המעבדה ל - VLSI

חוברת הדרכה על כלי SYNOPSYS

הדרכה על ביצוע סימולציה וסינתזה עם Design Kit TOWER TSL 018

גואל סמואל, אמנון סטניסלבסקי

1. Manuals 2
2. סימולציה 2
3. סינתזה – Design Vision 9
4. שילוב זיכרונות RAM 11
5. שימוש ברכיבי DesignWare 13

התחברות ממחשבי Linux-PC

זאת הדרך המומלצת לעבודה. פשוט יש לבצע login לתחילת העבודה. ניתן לפתוח חלון טרמינל באמצעות Applications→System Tools→Terminal

1. Manuals

User Manual : ניתן לראות את כל הדוקומנטציה של כלי Synopsys ע"י הרצת הפקודה:

vcs:
```
acroread /eda/synopsys/2022-23/RHELx86/VCS_2022.06-SP2/doc/UserGuide/vcs_docs_2022.06-sp2/vcs.pdf
```

designWare:
```
acroread /eda/synopsys/2022-23/RHELx86/SYN_2022.12/dw/doc/manuals/dwbb_userguide.pdf
```

ניתן למצוא את הקוד של היחידות ב:
/eda/synopsys/2022-23/RHELx86/SYN_2022.12/dw/sim_ver/

2. סימולציה

כביתה ב Systemverilog – הכנת הסביבה

הכלי euclide מהווה סביבת כתיבה נוחה לכתיבת Systemverilog.
לשם יצירת הסביבה, בצע את הפקודה הבאה:

```
cp -r /users/iit/synopsys/euclide/Project Project
```

עבור לספרית העבודה שיצרת:

```
cd Project
```

ולהפעיל את סביבת העבודה:

```
start_euclide
```

ולהתחיל ברישום הקוד.
אם הכלי לא עולה (למשל אחרי יציאה לא מסודרת מהכלי), יש לבצע את הפעולות הבאות:

```
/bin/rm -r ../WS
mkdir ../WS
```

ואז להפעיל את הכלי מחדש: start_euclide.

כביתה ב VHDL – הכנת הסביבה

לפני תחילת העבודה יש לבנות את הסביבה הנכונה. העתק את קבצי האתחול:

```
cp -r /users/iit/synopsys/tsl018_sim_2223 tsl018_sim_2223
```

עבור לספריית tsl018_sim_2021 ורשום קבצי ה- VHDL בספריה זאת:

```
cd tsl018_sim_2223
```

1. סימולציה vcs

בעזרת הסימולטור vcs ניתן לבצע סימולציות של VHDL, verilog ו- systemverilog.
בין היתר, הכלי מאפשר ביצוע הפעולות הבאות:

- הצגת והשוואה של צורות גל
- הצגת drivers
- הצגת סכמות ומסלולים
- ביצוע של פקודות UCLI/Tcl
- קביעת breakpoints
- ביצוע סימולציה בצעד בודד

2.1 סימולציית - SystemVerilog / Verilog

ניתן לראות tutorial בסיסי ב:
https://www.youtube.com/watch?v=UgtC9S1-yQM
הרצת הסימולציה מורכבת משלשה שלבים : analyze, elaborate ופעלת ה- gui כדלקמן:
עבור שפת SystemVerilog יש להוסיף את האופציה sverilog– לפקודה הקומפילציה.

```
vlogan -kdb -sverilog -full64 file1.v file2.v  -- Analyze
vcs -kdb -debug_access+all -full64 top_module -- Elaborate
simv -gui
```

בשורה הראשונה יפורטו שמות קבצי התכנון (כל שמות הקבצים המכילים את הבלוקים ותתי הבלוקים). פקודת ה-vcs תבצע אלבורציה, יש לפרט את שם ה- *top_module* כפי שמופיעה בקובץ ה-top level של התכנון.

יש להוסיף +v2k לשורת vlogan במידה וקוד ה-Verilog נכתב בתקן 2001.

(עבור עבודה עם 64 ביט יש לפנות לצוות המעבדה).
במידה והקוד הוא כולו Verilog, ניתן להריץ את שלשת השלבים בעזרת שתי הפקודות:

```
vcs -kdb -sverilog -debug_access+all -full64 file1.v file2.v
simv -gui
```

הסבר על הממשק הגרפי מופיע בסעיף הקודם.

