

УДК 681.3.06; 621.317

В.Тимчишин, канд. техн. наук

Тернопільська академія народного господарства

КОМПЛЕКС ЦИКЛІЧНОГО ВІДТВОРЕННЯ ОЦИФРОВАНИХ ФРАЗ “PARROT-8”

Вироблено автоматизовану систему оптимізації спеціалізованих комп'ютерних систем за сукупністю функціонально-вартісних характеристик. Її ефективність підтверджена результатами проектування комплексу триканального асинхронного відтворення оцифрованих фраз для Укртелекому.

Умовні позначення:

S_{dh}, S_{ds} - собівартість розробки відповідно апаратного і програмного забезпечення вузла;

S_{ah}, S_{as} - собівартість адаптації апаратного і програмного забезпечення вузла для даної мікропроцесорної платформи;

S_{mh}, S_{ms} - собівартість апаратного і програмного забезпечення одного екземпляра вузла;

N_s, N_m - кількість тиражованих систем і однотипних робочих станцій у системі, що обслуговує один сервер.

Стан проектування спеціалізованих комп'ютерних систем

Розвиток комп'ютерної техніки, елементної бази і засобів проектування розширив сферу використання комп'ютерних систем і спричинив їх поділ на універсальні й спеціалізовані. Використання універсальних комп'ютерів на момент їх виготовлення не визначене, побудова систем на їх основі реалізовується комбонуванням типовим апаратним забезпеченням (АЗ) і встановленням прикладного програмного забезпечення (ПЗ). Це вимагає функціонально-вартісної надлишковості як базового АЗ, так і ПЗ (операційної системи (ОС), ліцензій сервера мережі і баз даних), можливості модульного комбонування АЗ і відкритої взаємодії ПЗ у системі. Спеціалізовані комп'ютерні системи (СКС) призначені для розв'язування відносно вузьких класів задач і оптимізовані за певною критеріальною сукупністю [1]. Архітектура СКС включає функціонально обмежене АЗ і ПЗ, що не дозволяє використати її як універсальну систему.

Сфери використання СКС визначаються не лише технічними характеристиками АЗ, а й функціональними (їх ПЗ), технологічними можливостями виготовлення, а також затратами на розробку, впровадження й експлуатацію. Зниженню затрат на СКС присвячені періодичні видання і конференції, зокрема, Low Cost Automation [2,3]. Надлишковість універсального АЗ і ПЗ компенсується зниженням затрат на впровадження прикладних систем за рахунок скорочення часу розробки високооплачуваними спеціалістами. Такий підхід на Заході використовується і для СКС (промислові ІВМ-сумісні комп'ютери), однак в Україні він обмежено використовується через низьку купівельну спроможність замовника. Поряд з цим потреби у СКС постійно зростають, що вимагає пошуку шляхів зниження затрат на їх реалізацію при забезпеченні необхідних функціональних характеристик.

На сьогодні сформувалися два основні підходи до побудови СКС [1] : 1) використання типових процесорів і розробка їх спеціалізованого системного ПЗ; 2) розробка апаратно-орієнтованих процесорів (ASIC) з використанням програмованих пристроїв (FPGA) і мови VHDL. Другий підхід доцільний при проектуванні масових електронних компонентів з їх дальшим виготовленням провідними мікроелектронними фірмами.

Сьогодні більшість СКС побудована на базі типових мікропроцесорних (МП) платформ (сімейств МП комплектів) - 80x86, ARM, Intel51, PIC, Zx80, для яких характерний розвиток потужностей при дотриманні програмно-апаратної сумісності з попередніми моделями, розвинена програмна підтримка (ліцензійні чи вільно розповсюджені ОС, бібліотеки і драйвери, середовища розробки і відлагодження), є досвідчені спеціалісти - системотехніки і програмісти. Однак АЗ СКС на мікро-ЕОМ

переважно проектується “з нуля” як єдина плата, а промислові ПК IBM компонується дорогими платами розширення і вимагають засобів зберігання спеціалізованого ПЗ [4].

Хоча розробка функціонально- і апаратно-орієнтованих спецпроцесорів для СКС стає перспективнішою останнім часом, ніж використання стандартних універсальних процесорів, відсутність технологій виготовлення плат, висока вартість систем проектування і відлагодження, неспроможність замовника фінансувати розробку дорогих СКС гальмують його розвиток. А різноманітність структур СКС, мала частка компонування типовим АЗ і ПЗ збільшують затрати на створення СКС при обидвох підходах.

