

1. Schemat.....	4
2. Krótki opis każdego modułu.	4
2.1. APB_main.....	4
2.1.1. APB.....	4
2.1.2. CDC.....	4
2.1.3. MUX_DEKODER	4

2.1.4. Dekoder	4
2.1.5. MUX_CDC_wsp.....	5
2.1.6. RAM współczynników	5
2.1.7. Rejestry sterujące	5
2.2. AXI_main	5
2.2.1. AXI	5
2.2.2. MUX_AXI_wej	5
2.2.3. RAM wej	5
2.2.4. MUX_AXI_wyj	5
2.2.5. RAM wyj	5
2.3. FIR_main	6
2.3.1. FSM	6
2.3.2. Licznik	7
2.3.3. Licznik pętli	7
2.3.4. Shift R	7
2.3.5. Acc	8
2.3.6. mnożenie	8
2.3.7. sumowanie	8
3. Sygnały	8
3.1. APB_main.....	9
3.1.1. APB (APB3).....	9
3.1.2. CDC.....	10
3.1.3. MUX_DEKODER	11
3.1.4. Dekoder	11
3.1.5. MUX_CDC_wsp.....	12
3.1.6. RAM współczynników	12
3.1.7. Rejestry sterujące	13
3.2. AXI_main	14
3.2.1. AXI	14
3.2.2. MUX_AXI_wej	15
3.2.3. RAM wej	15
3.2.4. MUX_AXI_wyj	16

3.2.5. RAM wyj	16
3.3. FIR_main	16
3.3.1. FSM	17
3.3.2. Licznik	18
3.3.3. Licznik pętli	19
3.3.4. Shift R	19
3.3.5. Acc	20
3.3.6. mnożenie	20
3.3.7. sumowanie	21
4. Testy	22
4.1. Test magistrali APB	22
4.2. Test magistrali AXI	22
4.3. Test filtra FIR	23
4.4. Test całego projektu	24
5. Struktura projektu	24

1. Schemat.

Osobny pdf

2. Krótki opis każdego modułu.

Przez interfejs APB - współczynniki i sterowanie.

Przez interfejs AXI – dane(próbki).

3 główne moduły:

- **APB_main**: APB3, CDC, Dekoder, MUX_Dekoder, MUX_CDC_wsp, Rejestry sterujące, RAM(wsp).
- **AXI_main**: AXI, MUX_AXI_wej, RAM wej, RAM wyj, MUX_AXI_wyj.
- **FIR_main**: FSM, Licznik, Licznik petli, Shift R, Acc, mnożenie, sumowanie.

2.1. APB_main

APB_main to będzie top module – do testów z COCOTB, a w nim poszczególne moduły.

2.1.1. APB

Ten moduł pozwala na komunikację między zewnętrznymi modułami/elementami? A pamięcią RAM dla współczynników.

2.1.2. CDC

Moduł zapewniający połączenie między domenowe dla interfejsu APB w domenie A oraz reszty modułów w domenie B.

2.1.3. MUX_DEKODER

Multiplekser określający źródło danych powrotnych dla APB.

2.1.4. Dekoder

Ten moduł zapewnia rozdzielenie jednego adresu pochodzącego z APB, na adres do pamięci RAM i adres do rejestrów kontrolnych (jako nr_Rejestru).

2.1.5. MUX_CDC_wsp

Multiplexer określający źródło adresu dla pamięci RAM współczynników.

2.1.6. RAM współczynników

Moduł pamięci RAM przechowujący współczynniki filtra.

2.1.7. Rejestry sterujące

Moduł rejestrów przechowujące sygnały sterujące/konfiguracyjne projektu.

2.2. AXI_main

AXI_main to będzie top module – do testów z COCOTB, a w nim poszczególne moduły.

2.2.1. AXI

Ten moduł pozwala na komunikację między zewnętrznymi modułami/elementami? A pamięcią RAM dla próbek wejściowych i próbek wyjściowych.

2.2.2. MUX_AXI_wej

Multiplexer określający źródło adresu dla pamięci RAM próbek wejściowych.