Testbench
ב- systemverilog מקובל לבצע סימולציות באמצעות רכיב עזר (testbench) שמספק את אותות הכניסה לתכנון. בדוגמא הבאה, flop הוא התכנון אותו יש לבדוק:

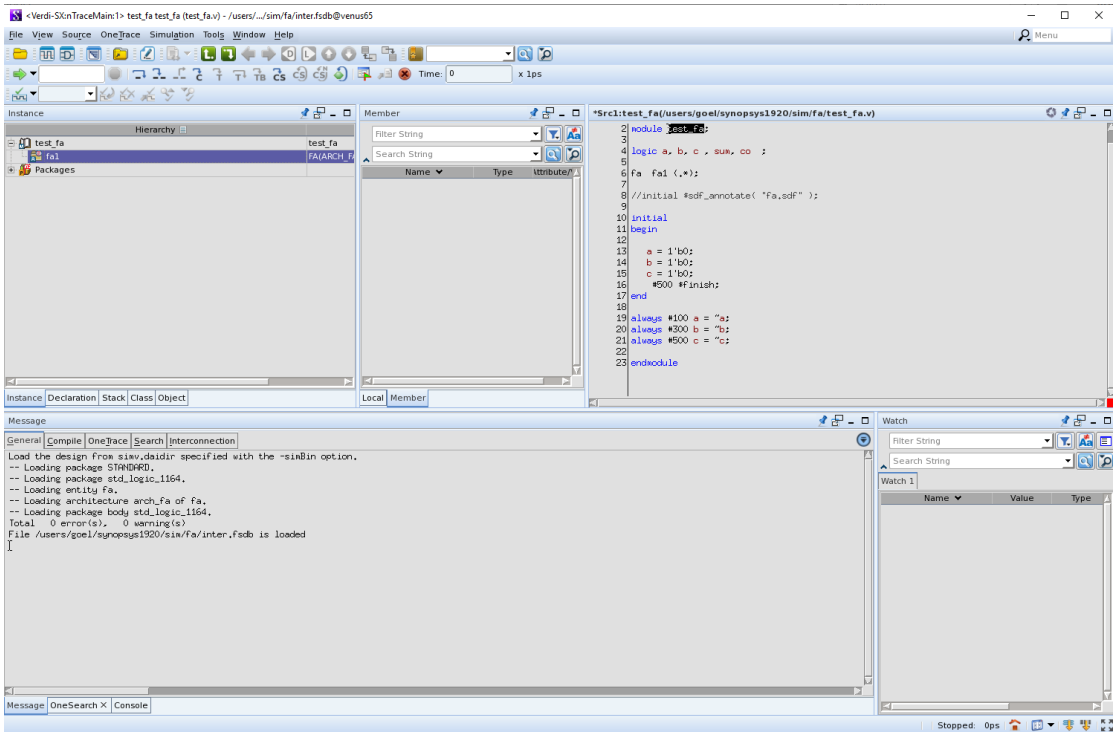
```
module flop_test;

logic data, clock;
flop f1 (clock, data, qa, qb);

initial
begin
  clock = 0; data = 0;
  #10000 $finish;
end

always #100 clock = ~clock;
always #300 data = ~data;

endmodule
```

```
module flop (clock, data, qa, qb);
input clock,data;
output qa, qb;

nand #10 nd1 (a, data, clock),
 nd2 (b, ndata,clock),
 nd3 (qa, a, qb),
 nd4 (qb, b,qa);
 mynot nt1 (ndata, data);
endmodule

module mynot (out, in);
output out;
input in;
not(out,in);
endmodule
```

ניתן להפעיל את הסימולציה באמצעות הפקודה:

```
vcs -kdb -sverilog -debug_access+all -full64 flop_test.v flop.v
simv -gui
```

תיאור הממשק הגרפי



- קליק כפול על שם של בלוק או תת בלוק יציג את הקוד שלו בחלון הימני.

הצגת צורות גל :

א. בחר את המודול בחלון השמאלי ובחר ב: `Add To Waveform` **או**

ב. בחר את הסיגנלים על התיאור של הקוד כדלקמן:

אין חשיבות לעובדה שבחורים גם מילים שאינן שמות סיגנלים.

- לחץ על הכפתור הימני ובחר ב: `Add To Waveform` (new או חלון שכבר קיים).
- ניתן להוסיף סיגנלים נוספים גם עם `Drag and Drop`.
- שים לב, נפתח חלון של צורות גל מעל חלון הקונסול. על מנת לראות את הקונסול יש ללחוץ על `consol` בתחתית החלון. ניתן גם להזיז אותו עם הכפתור השמאלי של העכבר או עם הפקודה: `Window->Dock To`

שינוי יחידות הזמן :

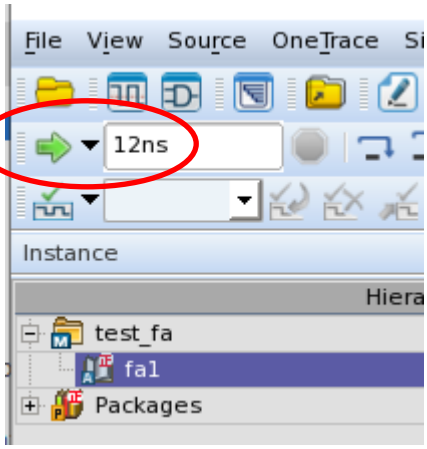
- ניתן לשנות את יחידות הזמן בעזרת:
- לחץ על `ps` ובחר את היחידות הרצויות.

