



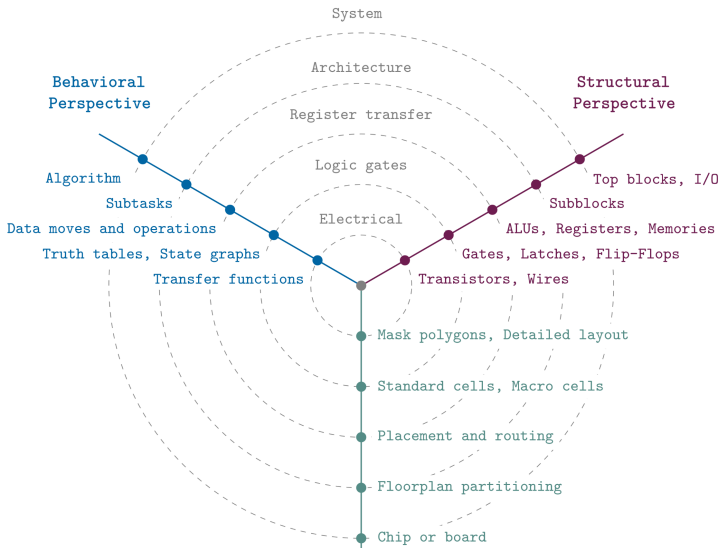
CheatSheet Digital Design

Fs 2025 – Prof. Dr. Paul Zbinden
Autoren: Ricca Aaron
<https://github.com/Rin-Ha-n/DigDes>

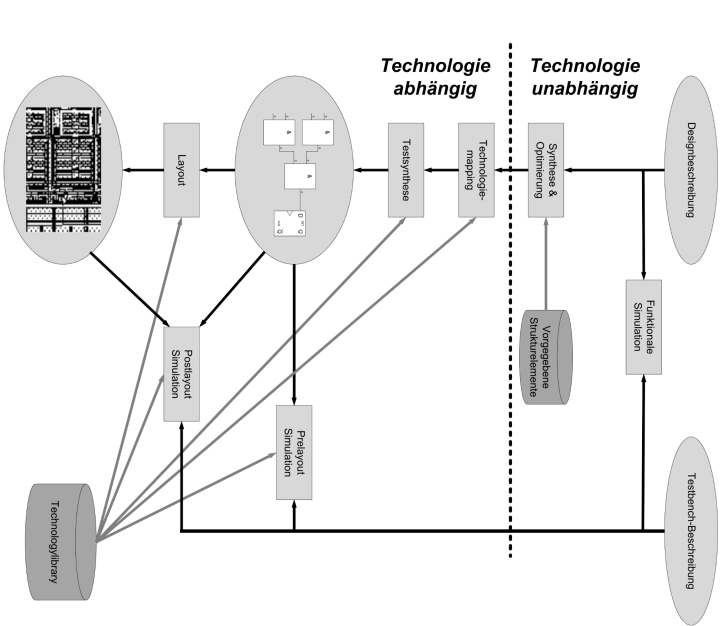
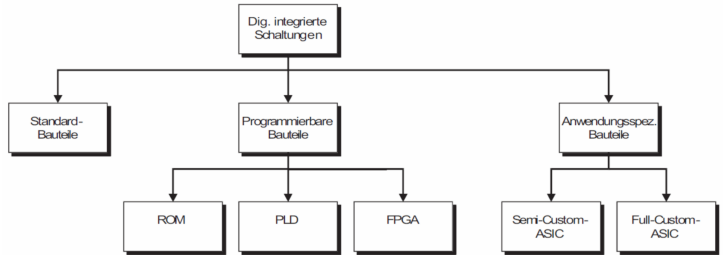
V 1.0 June 22, 2025

1 Introduzione

1.1 Scelta/caratteristiche dei componenti

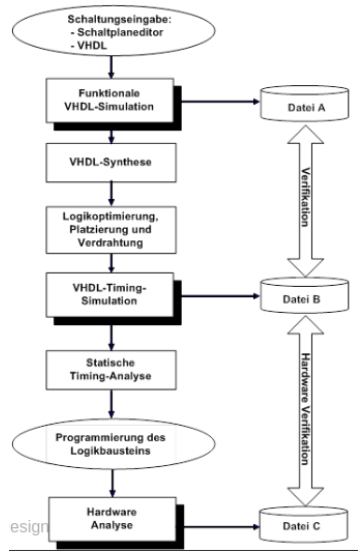


Kriterien	Standard Bauteile	ROM	PLD	FPGA	Semi-Custom	Full-Custom
Machbarkeit	++	--	--	+	+	+++
Zeit Realisierung	+	++	++	++	-	--
Iterationszeit	-	++	++	++	-	--
NRE	++	+	+	+	-	---
Stückpreis	--	+	+	-	+	+++



1.2 Guida al design

- Design / Entry
- Funktionale Simulation
- Synthese
 - Logikoptimierung
 - Platzierung
 - Verdrahtung
- Timing Simulation
- Statische Timing Analyse
- Herstellungsdaterzeugen



2 Programmazione VHDL

2.1 Introduzione

In VHDL sono vietati gli if e le variabili al di fuori dei processi. È anche vietato l'uso di "Feedback" in quanto creano cose brutte.

2.2 Library

Una libreria può contenere componenti e/o pacchetti. I componenti sono descrizioni di circuiti e realizzazioni specifiche, vengono memorizzati nella libreria in modo da poter essere riutilizzati più volte e da più progettisti contemporaneamente. I blocchi di codice di una libreria sono memorizzati in forma compilata, direttamente eseguibile.

