

## Modello sequenziale: i Process

## Modello sequenziale

```
ENTITY ffsr IS
  Port ( s,r: IN std_logic;
        q, qn: OUT std_logic);
END ffsr;

ARCHITECTURE seq OF ffsr IS
BEGIN
  PROCESS (s, r)
  BEGIN
    IF s = '1' AND r = '0' THEN
      q <= '1' AFTER 2 ns;
      qn <= '0' AFTER 4 ns;
    ELSIF s = '0' AND r = '1' THEN
      qn <= '1' AFTER 2 ns;
      q <= '0' AFTER 4 ns;
    ELSIF s = '1' AND r = '1' THEN
      q <= '0' AFTER 2 ns;
      qn <= '0' AFTER 2 ns;;
    END IF;
  END PROCESS;
END seq;
```

## Process

```
[label:] PROCESS (sensitivity list)
    sezione_dichiarativa_process
BEGIN
    sequenza_istruzioni
END PROCESS [label];
```

- Un process contiene istruzioni eseguite in modo sequenziale.
- E' definito all'interno dell'ARCHITECTURE.
- Più process vengono eseguiti in modo concorrente.
- L'esecuzione del process è determinata da un evento su uno dei segnali della sensitivity list.

## Process

- I process comunicano tra loro attraverso i signal.

```
ARCHITECTURE Behavioral OF Esempio IS
    signal c : std_logic;
```

```
pa: PROCESS (a,b)
    BEGIN
        c <= a AND b;
    END PROCESS pa;
```

```
pb: PROCESS (a,c)
    BEGIN
        d <= NOT c AND a;
    END PROCESS pb;
END Behavioral
```

## Variabili

```
VARIABLE nome_variabile :tipo_variabile [:=valore_iniziale];
```

Es.

```
VARIABLE a : integer range 0 to 15;
```

Le variabili possono essere definite in un process e utilizzate solo nello stesso process.

Assegnamento ad una variabile:

```
a := espressione;
```

A differenza dei signal, l'assegnamento del nuovo valore ad una variabile avviene immediatamente.

Le variabili conservano il loro valore fino alla successiva esecuzione del process.

## Istruzione IF

```
IF condizione THEN
  sequenza_di_istruzioni
[ELSIF condizione THEN
  sequenza_di_istruzioni]
....
[ELSE
  sequenza_di_istruzioni]
END IF;
```

ELSIF può essere ripetuto più di una volta.

ELSE può apparire una sola volta.

Condizione è in tutti i casi un'espressione booleana

## Multiplexer 2x1

```

ENTITY mux2x1 IS
PORT ( a, b, sel : IN std_logic;
      q :OUT std_logic);
END mux2x1;
ARCHITECTURE sequenziale OF mux2x1 IS
BEGIN
  PROCESS(a,b,sel)
  BEGIN
    IF sel = '0' THEN q <= a;
      ELSIF sel='1' THEN q<= b;
        ELSE q <= 'X';
    END IF;
  END PROCESS;
END sequenziale;

```

## FFD

```

ENTITY ffd IS
PORT ( rst,d, clk: IN std_logic;
      q: OUT std_logic );
END ffd;

ARCHITECTURE behavioral OF ffd IS
BEGIN
  PROCESS(CLK,RST)
  BEGIN
    IF RST='1' THEN q <= '0' ;
    ELSIF clk='0' AND clk'EVENT AND clk'LAST_VALUE='1'
      THEN q<= d AFTER 2ns;
    END IF;
  END PROCESS;
END behavioral;

```

## Istruzione CASE

```

CASE espressione IS
  WHEN valore_1 =>
    sequenza_di_istruzioni
  WHEN valore_2 | valore_3 =>
    sequenza_di_istruzioni
  WHEN valore_4 to valore_N =>
    sequenza_di_istruzioni
  WHEN OTHERS =>
    sequenza_di_istruzioni
END CASE;

