

## Foutdetectie

### Toenemend belang van foutdetectie

- We verwachten steeds meer van digitale systemen.
- Steeds meer signalen  $\Rightarrow$  steeds meer storingen
- Steeds hogere frequentie  $\Rightarrow$  steeds hogere gevoeligheid aan storingen
- Foutdetectie en foutcorrectie zijn enkel maar mogelijk in digitale systemen.
- We moeten steeds extra informatie voorzien om de fout te kunnen detecteren/corrigeren.

Foutdetectie

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

## Foutdetectie en -correctie technieken


- **Pariteit**
  - Even en oneven pariteit
  - longitudinale en verticale pariteit
- **Hamming code**
- **Cyclic Redundancy Check (CRC) code**

Toenemende  
complexiteit

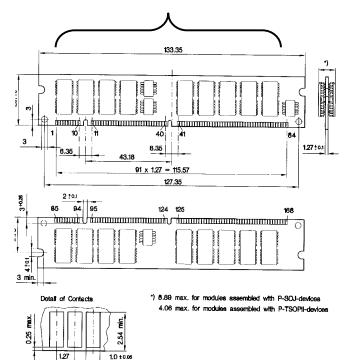
Foutdetectie

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

**Voorkomen foutdetectie-technieken**

- **Pariteit**
  - interfacing
    - » tussen de computer en de printer
    - » tussen de computer en een modem
    - » tussen meettoestellen onderling
  
- **RAM**
  - » bv DRAM bus breedte 36 bits (4\* (8+1) bits) voor een 72 pins SIMM (Single In line Memory Module)
  - » bv DRAM bus breedte 72 bits (8\* (8+1) bits) voor een 168 pins DIMM (Dual In line Memory Module) 
  
- ...

9 ICs = 8+1 bits



Foutdetectie
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

**Voorkomen foutdetectie-technieken (2)**

- **Hamming**
  - opslag magnetisch media
    - » Floppy disk (verschil geformateerd 1.4 Mb ↔ ongeformateerd 2 Mb)
  - ...
  
- **Cyclic Redundancy Check (CRC)**
  - voornamelijk communicatie over lange afstanden
  - ...

Foutdetectie
DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Eenvoudige pariteitscontrole

- **Aan de zenzijde wordt een pariteitsbit gevormd door een pariteitsgenerator**
- **Aan de ontvangstzijde wordt de overgezonden pariteit vergeleken met de pariteit van het bekomen woord (door de parity-checker)**
- **Wanneer er een verschil is tussen beide is er een transmissie fout opgetreden.**
- **Eventueel kan er gevraagd worden de data nog eens over te zenden.**
  - Dit kan enkel als er tweerichtingscommunicatie is

Foutdetectie

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Even en oneven pariteit

- **Even pariteit**
  - Het totaal aantal 1<sup>jes</sup> in de data bits plus de pariteitsbit is even
- **Oneven pariteit**
  - Het totaal aantal 1<sup>jes</sup> in de data bits plus de pariteitsbit is oneven
- **Belangrijk dezelfde pariteit in te stellen bij beide toestellen die communiceren.**
  - RAM (in de BIOS van de computer)
  - Meettoestellen (in de set-up of aan de hand van switches)

Foutdetectie

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Generatie van de pariteit

- **Even pariteit**
  - De EXOR van alle data bits
  - De EXOR van alle data bits en één '0'
- **Oneven pariteit**
  - De inverse van de EXOR van alle data bits
  - De EXOR van alle data bits en één '1'