Contenuto di una libreria: Components, Packages, Functions, Procedures, Declarations.

```
1 library ieee;  
2 use ieee.std_logic_1164.all; -- CPP: using namespace std;  
3 use ieee.numeric_std.all; -- Solo per operazioni aritmetiche per vettori  
4 use ieee.math_real.all; -- Solo per operazioni aritmetiche per scalari
```

2.3 entity dichiarazione

L'entità descrive il componente del progetto. In primo luogo l'entità descrive l'interfaccia (schnittstelle) del componente.

```
1 entity <entity_name> is  
2 port (  
3     {port_name} : <mode> <type>; -- <mode> = in | out | inout  
4 );  
5 end entity <entity_name>;
```

L'architettura descrive il comportamento del componente, come funziona e come è realizzato.

2.4 architecture

```
1 architecture <architecture_type> of <entity_name> is  
2     [type_declaration]  
3     [component_declaration]  
4     [subtype_declaration]  
5     [constant_declaration]  
6     [signal_declaration]  
7 begin  
8     -- codice di architettura  
9 end <architecture_type>;
```

2.5 component dichiarazione

I componenti sono utilizzati per definire le porte di un'entità, in modo da poterla utilizzare in altre entità.

```
1 component <component_name>  
2 port (  
3     {port_name} : <mode> <type>;  
4 );  
5 end component <component_name>;
```

2.6 Port mapping

Il port mapping è utilizzato per collegare le porte dell'entità con i segnali dell'architettura.

```
1 U1: entity_name  
2 port map (  
3     <port_name> => <signal_name>,  
4     <port_name> => <signal_name>  
5 );
```

2.6.1 Esempio

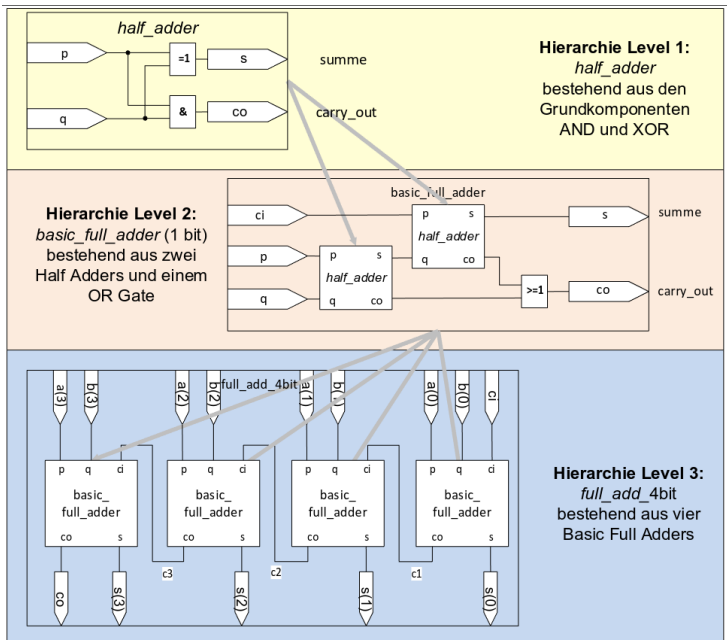
```
1 architecture structural of half_adder is  
2     -- dichiarazione del componente xor2  
3     component xor2  
4     port (  
5         in1, in2 : in bit;  
6         oup      : out bit  
7     );  
8     end component;
```

```

9  -- dichiarazione del componente and2
10 component and2
11     port (
12         in1, in2 : in bit;
13         oup      : out bit
14     );
15 end component;
16
17 begin
18     -- instantiation of ocomponents XOR2 and AND2
19     -- Mappatura esplicita
20 U1 : xor2
21     port map (
22         in1 => q,
23         in2 => p,
24         oup => s
25     );
26     -- Mappatura implicita
27
28 U2 : and2
29     port map (p, q, s) -- L'ordine delle porte segue quello della dichiarazione del
    ↳ componente!

```

2.7 Hierarchie Level



2.8 Tipi

- <architecture_type> = Behavioral | Structural | RTL | Dataflow | Tb | (...)
- <mode> = in | out | inout
- <type> = bit | bit_vector | std_u logic | std_u logic_vector | integer | boolean

2.8.1 <architecture_type>

Behavioral: si occupa di descrivere il comportamento del circuito, senza preoccuparsi della struttura fisica. Alto livello di astrazione concetto Wahrheitstabelle.

```

1 if rising_edge(clk) then
2     if A = '1' then
3         Y <= B;
4     end if;
5 end if;

```

Structural: si occupa di descrivere la struttura fisica del circuito, utilizzando componenti e connessioni tra di essi. Medio livello di astrazione.

```

1 U1: and_gate port map (A => A, B => B, Y => Y1);
2 U2: or_gate port map (A = 1, B => C, Y => Y);

```

RTL: si occupa di descrivere il circuito a livello di registro e logica combinatoria, utilizzando registri e porte logiche. Basso livello di astrazione. Concetto Boole'sche Ausdrücke.

```

1 if rising_edge(clk) then
2     reg1 <= A and B;
3     reg2 <= reg1 xor C;
4 end if;

```

Dataflow: si occupa di descrivere il circuito a livello di flusso di dati, utilizzando porte logiche e segnali. Basso livello di astrazione.

```

1 Y <= (A and B) or (not C);

```

Tb: si occupa di descrivere il circuito a livello di testbench, utilizzando segnali di test e componenti di test.

```

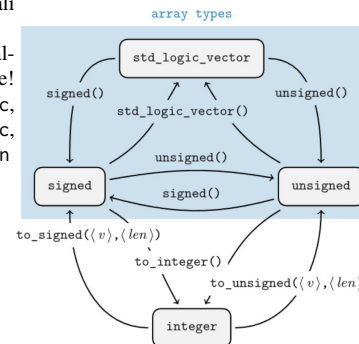
1 A <= '0'; wait for 10 ns;
2 A <= '1'; wait for 10 ns;
3 assert (Y = expected_value) report "Test failed" severity error;

```

2.8.2 <type> (dichiarazione: segnali, variabili, ...)

