



# Design of an Inverse Discrete Fourier Transform (iDFT) Accelerator Using the Wishbone Interface Standard

**GVHD: Ths. Tạ Trí Đức**

- Phạm Trung Thắng - 22521341
- Phạm Quốc Tiến - 22521472
- Bùi Thái Toàn - 22521485
- Bùi Duy Thân - 22521321
- Nguyễn Hữu Bảo Trọng - 22521545
- Nguyễn Nhật Minh - 22520877
- Huỳnh Phúc Nhân - 22520997
- Nhâm Bảo Minh - 22520881



# Nội dung báo cáo

1 **Giới thiệu đề tài**

2 **Tổng quan**

3 **Các thiết kế**

4 **Kết quả**

# 01

## GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI





# 1. Giới thiệu đề tài

## 1.1 Lý do chọn đề tài

- Thuật toán **iDFT (Inverse Discrete Fourier Transform)** là một phần quan trọng trong xử lý tín hiệu số, đặc biệt trong các hệ thống truyền thông và xử lý âm thanh.
- Việc tối ưu hóa thuật toán **iDFT** cho các ứng dụng thực tế yêu cầu sử dụng các giải pháp phần cứng nhanh và hiệu quả.
- Giao thức **Wishbone** giúp các thành phần trong hệ thống **SoC (System-on-Chip)** giao tiếp hiệu quả, phù hợp cho các thiết kế nhúng.



# 1. Giới thiệu đề tài

## 1.2 Ứng dụng thực tế

- Truyền thông số:** Tăng tốc xử lý tín hiệu trong các hệ thống truyền dữ liệu qua sóng vô tuyến, mạng viễn thông.
- Xử lý âm thanh:** Sử dụng iDFT để xử lý tín hiệu âm thanh trong các thiết bị âm thanh, loa thông minh.
- Hệ thống nhúng:** Ứng dụng trong các thiết bị sử dụng FPGA, nơi yêu cầu khả năng xử lý tín hiệu nhanh và tiết kiệm năng lượng.

## 1.3 Mục tiêu

- Thiết kế bộ tăng tốc phần cứng cho thuật toán iDFT bằng Verilog HDL và có tích hợp bộ tăng tốc với giao thức Wishbone để giao tiếp với các thành phần khác trong hệ thống.

# O2 TỔNG QUAN





## 2. Tổng quan

### 2.1 Thuật toán iDFT (Inverse Discrete Fourier Transform)

- **Khái niệm:** iDFT là phép biến đổi ngược của DFT, chuyển đổi tín hiệu từ miền tần số về miền thời gian. Điều này giúp tái tạo tín hiệu gốc từ các thành phần tần số đã phân tích.
- **Công thức toán học:**
  - $x[n]$ : Giá trị tín hiệu trong miền thời gian tại điểm  $n$ .
  - $X[k]$ : Thành phần tần số thứ  $k$ .
  - $N$ : Độ dài của chuỗi tín hiệu – Trong DFT,  $N$  là số mẫu lấy được từ miền thời gian.
  - $j$ : Đơn vị ảo.

$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ : Chỉ số thời gian.

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] \cdot e^{j \frac{2\pi}{N} kn}$$



## 2. Tổng quan

- So sánh với DFT

Tiêu chí	DFT	iDFT
Mục đích	Miền thời gian → Miền tần số	Miền tần số → Miền thời gian
Công thức	$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}$	$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] \cdot e^{j\frac{2\pi}{N}kn}$
Dấu số mũ	Âm	Dương
Hệ số chuẩn hoá	Không	1/N
Mối quan hệ	Phép thuận	Phép nghịch đảo
Ứng dụng	Phân tích tần số, lọc tín hiệu	Tái tạo tín hiệu



## 2. Tổng quan

- **Ứng dụng:** iDFT đóng vai trò quan trọng trong xử lý âm thanh (tái tạo âm thanh), viễn thông (điều chế OFDM), xử lý ảnh (nén, lọc), và giảm nhiễu tín hiệu.
- **Đặc điểm:** iDFT tính toán trực tiếp có độ phức tạp  $O(N^2)$  vì với mỗi điểm đầu ra phải tính tổng của N phần tử đầu vào, và có tổng cộng N điểm cần tính; nhưng có thể được tối ưu hóa bằng các thuật toán như, phù hợp cho xử lý tín hiệu nhanh và hiệu quả hơn.



## 2. Tổng quan

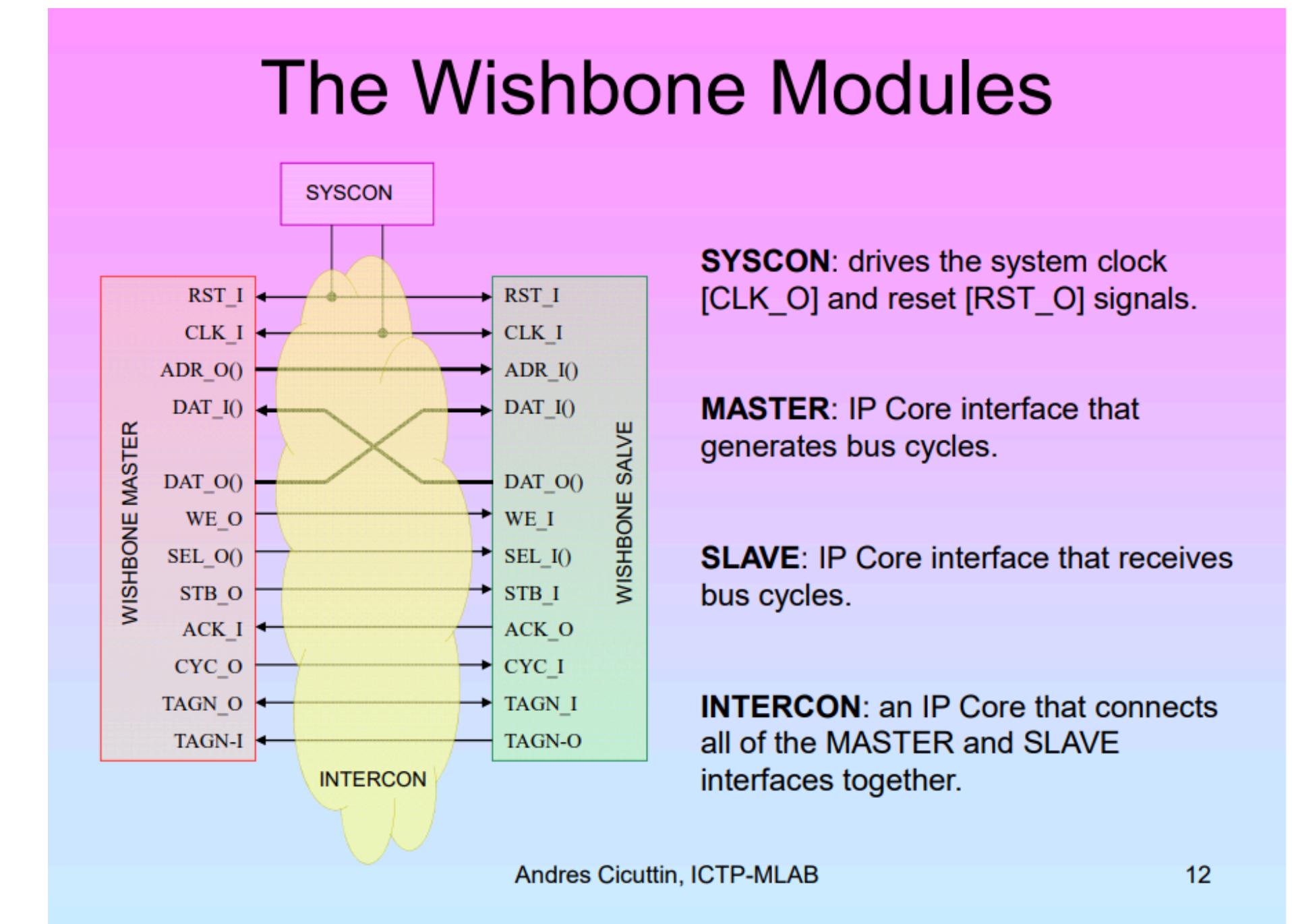
### 2.2 Giao thức Wishbone

- **Khái niệm:** Wishbone là giao thức kết nối giữa các mô-đun trong hệ thống System-on-Chip (SoC), cho phép các mô-đun IP core giao tiếp với nhau qua bus dữ liệu chung.
- **Đặc điểm nổi bật:**
  - **Khả năng mở rộng:** Hỗ trợ nhiều mô-đun MASTER và SLAVE.
  - **Hiệu suất cao:** Truyền tải dữ liệu qua một chu kỳ đồng hồ duy nhất, với độ rộng bus linh hoạt lên tới 64-bit.
  - **Đồng bộ hóa:** Giao thức đồng bộ giúp tối ưu hóa giao tiếp, với các chu kỳ giao tiếp như READ/WRITE và BLOCK transfer.



## 2. Tổng quan

- Master và Slave:
  - Master là mô-đun khởi tạo yêu cầu và Slave là mô-đun thực hiện yêu cầu.
- Bus:
  - Wishbone cung cấp một bus dữ liệu chung cho các mô-đun này.
  - Các tín hiệu trên bus này bao gồm CLK (Clock), RST (Reset), CYC (Cycle), STB (Strobe), ACK (Acknowledge), và DAT (Data).