שמירת הקונפיגורציה של ה- `session`

- `File` - `File-Save Session` שומר מצב הריצה. ניתן לשחזר אותה עם `Restore Session`

הרצת הסימולציה :

- להרצת הסימולציה יש ללחוץ על החץ הירוק. אם רושמים זמן בחלון שליד אז הסימולציה תתקדם בזמן שצוין. לחיצה על החץ ללא רישום של זמן מריצה סימולציה עד הסוף.



-

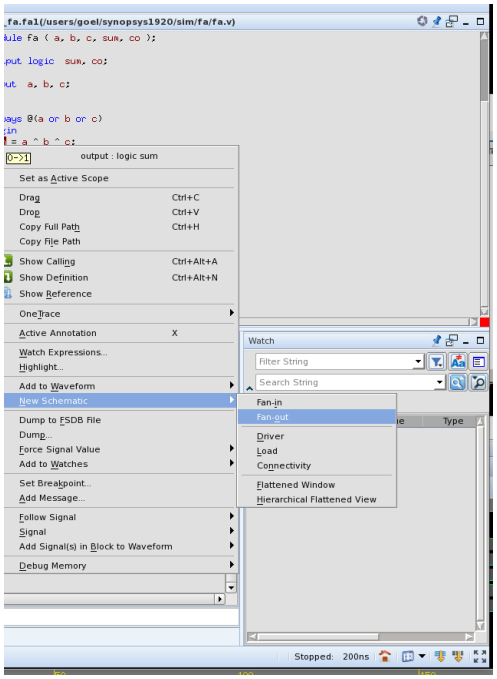
- ניתן לקדם את הסימולציה גן ע"י רישום **run Nns** בקונסול כאשר Nns מסמן את מספר יחידות הזמן שברצונך להריץ.

ביצוע Zoom:

- ניתן לבצע zoom באמצעות לחצני

פעולות נספות:

- בחירת סיגנל, לחיצה על הכפתור הימני של העכבר (RMB) ובחירת New Schematic תאפשר ביצוע מספר מפעולות "דיבוג" כגון:



- **הוספת breakpoint**: בחירת שורה, לחיצה על הכפתור הימני של העכבר (RMB) ובחירת Set Breakpoint וללחוץ על Create בחלון שנפתח.

- **ביצוע Single Step**: ניתן לבצע את הסימולציה בצעדים בודדים בעזרת Next או Step .

- **ביצוע watch על סיגנל :** ניתן לקבל הדפסת של הערכים של סיגנל ע״י בחירת הסיגנל, לחיצה על הכפתור הימני של העכבר (RMB) ובחירת Add to Watches.

ייצוג הערכים בסיסים שונים

- ניתן להציג ערכים של Bus בחלון ה- waveform בסיסים שונים. לשם כך, בחר בחלון זה : Waveform->Set Radix ובחר בבסיס הרצוי.

החזרת ה- Menu

- לעתים ה- menu של חלון מסוים נעלם. לחיצה על ה- RMB בחלק העליון של החלון ובחירת menu תחזיר את ה- menu.

2.2 סימולציית VHDL

הרצת הסימולציה מורכבת משלשה שלבים : analyze, elaborate והפעלת ה- gui כדלקמן:

```
vhdlan -kdb file1.vhd file2.vhd  --Analyze
vcs -kdb -debug_access+all -full64 cfg_design --Elaborate
simv -gui
```

בשורה הראשונה יפורטו שמות קבצי התכנון(כל שמות הקבצים המכילים את הבלוקים ותתי הבלוקים). פקודת ה-vcs תבצע אלבורציה, יש לפרט את שם הקונפיגורציה cfg_design כפי שמופיעה בקובץ ה-top level של התכנון.
הערה- ניתן לבצע אלבורציה גם על top_entity

```
vcs -debug_all -debug -full64 top_entity  -- Elaborate
```