Come vanno dichiarati tutti i segnali utilizzati internamente all'architettura.

Nella sintesi del codice, è vietato inizializzare i segnali nella dichiarazione! bit, bit_vector, std_logic, std_logic_vector, std_u logic, std_u logic_vector, integer, boolean



- std_logic: rappresenta un singolo bit con valori '0', '1'.
- std_u logic: rappresenta un singolo bit con valori '0', '1', 'Z' (alta impedenza) e 'X' (indeterminato).
- integer: rappresenta un numero intero, con valori compresi tra -2^{31} e $2^{31} - 1$ (è necessario definire l'intervallo di utilizzo).
- boolean: rappresenta un valore booleano, con valori true e false.

Logik-wert	Bedeutung	Verwendung	Für Logik Synthese
'U'	Uninitialized	Signal ist im Simulator noch nicht initialisiert. In der Hardware ist das Signal unbekannt. Typisch für nicht initialisierte Speicherstelle nach Start-up.	Nein
'X'	Undefined	Signal ist dem Simulator unbekannt. Typisch für Treiberkonflikte, d.h. ein Signal wird von mehr als einer Quelle getrieben. In der Welt der Hardware kommt dies vor allem bei Buskonflikten vor.	Nein
'0'	Strong zero	Low Pegel eines Standardausganges. Regelfall für Hardware 0 Pegel.	Ja
'1'	Strong one	High Pegel eines Standardausganges. Regelfall für Hardware 1 Pegel.	Ja
'Z'	High Impedance	Signalausgang von Leitung entkoppelt. Typisch für Hochimpedanz Ausgang eines Three-State Treibers bei bidirektionalen Bussen.	Ja
'L'	Weak zero	Low Pegel eines schwachen Treiberausgangs. Typisch für ein Signal, das mit einem pull-down Widerstand auf Low Potenzial gezogen wird.	Nein
'H'	Weak one	High Pegel eines schwachen Treiberausgangs. Typisch für ein Signal, das mit einem pull-up Widerstand auf High Potenzial gezogen wird.	Nein
'W'	Weak unknown	Simulator erkennt Treiberkonflikt. Dieser Fall ist analog zu 'X' mit dem Unterschied, dass der Treiberkonflikt hier durch schwache Treiber verursacht wird.	Nein
'-'	Dont Care	Logikzustand des Ausgangssignals ist bedeutungslos. Existiert nur in der Schaltungssynthese und wird für Logikminimierung gebraucht.	Nein

2.9 Nebenläufige Signalzuweisungen "y<=x"

2.9.1 Definizione dei segnali

```

1 signal <signal_name> :(<signal_name>) : <type>
2 [=: iniziano_value]; -- inicial_value é opzionale

```

2.9.2 Unbedingte Signalzuweisung

L'assegnazione dei segnali è incondizionata, quindi indipendente.

```

1 y <= '0';
2 y <= a and b;

```

2.9.3 Bedingte Signalzuweisung

L'assegnazione dei segnali è eseguita in modo sequenziale, si controlla una condizione e se corretta si assegna il valore, sennò si procede con la prossima condizione.

```

1 y <= '0' when a = '1' else
2     '1' when a = '0';

```

2.9.4 Selettive Signalzuweisung

L'assegnazione dei segnali è eseguita in modo selettivo, viene selezionata il valore in base alla condizione.

```

1 with s select y <=
2     '0' when "00", -- quando s = "00" y <= '0'
3     '1' when "01", -- quando s = "01" y <= '1'
4     'Z' when "10", -- quando s = "10" y <= 'Z'
5     'X' when others; -- quando s = altro y <= 'X'

```

2.9.5 aggregate

L'aggregazione dei segnali permette di aggregare segnali individuali in un unico segnale.

```

1 y <= (a, b, '1', '0'); -- Assegnazione implicita
2 y <= (0 => '0', 1 => '1', 2 => b, others => a); -- Assegnazione esplicita (<
    ↳ posizione_vettoriale> => <valore>)

```

2.9.6 concatenate

La concatenazione dei segnali permette di concatenare segnali in un unico segnale.

```
1 y <= v_1 & v_2;
```

2.10 Nebenläufige Prozesse

Solo all'interno dei processi è possibile utilizzare le variabili e le istruzioni sequenziali. I processi sono "Nebenläufige" di conseguenza iniziano ad essere eseguiti in concorrenza. Ma all'interno il codice viene eseguito normalmente (istruzioni sequenziali, sequenzialmente. istruzioni parallele in modo parallelo).

I processi sono sezioni di codice che vengono eseguite ogni volta che un **Segnale sensibile** nella lista sensibile (Sensitivitätsliste) cambia di stato.

Nota: se un segnale usato in un processo non è nella lista di sensibilità, il suo valore potrebbe non essere aggiornato correttamente all'interno del processo.

```
1 process (clk, reset)
2   begin
3     if reset = '1' then
4       -- inserisci il codice da eseguire in caso di reset
5     elsif rising_edge(clk) then
6       -- inserisci il codice da eseguire ad ogni fronte di salita del clock
7     end if;
8   end process;
```

2.10.1 sequenziali Anweisungen im Prozesse

Le istruzioni che vengono eseguite strettamente sequenziali all'interno di un processo sono:

```
1 -- struttura if else:
2 if condition_a then
3   {sequential statements}
4 elsif condition_b then
5   {sequential statements}
6 else
7   {sequential statements}
8 end if;
9
10
11 -- struttura case when:
12 case expression is
13   when choice_a => {sequential statements}
14   when choice_b => {sequential statements}
15   when others => {sequential statements}
16 end case;
```

2.10.2 Eigenschaften nebenläufiger Prozesse

Le proprietà più importanti, ovvero le estensioni rispetto alle assegnazioni di segnale, possono essere così riassunte:

- I processi possono assegnare due o più segnali contemporaneamente.
- L'elaborazione delle informazioni per l'assegnazione dei segnali avviene in una sequenza di comandi che vengono eseguiti uno dopo l'altro (procedurale).
- I processi permettono l'uso di variabili per la memorizzazione temporanea dei valori dei segnali.
- Grazie all'uso delle liste di sensibilità è garantito un miglior controllo sulle condizioni di esecuzione della parte di codice.

