



Potokowy procesor wielomianowy

Pipelined polynomial accelerator

Bartłomiej Paluch, Michał Krzyworzeka

Opis projektu

Celem projektu było stworzenie dedykowanego układu umożliwiającego obliczanie wartości wielomianu trzeciego stopnia dla zadanego przedziału wartości x . Układ został zaprojektowany potokowo, dzięki czemu jest on wydajny dla dużych ilości danych wejściowych. Zaprojektowany moduł umożliwia konfigurowanie współczynników wielomianu z poziomu CPU.

Wartość wielomianu obliczana jest na podstawie algorytmu Hornera [1], którego zastosowanie w tym przypadku prezentuje się następująco:

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = d + x(c + x(b + x \cdot a))$$

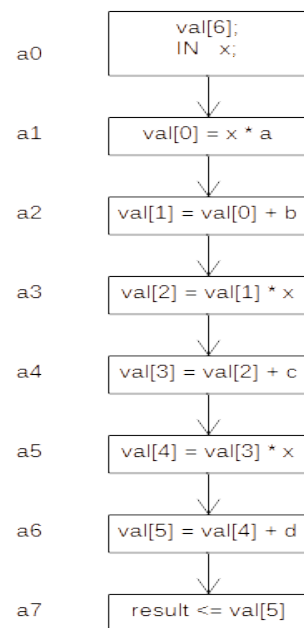
Takie rozwiązanie umożliwiło potokową realizację obliczeń, której algorytm został zaprezentowany po prawej stronie dokumentu.

Współczynniki wielomianu są wprowadzane szeregowo przez CPU przy pomocy rejestru FIFO, z którego dane są pojedynczo wpisywane do wewnętrznego rejestru przesuwanego. Dodatkowo zastosowany został drugi moduł FIFO, który odpowiada za wprowadzanie danych wejściowych (x) oraz odbieranie wyników.

Moduł wykonuje obliczenia na danych w formacie fixed point 24:8, co łącznie daje 32-bitowe zmienne.

Dodatkowo stworzona została aplikacja działająca w terminalu portu szeregowego umożliwiająca testowanie oraz korzystanie z zaprojektowanego modułu. W pierwszej kolejności należy wprowadzić współczynniki wielomianu, a następnie początek, koniec oraz krok danych wejściowych. Wszystkie dane wprowadzać należy w formacie „XX.XXXX”, tak więc liczba 3.14 wprowadzona zostać powinna w następujący sposób: „03.1400”.

