

Академія наук України
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова

На правах рукопису

ПОГОРЕЛИЙ Сергій Дем'янович

УДК 681.3.06

**БАГАТОРІВНЕВИЙ СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ
АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ
МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ НАЛАГОДЖЕННЯ
ТА РАДІОВИМІРЮВАНЬ**

05.13.13 — обчислювальні машини, комплекси, системи
і мережі

Дисертація на здобуття ученого ступеня
доктора технічних наук
у формі наукової доповіді

Київ 1993



Роботу виконано в Київському університеті імені Шевченка та Київському науково-дослідному інституті радіомірювальної апаратури ВО ім. С. П. Корольова.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
КОВАЛЬ В. М.,
доктор технічних наук
ПЛАТОНОВ Б. О.,
доктор технічних наук, професор
СЛЕПЦОВ А. І.

Провідна установа: Київський політехнічний інститут.

Захист відбудеться « » ————— 199 року о
—————годині на засіданні спеціалізованої ради Д 016.45.02
при Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова АН Украї-
ни за адресою:

252207 Київ 207, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічному
архіві інституту.

Автореферат розісланий «———» ————— 199 р.

Учений секретар
спеціалізованої ради

ГУМЕНЮК-СИЧЕВСЬКИЙ В. І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Розширення сфери застосування сучасних мікропроцесорів (МП), пов'язане із значним підвищенням їх продуктивності і надійності при вирішенні важливих і складних науково-технічних задач та створенні нових прогресивних технологій в різних галузях промисловості, ставить вимогу створення методів, які забезпечують якісно новий рівень проектування широкого класу мікропроцесорних систем (МПС). Можливість убудовування МП в радіоелектронну апаратуру нових поколінь дозволила здійснити докорінний перегляд принципів організації структури, обчислень і програмного забезпечення (ПЗ) традиційних ЕОМ при переході до МПС, що базуються на концепціях паралельного проектування апаратних і програмних засобів, розподілених обчислень, функціонування в реальному масштабі часу.

Принципове вирішення задач убудовування МП забезпечили мікропроцесорні системи налагодження (МПСН), теоретичним фундаментом розробки яких послужив цикл робіт, виконаних в Інституті кібернетики імені В.М.Глушкова АН України.

Однак нові проблеми створення ефективних засобів програмування МПС, багатопараметричних і багатоканальних радіовимірювальних приладів (РВП) та інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) поряд із застосуванням розроблених методів висунули ряд вельми актуальних і специфічних задач, для вирішення яких стало необхідним проведення комплексних досліджень, що інтегрують суміжні галузі науки: кібернетичну техніку, автоматизацію програмування і мікропроцесорну системотехніку.

В результаті проведених досліджень було сформовано і розвинуто новий науковий напрям, що обумовив постановку циклу робіт, виконаних в КНДРВА ВО імені С.П.Корольова, Інституті кібернетики імені В.М.Глушкова АН України і Київському університеті імені Тараса Шевченка на протязі 1980-1991 р. р., які стали основою при створенні теорії, методології та інструментальних засобів синтезу МПС, використаних при розробці і впровадженні в серійне виробництво МПСН, РВП і ІВС різного призначення, персональних ЕОМ (ПЕОМ) і технологічного устаткування нового покоління.

Мета та задачі дослідження. Для вирішення задачі проектування апаратно-програмних засобів МПС широкого призначення необхідно:

- розвинути теоретичні основи багаторівневого структурного синтезу МПС, які базуються на сполученні алгебраїчного і абстрактно-автоматного підходів;

- на основі цієї теорії розвинути методологію багаторівневого структурного синтезу апаратно-програмних засобів МПС і їх організаційних структур;

- створити інструментальні засоби, призначені для автоматизації процесу розробки МПС за методом багаторівневого структурного синтезу;

- побудувати параметричні регулярні схеми алгоритмів функціонування МПС: внутрішньосхемного емулятора (ВСЕ) МПСН, інтерактивних мікропроцесорних РВП, що працюють в реальному масштабі часу, типових пакетів прикладних програм (ППП) ПЕОМ і т.д., орієнтованих на синтез програмних засобів і апаратних структур за допомогою створених інструментальних засобів;

- реалізувати запропоновані методи, структури, параметричні регулярні схеми алгоритмів при проектуванні МПСН, ПЕОМ і їх ПЗ, РВП і ІС із убудованими МП та впровадити розроблені МПС в серійне виробництво.

Методи досліджень. Результати роботи базуються на алгебраїчному апараті систем алгоритмічних алгебр (САА) і модифікованих систем алгоритмічних алгебр (САА-М). Апарат запропонований В.М.Глушковым для вирішення задач автоматизації проектування логічних структур ЕОМ і програмування. (Див. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Язика. Программирование. 3-е изд., перераб. и доп. -Киев: Наукова думка, 1989.-384с. та інші роботи цих авторів.) За допомогою розроблених алгебраїчних моделей формалізуються поняття МПСН, ВСЕ, РВП, на яких базуються методи багаторівневого структурного синтезу. Запропонований підхід дозволяє використовувати єдиний математичний апарат для логічного проектування апаратно-програмних засобів.

Для проведення досліджень в роботі використані також теоретичні, методологічні та прикладні результати теорії алгоритмів, теорії моделювання, теорії множин і дискретної математики.

Наукова новизна. Створено новий перспективний науковий напрям багаторівневого структурного синтезу апаратно-програмних засобів МПС, який характеризується комплексним дослідженням на основі єдиного математичного апарата таких важливих аспектів розробки, як формалізовані специфікації, багаторівневність і структурованість синтезу апаратно-програмних засобів, їх поетапна верифікація і оптимізація. Вперше сформовано напрям, який був орієнтований на широке використання в промисловості і визначив шляхи створення і впровадження нового класу МПСН, ПЕОМ, РВП і ІВС. В зв'язку з цим:

- сформовано й розвинуто методологію комплексного проектування і налагодження апаратно-програмних засобів МПС. Побудовано абстрактні автоматні моделі МПС різного призначення, які функціонують за схемою

взаємодії управляючого та операційного автоматів і мають достатню ступінь спільності для опису широкого кола МПС. Функціонування абстрактних моделей конкретизується розробкою параметричних регулярних схем алгоритмів роботи управляючих автоматів в САА-М;

- розвинуто і теоретично обґрунтовано методи моделювання апаратно-програмних ресурсів МПС. Створені програмні моделі дозволили сформулювати вимоги до формування засобів імітації зовнішнього середовища і оцінити часові характеристики роботи моделей в реальному масштабі часу. Сформульовано і вирішено задачу визначення базису команд програми ВСЕ;

- розроблено принципи створення і алгоритми функціонування інструментального комплексу багаторівневого структурного синтезу, заснованого на формальному апараті САА-М, і архітектуру багаторівневого структурного синтезатора програм для МПС;

- розроблено схематологію багаторівневого структурного синтезу МПС. Запропоновано узагальнені параметричні регулярні схеми алгоритмів роботи ППП загального призначення для МПС і інструментального багаторівневого структурного синтезатора програм, які орієнтовані на подальший автоматизований синтез і оптимізацію;

- на основі проведених досліджень запропоновано інформаційну модель багатоканального РВП (включаючи радіоелектронну медичну апаратуру). Обґрунтовано нові цифрові методи і алгоритми багатоканальної обробки результатів вимірювань у приладах із убудованими МП, що включають багатопараметричні алгоритми вимірювання динамічних, геометричних та структурних характеристик зовнішніх процесів. Показано найбільш доцільні шляхи їх реалізації на основі використання убудованих МП.

Практична значущість роботи. На основі сформульованих і розвинутих в роботі теоретичних положень і запропонованих методів розроблено:

- операційні структури і параметричні регулярні схеми алгоритмів функціонування широкого класу МПС та їх ПЗ;

- інструментальні засоби багаторівневого структурного синтезу системного і функціонального ПЗ МПС.

Одержані результати використано при вирішенні задач аналізу і автоматизованого синтезу апаратно-програмних засобів МПС різного призначення: МПСН, ПЕОМ, модулів професійної орієнтації ПЕОМ, широкої гами РВП, ІВС і технологічного устаткування із убудованими МП та ін. Орієнтація математичного апарата, покладеного в основу інструментального комплексу програм багаторівневого структурного

синтезу, дозволяє вирішувати проблему спільного проектування алгоритмів функціонування апаратних засобів і програм.

Впровадження результатів роботи. Розроблені автором методи автоматизованого синтезу апаратно-програмних засобів МПС, принципи структурної побудови мікропроцесорних РВП і ІВС, параметричні регулярні схеми алгоритмів і програмні комплекси впроваджено в 19 НДКР, проведених в Київському НДІ радіовимірювальної апаратури ВО імені С.П.Корольова і Київському університеті імені Тараса Шевченка і спрямованих на створення МПСН, РВП V покоління, ІВС, технологічного устаткування, ПЕОМ і їх ПЗ і т.д. В результаті виконаних робіт створено і передано у серійне виробництво на ВО імені С.П.Корольова (м.Київ):

- перші вітчизняні МПСН СО-01 - СО-04, призначені для убудовування МП в радіоелектронну апаратуру різного призначення. Операційна система ДОС СО СО-04 включає широкий набір ППП і інструментальний комплекс багаторівневого структурного синтезу;

- мікропроцесорні медичні і РВП: полікардіоаналізатор ПА5-01, електрокардіоаналізатор ЕКАЗ-02, електронно-лічильні частотомири ЧЗ-64, ЧЗ-66 та ряд інших;

- перші вітчизняні ПЕОМ НЕЙРОН ІН9-66 і СДГ-01 з комплектом системного і прикладного ПЗ. Штатне ПЗ ПЕОМ включає ППП Нейрон-МСП - промислову реалізацію інструментального комплексу синтезу програм в операційній системі (ОС) Нейрон ДОС1.

