

Rekenschakelingen

- **Meestal aangewend in digitale computers**
 - optellers
 - optellers-aftrekkers
 - vermenigvuldigers
- **Vaak onderdeel van een grotere rekeneenheid**
 - ALU (Arithmetic and Logical Unit)

Rekenschakelingen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

HALF-ADDER

- **Realiseert het optellen van 2 bits**
- **resulteert in**
 - SOM bit (EXOR)
 - CARRY bit (AND)

$$\begin{aligned}
 0 + 0 &= 0 \\
 0 + 1 &= 1 \\
 1 + 0 &= 1 \\
 1 + 1 &= 0 + \text{carry}
 \end{aligned}$$

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

2 poorten, elke uitgang heeft 1 poortvertraging

Σ (sigma) = som
CO = Carry Out
HA = Half-Adder

Rekenschakelingen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

FULL-ADDER

- Telt niet alleen twee bits met elkaar op, maar houdt hierbij ook nog rekening met een eventueel binnenkomende carry (als resultaat van een optelling van lagere orde)
- Moet dus eigenlijk drie bits met elkaar kunnen optellen
- De drie binnenkomende bits zijn gelijkwaardig
- CI = Carry In
- CO = Carry Out
- FA = Full-Adder

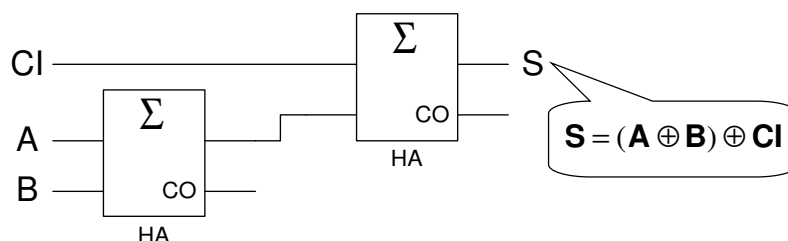
Ci	A	B	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Rekenschakelingen

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

FULL-ADDER

- Principe voor het optellen van drie bits:
 - tel eerst twee bits met elkaar op (= half-adder)
 - tel de derde bit op met de verkregen (tussen)som (= tweede half-adder)
 - op deze manier wordt de sombit S van de full-adder gegenereerd



Rekenschakelingen

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

FULL-ADDER

- Genereren van de CARRY-OUT bij een Full-Adder:

CI	A	B	S	CO
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

- Uit waarheidstabel:

$$CO = \bar{C}I.A.B + C\bar{I}.\bar{A}.B + C\bar{I}.A.\bar{B} + C\bar{I}.A.B$$

$$CO = A.B + C\bar{I}.(\bar{A}.B + A.\bar{B})$$
- Hierin is:
 - » $A.B$ de carry uit de eerste HA
 - » $\bar{A}.B + A.\bar{B} = A \oplus B$ de tussensom uit de eerste HA
 - » bijgevolg is $C\bar{I}.(\bar{A}.B + A.\bar{B})$ de carry-out van de tweede HA
- CO is dus de OR-functie van de twee 'tussen-carries'

Rekenschakelingen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

FULL-ADDER

- Globale FULL-ADDER schakeling:

CI —

A —

B —

Σ

CO

HA

Σ

CO

HA

≥1

CO

S

CO

A —

B —

CI —

Σ

CO

IEC-symbool

Merk op:
De OR-functie mag ook een EXOR zijn (de twee tussen-carries kunnen nooit gelijktijdig 1 zijn)

5 basispoorten
S heeft 2 poortvertragingen (1 t.o.v. CI)
CO heeft 3 poortvertragingen (2 t.o.v. CI)

Rekenschakelingen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

Parallel opteller met carry save (N-bits)

- Carry wordt niet doorgegeven aan de volgende bit
- 3N ingangen
- 2N uitgangen
- Het resultaat is nog niet de werkelijke som
- Vertraging is niet afhankelijk van het aantal bits
 - snelle opteller

