



Plan

- Inventaire des registres et des opérations
- Implémentation directe (non optimisée)
- Utilisation des opérateurs
- Etude de la compatibilité des opérateurs
 - Méthode de Paul & Unger
 - Matrice de compatibilité
 - Application à l'exemple
 - Graphe d'incompatibilité des opérateurs
- Recherche empirique d'une couverture
- Une première optimisation
- Exemple d'implémentation d'un opérateur

Inventaire des registres et des opérations

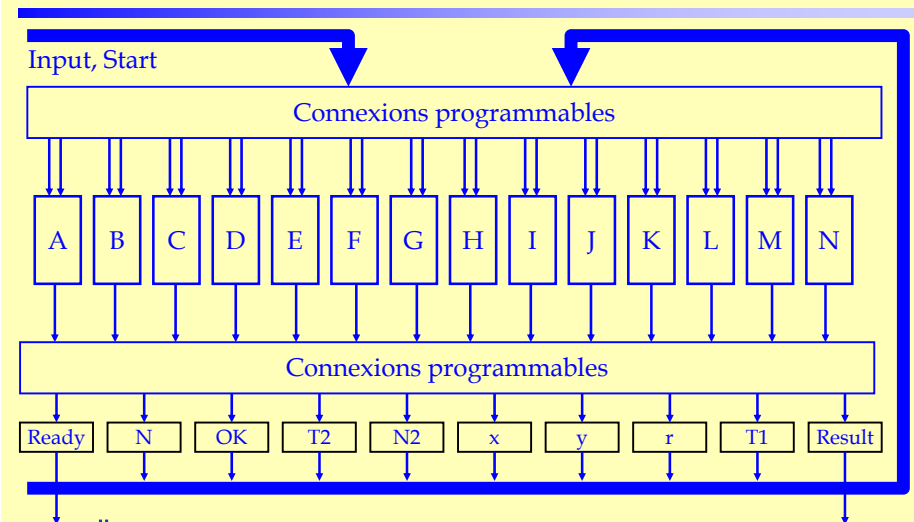
```

INIT:  if (Start)      {Ready=0; N=Input; goto I0;}
        else          {goto INIT;}
I0:    if (N%2==0)     {OK=0; T2=(N==2); goto I3;}
        else          {N2=sqrt(N); y=1; goto N0;}
N0:    if (true)       {x=1+2*N2; r=N2*N2-N; T1=0; goto W0;}
W0:    if (T1)         {goto I1;}
        else          {OK=(x-y==2); T2=(N==2); goto I3;}
I1:    if (r<0)        {r=r+x; x=x+2; T1=((r+x)!=0); goto W0;}
        else          {r=r-y; y=y+2; T1=((r-y)!=0); goto W0;}
I3:    if (T2)         {Result=1; Ready=1; goto INIT;}
        else          {Result=OK; Ready=1; goto INIT;}
  
```

Registres : Ready, N, OK, T2, N2, y, x, r, T1, Result

	0	var	var ==2	Sqrt (var)	1	1+ 2*var	var1* var1- var2	var1- var2 ==2	var1 +	var +2	var1 +	var1- var2	var1- var2 !=0
OP	A	B	C	D	E/N	F	G	H	I	J	K	L	M

Implémentation directe (non optimisée)



Utilisation des opérateurs

	0	var	var ==2	Sqrt (var)	1	1+ 2*var	var1* var1- var2	var1- var2 ==2	var1 + var2	var +2	var1 + var2 !=0	var1- var2	var1- var2 !=0
OP	A	B	C	D	E/N	F	G	H	I	J	K	L	M
INIT	1	1											
I0	1		1										
				1	1								
N0	1					1	1						
W0													
			1					1					
I1i									1	1	1		
										1		1	1
I3					2								
		1			1								

Etude de la compatibilité des opérateurs

But : Ré-utiliser les opérateurs qui servent à des instants différents sous forme d'opérateurs simples ou de petites ALU

Règle : Deux opérateurs sont incompatibles s'ils apparaissent dans la même opération {} SAUF si l'un est un sous calcul de l'autre sur les mêmes variables.

Exemple :

INIT :

A et B sont incompatibles.

W0 else :

C et H sont incompatibles même si l'opérateur ==2 est commun aux deux car il ne porte pas sur les mêmes variables.