Теоретичні результати досліджень і розроблені апаратно-програмні засоби впроваджено в ряді науково-дослідних і промислових організацій, в тому числі Одеському НДПІ "Темп", Вільнюському НДІ електроніки "Еліта" і т.д. 18 із розроблених за безпосередньою участю або під науковим керівництвом автора програмних комплексів зареєстровано у фонді алгоритмів і програм концерну ТЕЛЕКОМ (м. Москва).

Ряд теоретичних положень роботи включено до складу курсів "Дискретна математика", "Програмне конструювання", "Вступ до програмування для ПЕОМ", які викладає автор на радіофізичному факультеті і спецфакультеті Київського університету імені Тараса Шевченка.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи та окремі її результати доповідались і обговорювались на міжнародних і українських науково-технічних конференціях, засіданнях рад і семінарах, а саме: на науково-технічній конференції "Мікропроцесори і нова технологія" (Київ, 1980 р.), галузевій науково-технічній конференції "Обчислювальна техніка в системах і засобах зв'язку" (Москва, 1982 р.), міжнародній конференції "Розробка засобів проектування мікропроцесорних систем" (Львів, 1982 р.), конференції "Застосування мікропроцесорів і мікро ЕОМ в

системах управління і контрольно-вимірювальної апаратурі" (Київ, 1982 р.), VI Всесоюзній школі-семінарі "Паралельні обчислювальні системи" (Київ, 1983 р.), міжнародних семінарах "Методи верифікації і доведення правильності програм" (Будапешт, 1983, 1985 р. р.), міжнародному семінарі "Проектування систем налагодження" (Варшава, 1986 р.), семінарі "Перспективи розвитку мереж передачі даних ГАВ у ХП п'ятиріччя" (Київ, 1987 р.), науково-технічній конференції "Персональні ЕОМ. Архітектура і технологія застосування в системах управління" (Київ, 1987 р.), конференції "Проблеми створення і застосування персональних ЕОМ як основна задача комп'ютеризації народного господарства" (Одеса, 1987 р.), I Всесоюзній школі-семінарі "Розробка і впровадження в народне господарство персональних ЕОМ" (Мінськ, 1988 р.), галузевій науково-технічній конференції "Застосування ПЕОМ для автоматизації розрахунку норм, нормативів і інших управлінських функцій" (Київ, 1989 р.), міжнародній конференції "Локальні обчислювальні мережі ЛОКСЕТЬ-90" (Рига, 1990р.), конференції "Проблеми і перспективи використання персональних ЕОМ в системі Мінліспрому СРСР" (Київ, 1990 р.), семінарах Наукової ради АН України з проблеми "Кібернетика", семінарах і ученій раді радіофізичного факультету Київського університету імені Тараса Шевченка, засіданнях науково-технічної ради КНДРВА ВО імені С.П. Корольова.

Комплекс синтезованих системних програм на ПЕОМ демонструвався автором на всесвітній виставці електров'язку "Телеком-87" (Женева, 1987 р.), виставці "Дні радянської науки і техніки в КНР" (Пекін, 1988 р.).

За створення і впровадження в серійне виробництво нового покоління автоматизованих вимірювальних приладів, ІВС і спеціального технологічного устаткування на основі базового комплексу мікропроцесорної техніки автору у складі колективу проектувальників в 1984 р. було присуджено премію Ради Міністрів СРСР в галузі науки і техніки. Роботи автора відзначено медалями ВДНГ СРСР.

Публікації. По основних результатах роботи опубліковано 69 наукових робіт, в тому числі 5 монографій.

Структура роботи. На захист виносить доповідь, яка є узагальненням робіт автора і містить результати теоретичних, методологічних і прикладних робіт в галузі проектування апаратних і програмних засобів МПС. Доповідь складається із трьох розділів: методологічні аспекти і інструментальні засоби синтезу МПС; багаторівневий структурний синтез програмних та апаратних засобів МПС; реалізація програмних засобів МПС різного призначення.

Постановка розглянутих у роботі задач і основні теоретичні результати (моделі, параметричні регулярні схеми алгоритмів

функціонування МПС, методи моделювання ресурсів МПС, принципи реалізації і алгоритми комплексу багаторівневого структурного синтезу для МПС) належать особисто автору, результати прикладного характеру одержано під науковим керівництвом і за безпосередньою участю автора спільно з колегами із Інституту кібернетики імені В.М.Глушкова АН України, КНДІРВА ВО імені С.П.Корольова і Київського університету імені Тараса Шевченка.

В роботі захищаються:

- теоретичні основи і методологія багаторівневого структурного синтезу МПС, створення мікропроцесорних інструментальних систем проектування (МПСН, інструментальний комплекс синтезу МПС), що включають побудову моделей, параметричних регулярних схем алгоритмів, комплексів програм;

- основи створення з використанням мікропроцесорних інструментальних систем проектування багатоканальних і багатопараметричних мікропроцесорних РВП, ІВС і технологічного устаткування, що включають сукупність адаптивних мікропроцесорних структур і комплексів програм управління приладами в реальному масштабі часу;

- шляхи практичної реалізації МПСН, РВП і ІВС нового покоління, ПЕОМ і їх ПЗ, у т.ч. освоєння в серійному виробництві і впровадження в наукових установах і промисловості.

1. МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ І ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ СИНТЕЗУ МПС

Методи і інструментальні засоби створення МПС включають принципи структуризації системи, створення і аналіз абстрактних автоматних та алгебраїчних моделей, їх подальшу трансформацію в параметричні регулярні схеми комплексів синтезу та налагодження апаратно-програмних засобів.

1.1. Абстрактні автоматні моделі МПС. Автоматна модель МПС, що бере початок від моделі В.М.Глушкова, може бути представлена у вигляді композиції двох автоматів S і D . Автомат S назвемо управляючим, а автомат D - операційним. Запропоновану модель представлено на рис.1.

Висуваючи додаткові припущення щодо автоматів S і D , одержуємо наступні інтерпретації автоматних моделей МПС:

а) якщо як автомат S вибрати блок управління ВСЕ МПСН, а як автомат D - МПС, що налагоджується, то запропонована модель буде представляти опис функціонування МПСН у режимі емуляції тієї системи, що проектується;

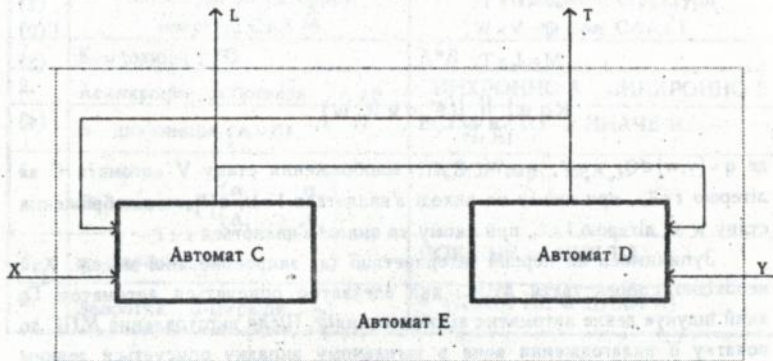


Рис.1. Узагальнена автоматна модель МПС

б) як автомат С можна розглядати деякий довільний алгоритм, а як автомат D - інформацію, що переробляється цим алгоритмом. Тоді модель описує виконання програми МП;

в) автомат С є мікропроцесорний контролер з записаною в постійному запам'ятовувальному пристрої (ПЗП) зберігання програмою, а автомат D - підсистеми вимірювання параметрів і реєстрації даних різних зовнішніх фізичних процесів. У цьому випадку модель адекватна мікропроцесорному РВП.

Позначимо автомати

$$C = (X, V, L, v_i \in V, F(x \in X, t \in T / l \in L))$$

та

$$D = (Y, W, T, w_i \in W, P(y \in Y, l \in L / t \in T)).$$

Тут X - вхідний алфавіт автомата С; V - алфавіт його станів; L - вихідний алфавіт; F - відображення множини V у себе за літерами вхідного алфавіту $x \in X$ і вихідного алфавіту $t \in T$ автомата D, при якому на виході автомата С з'являється вихідна літера $l \in L$. Аналогічно для автомата D. Зобразимо відображення F стану $v \in V$ автомата С і відображення P стану $w \in W$ автомата D у вигляді об'єднання відображень за літерами алфавітів $t \in T$ і $l \in L$, тобто

$$Fv = \bigcup_{t \in T} \bigcup_{l \in L} F_{t/l} v,$$

$$Pw = \bigcup_{l \in L} \bigcup_{t \in T} P_{l/t} w.$$

Тоді автомат $E = C \circ D = (Z, Q, M, q_i \in Q, K(z \in Z / m \in M))$, який дорівнює композиції автоматів С і D, визначається згідно з формулами

$$Z = X \times Y, \quad (1)$$

$$Q = V \times W, \quad (2)$$

$$M = L \times T, \quad (3)$$

$$Kq = \bigcup_{l \in L} \bigcup_{t \in T} (F_{lt} v \times P_{lt} w), \quad (4)$$

де $q = (v, w) \in Q$, $v \in V$, $w \in W$, $F_{lt} v$ - відображення стану V автомата C за літерою $t \in T$, при якому на виході з'являється $l \in L$, а $P_{lt} w$ - відображення стану w за літерою $l \in L$, при якому на виході з'являється $t \in T$.