Тому створення наукових основ побудови (на базі універсальних процесорів і процесорних ядер [5]) СКС і мереж з узагальненою відкритою структурою й оптимізацією їх функціонально-вартісних характеристик є актуальним завданням. Аналіз СКС дозволяє висунути гіпотезу, що усунення недоліків СКС можливе за рахунок: 1) адаптації аспектів методології побудови універсальних систем (що забезпечують їх переваги) - розробки структури відкритої модульної апаратно-незалежної взаємодії прикладного ПЗ із АЗ СКС; 2) виділення і створення мінімальної множини оптимізованих низьковартісних універсальних структурних елементів, що забезпечують компонування широкою гамою СКС.

Автоматизована система оптимізації СКС

Задоволення у СКС суперечливих вимог уможливорює досягнення лише оптимізованих найважливіших функціональних якостей, що наближаються до оптимальних [1]. Математичні методи оптимізації СКС виявляють недоліки систем, взаємозв'язки їх характеристик, напрями підвищення ефективності, але не дають конструктивних розв'язків і змістовної сторони реалізації. Тому процес створення оптимізованих СКС комбінує формальні і конкретно-змістовні методи, що відіграють аналітичну й синтетичну роль.

Пошук оптимальної реалізації СКС, яка забезпечує сукупність заданих технічних, функціональних і вартісних вимог та обмежень, вимагає використання автоматизованої системи оптимізації (АСО). Така система на основі обчислення параметрів усіх варіантів СКС, що задовольняють задані технічні обмеження (ТО), синтезує для дальшого аналізу множини не гірших варіантів її структур. В АСО використано апарат дискретної багатокритеріальної оптимізації [6], зведений для практичних потреб до двокритеріальної - за сукупністю функціональних (Е) і вартісних (S) характеристик [7]. Для цього експерт (із використанням морфологічного аналізу [8]) формує матрицю варіантів апаратних і програмних вузлів, які належать до СКС - базових обчислювальних потужностей, нагромаджувачів, вузлів пристроїв введення і виведення, вимірювальних і керуючих каналів, інтерфейсів для роботи у локальній мережі, варіантів ОС, прикладної програми, обміну глобальною інформацією з програмою-сервером [7]. В АСО розглядаються лише варіанти мережевого та інформаційного забезпечення сервера, зв'язані з відповідним забезпеченням синтезованого варіанту робочої станції (РС). Це дозволяє багатоетапний синтез сумісних рішень структури СКС у цілому звести до одноетапного, залучивши відповідні ресурси сервера, зведені до кількості РС, до переліку вузлів її структури [7,9].

Експерт оцінює вартісно-функціональні параметри варіантів складових вузлів СКС (як АЗ, так і ПЗ) та їх вплив на параметри системи в цілому, сумісність варіантів рішень, критерії переваги одних рішень над іншими. Усі вузли проєктованого комплексу діляться на три види, що визначають складові критеріїв якості варіанту реалізації вузла, а їх кількісні характеристики залежать від мікропроцесорної (МП) платформи - для першого виду, від ОС - для другого, від базового вузла - для третього: 1) апаратно-програмні - складаються із АЗ (пристрій з відповідним контролером інтерфейсу) і ПЗ (драйвер підтримки пристрою на рівні ОС). Зведена собівартість для цих вузлів обчислюється за формулою:

$$S_h = \frac{S_{sh} + S_{sh}}{N_s * N_m} + \frac{S_{sh} + S_{sh}}{N_m} + S_{mh} + S_{ms} \quad (1)$$

Коефіцієнт зведених функціональних характеристик E виражений у процентах відносно деякого варіанту вузла (реального чи гіпотетичного) за загальноприйнятими критеріями його оцінки. Критерії якості S і E для варіантів реалізації апаратно-програмних вузлів різні для кожної МП-платформи, вузли взаємодіють між собою через МП-платформу;

2) програмні вузли - складаються винятково з ПЗ, для них:

$$S_s = \frac{S_{ds}}{N_s * N_m} + \frac{S_{as}}{N_m} + S_{ms} \quad (2)$$

Для цих вузлів критерії якості S і E варіантів і взаємодія вузлів залежать від вибраної ОС;

3) зв'язані вузли (наприклад, приведені затрати сервера), відповідний m-варіант реалізації яких вибирається у випадку вибору m-варіанту реалізації базового вузла.

