

オンライン誤り検出可能な3オペランド複素数乗算回路

Concurrent Error Detection for a Three-operand Complex Multiplier

鬼頭信貴¹
Nobutaka Kito

吉田孝洋¹
Takahiro Yoshida

中京大学工学部 情報工学科¹
School of Engineering, Chukyo University

1 はじめに

高い信頼性が必要な回路において、回路の動作時に誤り検出を行うオンライン誤り検出は有用である。デジタル信号処理などに用いられる複素数演算に注目し、オンライン誤り検出可能な小面積な3オペランド複素数乗算回路を提案する。

2 オンライン誤り検出可能な3オペランド複素数乗算回路

整数加算器、整数減算器と整数乗算器を組み合わせ、複素数 x, y, z の乗算 $m = x \times y \times z$ を計算する複素数乗算回路を構成する。提案回路は、回路全体で一つ演算器が故障したとき、それによる演算結果の誤りを検出できる。提案回路を図1に示す。図中では各演算器を四角で表現し、オンライン誤り検出のために追加した演算器を網掛けで示している。複素数 x の実数部、虚数部をそれぞれ x_r, x_i で表している。提案回路の compare は比較器を表し、2つの入力等しいか判定する。2つの比較器の出力 $c1, c2$ を見ることで誤りを検出できる。

提案回路の出力が $c2$ の比較器では、チェック用の追加回路で計算した $(x_r + x_i)(y_r + y_i)$ の値と、演算の中間結果を用いて等しい計算をした値とを比較する。これにより、 z との乗算より前の部分の演算器に起因する誤りを検出できる。出力が $c1$ の比較器では、 $m_r (= (x_r y_r - x_i y_i) z_r - (x_r y_i + x_i y_r) z_i)$ と $m_i (= (x_r y_i + x_i y_r) z_r + (x_r y_r - x_i y_i) z_i)$ を利用して $(x_r y_r - x_i y_i + x_r y_i + x_i y_r)(z_r - z_i)$ を計算したものと、中間結果を基に計算したものとを比較する。これにより、 z との乗算以降の演算器に起因する誤りを検出できる。

提案回路では、加算器・減算器を7つ、乗算器を2つ追加する。面積の大きな乗算器の追加が2つだけであるので面積オーバーヘッドは小さい。

3 評価

提案回路を論理合成することで評価した。比較対象として、文献[1]のオンライン誤り検出可能な複素数乗算回路を2段階用い3オペランド乗算回路相当とした構成を用いた。また、オーバーヘッドをみるため図1の網掛け部分を除いた構成も合成した。合成には Synopsys Design Compiler を用い、セルライブラリとして Rohm 0.18 μm standard cell library を用いた。演算ビット幅8ビットで評価を行った。合成の制約条件を変化させ、得られた回路を回路面積、遅延時間でプロットしたものを図2に示す。図より、遅延時間が短い領域を除くと、提案回路の面積は誤り検出回路のない構成の2倍以下であ

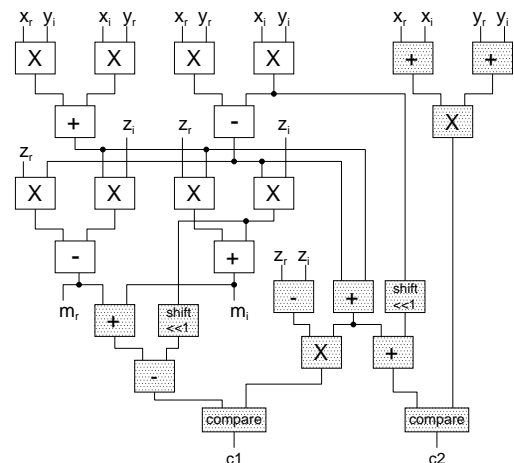


図1 3オペランド複素数乗算回路の構成

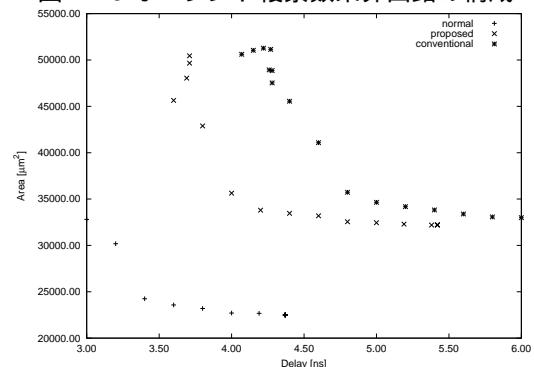


図2 回路の遅延時間と面積

る。また、従来研究を用いたものより小面積である。

4 まとめ

オンライン誤り検出可能な3オペランド複素数乗算回路を提案した。提案回路では、誤り検出用の回路の演算を工夫することにより、単純な二重化より少ない面積でオンライン誤り検出ができた。

謝辞

本研究は東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通しシノプシス株式会社の協力で行われた。本研究はJSPS 科研費 25730033の助成を受けた。

参考文献

- [1] S. Pontarelli, P. Reviriego, C.J. Bleakley, and J.A. Maestro, "Low Complexity Concurrent Error Detection for Complex Multiplication," IEEE Trans. Computers, vol. 62, no. 9, pp. 1899–1903, Sep. 2013.