Зупинимось на першій інтерпретації (а) запропонованої моделі. Хай необхідно спроектувати МПС, яка адекватно описується автоматом D , який індукує деяке автоматне відображення g . Після виготовлення МПС до початку її налагодження вона в загальному випадку описується деяким автоматом D' :

$$D' = (Y, W, T', w_i \in W, P'(y \in Y, t' \in T')),$$

і індукує автоматне відображення g' . Внаслідок цього і автомат $E' = C \circ D'$ не еквівалентний автомату E , який визначається співвідношеннями (1)-(4). Метою налагодження МПС, що проектується з використанням ВСЕ, є використання автомата C з метою перетворення автомата E' на автома. E , що забезпечить перетворення автомата D' на автомат D і редукцію автоматного відображення g' до автоматного відображення g , тобто у кінцевому підсумку забезпечить необхідний закон функціонування операційного автомата D і відповідно налагоджуваної МПС.

Для подальшої конкретизації запропонованих моделей і розробки регулярних схем функціонування управляючого автомата C в роботі використано математичний апарат САА-М. Операції САА-М поділяються на логічні та операторні. До логічних належать бульові операції і операція $\beta = A \cdot \alpha$ лівого множення оператора A на умову α , а до операторних - основні конструкції структурованого програмування (послідовне виконання, розгалуження, циклічне повторення) і операції, що орієнтовані на формалізацію паралельних обчислень (асинхронна диз'юнкція). Зіставлення деяких операцій, що входять у сигнатуру САА-М, з програмними структурами на мові САА/І (вхідна мова інструментального комплексу багаторівневого структурного синтезу) відображено в табл.І. Користуючись апаратом САА-М, що має розвинені засоби зображення логічних умов та операторних структур, здійснимо перехід від опису автоматних моделей до регулярних схем алгоритмів функціонування МПС, які є формулами в САА-М.

№ п/п	Сигнатура операторних операцій САА-М	Програмні структури на мові САА/1
1.	Композиція $A * B$	$A * B$
2.	Асинхронна диз'юнкція $A \dot{\vee} B$	СИНХРОННО А СИНХРОННО В
3.	α - диз'юнкція $(A \vee B)$	ЕСЛИ α ТО А ИНАЧЕ В
4.	Перемикач $\prod \begin{pmatrix} \alpha_1 & \dots & \alpha_n \\ A_1 & \dots & A_n \end{pmatrix}$	ВИБОР $(\alpha_1, A_1, \dots, \alpha_n, A_n)$
5.	α -ітерація $\{A\}$	ПОКА НЕ α ЦИКЛ А
6.	Зворотна α -ітерація $\{A\}$	$A^*(\text{ПОКА НЕ } \alpha \text{ ЦИКЛ } A)$

1.2. Архітектура інструментального комплексу багаторівневого структурного синтезу МПС. Інструментальний комплекс [26, 29] ґрунтується на автоматних моделях і призначений для синтезу послідовних та паралельних програм (процесів) за їх САА-М-схемами і реалізаціями елементарних операторів і умов.

В основу розробки інструментального комплексу покладено методологію багаторівневого структурного проектування програм, відповідно з якою вихідні відомості про програми або апаратні структури, що проектуються, повинні бути представленими у вигляді наборів схем реалізацій. Побудова схем базується на апараті САА-М і вони інтерпретуються для предметної області, яка розглядається. Базис таких двоосновних алгебр будується на основі породної алгебри операторів та алгебри тризначних логічних умов, а в сигнатуру входять операції, наведені в табл.1. Схеми являють собою систему рівностей, які конкретизують введені поняття за допомогою алгебраїчних виразів над іншими поняттями. Перша рівність вважається головною. При синтезі в неї підставляються решта рівностей відповідно із входженнями їх лівих частин. Оператори і умови представляються в мові САА-М змістовими ідентифікаторами. Це дозволяє використовувати як ідентифікатори фрази, які визначають поняття предметної області, що розглядається. Елементарними будемо вважати оператори і умови, які в даній схемі не конкретизуються. При синтезі програми такі ідентифікатори в найпростішому випадку замінюються на фрагменти текстів із архіву понять. Архів понять може бути індивідуальним для кожної схеми алгоритму або спільним для цілої низки схем. В зв'язку з тим, що синтаксис вхідної мови САА/1 інструментального комплексу не обмежує розмір ідентифікаторів, доречно їх вибирати як професійні терміни і фрази, що описують предметну

область задачі. У поєднанні з порівневим представленням схем алгоритмів це дозволяє на початкових стадіях розробки програми виконувати проект в термінах предметної області, а потім в рамках тієї ж схеми конкретизувати проект в термінах проблемних програмістів і т.д. Кожний рівень схеми, орієнтований на свою категорію фахівців, може служити для них документом на програму або специфікацію апаратних засобів, а вся схема в цілому - сполучна ланка між різними фахівцями.

Інструментальний комплекс має таку архітектуру (рис.2): аналізатор САА-М-схем, блок синтезу програм цільовою мовою, текстовий редактор і модуль роботи з архівними файлами. На вхід системи надходять САА-М-схема і список реалізацій вибраною цільовою мовою L елементарних операторів, умов, блоків об'яв змінних і подібних фрагментів вихідних текстів програм, що використовуються в процесі компонування (L - схема). На виході система синтезує L-програму - текст цільовою мовою L (підключено цільові мови Паскаль, Сі++ і Асемблер).

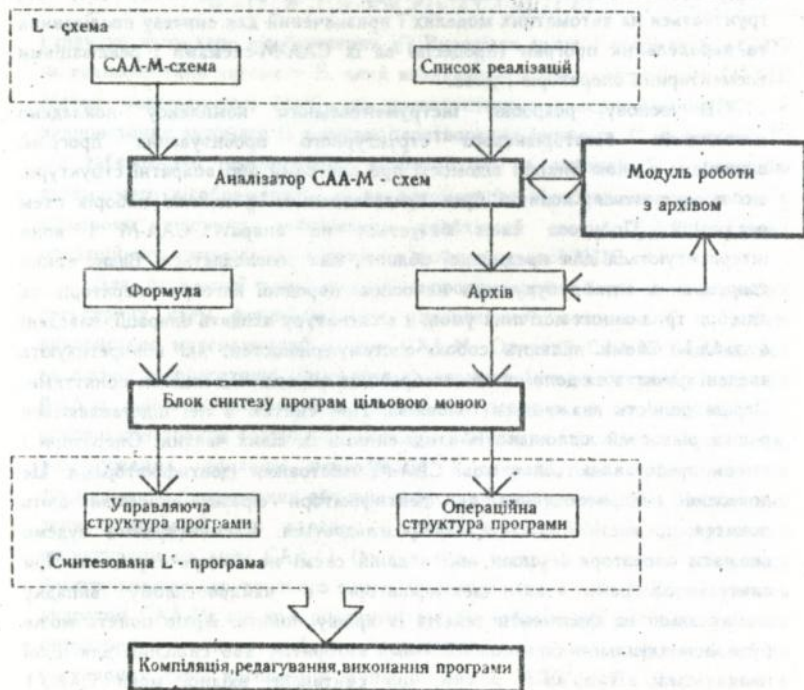


Рис.2. . Архітектура інструментального комплексу

З метою підвищення ефективності функціонування інструментального комплексу в нього було закладено такі структурні принципи:

а) одна САА-М-схема відповідає одній програмі або процедурі, що синтезується. Тому, якщо необхідно розділити програму на ряд процедур, слід відповідним чином розбити на частини САА-М-схему та оформити кожен частину у вигляді відповідної підсхеми;

б) функціонування системи розділено на два незалежні кроки: аналіз і синтез. Це дозволяє при налагодженні не повторювати в більшості випадків крок аналізу, бо налагодження в основному зводиться до виправлення помилок в реалізаціях елементарних понять і до модифікації останніх;

в) на етапі аналізу використовується тільки САА-М-схема (звернення до архіву понять не виникає). Схема повністю читається у пам'ять і залишається у ній до закінчення цього етапу. Синтаксичний розбір схеми ведеться однопроходним аналізатором до першої помилки. Не виходячи з аналізатора можна виправити виявлену помилку, після чого аналіз автоматично повторюється;

г) на етапі синтезу з архіву понять вибираються і обробляються реалізації тільки тих понять, які були використані в трансльованій схемі. Такий архів легко моделюється за допомогою текстового файлу, з якого всі необхідні фрагменти програм викликаються за один перегляд.