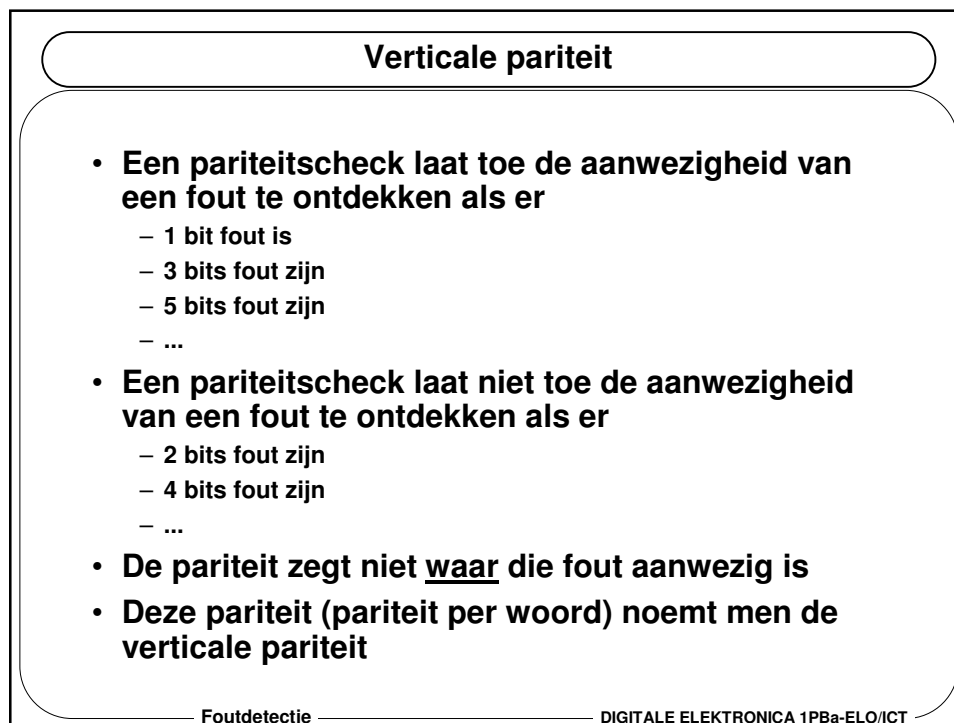
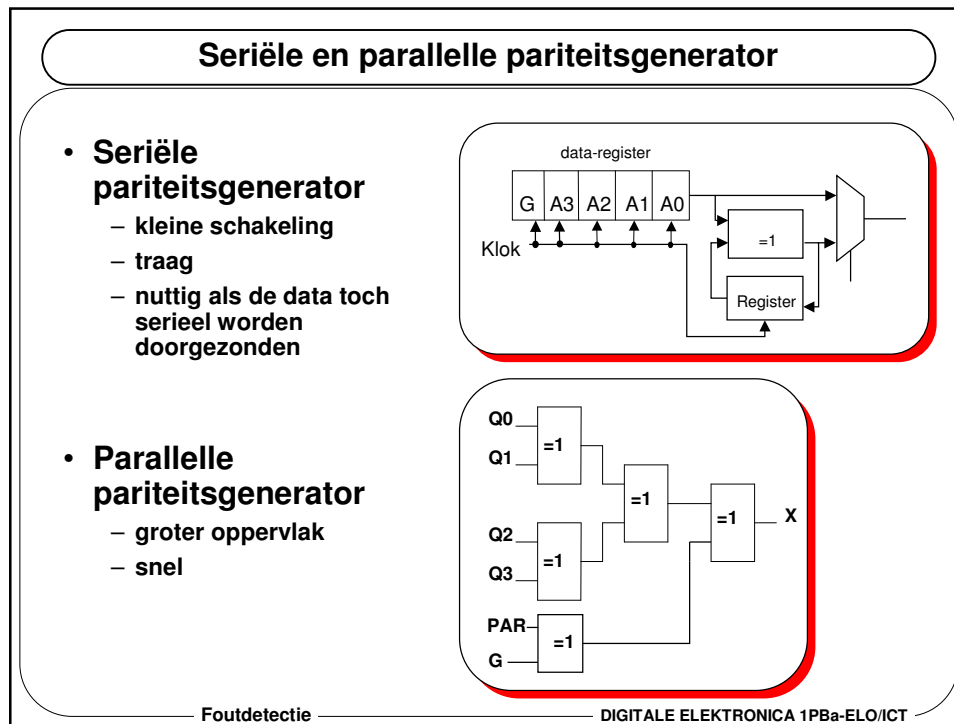
Een EXOR meer, maar flexibele instelling: G bit

