

ОСОБЕННОСТИ НЕТРАДИЦИОННОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИ АССОЦИАТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Мартынюк Т.Б., к.т.н., доцент; Лысенко Г.Л., к.т.н., доцент; Буда А.Г., к.т.н., доцент; Козлова В.И., магистр; Хомюк В.В., аспирант; Мартынюк О.Б., аспирант.

В роботі наводяться результати дослідження ефективності реалізації операції паралельного порівняння при двійковому та логіко-часовому кодуванні числових даних. Проаналізовано залежності між розрядністю десяткових чисел та оптимальною розмірністю вхідного масиву даних.

This work presents the research results of realization efficiency of parallel comparison operation with binary and logic-time encoding of numerical data. Dependence between digit capacity of decimal numbers and optimum dimension of input data array was analyzed.

В настоящее время проблема повышения быстродействия вычислительных средств диктует потребность в использовании параллельных методов и структур. Поэтому на первый план выдвигается задача выбора оптимальных методов кодирования и обработки информации, которые обеспечивают высокий уровень параллелизма. В этом случае целесообразна разработка и исследование нетрадиционных способов кодирования данных, которые ориентированы на перспективную элементную базу и, в частности, на оптоэлектронную с ее широкими возможностями в области обработки, коммутации и передачи информации. Для задач ассоциативной обработки числовых данных очень актуальна проблема повышения быстродействия операции сравнения чисел, решить которую можно не только за счет усовершенствования структуры, но и за счет применения нетрадиционного кодирования данных, например, логико-временного кода.

Известно, что логико-временной код (ЛВК) является разновидностью единичного кода и ориентирован на оптоэлектронную элементную базу [1]. Такая особенность, как пространственная распределенность при изображении числовой информации, позволяет ЛВК не конкурировать в области арифметическо-логической обработки с двоичным кодированием, а найти эффективное применение, например, при реализации ассоциативной обработки [2]. В силу специфики логико-временного кодирования в основе процесса сравнения двух k -разрядных чисел, каждый десятичный разряд которых представлен в ЛВК, используются элементарные операции сдвига и логического поразрядного (двоичного) сравнения кодов [1, 2]. В результате для ЛВК приемлем параллельно-последовательный способ сравнения больших массивов десятичных чисел. Целью данной работы является исследование оптимальных значений размерности входных массивов чисел при использовании ЛВК.

Для логико-временного способа кодирования информации характерна простота реализации логических блоков, которые задействованы в процессе сравнения данных [2]. Однако при этом временные затраты на сравнение определяются следующим образом:

$$T_{cp}^{\max} = (p^k - 1)\tau, \quad (1)$$

$$T_{cp}^{\min} = (p^{k-1})\tau, \quad (2)$$

где $T_{cp}^{\max}, T_{cp}^{\min}$ - максимальное и минимальное время сравнения соответственно;
 τ - время срабатывания элемента памяти; k – разрядность десятичных чисел;
 p – основание системы счисления ($p=10$).

Из формул (1) и (2) следует, что повысить быстродействие операции сравнения можно либо за счет уменьшения времени τ , либо за счет увеличения количества m операндов, что компенсирует временные затраты, поскольку возрастает параллелизм процесса обработки. Рассмотрим расчет оптимальной величины m при следующих исходных данных: а) цена по Квайну схемы сравнения N -разрядных двоичных слов равна $W'=8N$ [3]; б) время сравнения двух N -разрядных двоичных слов равно $T'_{cp}=(2N+1)\tau$ [3]; в) цена по Квайну схемы сравнения k -разрядных десятичных слов в ЛВК равна $W=7$ [2]; г) время сравнения k -разрядных десятичных слов в ЛВК равно T_{cp}^{\max} (1); д) между величинами N и k имеет место соотношение

Для определения m целесообразно использовать критерий эффективности E вида [4]:

$$E = \frac{S}{Q}, \quad (3)$$

где S – ускорение; Q – показатель аппаратурных затрат.

В таблице приведены зависимости, используемые для расчета эффективности E вида (3).