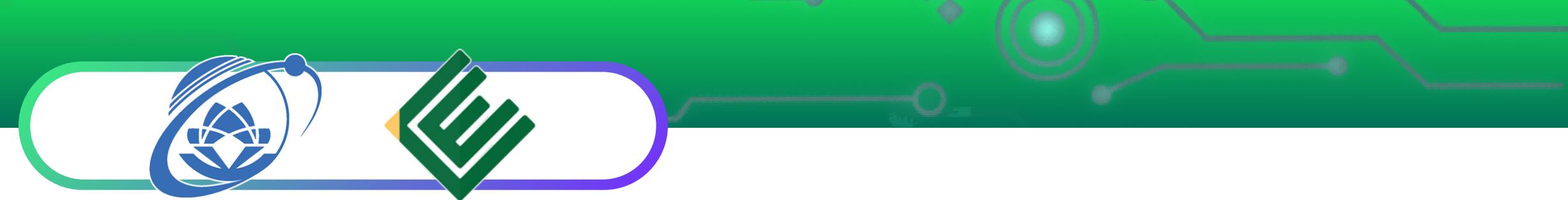
## 2. Tổng quan

- **Ứng dụng:**
  - Wishbone được sử dụng rộng rãi trong các thiết kế SoC, nơi nhiều mô-đun khác nhau (như bộ xử lý, bộ nhớ, phần cứng tăng tốc) cần giao tiếp với nhau. Giúp giảm thiểu phức tạp và chi phí thiết kế phần cứng, đồng thời dễ dàng tích hợp các mô-đun khác nhau vào hệ thống.

# 03

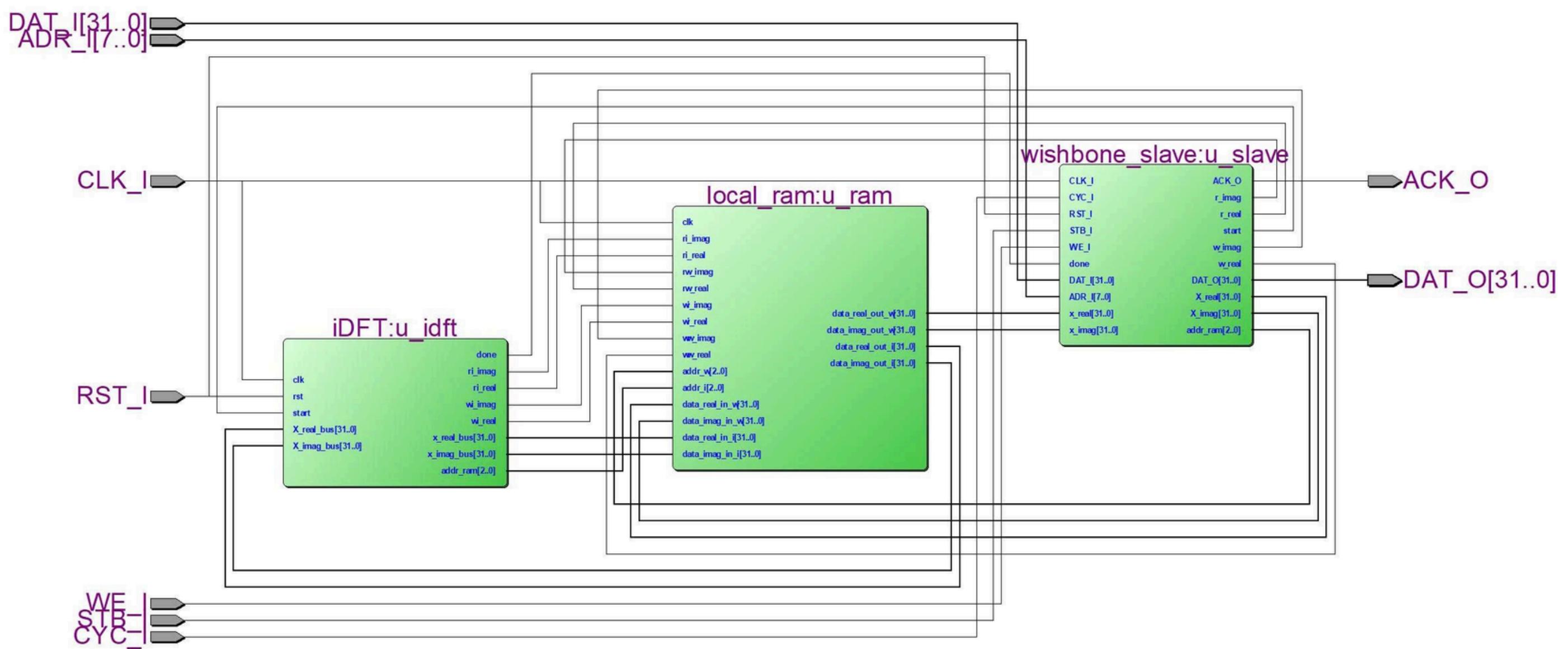
## Các thiết kế





### 3. Thiết kế

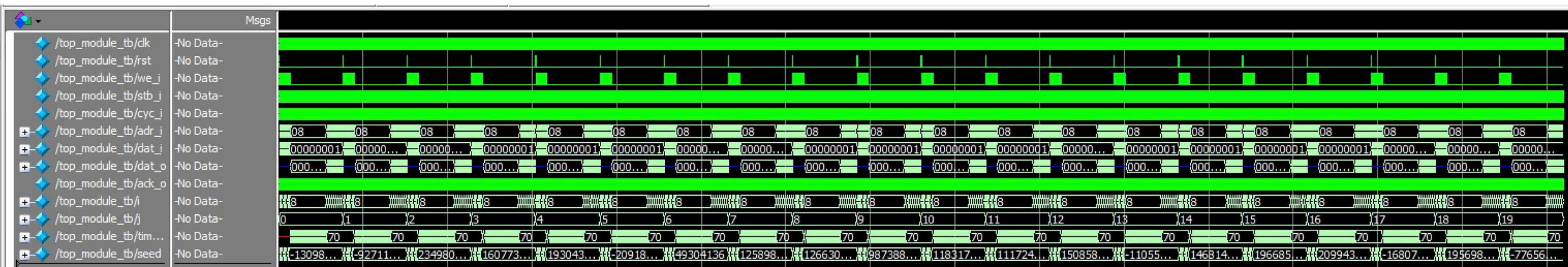
- Khối top module (ban đầu)
  - RTL Viewers





### 3. Thiết kế

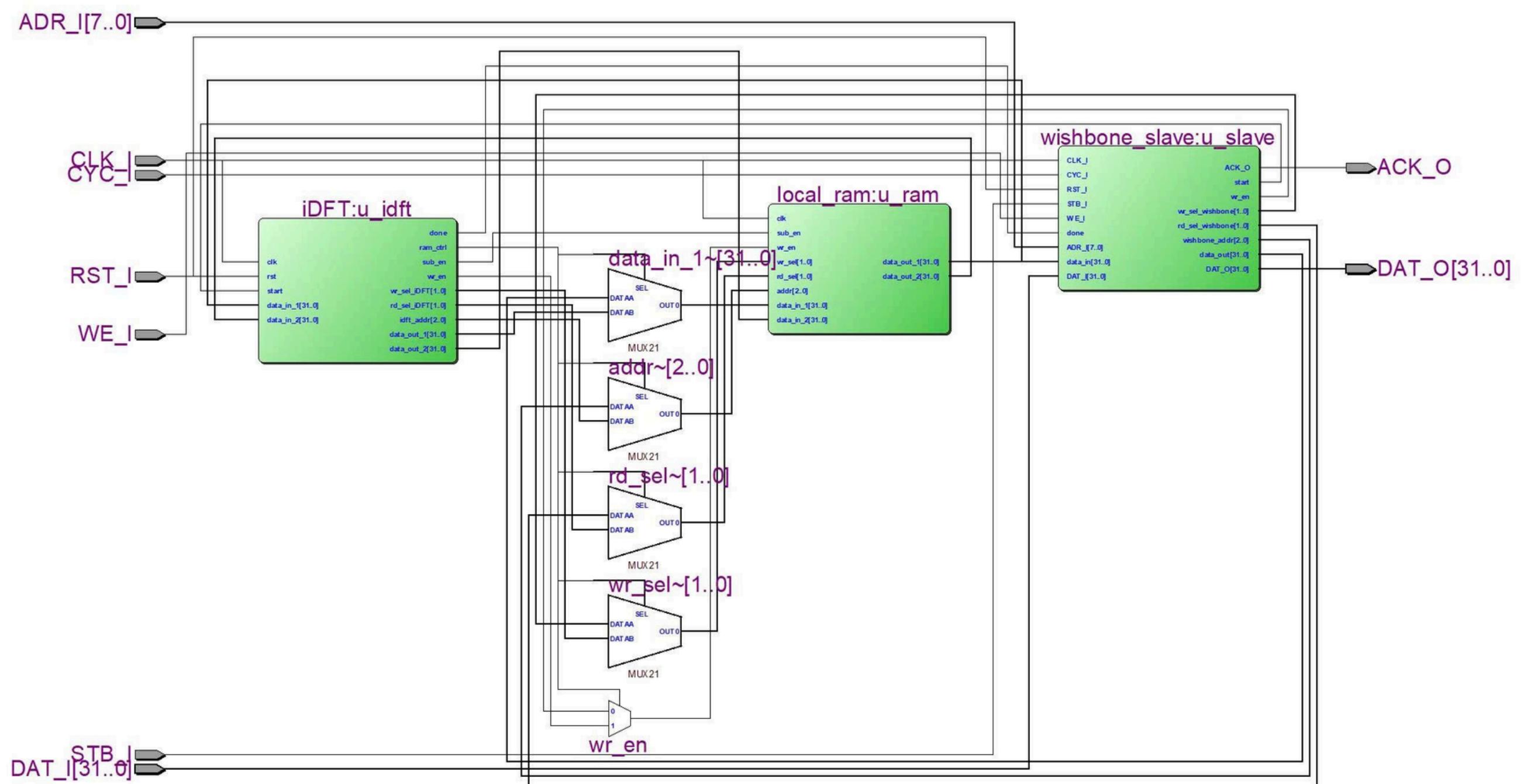
- Khối top module (ban đầu)
  - Waveform