74LS183

Rekenschakelingen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

Parallel opteller met carry ripple

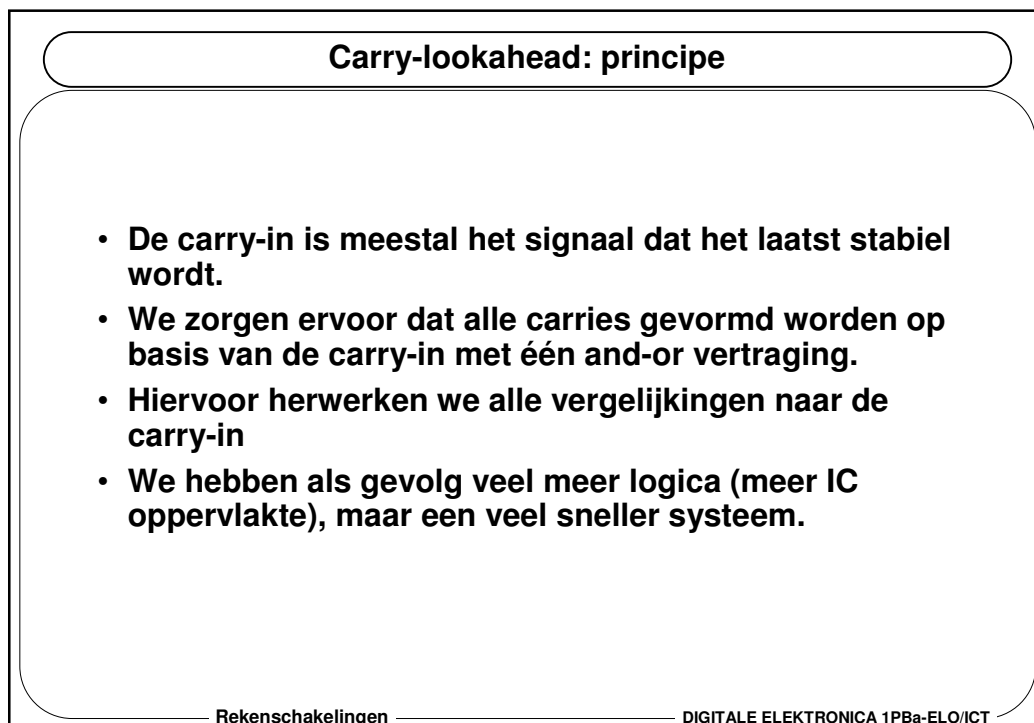
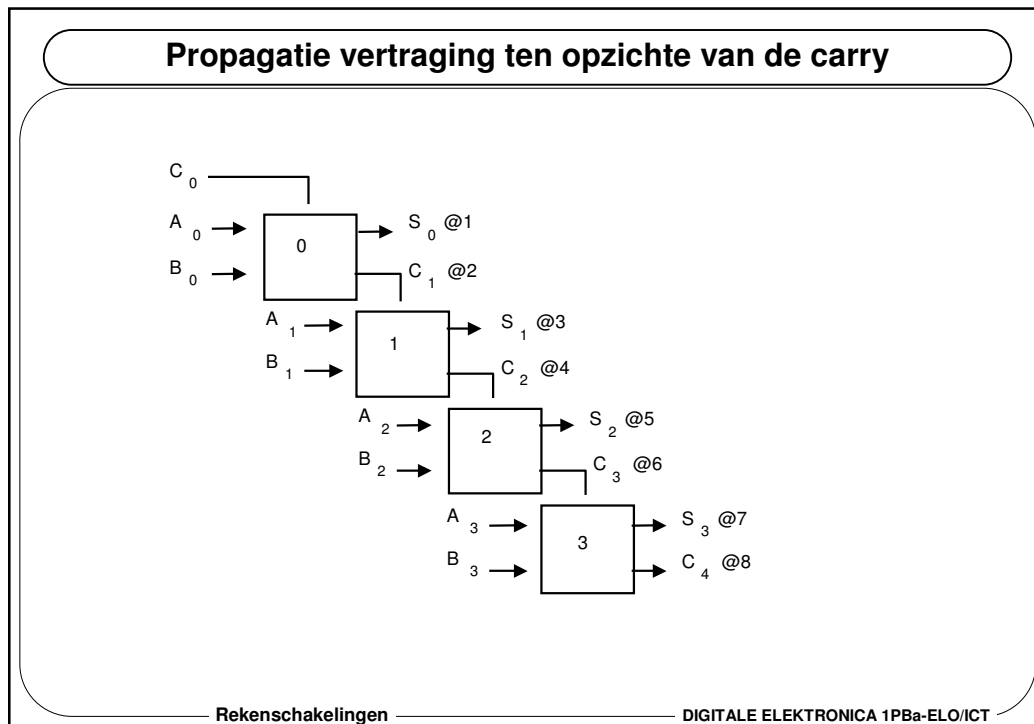
Optelling van twee getallen van elk 4 bits