2.2.3. RAM wej

Moduł pamięci RAM przechowujący próbki wejściowe.

2.2.4. MUX_AXI_wyj

Multiplexer określający źródło adresu dla pamięci RAM próbek wyjściowych.

2.2.5. RAM wyj

Moduł pamięci RAM przechowujący próbki wyjściowe.

2.3. FIR_main

FIR_main to będzie top module – do testów z COCOTB, a w nim poszczególne moduły.

2.3.1. FSM

Moduł sterujący pracą całego projektu.

- IDLE: czeka na start(narastające zbocze chyba). Pracuje, DONE = 0. MUX ustawione na AXI i APB.

- START: jest sygnał start, załaduj liczniki wartościami (ile_próbek i ile_wsp),reset wszystkiego, pracuje = 1. MUX ustawione na FIR.

- Obliczenia:

A) nowa próbka do shift R(FSM_nowa_shift). . Licznik pętla reset.(do zera)

B) przemnożenie współczynników przez shift R (licznik pętla ++)

FSM_petla_en = 1. Jeśli pętla_full to przejdź do C). ACC_en = 1.

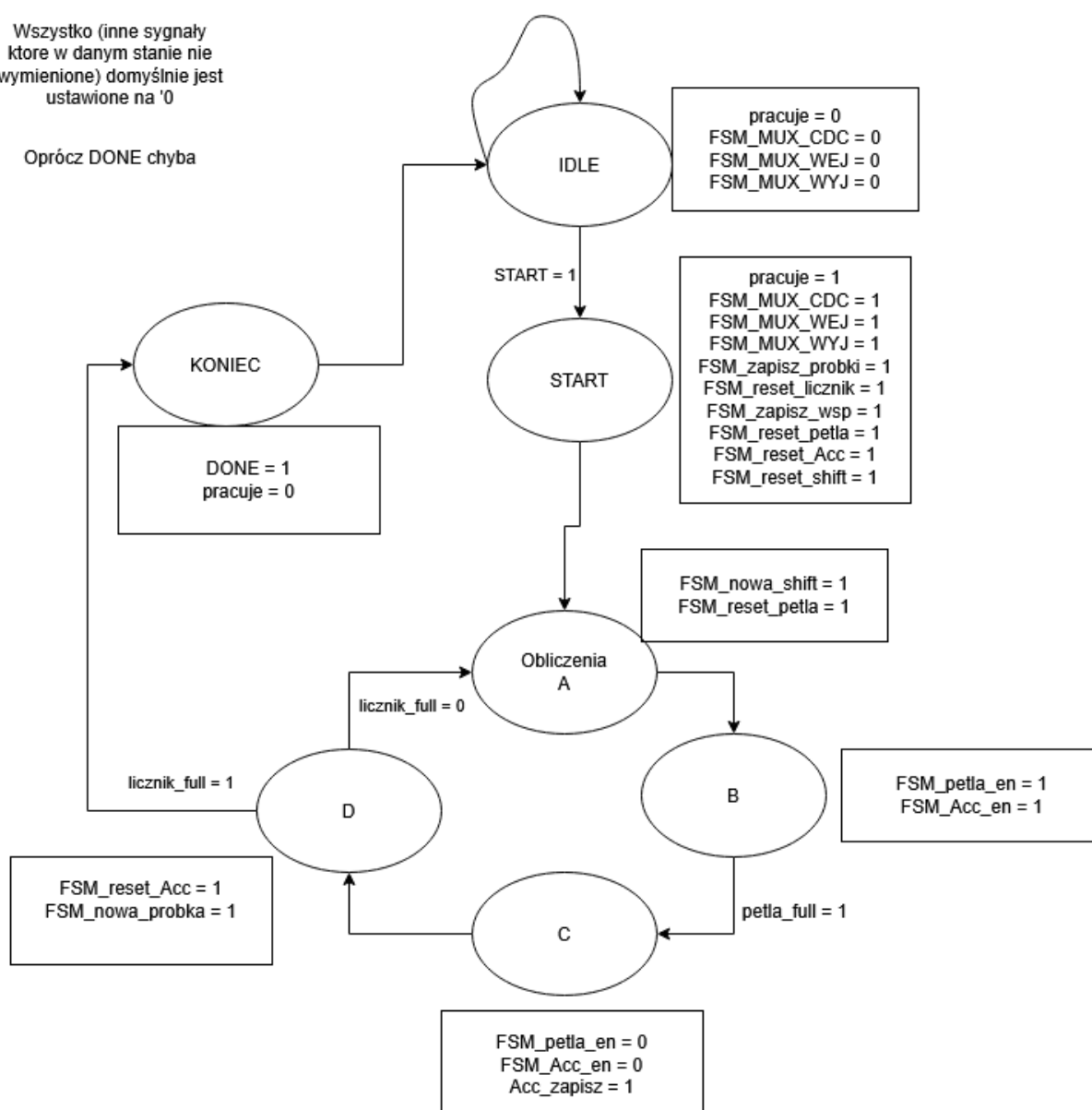
C) FSM_petla_en = 0. zapisz próbkę wynikową z ACC. ACC_en = 0.
ACC_zapisz =1.