Foutdetectie DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Controle van de pariteit

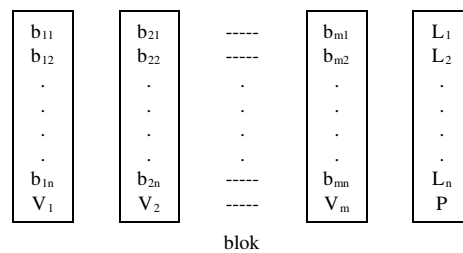
- **Controle geeft**
  - '1' indien fout
  - '0' indien geen fout
- **Even pariteit**
  - De EXOR van alle data bits en de pariteitsbit
  - De EXOR van alle data bits, de pariteitsbit en één '0'
- **Oneven pariteit**
  - De inverse van de EXOR van alle data bits en de pariteitsbit
  - De EXOR van alle data bits, de pariteitsbit en één '1'

Foutdetectie DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT



### Verticale en longitudinale pariteit

- **Na het doorsturen van een blok voegt men een controle woord toe**
  - elke bit hierin is de pariteit van alle bits op deze plaats.
  - Dit controle woord noemt men de longitudinale pariteit
- **Wanneer er één fout is opgetreden zegt**
  - de verticale pariteit in welk woord de fout is opgetreden
  - de longitudinale pariteit op welke plaats de fout is opgetreden
  - de combinatie van beide laat toe te bepalen waar de fout is opgetreden en deze fout te corrigeren.
- **Verticale en longitudinale pariteit laat toe**
  - één bit fouten te vinden én te corrigeren
  - twee of meer bit fouten te detecteren (maar niet te corrigeren)



Foutdetectie

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Hamming codes

- **We voegen meer bits toe (redundante bits) om toe te laten de data te corrigeren**
- **Voor een 8-bit woord: 5 pariteitsbits**
- **Voor een 16-bit woord: 6 pariteitsbits**
- **Alle één bit fouten worden gedetecteerd en gecorrigeerd**
- **Alle twee bit fouten worden gedetecteerd**

Foutdetectie

DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### 8-bit Hamming code

- **Zendzijde:**
  - elke controle bit (CB) is de EXOR van 4 of 5 data bits
  - elke data bit komt in exact 3 CB voor
- **Ontvangstzijde:**
  - De uit de ontvangen data gegenereerde controle bits vergelijken met de ontvangen controle bits (door nog een exor)
  - Een fout in de doorgestuurde data bits (DB) levert exact 3 signaalbits op waaruit kan bepaald worden welke DB fout is.

ECC	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
CB0	X	X		X	X			
CB1	X		X	X		X	X	
CB2		X	X		X	X		X
CB3	X	X	X				X	X
CB4				X	X	X	X	X

Foutdetectie DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT

### Error syndroom tabel: Hamming codes

Plaats van de fout	$\Delta CB0$	$\Delta CB1$	$\Delta CB2$	$\Delta CB3$	$\Delta CB4$
geen fout					
DB0	X	X		X	
DB1	X		X	X	
DB2		X	X	X	
DB3	X	X			X
DB4	X		X		X
DB5		X	X		X
DB6		X		X	X
DB7			X	X	X
CB0	X				
CB1		X			
CB2			X		
CB3				X	
CB4					X
DB0,DB1		X	X		
DB0,DB2	X		X		
...					
CB1,CB2		X	X		

Verskil doorgezonden en berekende CB

Één fout in de data bits geeft 3 CB verschillen: Laat toe van de data bit aan te passen

Twee fouten in de data bits 2 of 4 CB verschillen: Laat niet toe van de data bit aan te passen

Foutdetectie DIGITALE ELEKTRONICA 1PBa-ELO/ICT