A	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	
+B	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	
S	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀

Principe optelling gelijkaardig aan decimale optelling:
begin bij minst-beduidende bits en geef eventuele carry door naar hogere orde

Vertraging van de laatste Carry-out is groot

Rekenschakelingen DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT



Carry-lookahead: uitwerking

$$C_0 = A_0 \cdot B_0 + C_i \cdot (A_0 \oplus B_0)$$

$$C_1 = A_1 \cdot B_1 + C_0 \cdot (A_1 \oplus B_1)$$

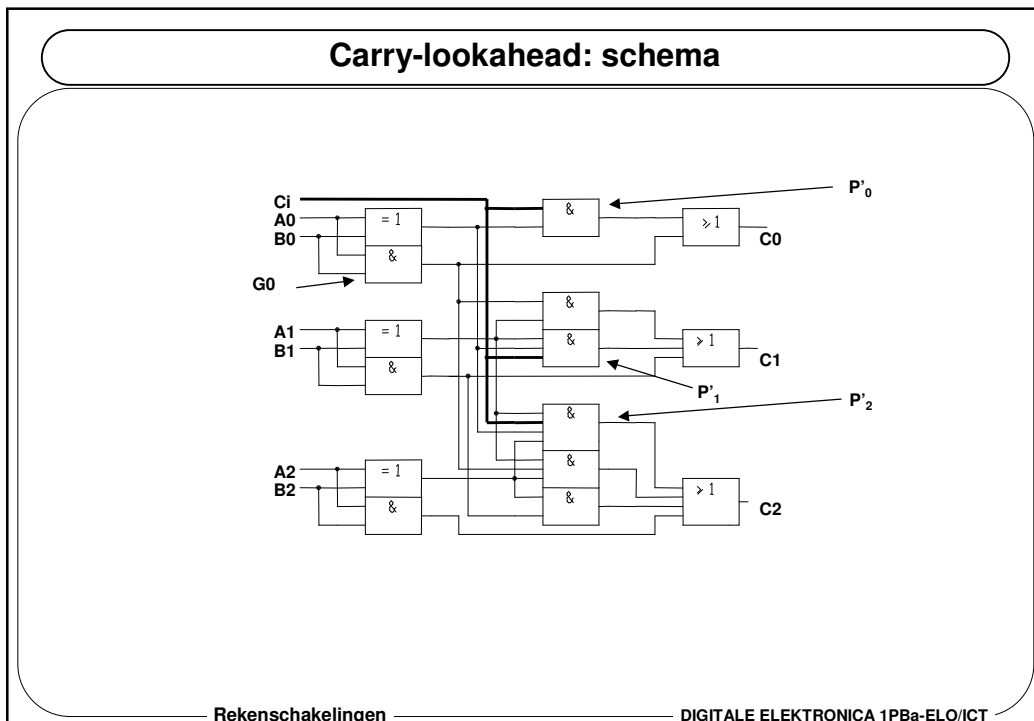
$$C_2 = A_2 \cdot B_2 + C_1 \cdot (A_2 \oplus B_2)$$

