров: основные виды, развитие, достоинства и недостатки. <https://pue8.ru/protseessory/663-arkhitektura-mikroprotseessorov-osnovnyye-vidy-arkhitektur.html>
7. Годунов А.Н., Байков Н.Д. Сравнение производительности отечественных и импортных микропроцессоров // Программные продукты и системы. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-proizvoditelnosti-otechestvennyh-i-importnyh-mikroprotseessorov> (дата обращения: 28.03.2023). DOI: 10.15827/0236-235X.030.3.409-419
8. Бобков С.Г., Аряшев С.И., Зубковский П.С., Морев С.А., Рогаткин Б.Ю. Высокопроизводительный микропроцессор 1890vm118 с архитектурой комдив для создания доверенных систем // Программные продукты и системы. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokoproizvoditelnyy-mikroprotseessor-1890vm118-s-arkhitekturoy-komdiv-dlya-sozdaniya-doverennyh-sistem> (дата обращения: 28.03.2023).
9. Производство современных процессоров. Технологический экскурс. http://www.thg.ru/cpu/cpu_production/index.html
10. В. Карпушова. МИКРОПРОЦЕССОРЫ // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы. – 2020. – С. 58–60.

REFERENCES

1. V.V. Korneev, A.V. Kiselev. Sovremennyye mikronroecessory [Modern microprocessors].– 3-s izd., pererab. i dop. – SPb.: BHV – Peterburg, 2013. – 448 s. [in Russian]
2. S. Livencov. Osnovy mikroprocessornoj tekhniki [Fundamentals of microprocessor technology]: uchebnoe posobie / S.N. Livencov, A.D. Vil'nin, A.G. Goryunov. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekh. universiteta, 2017. – 118 s. [in Russian]
3. Obzor mikroarkitektur sovremennyh desktopnyh processorov [Overview of microarchitectures of modern desktop processors]. <https://techa.livejournal.com / 131932.html>

4. N.A. Burambaeva. Mikroprocessorlyk kuraldar jane juielер: zertteu jumystarga adistemelik nuskaular [Microprocessor tools and systems: guidelines for research work] / N.A. Burambaeva. – Almaty: Evero, 2021. – 88 b. [in Kazakh]
5. A. Borzyak, L. Ismailova. Sposob konvejernoј obrabotki dannyh [Pipeline data processing method] // ITNOU: informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii. 2018. №3 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-konveyernoј-obrabotki-dannyh> (data obrashcheniya: 29.03.2023).
6. Arhitektura mikroprocessorov: osnovnye vidy, razvitie, dostoinstva i nedostatki [Architecture of microprocessors: main types, development, advantages and disadvantages]. <https://pue8.ru/protsessory/663-arkhitektura-mikroprotsessorov-osnovnye-vidy-arkhitektur.html>
7. Godunov A.N., Bajkov N.D. Sravnenie proizvoditel'nosti otechestvennyh i importnyh mikroprocessorov [Comparison of the performance of domestic and imported microprocessors]. // Programmnye produkty i sistemy. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-proizvoditel'nosti-otchestvennyh-i-importnyh-mikroprotsessorov> (data obrashcheniya: 28.03.2023). DOI: 10.15827/0236-235X.030.3.409-419
8. Bobkov S.G., Aryashev S.I., Zubkovskij P.S., Morev S.A., Rogatkin B.Yu. Vysokoproizvoditel'nyj mikroprocessor 1890vm118 s arhitekturoј komdiv dlya sozdaniya doverennyh sistem [High-performance microprocessor 1890vm118 with comdiv architecture for the creation of trusted systems] // Programmnye produkty i sistemy. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokoproizvoditel'nyj-mikroprotsessor-1890vm118-s-arhitekturoј-komdiv-dlya-sozdaniya-doverennyh-sistem> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
9. Proizvodstvo sovremennyh processorov. Tekhnologicheskij ekskurs [Production of modern processors. Technological excursion]. http://www.thg.ru/cpu/cpu_production/index.html
10. V.Karpushova. MIKROPROCESSORY [MICROPROCESSORS] // Tradicionnaya i innovacionnaya nauka: istoriya, sovremennoe sostoyanie, perspektivy. – 2020. – S. 58–60. [in Russian]