2.10.3 Variablen in nebenläufigen Prozessen

Le variabili offrono due opzioni utili nei processi:

- Accesso a un valore aggiornato all'interno del processo stesso.
- Preparazione di un'espressione di controllo, ad esempio per un "case when".

Le variabili sono dichiarate all'interno dei processi e sono visibili esclusivamente all'interno degli stessi. Il valore assegnato può essere letto immediatamente.

L'assegnazione di valore a una variabile avviene con l'operatore :=, a differenza dell'assegnazione ai segnali che utilizza <=.

```
1 variable <var_name> (<var_name>: <type> [:= expression];
```

2.11 Modellazione del Comportamento Temporale

- **Event Queue:** I simulatori utilizzano una coda degli eventi per elaborare gli eventi in ordine cronologico.
- **Modello Delta-Time:** Modello funzionale (nessun ritardo reale). Introduce un ritardo infinitesimale (cicli delta). Separa causa ed effetto nelle forme d'onda, anche se appaiono simultanei.
- **Ritardo di Trasporto:** Modella il ritardo fisico reale.
Sintassi: B <= transport A after tp;
Tutti i cambiamenti di segnale (inclusi i glitch) vengono propagati.
- **Ritardo Inerziale (default):** Modella il filtraggio dei glitch nei circuiti reali.
Sintassi: B <= A after tp;
Gli impulsi brevi (inferiori al tempo di ritardo) vengono ignorati.

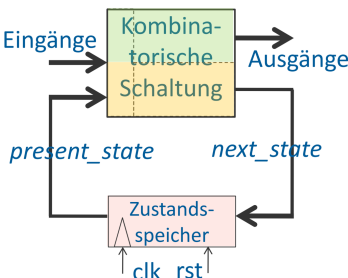
3 State machine

Le **Finite State Machine** (FSM) sono macchine a base di circuiti logici sequenziali.

Sono in grado quindi di eseguire operazioni logiche e di poterle memorizzare in modo da consegnare in uscita una funzione che è dipendente dallo stato attuale (memorizzato con gli input precedenti) e opzionalmente anche dagli input attuali (Mealy).

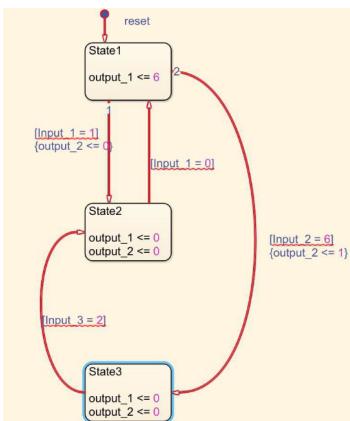
Le tre alternative proposte di seguito sono delle possibilità di incapsulamento standardizzato della funzione desiderata, qualunque essa sia.

- Cit. Alessio Ciceri



3.1 Bubble diagram

- **Bolle:** Ogni bolla rappresenta uno stato
- **Freccie:** Condizione per passare da uno stato all'altro dev'essere scritta accanto alla freccia.
- **Moore:** Gli output sono associati agli stati, quindi scritti dentro a quest'ultimi.
- **Melay:** Gli output sono associati alle transizioni, quindi scritti accanto alle frecce.



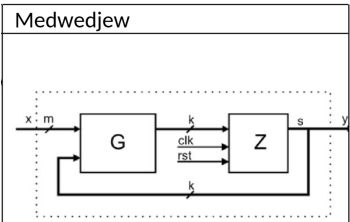
3.2 Medwedjew (sincrona)

Composta da un blocco di logica combinatoria (G) che risolve la funzione desiderata e da un blocco di memoria (Z) che memorizza gli stati.

=> Gli Input e lo stato attuale della FSM vengono processati da una logica combinatoria (G)

=> Il risultato della logica viene memorizzato nella Zustandspeicher (Z)

=> L'uscita è esattamente la copia di tutti gli stati memorizzati (s).



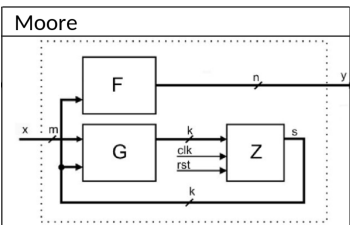
3.3 Moore (sincrona)

Come Medwedjew ma con una logica dedicata sul ramo di output (s).

Tipicamente utile per output più complessi/numerosi rispetto agli stati memorizzati ($k \neq n$).

=> logica combinatoria aggiuntiva sul ramo d'uscita (F)

=> Più efficiente di Medwedjew per la memorizzazione degli stati

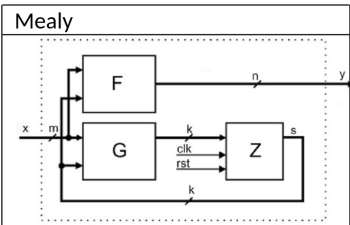


3.4 Mealy (sincrona e asincrona in F)

Si tratta della Versione Moore dove la logica sul ramo d'uscita è dipendente anche a segnali provenienti direttamente dagli input della FSM

=> Necessaria se y dipende asincronamente dalle entrate

=> Più complessa.