D) czy licznik == ile próbek(licznik_full) -> nie to do A) i
licznik++(FSM_nowa_probka). Tak to koniec. Wyzerować ACC.

- KONIEC: DONE=1, pracuje = 0.

Wszystko (inne sygnały
które w danym stanie nie
wymienione) domyślnie jest
ustawione na '0'

Oprócz DONE chyba



2.3.2. Licznik

Moduł licznika, który zlicza liczbę próbek.

2.3.3. Licznik pętli

Moduł licznika, który zlicza liczbę współczynników.

2.3.4. Shift R

Moduł rejestru przechowujący poprzednie próbki wejściowe.

2.3.5. Acc

Moduł przechowujący wynik próbki wyjściowej podczas obliczeń.

2.3.6. mnożenie

Moduł odpowiedzialny za wykonywanie mnożenia.

2.3.7. sumowanie

Moduł odpowiedzialny za wykonywanie dodawania.

3. Sygnały.

Opis sygnałów w każdym module.

3.1. APB_main

3.1.1. APB (APB3)

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
PCLK	1	IN	Sygnał zegarowy.	A
PRESETn	1	IN	Sygnał resetu.	A
PADDR	32	IN	Adres	A
PSELx	1	IN	Sygnał jest generowany dla każdego Completera i informuje, że został on wybrany oraz że ma zostać wykonana operacja transferu danych.	A
PENABLE	1	IN	Wskazuje na drugą i kolejne fazy (cykle) transferu na magistrali APB.	A
PWRITE	1	IN	Sygnalizuje zapis do APB, gdy jest w stanie wysokim, a odczyt — gdy w stanie niskim.	A
PWDATA	32	IN	Szyna danych, jest sterowana przez Requester mostka APB podczas cykli zapisu, gdy PWRITE jest w stanie wysokim.	A
PREADY	1	OUT	Służy do przedłużenia transferu APB przez Completer.	A
PRDATA	32	OUT	Szyna danych odczytu jest sterowana przez wybranego Completera podczas cykli odczytu, gdy PWRITE jest w stanie niskim.	A
PSLVERR	1	OUT	Opcjonalny sygnał, który Completer może ustawić w stan wysoki, aby wskazać błąd podczas transferu APB.	A

p_address	6	OUT	Skrócony adres (tylko potrzebna ilość bitów) do pamięci RAM i Rejestrów kontrolnych.	A
p_data	16	OUT	Dane zawierające współczynnik albo konkretny rejestr kontrolny.	A
p_wr	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że dane na p_data są przeznaczone do zapisu pod wskazany adres.	A
p_data_back	16	IN	Wartość odczytana z podanego adresu.	A