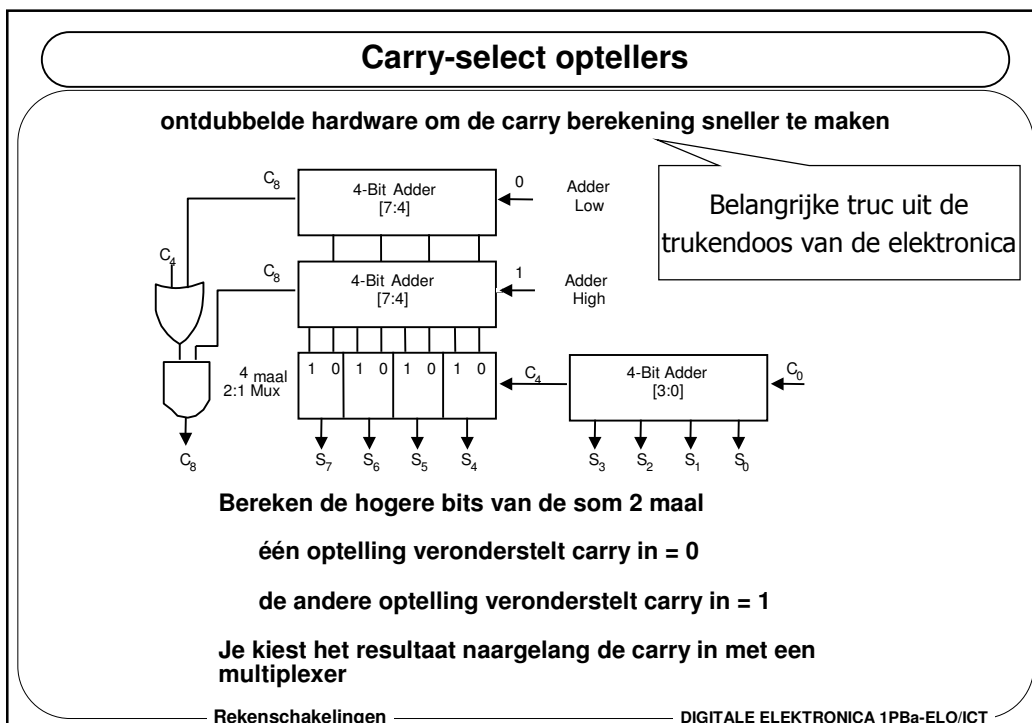
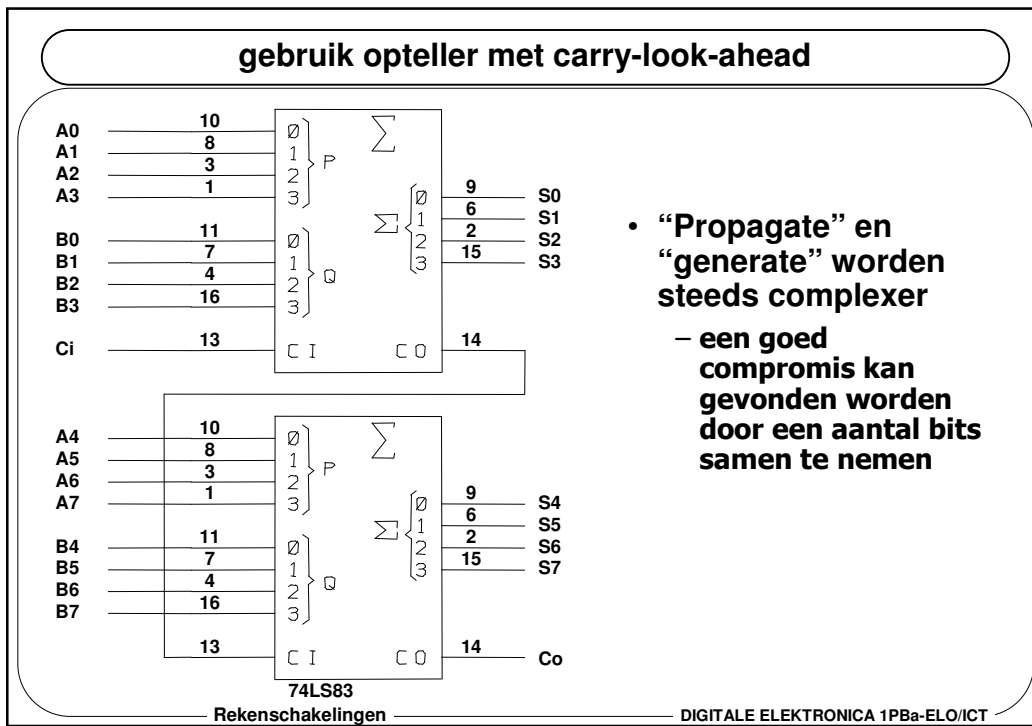
Propagate (P_i) en Generate (G_i)
 termen worden gemaakt van de
 input data
 Een binnenkomende C_i levert
 snel alle C_s