TestBench

מקובל לבצע סימולציות באמצעות רכיב עזר (testbench) שמספק את אותות הכניסה לתכנון. בדוגמא הבאה, jkff הוא התכנון אותו יש לבדוק :

```
Library IEEE;
USE IEEE.std_logic_1164.ALL;

entity jkff is
port (clk, j, k :in std_logic;
      q, qn :inout std_logic);
end jkff;

architecture arc_jkff of jkff is
signal q_tmp, qn_tmp : std_logic;
begin
    process(j, k, clk)
    begin
        if (j  =  '0') then
            if (k = '0') then
                q_tmp <= q;
                qn_tmp <= qn;
            else
                q_tmp <= '0';
                qn_tmp <= '1';
            end if;
        elsif (k = '0') then
            q_tmp <= '1';
            qn_tmp <= '0';
        else
            q_tmp<= qn;
            qn_tmp<= q;
        end if;
    end process;
    process
    begin
        wait untiL clk'event and clk = '1' ;
        q <= q_tmp;
        qn <= qn_tmp;
    end process;
end arc_jkff;

configuration cfg_jkff of jkff is
    for arc_jkff
    end for;
end cfg_jkff;
```

jk_test מספק אותות כניסה ל- jkff ו- jk_test_topמחבר ביניהם :

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity jk_test is
      PORT (j, k : OUT STD_LOGIC;
            clk : INOUT STD_LOGIC);
end jk_test;

architecture arc_jk_test of jk_test is
begin
      PROCESS
      BEGIN
            WAIT FOR 5 ns;
            IF clk='0' THEN
                  clk <= '1';
            ELSE
                  clk <= '0';
            END IF;
      END PROCESS;
      PROCESS
      BEGIN
            WAIT FOR 20 ns;
            j <= '0';
            k <= '1';
            WAIT FOR 40 ns;
            j <= '1';
            k <= '0';
            WAIT FOR 40 ns;
            k <= '1';
            WAIT FOR 40 ns;
            j <= '0';
            k <= '0';
            WAIT FOR 60 ns;
      END PROCESS;
end arc_jk_test;

configuration cfg_jk_test of jk_test is
   for arc_jk_test
   end for;
end cfg_jk_test;
```

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity jk_test_top is
      PORT (q, qn : INOUT STD_LOGIC);
end jk_test_top;

architecture arc_jk_test_top of
jk_test_top is
      SIGNAL clk, j, k : STD_LOGIC;
COMPONENT jk_test
      PORT (j, k : OUT STD_LOGIC;
            clk : INOUT STD_LOGIC);
END COMPONENT;
COMPONENT jkff
      PORT (clk, j, k : IN STD_LOGIC;
            q, qn : INOUT STD_LOGIC);
END COMPONENT;
BEGIN
      u1 : jk_test
           PORT MAP(j, k, clk);
      u2 : jkff
           PORT MAP(clk, j, k, q, qn);
end arc_jk_test_top;

configuration cfg_jk_test_top of jk_test_top is
      FOR arc_jk_test_top
            FOR u1 : jk_test USE ENTITY

      WORK.jk_test(arc_jk_test);
            END FOR;
            FOR u2 : jkff USE ENTITY
                  WORK.jkff(arc_jkff);
            END FOR;
      END FOR;
end cfg_jk_test_top;
```

<u>הערה</u> : הסברים על הממשק הגרפי מופיעים בסעיף 1.1 לעיל.
חשוב : אם אין לך משפט עצירה ב- Testbench יש לקדם את הסימולציה גם פקודת run בקונסול ולא עם החץ הירוק.

2.3 סימולציה מעורבת

ניתן לבצע סימולציות המערבות קוד VHDL ו-verilog. ראשית מבצעים vlogan או vhdlan לכל הקבצים בהתאם לשפה. לאחר מכן, אם ה- top_level הוא Verilog יש להשתמש בפקודה vcs הבאה :

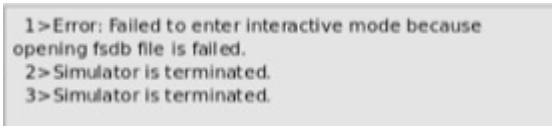
```
vcs -debug_all -debug -full64 top_module
```

ואם ה- top_level הוא VHDL יש להשתמש בפקודה vcs הבאה :

```
vcs -debug_all -debug -full64 cfg_design
```

פתרון בעיות:

קורה אחרי סגירה לא מסודרת של הסימולטור, הכלי לא עולה ונתון את הודעת השגיאה הבאה:



במקרה כזה, יש לבצע את הפעולות הבאות:

- לסגור את הכלי
- להריץ את הפקודות הבאות:
  - rm inter.*
  - rm novas.*
  - rm -r simv*
  - rm -r csrc
- ולהפעיל את הכלי מחדש.

3. סינתזה – Design Vision

חשוב: עליך לבקש מאחראי המעבדה גישה לקבצי tower לפני תחילת הסינתזה.