Інструментальний комплекс параметрично настроюється на режими, які визначають форму представлення програми, що синтезується. Передбачено чотири режими (1 - текст програми синтезується без коментарів, 2 - основний режим синтезу. Текст програми будується з відступами і коментується; 3 - додатковий режим. Коментарі вирівнюються по лівому краю і містять номер оператора або умови в таблиці ідентифікаторів і номер входження цього оператора або умови в текст програми; 4 - режим налагодження. Відрізняється від додаткового тим, що в текст програми включено рядки реалізацій).

Якщо в процесі синтезу програми не було знайдено реалізацію елементарного оператора або умови, в файл з ім'ям схеми вносять заготовлю для майбутньої реалізації, а в текст програми, що синтезується, вписується спеціальним чином оформлений макет реалізації.

Параметрична регулярна схема алгоритма функціонування системи записується у вигляді:

$$A_N = A_1 * A_2 * A_3,$$

де $A_1 = \left(\left\{ \Lambda_{11} * \Lambda_{12} \right\}_{\alpha_1 \beta_1} \right) * \left(\Lambda_{13} \right)_{\gamma_1} * \left(\Lambda_{14} \right)_{\delta_1} * \left(\Lambda_{15} \right)_{\epsilon_1}$ - оператор підготовки до обробки САА-М-схеми;

$A_2 = \{A_{21} * (A_{14} \vee A_{22})\} * A_{23}$ - оператор аналізу САА-М-схеми;

$A_3 = \{ (A_{35}) * \prod \begin{pmatrix} \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} & \gamma_{34} \\ \Lambda_{31} & \Lambda_{32} & \Lambda_{33} & \Lambda_{34} \end{pmatrix} * (A_{36} * (A_{37})) * (A_{38} \vee A_{39}) \}$

- оператор зборки синтезованої програми.

В наведеній схемі прийнято такі позначення.

Предикати:

$\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \epsilon_1$ - сукупність умов, що визначають підготовку до обробки САА-М-схеми;

α_2 - відмовлення від повторення синтаксичного аналізу;

β_2 - виявлено помилки в САА-М-схемі;

$\alpha_3, \beta_3, \dots, \epsilon_3, \zeta_3, \eta_3$ - умови етапу зборки синтезованої програми;

γ_n - задано і-й режим зборки програми.

Оператори:

$A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}$ - група операторів попередньої обробки САА-М-схеми;

A_{21} - синтаксичний аналіз САА-М-схеми;

A_{22} - завершення синтаксичного аналізу САА-М-схеми;

A_{23} - представлення САА-М-схеми у вигляді однієї формули;

A_n - зборка програми відповідно з і-м режимом;

$A_{35}, A_{36}, A_{37}, A_{38}, A_{39}$ - група операторів синтезу та зборки програми.

Процес синтезу програм та апаратних структур за допомогою інструментального комплексу можна розділити на ряд етапів.

Етап 1. Опис предметної області задачі. Він складається з переліку і формалізації понять, які використовуються при вирішенні задачі. В результаті виконання цього етапу в архів включаються оператори і умови, що характерні для обробки даних при вирішенні розглядаемого кола задач.

Етап 2. Запис у термінах введених операторів і умов найпростішого алгоритму вирішення сформульованої задачі. Результатом цього етапу повинна стати схема можливо і не оптимального, але безумовно вірного алгоритму.

Етап 3. Дослідження ефективності алгоритму та його оптимізація. При цьому первинна САА-М-схема розглядається як алгебраїчна специфікація алгоритму, що проектується.

Етап 4. Підготовка і занесення в архів реалізації використаних в схемі операторів і умов. Створюються структури даних, що відображають поняття, які були введені на першому етапі.

Етап 5. Підготовка до налагодження і верифікації створюваної програми. Складається система тестових прикладів. В архів включаються оператори мови програмування для виклику засобів налагодження і видачі повідомлень.

Етап 6. Автоматизований синтез програми. На основі спроектованої схеми алгоритму і реалізації понять, що зберігаються в архіві, збирається текст програми цільовою мовою. Потім програма компілюється і виконується. При виявленні помилок лагодяться схема та поняття архіву, після чого повторюється синтез.

1.3. Синтез моделі ВСЕ. Конкретизуємо інтерпретацію (а) запропонованої моделі ВСЕ в термінах САА-М і автоматної моделі (1)-(4) МПС (ВСЕ являє собою спеціалізовану мікроЕОМ, що під час налагодження фізично замінює МП в МПС, яка налагоджується). На рис. 3 зображено організаційну структуру ВСЕ в трьох станах: обміну з управляючою ЕОМ (УЕОМ) (рис. 3, а), ініціалізації або повернення з емуляції (рис. 3, б) і емуляції (рис. 3, в) [6, 16, 18, 19]. Управляючий автомат С ВСЕ включає такі функціональні блоки:

- УЕОМ, невід'ємною складовою частиною котрої є програма управління емулятором, що забезпечує програмний інтерфейс оператора з МПС, яка налагоджується (НМПС);

- блок управління, який здійснює управління ресурсами ВСЕ і дає інформацію про його стан УЕОМ.

Операційний автомат D ВСЕ складається з блоків:

- МП, що емулює, котрий підключається до НМПС;
- пам'яті, що зберігає програми, які виконуються при запуску і поверненні з емуляції (ПЗП);
- пам'яті імітації (ПІ), що використовується програмами НМПС;
- компаратора (КОМП), що виробляє ознаку припинення емуляції при істинності попередньо заданих предикатів (збіжність адрес, станів і даних МП);

- пам'яті траси програми (ТРАС), яка зберігає інформацію про машинні цикли МП під час виконання програм НМПС;

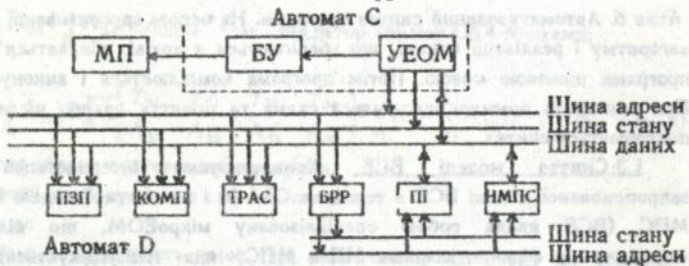
- розподілу ресурсів (БРР), який підключає пам'ять НМПС або ПІ до МП під час емуляції. БРР розподіляє пристрої введення/виведення (ЛВВ), виявляє запити на звернення до неіснуючої пам'яті або ПВВ і виробляє ознаку припинення емуляції.

Тоді параметричну регулярну схему алгоритма роботи ВСЕ можна записати таким чином:

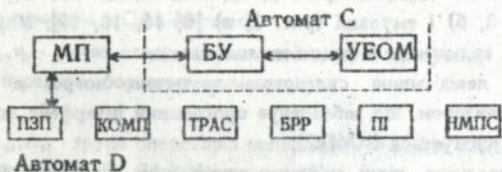
$$A_E = \{A_1 * A_2 * A_3 * A_4\},$$

де

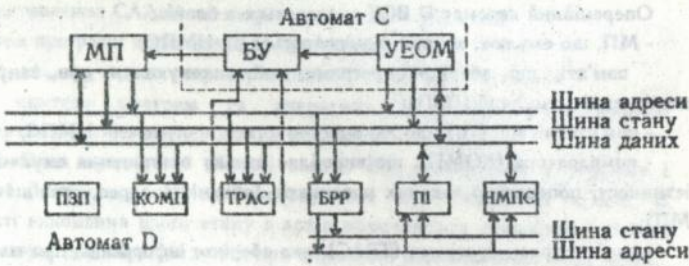
$$A_1 = A_{11} \left\{ A_{12} \left(\prod \begin{pmatrix} \alpha_{13} & \alpha_{14} & \alpha_{15} & \alpha_{16} \\ A_{13} & A_{14} & A_{15} & A_{16} \end{pmatrix} \vee \prod \begin{pmatrix} \alpha_{17} & \alpha_{18} & \alpha_{19} \\ A_{17} & A_{18} & A_{19} \end{pmatrix} \right) \right\}$$



а) стан обміну



б) стан ініціалізації або повернення з емуляції



в) стан емуляції

Рис.3. Організаційна структура ВСЕ в різних станах

-оператор обміну UEOM і ВСЕ;

$A_2 = A_{21} * A_{22} * A_{23}$ - оператор переходу в стан емуляції;

$A_3 = A_{31} \{ A_{32} \vee A_{33} \vee A_{34} \}$ - оператор емуляції;

$A_4 = A_{41} * A_{42} * A_{43}$ - оператор повернення із стану емуляції.

В наведеній схемі використано такі позначення.

Предикати:

α - поточна команда не є командою припинення роботи ВСЕ;

- α_{11} - команда не є командою запуску емуляції;
 α_{12} - необхідне звертання до апаратних ресурсів ВСЕ;
 $\alpha_{13}, \alpha_{14}, \alpha_{15}$ - необхідне завантаження блоків КОМП, ТРАС або БРР відповідно;
 α_{16} - необхідне звертання до даних в ПІ, НМПС, або ПЗП;
 $\alpha_{17}, \alpha_{18}, \alpha_{19}$ - необхідне виконання команд без звертання до апаратних ресурсів ВСЕ;
 α_{21} - відсутня умова припинення емуляції.

