

# PBL

FIR, AXI, APB, CocoTB.

1. Schemat.....	3
2. Krótki opis każdego modułu. ....	3
2.1. APB_main.....	3
2.1.1. APB.....	3
2.1.2. CDC.....	3
2.1.3. MUX_DEKODER .....	3
2.1.4. Dekoder .....	4
2.1.5. MUX_CDC_wsp.....	4
2.1.6. RAM współczynników.....	4
2.1.7. Rejestry sterujące .....	4
2.2. AXI_main.....	4
2.2.1. AXI .....	4
2.2.2. MUX_AXI_wej .....	4
2.2.3. RAM wej .....	4
2.2.4. MUX_AXI_wyj .....	4
2.2.5. RAM wyj .....	5
2.3. FIR_main.....	5
2.3.1. FSM .....	5
2.3.2. Licznik .....	6
2.3.3. Licznik pętli.....	6
2.3.4. Shift R .....	7
2.3.5. Acc .....	7
2.3.6. mnożenie.....	7
2.3.7. sumowanie .....	7
3. Sygnały.....	8

3.1. APB_main.....	8
3.1.1. APB (APB3).....	8
3.1.2. CDC.....	9
3.1.3. MUX_DEKODER .....	10
3.1.4. Dekoder .....	10
3.1.5. MUX_CDC_wsp.....	11
3.1.6. RAM współczynników .....	11
3.1.7. Rejestry sterujące .....	12
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.....	17
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 .....	23
4.3. Test filtra FIR .....	23
4.4. Test całego projektu .....	24
5. Struktura projektu.....	25

# 1. Schemat.

(Osobne pdf)

- Schemat\_PBL\_.pdf - schemat RTL.
- Schemat\_PBL\_\_Podzial\_Testy.pdf - podział schematu na części do testów.
- Schemat\_PBL\_\_moduly\_do\_testow.pdf - sygnały do każdej z części.

# 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.

pbl\_TOP – top module.

## 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**

Multiplekser 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.

(Opis rejestrów: 3.1.7. Rejestry sterujące)

### **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**

Multiplekser 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**

Multiplekser określający źródło adresu dla pamięci RAM próbek wyjściowych.

## 2.2.5. RAM wyj

Moduł pamięci RAM przechowujący próbki wyjściowe.