### 3. Thiết kế

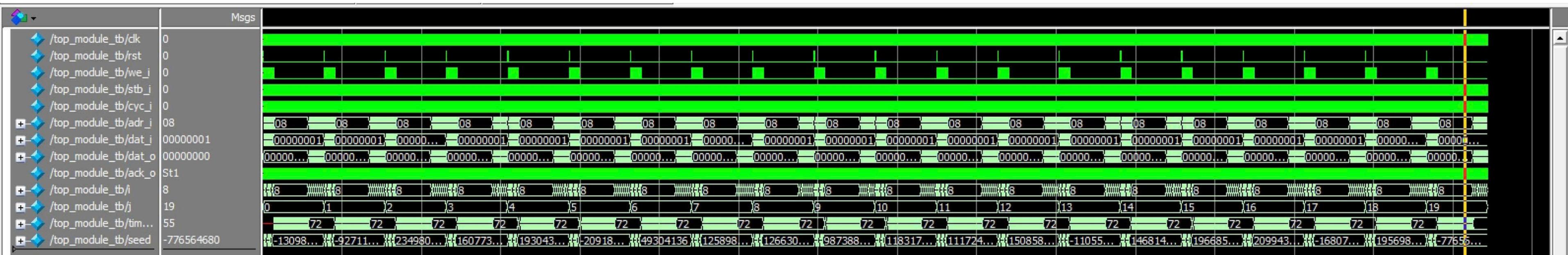
- Khối top module (sau khi optimise)
  - RTL Viewers





### 3. Thiết kế

- Khối top module (sau khi optimise)
  - Waveform





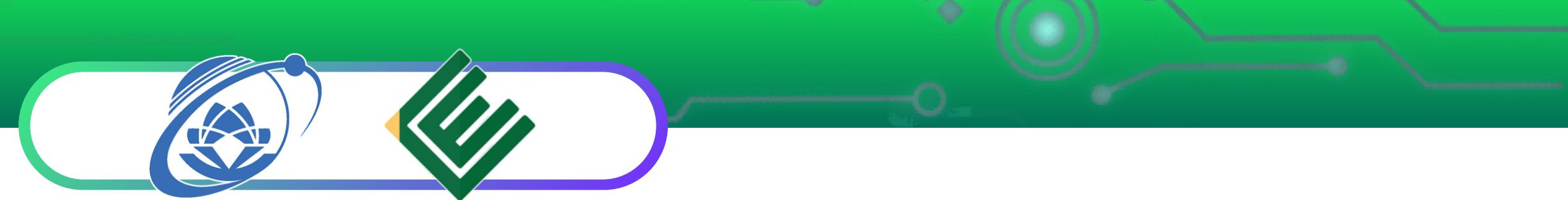
# 3. Thiết kế

- Khối local-ram
  - Ý tưởng:
    - Để cho iDFT với wishbone sử dụng chung 1 cái local ram, có chức năng lưu N mẫu để giúp cho chúng ta tính toán cũng như xuất giá trị vì iDFT sẽ tính toán dựa trên nhiều mẫu khác nhau.

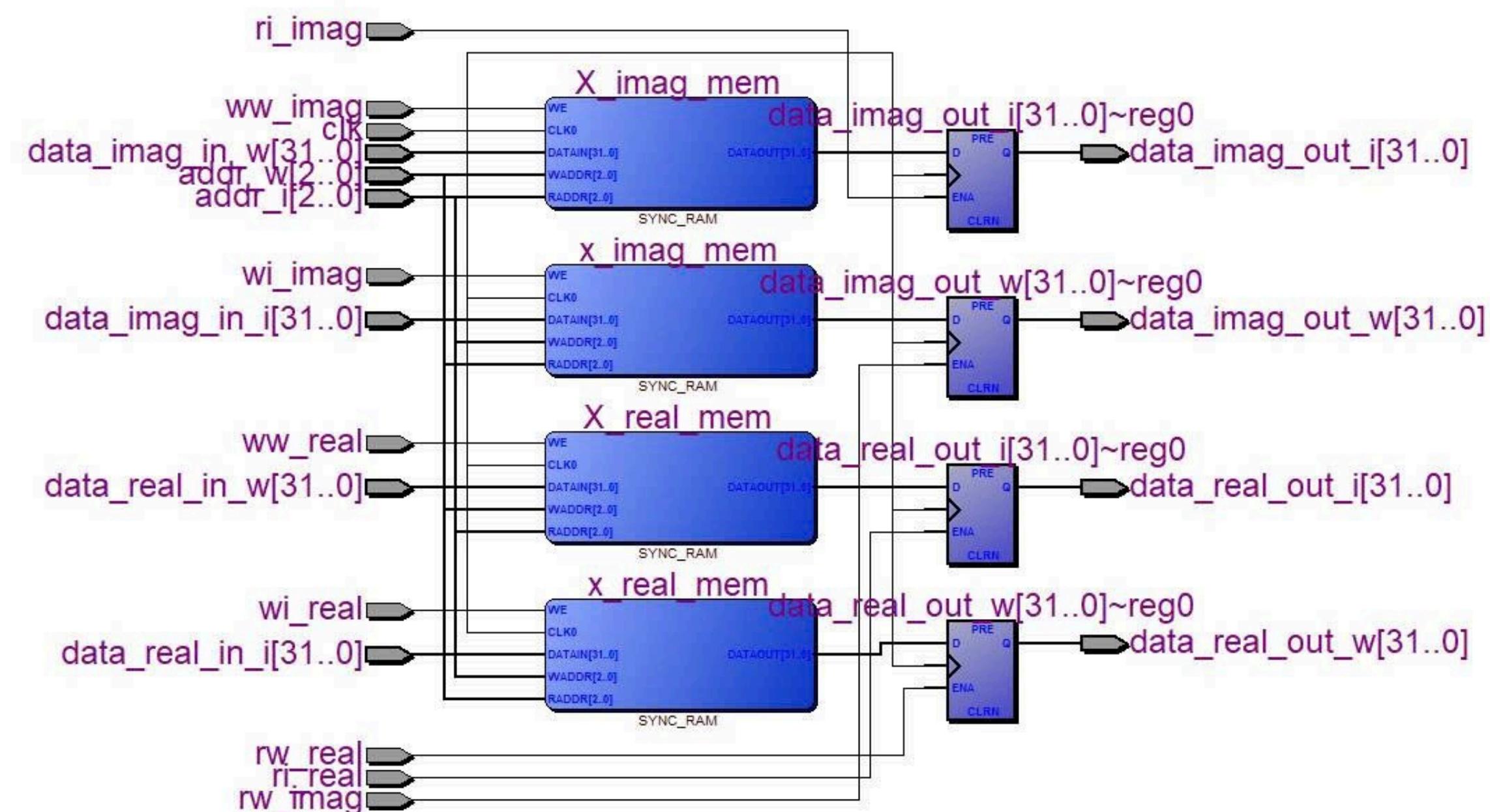
```

1 module local_ram
2 #(
3   parameter sample = 8,
4   parameter n_bit_for_sample = 3
5 )
6 #
7   input clk,
8   input [1:0] wr_sel,
9   //wr_sel[0][0] = x_real_mem
10  //wr_sel[0][1] = x_imag_mem
11  //wr_sel[1][0] = X_real_mem
12  //wr_sel[1][1] = X_real_
13   input [1:0] rd_sel,
14   //rd_sel[0][0] = x_real_mem
15   //rd_sel[0][1] = x_imag_mem
16   //rd_sel[1][0] = X_real_mem
17   //rd_sel[1][1] = X_real_mem
18   input wr_en,
19   input sub_en,
20   input [n_bit_for_sample - 1:0] addr,
21   input signed [31:0] data_in_1,
22   input signed [31:0] data_in_2,
23   output reg signed [31:0] data_out_1,
24   output reg signed [31:0] data_out_2
25 );
26
27 reg signed [31:0] data_mem [1:0][1:0][sample - 1:0];
28 // data_mem[0][0] = x_real_mem
29 // data_mem[0][1] = x_imag_mem
30 // data_mem[1][0] = X_real_mem
31 // data_mem[1][1] = X_imag_mem
32
33 always @ (posedge clk) begin
34   if(wr_en) begin
35     data_mem[wr_sel[1]][wr_sel[0]][addr] <= data_in_1;
36     if(sub_en) begin
37       data_mem[wr_sel[1]][1][addr] <= data_in_2;
38     end
39   end
40
41   data_out_1 <= data_mem[rd_sel[1]][rd_sel[0]][addr];
42
43   if(sub_en) begin
44     data_out_2 <= data_mem[rd_sel[1]][1][addr];
45   end
46
47 end
48 endmodule
49