Базою інформаційної моделі АСО є нарощувані довідники постійної інформації про всі види систем, вузлів і варіантів їх реалізації, ТО і складові критеріїв якості. Для аналізу зберігаються варіанти вузлів і структур досі проєктованих систем. При проєктуванні системи задаються її параметри (тип, тираж систем і РС, максимально допускоса собівартість, кількість оптимальних варіантів для розгляду), формула обчислення критерію якості E як функції від п'яти змінних, що значно розширює область використання АСО. Для проєктування комплексу відтворення звуку використано спрощену залежність:

$$E = (100 - E_1) * E_2, \quad (3)$$

де E₁ виражений у процентах відносної якості вузла, а E₂ визначає значущість вузла у комплексі в цілому. Для потреб двокритеріальної оптимізації [6] E нормований (варіантові СКС з меншим значенням критерію E відповідає ліпша система). Задаються ТО кожного з вузлів проєктованої системи, АСО дозволяє внесення експертом їх нових типів.

На першому етапі проєктування експерт вибирає необхідні вузли, АСО генерує варіанти реалізації, що задовольняють ТО системи. У процесі проєктування експерт може подавати нові варіанти або обмежити розглядуваний набір.

Оптимізація виконується на основі морфологічного методу [8], базованого на функціональному (ознаковому) аналізі проєктованої системи. АСО будує морфологічну матрицю варіантів реалізації вузлів системи з кількістю рядків N вибраних базисних вузлів, і кількістю стовпчиків M альтернативних варіантів реалізації кожного вузла. Критерії якості обчислюються згідно з (1)-(3). Різноманітність обмежень і вимог морфологічного методу, що накладаються на процес пошуку і прийняття рішень, зводиться до трьох типів умов: альтернативності рішень за сторонами, сумісності або зв'язності деяких рішень, переваги одних рішень над іншими [8]. Перша умова забезпечується тим, що варіанти X_{nm} реалізації цих вузлів (Булеві змінні, що при виборі відповідного варіанту вузла дорівнюють 1, інакше 0) у межах кожного рядка альтернативні:

$$\sum_{m=1}^M X_{nm} = 1 \quad \text{для } n=1, \dots, N \quad (4)$$

Умова сумісності (зв'язності) в АСО виражена через зв'язність вузлів (третього виду), вибраних з індексом m, однаковим для базового і прив'язаного вузлів.

Для пошуку Паретової множини компромісів використовується векторна оптимізація. Пошук оптимальних рішень має ітераційний характер, у процесі якого експерт самонавчається, зводячи до мінімуму суб'єктивність оцінок [7,9]. Усі відомі методи двокритеріальної оптимізації зводять векторний синтез до скалярного [6]. Зокрема в АСО реалізовані можливості:

- знаходження оптимальних рішень за кожним з критеріїв:

$$S_{\Sigma} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M S_{nm} X_{nm} \rightarrow \min, \quad E_{\Sigma} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M E_{nm} X_{nm} \rightarrow \min \quad (5)$$

для тих X_{nm} , відповідні ТО (за 1-параметром) варіантів m вузлів n яких задовольняють обмеження T_{nl} відповідного вузла проєктованої системи;

- знаходження множини ліпших розв'язків за безумовним критерієм переваги Парето [6];
- знаходження оптимального розв'язку (5) за результативним показником якості, показником ефективності, переведенням одного з критеріїв у розряд обмежень, мінімаксімним методом [6].

Для зменшення необхідного обсягу пам'яті і часу обробки в АСО вироблений адаптивний двокроковий алгоритм перебору варіантів [7,9]. На першому кроці АСО перебирає варіанти згідно з (5) і заповнює 2 таблиці заданого експертом розміру знайденими не гіршими рішеннями за кожним (одним) критерієм S і E без задання обмежень за іншим. На рис. 1 такі варіанти позначені колами для негірших варіантів за критерієм S , квадратами - за критерієм E , а спільні за обома критеріями в окремій таблиці варіанти помічені хрестиками. Це - характерні області рішень $\{E_{\min} \text{ при } S_{\max}\}$ і $\{S_{\min} \text{ при } E_{\max}\}$, розміщені на кінцях Паретової множини негірших рішень. На другому кроці АСО адаптивно звужує зону пошуку на основі знайдених S_{\max} , E_{\min} , E_{\max} , і знаходить задану кількість негірших рішень за S у кожній із заданих експертом Z зон, поділених за критерієм $E \{(E_{\max} - E_{\min})/Z\}$. Для зведення до мінімуму елементів розробки експерт може витягнути з довідника попередньо спроектовані системи заданого класу (на рис. 1 вони, як і, безумовно, негірші за двома критеріями варіанти, показані трикутниками) для порівняння їх функціонально-вартісних характеристик із щойно згенерованими варіантами. Знайдена множина дозволяє побудувати (див. рис. 1) ліву нижню границю негірших рішень.