3.1.2. CDC

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
p_address	6	IN	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM albo konkretny rejestr kontrolny.	A
p_data	16	IN	Dane zawierające współczynnik albo konkretny rejestr kontrolny.	A
p_wr	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że dane na p_data są przeznaczone do zapisu pod wskazany adres.	A
p_data_back	16	OUT	Wartość odczytana z podanego adresu.	A
CDC_A	6	OUT	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM albo konkretny rejestr kontrolny.	B
CDC_data	16	OUT	Dane zawierające współczynnik albo konkretny rejestr kontrolny.	B
CDC_wr	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że dane na p_data są	B

			przeznaczone do zapisu pod wskazany adres.	
data_back	16	IN	Wartość odczytana z podanego adresu.	B

3.1.3. MUX_DEKODER

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
wsp_data	16	IN	Wartość Współczynnika odczytana z podanego adresu.	B
Rej_out	16	IN	Wartość rejestru kontrolnego odczytana z podanego adresu.	B
Dekoder_MUX	1	IN	Kiedy '0' oznacza dane współczynników, kiedy '1' oznacza rejestr kontrolny.	B
data_back	16	OUT	Wartość odczytana z podanego adresu.	B

3.1.4. Dekoder

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
CDC_A	6	IN	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM albo konkretny rejestr kontrolny.	B
CDC_wr	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że dane na p_data są przeznaczone do zapisu pod wskazany adres.	B
Dekoder_MUX	1	OUT	Kiedy '0' oznacza dane współczynników, kiedy '1' oznacza rejestr kontrolny.	B
address_RAM	5	OUT	Adres przeznaczony do pamięci RAM współczynników.	B
wr_RAM	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że dane na CDC_data są	B

			przeznaczone do zapisu pod wskazany adres dla współczynników.	
nr_Rejestru	3	OUT	Adres (numer Rej.) przeznaczony do Rejestrów kontrolnych.	B
wr_Rej	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że dane na CDC_data są przeznaczone do zapisu pod wskazany adres dla rejestrów kontrolnych.	B

3.1.5. MUX_CDC_wsp

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
address_FIR	5	IN	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM, pochodzący z licznika petli.	B
address_RAM	5	IN	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM, pochodzący z APB.	B
FSM_MUX_CDC	1	IN	Kiedy '0' oznacza adres z APB(przez CDC), kiedy '1' oznacza adres z licznika pętli.	B
Wsp_address_in	5	OUT	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM.	B

3.1.6. RAM współczynników

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
wsp_address_in	5	IN	Adres do zapisu/odczytu.	B
CDC_data	16	IN	Dane do zapisu.	B
wr	1	IN	Kiedy '1' oznacza zapis do pamięci. Sygnał wypracowany przez AND(CDC_wr z ~pracuje).	B

Data_out	16	OUT	Dane wyjściowe - konkretny współczynnik.	B
----------	----	-----	--	---

3.1.7. Rejestry sterujące

- 000: START
- 001: DONE
- 010: PRACUJE
- 011: ile_wsp
- 100: ile_probek

Sygnal	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
Rej_out	16	OUT	Wartość rejestru kontrolnego odczytana z podanego adresu.	B
CDC_data	16	IN	Dane zawierające konkretny rejestr kontrolny.	B
nr_Rejestru	3	IN	Adres (numer Rej.) przeznaczony do Rejestrów kontrolnych.	B
wr_Rej	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że dane na CDC_data są przeznaczone do zapisu pod wskazany adres dla rejestrów kontrolnych.	B
Start	1	OUT	Kiedy '1' oznacza rozpoczęcie pracy	B
Pracuje	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że FIR wykonuje obliczenia.	B
DONE	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że FIR zakończył prace.	B
Ile_wsp	6	OUT	Oznacza ilość współczynników	B
Ile_probek	14	OUT	Oznacza ilość próbek	B

