

Niet-lineair gedrag in een halfgeleider optische versterker en laser diode gebaseerd terugkoppelingsschema

Wouter D'Oosterlinck

Promotor: Prof. G. Morthier



Photonics Research Group



<http://photonics.intec.ugent.be>

Overzicht van de presentatie

- Reden van het onderzoek
- Doel van dit werk
- Resultaten
- Besluit

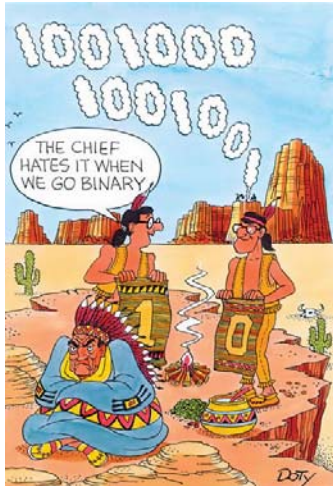
Overzicht van de presentatie

- **Reden van het onderzoek**
- **Doel van dit werk**
- **Resultaten**
- **Besluit**

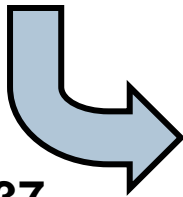
Telecommunicatie

Telecommunicatie is het overbrengen van informatie van de ene plek naar een andere zonder dat iets of iemand zich fysiek daar naartoe verplaatst

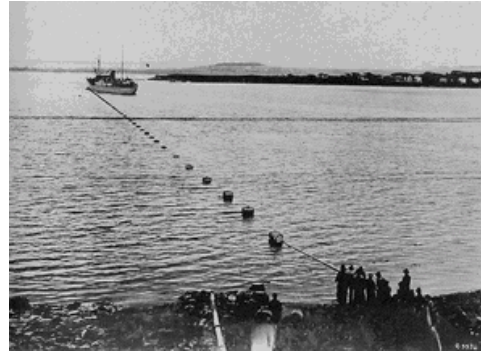
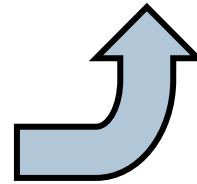
Telecommunicatie: geschiedenis



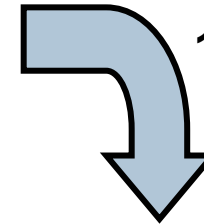
1837



1866



1876



1969



Telecommunicatie: evolutie



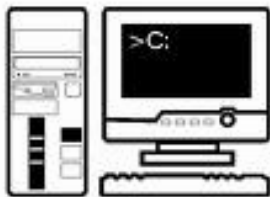
1876: eerste telefoon



1900: 1 miljoen telefoons



**Nu : 4 miljard telefoons
Met steeds meer functies**



**1969: eerste netwerk
ARPANET**



**1991: World Wide Web
(WWW)**

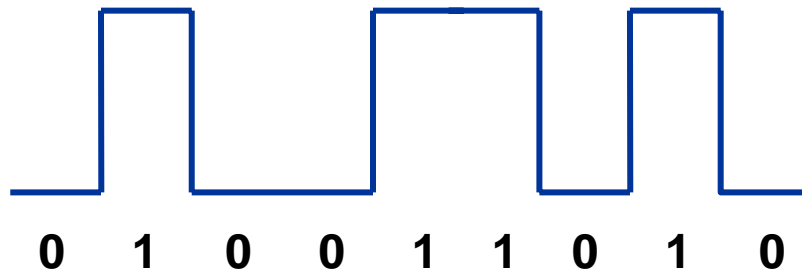


Nu: 1.2 miljard gebruikers

0 of 1?