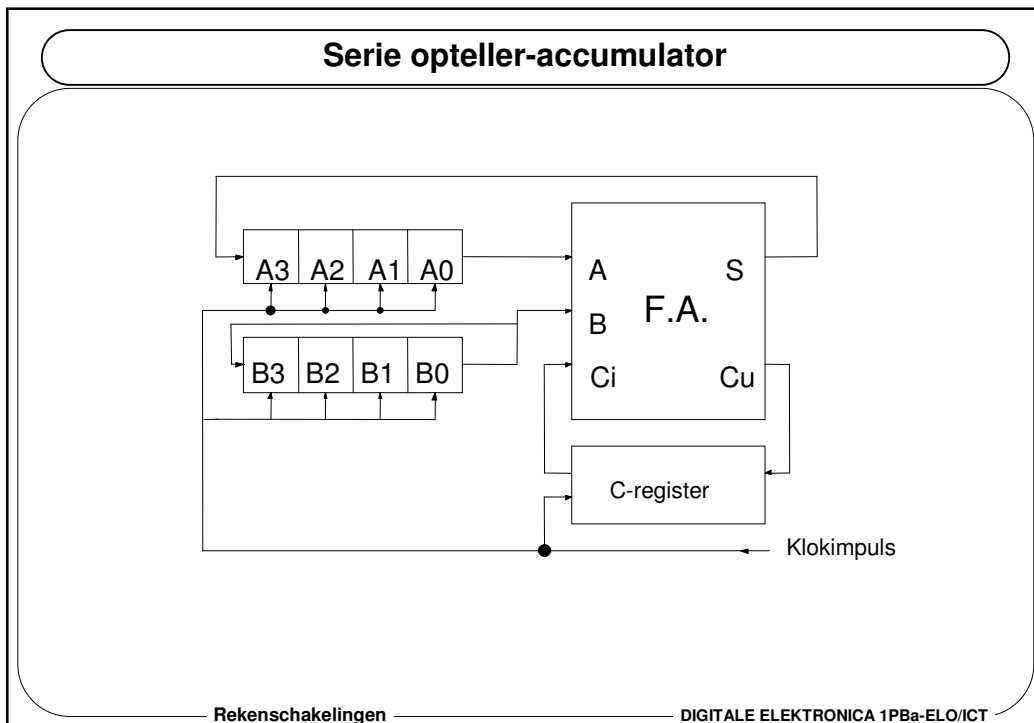
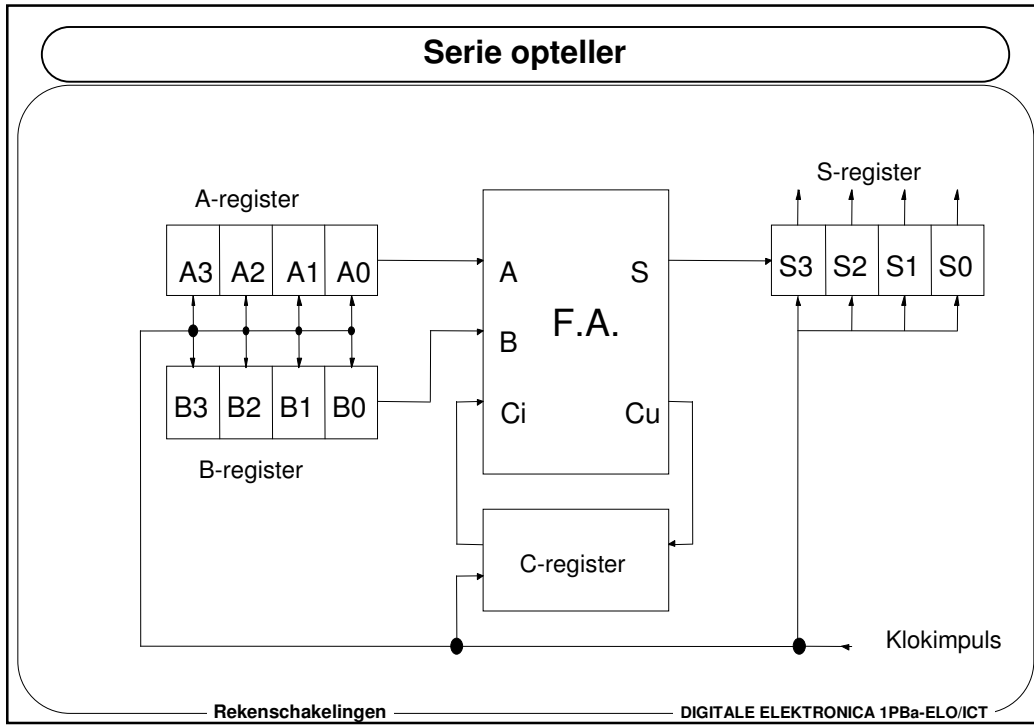
$$C_1 = \underbrace{A_1 \cdot B_1 + A_0 \cdot B_0 \cdot (A_1 \oplus B_1)}_{G'_1 = G_1 + G_0 P_1} + \underbrace{C_i \cdot (A_0 \oplus B_0) \cdot (A_1 \oplus B_1)}_{P'_1 = P_0 P_1}$$