3.2. AXI_main

3.2.1. AXI

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
AWADDR	[31:0]	IN	Adres zapisu	B
AWVALID	1	IN	Adres ważny	B
AWREADY	1	OUT	Slave gotowy przyjąć adres	B
AWLEN	[3:0] axi3 [7:0] axi4	IN	Liczba transferów w burst	B
AWSIZE	[2:0]	IN	rozmiar pojedynczego transferu dla burst (np. 3'b010 = 4 bajty)	B
AWBURST	[1:0]	IN	typ bursta (INCR, FIXED, WRAP)	B
WVALID	1	IN	Dane Ważne	B
WREADY	1	OUT	Slave gotowy na dane	B
WLAST	1	IN	1 gdy ostatni transfer w burst	B
WDATA	[63:0]	IN	Dane do zapisu	B
WSTRB	[7:0]	IN	Bajty aktywne (np. 4'b1111 dla 32-bit)	B
BVALID	1	OUT	Odpowiedź ważna	B
BREADY	1	IN	Master gotowy odebrać odpowiedź	B
BRESP	[1:0]	OUT	Kod statusu (OKAY, SLVERR, itd.)	B
ARVALID	1	IN	Adres ważny	B
ARREADY	1	OUT	Slave gotowy na adres	B
ARADDR	[31:0]	IN	Adres odczytu	B
ARSIZE	[2:0]	IN	Rozmiar bursta	B
ARBURST	[1:0]	IN	Typ bursta	B
ARLEN	[3:0] axi3 [7:0] axi4	IN	Długość bursta	B
RVALID	1	OUT	Odpowiedź ważna	B

RREADY	1	IN	Master gotowy na odpowiedź	B
RLAST	1	OUT	Ostatnia próbka w burst	B
RDATA	[63:0]	OUT	Odczytane dane	B
RRESP	[1:0]	OUT?	Kod odpowiedzi	B
a_address_wr	13	OUT	Adres zapisu	B
a_data_out	16	OUT	Dane do zapisu	B
a_wr	1	OUT	Kiedy '1', oznacza zapis do pamięci	B
probka	16	IN	Dana z RAM wej, zawrócona do odczytu.	B
a_address_rd	13	OUT	Adres odczytu	B
a_data_in	21	IN	Dana do odczytu	B

3.2.2. MUX_AXI_wej

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
A_probki_FIR	13	IN	Adres wskazujący konkretną próbkę w pamięci RAM wej, pochodzący z licznika.	B
A_address_wr	13	IN	Adres wskazujący konkretną próbkę w pamięci RAM wej z AXI.	B
FSM_MUX_WEJ	1	IN	Kiedy '0' oznacza adres z AXI, kiedy '1' oznacza adres z licznika.	B
Probka_address_in	13	OUT	Adres wskazujący pod konkretną próbkę w pamięci RAM wej.	B

3.2.3. RAM wej

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
probka_address_in	13	IN	Oznacza adres próbki	B

a_data_out	16	IN	Oznacza dane wejściowe	B
a_wr	1	IN	Kiedy '1' oznacza zapis do pamięci	B
probka	16	OUT	Oznacza próbkę wyjściową	B

3.2.4. MUX_AXI_wyj

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
A_probki_FIR	13	IN	Adres wskazujący konkretną próbkę w pamięci RAM wej, pochodzący z licznika.	B
a_address_rd	13	IN	Adres wskazujący konkretną próbkę w pamięci RAM wej z AXI.	B
FSM_MUX_WYJ	1	IN	Kiedy '0' oznacza adres z AXI, kiedy '1' oznacza adres z licznika.	B
probka_address_out	13	OUT	Adres wskazujący pod konkretną próbkę w pamięci RAM wej.	B

3.2.5. RAM_wyj

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
a_data_in	21	OUT	Oznacza dane wyjściowa(próbka) do AXI	B
probka_address_out	13	IN	Oznacza adres próbki.	B
FIR_probka_wynik	21	IN	Nowa próbka obliczona w FIR.	B
FSM_wyj_wr	1	IN	Kiedy '1' oznacza zapis do pamięci	B