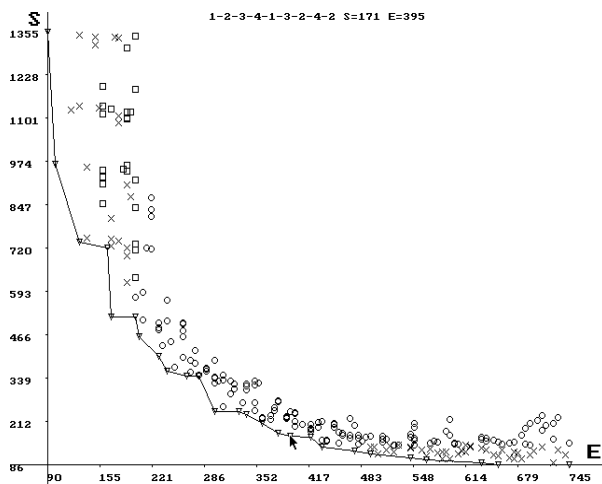


Рис. 1. Графічне представлення результату оптимізації СКС.

АСО генерує варіанти негірших рішень для друку з текстовим описом варіантів використаних вузлів. Значення критеріїв якості і перелік варіантів вузлів можна побачити безпосередньо при роботі з графіком (див. рис.1), вибравши "мишкою" відповідну точку-розв'язок. Експерт-розробник систем, аналізуючи згенеровану множину розв'язків, вибирає і погоджує кінцевий розв'язок із замовником, ґрунтуючись на фінансових можливостях, перспективах розширення у майбутньому і т.п. [7, 9].

З використанням АСО проаналізовані вимоги типових вимірювально-керуючих і термінальних СКС, реалізовано функціонально-вартісну оптимізацію типових структур СКС, і

виявлено повторювану множину оптимізованих вузлів АЗ і ПЗ, придатних для компонування цього класу систем [4, 7, 9, 12-15].

Вимоги до комплексу відтворення звуку

Проведений аналіз потреб підприємств зв'язку на прикладі Тернопільського відділення Укртелекому у ринкових умовах (часті відключення абонентів за несплату, наближена до 100% завантаженість каналів у пікові години) виявив необхідність використання апаратури циклічного відтворення оцифрованих фраз і апаратури комутації абонентів у лінії обробки нештатних ситуацій з метою зменшення кількості повторних дзвінків за відключеними номерами чи пошкодженими напрямками, що

забезпечить обслуговування зрослої кількості абонентів та дзвінків наявною апаратурою.

Комутація абонентів на три лінії із фразами-повідомленнями про нештатні ситуації передбачена у використуваній апаратурі комутації міжміських розмов, що з'єднує віддаленого абонента із відповідною міською чи районною АТС, міжміським напрямом. Для цього слід лише ввести інформацію про номери відключених телефонів, коди пошкоджених напрямів і т.п. у комп'ютер, що керує комутатором. Апаратура циклічного відтворення оцифрованих фраз (розробки Siemens, Одеси) відносно високоякісна і не забезпечує всіх функціональних і якісних характеристик. На сьогодні необхідна динамічна обробка мінімум 5 нештатних ситуацій, їх кількість може збільшуватися. Відома апаратура дозволяє перезапис нових фраз у ПЗП лише з тривалою зупинкою і демонтажем системи, передбачені фрази однакової довжини нераціонально використовують ПЗП і створюють непропорційні паузи при відтворенні різних фраз. Усе це робить неприйнятним використання цих систем у динамічних умовах експлуатації.

При проектуванні комплексу відтворення оцифрованих фраз сформульовані основні технічні характеристики: 1) циклічне цілодобове відтворення фраз із паузами у трьох гальванічно розв'язаних каналах; 2) частота дискретизації оцифрованого звуку при відтворенні не менше, як 8 кГц (якісне відтворення - 11 кГц) при 8-розрядному квантуванні сигналу; 3) оперативна рекомутація не менше, як 5 відтворюваних фраз у 3 вихідні канали без зупинки системи; 4) загальна тривалість оцифрованого звуку - не менше, як 40с; 5) виконання як стандартної багатоканальної плати розширення апаратури "Кварц" із живленням від +5В і -24В при споживаній потужності до 10 Вт із "гарячою" заміною; 6) висока надійність комплексу із автоматичною перекомутацією на резервну плату відтворення у випадку збоїв основної плати; 7) низька вартість комплексу і затрат на його обслуговування; а також функціональні вимоги, що суттєво поліпшують якість системи: 8) легка й швидка заміна (без зупинки системи) оцифрованих фраз обслуговуючим персоналом, відсутність окремого програматора для зміни фраз; 9) асинхронне відтворення фраз нефіксованої довжини для рівномірності пауз і раціонального використання пам'яті; 10) адаптивний компроміс між загальним обсягом фраз і частотою дискретизації оцифрованого звуку; 11) низькі затрати на оцифровування і компонування фраз, цифрову фільтрацію та обробку (масштабування, спецефекти); 12) підвищений контроль і простота обслуговування комплексу.