I1i :

I et K ne sont pas incompatibles car I est inclu dans K et porte sur les mêmes variables.

Calcul des cliques de compatibilité (Paul & Unger)

Soit C, l'ensemble des cliques : $C = \{c_0, \dots, c_{n-1}\}$

Soit E, l'ensemble des éléments : $E = \{e_0, \dots, e_{p-1}\}$

On procède de manière itérative sur tous les e_i :

Au commencement : $c_0 = \{e_0\}$ et $C = \{c_0\}$

$\forall e_i \in E \{$

$C = C \cup \{\{e_i\}\};$

$U = \{\};$

$\forall c_j \in C \{$

$\forall e_k \in c_j, e_k \text{ compatible avec } e_i \{$

$U = U \cup \{e_k\};$

$\}$

$C = C \cup U;$

$\}$

$\forall c_i \subseteq c_j \{C = C \setminus c_i\}$

La notation « $\forall \dots \}$ »
est utilisée pour signifier
une boucle sur les valeurs
possibles

Matrice de compatibilité des opérateurs

OP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	1	0	0			0	0							
B		1			0									0
C			1					0						
D				1	0									0
E					1									
F						1	0							
G							1							
H								1						
I									1	0				
J										1	0	0	0	
K											1			
L												1		
M													1	
N														1

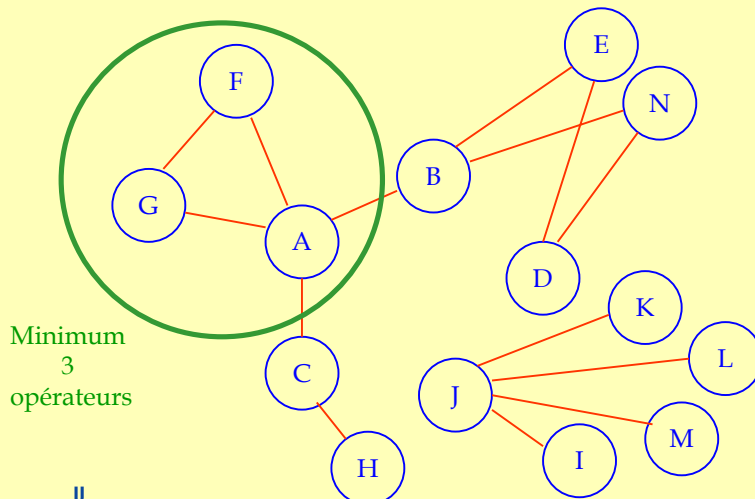
Application de la méthode de Paul & Unger

- 1) {{A}}
- 2) {{A},{B}}
- 3) {{A},{B},{C},{B,C}}
- 4) {{A},{B,C},{D},{A,D},{B,C,D}}
- 5) {{A,D},{B,C,D},{E},{A,E},{C,E}}
- 6) {{A,D},{B,C,D},{A,E},{C,E},{F},{D,F},{B,C,D,F},{E,F},{C,E,F}}
- 7) {{A,D},{A,E},{D,F},{B,C,D,F},{E,F},{C,E,F},{G},{D,G},{E,G},{D,G},{B,C,D,G},{E,G},{C,E,G}}
- 8) {{A,D},{A,E},{D,F},{B,C,D,F},{E,F},{C,E,F},{D,G},{E,G},{D,G},{B,C,D,G},{E,G},{C,E,G},{H},{A,D,H},{A,E,H},{D,F,H},{B,D,F,H},{E,F,H},{E,F,H},{D,G,H},{E,G,H},{D,G,H},{B,D,G,H},{E,G,H},{E,G,H}}
- 9) {{B,C,D,F,I},{C,E,F,I},{B,C,D,G,I},{C,E,G,I},{A,D,H,I},{A,E,H,I},{B,D,F,H,I},{E,F,H,I},{B,D,G,H,I},{E,G,H,I}}
- 10) {{B,C,D,F,I},{C,E,F,I},{B,C,D,G,I},{C,E,G,I},{A,D,H,I},{A,E,H,I},{B,D,F,H,I},{E,F,H,I},{B,D,G,H,I},{E,G,H,I},{B,C,D,F,J},{C,E,F,J},{B,C,D,G,J},{C,E,G,J},{A,D,H,J},{A,E,H,J},{B,D,F,H,J},{E,F,H,J},{B,D,G,H,J},{E,G,H,J}}