3.3. FIR_main

3.3.1. FSM

Sygnal	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
START	1	IN	Kiedy '1' oznacza rozpoczęcie pracy.	B
pracuje	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że wykonuje obliczenia FIR.	B
DONE	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że FIR skończył obliczenia i można odczytać próbki wynikowe (RAM_wyj)	B
FSM_MUX_wyj	1	OUT	Steruje MUX do adresu dla RAM_wyj. Kiedy '0' oznacza adres z AXI, kiedy '1' oznacza adres z licznika.	B
FSM_MUX_wej	1	OUT	Steruje MUX do adresu dla RAM_wej. Kiedy '0' oznacza adres z AXI, kiedy '1' oznacza adres z licznika.	B
FSM_MUX_CDC	1	OUT	Steruje MUX do adresu dla RAM współczynników. Kiedy '0' oznacza adres z APB(przez CDC), kiedy '1' oznacza adres z licznika pętli.	B
FSM_zapisz_wsp	1	OUT	Kiedy '1' oznacza zapisanie do Licznika pętli wartości z ile_wsp.	B
FSM_petla_en	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że licznik pętli może pracować(zliczać).	B
FSM_reset_petla	1	OUT	Kiedy '1' oznacza reset wartości w liczniku pętli.	B
Petla_full	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że licznik pętli doliczył do max wartości(ile_wsp).	B
FSM_zapisz_probki	1	OUT	Kiedy '1' oznacza zapisanie do Licznika wartości z ile_probek.	B
FSM_reset_licznik	1	OUT	Kiedy '1' oznacza reset wartości w liczniku.	B

Licznik_full	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że licznik doliczył do max wartości(ile_probek).	B
FSM_nowa_probka	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że licznik może się zinkrementować.	B
FSM_nowa_shift	1	OUT	Kiedy '1' oznacza wpisanie nowej próbki.	B
FSM_reset_shift	1	OUT	Kiedy '1' oznacza reset wartosci w shift R.	B
FSM_Acc_en	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że Acc działa.	B
FSM_Acc_zapisz	1	OUT	Kiedy '1' oznacza przerzucenie wartości Acc na wyjście(FIR_probka_wynik).	B
FSM_reset_Acc	1	OUT	Kiedy '1' oznacza reset wartosci w Acc.	B

3.3.2. Licznik

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
ile_probek	14	IN	Oznacza ilość próbek.	B
FSM_zapisz_probki	1	IN	Kiedy '1' oznacza zapisanie wartości ile_probek.(jako max wartość dla licznika)	B
FSM_reset licznik	1	IN	Kiedy '1' oznacza wyzerowanie aktualnie zliczanej wartości przez licznik.	B
licznik_full	1	OUT	Kiedy '1' oznacza, że licznik osiągnął max wartość(czyli ile_probek).	B
A_probki_FIR	13	OUT	Oznacza aktualny numer(adres) próbek.	B
FSM_nowa_probka	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że licznik może się zinkrementować.	B

3.3.3. Licznik pętli

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
address_FIR	5	OUT	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM, pochodzący z licznika petli.	B
ile_wsp	6	IN	Oznacza ilość współczynników	B
FSM_zapisz_wsp	1	IN	Kiedy '1' oznacza zapisanie do Licznika pętli wartości z ile_wsp.	B
FSM_petla_en	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że licznik pętli może pracować(zliczać).	B
FSM_reset_petla	1	IN	Kiedy '1' oznacza reset wartości w liczniku pętli.	B
petla_full	1	OUT	Licznik pętli doszedł do końca. Przeliczono wszystkie współczynniki.	B

3.3.4. Shift R

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
probka	16	IN	Próbka wejściowa do zapamiętania.	B
FSM_nowa_shift	1	IN	Wpisz próbkę wejściową	B

address_FIR	5	IN	Wybranie odpowiedniej próbki do przemnożenia.	B
FSM_reset_shift	1	IN	Reset modułu. Usunięcie zapamiętanych próbek.	B
shift_out	16	OUT	Próbka do przemnożenia ze współczynnikiem	B

3.3.5. Acc

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
FSM_Acc_en	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że Acc działa.	B
FSM_Acc_zapis	1	IN	Kiedy '1' oznacza przerzucenie wartości Acc na wyjście (FIR_probka_wynik).	B
FSM_reset_Acc	1	IN	Kiedy '1' oznacza reset wartości w Acc.	B
Acc_out	21	OUT	Aktualna wartość akumulatora. Do dodania z nową wartością z mnożenia.	B
suma_wynik	21	IN	Wejście do Acc. Poprzednia wartość akumulatora + wartość z mnożenia.	B
FIR_probka_wynik	21	OUT	Pojedynczy wynik działania filtra (obliczona próbka)	B