Informatie wordt meestal digitaal verzonden

0 of 1 (cf. Morse code, lang of kort)



Snelheid (bandbreedte) wordt weergegeven in
#bits/seconde

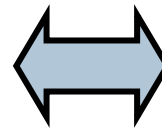
Geheugen: byte (=8bits)

Bandbreedte

GSM: 10kb/s-25kb/s

Youtube: 350kb/s

Digitale televisie: 4-15Mb/s



Coax kabel: 750Mb/s



Optische vezel: tot 1 Tbit/s en meer

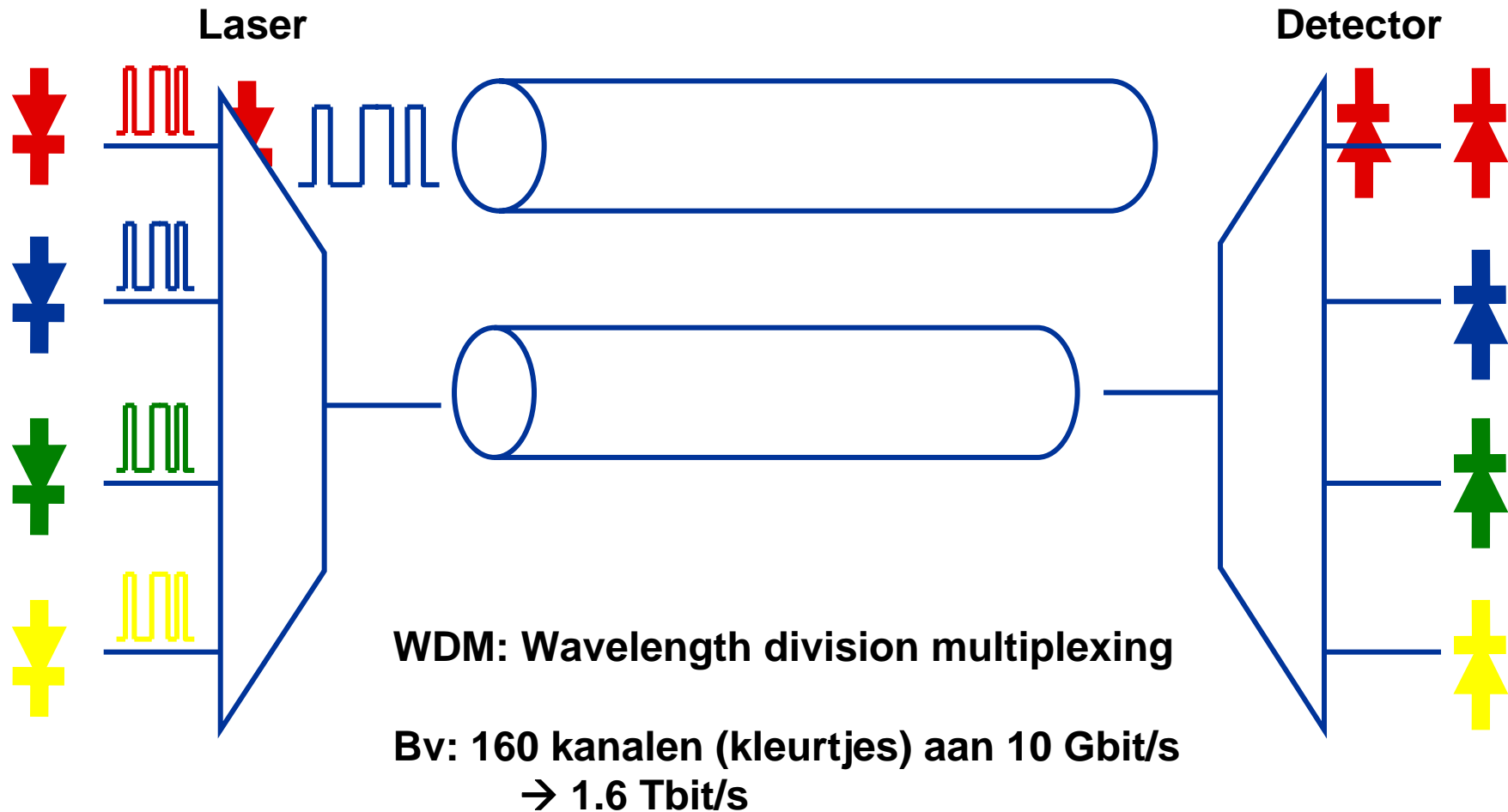


1kb/s= 1000 bits per seconde

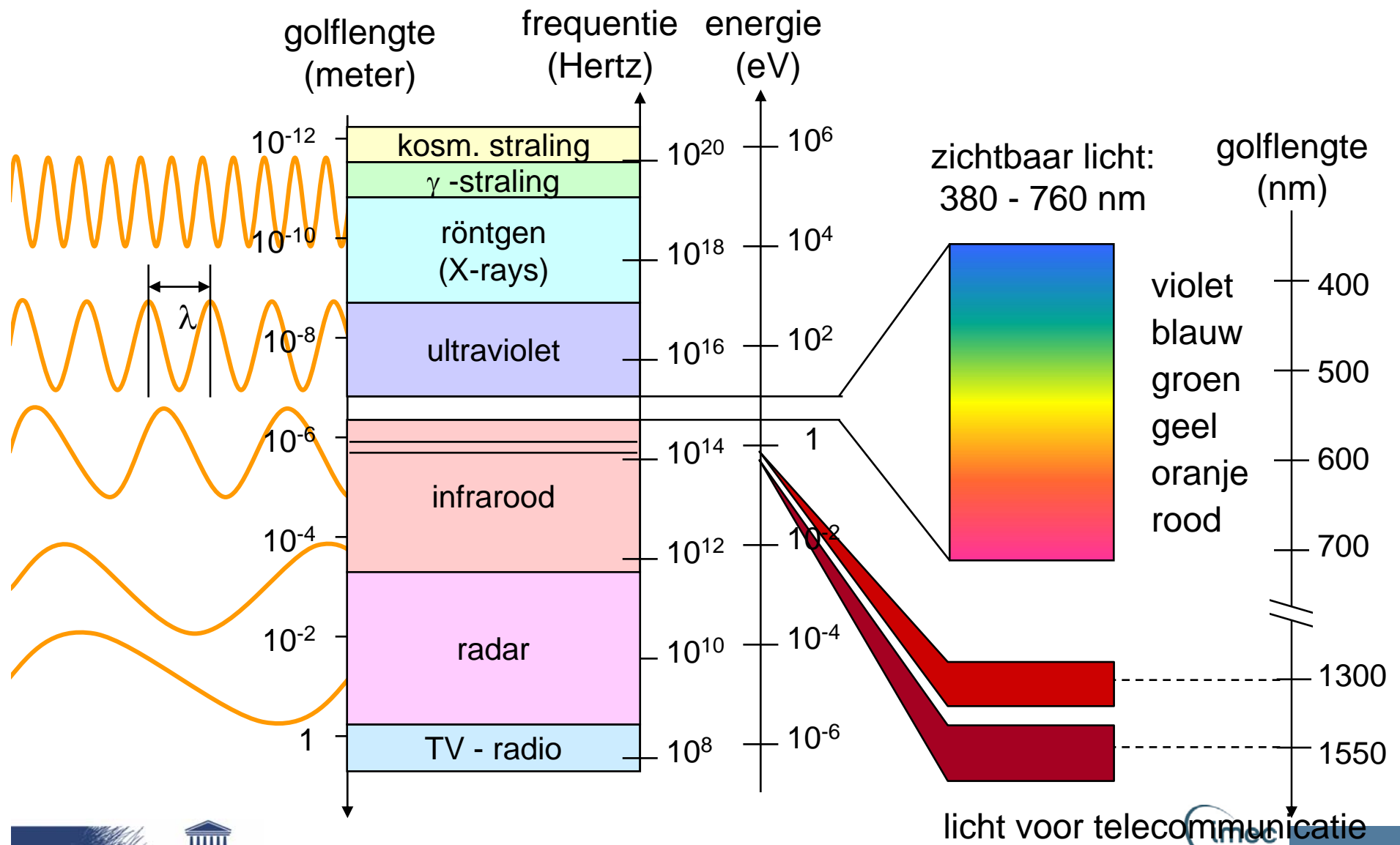