```



### 3. Thiết kế





### 3. Thiết kế

- Khối iDFT:
  - Ý tưởng: chúng ta có công thức của iDFT như sau:

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] \cdot e^{j \frac{2\pi}{N} kn}$$

mà trong đó  $x[n]$  và  $X[k]$  là dạng số phức tức là với

$$\begin{aligned} x[n] &= a_n + b_n i \\ X[k] &= a'_k + b'_k i \end{aligned}$$

thì ta có

$$a_n + b_n i = \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} a'_k e^{j \frac{2\pi}{N} kn} \right) + \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} b'_k e^{j \frac{2\pi}{N} kn} \right) i$$



### 3. Thiết kế

Từ công thức này:

$$a_n + b_n i = \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} a'_k e^{j \frac{2\pi}{N} kn} \right) + \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} b'_k e^{j \frac{2\pi}{N} kn} \right) i$$

Chúng ta có thể dễ dàng triển khai hai khối tính toán giá trị ảo và giá trị phức riêng biệt. Tuy nhiên chúng ta lại khó có thể tính toán phép toán sau:

$$e^{j \frac{2\pi}{N} kn}$$

Vậy chúng ta nên làm gì ? → Sử dụng phép biến đổi Euler



### 3. Thiết kế

Sử dụng định lý Euler

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x,$$

$$\Rightarrow e^{j\frac{2\pi}{N}kn} = \cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) + j\sin\left(\frac{2\pi}{N}kn\right)$$

Và công thức của chúng ta sẽ thành:

$$a_n + b_n i = \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \left( a'_k \cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) - b'_k \sin\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) \right) \right) + \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \left( a'_k \sin\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) + b'_k \cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) \right) \right) i$$

Nhưng mà sin và cos vẫn còn phức tạp trong verilog, vậy làm sao để có thể làm đơn giản hóa phép tính ? → Sử dụng bảng tra giá trị



### 3. Thiết kế

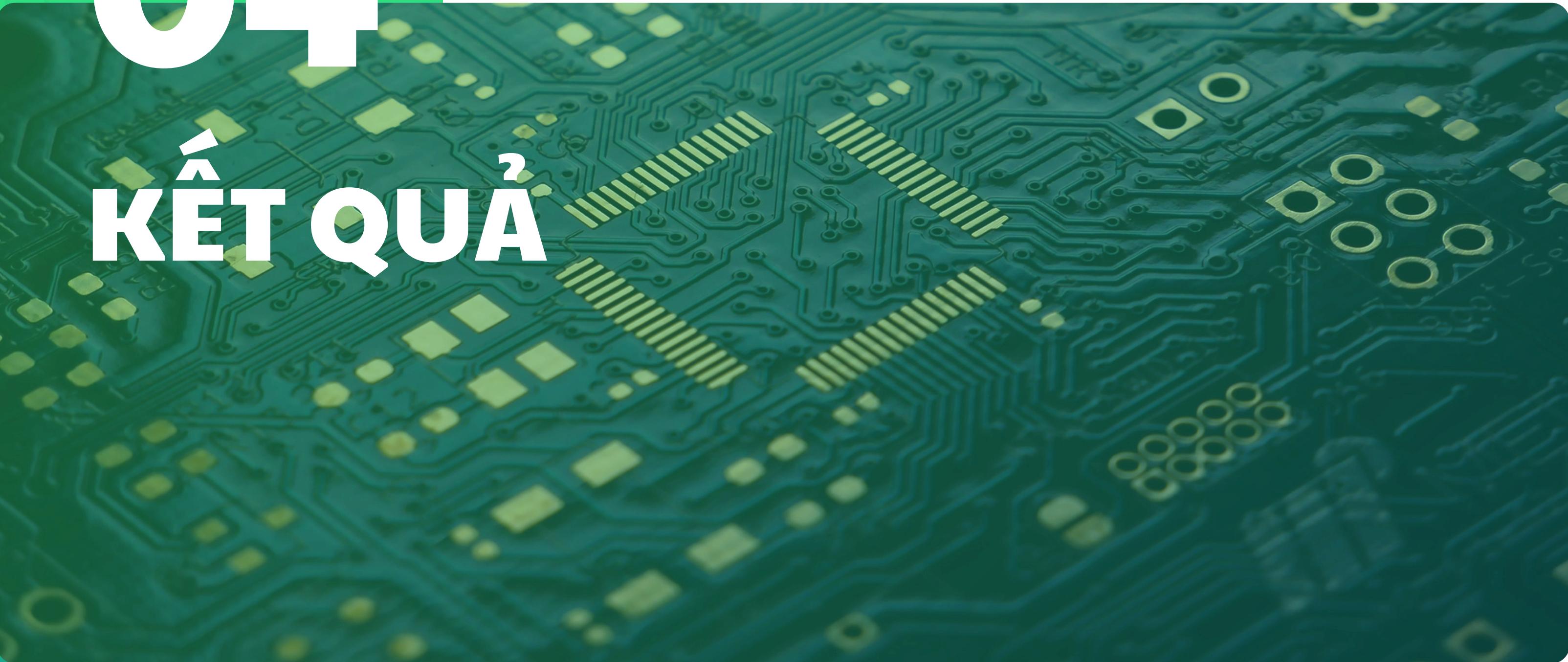
Sử dụng bảng tra giá trị chẵng qua là sử dụng giá trị sin và cos đã tính toán trước  
→ Bỏ qua bước tính toán giá trị sin và cos

Tuy nhiên chúng ta gặp hai vấn đề: lưu như nào ? và mở rộng như nào ?

- Về phần lưu như nào thì nhóm sẽ lưu dạng hai mảng một chiều thay vì hai mảng hai chiều. Nhưng do chúng ta có hai giá trị k và n thay đổi trong sin và cos thì mảng một chiều khó có thể triển khai. Để xử lý việc này thì nhóm sẽ thực hiện làm phẳng index bằng cách tính index và tra index qua công thức  $k * N + n$ .
- Về phần mở rộng thì nhóm dành phải chấp nhận trade off giữa sự dễ tính toán và khó mở rộng.

# 04

## KẾT QUẢ





# 4. KẾT QUẢ

- Kết quả mô phỏng

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 0 ---
# [MAU 0] Ghi X_real[0] = 301
# [MAU 0] Ghi X_imag[0] = 710
# [MAU 0] Ghi X_real[1] = 343
# [MAU 0] Ghi X_imag[1] = -243
# [MAU 0] Ghi X_real[2] = -937
# [MAU 0] Ghi X_imag[2] = -588
# [MAU 0] Ghi X_real[3] = -315
# [MAU 0] Ghi X_imag[3] = -669
# [MAU 0] Ghi X_real[4] = 759
# [MAU 0] Ghi X_imag[4] = 173
# [MAU 0] Ghi X_real[5] = -909
# [MAU 0] Ghi X_imag[5] = 124
# [MAU 0] Ghi X_real[6] = -806
# [MAU 0] Ghi X_imag[6] = -616
# [MAU 0] Ghi X_real[7] = 212
# [MAU 0] Ghi X_imag[7] = 931

# --- KET QUA MAU 0 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | 301    | 710   | -169    | -23     | -169 + j-23
# 1   | 343    | -243  | 270     | 223    | 270 + j223
# 2   | -937   | -588  | 398     | 203    | 398 + j203
# 3   | -315   | -669  | -38     | 38     | -38 + j38
# 4   | 759    | 173   | -2      | -58    | -2 + j-58
# 5   | -909   | 124   | -393   | -123   | -393 + j-123
# 6   | -806   | -616  | 302     | 318    | 302 + j318
# 7   | 212    | 931   | -71     | 128    | -71 + j128

```

--- Mẫu 0 ---		
-169.	-22.25j	270.35275029+223.8143847j
398.	+203.j	-37.13299064 +38.59871939j
-1.75	-58.j	-391.85275029-122.3143847j
302.75	+318.75j	-70.36700936+128.40128061j]



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 1 ---
# [MAU 1] Ghi X_real[0] = -371
# [MAU 1] Ghi X_imag[0] = -592
# [MAU 1] Ghi X_real[1] = -559
# [MAU 1] Ghi X_imag[1] = 931
# [MAU 1] Ghi X_real[2] = 306
# [MAU 1] Ghi X_imag[2] = -347
# [MAU 1] Ghi X_real[3] = -209
# [MAU 1] Ghi X_imag[3] = -1
# [MAU 1] Ghi X_real[4] = -979
# [MAU 1] Ghi X_imag[4] = 398
# [MAU 1] Ghi X_real[5] = -757
# [MAU 1] Ghi X_imag[5] = 213
# [MAU 1] Ghi X_real[6] = -750
# [MAU 1] Ghi X_imag[6] = -196
# [MAU 1] Ghi X_real[7] = 517
# [MAU 1] Ghi X_imag[7] = 321
#
# --- KET QUA MAU 1 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | -371   | -592   | -351    | 90      | -351 + j90
# 1   | -559   | 931    | 141     | 53      | 141 + j53
# 2   | 306    | -347   | -217    | -160    | -217 + j-160
# 3   | -209   | -1      | -60     | -395    | -60 + j-395
# 4   | -979   | 398    | -99     | -276    | -99 + j-276
# 5   | -757   | 213    | 48      | -38     | 48 + j-38
# 6   | -750   | -196   | -11     | 246     | -11 + j246
# 7   | 517    | 321    | 173     | -118    | 173 + j-118