```

## Selettore

```

ENTITY selettore IS
  PORT (a0,a1,a2,a3 : IN std_logic;
        sel : IN integer range 0 to 7;
        q: OUT std_logic);
END selettore;

ARCHITECTURE sequenziale OF selettore IS
  BEGIN
  PROCESS (a0,a1,a2,a3,sel)
  BEGIN
    CASE sel IS
      WHEN 0      => q <= a0;
      WHEN 1 | 3 | 5    => q <= a1;
      WHEN 6 to 7      => q <= a2;
      WHEN OTHERS      => q <= a3;
    END CASE;
  END PROCESS;
END sequenziale;

```

## Istruzione WHILE

```
[nome_label:]    WHILE condizione LOOP
                  sequenza_di_istruzioni
                  END LOOP [nome_label] ;
```

## Esempio while: comparatore

```
ENTITY confronta IS
  PORT (a,b : IN std_logic_vector(7 downto 0);
        ris: OUT std_logic);
END confronta;

ARCHITECTURE sequenziale OF confronta IS
BEGIN
  PROCESS(a,b)
    VARIABLE ind: integer;
    VARIABLE uguale: std_logic;
  BEGIN
    ind:=0; uguale:='1';
    WHILE (uguale='1' AND ind<=7) LOOP
      IF a(ind) /= b(ind) THEN uguale := '0';
      END IF;
      ind := ind +1;
    END LOOP;
    ris <= uguale;
  END PROCESS;
END sequenziale;
```

## Esempio while: mcm

```

entity mcm_while is
  port ( A,B: in integer range 0 to 255;
        R: out integer);
end mcm_while;
architecture beh of mcm_while is
begin
  process (A,B)
    variable ma,mb: integer;
  begin
    ma:= A; mb:= B;
    while ma/=mb loop
      if ma <mb then
        ma:= ma+A;
      else mb:=mb+B;
      end if;
    end loop;
    R<= ma;
  end process;
end beh;

```

## Istruzione FOR

```

[nome_label :]
FOR identificatore IN intervallo_discreto LOOP
  sequenza_di_istruzioni
END LOOP [nome_label] ;

```

L'identificatore :

- non deve essere dichiarato;
- può essere utilizzato solo in lettura;
- non è visibile fuori dal FOR.

## Conta del numero di '1' in un vettore

```

ENTITY conta1 IS
PORT (   a : IN std_logic_vector(7 downto 0);
        b : OUT integer range 0 to 8 );
END conta1;

ARCHITECTURE seq OF conta1 IS
BEGIN
PROCESS(a)
  VARIABLE conta : integer range 0 to 8;
BEGIN
  conta := 0;
  FOR i IN 0 to 7 LOOP
    IF a(i) = '1' THEN conta := conta +1;
    END IF;
  END LOOP;
  b <= conta;
END PROCESS;
END seq;

```

## Calcolo della parità

```

ENTITY parita IS
PORT (   a : IN std_logic_vector(7 downto 0);
        b : OUT std_logic);
END parita;

ARCHITECTURE seq OF parita IS
BEGIN
PROCESS(a)
  VARIABLE conta : integer range 0 to 8;
BEGIN
  conta := 0;
  FOR i IN 0 to 7 LOOP
    IF a(i) = '1' THEN conta := conta +1;
    END IF;
  END LOOP;
  if conta mod 2 = 1 then b <= '1';
  else b <= '0';
  end if;
END PROCESS;
END seq;

```

## Generate

- Utilizzato per la creazione di schematici con struttura regolare
- Un GENERATE può includere altri GENERATE

```
name: FOR i IN 0 TO d-1 GENERATE
    --concurrent statements
END GENERATE name
```

### Esempio

```
AND32: For i in 0 to 31 generate
    AI: and2 port map (A(i), B(i), C(i));
end generate AND32;
```

## Generate: if scheme

Permette la creazione condizionata di componenti

```
name: IF condizione GENERATE
    --concurrent-statements
END GENERATE name;
```

Non può essere usato ELSE o ELSIF

### Esempio

```
GA: for i in 0 to d-1 generate
    GA0: if i=0 generate
        a0: adder1 port map (A(0),B(0),'0',C(0),R(0));
    end generate GA0;

    GAI: if i>0 generate
        ai: adder1 port map (A(i),B(i),C(i-1),C(i), R(i));
    end generate GAI;
end generate GA;
```

## Istruzione ASSERT

E' usata per fornire una stringa al progettista durante la simulazione

```
ASSERT condizione  
[REPORT stringa]  
[SEVERITY livello_di_severity]
```

La stringa viene visualizzata se la condizione è falsa.