1Mb/s= 1 miljoen bits per seconde

1Tb/s= 1000 miljard bits per seconde

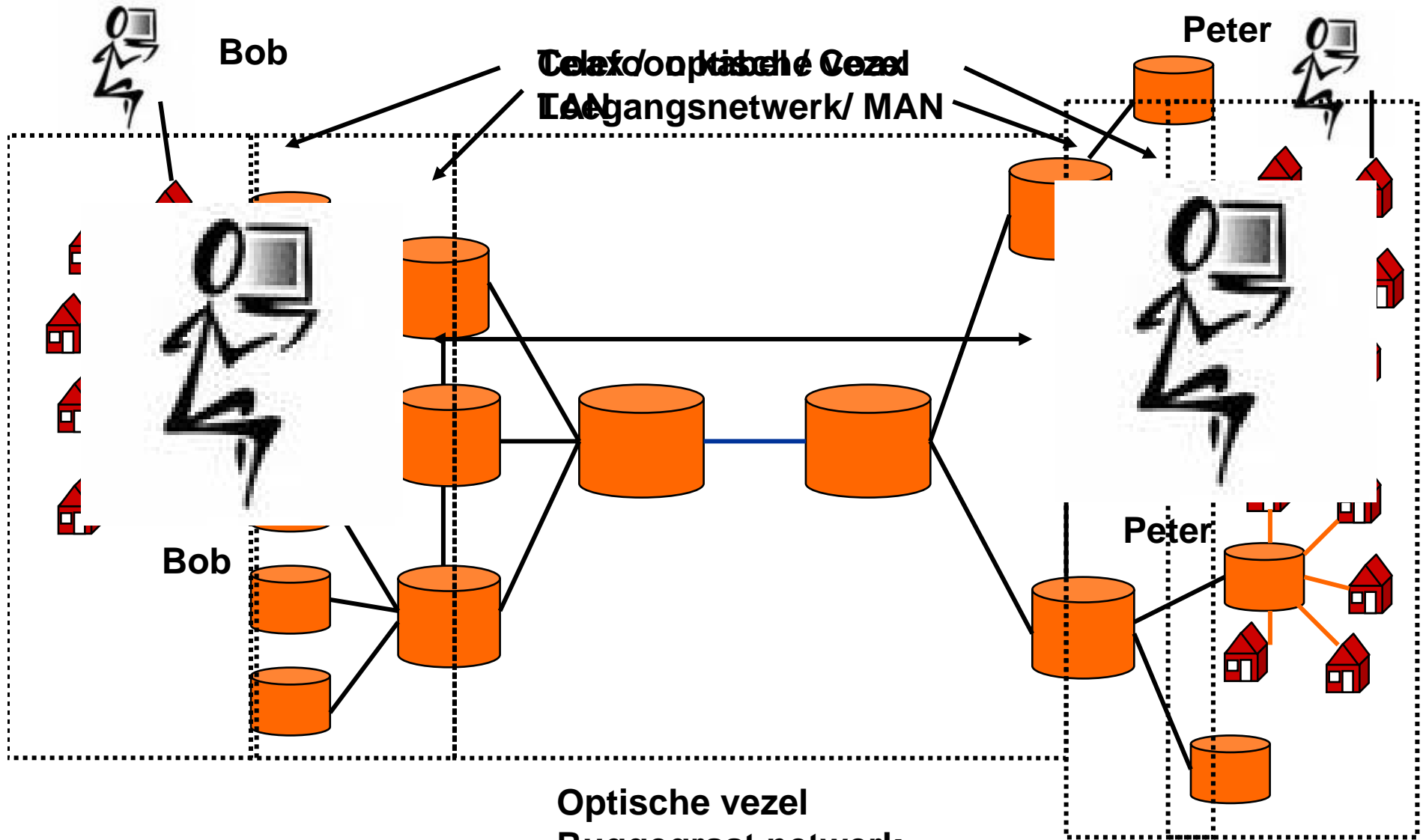
Optische vezel of glasvezel