Проектування комплексу "PARROT-8"

При аналізі варіантів технічних рішень для відтворення оцифрованого звуку, що задовольняють вимоги підприємств Укртелекому, формуванні і уточненні технічних вимог і проведенні конкурсу на розробку застосування створеної автором АСО дозволило персоналові Замовника об'єктивно оцінити сукупність функціонально-вартісних характеристик кожного варіанту і вибрати оптимальний. Вибраний комплекс "PARROT-8", запропонований автором, на відміну від інших розглянутих рішень, забезпечує дистанційне перепрограмування відтворюваних фраз із змінною тривалістю і частотою дискретизації, зручну перекомутацію 8 фраз у 3 каналах без зупинки роботи, а також аудіо- і візуальний контроль режимів роботи комплексу, високу якість відтворення звуку, нижчу вартість і затрати на експлуатацію. Зменшення затрат коштів і часу на проектування запропонованого комплексу досягнуто завдяки попередньо сформованому (з використанням АСО при аналізі СКС різних застосувань [7, 9]) і створеному наборові низьковартісних програмно-апаратних вузлів [3] (зокрема, інтелектуального багатоканального ЦАП, двопровідного модифікованого інтерфейсу RS-232C [12, 13], архіватора оцифрованих сигналів [14] та ін.).

Задані техніко-економічні і функціональні характеристики комплексу "PARROT-8" забезпечені завдяки використанню виявлених при роботі з АСО оптимізованих варіантів вузлів, сучасної елементної бази (мікроконтролер, флеш-пам'ять), оригінальних технічних рішень і результатів дисертаційної роботи автора у поєднанні з

оптимальним розподілом програмних і апаратних функцій комплексу, використанню інтелектуального ПЗ при мінімально необхідному АЗ. Поліпшення характеристик комплексу (із забезпеченням вищенаведеного переліку вимог) завдяки використаним рішенням ілюструє табл. 1.

Таблиця 1

Засоби поліпшення характеристик комплексу “PARROT-8”

Технічні рішення	Забезпечення вимог
Сучасна елементна база (мікроконтролер, флеш-пам'ять)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12
Прямий запис у реєстр ЦАП при зчитуванні з флеш	2, 7, 9, 10
Синхронне відтворення у межах блоку 256 байт із асинхронним відтворенням блоків фраз і пауз	2, 7, 9, 10
Стикування з IBM PC 2-провідним RS-232C	3, 7, 8, 12
Рекомутація фраз у канали з пульта	3, 7, 12
Вбудований програматор флеш на платі відтворення	7, 8, 12
Інтелектуалізоване програмне забезпечення для IBM PC (компонування, перепрограмування, рекомутація фраз)	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Програмний архіватор звуку	2, 4, 7, 10
Сервісно-контрольні засоби (світлодіод, п'єзодинамік)	7, 12
Стандартна апаратура (IBM PC, Sound Blaster), формати файлів (WAV) і програми цифрової обробки (Windows)	7, 8, 11, 12

Реалізація комплексу

Структурна схема плати 3-канального відтворення подана на рис. 2. Роботою “електронного папуги” керує однокристална мікро-ЕОМ (AT89C51 [10]), яка з допомогою генератора тактових імпульсів ГТІ (частота 22 МГц) вибрана для взаємодії через послідовний інтерфейс (ПІ) RS-232C із ПК IBM PC на стандартних частотах 9600-115200 бод) та внутрішнього лічильника, формує часові інтервали, відповідно до яких із запам'ятовуючого пристрою EEPROM (AT29C040A [11]) почергово вибираються коди, що надходять згідно з номером каналу (порт P₁ мікро-ЕОМ адресує відповідний ключ Кл) на реєстри P_г і далі на цифро-аналогові перетворювачі ЦАП (572ПА1). До виходів ЦАП під'єднано підсилювачі аналогового сигналу П (на 140УД8 з додатковими емітерними повторювачами), узгоджені регуляторами Р виходи яких через трансформатори Т_р видаються для комутації в телефонні лінії. Для узгодження з параметрами апаратури комутації забезпечується вихідна напруга при максимальному навантаженні 0.3...1В, мінімальний опір навантаження 4 Ом, допустимий вихідний струм каналу до 250мА, захист від короткого замикання в телефонній лінії.

