

О.Н. Паулин

О процедуре свертки многорядных кодов

Предложена процедура свертки многорядных кодов с использованием на последнем ее этапе трехоперандного сумматора.

The procedure of compressing multi-row codes on the final stage by using the three-operand adder is suggested. Similar to the example the procedure under any n can be built.

Запропоновано процедуру згортки багаторядних кодів з використанням на останньому її етапі триоперандного суматора.

Введение. Объемы обрабатываемых данных непрерывно растут и проблема повышения быстродействия средств обработки больших потоков данных не теряет своей актуальности. Хотя обработка больших потоков данных проводится параллельными средствами, однако их эффективность отстает от требований оперативности такой обработки. Требуется дальнейшее уменьшение времени обработки за счет повышения эффективности процедур обработки.

Большие потоки данных в статье представлены многорядными арифметическими двоичными кодами (МРК), а под обработкой понимается свертка МРК как обобщение бинарной операции сложения [1]. Эффективна процедура свертки МРК, обладающая минимально возможной задержкой на ее реализацию.

Цель статьи – построение эффективной процедуры свертки МРК, для чего решается задача организации такой предварительной свертки, чтобы ее результатом был трехрядный код, который может быть свернут с помощью трехоперандного сумматора [2].

Процедура свертки МРК с использованием трехоперандного сумматора (ТОС)

Известные процедуры свертки МРК есть многоэтапными и отличаются методами параллельной обработки МРК на каждом этапе, причем на последнем этапе используется бинарный сумматор с параллельным переносом (ПС). Они могут быть представлены в виде цепочки преобразований n исходных кодов

$$n \rightarrow n' \rightarrow n'' \rightarrow \dots \rightarrow 2 \rightarrow 1, \quad (1)$$

где $n' = \log_k n$; $n'' = \log_k n'$ и так далее с округлением в большую сторону; k – коэффициент свертки.

В то же время организация цепочки преобразований вида

$$n \rightarrow n' \rightarrow n'' \rightarrow \dots \rightarrow 3 \rightarrow 1 \quad (2)$$

позволила бы существенно сократить время обработки путем уменьшения количества предварительно свертываемых рядов кодов при условии, что преобразование $3 \rightarrow 1$ с помощью ТОС по быстродействию не уступает преобразованию $2 \rightarrow 1$.

При свертке МРК возникает проблема чрезмерной сложности такой обработки, что приводит к необходимости рациональной декомпозиции МРК на слои (слой содержит несколько рядов кода). Результаты параллельной обработки нескольких слоев могут быть собраны в новую совокупность МРК, которые также могут быть разбиты на слои. Декомпозиция, обработка и сборка результатов в новый МРК проводятся многократно, в несколько этапов, таким образом, чтобы придти в результате к трем рядам арифметических кодов, которые уже можно свернуть с помощью ТОС. Для обработки слоя могут быть использованы деревья Уоллеса [3] и/или операционные элементы (ОЭ) $m \rightarrow 3$ [4].

На рис. 1 показаны дерево Уоллеса (а) и его условное графическое изображение (б). Дерево представляет собой ОЭ типа $6 \rightarrow 2$, т.е. преобразует шесть входных бит In в два выходных бита – бит суммы Sum и бит переноса $Carry$. Схема дерева трехярусная, на каждом из которых находятся элементы $3 \rightarrow 2$ (это полный одноразрядный сумматор – ПОС), преобразующие три входных бита в два выходных бита – бит суммы s и бит переноса p . Особенности схемы дерева – наличие внутренних переносов Cin , $Cout$ и стекающего переноса $Carry$.

