

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 Лоффлера, 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:

1. Spanias, A. Audio Signal Processing and Coding / A. Spanias, T. Painter, V. Atti. – Hoboken: Wiley, 2007. – 486 p.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Keshab K. Parhi and Takao Nishitani, Digital Signal Processing for Multimedia Systems, Marcel Dekker, Inc. 1999.
4. N. Ahmed, T. Natarajan, and K. R. Rao, Discrete Cosine Transform, IEEE. Trans. Computer, Vol C-23, pp. 90-93, Jan 1974
5. 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
6. 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.
7. 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.
8. Vetterli, M. and H. Nussbaumer, "Simple FFT and DCT Algorithms with Reduced Number of Operations", Signal Processing, vol. 6, pp. 267-278, Aug 1984.
9. 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.
10. H. S. Hou, "A fast recursive algorithm for computing the discrete cosine transform," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process. 6(10), 1455-1461 (1987).
11. 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.
12. 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.