Висока швидкодія плати (максимальна частота видання восьмирозрядних кодів на кожному із 3 каналів - 14 кГц) досягається “прямим доступом” до реєстрів P_г, при якому суміщається цикл читання 89C51 кодового слова з EEPROM та його запис у P_г ЦАП. В усіх каналах фрази в межах блоку 256 байт відтворюються синхронно, що зменшує кількість виконуваних команд мікро-ЕОМ і підвищує максимально можливу частоту дискретизації.

Використання мікро-ЕОМ розширює функціональні можливості і сфери використання плати за рахунок попереднього запису в EEPROM через ПІ кодів потрібних вихідних сигналів (оцифровані фрази, керуючі функції), з наступним відтворенням їх із заданою через ПІ частотою, паузою між циклами відтворення, кількістю повторів тощо.

Для рекомутації кожної з 8 записаних у ПЗП фраз у один із 3 каналів відтворення передбачено підключення 6-кнопкового пульта оператора до стандартного 9-контактного ро'єднання. При цьому 2 кнопки задають у двійковому коді номер каналу (1-3), а 3 кнопки - номер фрази (1-8), яку треба відтворювати у вказаному каналі. Шоста кнопка - стробуюча. До цього ж 9-контактного роз'єднання змінно з пультом оператора може підключатися канал ПІ від IBM PC для дистанційного перепрограмування фраз у

флеш-пам'ять або дистанційної рекомутації досі записаних фраз. Для узгодження рівнів сигналів ПІ мікро-ЕОМ (0 і +5В) та IBM PC ($\pm 12В$), а також використання розробленого двопровідного модифікованого ПІ на базі RS-232C [12, 13], використовується блок-перетворювач "0/5 \leftrightarrow ± 12 ".

Для розширення сервісних і функціональних характеристик у програмі плати відтворення передбачено автоматичне виявлення режиму роботи при увімкненні. Якщо до роз'єднання підключений ПІ з IBM PC, програма мікро-ЕОМ визначає цей факт шляхом передачі символу у двопровідний ПІ [12, 13], його прийняття й порівняння. При цьому мікро-ЕОМ переходить у режим очікування перепрограмування фраз у пам'яті або дистанційної рекомутації фраз. Після закінчення дистанційного керування плата переходить у режим циклічного відтворення фраз. Якщо ж при увімкненні підключено пульт або не підключено жодного роз'єднання, програма переходить у режим циклічного відтворення фраз згідно із заданою конфігурацією. При цьому в довільний момент часу рекомутація фраз може бути виконана з пульта або через ПІ з використанням апаратних переривань, що усуває необхідність їх опитування для підвищення максимальної частоти відтворення.

