

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ ЦОС

1. Характеристика особливостей ЦОС
2. Основні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

Розглянемо ряд особливостей цифрової обробки сигналів, які, з одного боку, пред'являють достатньо жорсткі вимоги до елементної бази, а з іншою — полегшують розробку самої елементної бази, орієнтованої на реалізацію цифрових систем.

Характеристика особливостей ЦОС

Висока швидкість надходження даних

Наприклад, нехай відліки аудіосигналу поступають в пристрій обробки з швидкістю від 8000 до 20 000 відліків в секунду, кожний з них може містити від 8 до 16 бітів (залежно від розрядності АЦП). Відліки, відповідно до вибраного алгоритму, перетворюються в кадри, параметри яких і швидкість в каналі зв'язку показані в табл.1. Ясно, що чим більше бітів містить кадр і чим менша його тривалість, тим природніше звучить сигнал, що синтезується на прийомі.

Таблиця 1. Параметри кадрів

Довжина кадру (біт)	Тривалість кадру (мкс)	Швидкість в каналі (бит/с)
53	22,5	2400
144	30	4800
80	10	8000

Характеристика особливостей ЦОС

Висока швидкість надходження даних

Швидкість обробки даних визначається *продуктивністю* процесора, яка виражається кількістю мільйонів умовних одноциклових команд, що виконуються в секунду (табл.2): у MIPS (Million Instructions Per Second) для процесорів з ФТ і в MFLOPS (Million Float Operations Per Second) для процесорів з ПТ.

Таблиця 2. Приклад характеристик сімейств процесорів по тактових частотах і продуктивності

Процесори	Тактова частота (МГц)	Продуктивність (MIPS)
TMS320C2xxx	20-80	20-40
TMS320C5xxx	30-133	30-532
TMS320C6xxx	167-250	до 2000
ADSP-21xx	40-100	75-150

Характеристика особливостей ЦОС

Висока швидкість надходження даних

Продуктивність, що виражається в MIPS (MFLOPS), є піковою, тобто гранично можливою для даного процесора. Реальна *продуктивність може* бути значно меншою і тому її оцінюють часом виконання стандартних алгоритмів; зокрема, часом виконання 1024-точкового БПФ. По цьому показнику процесор ADSP-21160 (100 МГц, 600 MFLOPS) має перевагу перед процесором TMS320C6701 (167 МГц, 1000 MFLOPS), оскільки виконує таке БПФ за 90 мкс, а його конкурент— за 120 мкс. Така несподіванка пояснюється різною смугою пропускання системи введення/виводу, розміром і типом внутрішньої пам'яті даних, кількістю підтримуваних циклічних буферів і т.д.

Характеристика особливостей ЦОС

Широкий діапазон зміни значень вхідних/вихідних даних

Звичайно діапазон даних складає 40÷80 дБ, а в радіоприймальних пристроях може доходити до 100 дБ. Отже, у ряді випадків необхідно мати таку елементну базу, яка забезпечувала б організацію обробки даних великої розрядності. Якщо врахувати, що одному біту відповідає ≈ 6 дБ, то розрядність регістрів співмножників при різних діапазонах зобов'язана бути такою, як вказано в табл.3, а регістри множників повинні мати подвоєну розрядність.

Таблиця 3. Динамічний діапазон і розрядність

Динамічний діапазон (дБ)	Розрядність регістрів співмножників	Розрядність регістра помножувачів
40	7	14
50	9	18
60	10	20
70	12	24
80	14	28
100	17	34

Характеристика особливостей ЦОС

Широкий діапазон зміни значень вхідних/вихідних даних

Динамічний діапазон даних визначається в першу чергу розрядністю АЦП, яка на сучасному етапі досягає $20 \div 24$, тобто межа динамічного діапазону по АЦП складає близько $120 \div 144$ дБ. Насправді за рахунок ефектів квантування динамічний діапазон виявляється дещо меншим, ніж при вказаній в табл.3 розрядності.

Розрядність в $7 \div 10$ бітів цілком задовольняє контролери, що використовуються в системах управління. Для систем обробки мови і звуку мінімально допустимою є розрядність в $13 \div 14$ бітів.

Динамічний діапазон, точність обчислень і потужність власного шуму цифрового ланцюга залежать не тільки від розрядності, але і типу арифметики — з фіксованою точкою (ФТ) або з плаваючою точкою (ПТ). Більшість фірм (табл.4) випускають процесори з обома типами арифметики.

