

окончании каждого цикла работы фильтра, его память будет обновлена при помощи значений, хранящихся в памяти модуля пересчета коэффициентов и новой величины ошибки.

Список использованных источников:

1. White, S.A. Application of distributed arithmetic to digital signaling processing: a tutorial review / S.A.White // IEEE ASP Mag. – 1989. – №6
2. Allred, D.J. LMS Adaptive Filters Using Distributed Arithmetic for High Throughput / D.J.Allred, H.Yoo, V.Kristman, W.Huang, D.V.Anderson // IEEE Transactions of Circuits and Systems – 2005 – Vol. 52

ПРОЦЕССОР ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ АРИФМЕТИКИ НА СУММАТОРАХ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Чернышёв В.С.

Петровский А.А. – д.т.н.

В рамках данной работы было разработано VHDL-описание процессора целочисленного дискретного косинусного преобразования (ДКП) на распределенной арифметике на сумматорах. Процессор предназначен для расчёта ДКП входных из 8 слов, представленных восьмью битами в беззнаковой арифметике.

Не прекращаемое развитие информационных технологий выдвигает на передний план проблему быстрой и качественной передачи разного рода информации по цифровым линиям связи, делая особым важным решение данной проблемы для современного мира.

Алгоритм дискретного косинусного преобразования (ДКП, англ. Discrete Cosine Transform, DCT) является ключевым в выполнении компрессии аудиоданных [1] и изображений [2].

Несмотря на то, что математически размер входных данных может быть любого размера, наиболее распространено использование входных векторов длиной 8 (MPEG-1, MPEG-2, JPEG) и 16 [3]. Ввиду важности алгоритма, многие работали над снижением его сложности, чтобы ускорить процесс вычислений и уменьшить затраты вычислительной мощности, результаты представлены в следующей таблице.

Алгоритм	Год	Необходимо умножений	Необходимо сложений
N. Ahmed, T. Natarjan and K. R. Rao. [4]	1974	64	64
W.-H. Chen H. Smith and S.C. Fralick. [5]	1977	16	26
W.-H. Chen H. Smith and S.C. Fralick. Fast	1977	13	29
Z. Wang. [6]	1984	13	29
B. Lee. [7]	1984	12	29
M. Vetterli and N. Nussbaumer. [8]	1984	12	29
N. Suheiro and M. Hatori. [9]	1986	12	29
H. S. Hou. [10]	1987	12	29
Y. Arai, T. Agui and M. Nakajima. [11]	1988	13	29
Loeffler, Ligtenberg and Moschytz. [12]	1988	12	32
Loeffler, Ligtenberg and Moschytz. Fast.	1989	11	29

Таблица 1 – Быстрые 8-точечные ДКП алгоритмы

Ввиду сложности реализации операции умножения, эффективность алгоритма во многом определяется наименьшим их количеством. При реализации ДКП часто берут за основу быстрый алгоритм Лoeffлера, из-за малого количество умножений. Чтобы избавиться от оставшихся операция умножения, предлагается использовать распределённую арифметику на сумматорах, которая позволяет заменить операцию умножения на заранее известный коэффициент – операциями сложения и сдвигов. То есть, векторное умножение $Y = X \times A$ можно представить как:

$$\begin{aligned}
 y &= \sum_{i=1}^{K-1} x_i \cdot a_i = \sum_{i=1}^{K-1} x_i \left[-b_{i0} \cdot 2^{b-1} + \sum_{l=1}^{B-1} b_{il} \cdot 2^{B-1-l} \right] \\
 &= \sum_{i=1}^{K-1} x_i [-b_{i0} \cdot 2^{b-1}] + \sum_{l=1}^{B-1} \left[\sum_{i=1}^{K-1} x_i b_{il} \right] \cdot 2^{B-1-l}
 \end{aligned}$$

где x – входные переменные, a – константа которая в двоичной системе счисления в дополнительном коде представляются следующим образом:

$$a_i = -b_{i0} \cdot 2^{b-1} + \sum_{l=1}^{B-1} b_{il} \cdot 2^{B-1-l},$$

где B – разрядность слова; b – бит (0 или 1), b_{i0} – бит знака константы x .

В итоге, это позволяет реализовать схему лишь на сумматорах/вычитателях и регистрах, что быстрее и экономичнее чем использование MAC-ядер, и так же не нуждается в больших объемах памяти (в отличие от распределённой арифметики на памяти).

Список использованных источников:

- Spanias, A. Audio Signal Processing and Coding / A. Spanias, T. Painter, V. Atti. – Hoboken: Wiley, 2007. – 486 p.
- Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
- Keshab K. Parhi and Takao Nishitani, Digital Signal Processing for Multimedia Systems, Marcel Dekker, Inc. 1999.
- N. Ahmed, T. Natarajan, and K. R. Rao, Discrete Cosine Transform, IEEE. Trans. Computer, Vol C-23, pp. 90-93, Jan 1974
- W.-H. Chen, C.H. Smith, and S.C. Fralick, "A Fast Algorithm for the Discrete Cosine Transform," IEEE Trans. on Communications, Vol. COM25, No. 9, Sep. 1977, pp. 1004-9. 183
- Z. Wang, "Fast algorithms for the discrete W transform and for the discrete Fourier transform," IEEE Trans. Acoust, Speech, Signal Processing, vol. ASSP-32, pp. 803--816, Aug. 1984.
- B. G. Lee, "A new algorithm for computing the discrete cosine transform," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-32, Dec. 1984, pp. 1243-1245.
- Vetterli, M. and H. Nussbaumer, "Simple FFT and DCT Algorithms with Reduced Number of Operations", Signal Processing, vol. 6, pp. 267-278, Aug 1984.
- N. Suehiro, M. Hateri: "Fast Algorithms for the DFT and other sinusoidal transforms", IEEE Transactions on Acoustic, Signal, and Speech Processing, Vol. 34, No. 6, pp. 642- 644, 1986.
- H. S. Hou, "A fast recursive algorithm for computing the discrete cosine transform," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process. 6(10), 1455-1461 (1987).
- Y. Arai, T. Agui, and M. Nakajima, "A Fast DCT-SQ Scheme for Images," Trans. of the IEICE, vol. E-71, no. 11, pp. 1095-1097, Nov. 1988.
- C. Loeffler, A. Ligtenberg, and G. Moschytz. Practical Fast 1D DCT Algorithms With 11 Multiplications. In Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pages 988--991, 1989.