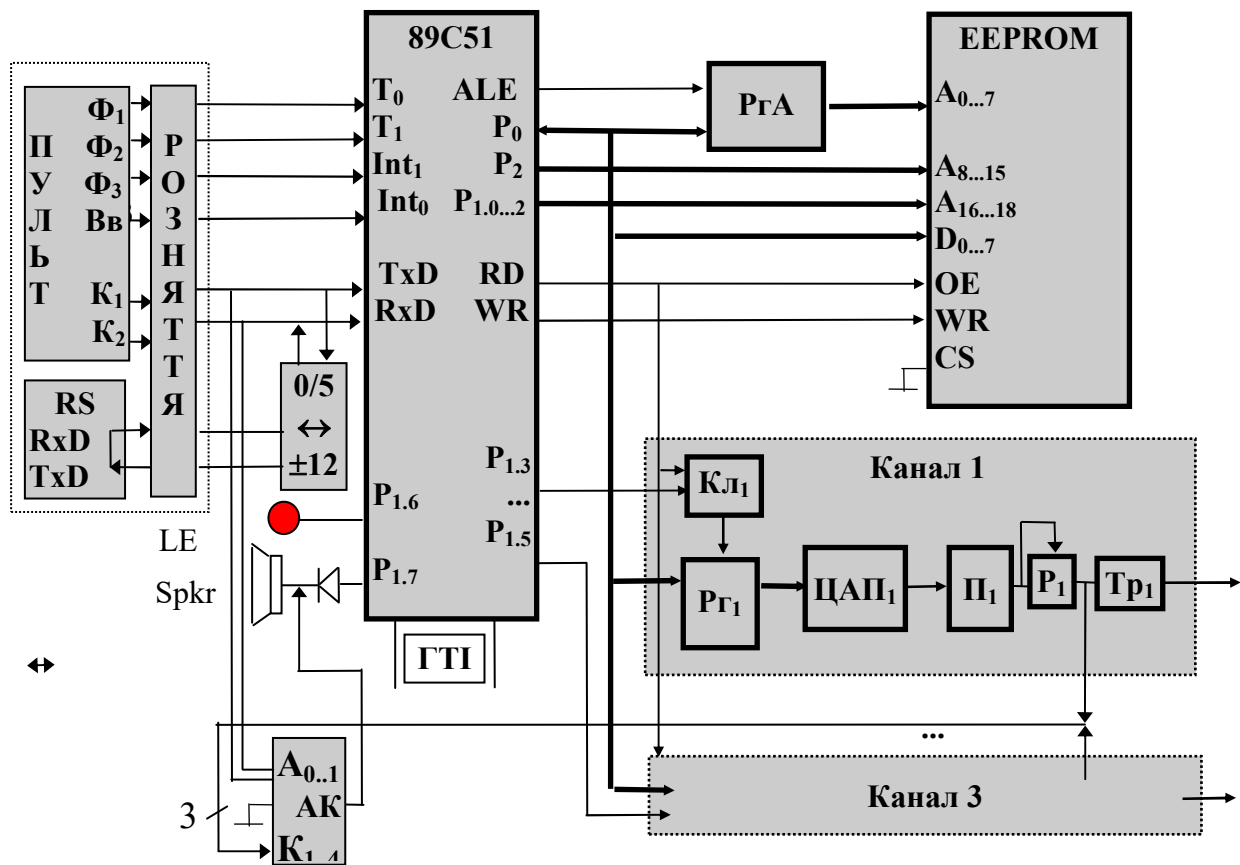


Рис. 2. Плата триканального відтворення оцифрованих фраз.

Залежно від кількості й тривалості записаних фраз можлива зміна частоти їх дискретизації для досягнення компромісу між якістю відтворення і загальною тривалістю. Фрази мають нефіксовану тривалість, а пам'ять конфігурується через таблицю розміщення фраз, що містить спільну для всіх фраз частоту дискретизації, їх початковий розподіл на 3 каналах, загальну кількість фраз, а також адресу початку і кінця кожної фрази в пам'яті. Комплекс "PARROT-8" передбачає вибір частоти відтворення у межах 4-14кГц із дискретністю 1кГц. На практиці найбільш поширений запис фраз на частотах 8кГц і 11кГц (стандартні для формату файлів WAV Windows). Для флеш-пам'яті 512К на частоті 8кГц (стандартна якість відтворення для телефонних

каналів) забезпечується зберігання фраз загальною тривалістю до 65с, а на частоті 11кГц - 47с. Між циклами відтворення реалізується пауза 2с.

Частотою і кількістю спалахів світлодіода LED та звукових сигналів динаміка Spkr забезпечується підтвердження команд, вибір режимів роботи або виявлених помилок конфігурування. У режимі відтворення фраз на динамік через аналоговий комутатор АК можна проконтролювати відтворення фрази у заданому з пульта каналі.

При відтворенні фраз на частоті 8кГц (мікро-ЕОМ має 40 резервних тактів на обслуговування каналу) можливе використання нескладних алгоритмів реального часу [14] для відтворення стиснених оцифрованих файлів. Звук відтворюється 5 старшими бітами при невідчутному погіршенні якості, однак для фраз досягається стиснення у 3-4 рази, що забезпечує відтворення до 3-4 хвилин звуку без додаткових апаратних затрат.

Сервісне програмне забезпечення комплексу для IBM PC призначене для:

- 1) формування файла - карти пам'яті EEPROM, забезпечує: компонування файлів формату WAV ОС Windows; формування службової інформації про частоту дискретизації цих файлів, початкову й кінцеву адреси кожної фрази; контроль однакової частоти дискретизації всіх фраз і її діапазону, контроль перевищення загальною тривалістю фраз межі 512К; автоматичне доповнення фраз до межі 256 байт з апроксимацією різниці першого і останнього байтів фрази для уникнення потріскувань після паузи;
- 2) передачі сформованого програмою файла через ПІ RS-232C для його запису у флеш-пам'ять плати відтворення і контролю;
- 3) дистанційної рекомутації фраз із IBM PC.

Висновки

Використання автоматизованої системи оптимізації, виявленого й сформованого з її використанням набору універсальних апаратних і програмних вузлів дозволило реалізувати комплекс відтворення звуку, оптимальний за співвідношенням "функціональні характеристики / вартість" за стислі терміни. Це підтверджує ефективність методики і системи проектування СКС відкритої архітектури шляхом її компонування типовими інтелектуалізованими апаратними та програмними модулями.