להכנת סביבת הסינתזה יש ליצור ספרייה חדשה בשם design_syn בעזרת הפקודה הבאה:

```
cp  -r  /users/iit/synopsys/tsl018_syn_2223  tsl018_syn_2223
```

עליך להפעיל את כלי הסינתזה מתוך ספריה זאת. קבצים המיוצרים על ידי הכלי מאוחסנים בספרייה ששמה WORK שנוצרת בתוך design_syn.
לאחר יצירת הספרייה עבור אליה עם:

```
cd  tsl018_syn_2223
```

ה-Design Compiler (או Design Vision בגרסתו הגרפית) הוא כלי הסינתזה של חברת Synopsys. הכלי מקבל כקלט תיאור SystemVerilog או VHDL ויוצר כפלט מעגל ברמת השערים המממש את ה- SystemVerilog או VHDL. הכלי מופעל באמצעות הפקודה design_vision שגורם לפתיחה של חלון גרפי המאפשר הרצת פקודות מתוך תפריטים.

כל פקודה מופעלת בעזרת הממשק הגרפי תופיע גם בחלון ה- terminal ממנו הרצנו את הכלי. ניתן להריץ את פקודות גם על ידי כתיבתם בחלון ה-terminal.
ניתן כמובן לרשום את כל הפקודות בקובץ (בשם **script.tcl** למשל) ולהריץ את כל הקובץ בבת אחת על ידי File→Execute Script
ניתן לקבל את קובץ כל הפקודות שהרצנו בסוף של קובץ בשם **command.log** שנוצר במהלך העבודה.

help: בצד ימין של התפריט הראשי, מופיע כפתור **help**. בעזרתו ניתן לקבל הסברים של כל הפקודות וכל המשתנים של **design_vision**.

<u>חשוב:</u>

א. שילוב זיכרונות RAM: אם התכנון מכיל זיכרונות RAM ראה המשך (עמ' 10) לפני תחילת הסינתזה!

ב. בסוף התהליך יש לשמור את המעגל המסונתז בפורמט Verilog באמצעות File->Save As, לבחור שם ולבחור את פורמט ה-Verilog. קובץ זה יהיה קובץ הקלט לשלב ה- layout (gentop).

סינתזה - שלבי הביצוע:

1. **קריאת הקבצים**

קיימות שתי דרכים לקריאת הקבצים:

א. כאשר התכנון אינו מכיל פרמטרים, נתן לקרוא את קבצי ה- VHDL/systemverilog, בעזרת File→Read . בחלון שנפתח יש לבחור את קובץ התכנון (לא כולל קובצי הזיכרון) וללחוץ OK. אם מדובר על קובץ **systemverilog** יש לבחור בפורמט **sverilog**. יש לחזור על פעולות אלו עד שנקראו כל קבצי התכנון (יש להתחיל עם המודולים הקטנים ביותר).
ניתן לבצע זאת בחלון הפקודות בעזרת פקודת מסוג:

```
read_file -format sverilog {sorter.sv}
```

ב. אם התכנון ממומש בצורה פרמטרי, אז עבור כל מודול שממומש בצורה כזאת, במקום לבצע **read_file** לקובץ (על מנת לטעון את היחידה ל- **design_vision**), יש לבצע את הפעולות הבאות:

```
analyze -format sverilog {sorter.sv}
elaborate sorter -param DATA_WIDTH=>128,OUT_DATA_WIDTH=>32
```

הערות:

- יש להריץ פקודת ה- **elaborate** נפרדת עבור כל סט שונה של פרמטרים.
- כמובן שבמקום **sorter** יש להשתמש בשם היחידה שלך ובפקודה **elaborate** יש להזין ערך לכל אחד הפרמטרים שמוגדר ביחידה.
- ניתן לרשום את פקודת ה- **read_file, analyze** ו- **elaborate** בקובץ **script** ולהריץ אותו עם **File->Execute**.

בתום שלב זה יופיע שם התכנון שבחרנו וכל היחידות אותו הוא מכיל בחלון ה- Logical Hierarchy. על ידי לחיצה על הכפתור הימני על שם התכנון יפתח תפריט בו ניתן לבחור לראות את הסכמה שנוצרה ע"י schematic view ולראות את תכונות היחידה על ידי Properties. (חלון זה מכיל מידע על היחידה ואפשר דרכו לסמן אותה כ- dont touch) לדוגמא.

2. **הגדרת אילוצים**

לפני ביצוע הסנתזה יש להגדיר את אילוצי התכנון /האילוץ הבסיסי שעלינו להגדיר הוא מחזור השעון.
פקודה להגדרת שעון **create_clock** , דוגמא:

```
create_clock -name "CLK" -period 10 -waveform {0 5} clk
```

מגדירה אות שעון על ההדק CLK בעל מחזור 10ns, המתחיל ב- 0 ועולה ל- 1 בזמן 5ns.