Оператори:

- A_{11}, A_{12} - підключення УЕОМ до системних шин ВСЕ, відключення МП від цих шин та прийом поточної команди відповідно;
 A_{13}, A_{14}, A_{15} - завантаження блоків КОМП, ТРАС або БРР відповідно;
 A_{16} - запис/читання даних в ПІ, НМПС або ПЗП;
 A_{17}, A_{18}, A_{19} - виконання функцій без звернення до апаратних ресурсів ВСЕ;
 A_{21} - відключення УЕОМ від системних шин ВСЕ і підключення МП до ПЗП;
 A_{22}, A_{23} - виконання програми завантаження програмно доступних елементів МП та відключення МП від ПЗП відповідно;
 A_{31}, A_{32} - запис/читання даних через БРР та запис даних робочого циклу МП у ТРАС відповідно;
 A_{33} - перевірка ознак зупинення блоком КОМП і формування ознаки припинення емуляції при виконанні умов зупинки;
 A_{34} - формування умов припинення емуляції;
 A_{41}, A_{42} - підключення та відключення ПЗП до/від МП відповідно;
 A_{43} - виконання програми читання програмно доступних елементів МП.

Одержана параметрична регулярна схема є формулою в САА-М і допускає подальший формалізований синтез за допомогою інструментального комплексу Нейрон-МСП.

Розділ узагальнює запропоновану автором методологію синтезу МПС, яка ґрунтується на автоматних та алгебраїчних моделях, схематології багаторівневого структурного проектування, і містить параметричні регулярні схеми алгоритмів інструментального комплексу синтезу та налагодження МПС.

2. БАГАТОРІВНЕВИЙ СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ПРОГРАМНИХ ТА АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ МПС

Розділ включає багаторівневий структурний синтез інтерпретації (а,б,в) запропонованої в попередньому розділі абстрактної автоматної моделі МПС. В кожному випадку САА-М-схема являє собою деякий клас алгоритмів, який визначається множиною систем елементарних операторів

та умов. Інтерпретація останніх, а також опис обробляємих структур даних провадиться за допомогою цільових мов, що вибираються у згоді з даною предметною областю та типом МП.

2.1. Синтез параметричних регулярних схем алгоритмів і базового набору команд програми ВСЕ. Специфіка вимоги до функціонування програми ВСЕ полягає в тому, що вона повинна забезпечувати і підтримувати інтерактивний режим роботи через неможливість прогнозування з досить високою вірогідністю результатів чергового кроку емуляції і, внаслідок цього, майже повною залежністю подальших кроків від результатів попередніх. Ряд функцій виконується програмою у фоновому режимі. Додатковою умовою є те, що ПЗ емулятора повинно функціонувати в пакетному режимі для здійснення початкових установок [8, 14, 17].

З метою дослідження методів побудування розглядуваних програм і аналізу їх роботи конкретизуємо в моделі (а) ВСЕ, яку було введено в першому розділі, параметричні регулярні схеми алгоритмів.

Для створення регулярної схеми введемо такі позначення. Хай множина команд програми S розбивається на n функціональних підмножин S_i , таких, що

$$S = \bigcup_{i \in I} S_i, \quad i \in I = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (5)$$

$$\bigcap_{i \in I} S_i = \emptyset. \quad (6)$$

Причому кожна підмножина

$$S_i = \{S_1^i, S_2^i, \dots, S_j^i, \dots, S_m^i\}. \quad (7)$$

Не порушуючи спільності, будемо вважати, що S_i - підмножина, що має одну команду S_j^i завершення процесу емуляції. Поточну введenu користувачем команду позначимо σ . З урахуванням введених позначень узагальнена параметрична регулярна схема алгоритму може бути зображена у вигляді наступної формули:

$$A = \{ \{ \{ (A_1 \vee A_4) \} \}_{\beta \in \{0\}} \} \{ \{ \prod_{i \in I} \left(\begin{matrix} \mu_1 & \dots & \mu_j & \dots & \mu_m \\ B_1 & \dots & B_j & \dots & B_m \end{matrix} \right) \vee A_2 \} \vee A_3 \} \}, \quad (8)$$

де прийняті такі позначення.

Предикати:

$\alpha = (\sigma \vee S_j)$;

β - введений символ не є маркером кінця команди;

δ - користувачем не введено поточну команду;

$$\gamma = (\sigma \in \bigcup_{i \in I} S_i);$$

ε - стан апаратних ресурсів дозволяє виконати команду, що запитується;
 $\mu_j = (\sigma \in S_j)$.

Оператори:

A_1 - виконання фонового процесу;

A_2 - видача повідомлення про помилку періоду виконання команди;

A_3 - видача повідомлення про синтаксичну помилку;

A_4 - введення чергового символу;

B_j - інтерпретація команди S_j ;

$$m = \text{Card}(\bigcup_{i \in I} S_i).$$

Розроблену параметричну регулярну схему (8) було використано для синтезу програм сімейства ВСЕ для різних типів МП, а саме: KP1810BM86, KP1810BM88, KP580BM80, KP580BM85, KP1816BE35, KP1816BE48.

Важливою задачею проектування ПЗ емулятору є визначення і реалізація базового набору команд програми. В загальному випадку постановка задачі формулюється таким чином. Необхідно сформулювати множину S , що містить мінімальну кількість елементів і складається з підмножин S_i , які задовольняють умовам (5)-(7), і наступним додатковим критеріям:

- набір команд повинен забезпечувати управління всіма ресурсами ВСЕ без втрати їх функціональних можливостей;

- набір команд повинен забезпечувати максимальну кількість сервісних функцій і інформації про процес налагодження, які відповідають сучасним концепціям побудування програм налагодження.

2.2. Розробка типової регулярної схеми інтегрованого ППП для ПЕОМ. Архітектурні принципи реалізації інструментального комплексу багаторівневого структурного синтезу МПС дозволяють на основі типової параметричної регулярної схеми алгоритму синтезувати програми і формалізовані специфікації апаратних структур МПС для вирішення задач різних предметних областей. Це досягається за рахунок можливості модифікації САА-М-схеми алгоритму стосовно до умов задачі і використання на етапі синтезу необхідних архівних файлів.

Відзначена можливість дозволила розробити типові параметричні регулярні схеми алгоритмів, які було використано для синтезу ПЗ ПЕОМ (ОС, ППП, системи програмування). Нижче наведено параметричну регулярну схему алгоритму функціонування інтегрованого ППП (ІППП) для ПЕОМ, що включає $i \in I = \{1, 2, \dots, v\}$ різних функцій (робота з системою

управління базами даних (СУБД), електронною таблицею, діловою графікою і т.д [22, 24, 29]. В схемі відображено тільки одну функцію ІППП (робота з СУБД).

$$A_1 = A_1 * \{ A_2 \} * A_3,$$

де $A_2 = A_{26} * A_{27} * \prod \left(\begin{matrix} \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \end{matrix} \right)$ - оператор роботи з ІППП;

$A_{21} = \{ A_{211} \} * \{ A_{212} \} * \{ A_{213} \} * \{ A_{212} \}$ - оператор роботи з СУБД;

В схемі прийнято наступні позначення.

Предикати:

α_1 - вихід з ІППП;

α_{2i} - обрано режим $i \in I$ роботи ІППП;

α_{211} - завершено роботу СУБД в режимі "Асистент" (команди вибираються з функціональних меню);

β_{211} - припинення роботи з СУБД;

γ_{211} - припинення роботи СУБД в командному режимі.

Оператори:

A_1 - ініціалізація ІППП;

A_3 - завершення роботи з ІППП;

A_{2i} - робота з i -ю підсистемою ІППП;

A_{26} - формування головного меню ІППП;

A_{27} - аналіз вибору із головного меню;

A_{211} - робота СУБД в режимі "Асистент";

A_{212} - вихід з циклу роботи з СУБД;

A_{213} - робота СУБД в командному режимі.

2.3. Побудова узагальненої інформаційної моделі мікропроцесорного РВП. Існуючі моделі РВП ґрунтуються на фізичних принципах вимірювання параметрів деякого зовнішнього процесу. В роботі запропоновано новий підхід до створення узагальненої схеми функціонування РВП, що базується на інформаційній моделі і в достатньому ступені адекватно описує процеси перетворення інформації убудованим МП. Запропоновану модель зображено на рис. 4. В загальному випадку прилад може мати n каналів, що треба враховувати при формуванні моделі [3, 10].