Характеристика особливостей ЦОС

Широкий діапазон зміни значень вхідних/вихідних даних

Таблиця 4. Тип арифметики і продуктивність процесорів

Постачальник	Сімейство процесорів	Тип арифметики	Розрядність даних (біт)	Продуктивність (MIPS)
Analog Devices	ADSP-21XX	ФТ	16	33,3
	ADSP-21xxx	ПТ	32	40,0
Motorola	DSP5600x	ФТ	24	40,0
	DSP563xx	ФТ	24	80,0
	DSP96002	ПТ	32	20,0
Texas Instruments	TMS320C2xx	ФТ	16	40,0
	TMS320C3x	ПТ	32	25,0
	TMS320C4X	ПТ	32	30,0
	TMS320C5X	ФТ	16	50,0
	TMS320C54X	ФТ	16	50,0
	TMS320C8X	ФТ	8/16	50,0
	TMS320C5000	ФТ	16	від 40 до 2000
	TMS320C662x	ФТ	32	від 1200 до 2400
	TMS320C67X	ПТ	32	від 600 до 1000
AT&T	DSP16xx	ФТ	16	70,0
	DSP32xx	ПТ	32	20,0
NEC	HPD7701X	ФТ	16	33,3

Характеристика особливостей ЦОС

Велика кількість операцій додавання, множення і логічних операцій

Як показувалося раніше, ці операції потрібні для обчислення одного вихідного відліку. Крім того, всі види складної обробки можуть бути представлені композицією розглянутих вище операторів: згортка, рекурсія, ДПФ, нелінійні і логічні перетворення. Звідси витікає, що елементна база повинна бути орієнтована на швидке виконання таких операторів. Зокрема, повинно бути організовано апаратне множення з накопиченням (складання локальних добутків) і створена велика пам'ять даних і пам'ять програм із зручним і швидким доступом до неї.

Характеристика особливостей ЦОС

Необхідність забезпечення гнучкості і перебудови систем ЦОС

Це пов'язано із зміною різноманітних параметрів, коефіцієнтів і даних в регульованих і адаптивних системах. Саме адаптивні системи знаходять все більше застосування в телекомунікації для придушення луна-сигналів різноманітної природи, корекції модемів (усунення зрушення частоти і тремтіння фази — джиттера), корекції характеристик каналу зв'язку, побудови вокодерів з лінійним прогнозом і т.д.

Характеристика особливостей ЦОС

Паралелізм алгоритмів

Паралелізм алгоритмів проявляється у тому, що для кожного набору вхідних даних виконуються такі дії, які можуть поєднуватися за часом. Наприклад, паралельна обробка стереоканалів в процесорах платформи TMS320C6xxx за рахунок особливої організації архітектури.

Основні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

Наведена вище інформація дозволяє виділити основні властивості апаратно-програмних систем, що забезпечують ефективну реалізацію алгоритмів ЦОС:

- швидке виконання типових операцій ЦОС;
- апаратна реалізація комплексної операції множення з накопиченням (підсумовування локальних добутків);
- застосування арифметики з ФТ і ПТ з різноманітною розрядністю;
- паралельне виконання окремих частин алгоритму, яке досягається апаратною реалізацією ряду типових алгоритмів;
- велика внутрішньокристална пам'ять даних і пам'ять програм;
- різноманітність режимів адресації стосовно різних задач: організація буферів, підтримка біт-реверсивної адресації в БПФ і т.д.;
- обробка у реальному часі даних, що поступають з високою швидкістю;
- наявність внутрішньокристалної периферії (послідовних і паралельних інтерфейсів, портів введення/виводу, таймерів);
- малий час звернення до елементів зовнішньої периферії.

Основні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

Узагальнення перерахованих властивостей, характерних для різноманітних ЦПОС, і короткий опис їх ролі в системах цифрової обробки сигналів приведені в табл.5.

Таблиця 5. Загальні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

Властивості	Застосування
Швидке множення з накопиченням	Більшість алгоритмів ЦОС (фільтрація, перетворення, спектральний аналіз, нелінійна обробка і т. д.) насичені операціями складання і множення
Архітектура з паралельним доступом до пам'яті	Збільшення продуктивності, оскільки багато операцій ЦОС, що працюють з великими об'ємами даних, вимагають читання команд програми і багатократного звернення до даних під час кожного командного циклу
Режими спеціальної адресації	Ефективна підтримка масивів даних і буферів типу FIFO ("першим увійшов — першим вийшов")
Управління спеціальними програмами	Ефективне управління циклами в багатоітеративних алгоритмах ЦОС; швидке переривання, що підтримує часто повторювані команди типу введення/виводу
Внутрішньокристална периферія і інтерфейси введення/виводу	Внутрішньокристална периферія, що включає різноманітні пристрої (компандери, кодеки, таймери, інтерфейси введення/виводу, пристосовані до зовнішньої периферії загального призначення і ін.), дозволяє розробляти компактні системи малої вартості

Основні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

Повсюдне розповсюдження ідей ЦОС ставить перед розробниками новий вид задач, які або не можуть бути забезпечені одним процесором, або це такі вузькоспеціалізовані завдання, рішення яких можливо лише на дуже складних процесорах. У подібних випадках створюються спеціальні ЦПОС, які на вимогу замовника можуть містити додаткові функціональні блоки: блок біт-маніпуляцій, блок завадостійкого кодування, пристрої, що автоматично реалізовує БПФ і т.д. Окрім замовлених процесорів, створюються мультипроцесори на базі однокристальних.