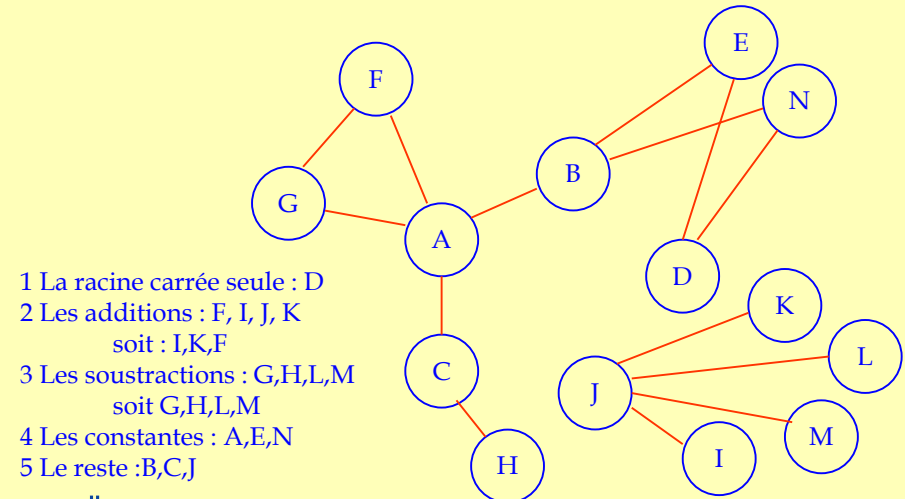
Application de la méthode de Paul & Unger

- 11) {{B,C,D,F,I,K},{C,E,F,I,K},{B,C,D,G,I,K},{C,E,G,I,K},{A,D,H,I,K},{A,E,H,I,K},{B,D,F,H,I,K},{E,F,H,I,K},{B,D,G,H,I,K},{E,G,H,I,K},{B,C,D,F,J},{C,E,F,J},{B,C,D,G,J},{C,E,G,J},{A,D,H,J},{A,E,H,J},{B,D,F,H,J},{E,F,H,J},{B,D,G,H,J},{E,G,H,J}}
- 12) {{B,C,D,F,I,K,L},{C,E,F,I,K,L},{B,C,D,G,I,K,L},{C,E,G,I,K,L},{A,D,H,I,K,L},{A,E,H,I,K,L},{B,D,F,H,I,K,L},{E,F,H,I,K,L},{B,D,G,H,I,K,L},{E,G,H,I,K,L},{B,C,D,F,J},{C,E,F,J},{B,C,D,G,J},{C,E,G,J},{A,D,H,J},{A,E,H,J},{B,D,F,H,J},{E,F,H,J},{B,D,G,H,J},{E,G,H,J}}
- 13) {{B,C,D,F,I,K,L,M},{C,E,F,I,K,L,M},{B,C,D,G,I,K,L,M},{C,E,G,I,K,L,M},{A,D,H,I,K,L,M},{A,E,H,I,K,L,M},{B,D,F,H,I,K,L,M},{E,F,H,I,K,L,M},{B,D,G,H,I,K,L,M},{E,G,H,I,K,L,M},{B,C,D,F,J},{C,E,F,J},{B,C,D,G,J},{C,E,G,J},{A,D,H,J},{A,E,H,J},{B,D,F,H,J},{E,F,H,J},{B,D,G,H,J},{E,G,H,J}}
- 14) {{B,C,D,F,I,K,L,M},{C,E,F,I,K,L,M,N},{B,C,D,G,I,K,L,M},{C,E,G,I,K,L,M,N},{A,D,H,I,K,L,M},{A,E,H,I,K,L,M},{B,D,F,H,I,K,L,M},{E,F,H,I,K,L,M,N},{B,D,G,H,I,K,L,M},{E,G,H,I,K,L,M,N},{B,C,D,F,J},{C,E,F,J,N},{B,C,D,G,J},{C,E,G,J,N},{A,D,H,J},{A,E,H,J,N},{B,D,F,H,J},{E,F,H,J,N},{B,D,G,H,J},{E,G,H,J,N}}