## 2.3. FIR\_main

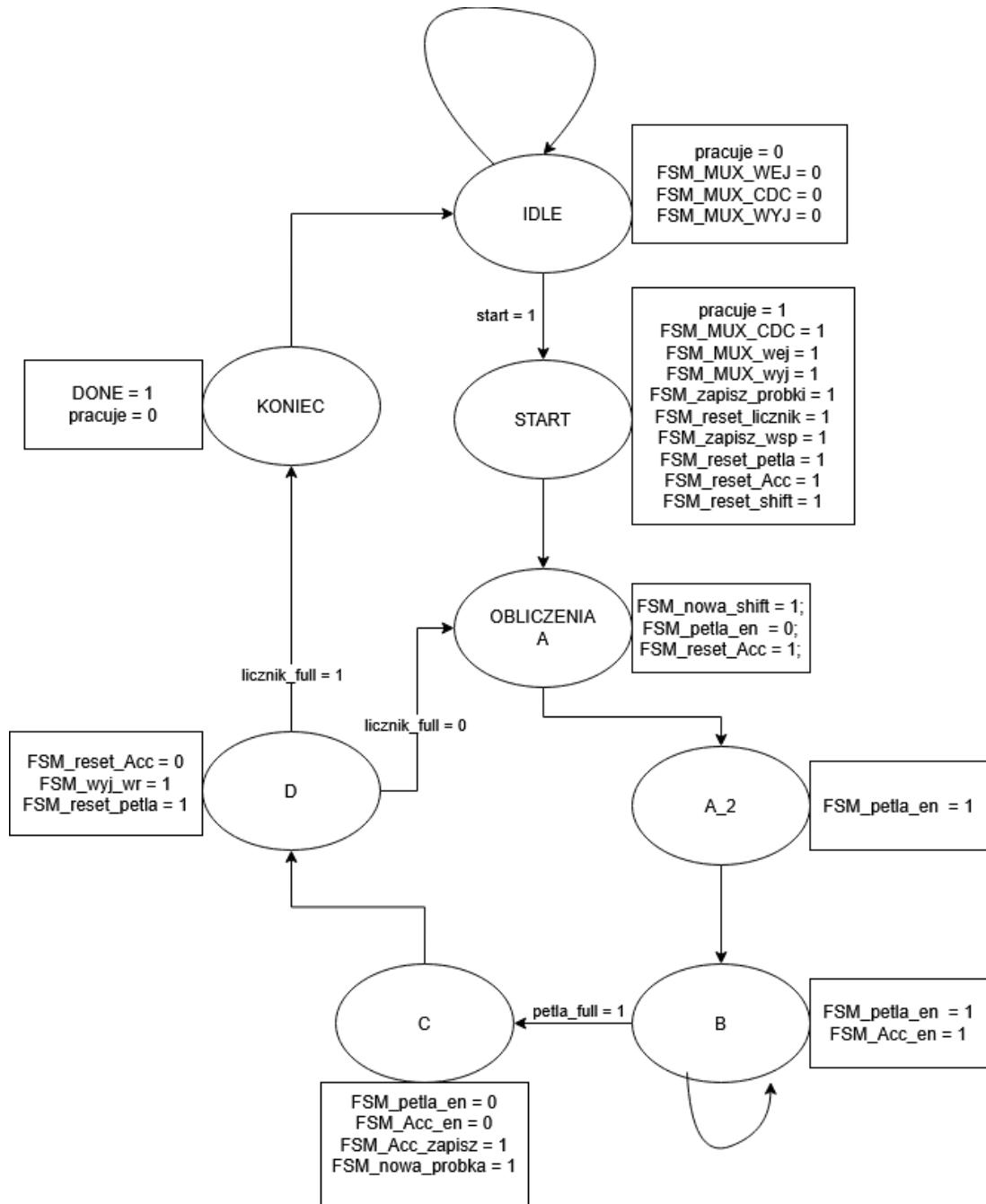
FIR\_main to będzie top module – do testów z COCOTB, a w nim poszczególne moduły.

### 2.3.1. FSM

Moduł sterujący pracą całego projektu.

Opis(poglądowy, niżej rys):

- IDLE: czeka na start. MUX'y 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 ++). Jeśli pętla\_full to przejdź do C).
  - C) Zapisz próbke wynikową z ACC.
  - D) czy licznik = ile prazy(licznik\_full) -> nie to do A) i licznik++. Tak to koniec. Wyzerowac ACC.
- KONIEC: DONE=1, pracuje = 0.



### 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)

Sygnal	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
PCLK	1	IN	Sygnal zegarowy.	A
PRESETn	1	IN	Sygnal resetu.	A
PADDR	32	IN	Adres	A
PSELx	1	IN	Sygnal 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 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 sygnal, który Completer może ustawić w stan wysoki, aby	A

			wskazać błąd podczas transferu APB.	
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 przeznaczone do zapisu pod wskazany adres.	B
data_back	16	IN	Wartość odczytana z podanego adresu.	B

### 3.1.3. MUX\_DEKODER

Sygnal	Szerokośc	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

Sygnal	Szerokośc	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 przeznaczone do zapisu pod wskazany adres dla współczynników.	B
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

Sygnal	Szerokośc	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
address_FIR	5	IN	Adres wskazujący pod konkretny współczynnik w pamięci RAM, pochodzący z licznika pętli.	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

Sygnal	Szerokośc	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

Opis dostępnych rejestrów do zapisu/odczytu:

Adres	Rejestr	Typ	Uwagi
000	START	Zapis/odczyt (R/W) - autoclear	Przy odczycie spodziewana wartość to 0.
001	DONE	Odczyt (RO)	Przy próbie zapisu zwracany jest błąd.
010	PRACUJE	Odczyt (RO)	Przy próbie zapisu zwracany jest błąd.
011	Ile_wsp	Zapis/Odczyt (R/W)	-
100	Ile_probek	Zapis/Odczyt (R/W)	-
xxx	-	-	Przy próbie zapisu do nieistniejącego rejestru, zwracany jest błąd.