Мультипроцесори володіють:

- великою кількістю зовнішніх шин;
- логікою сумісного доступу до шин;
- виділеними паралельними портами, призначеними для міжпроцесорного зв'язку.

Основні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

Найбільш перспективними є інтегральні схеми які будуються на базі ядер. Такі схеми в одному кристалі містять власне ядро ЦПОС і призначену для користувача схему, дякуючи чому поєднуються достоїнства ЦПОС (програмованість, наявність інструментальних засобів розробки і бібліотек програм) з достоїнствами замовлених схем (висока продуктивність, малі габарити, мале енергоспоживання). Тут під ядром розуміється ЦПОС, на основі якого будується замовлена інтегральна схема.

Одним з варіантів конструювання подібних схем є прикладні спеціалізовані інтегральні схеми ASIC (Application-Specific Integrated Circuits), що одержали назву проблемно-орієнтованих IC. Схема ASIC (див. рис.1) включає ЦПОС-ядро як один з елементів загального кристала, а також різноманітні порти, замовлені ланцюги, пам'ять, мікроконтролери, кодеки.

Основні властивості апаратно-програмних систем ЦОС

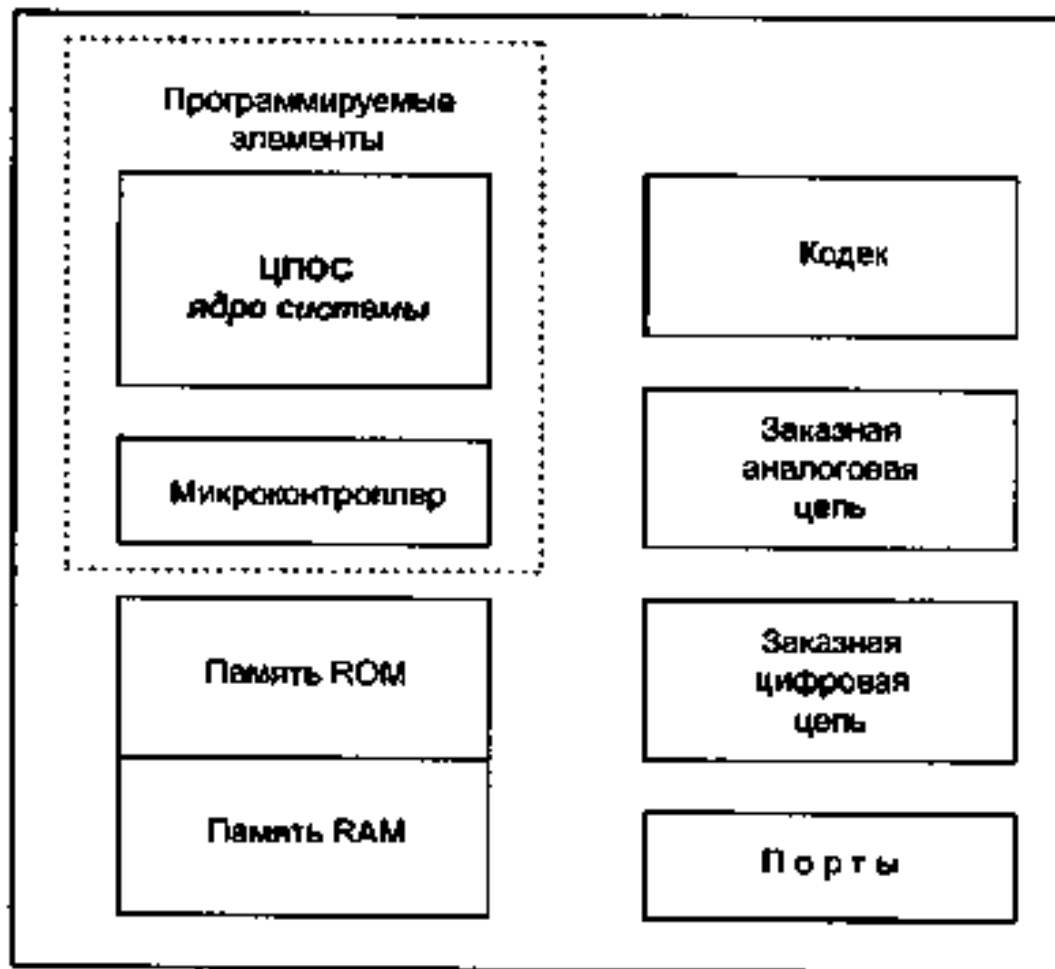


Рис.1