$$C_2 = \underbrace{A_2 \cdot B_2 + A_1 \cdot B_1 \cdot (A_2 \oplus B_2) + A_0 \cdot B_0 \cdot (A_1 \oplus B_1) \cdot (A_2 \oplus B_2)}_{G'_2} + \underbrace{C_i \cdot (A_0 \oplus B_0) \cdot (A_1 \oplus B_1) \cdot (A_2 \oplus B_2)}_{P'_2}$$

Rekenschakelingen
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT







BCD opteller

- **Wordt gerealiseerd aan de hand van een gewone 4-bit opteller met de volgende correcties**
 - Een carry wordt gegenereerd als het bekomen getal groter is dan 9 (in plaats van als het groter is dan 15)
 - Als de som groter is dan 9 (indien er een carry overgedragen wordt) moeten we 10 aftrekken van de som. Dit komt op hetzelfde neer als er 6 bij optellen (4-bit opteller)

$$N = \Sigma_3 \cdot \Sigma_2 + \Sigma_3 \cdot \Sigma_1 + \Sigma_4$$

$$= \Sigma_3 \cdot (\Sigma_2 + \Sigma_1) + \Sigma_4$$

		00	01	11	10
10	00	0	4	12	8
01	1	5	13	9	
11	3	7	15	11	
10	2	6	14	10	

Rekenschemingen
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