Graphe d'incompatibilité

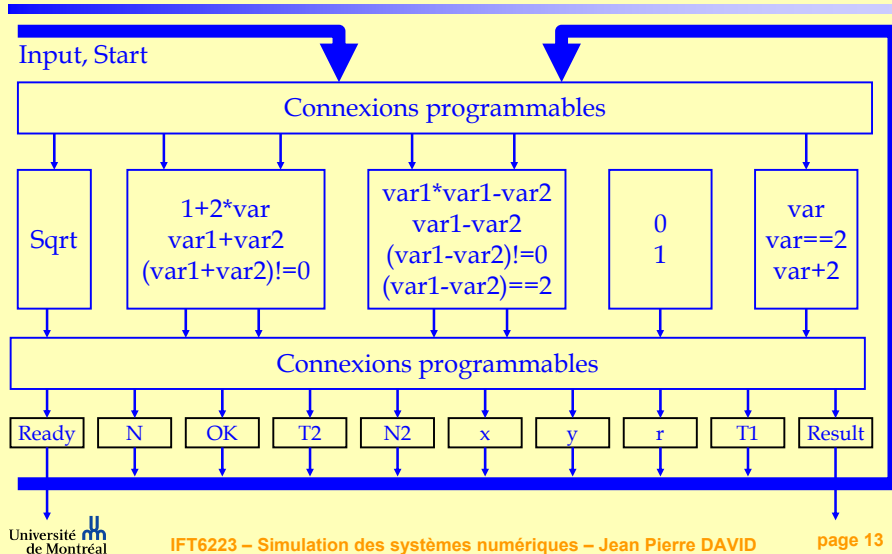


Couverture empirique

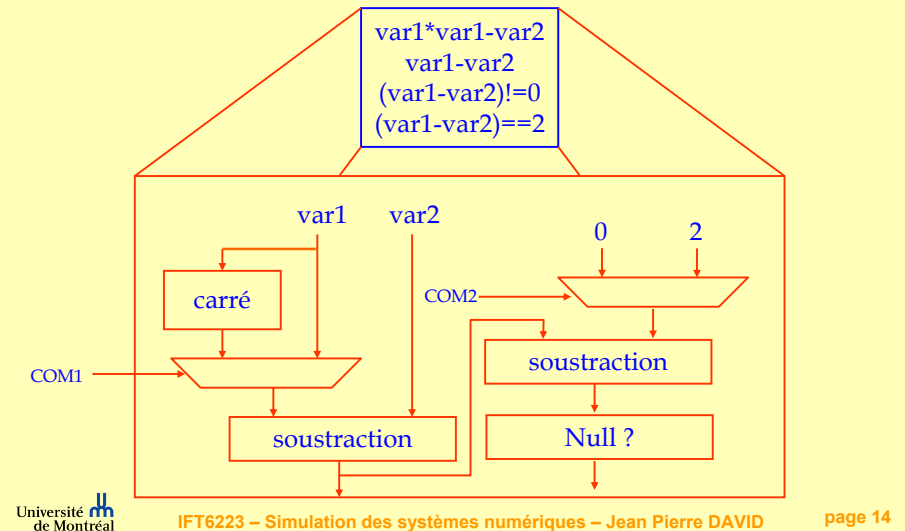


- 1 La racine carrée seule : D
- 2 Les additions : F, I, J, K
soit : I,K,F
- 3 Les soustractions : G,H,L,M
soit G,H,L,M
- 4 Les constantes : A,E,N
- 5 Le reste : B,C,J

Une première optimisation



Implémentation des mini-ALU



Implémentation des mini-ALU (VHDL)

```

Signal sqr : std_logic_vector(31 downto 0);
Signal mux1 : std_logic_vector(31 downto 0);
Signal mux2 : std_logic_vector(31 downto 0);
Signal tmp1 : std_logic_vector(31 downto 0);
Signal tmp2 : std_logic_vector(31 downto 0);

Sqr<=var1*var1;
With com1 select
    mux1<= sqr when '0',
           var1 when '1';
Tmp1<=mux1-var2;
With com2 select
    mux2<= conv_std_logic_vector(0,32) when '0',
           conv_std_logic_vector(2,32) when '1';
Tmp2<=Tmp1-mux2;
Result1<=Tmp1;
Result2<='1' when (Tmp2=0) else '0';
    
```