```

```

--- Mẫu 1 ---
[-350.25      +90.875j      141.54404756 +53.504834j
 -216.25      -159.375j      -59.5476189 -394.34292911j
 -98.25       -275.125j      48.20595244 -37.004834j
 -10.25       +246.625j      173.7976189 -117.15707089j]

--- GHI DU LIEU VAO MAU 2 ---
[MAU 2] Ghi X_real[0] = 102
[MAU 2] Ghi X_imag[0] = -789
[MAU 2] Ghi X_real[1] = -551
[MAU 2] Ghi X_imag[1] = -467
[MAU 2] Ghi X_real[2] = -660
[MAU 2] Ghi X_imag[2] = 312
[MAU 2] Ghi X_real[3] = -35
[MAU 2] Ghi X_imag[3] = 581
[MAU 2] Ghi X_real[4] = -6
[MAU 2] Ghi X_imag[4] = 569
[MAU 2] Ghi X_real[5] = 798
[MAU 2] Ghi X_imag[5] = 554
[MAU 2] Ghi X_real[6] = 549
[MAU 2] Ghi X_imag[6] = 864
[MAU 2] Ghi X_real[7] = -10
[MAU 2] Ghi X_imag[7] = -268

--- Mẫu 2 ---
[ 23.375      +169.5j      -19.32337649 -607.60679977j
 54.125      -138.j        76.72896808 +25.21562043j
 -27.125      +69.5j        184.32337649 -34.14320023j
 -2.375      -211.j        -187.72896808 -62.46562043j]

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 3 --- --- Mẫu 3 ---
# [MAU 3] Ghi X_real[0] = 508 [ -1.125 -386.25j -330.7766953 -190.20068517j
# [MAU 3] Ghi X_imag[0] = -649 410.125 +92.j 149.53033009 +70.84571593j
# [MAU 3] Ghi X_real[1] = -106 62.625 -45.j 22.7766953 +202.95068517j
# [MAU 3] Ghi X_imag[1] = -902 46.375 -226.25j 148.46966991-167.09571593j]
# [MAU 3] Ghi X_real[2] = -286
# [MAU 3] Ghi X_imag[2] = 309
# [MAU 3] Ghi X_real[3] = -241
# [MAU 3] Ghi X_imag[3] = 718
# [MAU 3] Ghi X_real[4] = 528
# [MAU 3] Ghi X_imag[4] = -482
# [MAU 3] Ghi X_real[5] = 615
# [MAU 3] Ghi X_imag[5] = -508
# [MAU 3] Ghi X_real[6] = -504
# [MAU 3] Ghi X_imag[6] = -903
# [MAU 3] Ghi X_real[7] = -523
# [MAU 3] Ghi X_imag[7] = -673

# --- KET QUA MAU 3 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0 | 508 | -649 | -2 | -387 | -2 + j-387
# 1 | -106 | -902 | -331 | -191 | -331 + j-191
# 2 | -286 | 309 | 410 | 92 | 410 + j92
# 3 | -241 | 718 | 149 | 70 | 149 + j70
# 4 | 528 | -482 | 62 | -45 | 62 + j-45
# 5 | 615 | -508 | 22 | 202 | 22 + j202
# 6 | -504 | -903 | 46 | -227 | 46 + j-227
# 7 | -523 | -673 | 148 | -168 | 148 + j-168

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 4 --- --- Mẫu 4 ---
# [MAU 4] Ghi X_real[0] = 206 [ 158.625 +383.625j -227.4238181 +339.56044353j
# [MAU 4] Ghi X_imag[0] = 972 -242.375 +114.375j 20.28575054+120.7273356j
# [MAU 4] Ghi X_real[1] = 762 -124.125 +399.375j 448.9238181 +48.93955647j
# [MAU 4] Ghi X_imag[1] = 698 -129.625 -156.875j 301.71424946-277.7273356j ]
# [MAU 4] Ghi X_real[2] = 952
# [MAU 4] Ghi X_imag[2] = 926
# [MAU 4] Ghi X_real[3] = 778
# [MAU 4] Ghi X_imag[3] = 625
# [MAU 4] Ghi X_real[4] = -881
# [MAU 4] Ghi X_imag[4] = 509
# [MAU 4] Ghi X_real[5] = 346
# [MAU 4] Ghi X_imag[5] = -504
# [MAU 4] Ghi X_real[6] = -139
# [MAU 4] Ghi X_imag[6] = 725
# [MAU 4] Ghi X_real[7] = -755
# [MAU 4] Ghi X_imag[7] = -882

# --- KET QUA MAU 4 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0 | 206 | 972 | 158 | 383 | 158 + j383
# 1 | 762 | 698 | -228 | 339 | -228 + j339
# 2 | 952 | 926 | -243 | 114 | -243 + j114
# 3 | 778 | 625 | 20 | 120 | 20 + j120
# 4 | -881 | 509 | -125 | 399 | -125 + j399
# 5 | 346 | -504 | 448 | 48 | 448 + j48
# 6 | -139 | 725 | -130 | -157 | -130 + j-157
# 7 | -755 | -882 | 301 | -278 | 301 + j-278

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 5 --- --- Mẫu 5 ---
# [MAU 5] Ghi X_real[0] = -937 [-121.875 -320.5j
# [MAU 5] Ghi X_imag[0] = 460 -401.375 +152.75j
# [MAU 5] Ghi X_real[1] = -266 36.125 +83.j
# [MAU 5] Ghi X_imag[1] = 1 -461.375 +260.25j
# [MAU 5] Ghi X_real[2] = 778
# [MAU 5] Ghi X_imag[2] = -578
# [MAU 5] Ghi X_real[3] = 375
# [MAU 5] Ghi X_imag[3] = -733
# [MAU 5] Ghi X_real[4] = -960
# [MAU 5] Ghi X_imag[4] = -109
# [MAU 5] Ghi X_real[5] = -265
# [MAU 5] Ghi X_imag[5] = -928
# [MAU 5] Ghi X_real[6] = 776
# [MAU 5] Ghi X_imag[6] = -723
# [MAU 5] Ghi X_real[7] = -476
# [MAU 5] Ghi X_imag[7] = 46
#
# --- KET QUA MAU 5 ---
# Idx | In_Real | In_Imgag | Out_Real | Out_Imgag | Complex
# 0   | -937   | 460      | -122     | -321      | -122 + j-321
# 1   | -266   | 1         | -104     | 297       | -104 + j297
# 2   | 778    | -578     | -402     | 152       | -402 + j152
# 3   | 375    | -733     | 82       | -6        | 82 + j-6
# 4   | -960   | -109     | 36       | 83        | 36 + j83
# 5   | -265   | -928     | 73       | -155      | 73 + j-155
# 6   | 776    | -723     | -462     | 260       | -462 + j260
# 7   | -476   | 46        | -42      | 146       | -42 + j146

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 6 --- --- Mẫu 6 ---
# [MAU 6] Ghi X_real[0] = 76 [-76.375 +180.375j
# [MAU 6] Ghi X_imag[0] = 747 378.875 -8.375j
# [MAU 6] Ghi X_real[1] = -247 -32.125 +408.625j
# [MAU 6] Ghi X_imag[1] = -713 -18.875 +166.375j
# [MAU 6] Ghi X_real[2] = -662
# [MAU 6] Ghi X_imag[2] = 347
# [MAU 6] Ghi X_real[3] = 441
# [MAU 6] Ghi X_imag[3] = 406
# [MAU 6] Ghi X_real[4] = 427
# [MAU 6] Ghi X_imag[4] = 747
# [MAU 6] Ghi X_real[5] = -191
# [MAU 6] Ghi X_imag[5] = -539
# [MAU 6] Ghi X_real[6] = -275
# [MAU 6] Ghi X_imag[6] = 515
# [MAU 6] Ghi X_real[7] = -180
# [MAU 6] Ghi X_imag[7] = -67
#
# --- KET QUA MAU 6 ---
# Idx | In_Real | In_Imgag | Out_Real | Out_Imgag | Complex
# 0   | 76      | 747      | -77      | 180       | -77 + j180
# 1   | -247    | -713     | -110     | -56       | -110 + j-56
# 2   | -662    | 347      | 378      | -9        | 378 + j-9
# 3   | 441     | 406      | -32      | 155       | -32 + j155
# 4   | 427     | 747      | -33      | 408       | -33 + j408
# 5   | -191    | -539     | 63       | -42       | 63 + j-42
# 6   | -275    | 515      | -19      | 166       | -19 + j166
# 7   | -180    | -67      | -99      | -59       | -99 + j-59

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 7 --- --- Mẫu 7 ---
# [MAU 7] Ghi X_real[0] = 841 [ 156.625 +76.25j -346.50655621+184.98480323j
# [MAU 7] Ghi X_imag[0] = -498 330.375 -184.25j -75.42729971 +5.90027945j
# [MAU 7] Ghi X_real[1] = -245 357.625 -124.25j 306.50655621 -60.73480323j
# [MAU 7] Ghi X_imag[1] = 517 67.375 -202.75j 44.42729971-193.15027945j]
# [MAU 7] Ghi X_real[2] = 428
# [MAU 7] Ghi X_imag[2] = 348
# [MAU 7] Ghi X_real[3] = 472
# [MAU 7] Ghi X_imag[3] = 977
# [MAU 7] Ghi X_real[4] = 983
# [MAU 7] Ghi X_imag[4] = -372
# [MAU 7] Ghi X_real[5] = -120
# [MAU 7] Ghi X_imag[5] = -642
# [MAU 7] Ghi X_real[6] = -195
# [MAU 7] Ghi X_imag[6] = 330
# [MAU 7] Ghi X_real[7] = -911
# [MAU 7] Ghi X_imag[7] = -50

# --- KET QUA MAU 7 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | 841    | -498   | 156      | 76       | 156 + j76
# 1   | -245   | 517    | -347     | 184      | -347 + j184
# 2   | 428    | 348    | 330      | -185     | 330 + j-185
# 3   | 472    | 977    | -76      | 5         | -76 + j5
# 4   | 983    | -372   | 357      | -125     | 357 + j-125
# 5   | -120   | -642   | 306      | -61       | 306 + j-61
# 6   | -195   | 330    | 67       | -203     | 67 + j-203
# 7   | -911   | -50    | 44       | -194     | 44 + j-194

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 8 --- --- Mẫu 8 ---
# [MAU 8] Ghi X_real[0] = -895 [-56.125 +300.j -175.81033521 +15.04631137j
# [MAU 8] Ghi X_imag[0] = 132 -193.375 -77.j -149.70595244-307.30650237j
# [MAU 8] Ghi X_real[1] = -581 -349.625 -18.5j 259.06033521 +80.45368863j
# [MAU 8] Ghi X_imag[1] = 887 13.625 +211.5j -243.04404756 -72.19349763j]
# [MAU 8] Ghi X_real[2] = 249
# [MAU 8] Ghi X_imag[2] = -329
# [MAU 8] Ghi X_real[3] = 743
# [MAU 8] Ghi X_imag[3] = 233
# [MAU 8] Ghi X_real[4] = -276
# [MAU 8] Ghi X_imag[4] = 700
# [MAU 8] Ghi X_real[5] = 591
# [MAU 8] Ghi X_imag[5] = 164
# [MAU 8] Ghi X_real[6] = -701
# [MAU 8] Ghi X_imag[6] = 623
# [MAU 8] Ghi X_real[7] = 421
# [MAU 8] Ghi X_imag[7] = -10

# --- KET QUA MAU 8 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | -895   | 132    | -57      | 300     | -57 + j300
# 1   | -581   | 887    | -176     | 14      | -176 + j14
# 2   | 249    | -329   | -194     | -77     | -194 + j-77
# 3   | 743    | 233    | -150     | -308    | -150 + j-308
# 4   | -276   | 700    | -350     | -19     | -350 + j-19
# 5   | 591    | 164    | 258      | 80      | 258 + j80
# 6   | -701   | 623    | 13       | 211     | 13 + j211
# 7   | 421    | -10    | -244     | -73     | -244 + j-73

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 9 --- --- Mẫu 9 ---
# [MAU 9] Ghi X_real[0] = 87 [ 123.25      -85.125j   -187.17351173+201.4674061j
# [MAU 9] Ghi X_imag[0] = -763 -154.          -290.125j   -54.64712281 +34.14812396j
# [MAU 9] Ghi X_real[1] = 518  -86.75       -190.625j   81.17351173 +43.7825939j
# [MAU 9] Ghi X_imag[1] = 735  97.          -297.125j   268.14712281-179.39812396j]
# [MAU 9] Ghi X_real[2] = 484
# [MAU 9] Ghi X_imag[2] = 631
# [MAU 9] Ghi X_real[3] = 427
# [MAU 9] Ghi X_imag[3] = 312
# [MAU 9] Ghi X_real[4] = -128
# [MAU 9] Ghi X_imag[4] = -963
# [MAU 9] Ghi X_real[5] = -84
# [MAU 9] Ghi X_imag[5] = -22
# [MAU 9] Ghi X_real[6] = -297
# [MAU 9] Ghi X_imag[6] = -8
# [MAU 9] Ghi X_real[7] = -21
# [MAU 9] Ghi X_imag[7] = -603
#
# --- KET QUA MAU 9 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0  | 87     | -763   | 123     | -86     | 123 + j-86
# 1  | 518    | 735    | -188    | 201     | -188 + j201
# 2  | 484    | 631    | -154    | -291    | -154 + j-291
# 3  | 427    | 312    | -55     | 33      | -55 + j33
# 4  | -128   | -963   | -87     | -191    | -87 + j-191
# 5  | -84    | -22    | 81      | 43      | 81 + j43
# 6  | -297   | -8     | 97      | -298    | 97 + j-298
# 7  | -21    | -603   | 267     | -180    | 267 + j-180

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 10 --- --- Mẫu 10 ---
# [MAU 10] Ghi X_real[0] = 333 [ 330.5      +8.5j      -164.67388155+220.72896808j
# [MAU 10] Ghi X_imag[0] = -790 47.          -246.j     -127.52238431 -29.55961415j
# [MAU 10] Ghi X_real[1] = 957 -153.          -209.j     19.17388155 -43.72896808j
# [MAU 10] Ghi X_imag[1] = 717  126.5      -224.5j    255.02238431-266.44038585j]
# [MAU 10] Ghi X_real[2] = 477
# [MAU 10] Ghi X_imag[2] = 543
# [MAU 10] Ghi X_real[3] = 719
# [MAU 10] Ghi X_imag[3] = 519
# [MAU 10] Ghi X_real[4] = 369
# [MAU 10] Ghi X_imag[4] = -552
# [MAU 10] Ghi X_real[5] = -33
# [MAU 10] Ghi X_imag[5] = -123
# [MAU 10] Ghi X_real[6] = -469
# [MAU 10] Ghi X_imag[6] = -3
# [MAU 10] Ghi X_real[7] = 291
# [MAU 10] Ghi X_imag[7] = -243
#
# --- KET QUA MAU 10 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0  | 333    | -790   | 330     | 8        | 330 + j8
# 1  | 957    | 717    | -165    | 220     | -165 + j220
# 2  | 477    | 543    | 47      | -246    | 47 + j-246
# 3  | 719    | 519    | -128    | -30     | -128 + j-30
# 4  | 369    | -552   | -153    | -209    | -153 + j-209
# 5  | -33    | -123   | 19      | -44     | 19 + j-44
# 6  | -469   | -3     | 126    | -225    | 126 + j-225
# 7  | 291    | -243   | 254    | -267    | 254 + j-267