3. **אופטימיזציה ומיפוי לשערי ספרייה (סינתזה תלוית טכנולוגיה)**

ראשית, חשוב שבחלון ה-Logical Hierarchy יופיע השם של ה- **top_level** של התכנון.
אם זה לא המצב, אפשר להריץ את הפקודה הבא:

```
current_design top_level
```

כשאר **top_level** זה השם שהשתמשת בתכנון שלך.
בחלון ה-Logical Hierarchy בחר בתא ה- **top_level**. לחץ על Design→Compile Design. בחלון שנפתח ניתן לבחור את כמות העבודה שהכלי ישקיע בכל שלב על ידי שינוי הבחירה באפשרויות ה- effort, השארת האפשרויות הבסיסיות מאפשרת קבלת תוצאות טובות, לסיום לחץ OK.
אם חלון ה-Logical Hierarchy ריק, יש לסגור אותו ולפתוח חדש עם:

Hierarchy->New Logical Hierarchy View

צפיה ב- schematic **(עלול לקחת זמן רב)**

בחלון ה-Logical Hierarchy בחר בתא ה- **top_level**. לחת על בצע לחיצה כפולה על התא שמופיע.

4. **חשוב** : כעת עליך לבצע בדיקה של התכנון כדי לאתר תקלות באמצעות **Design→Check Design**. עליך לעבור בקפידה על הפלט של הפקודה. חשוב לקרוא את כל ה- **warnings** ולתקן את כל התקלות בתכנון.

הערה : ניתן לשמור את הפלט של ה- **design_vision** בקובץ ע"י בחירת **"save content as"** שמופיע בתפריט **"options"** בצד ימיני התחתון של החלון כדי להקל מציאת ה- **warnings**.

שמירת התוצאות

לחץ על File→Save ובחר בשדה Format את הפורמט הרצוי. וודא כי Save All designs in hierarchy מסומן ולחץ Save.

חשוב לשמור את המעגל המסונתז בפורמת **Verilog**. קובץ זה ישמש כפלט לכלי ה- **layout – innovus**. לפני השמירה, יש להריץ את הפקודה :

change_names -rules verilog -hierarchy

הפקת דוחות

- מסלול קריטי : Timing→Report Timing Path, לחץ OK. בתחילת הדו"ח שנוצר ניתן לראות פרטים על הטכנולוגיה שבה נעשה השימוש, בטבלה ניתן לראות את זמני ההשהיה של כל תא (ב-ns) סה"כ הזמן עבור המסלול הקריטי מופיע בתחתית הדוח ב-data arrival time (ב-ns), במידה והוגדרו אילוצים על זמן קריטי/מקסימלי תופיע שורה המציינת אם התכנון עמד באילוץ (slack met/violated) :

```
---------------------------------------------------------------------------
data required time                                                   3.73
data arrival time                                                   -3.73
---------------------------------------------------------------------------
slack (MET)                                                          0.00
```

- שטח : באמצעות Design→Report area, לחץ **OK**. בדו"ח ניתן לראות את השטח שמאוכלס על ידי הלוגיקה הצרופית ושאינה צרופית והרשת (חוטים), היחידות הן מספרי שערי **NAND** בעלי שתי כניסות. זה מספר השוואתי בלבד. רצוי לחלץ שטח מ- **layout**.
- צריכת הספק : באמצעות Design→Report power

עד כאן כל הפעולות הדרושות לביצוע סינתזה בסיסית. אם ברצוננו לבצע סינתזה מורכת יותר, ניתן להיעזר בפעולות הבאות :

הגדרת אילוצים נוספים

ניתן להגדיר אילוצי אופטימיזציה נוספים (מעבר להגדרת השעון) על תהליך הסינתזה, כמו הגבלות זמן על המסלול הארוך ביותר, שטח התכנון וכד', הכלי יסנתז את התכנון בהתאם לאילוצים אלו. את האילוצים ניתן לכתוב בקובץ סקריפט יעודי עם סיומת tcl. יש להריץ את הסקריפט לאחר שלב הטעינה ולפני שלב הסינתזה באמצעות File→Execute script.

set_max_delay

קובע אילוץ של השהיה המרבית בין צמתים שונים במעגל. דוגמא :

set_max_delay 10 -to D[*]

הכלי ינסה לבנות מעגל כך שההשהיה בין כל צומת במעגל לצמתים ששמם מתאים ל- D[*] לא תעלה על 10ns. אין ודאות שהכלי יצליח לסנתז מעגל כזה.

set_max_area

קובע אילוץ לגבי השטח הכולל של המעגל.

set_input_delay
מאפשר למשתמש להגדיר מתי (ביחס לעליית השעון) אותות הכניסה מוכנים.
set_output_delay
מאפשר למשתמש להגדיר מתי (ביחס לעליית השעון) אותות היציאה צריכים להיות מוכנים.

set_dont_touch block_name
מורה לכלי לא לסנתז בלוק מסוים.