3.3.6. mnożenie

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
shift_out	16	IN	Wartość pierwsza do mnożenia	B
mnozenie_wynik	16	OUT	Wartość wyniku mnożenia	B

wsp_data	16	IN	Wartość druga do mnożenia	B
----------	----	----	---------------------------	---

3.3.7. sumowanie

Sygnał	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
mnozenie_wynik	16	IN	Wartość pierwsza do dodawania	B
Acc_out	16	IN	Wartość druga do dodawania	B
suma_wynik	16	OUT	Wartość wyniku dodawania	B

4. Testy

Cel:

- sprawdzenie poprawności zapisywania/odczytywania danych poprzez interfejsy APB i AXI.
- Sprawdzenie poprawności wyników obliczeń dla filtru FIR.

Pliki do testów:

- APB_main.sv
- AXI_main.sv
- FIR_main.sv

W /cocotb, w odpowiednim folderze (np. /axi_testy) będą pliki do testów.

- Uruchomic venv (python virtual environment)
- Przejść do odpowiedniego folderu w /cocotb
- Uruchomić testy (plik make)
 - make SIM=icarus WAVES=1 TESTCASE=axi_test_1(albo bez TESTCASE – wtedy wszystko naraz)

4.1. Test magistrali APB

- Apb_test_1
Zapis i odczyt pojedynczego współczynnika.
- Apb_test_2
Zapis i odczyt N współczynników pod losowe adresy.
- Apb_test_3
Zapis i odczyt rejestru sterującego(kontrolnego).

4.2. Test magistrali AXI

- Axi_test_1:
Zapis pojedynczej próbki do RAM wej i odczyt jej.
- Axi_test_2
Zapis pojedynczej losowej próbki pod losowy adres do RAM wej i odczyt jej
- Axi_test_3
Zapis N losowych próbek pod losowe adresy do RAM wej i odczyt ich
- Axi_test_4
(BURST) Zapis N losowych próbek do RAM wej i odczyt ich
- Axi_test_5
Odczyt próbki wynikowej z RAM wyj
- Axi_test_6
Testy całego AXI. Zapis (burst) próbek do RAM wej i ich odczyt (sprawdzenie).
Oraz odczyt z RAM wyj (burst).

4.3. Test filtra FIR

Uruchomienie FIR i porównanie z modelem odniesienia (w pythonie model FIR)

- Fir_test_1
 - **Test działania filtra ze współczynnikiem równym 1**
 - **Współczynniki:** $h=[1,0,0,0,\dots,0]$
 - **Oczekiwane działanie:** Wyjście filtra powinno być identyczne z wejściem, z opóźnieniem o 0 próbek
- Fir_test_2
 - **Test filtra uśredniającego (moving average)**
 - **Współczynniki:** suma współczynników równa 1
 - **Oczekiwane działanie:** Dla sygnału stałego początkowo ($n < 32$): wynik rośnie stopniowo od $1/32$ do 1

po 32 próbkach: wynik ustala się na 1.

Fir_test kolejne?

4.4. Test całego projektu

- A) (AXI) zapis próbek w RAM wej + sprawdzenie ich (odczyt)
- B) (APB) zapis współczynników (i ich odczyt) + rejestry sterujące (ile_wsp i ile_probek).
- C) (APB) zapis do rejestru sterującego START.
- D) FIR liczy
- E) (AXI) odczyt próbek wynikowych
- F) porównanie wyników z modelem FIR w pythonie.

5. Struktura projektu

Doc – na dokumenty

Src - źródła sv

Src/Tb – tutaj proste tb do weryf.

CocoTB – Testy z użyciem cocoTB.

Model FIR – ten model w pythonie.

APB_main.sv - APB, CDC, Dekoder, Rejestry sterujace, RAM .sv + mux'y

AXI_main.sv = AXI, RAM .sv + mux'y

FIR_main.sv - FSM, Licznik, Shift R, Acc, mnożarka, summator, Licznik petli .sv