```



# 4. Kết quả

```

--- GHI DU LIEU VAO MAU 11 ---
--- Mẫu 11 ---
[MAU 11] Ghi X_real[0] = -307
[MAU 11] Ghi X_imag[0] = -113
[MAU 11] Ghi X_real[1] = 586
[MAU 11] Ghi X_imag[1] = -939
[MAU 11] Ghi X_real[2] = -156
[MAU 11] Ghi X_imag[2] = 371
[MAU 11] Ghi X_real[3] = 816
[MAU 11] Ghi X_imag[3] = 267
[MAU 11] Ghi X_real[4] = -420
[MAU 11] Ghi X_imag[4] = 195
[MAU 11] Ghi X_real[5] = 296
[MAU 11] Ghi X_imag[5] = 713
[MAU 11] Ghi X_real[6] = 343
[MAU 11] Ghi X_imag[6] = 286
[MAU 11] Ghi X_real[7] = -657
[MAU 11] Ghi X_imag[7] = -51

--- KET QUA MAU 11 ---
Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
0  | -307   | -113   | 62       | 91      | 62 + j91
1  | 586    | -939   | 16       | -120    | 16 + j-120
2  | -156   | 371    | -59     | 18      | -59 + j18
3  | 816    | 267    | 247     | 353    | 247 + j353
4  | -420   | 195    | -198    | 93     | -198 + j93
5  | 296    | 713    | -11     | -83    | -11 + j-83
6  | 343    | 286    | -170    | -163   | -170 + j-163
7  | -657   | -51    | -198    | -307   | -198 + j-307

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 12 ---
# [MAU 12] Ghi X_real[0] = 407
# [MAU 12] Ghi X_imag[0] = -455
# [MAU 12] Ghi X_real[1] = 52
# [MAU 12] Ghi X_imag[1] = -94
# [MAU 12] Ghi X_real[2] = 315
# [MAU 12] Ghi X_imag[2] = 458
# [MAU 12] Ghi X_real[3] = -633
# [MAU 12] Ghi X_imag[3] = -361
# [MAU 12] Ghi X_real[4] = 231
# [MAU 12] Ghi X_imag[4] = -135
# [MAU 12] Ghi X_real[5] = 453
# [MAU 12] Ghi X_imag[5] = -672
# [MAU 12] Ghi X_real[6] = -70
# [MAU 12] Ghi X_imag[6] = -936
# [MAU 12] Ghi X_real[7] = -464
# [MAU 12] Ghi X_imag[7] = -485

--- Mẫu 12 ---
[MAU 12] Ghi X_real[0] = 407
[MAU 12] Ghi X_imag[0] = -455
[MAU 12] Ghi X_real[1] = 52
[MAU 12] Ghi X_imag[1] = -94
[MAU 12] Ghi X_real[2] = 315
[MAU 12] Ghi X_imag[2] = 458
[MAU 12] Ghi X_real[3] = -633
[MAU 12] Ghi X_imag[3] = -361
[MAU 12] Ghi X_real[4] = 231
[MAU 12] Ghi X_imag[4] = -135
[MAU 12] Ghi X_real[5] = 453
[MAU 12] Ghi X_imag[5] = -672
[MAU 12] Ghi X_real[6] = -70
[MAU 12] Ghi X_imag[6] = -936
[MAU 12] Ghi X_real[7] = -464
[MAU 12] Ghi X_imag[7] = -485

# --- KET QUA MAU 12 ---
Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
0  | 407    | -455   | 36       | -335   | 36 + j-335
1  | 52     | -94    | -235    | -3      | -235 + j-3
2  | 315    | 458    | 39       | 186    | 39 + j186
3  | -633   | -361   | 154     | -179   | 154 + j-179
4  | 231    | -135   | 184     | 68     | 184 + j68
5  | 453    | -672   | -70     | 18     | -70 + j18
6  | -70    | -936   | 59      | -215   | 59 + j-215
7  | -464   | -485   | 237     | 2       | 237 + j2

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 13 ---
# [MAU 13] Ghi X_real[0] = -610   --- Mẫu 13 ---
# [MAU 13] Ghi X_imag[0] = 517   [ 111.75      +244.375j
# [MAU 13] Ghi X_real[1] = -474   -11.75      -153.125j
# [MAU 13] Ghi X_imag[1] = 764   -123.75      -176.625j
# [MAU 13] Ghi X_real[2] = 296    -34.75      +53.375j
# [MAU 13] Ghi X_imag[2] = 130
# [MAU 13] Ghi X_real[3] = 687
# [MAU 13] Ghi X_imag[3] = 668
# [MAU 13] Ghi X_real[4] = 493
# [MAU 13] Ghi X_imag[4] = -581
# [MAU 13] Ghi X_real[5] = 532
# [MAU 13] Ghi X_imag[5] = 32
# [MAU 13] Ghi X_real[6] = -227
# [MAU 13] Ghi X_imag[6] = 205
# [MAU 13] Ghi X_real[7] = 197
# [MAU 13] Ghi X_imag[7] = 220
#
# --- KET QUA MAU 13 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | -610   | 517   | 111     | 244     | 111 + j244
# 1   | -474   | 764   | -366    | 182     | -366 + j182
# 2   | 296    | 130   | -12     | -154    | -12 + j-154
# 3   | 687    | 668   | -120    | 1        | -120 + j1
# 4   | 493    | -581  | -124    | -177    | -124 + j-177
# 5   | 532    | 32    | 107     | 222     | 107 + j222
# 6   | -227   | 205   | -35     | 53      | -35 + j53
# 7   | 197    | 220   | -176    | 142     | -176 + j142