4. שילוב זיכרונות RAM

<u>השלב הבא אינו חיוני לכל פרויקט ולכן יש לבצע אותו רק בהנחית המנחה</u>
אם קיים זיכרון, הכלי דורש את קובץ ה- **db** של הזיכרון. קובץ זה מתאר את המאפיינים של הזיכרון. לרב מגיע קובץ **lib.** ולא קובץ **db.** - ניתן לתרגם את ה- **lib.** ל- **db.** באופן הבא:
הפעל את ה- **design_vision**. בצע את הפעולות הבאות:

```
read_lib memory_typ.lib
write_lib memory_typ -format db
```

כאשר **memory_typ.lib** הוא קובץ ה- ***.lib** של הזיכרון. סגור את ה- **design_vision**.

כעת הוסף את קובץ ה-**db** לקובץ:
synopsys_dc.setup.
בצורה הבא:

set target_library "tsl18fs120_typ.db memory_typ.db"

כעת יש להפעיל את **design_vision** כפי שמוסבר בע"מ 8.
<u>השלב הבא אינו חיוני לכל פרויקט ולכן יש לבצע אותו רק בהנחית המנחה</u>
שילוב RAM בתכנון בסינתזה
אם התכנון מכיל זיכרון RAM, יש לקרוא את קובצי המימוש (Systemverilog או VHDL) ל- Design Vision כפי שהוסבר, אבל אין לקרוא את הקובץ שמכיל את תיאור ה- RAM עצמו. כלומר, קוראים את הרמה שמכילה את התיאור המבני של ה- RAM בלבד. בצע סינתזה כפי שהוסבר ושמור את התכנון לקובץ Verilog.

יש לערוך את קובץ ה-Verilog ולהוסיף (בסוף הקובץ) תיאור ריק של ה- RAM, לדוגמא:

```
module dpram1024x16 ( CSA, CSB, NRSTA, NRSTB, ENA, ENB, RDA, RDB,
    WRA, WRB, ADA, ADB, DIA , DIB, DOA, DOB;(

input     CSA;
input     CSB;
input     NRSTA;
input     NRSTB;
input     ENA;
input     ENB;
input     RDA;
input     RDB;
input     WRA;
input     WRB;
input  [9:0]    ADA;
input  [9:0]    ADB;
input  [15:0]    DIA;
```

```
input  [15:0]    DIB;
output  [15:0]    DOA;
output  [15:0]    DOB;
endmodule
```

ממשיכים עם הקובץ המתוקן ל- **Innovus**.

5. שימוש ברכיבי DesignWare

DesignWare (DW) היא ערכה של Synopsys. ערכה זו מכילה מימושי VHDL ו-Verilog של רכיבים ומאפשרת למשתמש לשלבם בתהליך כתיבת הקוד (למשל שימוש ב- יחידות אריטמיות מסוגים שונים כגון מחלק). את כל ההסברים ניתן למצוא ב- manual של הכלי.

חשוב : לא טוענים את הקוד של יחידות ה- DW לכלי הסנתזה. הכלי ימצא את מימוש היחידה לבד.

דוגמא לשילוב מחלק במימוש Systemverilog

```
module DW_div_inst (a, b, quotient, remainder, divide_by_0);
parameter width = 8;
parameter tc_mode = 0;
parameter rem_mode = 1; // corresponds to "%" in Verilog
input [width-1 : 0 ] a;
input [width-1 : 0 ] b;
output [width-1 : 0 ] quotient ;
output [width-1 : 0 ] remainder;
output divide_by_0;
DW_div #(width, width, tc_mode, rem_mode)
  U1 (.a(a), .b(b),
    .quotient(quotient), .remainder(remainder),
    .divide_by_0(divide_by_0));
endmodule
```

דוגמא לשילוב מחלק במימוש VHDL :

```
library IEEE,DWARE,DW01,DW02,DW03;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_arith.all;
use DW01.DW01_components.all;
use DW02.DW02_components.all;
use DW03.DW03_components.all;
```

ניתן להשתמש במספר שיטות :

א. inference

בדרך זאת קוראים לפונקציה שברצוננו להשתמש כגון כפל כפי שמופיע בדוגמא הבאה :

```
1  library IEEE,DWARE,DW01,DW02;
2  use IEEE.std_logic_1164.all;
3  use ieee.std_logic_arith.all;
4  use DW01.DW01_components.all;
5  use DW02.DW02_components.all;
6
```

```
7  entity mymult is
8    port (
9       a, b       : in  std_logic_vector(15 downto 0);
10      CLK        : in  std_logic;
11      product  : out std_logic_vector(31 downto 0));
12  end mymult;
13
14  architecture arc_mult of mymult is
15
16  begin
17
18  --product <= a * b;
19   product <= std_logic_vector(DWF_mult_4_s(signed(a),signed(b),CLK));
20
21  end arc_mult;
```

שים לב ששורה 19 גורמת לשימוש במכפל מצונר בעל 4 דרגות. ניתן היה גם להשתמש בקריאה כפי שמופיעה בשורה 18 (שנמצא ב- comment), במקרה הזה ה- DW היה משתמש במכפל מקבילי.