Livello di severity:

- note
- warning
- error (default)
- failure

## Esempio Assert

```
PROCESS (b,c)  
  BEGIN  
  b<=c;  
  ASSERT (c/=a)  
  REPORT "Il Valore di C è uguale a quello di a"  
  SEVERITY ERROR;  
END PROCESS;
```

## Istruzione WAIT

- Questa istruzione sospende l'esecuzione di un process o sottoprogramma.
- L'esecuzione può riprendere quando si verifica una certa condizione.
- Abbiamo tre possibili modi di esprimere questa condizione.
  - - WAIT ON elenco\_segnali
  - - WAIT UNTIL condizione
  - - WAIT FOR tempo
- Con WAIT ON l'esecuzione riprende se c'è un evento su uno dei segnali elencati.
- Con WAIT UNTIL l'esecuzione riprende quando la condizione diventa vera.
- Con WAIT FOR l'esecuzione riprende dopo un tempo fissato.
- In un process non è possibile avere contemporaneamente sensitivity list e WAIT.

## Esempi con WAIT

```

PROCESS
BEGIN
  WAIT ON a;
  IF a='1' THEN
    b<= "10";
  ELSE b <= "01";
  END IF;
  WAIT ON c,d;
  F <= c AND d;
END PROCESS;

PROCESS
BEGIN
  WAIT UNTIL a='1' ;
  c <= d;
  WAIT UNTIL a='0' ;
  c <= f;
END PROCESS;

PROCESS
BEGIN
  z <= a;
  WAIT FOR 20 ns;
  Z <= b;
  WAIT UNTIL c='1' FOR 40 ns;
  assert (c='1)
  report "time out violation"
  severity error
  z <= c;
  WAIT ON a FOR 60 ns;
END PROCESS;

```

## WAIT ON

Un process con sensitivity list può essere descritto in modo equivalente con un process senza sensitivity list e con un WAIT ON alla fine contenente gli stessi segnali della sensitivity list

<pre> PROCESS BEGIN   IF sel = '1' THEN     Z&lt;= A;   ELSE     Z&lt;= B;   END IF;   WAIT ON A,B,SEL; END PROCESS </pre>	<pre> PROCESS (A,B,SEL) BEGIN   IF sel = '1' THEN     Z&lt;= A;   ELSE     Z&lt;= B;   END IF; END PROCESS </pre>
--	---

## WAIT: costrutti non sintetizzabili

```

process
begin
  wait on a;
  d<= di;
end process;

```

- -- non è sintetizzabile poiché non è presente un edge

```

process
begin
  wait for 10 ns;
  d<= di;
end process;

```

- -- non è sintetizzabile poiché non è presente un edge

## WAIT: costrutti non sintetizzabili

```
process
begin
  wait until c'event and c=1 ;
  d<= d1;
  wait until d'event and d=1 ;
  d<=d2;
end process;
```

- -- non è sintetizzabile poiché tutti gli edge devono dipendere dallo stesso segnale

## WAIT: costrutti non sintetizzabili

```
process
begin
  wait until c'event and c='1' ;
  d<= d1;
  wait until c'event and c='0' ;
  d<=d2;
end process;
```

-- non è sintetizzabile poiché i wait devono contenere un solo edge

## WAIT: costrutti non sintetizzabili

```
process
begin
  wait until d'event and c='1' ;
  d<= d1;
  wait until c'event and c='0' ;
  d<=d2;
end process;
```

-- non è sintetizzabile poiché i wait devono contenere un solo edge

## WAIT: costrutti non sintetizzabili

```
process
begin
  wait until c'event;
  d<= d1;
  wait until c'event;
  d<=d2;
end process;
```

-- non è sintetizzabile poiché non può essere determinata la polarità dell'edge

## WAIT: costrutti non sintetizzabili

```
entity es is
  port (a,c : in integer;
        d : out integer);
end es;
architecture beh of es is
begin
  process
  begin
    wait until c'event and c= 2;
    d<= a;
  end process;
end beh;
```

- Non è sintetizzabile perché il clock deve essere di un solo bit