3.5 Codice scheletro FSM (G,Z,F)

```
1
2 G: process(present_state, inputs)
3   begin
4     next_state <= default_state;
5     case present_state is
6       when X_state =>
7         next_state <= Y_state;
8       when others =>
9         next_state <= R_state;
10    end case;
11  end process;
12
13 Z: process(clk)
14   begin
15     if clk'event and clk = '1' then
16       if reset = '1' then
17         present_state <= reset_state;
18       else
19         present_state <= next_state;
20       end if;
21     end if;
22  end process;
23
24 F: process(present_state, )
```

```
25 begin
26   oup <= default_value;
27   case present_state is
28     when X_state =>
29       oup <= "1001";
30     when others =>
31       oup <= "1111";
32   end case;
33 end process;
```

3.6 Codifica degli stati (Z-Register)

La dimensione del registro = 2^{n-1} bit=Flip-Flop necessari Gli stati di una FSM possono essere codificati in diversi modi, tra cui:

- **Codifica binaria:** ogni stato è rappresentato da un codice binario unico.
- **Codifica Gray:** simile alla codifica binaria, ma le transizioni tra stati adiacenti cambiano solo un bit alla volta. La dimensione del registro = n bit
- **Codifica one-hot:** ogni stato è rappresentato da un bit attivo, con tutti gli altri bit a zero.
- **Codifica one-cold:** L'inverso di one-hot.

4 Simulazione e rappresentazione temporale in VHDL

4.1 Modelling Temporal Behaviour

- **Event Queue:** Il simulatore utilizza una coda di eventi per elaborare gli eventi in ordine, in modo da non avere conflitti di temporizzazione.
- **Delta-Time Model:** Un ciclo delta compone in tre fasi:
 1. Richiesta di aggiornamento: attesa fino a quando il processo o l'assegnazione del segnale venga attivata da un evento.
 2. Esecuzione del processo: tutti i processi attivi vengono eseguiti fino alla fine o fine alla prossima istruzione attesa.
 3. Assegnazione dei segnali: dopo l'esecuzione dei processi attivi, vengono eseguite le assegnazioni dei segnali corrispondenti.

L'assegnazione del segnale può a sua volta attivare nuovi Processi, che vengono eseguiti nel ciclo delta successivo. Una volta completate queste tre fasi, la simulazione passa al ciclo delta successivo.

Transport Delay:

- Vero e proprio ritardo fisico.
- **Tutti gli impulsi si propagano.**
- Syntax: B <= transport A after tp;

Inertial Delay (default):

- Impulsi brevi vengono filtrati (ignorati).
- Syntax: B <= A after tp;

4.2 Infrastruttura di simulazione e Test (Test-Bench)

L'architettura posta sotto test si chiama DUT (Device Under Test) e viene istanziata all'interno del test-bench. Il Test-Bench stimola le entrate del DUT e verifica le us-

cite, idealmente dovrebbero essere stimulate tutte le possibilità delle entrate. In linea di principio il Test-Bench non deve essere sintetizzabile, in quanto il suo scopo è quello di verificare il corretto funzionamento del DUT. Blocchi del Test-Bench:

- **Stimulus Generation:** Genera segnali di ingresso per
- **DUT Instantiation:** Istanzia il DUT da testare.
- **Response Monitor:** Verifica le uscite del DUT confrontandole con i risultati attesi.

4.2.1 Controllo automatico della risposta del DUT

Anweisung ASSERT:

- Utilizzata per verificare le condizioni attese.
- Sintassi: assert condition report "message";
- Se la condizione non è soddisfatta, viene generato un errore con il messaggio specificato.

5 Examples

5.1 Flip flop

```
1 entity d_ff_rst is
2   port(
3     clk : in bit;
4     rst : in bit;
5     d : in bit;
6     q : out bit
7   );
8 end d_ff_rst;
9
10 architecture behavioral of d_ff_rst is
11 begin
12   register : process(clk, rst)
13     -- d fehlt in Sens.list
14     begin -- Nur clk und Reset
15       -- aktivieren Prozess
16       if (rst = '1') then
17         -- Asynchroner Reset
18         q <= '0';
19         -- wird zuerst abgearbeitet
20         elsif (clk'event and clk = '1') then
21           -- Sintassi per la detezione del fianco salita del clock
22           q <= d; -- Synchroner Teil
23         end if; -- Kein abschliessendes
24         -- else: in allen anderen
25       end process; -- Füllen wird gespeichert.
26 end behavioral;
```

5.2 Latch

```
1 process_3 : process(s,a,b)
2   begin if s = '0' then
3     oup <= a;
4   elsif s = '1' then
5     oup <= b;
6   end if;
7 end process;
```

5.3 Test bench (dt)

```
1 -- Library declarations
2 library ieee
3 use ieee.std_logic_1164.all;
4 use ieee.numeric_std.all;
5
6 -- entity declarations
7 entity exor_tb is
8 end exor_tb;
9
10 -- architecture declarations
11 architecture tb of exor_tb is
12   -- constant declarations
13   constant sim_cyc : time := 10 ns;
14   -- signal declarations
15   signal tb_a, tb_b : std_ulogic;
16   signal tb_y: std_ulogic;
17   -- Component declarations
18   component xor2
19     port(
20       xor2_a, xor2_b : in std_ulogic;
21       xor2_y
22         : out std_ulogic);
23   end component;
24   -- configuration
25   for all : xor2 use entity work.xor2(behavioral);
26
27 begin
28   -- instance assignments
29   dut : xor2
30     port map(
31       xor2_a => tb_a,
32       xor2_b => tb_b,
33       xor2_y => tb_y
34     );
35
36   -- Signal assignments for stimuli
37   Stimuli : process
38     variable tb_in_vec: std_ulogic_vector(2 - 1 downto 0);
39   begin
40     for i in 0 to (2 ** 2) - 1 loop
41       tb_in_vec := std_ulogic_vector(to_unsigned(i, 2));
42       tb_a <= tb_in_vec(1);
43       tb_b <= tb_in_vec(0);
44       wait for sim_cyc;
45     end loop;
46     wait;
47   end process;
48
49   -- Evaluation of responses
50   Response : process
51   begin
52     wait for (sim_cyc - 1 ns);
53     assert (tb_y = '0') report "error at vector 00" severity error;
54     wait for sim_cyc;
55     assert (tb_y = '1') report "error at vector 01" severity error;
56     wait for sim_cyc;
57     assert (tb_y = '1') report "error at vector 10" severity error;
58     wait for sim_cyc;
59     assert (tb_y = '0') report "error at vector 11" severity error;
60   end process;
61 end tb;
```