ב. Instantiation

בשיטה זאת משתמשים בתיאור מבני של ארכיטקטורה ופשוט מציבים בלוקים של ה- DW.
דוגמא :

```
library IEEE,DWARE,DW01;
2  use IEEE.std_logic_1164.all;
3  use DW01.DW01_components.all;
4  use DWARE.DWpackages.all;
5
6  entity DW01_add_ci_co_test is
7    port (
8       a, b  : in  std_logic_vector(31 downto 0);
9       cin   : in  std_logic;
10      sum   : out std_logic_vector(31 downto 0);
11      cout : out std_logic);
12  end DW01_add_ci_co_test;
13
14  architecture inst of DW01_add_ci_co_test is
15
16  begin
17
18  U1 : DW01_add
19      generic map ( width => 32 )
20      port map (a , b , cin , sum , cout ) ;
21
22  end inst;
```

הערה : משפט ה- generic map שבשורה 19 בקוד הנ"ל מאפשר למשתמש לקבוע את רוחב המסכם.

<u>השלבים הבאים אינם חיוניים לכל פרויקט ולכן יש לבצע אותו רק בהנחית המנחה</u>

יצירת קובץ SDF (Standard Delay Format)

קובץ ה-sdf מכיל נתוני השהיה של התכנון המסונתז. קיומם של שערים וקווים (חוטים) "פיסיקליים" בתכנון המסונתז גורם להשהיות. קובץ ה- sdf מכיל נתוני השהיות אלו ובעזרתו ניתן לבצע סימולציות דיגיטליות (באמצעות VCS, NCSIM) ואנליזות (Design Vision, Prime Time) מדויקות יותר ותואמות למציאות הפיסיקלית של התכנון.

בחר ביחידה העליונה ורשום ב- command window:

write_sdf *your_design_name*.sdf

סימולציה של מעגל מסונתז ושימוש בקבצי SDF

סימולציה של מעגל מסונתז שונה מסימולציה רגילה משום שהיא מתחשבת בהשהיותיהם של השערים והקווים (באמצעות קובץ ה-sdf) ולכן סימולציה מסוג זה מציגה גם השהיות.

כדי לבצע סימולציה כזאת, יש לבצע את הפעולות הבאות:

א. ליצור תיאור VHDL של המעגל המסונתז. ב- Design Vision בצע File → Save As לשמור בפורמט הרצוי.

ב. בקוד ה-VHDL המסונתז, עליך להוסיף את השורות הבאות לפני כל entity:

```
library FS120;
use FS120.TSL18FS120_COMPONENTS.all;
```

ג. את השלב הבא ניתן לעשות בשתי דרכים, בדרך הראשונה יש להוסיף קונפיגורציה בצורה הבאה:

```
configuration CFG of DESIGN is
   for SYN_BEH
   end for;
end CFG;
```

כאשר Design הוא שם התכנון ו-SYN_BEH הוא שם הארכיטקטורה, ויש לבצע את פקודת ה-vcs להלן על הקונפיגורציה CFG. דרך שנייה- על ידי ביצוע פקודת vcs להלן על ה-top_entity במקום על הקונפיגורציה.

בצע את הפקודות הבאות:

```
vlogan vlog_files_names
vhdlan vhdl_files_names
vcs -debug configuration_name     --or top_entity instead
simv -sdf testbench_entity_name/design_portmap_name:sdf_file.sdf -gui
```

<u>דוגמא</u>

עבור תכנון של MUX2 בוצע סינתוז לקובץ mux2_mapped.vhdl כמו כן יוצר קובץ mux2.sdf. קובץ ה-Testbench מכיל top_entity בשם MUX2_TB, שם הארכיטקטורה בקובץ זה הוא MUX2_TB_arch ושם האינסטנס (port map) של MUX2 הוא MUX2_PM, לכן יתבצע:

```
vhdlan mux2_mapped.vhdl testbench.vhdl
vcs –debug MUX2_TB
simv –sdf MUX2_TB/MUX2_PM:mux2.sdf –gui
```

אם הפקודות מתבצעות בהצלחה, ניתן להריץ סימולציה כפי שעשית על הקוד ההתנהגותי. חשוב לציין שמתבצעת כאן סימולציה ברמת השערים הלוגיים וההשהיות האמיתיות נלקחות בחשבון.