Переносы Cin поступают из предыдущего разряда на соответствующие входы ОЭ $3 \rightarrow 2$ данного разряда, а переносы $Cout$, сформировавшиеся в данном разряде, передаются на ОЭ $6 \rightarrow 2$ следующего разряда. Перенос $Carry$ формируется так. Зародившись в $(i - 1)$ -м разряде на выходе ОЭ $3 \rightarrow 2$ верхнего яруса, перенос поступает на входы ОЭ $3 \rightarrow 2$ второго яруса i -го разряда, затем сформировавшийся на выходе данного элемента перенос поступает на вход ОЭ $3 \rightarrow 2$ нижнего, третьего уровня, где формируется в виде переноса $Carry$ и поступает на $(i + 1)$ -й разряд бинарного сумматора с параллельным переносом (ПС).

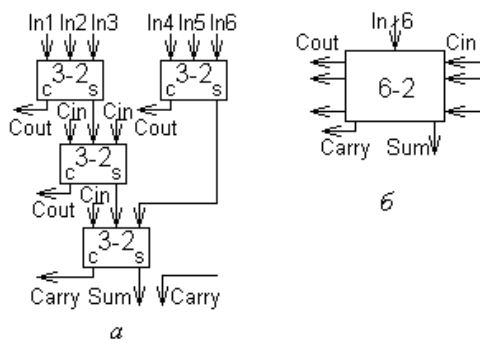


Рис. 1. Дерево Уоллеса (а) и его обозначение (б)

Предложенные в [4] ОЭ типа $m \rightarrow 3$ построены либо аналитическим методом ($m = 4 \dots 7$), либо структурным ($m = 8, 12, 14$). Если первая группа ОЭ позволяет непосредственно получать три выходных бита, то вторая группа имеет уже четыре выходных переноса, что требует изменения структуры ОЭ с тем, чтобы элемент имел три выходных переноса; при этом у него появляются внутренние переносы, аналогичные переносам в дереве Уоллеса, что позволяет собирать эти ОЭ в линейку. Отметим, что с увеличением m задержка предложенных ОЭ возрастает. Однако их задержка

относительно задержки ОЭ, построенных на ПОС, остается меньше.

Пример свертки МРК. Пусть требуется обработать область бит в виде прямоугольника, содержащего 20 рядов 12-разрядных кодов. Построим вычислительную схему, реализующую процедуру свертки заданного прямоугольника бит (рис. 2), где x означает определенный бит, принимающий произвольное значение. Показаны три этапа обработки МРК...

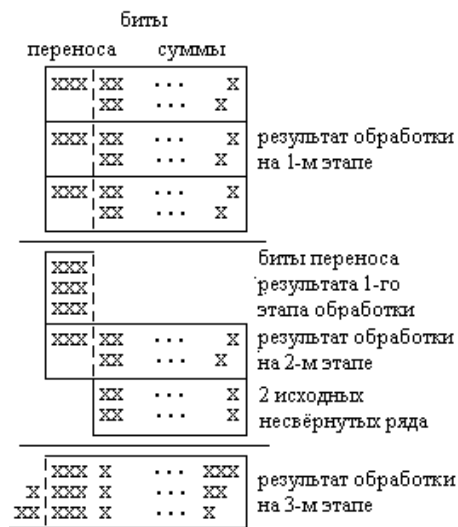


Рис. 2. Вычислительная схема процедуры свертки 20-ти рядов кодов

Организация процедуры имеет вид: $\langle 20 \rangle = \langle 3 \cdot 6 + 2 \rangle \rightarrow \langle 3 \cdot 2 + 2 \rangle = \langle 1 \cdot 6 + 2 \rangle \rightarrow \langle 2 + 2 \rangle = \langle 4 \rangle \rightarrow \langle 3 \rangle$. Отмечены следующие моменты: внутри угловых скобок – количество рядов, знак $=$ означает сборку нового МРК и его декомпозицию; знак \rightarrow означает преобразование рядов кодов.

Для свертки слоя из шести рядов может быть использован компрессор, построенный из линейки связанных внутренними переносами деревьев Уоллеса (рис. 3).