Підсистема введення і попередньої обробки даних про зовнішній процес повинна забезпечувати введення, цифрову фільтрацію і гладкування даних (якщо необхідно, то в реальному масштабі часу). Головною задачею тут є формування ввідного вектора X , який містить фізичні параметри зовнішнього процесу. Підсистема аналізу і обробки

даних на основі вектора X формує вихідний вектор Y , який визначається деяким оператором F перетворення вектора X , тобто $Y=F \cdot X$. Наявність убудованого МП дозволяє передбачити складні алгоритми і математичну обробку вектора вихідних даних X . Підсистема реєстрації і візуалізації параметрів процесу, використовуючи розрахований вектор Y , забезпечує

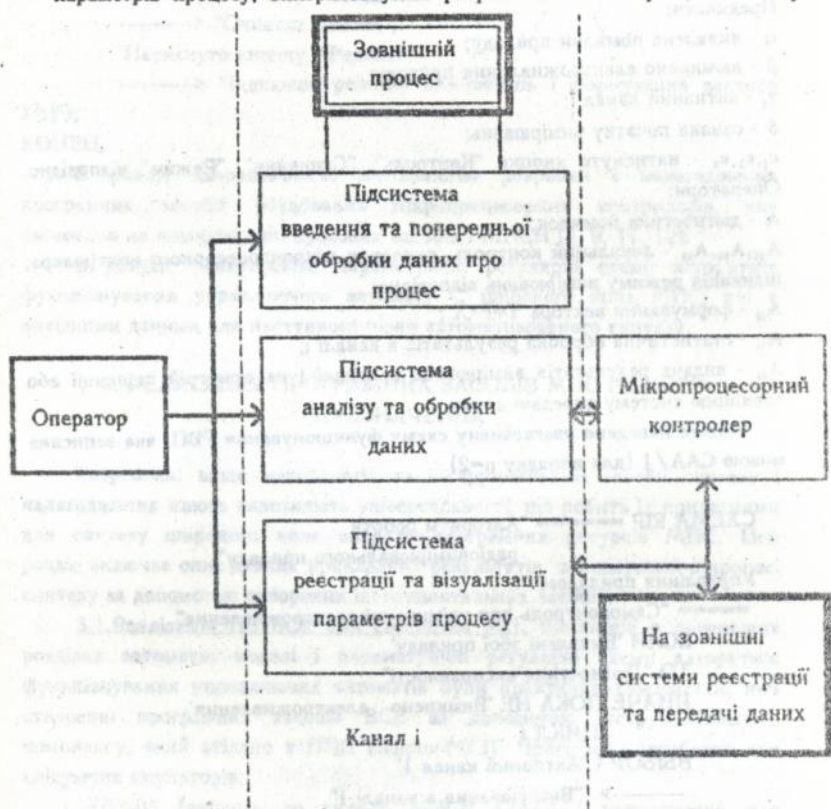


Рис.4. Узагальнена інформаційна модель мікропроцесорного РВП

індикацію даних в необхідному вигляді. Мікропроцесорні РВП V і V_i покоління забезпечують можливість інтерактивної взаємодії з оператором.

В загальному випадку схема функціонування РВП може бути зображена у наступному вигляді:

$$\Lambda_R = \left(\Lambda \vee \left\{ \prod_l \left(\begin{matrix} Y_l & \dots & Y_n \\ \Lambda_l & \dots & \Lambda_n \end{matrix} \right) \right\} \right),$$

де $A_i = \left\{ \prod \begin{pmatrix} \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \varepsilon_3 \\ A_{i1} & A_{i2} & A_{i3} \end{pmatrix} \right\} * A_{2i} * A_{3i} * A_{4i}$ - оператор вимірювань в

каналі i і формування вектора X_i .

В схемі прийняті такі позначення.

Предикати:

α - виявлено помилки приладу;

β - ввімкнено електроживлення приладу;

γ_i - активний канал i ;

δ - ознака початку вимірювань;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ - натиснуто кнопки "Контроль", "Скидання", "Режим" відповідно.

Оператори:

A - діагностика помилок;

A_{1i}, A_{2i}, A_{3i} - локальний контроль, скидання мікропроцесорного контролера, індикація режиму вимірювань відповідно;

A_{2i} - формування вектора $Y = F * X$;

A_{3i} - статистична обробка результатів в каналі i ;

A_{4i} - видача результатів вимірювань в каналі i на пристрій індикації або зовнішню систему передачі даних.

Нижче наведено узагальнену схему функціонування РВП, яка записана мовою САА/1 (для випадку $p=2$).

СХЕМА РІР ----- "Алгоритм роботи
радіовимірювального приладу";

"Управління приладом"

----- "Самоконтроль при увімкненні електроживлення"

* ЕСЛИ 'Виявлені збої приладу'

ТО "Діагностика несправності"

ІНАЧЕ ПОКА НЕ 'Вімкнено електроживлення'

ЦИКЛ (

ВИБОР ('Активний канал 1'

-----> "Вимірювання в каналі 1",

'Активний канал 2'

-----> "Вимірювання в каналі 2"););

"Вимірювання в каналі 1"

----- "Очікування початку вимірювання і формування вектора $X[i]$ "

* "Формування вектора $Y[i] = F[i] * X[i]$ "

* "Статистична обробка результатів"

* "Виведення результатів на пристрій індикації або зовнішню систему передачі даних";

"Очікування початку вимірювання і формування вектора $X[i]$ "

----- ПОКА НЕ 'Надійшов сигнал про початок вимірювань'
 ЦИКЛ ВЫБОР('Натиснуто кнопку <Контроль>'

-----> "Локальний контроль",

'Натиснуто кнопку <Скидання>'

-----> "Очистка пам'яті",

'Натиснуто кнопку <Режим>'

-----> "Індикація режиму вимірювань і формування вектора

X[i]");

КОНЕЦ;

В роботі запропоновано методологію розробки і налагодження програмних засобів убудованих мікропроцесорних контролерів, яку засновано на використанні кросових засобів і МПСН [5, 9, 11, 12].

В розділі синтезовані параметричні регулярні схеми алгоритмів функціонування управляючого автомату С широкого кола МПС, які є вихідними даними для наступного рівня автоматизованого синтезу.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МПС РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розроблені вище методологія та інструментальні засоби синтезу і налагодження мають властивість універсальності, що робить їх придатними для синтезу широкого кола апаратно-програмних ресурсів МПС. Цей розділ включає опис деяких прикладних результатів, що одержані в процесі синтезу за допомогою створених інструментальних засобів.

3.1. Реалізація ПЗ ВСЕ для сімейства МП. Викладені в попередніх розділах автоматні моделі і параметричні регулярні схеми алгоритмів функціонування управляючих автоматів були практично використані при створенні програмних засобів ВСЕ за допомогою інструментального комплексу, який втілено в ППП Нейрон-МСП. Програми розроблено для наступних емуляторів:

- УВЭ-01 (входить до складу МПСН СО-04 і призначений для налагодження МПС на базі МП КР580ВМ80. Об'єм програми - 19000 операторів мови асемблеру МП КР580ВМ80);

- НЕЙРОН ІЗ.622 (приєднується за допомогою інтерфейсу RS232C до ПЕОМ типу НЕЙРОН (або іншого комп'ютера, сумісного з ІВМ РС) і дозволяє налагоджувати МПС на базі МП КР1810ВМ96, *Р1810ВМ88, КР580ВМ80, КР580ВМ85, КР1816ВЕ35, КР1816ВЕ48. Об'єм програм складає 16000 операторів мови асемблеру МП КР580ВМ80 і 8500 операторів мови Сі++ для кожного типу МП).

Розглянемо вирішення задачі визначення базового набору команд для програми емулятора МП КР580ВМ80, що входить до складу МПСН СО-04

[15]. В даному випадку $n=5$, $m=18$, $S = \bigcup_{i \in I} S_i$, $i \in I = \{1, 2, \dots, 5\}$. Підмножини

S_i містять команди:

а) S_1 (завершення процесу емуляції)

EXIT - передача управління операційній системі;

б) S_2 (емуляції)

GO - переведення BCE в режим емуляції до виконання умов зупинника.

STEP - переведення BCE в режим емуляції на час виконання заданої кількості команд.

RANGE - задання зони адрес команд, для яких повинна виконуватись індикація регістрів МП при виконанні команд GO і STEP.

CONTINUE - запуск процесу емуляції з попередньої точки переривання.

CALL - емуляція системи переривань користувача;

в) S_3 (опитування)

BASE - установка режиму індикації.

DISPLAY - індикація пам'яті, регістрів і виводів МП, інформації із пам'яті траси програм і т.д.

CHANGE - модифікація вмісту пам'яті, регістрів МП.

XFORM - установка карти адрес.

SEARCH - пошук в пам'яті байтів із заданою інформацією.

г) S_4 (читання/запису в зовнішні пристрої)

DEVICE - читання/запис даних в зовнішні пристрої НМПС.

д) S_5 (допоміжні)

LOAD - завантаження програми і її таблиці символів.

SAVE - збереження програми і її таблиці символів.

EQUATE - введення додаткових символів і їх значень в таблицю символів.

FILL - заповнення пам'яті означеними даними.

MOVE - переміщення даних з однієї області пам'яті в іншу.

TIMEOUT - дозвіл/заборона кванта часу затримки роботи МП.

3.2. Реалізація ОС і ППП для МПСН і ПЕОМ. З використанням ППП Нейрон-МСП були розроблені параметричні регулярні схеми для ряду ОС, ППП і систем програмування (СП) МПСН СО-04 і ПЕОМ СДГ-01 та НЕЙРОН ІН.66 [17, 20, 23, 25, 27, 28]. Табл. 2 містить опис синтезованих програмних засобів.

3.3. Функціональне ПЗ РВП. Функціональні можливості РВП із убудованими МП визначаються ПЗ, що записане в ПЗП. На основі запропонованих в роботі структур, моделей, параметричних регулярних схем алгоритмів, методів цифрової обробки сигналів зовнішніх процесів, інструментальних засобів проектування МПС розроблено програмні засоби ілюї гами РВП нового покоління, типовими з яких є:

- вимірювачі частоти та часу (ЦЗ-64, ЦЗ-66);

- електрокардіоаналізатор (ЕКАЗ-02);
- полікардіоаналізатор ПА5-01 для вимірювання ряду параметрів (в тому числі параметрів зовнішнього дихання).