VHDL QUICK REFERENCE CARD

REVISION 1.1

()	Grouping	[]	Optional
{}	Repeated		Alternative
bold	As is	CAPS	User Identifier
<i>italic</i>	VHDL-1993		

1. LIBRARY UNITS

```

[use_clause]
entity ID is
  [generic (ID : TYPEID := expr;)]
  [port ((ID : in | out | inout TYPEID := expr;))]
  [{declaration}]
begin
  {parallel_statement}
end [entity] ENTITYID;

[use_clause]
architecture ID of ENTITYID is
  [{declaration}]
begin
  [{parallel_statement}]
end [architecture] ARCHID;

[use_clause]
package ID is
  [{declaration}]
end [package] PACKID;

[use_clause]
package body ID is
  [{declaration}]
end [package body] PACKID;

[use_clause]
configuration ID of ENTITYID is
for ARCHID
  [{block_config | comp_config}]
end for;
end [configuration] CONFID;

use_clause ::=
  library ID;
  [{use LIBID.PKGID.all;}]

block_config ::=
  for LABELID
  [{block_config | comp_config}]
end for;

```

```

comp_config ::=
  for all | LABELID : COMPID
  (use entity [LIBID.]ENTITYID [( ARCHID )]
  [[generic map ( {GENID => expr ,} )]
  port map ((PORTID => SIGID | expr ,)));
  [for ARCHID
  [{block_config | comp_config}]
  end for;
  end for; |
  (use configuration [LIBID.]CONFID
  [[generic map ((GENID => expr ,))]
  port map ((PORTID => SIGID | expr ,)));
end for;

```

2. DECLARATIONS

2.1. TYPE DECLARATIONS

```

type ID is ( {ID,} );
type ID is range number downto | to number;
type ID is array ( {range | TYPEID ,}
  of TYPEID | SUBTYPID;

type ID is record
  {ID : TYPEID;}
end record;
type ID is access TYPEID;
type ID is file of TYPEID;
subtype ID is SCALARTYPID range range;
subtype ID is ARRAYTYPID( {range,})
subtype ID is RESOLVFCTID TYPEID;
range ::=
  (integer | ENUMID to | downto
  integer | ENUMID) | (OBJID'[reverse_]range) |
  (TYPEID range <=>)

```

2.2. OTHER DECLARATIONS

```

constant ID : TYPEID := expr;
[shared] variable ID : TYPEID := expr;
signal ID : TYPEID := expr;
file ID : TYPEID (is in | out string;) |
  (open read_mode | write_mode
  | append_mode is string;)
alias ID : TYPEID is OBJID;
attribute ID : TYPEID;
attribute ATTRID of OBJID | others | all : class
  is expr;
class ::=
  entity | architecture | configuration |
  procedure | function | package | type |
  subtype | constant | signal | variable |
  component | label

```

```

component ID [is]
  [generic ( {ID : TYPEID := expr; } );]
  [port ((ID : in | out | inout TYPEID := expr;))]
end component [COMPID];

[impure] function ID
  [( [{constant | variable | signal] ID :
  in | out | inout TYPEID := expr; )])
  return TYPEID [is]
begin
  {sequential_statement}
end [function] ID;

procedure ID[( [{constant | variable | signal] ID :
  in | out | inout TYPEID := expr; )])
[is begin
  [{sequential_statement}]
end [procedure] ID];

for LABELID | others | all : COMPID use
  (entity [LIBID.]ENTITYID [( ARCHID )]) |
  (configuration [LIBID.]CONFID
  [[generic map ( {GENID => expr,} )]
  port map ( {PORTID => SIGID | expr,} ));

```

3. EXPRESSIONS

```

expression ::=
  (relation and relation) |
  (relation or relation) |
  (relation xor relation)

relation ::=
  shexpr [relop shexpr]

shexpr ::=
  sexpr [shop sexpr]

sexpr ::=
  [+|-] term {addop term}

term ::=
  factor {mulop factor}

factor ::=
  (prim [** prim]) | (abs prim) | (not prim)

prim ::=
  literal | OBJID | OBJID'ATTRID | OBJID({expr,})
  | OBJID(range) | ({choice [{| choice}] => expr,})
  | FCTID(({PARID => expr,}) | TYPEID'(expr) |
  TYPEID(expr) | new TYPEID'(expr)) | ( expr )

choice ::=
  sexpr | range | RECFID | others

```

3.1. OPERATORS, INCREASING PRECEDENCE

logop	and or xor
relop	= /= < <= > >=
shop	sll srl sla sra rol ror
addop	+ - &
mulop	* / mod rem
miscop	** abs not

© 1995 Qualis Design Corporation. Permission to reproduce and distribute strictly verbatim copies of this document in whole is hereby granted.

See reverse side for additional information.