Таблица

Характеристики методов сравнения

Методы сравнения	Сложность схемы сравнения по методике Квайна		Время сравнения	
	Для двух слов	Для m слов	Для двух слов	Для m слов
Сравнение N -разрядных двоичных слов	$W'=8N$ $N=4k$	$W'=8N(m-1)$	$T'_{cp}=(2N+1)\tau$	$T'_{cp}=(2N+1)\log_2 m\tau$
Сравнение k -разрядных десятичных слов в ЛВК	$W=7$	$W=7m$	$T_{cp}^{\max}=(10^k-1)\tau$ $T_{cp}^{\min}=10^{k-1}\tau$	$T_{cp}^{\max}=(10^k-1)\tau$

Необходимо отметить, что здесь рассматривается параллельно-последовательный способ сравнения в обоих методах, т.е. сравнение выполняется параллельно по словам, но последовательно по разрядам. Для параллельного сравнения m двоичных слов используется пирамидальная организация структуры сравнения, которая содержит $(m-1)$ схем сравнения двух двоичных N -разрядных слов. В такой пирамидальной структуре процесс сравнения выполняется за $\log_2 m$ тактов, где длительность такта определяется временем сравнения двух N -разрядных слов [3].

Таким образом, критерий эффективности E (3) можно записать следующим образом:

$$E = \frac{T'_{cp} / T'^{\max}_{cp}}{W / W'}. \quad (4)$$

Анализ выражения (4) свидетельствует о том, что с ростом разрядности десятичных слов от $k=1$ до $k=4$ величина E принимает значения больше 1 при возрастающем значении m , начиная от $m=2$ (для $k=1$) и до $m=2^{17}$ (для $k=4$). Причем, если нижнее значение эффективности E при $k=1$ равно $E=2,298$, то при $k=4$ оно соответственно $E=1,026$. Это объясняется тем, что для $k=1$ ускорение S прямо пропорционально величине $\log_2 m$, а для величины Q характерна зависимость $\lim_{m \rightarrow \infty} Q=0,22$. С ростом k эти соотношения принимают следующий вид:

$$\begin{array}{lll} \text{для } k=2: & S=0,17 \log_2 m, & \lim_{m \rightarrow \infty} Q=0,11; \\ \text{для } k=3: & S=0,025 \log_2 m, & \lim_{m \rightarrow \infty} Q=0,073; \\ \text{для } k=4: & S=0,0033 \log_2 m, & \lim_{m \rightarrow \infty} Q=0,055. \end{array}$$

Таким образом, с ростом величины k ускорение S уменьшается скорее, чем уменьшается показатель аппаратных затрат Q . При этом оптимальное значение $m_{\text{опт}}$ с ростом k увеличивается, а именно:

$$\begin{array}{ll} \text{для } k=1 & m_{\text{опт.}} = 2; \\ \text{для } k=2 & m_{\text{опт.}} = 3; \\ \text{для } k=3 & m_{\text{опт.}} = 10; \\ \text{для } k=4 & m_{\text{опт.}} = 2^{17}. \end{array}$$

Отсюда следует, что наиболее эффективно использование ЛВК для сравнения одноразрядных и двухразрядных десятичных чисел, причем с увеличением массива сравниваемых чисел m эффективность E возрастает, т.к.

$$\lim_{m \rightarrow \infty} E_{(k=1)} = 4,55 \log_2 m; \quad \lim_{m \rightarrow \infty} E_{(k=2)} = 1,55 \log_2 m.$$

При увеличении разрядности десятичных чисел для достижения эффективного применения ЛВК необходимо увеличить размерность m входного массива чисел. Например, для трехразрядных десятичных чисел, начиная с $m=10$, а для четырехразрядных – начиная с $m=2^{17}$. Последнее соотношение трудно выполнимо в реальных условиях. Для $k=3$ и $k=4$ характерны следующие предельные значения эффективности E :

$$\lim_{m \rightarrow \infty} E_{(k=3)} = 0,34 \log_2 m; \quad \lim_{m \rightarrow \infty} E_{(k=4)} = 0,06 \log_2 m.$$

Таким образом, наиболее эффективно и целесообразно использование ЛВК при сравнении десятичных чисел с разрядностью от $k=1$ до $k=3$, что соответствует двоично-кодированным числам с разрядностью от $N=4$ до $N=12$.

Литература

1. Свечников С.В., Кожемяко В.П., Тимченко Л.И. Квазиимпульсно-потенциальные оптоэлектронные элементы и устройства логико-временного типа.-К.: Наукова думка, 1987.-256 с.
2. Мартынюк Т.Б., Аль-Хияри М.М., Мартынович Е.Н., Гринчук А.Н. Организация ассоциативной обработки информации с нетрадиционным кодированием // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (Технологічний університет Поділля, м.Хмельницький).-1999.-№3.-С.114-118.
3. Майоров С.А., Новиков Г.И. Структура электронных вычислительных машин.-Л.: Машиностроение, 1979.-384 с.
4. Системы параллельной обработки: Пер. с англ./ Под ред. Д. Ивенса.-М.:Мир, 1985.-416 с.