```

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 14 ---
# [MAU 14] Ghi X_real[0] = 8   --- Mẫu 14 ---
# [MAU 14] Ghi X_imag[0] = -157  [ 3.25      -83.625j
# [MAU 14] Ghi X_real[1] = 695  -259.       +43.625j
# [MAU 14] Ghi X_imag[1] = -334  60.25      +208.875j
# [MAU 14] Ghi X_real[2] = -477  257.5      -175.375j
# [MAU 14] Ghi X_imag[2] = -323
# [MAU 14] Ghi X_real[3] = -262
# [MAU 14] Ghi X_imag[3] = -905
# [MAU 14] Ghi X_real[4] = 116
# [MAU 14] Ghi X_imag[4] = 144
# [MAU 14] Ghi X_real[5] = -371
# [MAU 14] Ghi X_imag[5] = 782
# [MAU 14] Ghi X_real[6] = 607
# [MAU 14] Ghi X_imag[6] = 837
# [MAU 14] Ghi X_real[7] = -290
# [MAU 14] Ghi X_imag[7] = -713
#
# --- KET QUA MAU 14 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | 8        | -157   | 3         | -84     | 3 + j-84
# 1   | 695      | -334   | 338      | -159    | 338 + j-159
# 2   | -477     | -323   | -259     | 43      | -259 + j43
# 3   | -262     | -905   | -135     | 276     | -135 + j276
# 4   | 116      | 144    | 60       | 208     | 60 + j208
# 5   | -371     | 782    | -77      | -189    | -77 + j-189
# 6   | 607      | 837    | 257      | -176    | 257 + j-176
# 7   | -290     | -713   | -183     | -81     | -183 + j-81

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 15 ---
# [MAU 15] Ghi X_real[0] = 326
# [MAU 15] Ghi X_imag[0] = -131
# [MAU 15] Ghi X_real[1] = -370
# [MAU 15] Ghi X_imag[1] = -395
# [MAU 15] Ghi X_real[2] = -526
# [MAU 15] Ghi X_imag[2] = 429
# [MAU 15] Ghi X_real[3] = -662
# [MAU 15] Ghi X_imag[3] = 324
# [MAU 15] Ghi X_real[4] = 126
# [MAU 15] Ghi X_imag[4] = 731
# [MAU 15] Ghi X_real[5] = 849
# [MAU 15] Ghi X_imag[5] = 243
# [MAU 15] Ghi X_real[6] = -356
# [MAU 15] Ghi X_imag[6] = 877
# [MAU 15] Ghi X_real[7] = 91
# [MAU 15] Ghi X_imag[7] = -758
#
# --- KET QUA MAU 15 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | 326    | -131   | -66     | 165     | -66 + j165
# 1   | -370   | -395   | 0       | -456    | 0 + j-456
# 2   | -526   | 429    | 131    | 43      | 131 + j43
# 3   | -662   | 324    | -30    | -109   | -30 + j-109
# 4   | 126    | 731    | -43    | 311    | -43 + j311
# 5   | 849    | 243    | 161    | 197    | 161 + j197
# 6   | -356   | 877    | 202    | -220   | 202 + j-220
# 7   | 91     | -758   | -34    | -65    | -34 + j-65

--- Mẫu 15 ---
[-65.25      +165.j           0.56660364-455.32977952j
 131.5        +43.j            -29.05545635-108.77386361j
 -42.25       +311.5j          161.43339636+197.32977952j
 202.         -219.5j          -32.94454365 -64.22613639j]

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 16 ---
# [MAU 16] Ghi X_real[0] = 656
# [MAU 16] Ghi X_imag[0] = -108
# [MAU 16] Ghi X_real[1] = 26
# [MAU 16] Ghi X_imag[1] = -665
# [MAU 16] Ghi X_real[2] = -444
# [MAU 16] Ghi X_imag[2] = 183
# [MAU 16] Ghi X_real[3] = -578
# [MAU 16] Ghi X_imag[3] = 563
# [MAU 16] Ghi X_real[4] = -850
# [MAU 16] Ghi X_imag[4] = 871
# [MAU 16] Ghi X_real[5] = 121
# [MAU 16] Ghi X_imag[5] = 0
# [MAU 16] Ghi X_real[6] = -92
# [MAU 16] Ghi X_imag[6] = -960
# [MAU 16] Ghi X_real[7] = -335
# [MAU 16] Ghi X_imag[7] = -830
#
# --- KET QUA MAU 16 ---
# Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
# 0   | 656    | -108   | -187    | -119    | -187 + j-119
# 1   | 26     | -665   | -7      | -379    | -7 + j-379
# 2   | -444   | 183    | 92     | 325    | 92 + j325
# 3   | -578   | 563    | 253    | 73     | 253 + j73
# 4   | -850   | 871    | 4      | 114    | 4 + j114
# 5   | 121    | 0      | 96     | 45     | 96 + j45
# 6   | -92    | -960   | -7     | 60     | -7 + j60
# 7   | -335   | -830   | 408    | -231   | 408 + j-231

--- Mẫu 16 ---
[-187.          -118.25j           -5.89024164-378.15348097j
 92.5          +325.j             253.69680746 +73.65295796j
 4.5           +114.75j            96.64024164 +45.40348097j
 -7.           +60.j              408.55319254-230.40295796j]

```



# 4. Kết quả