Вимірювачі частоти та часу ЧЗ-64 та ЧЗ-66 призначені для автоматичного вимірювання частоти та періоду неперервних електричних сигналів в діапазоні частот 12 і 37,5 Гц, вимірювання несучої частоти імпульсно-модульованих сигналів, вимірювання відношення частот електричних сигналів, вимірювання часових співвідношень між електричними сигналами та обліку імпульсів, проведення арифметичних дій з результатами вимірювання і таке інше. В основу структурного синтезу приладів закладено нові методи перетворення сигналів та обробки інформації: метод зворотного обліку, суміщений-з часовою інтерполяцією, та убудовані мікропроцесорні засоби обробки інформації і управління процесом вимірювання. Об'єм синтезованих програм в ПЗП приладів ЧЗ-64 та ЧЗ-66 складає 7300 та 9000 операторів мови асемблеру відповідно.

Трьохканальний мікропроцесорний електрокардіоаналізатор ЕКАЗ-02 призначений для контролю за станом серцевої діяльності хворих на ішемічну хворобу серця на різних стадіях реабілітації в медичних закладах кардіологічного профілю. Об'єм синтезованих програм приладу ЕКАЗ-02 складає 39600 операторів асемблеру МП КР580ВМ80.

Розглянемо ПЗ мікропроцесорного електрокардіоаналізатору ПА5-01 (канал вимірювання параметрів зовнішнього дихання) [10]. Застосування МП дозволило розв'язати основні задачі, що виникають при обробці в реальному масштабі часу великого об'єму інформації, що надходить від пневмотахометричного датчика інформації. Сюди входить обчислення кількох десятків показників зовнішнього дихання, що є похідними від первинно вимірюваної величини об'ємної швидкості вдиху та видиху.

Найбільш важливі з точки зору діагностики показники основних анатоомо-фізіологічних властивостей апарата вентиляції - це життєва ємність легенів (ЖЕЛ), об'єм форсованого видиху за 1 сек (ОФВ1), хвилинний об'єм дихання (ХОД), максимальна вентиляція легенів (МВЛ) та ін.

Принцип роботи приладу заснований на вимірюванні об'ємної швидкості $V = f(t)$ вдиху та видиху за допомогою датчика. Наступна обробка функції $V = f(t)$ та обчислення діагностичних показників здійснюються програмою за допомогою мікропроцесорного контролера, виконаного на базі МП КР580ВМ80.

В залежності від методики дослідження, тобто дихальної процедури, що виконується пацієнтом, обробка посиленої пневмотахограми проводиться за алгоритмами визначення ЖЕЛ та показників МВЛ, ХОД, форсованого видиху.

При проведенні досліджень за будь-якою з вказаних методик попередньо одержують спірограму інтегруванням пневмотахограми

Таблиця 2

№ п/п	Вид програми	Назва програми	Призначення програми	Об'єм синтезованої програми (операторів)	Цільова мова
1	2	3	4	5	6
1.	ОС	Нейрон-ДОС1 (Нейрон-ДОС1М)	ОС ПЕОМ НЕЙРОН. Програмні інтерфейси сумісні з MS-DOS (Нейрон-ДОС1М - модернізована ОС)	19200	Асемблер
2.	ОС	Нейрон-ДОС2	ОС ПЕОМ НЕЙРОН. Програмні інтерфейси сумісні з CP/M-86	9700	Асемблер
3.	ОС	ДОС СО	ОС МПСН СО-04 і ПЕОМ СДГ-01. Програмні інтерфейси сумісні з ISIS-II.	13900	Асемблер Сі
4.	ППП	Нейрон-файл	Система управління файлами ПЕОМ	6100	Сі
5.	ППП	Нейрон-база (Нейрон-база М)	Система управління реляційними базами даних ПЕОМ (Нейрон-база М - модернізована система, що допускає мережну обробку)	23300	Асемблер Сі
6.	ІППП	Нейрон-счет (Нейрон-счет М)	Інтегрований пакет, що містить електронну таблицю, СУБД і засоби ділової графіки для ПЕОМ (Нейрон-счет М - модернізований пакет, який включає обробку електронних таблиць великої розмірності)	5700	Сі
7	ППП	Нейрон-текст	Текстовий процесор для ПЕОМ. Містить стандартний набір операцій над текстом	4100	Сі

1	2	3	4	5	6
8.	ППП	Нейрон-свет	Система ведення документації відповідно із стандартами систем конструкторських, технологічних і програмних документів	5800	Сі
9.	ППП	Нейрон-КОП	Пакет для управління РВП і устаткуванням по каналу спільного користування для ПЕОМ	1200	Асемблер
10.	ППП	Нейрон-МСП (Нейрон-МСП М)	Пакет, що реалізує систему Нейрон-МСП для ПЕОМ	7500	Паскаль
11.	ППП	Нейрон-експерт	Пакет для створення і супроводження систем експертних систем різного призначення для ПЕОМ (включає засоби створення прикладної бази знань і універсальних засобів роботи з базою знань)	8400	Асемблер Сі++
12	СП	СП на мові Паскаль	Пакет, що підтримує наскрізний цикл розробки програм мовою Паскаль для ПЕОМ	16600	Паскаль, Асемблер

$$V = \int_0^2 V(t) \cdot dt$$

де τ_1 - час вдиху (τ_1) або видиху (τ_2). Подальша обробка полягає в вилученні характерних точок на пневмотахограмі та спірограмі.

За пневмотахограмою визначається також час вдиху τ_1 , видиху τ_2 та частота дихання. Стала часу вимірювання складає 30 с. Показники ХОД обчислюються за спірограмою по сумах об'ємів вдихів за 30 с, потім обчислюють дихальний об'єм (ДО), $ДО = ХОД / ЧД$, та співвідношення

$$\text{вдих} / \text{видих } k = \tau_1 / \tau_2$$

Показники МВЛ визначають за тією ж програмою, поклавши сталу часу - 15с.

При розробці алгоритма ОФВІ за основу розрахунку прийнято нульову точку, що відображає момент початку форсованого видиху.

Реєстрація одержаних даних здійснюється на екрані електроннопроменевої трубки та планшетному графобудівнику. Об'єм синтезованих програм приладу ПА5-01 становить 17700 операторів асемблера МП КР580ВМ80.

ВИСНОВКИ

Підсумок даної роботи - розв'язання наукової проблеми створення методології багаторівневого структурного синтезу широкого класу МПС та розробка відповідних інструментальних засобів проектування, що є новим науковим напрямком, який визначив шляхи створення та застосування нового покоління апаратно-програмних засобів МПС. Результати, що інтегрують основу цього напрямку, полягають в наступному:

1. Розвинуто та узагальнено наукові методи проектування МПС, призначені для алгоритмічного опису програмних та апаратних засобів. На основі проведеного аналізу розроблено абстрактні автоматні моделі МПС різного призначення та визначено шляхи їх практичної реалізації.

2. Запропоновано схематологію структурного проектування МПС, що базується на математичному апараті САА-М та методі багаторівневого структурного синтезу. Розроблено архітектуру інструментального комплексу Нейрон-МСП, що об'єднує принципи, методи та засоби проектування МПС в рамках єдиної концепції багаторівневої автоматизованої трансформації формулювання задачі в програму або алгоритми функціонування апаратних засобів. Розроблено інструментарій методу багаторівневого структурного програмування - структурний синтезатор програм Нейрон-МСП, який реалізовано на ПЕОМ. Як цільові алгоритмічні мови до синтезатора підключено мови Турбо Паскаль, Турбо Сі++ та асемблер. Результати, одержані автором, підтвердили, що використання методу багаторівневого структурного проектування та його інструментарію дозволяють суттєво скоротити час розробки програм для МПС та підвищити їх якість.

3. Розроблено методи моделювання динамічних характеристик МПС. На основі проведених досліджень створено методику моделювання зовнішніх по відношенню до МП процесів з будь-якими законами зміни вхідних сигналів (детерміновані та випадкові з різними законами розподілу випадкової величини та детерміновані). Запропоновано засоби оцінки часових співвідношень в МПС, що діють в реальному масштабі часу. Запропоновано параметричну регулярну схему алгоритма програми ВСЕ,

яка забезпечила можливість синтезу сімейства програм для різних типів мікропроцесорних ВІС.

4. На основі створеної схематології побудовано параметричні регулярні схеми таких комплексів програм МПС:

- ОС для МПСН (ДОС-СО) та ПЕОМ (Нейрон ДОС1, Нейрон ДОС1М, Нейрон ДОС2);

-СП для МПСН та ПЕОМ;

-ППП загального призначення для ПЕОМ. Одержані схеми було використано для автоматизованого синтезу необхідних програм засобами інструментального пакету Нейрон-МСП.

5. Запропоновано та досліджено узагальнену інформаційну модель РВП з убудованим МП, що функціонує в реальному часі оператора, а також методи та алгоритми багатопараметричної та багатоканальної обробки вимірених даних. Побудовано параметричні регулярні схеми алгоритмів, що реалізують обчислення нових специфічних параметрів на основі первинно вимірених даних. Досліджено питання організації обчислювального процесу в приладах подібного класу, на основі чого розроблено вимоги до ПЗ приладів, що записується в ПЗП. Розроблено принципи структурної побудови груп мікропроцесорних вимірювальних приладів на основі уніфікованого апаратно-програмного ядра з гнучкою (віртуальною) перебудовою функцій в залежності від прикладного призначення приладу. Це досягнуто за рахунок використання параметричних регулярних схем алгоритмів приладів та синтезом цих програм з використанням інструментарію пакету Нейрон-МСП.