Sygnał	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 pracę.	B

Ile_wsp	6	OUT	Oznacza ilość współczynników	B
Ile_probek	14	OUT	Oznacza ilość próbek	B
Ile_razy	15	OUT	Określa ile razy FIR bedzie wykonywał swoje obliczenia – zgodnie z M+N-1.	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 <b>burst</b>	B
AWSIZE	[2:0]	IN	rozmiar pojedynczego transferu dla <b>burst</b> (np. 3'b010 = 4 bajty)	B
AWBURST	[1:0]	IN	typ <b>bursta</b> (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 <b>bursta</b>	B
ARBURST	[1:0]	IN	Typ <b>bursta</b>	B
ARLEN	[3:0] axi3 [7:0] axi4	IN	Długość <b>bursta</b>	B
RVALID	1	OUT	Odpowiedź ważna	B
RREADY	1	IN	Master gotowy na odpowiedź	B
RLAST	1	OUT	Ostatnia próbka w <b>burst</b>	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, zwrócona do odczytu.	B
a_address_rd	13	OUT	Adres odczytu	B
a_data_in	16	IN	Dana do odczytu	B

### 3.2.2. MUX\_AXI\_wej

Sygnal	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

Sygnal	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

Sygnal	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
A_probki_wyn_FIR	13	IN	Adres wskazujący konkretną próbkę wynikową w pamięci RAM wyj, 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

Sygnal	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
a_data_in	16	OUT	Oznacza dane wyjściowa(próbka) do AXI	B
probka_address_out	13	IN	Oznacza adres próbki.	B
FIR_probka_wynik	16	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

Sygnał	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 wartości 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 wartości w Acc.	B

### 3.3.2. Licznik

Sygnal	Szerokość	Kierunek	Opis	Domena zegarowa
ile_razy	15	IN	Oznacza maksymalna wartość, do której licznik będzie zliczał.	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_razy).	B
A_probki_FIR	13	OUT	Oznacza aktualny numer(adres) próbki.	B

A_probki_wyn_FIR	13	OUT	Oznacza aktualny adres wynikowej próbki.	B
FSM_nowa_probka	1	IN	Kiedy '1' oznacza, że licznik może się zwiększać.	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 pętli.	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. Przeliczeno 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
lile_probek	14	IN	Okręsła, ile próbek będzie wpisanych do rejestru przesuwnego, zanim uzupełniany będzie zerami.	B

### 3.3.5. Acc

Sygnal	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	16	OUT	Pojedynczy wynik działania filtra (obliczona próbka)	B

### 3.3.6. mnożenie

Sygnal	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	21	IN	Wartość druga do dodawania	B
suma_wynik	21	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
- pbl\_TOP.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).

..... uzupelnic

## 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

cocotb/fir\_testy/test\_fir.py

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

- Fir\_test\_1

- **Test działania filtru ze współczynnikiem równym 1**

- **Współczynniki:**  $h=[1,0,0,0,\dots,0]$

- **Oczekiwane działanie:** Wyjście filtru 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.

+ inne testy.. Rozpisac jakos

#### 4.4. Test całego projektu

cocotb/top\_testy/test\_top.py

- top\_test\_1
  - 1.zapis probek AXI
  - 1.1. odczyt probek AXI
  2. zapis wsp APB
  3. zapis do rej ster APB (bez start)
  - 3.1. odczyt wsp + rej APB
  4. zapis start APB
  5. FIR liczy
  6. odczyt DONE APB
  7. odczyt probek wyn AXI
  8. porównanie z modelemFIR.
- top\_test\_2

To samo co w test\_1 ale dwa razy, z nowymi wsp/probkami.

- top\_test\_3

Losowe dane.

## 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

pbl\_TOP.sv - APB\_main.sv, AXI\_main.sv, FIR\_main.sv