```

# --- GHI DU LIEU VAO MAU 17 ---
# [MAU 17] Ghi X_real[0] = 66
# [MAU 17] Ghi X_imag[0] = -834
# [MAU 17] Ghi X_real[1] = 770
# [MAU 17] Ghi X_imag[1] = -770
# [MAU 17] Ghi X_real[2] = 622
# [MAU 17] Ghi X_imag[2] = 895
# [MAU 17] Ghi X_real[3] = 24
# [MAU 17] Ghi X_imag[3] = -468
# [MAU 17] Ghi X_real[4] = 928
# [MAU 17] Ghi X_imag[4] = 97
# [MAU 17] Ghi X_real[5] = -427
# [MAU 17] Ghi X_imag[5] = -808
# [MAU 17] Ghi X_real[6] = -837
# [MAU 17] Ghi X_imag[6] = 143
# [MAU 17] Ghi X_real[7] = -561
# [MAU 17] Ghi X_imag[7] = 743
#
--- Mẫu 17 ---
[ 73.125      -125.25j   -43.97679945+333.90508172j
 382.75       -111.875j    35.83586303-251.6390107j
121.625       +200.5j     -359.52320055-201.90508172j
 -80.5        -331.875j   -63.33586303-345.8609893j ]
#
--- KET QUA MAU 17 ---
Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
0   | 66      | -834   | 73        | -126    | 73 + j-126
1   | 770     | -770   | -45       | 333     | -45 + j333
2   | 622     | 895    | 382       | -112    | 382 + j-112
3   | 24      | -468   | 35        | -252    | 35 + j-252
4   | 928     | 97     | 121       | 200     | 121 + j200
5   | -427    | -808   | -360      | -202    | -360 + j-202
6   | -837    | 143    | -81       | -332    | -81 + j-332
7   | -561    | 743    | -64       | -347    | -64 + j-347
#
# --- GHI DU LIEU VAO MAU 18 ---
# [MAU 18] Ghi X_real[0] = 285
# [MAU 18] Ghi X_imag[0] = -489
# [MAU 18] Ghi X_real[1] = -5
# [MAU 18] Ghi X_imag[1] = -500
# [MAU 18] Ghi X_real[2] = -667
# [MAU 18] Ghi X_imag[2] = -466
# [MAU 18] Ghi X_real[3] = -834
# [MAU 18] Ghi X_imag[3] = -790
# [MAU 18] Ghi X_real[4] = 204
# [MAU 18] Ghi X_imag[4] = 398
# [MAU 18] Ghi X_real[5] = 301
# [MAU 18] Ghi X_imag[5] = -842
# [MAU 18] Ghi X_real[6] = 128
# [MAU 18] Ghi X_imag[6] = 238
# [MAU 18] Ghi X_real[7] = -990
# [MAU 18] Ghi X_imag[7] = -535
#
--- Mẫu 18 ---
[-197.25      -373.25j   49.59979714-170.7404086j
 130.625      +282.125j  -44.72936963 -77.52609569j
 184.75       +293.5j    146.65020286-249.7595914j
 126.375      -247.875j  -111.02063037 +54.52609569j]
#
--- KET QUA MAU 18 ---
Idx | In_Real | In_Img | Out_Real | Out_Img | Complex
0   | 285     | -489   | -198     | -374    | -198 + j-374
1   | -5       | -500   | 49       | -172    | 49 + j-172
2   | -667    | -466   | 130      | 282    | 130 + j282
3   | -834    | -790   | -45      | -78    | -45 + j-78
4   | 204     | 398    | 184      | 293    | 184 + j293
5   | 301     | -842   | 146      | -250    | 146 + j-250
6   | 128     | 238    | 126      | -248    | 126 + j-248
7   | -990    | -535   | 54       | 54     | -112 + j54

```



## 4. KẾT QUẢ

- Phân tích kết quả thiết kế
  - Tài nguyên sử dụng:

	Compilation Hierarchy Node	LC Combinationals	LC Registers	Memory Bits	DSP Elements	DSP 9x9	DSP 18x18	DSP 36x36	Pins	Virtual Pins
1	▼ [top_module]	3343 (4)	1790 (0)	0	0	0	0	0	78	0
1	> [IDFT:u_idft]	2034 (578)	590 (590)	0	0	0	0	0	0	0
2	local_ram:u_ram	1238 (1238)	1086 (1086)	0	0	0	0	0	0	0
3	wishbone_slave:u_slave	67 (67)	114 (114)	0	0	0	0	0	0	0



# 4. KẾT QUẢ

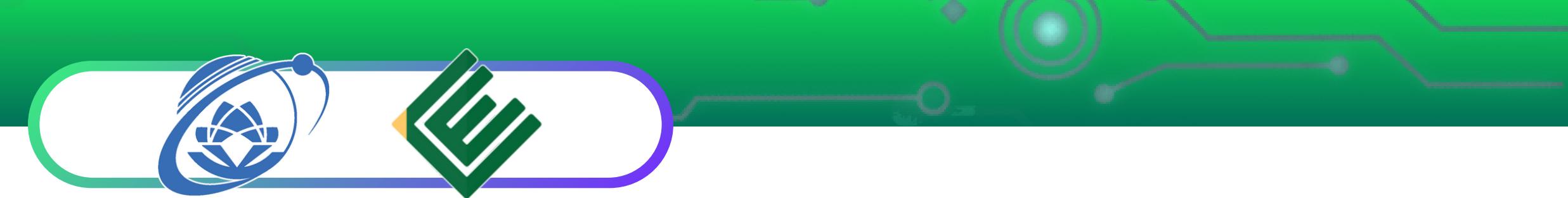
- Kết quả chạy lần 1

Thermal Power Dissipation by Block Type					
	Block Type	Total Thermal Power by Block Type	Block Thermal Dynamic Power	Block Thermal Static Power (1)	Routing Thermal Dynamic Power
1	Combinational cell	0.00 mW	0.00 mW	--	0.00 mW
2	Clock control block	0.00 mW	0.00 mW	--	0.00 mW
3	Register cell	0.00 mW	0.00 mW	--	0.00 mW
4	I/O	2.39 mW	0.00 mW	2.39 mW	0.00 mW

Slow 1200mV 85C Model Fmax Summary				
	Fmax	Restricted Fmax	Clock Name	Note
1	63.58 MHz	63.58 MHz	CLK_I	

PowerPlay Power Analyzer Summary	
PowerPlay Power Analyzer Status	Successful - Sat May 17 11:50:28 2025
Quartus II 64-Bit Version	13.0.1 Build 232 06/12/2013 SP 1 SJ Web Edition
Revision Name	synthesis
Top-level Entity Name	top_module
Family	Cyclone IV GX
Device	EP4CGX22CF19C6
Power Models	Final
Total Thermal Power Dissipation	89.48 mW
Core Dynamic Thermal Power Dissipation	0.00 mW
Core Static Thermal Power Dissipation	81.34 mW
I/O Thermal Power Dissipation	8.14 mW
Power Estimation Confidence	Low: user provided insufficient toggle rate data

	Slack	From Node	To Node	Launch Clock	Latch Clock	Relationship	Clock Skew	Data Delay
1	4.272	iDFT:u_idft k[1]	iDFT:u_idft sum_jmag~255	CLK_I	CLK_I	20.000	0.244	15.967



# 4. KẾT QUẢ

- Kết quả chạy lần 2

Thermal Power Dissipation by Block Type					
Block Type	Total Thermal Power by Block Type	Block Thermal Dynamic Power	Block Thermal Static Power (I)	Routing Thermal Dynamic Power	Block Average Toggle Rate (millions of transitions / sec)
1 Combinational cell	27.71 mW	10.39 mW	--	17.33 mW	24.750
2 Clock control block	5.34 mW	0.00 mW	--	5.34 mW	50.000
3 Register cell	7.74 mW	4.10 mW	--	3.64 mW	6.250
4 I/O	4.50 mW	1.83 mW	2.39 mW	0.28 mW	5.723

Slow 1200mV 85C Model Fmax Summary				
	Fmax	Restricted Fmax	Clock Name	Note
1	57.07 MHz	57.07 MHz	CLK_I	

PowerPlay Power Analyzer Summary	
PowerPlay Power Analyzer Status	Successful - Sat May 17 12:43:08 2025
Quartus II 64-Bit Version	13.0.1 Build 232 06/12/2013 SP 1 SJ Web Edition
Revision Name	synthesis
Top-level Entity Name	top_module
Family	Cyclone IV GX
Device	EP4CGX22CF19C6
Power Models	Final
Total Thermal Power Dissipation	132.46 mW
Core Dynamic Thermal Power Dissipation	41.07 mW
Core Static Thermal Power Dissipation	81.42 mW
I/O Thermal Power Dissipation	9.97 mW
Power Estimation Confidence	Low: user provided insufficient toggle rate data

Slack	From Node	To Node	Launch Clock	Latch Clock	Relationship	Clock Skew	Data Delay
2.478	iDFT:u_idft k[0]	iDFT:u_idft sum_imag~159	CLK_I	CLK_I	20.000	-0.089	17.428



## 4. KẾT QUẢ

- Phân tích tài nguyên sử dụng
  - Tổng tài nguyên sử dụng: 3,889/21,280 LEs (~18%)
  - iDFT là module chiếm tài nguyên lớn nhất với 2,034 LUTs và 590 thanh ghi
  - local\_ram sử dụng nhiều bộ nhớ nhất: 1,238 bits RAM, 1,086 thanh ghi
  - wishbone\_slave sử dụng ít tài nguyên: 67 LUTs, 114 thanh ghi
- Phân tích timing

	Fmax	Slack
Lần 1	63.58 MHz	+4.272 ns
Lần 2	57.07 MHz	+2.478 ns

- Sự khác biệt do thuật toán tối ưu (fitter) có yếu tố ngẫu nhiên.
- Cả hai lần đều đạt slack dương, đảm bảo thiết kế hoạt động ổn định ở 50 MHz.



## 4. KẾT QUẢ

- Phân tích công suất tiêu thụ

	Tổng công suất	Công suất động
Lần 1(chưa có dữ liệu hoạt động)	89.48 mW	132.46 mW
Lần 2 (có toggle rate thực tế)	0 mW	41.07 mW

- Công suất tăng lên lần thứ hai chủ yếu do xuất hiện công suất động từ dữ liệu hoạt động thực tế (toggle rate), điều này phản ánh chính xác hơn tình trạng sử dụng thực tế của FPGA.



# THANK YOU!

The background of the slide features a close-up photograph of a green printed circuit board (PCB). The PCB is densely populated with blue-green surface-mount components, primarily resistors and capacitors, and a large array of gold-plated metal pins running diagonally across the board. The overall color palette is dominated by shades of green and blue.