6. На основі розроблених теоретичних методів було створено та впроваджено в серійне виробництво широку гаму програмних засобів МПС: ПЗ МПСН, ПЕОМ, РВП, ІВС та технологічного устаткування.

7. Теоретичні та прикладні результати було впроваджено на ряді підприємств України (Київське ВО імені С.П. Корольова, Одеський НДПІ "Темп" та ін.), Литовської республіки (Вільнюський НДІ електроніки "Еліта"), а також в учбово-педагогічному процесі на радіофізичному факультеті Київського університету імені Тараса Шевченка.

8. В перспективі розроблені теоретичні методи синтезу апаратно-програмних засобів МПС буде використано при виконанні комплексних програм з автоматизації наукових досліджень в Київському університеті імені Тараса Шевченка, Інституті ядерних досліджень АН України. Вони також можуть бути основою при створенні широкого класу МПС для різних галузей промисловості України.

Основний зміст дисертації опубліковано в наступних роботах.

1. Погорелый С.Д. Формальные модели методов обеспечения программной совместимости ЭВМ // Языки системного программирования и методы их реализации. Киев: ИК АН УССР, 1974. - С.108-115.
2. Малиновский Б.Н., Погорелый С.Д. Методы эмуляции ЭВМ // УСиМ.-1974.- N4.- С.36-44.
3. О выборе структуры сопряжения микропроцессора с линией коллективного пользования при построении информационно-измерительной системы / С.Д. Погорелый, А.Г.Ракитский, В.И. Сигалов // Проектирование и применение мини-ЭВМ. -Киев: ИК АН УССР, 1977.-С.27-42.
4. Системное программное обеспечение микроЭВМ на основе микропроцессора К580ИК80 / С.Д. Погорелый, Ю.Ф. Химерик, В.В.Садовский и др. // Специальная техника средств связи. Сер. общетехническая. - Вып. 4 (11). - 1980. С.17-21.
5. Системное программное обеспечение модульного набора средств микропроцессорной техники / С.Д. Погорелый, А.М. Решетников, В.И.Сигалов и др. // Средства связи.- 1981. -N1. - С.16-20.
6. Система проектирования и отладки аппаратных и программных средств микроконтроллеров / В.В.Бадашин, В.Л.Леонтьев, В.И.Сигалов, С.Д.Погорелый // там же. - / С. 51-54.
7. Вопросы реализации алгоритмического языка Бейсик в микропроцессорных системах / С.Д. Погорелый, В.В. Садовский, В.И.Тищенко // УСиМ. - 1981. -N 6. -С.65-67.
8. Справочник по цифровой вычислительной технике (программное обеспечение) / Б.Н. Малиновский, В.В. Липаев, Т.Ф. Слободянюк,.... С.Д.Погорелый и др. // Киев: Техника, 1981. -208 с.
9. Система отладки программного обеспечения микроЭВМ на СМ ЭВМ / С.Д.Погорелый, С.Г.Вайсбанд, Ю.Ф.Химерик // Техника средств связи. Сер. общетехническая. - 1981. - Вып. 1. -С.27-31.
10. Программное обеспечение автоматизированного медицинского комплекса на базе микропроцессора / В.П.Кобылянский, С.Д.Погорелый, А.Ю. Ратманский и др. // там же. С.42-48.
11. Кроссовые системы отладки программного обеспечения микропроцессора К580ИК80 на малых ЭВМ / А.И.Слободянюк, С.Д.Погорелый, С.Г.Вайсбанд // УСиМ. -1982. -N2. -С.38-41.
12. Системное математическое обеспечение микроЭВМ и отладочной системы на базе микропроцессора К580ИК80 / Б.Н.Малиновский, А.И.Слободянюк, С.Д.Погорелый // там же, N3. -С.30-34.

13. О реализации графической версии языка Бейсик на микроЭВМ / С. Д. Погорелый, В. И. Тищенко, В. Л. Алексеев // Техника средств связи. Сер. общетехническая. — 1982. — Вып. I. — С. 34—40.

14. Experience In Using MDS Microprocessor Development Systems In Measuring Technique / В. N. Malinovsky, A. I. Slobodjanuk, ... S. D. Pogorely // Intern. Meeting On Development AIDS For Microprocessor Systems. — Liege, Oct. 25—26 1982. — P. 11.1— 11.9.

15. Комплекс средств микропроцессорной техники / Б. Н. Малиновский, А. В. Палагин, С. Д. Погорелый и др. // УСнМ. — 1982. — № 6. С. 12—17.

16. А. с. 1188746 СССР, МКИ G 06 F 13/10. Устройство ввода-вывода с изменяемой архитектурой / В. В. Бадашин, В. И. Ланда, ... С. Д. Погорелый и др. — Опубл. 01.07.85, Бюл. № 22.

17. Сигалов В. И., Погорелый С. Д. Система автоматизации разработки и отладки микропроцессорной аппаратуры СО-04. — Киев : О-во «Знання» УССР, 1985. — 32 с.

18. Средства комплексной отладки микропроцессорных систем / О. Ю. Гудзенко, Л. М. Кельнер, О. В. Мокров, С. Д. Погорелый и др. // Техника средств связи. Сер. общетехническая. — 1984. — Вып. I. — С. 66—72.

19. Отладка микропроцессорных систем при помощи внутрисхемного эмулятора / О. Ю. Гудзенко, Л. М. Кельнер, О. В. Мокров, С. Д. Погорелый и др. — Там же. — С. 73—81.

20. Погорелый С. Д., Слободянюк Т. Ф. Программное обеспечение микропроцессорных систем. — Киев : Техника, 1985. — 240 с.

21. Перспективы использования комплекса микропроцессорных средств «Нейрон. И» для разработки функционального программного обеспечения систем, работающих в реальном масштабе времени / С. Д. Погорелый, А. А. Арутин, О. В. Мокров // Средства связи. — 1985. — № 1. — С. 39—42.

22. Персональная ЭВМ «Нейрон И9.66» / С. Д. Погорелый, А. И. Слободянюк, А. Е. Суворов и др. Микропроцессорные средства и системы. — 1986. — № 4. — С. 16—19.

23. Операционные системы персональных ЭВМ «Нейрон И9.66» / С. Д. Погорелый, С. Г. Вайсбанд, В. Н. Андреев // Средства связи. — 1987. — № 3. — С. 25—28.

24. Погорелый С. Д., Вайсбанд С. Г. Операционные системы персональных ЭВМ. — Киев : Техника, 1988. — 192 с.

25. Погорелый С. Д., Слободянюк Т. Ф. Программное обеспечение микропроцессорных систем. — (2-е изд. перераб. и доп.) — Киев : Техника, 1989. — 304 с.

26. Пакет прикладных программ «Нейрон-МСП». Программа для ПЭВМ / С. Д. Погорелый, В. Н. Андреев, В. Л. Алексеев и др. НИИ ЭКОС. — М. 1988. — Рег. в ГОСФАП 29.06.88, № 50 13-ИФО 125.88.

27. Погорелый С. Д. Состояние и перспективы разработок программных средств для персональных компьютеров // Применение ПЭВМ для

автоматизации расчета норм и нормативов в Минлеспроме СССР. — Киев : УкрЛіт. Центр, 1988. — 42—45.

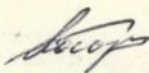
28. Погорелый С. Д. Сравнительная оценка языков программирования для персональных компьютеров // Там же. — С. 48—50.

29. Разработка программных средств для персональных ЭВМ Нейрон И9.66-М2 / С. Д. Погорелый, В. Н. Андреев, В. Л. Алексеев и др. Пояснительная записка эскизно-технического проекта ОКР. — 96 с. — Рег. в ВИНТИ 25.09.90, № У67590. — М., 1990.

30. Программный интерфейс высокого уровня, поддерживающий работу IBM PC LAN PROGRAM в сети ПЭВМ Нейрон И9.66-04 / В. Н. Андреев, В. В. Моисеенко, С. Д. Погорелый // Тр. междунар. конф. «Локальные вычислительные сети ЛОКСЕТЬ-90». — Тез. докл. — Рига: ИЭИВТ АН Латвии, 1990. — С. 38—41.

31. Погорелый С. Д., Новиков Б. В. Утилиты для персональных ЭВМ. — Киев : НПП «ИнтерЭВМсистема», 1991. — 224 с.

32. Создание микропроцессорных локальных сетей на основе ПЭВМ / С. Д. Погорелый, В. Н. Андреев, А. В. Рубленко и др. Пояснительная записка эскизно-технического проекта ОКР. — 72 с. — Рег. в ВИНТИ 14.11.88, № У52861. — М., 1988.



Підп. до друку 16.04.93. Формат 60×84/16. Папір друк. №2. Офс. друк. Ум. друк. арк. 1,63. Ум. фарбо-відб. 1,85. Обл.вид. арк. 2,0. Тираж 100 прим. Замовл. 643.

Редакційно-видавничий відділ з поліграфічною дільницею Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова АН України 252207 Київ 207, проспект Академіка Глушкова, 40