Aplikacja obsługuje podstawowe błędy tj. przepełnienie zakresu wartości wejściowych (przyjęta w aplikacji została wartość 500), krok równy zero oraz koniec zakresu mniejszy lub równy początkowi. Dodatkowo zaimplementowany został programowy sygnalizator przepełnienia, który informuje o rzetelności zwróconego wyniku (overflow_flag równe 1 oznacza wystąpienie przepełnienia). Po obliczeniu zadanych wartości aplikacja wraca do stanu początkowego umożliwiającego ponowne wprowadzenie współczynników, danych oraz obliczenia. Rezultat działania aplikacji przedstawiony został na poniższym rysunku.



```

COM5 - PuTTY

===== POLYNOMIAL CALCULATOR =====
----- Compute values of polynomial f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d -----

Enter coefficients:
a (7 digits XX.XXXX): 00.1250
b (7 digits XX.XXXX): 02.0000
c (7 digits XX.XXXX): 15.5000
d (7 digits XX.XXXX): 88.7500

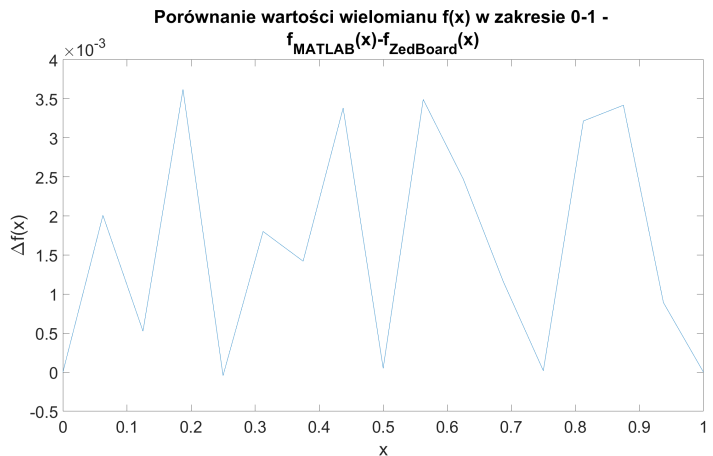
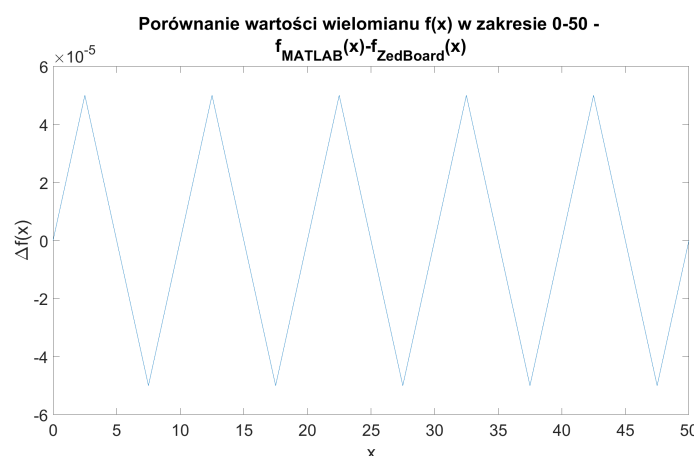
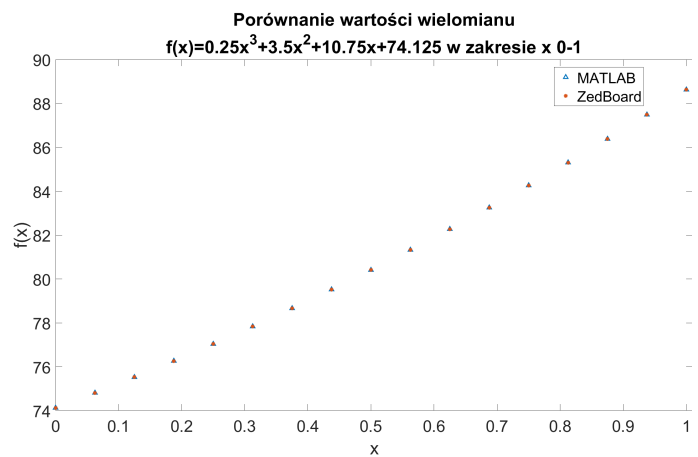
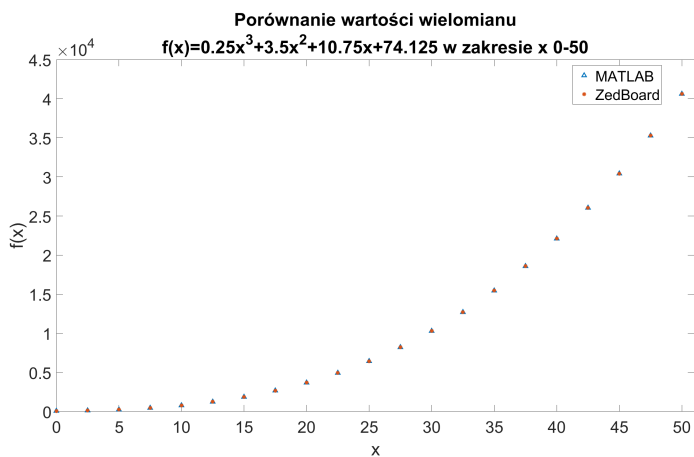
Enter x range:
Beginning (7 digits XX.XXXX): 01.0000
End (7 digits XX.XXXX): 05.0000
Step (7 digits XX.XXXX): 00.5000

Given amount of x: 9
Number of results: 9

1. Value of f(01.0000): 106.3750 overflow: 0
2. Value of f(01.5000): 116.9219 overflow: 0
3. Value of f(02.0000): 128.7500 overflow: 0
4. Value of f(02.5000): 141.9531 overflow: 0
5. Value of f(03.0000): 156.6250 overflow: 0
6. Value of f(03.5000): 172.8594 overflow: 0
7. Value of f(04.0000): 190.7500 overflow: 0
8. Value of f(04.5000): 210.3906 overflow: 0
9. Value of f(05.0000): 231.8750 overflow: 0

```

Przeprowadzona została także analiza poprawności działania stworzonego modułu poprzez porównanie zwracanych wyników z referencyjnymi wartościami uzyskanymi przy pomocy programu Matlab. Wyniki zostały przedstawione poniżej.



Wyniki jednoznacznie potwierdzają poprawność działania modułu. Widoczne różnice w wynikach wynikają z ograniczonej dokładności danych w formacie fixed point 24:8, na których działa układ oraz zaokrąglania wyników z modułu do czwartego miejsca po przecinku.