4. SEQUENTIAL STATEMENTS

```
wait [on {SIGID,}] [until expr] [for time];

assert expr
  [report string] [severity note | warning |
                    error | failure];

report string
  [severity note | warning | error |
    failure];

SIGID <= [transport] | [reject TIME inertial]
  {expr [after time]};

VARID := expr;

PROCEDUREID[({PARID => expr,});]

[LABEL:] if expr then
  {sequential_statement}
[elsif expr then
  {sequential_statement}]
[else
  {sequential_statement}]
end if [LABEL:];

[LABEL:] case expr is
  {when choice [{ choice}] =>
    {sequential_statement}}
end case [LABEL:];

[LABEL:] [while expr] loop
  {sequential_statement}
end loop [LABEL:];

[LABEL:] for ID in range loop
  {sequential_statement}
end loop [LABEL:];

next [LOOPLBL] [when expr];
exit [LOOPLBL] [when expr];
return [expression];
null;
```

5. PARALLEL STATEMENTS

```
[LABEL:] block [is]
  [generic ( {ID : TYPEID;} );]
  [generic map ( {GENID => expr,} );]
  [port ( {ID : in | out | inout TYPEID } );]
  [port map ( {PORTID => SIGID | expr,} );]
  [{declaration}]
begin
  [{parallel_statement}]
end block [LABEL:];

[LABEL:] [postponed] process [( {SIGID,} )]
  [{declaration}]
begin
  [{sequential_statement}]
end [postponed] process [LABEL:];

[LBL:] [postponed] PROCID[({PARID => expr,});]
```

```
[LABEL:] [postponed] assert expr
  [report string] [severity note | warning |
                    error | failure];

[LABEL:] [postponed] SIGID <=
  [transport] | [reject TIME inertial]
  [{expr [after time]} | unaffected when expr
    else] {expr [after time]} | unaffected;

[LABEL:] [postponed] with expr select
  SIGID <= [transport] | [reject TIME inertial]
  {expr [after time]} |
  unaffected when choice [{ choice}];

LABEL: COMPID
  [[generic map ( {GENID => expr,} )]
   port map ( {PORTID => SIGID,} )];

LABEL: entity [LIBID.]ENTITYID [(ARCHID)]
  [[generic map ( {GENID => expr,} )]
   port map ( {PORTID => SIGID,} )];

LABEL: configuration [LIBID.]CONFID
  [[generic map ( {GENID => expr,} )]
   port map ( {PORTID => SIGID,} )];

LABEL: if expr generate
  [{parallel_statement}]
end generate [LABEL:];

LABEL: for ID in range generate
  [{parallel_statement}]
end generate [LABEL:];
```

6. PREDEFINED ATTRIBUTES

TYPID'base	Base type
TYPID'left	Left bound value
TYPID'right	Right-bound value
TYPID'high	Upper-bound value
TYPID'low	Lower-bound value
TYPID'pos(expr)	Position within type
TYPID'val(expr)	Value at position
TYPID'succ(expr)	Next value in order
TYPID'prec(expr)	Previous value in order
TYPID'leftof(expr)	Value to the left in order
TYPID'rightof(expr)	Value to the right in order
TYPID'ascending	Ascending type predicate
TYPID'image(expr)	String image of value
TYPID'value(string)	Value of string image
ARYID'left[(expr)]	Left-bound of [nth] index
ARYID'right[(expr)]	Right-bound of [nth] index
ARYID'high[(expr)]	Upper-bound of [nth] index
ARYID'low[(expr)]	Lower-bound of [nth] index
ARYID'range[(expr)]	'left down/to 'right
ARYID'reverse_range[(expr)]	'right down/to 'left
ARYID'length[(expr)]	Length of [nth] dimension
ARYID'ascending[(expr)]	'right >= 'left ?
SIGID'delayed[(expr)]	Delayed copy of signal
SIGID'stable[(expr)]	Signals event on signal
SIGID'quiet[(expr)]	Signals activity on signal

SIGID'transaction[(expr)]	Toggles if signal active
SIGID'event	Event on signal ?
SIGID'active	Activity on signal ?
SIGID'last_event	Time since last event
SIGID'last_active	Time since last active
SIGID'last_value	Value before last event
SIGID'driving	Active driver predicate
SIGID'driving_value	Value of driver
OBJID'simple_name	Name of object
OBJID'instance_name	Pathname of object
OBJID'path_name	Pathname to object

7. PREDEFINED TYPES

BOOLEAN	True or false
INTEGER	32 or 64 bits
NATURAL	Integers >= 0
POSITIVE	Integers > 0
REAL	Floating-point
BIT	'0', '1'
BIT_VECTOR(NATURAL)	Array of bits
CHARACTER	7-bit ASCII
STRING(POSITIVE)	Array of characters
TIME	hr, min, sec, ms, us, ns, ps, fs
DELAY_LENGTH	Time => 0

8. PREDEFINED FUNCTIONS

NOW	Returns current simulation time
DEALLOCATE(ACCESSYPOBJ)	Deallocate dynamic object
FILE_OPEN([status], FILEID, string, mode)	Open file
FILE_CLOSE(FILEID)	Close file

9. LEXICAL ELEMENTS

Identifier ::= letter { [underline] alphanumeric }

decimal literal ::= integer [. integer] [E[+|-] integer]

based literal ::= integer # hexint [. hexint] # [E[+|-] integer]

bit string literal ::= B|O|X " hexint "

comment ::= -- comment text

© 1995 Qualis Design Corporation. Permission to reproduce and distribute strictly verbatim copies of this document in whole is hereby granted.