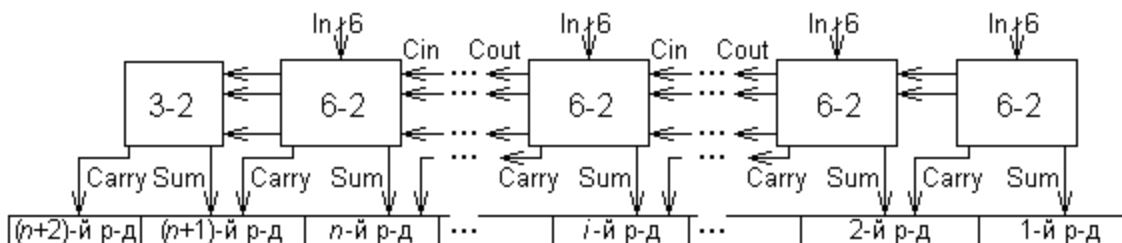


Рис. 3. Компрессор для свертки слоя МРК из шести рядов

Отметим, что ОЭ Уоллеса первых двух разрядов могут быть упрощены, поскольку у первого отсутствуют все три внутренних переноса, что приводит к исключению ОЭ $3 \rightarrow 2$ на втором ярусе, а потому у дерева второго разряда отсутствует внутренний перенос из второго яруса дерева первого разряда. Это означает, что в обоих случаях на третьем уровне может быть использован ОЭ вида $2 \rightarrow 2$, т.е. полусумматор. Кроме того, переносы из старшего разряда (они имеют одинаковый вес) необходимо дополнительно просуммировать с помощью ПОС.

На третьем этапе обработки данного прямоугольника бит имеет смысл применить ОЭ типа $4 \rightarrow 3$ [4] с тем, чтобы на последнем этапе свертки использовать ТОС.

В традиционном решении в этом случае использовались бы преобразования $4 \rightarrow 2$ упрощенным деревом Уоллеса и $2 \rightarrow 1$ классическим ПС. Как показано в [2], задержки преобразований $3 \rightarrow 1$ и $2 \rightarrow 1$ при одинаковой разрядности ПС и ТОС равны, а преобразование $4 \rightarrow 3$ имеет меньшую задержку, чем $4 \rightarrow 2$ [4]. Поэтому задержка на реализацию всей процедуры снижается. Задержка снижается тем больше, чем больше m .

Заключение. Рассмотрена на конкретном примере организация процедуры свертки с уче-

том декомпозиции МРК, в которой результатом предварительной обработки является три ряда кодов; их на последнем этапе можно свернуть с помощью ТОС. Аналогично примеру может быть выстроена процедура при любом n .

Перспективна разработка четырехоперандного сумматора, осуществляющего свертку $4 \rightarrow 1$, что позволит еще больше снизить время обработки больших потоков данных.

1. Паулин О.Н. Методологічні основи проектування компонент комп'ютерних систем паралельної обробки багаторядних кодів з використанням природної симетрії даних: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Одеса: Одеський нац. політех ун-т, 2012. – 38 с.
2. Паулин О.Н. О свертке трехрядных кодов // УСиМ. – 2005. – № 5. – С. 68–72.
3. Wallace C.S. A suggestion for a fast multiplier // IEEE Trans. Comput., 1964. – EC-13. – N 1. – P. 14–17.
4. Нестеренко С.А., Паулин О.Н. К синтезу операционных элементов типа $m-3$ // Материалы МНПК «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании «Инфотех-2007»: в 2-х ч. Ч. 1. – Севастополь: СевНТУ, 2007. – С. 40–43.

Поступила 20.12.2012
Тел. для справок: +38 048 44-2289 (Одесса)
E-mail: paulin@te.net.ua
© О.Н. Паулин, 2013

Внимание !

**Оформление подписки для желающих
опубликовать статьи в нашем журнале обязательно.**

В розничную продажу журнал не поступает.

Подписной индекс 71008