Впровадження розробленого комплексу на станції міжміських розмов дозволило розвантажити міжміські і міські лінії без нарощування каналів зв'язку. Універсальність і гнучкість конфігурування плати відтворення звуку у поєднанні із програмним забезпеченням підготовки і дистанційного перепрограмування для IBM PC дозволяють також будувати СКС на базі IBM PC чи мережевих контролерів [15], які використовують запропонований дистанційно керований відтворювач оцифрованих сигналів (інтелектуальний багатоканальний ЦАП із пам'яттю для складних керуючих функцій) у різних областях - від індивідуального вивчення іноземних мов і проведення звукових тестів до цифрових регуляторів складними дистрибутивними технологічними об'єктами.

CAD for application-specific computer systems' functional-cost characteristics optimization has been developed. Its efficiency has been proved by digitized phrases three-channel asynchronous reproduction complex for Ukrtelecom design results.

Література

1. Мельник А.О., Тарасенко В.П. Сучасні ситуативно-методологічні аспекти створення спеціалізованих комп'ютерних систем // Наукові вісті НТУУ "КПІ". - 1997. - № 1. - С. 18-21.
2. A.Sachenko, V.Tymchyshyn. Low Cost Intelligent Module for Distributed Sensor Network // Preprints of 4th Symposium on Low Cost Automation (LCA'95). - Buenos Aires (Argentina). - 1995. - P. 197 - 202.
3. A.Sachenko, V.Tymchyshyn, D.Zhang. Low Cost Hardware and Software Components for Intelligent Information Control Systems // Preprints of 5th IFAC Symp. on Low Cost Automation (LCA'98). - Shenyang (P.R.China). - 1998. - P. TS9-21 - TS9-26.
4. Тимчишин В.О. Електронний нагромаджувач для спеціалізованих комп'ютерних систем // Вісник Тернопільського Державного Технічного Університету. - Тернопіль, 1999. - Том № 4.- Число 2. - С.117-121.
5. Мельник А.О., Аль-Кхатіб А. Концепція побудови нарощуваних параметризованих процесорних

- ядер спеціалізованих надвеликих інтегральних схем // Вісник ДУ "Львівська політехніка". - 1998. - № 350. - С. 44-47.
6. Гуткин А.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. - М.: Советское радио, 1975. - 368 с.
 7. Кочан В.В., Тымчишин В.А. Система автоматизированного проектирования измерительно-управляющих и информационных сетей. Математические модели и современные информационные технологии. // Сб. Науч. Тр. / НАН Украины. Ин-т математики; Редкол.: Самойленко А.М (отв. Ред), Березовский А.А. (отв. ред.) и др. - Киев, 1998. - 280 с. // С. 78-81.
 8. Колдасов Г.Д. Оптимизация решений при морфологическом синтезе технических систем // Механизация и автоматизация управления. - 1987. - № 3. - С. 3-6.
 9. Kochan V.V., Tymchyshyn V.O. Automated System for Optimization of Measurement-Control Networks. // Actual Problems of Measuring Technique "Measurement-98". Proc. of the Internat. Conf. - Kyiv: NTUU "KPI", AUS DAAD, 1998 -310 p. - P. 92-93.
 10. Боборыкин А.В. и др. Однокристальные микро-ЭВМ. М.: МИКАП, 1994. - 400 с.
 11. Atmel Products. Nonvolatile Memory: AT29C040A (P. 4.165-4.175) // www.atmel.com.
 12. V.Kochan, V.Tymchyshyn. Construction of Distributed Information Measurement Systems on the Basis of Modified RS-232C Interface. Proc. of the 10th IMEKO TC-4 Symp. on Development in Digital Measuring Instrumentation and 3rd Workshop on ADC Modelling and Testing , Naples, Italy. - Sept. 17-18, 1998. - P. 723-726.
 13. Пат. 25609А України, МКІ G06F 15/00. Двопровідна локальна обчислювальна мережа, повторювач сигналу та інвертор для використання в ній / В.В.Кочан, В.О.Тимчишин (Україна); Заявл. 30.10.97 № 97105295; Видано 30.10.98.
 14. Тимчишин В.О. Ефективні методи архівування оцифрованих сигналів // Тези доп. Всеукраїнської н.-т. конф.: Розробка та застосування математ. методів в науково-технічних дослідженнях. - Львів, 1995. - Ч. 2. - С.128.
 15. Кочан В.В., Тимчишин В.О. Контролер з дистанційною реконфігурацією // Вісник Тернопільського Державного Технічного Університету. - Тернопіль, 1998. - Том № 3.- Число 3. - С.82-88.

Одержано 10.02.2000 р.