Qualis Design Corporation

Beaverton, OR USA

Phone: +1-503-531-0377 FAX: +1-503-629-5525

E-mail: info@qualis.com

Also available: 1164 Packages Quick Reference Card
Verilog HDL Quick Reference Card



1164 PACKAGES QUICK REFERENCE CARD

REVISION 1.0

()	Grouping	[]	Optional
{ }	Repeated		Alternative
bold	As is	CAPS	User Identifier
b	::=	BIT	
u/l	::=	STD_ULOGIC/STD_LOGIC	
bv	::=	BIT_VECTOR	
uv	::=	STD_ULOGIC_VECTOR	
lv	::=	STD_LOGIC_VECTOR	
un	::=	UNSIGNED	
sg	::=	SIGNED	
na	::=	NATURAL	
in	::=	INTEGER	
sm	::=	SMALL_INT	(subtype INTEGER range 0 to 1)
c	::=	commutative	

1. IEEE's STD_LOGIC_1164

1.1. LOGIC VALUES

'U'	Uninitialized
'X'/'W'	Strong/Weak unknown
'0'/'L'	Strong/Weak 0
'1'/'H'	Strong/Weak 1
'Z'	High Impedance
'-'	Don't care

1.2. PREDEFINED TYPES

STD_ULOGIC	Base type
Subtypes:	
STD_LOGIC	Resolved STD_ULOGIC
X01	Resolved X, 0 & 1
X01Z	Resolved X, 0, 1 & Z
UX01	Resolved U, X, 0 & 1
UX01Z	Resolved U, X, 0, 1 & Z

STD_ULOGIC_VECTOR (na to downto na)	Array of STD_ULOGIC
STD_LOGIC_VECTOR (na to downto na)	Array of STD_LOGIC

1.3. OVERLOADED OPERATORS

Description	Left	Operator	Right
bitwise-and	u/l,uv,lv	and	u/l,uv,lv
bitwise-or	u/l,uv,lv	or	u/l,uv,lv
bitwise-xor	u/l,uv,lv	xor	u/l,uv,lv
bitwise-not		not	u/l,uv,lv

1.4. CONVERSION FUNCTIONS

From	To	Function
u/l	b	TO_BIT (from, [xmap])
uv,lv	bv	TO_BITVECTOR (from, [xmap])
b	u/l	TO_STDULOGIC (from)
bv,ul	lv	TO_STDLOGICVECTOR (from)
bv,lv	uv	TO_STDULOGICVECTOR (from)

1.5. PREDICATES

RISING_EDGE (SIGID)	Rise edge on signal ?
FALLING_EDGE (SIGID)	Fall edge on signal ?
IS_X (OBJID)	Object contains 'X' ?

2. IEEE's NUMERIC_STD

2.1. PREDEFINED TYPES

UNSIGNED (na to downto na)	
SIGNED (na to downto na)	Arrays of STD_LOGIC

2.2. OVERLOADED OPERATORS

Left	Op	Right	Return
	abs	sg	sg
	-	sg	sg
un	+,*,/,rem,mod	un	un
sg	+,*,/,rem,mod	sg	sg
un	+,*,/,rem,mod _c	na	un
sg	+,*,/,rem,mod _c	in	sg
un	<,>,<=,>=,/=	un	bool
sg	<,>,<=,>=,/=	sg	bool
un	<,>,<=,>=,/= _c	na	bool
sg	<,>,<=,>=,/= _c	in	bool

2.3. PREDEFINED FUNCTIONS

SHIFT_LEFT (un, na)	un
SHIFT_RIGHT (un, na)	un
SHIFT_LEFT (sg, na)	sg
SHIFT_RIGHT (sg, na)	sg
ROTATE_LEFT (un, na)	un
ROTATE_RIGHT (un, na)	un
ROTATE_LEFT (sg, na)	sg
ROTATE_RIGHT (sg, na)	sg
RESIZE (sg, na)	sg
RESIZE (un, na)	un

2.4. CONVERSION FUNCTIONS

From	To	Function
un,lv	sg	SIGNED (from)
sg,lv	un	UNSIGNED (from)
un,sg	lv	STD_LOGIC_VECTOR (from)
un,sg	in	TO_INTEGER (from)
na	un	TO_UNSIGNED (from)
in	sg	TO_SIGNED (from)

3. IEEE's NUMERIC_BIT

3.1. PREDEFINED TYPES

UNSIGNED (na to downto na)	Array of BIT
SIGNED (na to downto na)	Array of BIT

3.2. OVERLOADED OPERATORS

Left	Op	Right	Return
	abs	sg	sg
	-	sg	sg
un	+,*,/,rem,mod	un	un
sg	+,*,/,rem,mod	sg	sg
un	+,*,/,rem,mod _c	na	un
sg	+,*,/,rem,mod _c	in	sg
un	<,>,<=,>=,/=	un	bool
sg	<,>,<=,>=,/=	sg	bool
un	<,>,<=,>=,/= _c	na	bool
sg	<,>,<=,>=,/= _c	in	bool

3.3. PREDEFINED FUNCTIONS

SHIFT_LEFT (un, na)	un
SHIFT_RIGHT (un, na)	un
SHIFT_LEFT (sg, na)	sg
SHIFT_RIGHT (sg, na)	sg
ROTATE_LEFT (un, na)	un
ROTATE_RIGHT (un, na)	un
ROTATE_LEFT (sg, na)	sg
ROTATE_RIGHT (sg, na)	sg
RESIZE (sg, na)	sg
RESIZE (un, na)	un

3.4. CONVERSION FUNCTIONS

From	To	Function
un,bv	sg	SIGNED (from)
sg,bv	un	UNSIGNED (from)
un,sg	bv	BIT_VECTOR (from)
un,sg	in	TO_INTEGER (from)
na	un	TO_UNSIGNED (from)
in	sg	TO_SIGNED (from)

© 1995 Qualis Design Corporation. Permission to reproduce and distribute strictly verbatim copies of this document in whole is hereby granted.

See reverse side for additional information.