“Licht” en golflengte

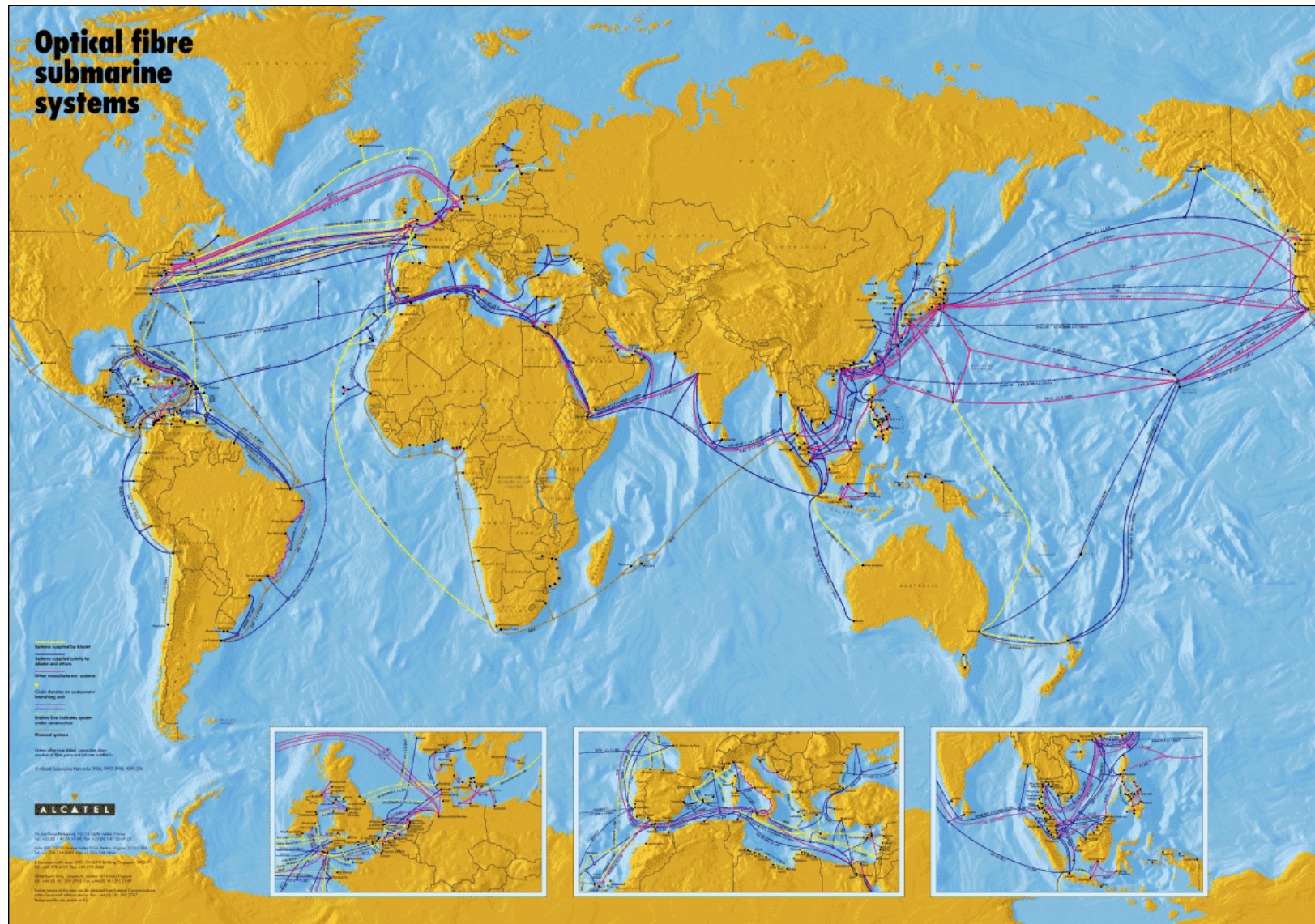


Telecommunicatie netwerk

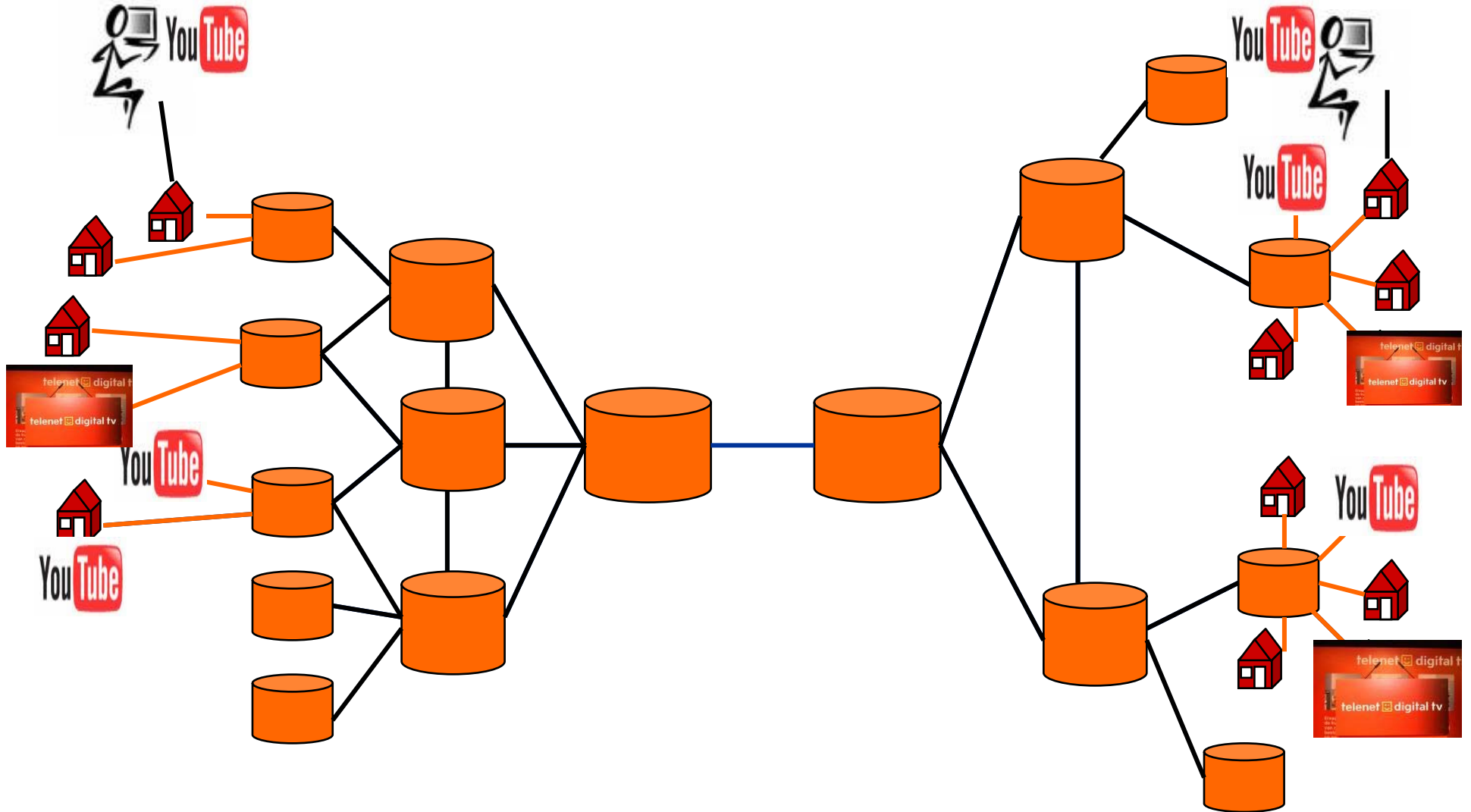


Optische vezel
Ruggeraat netwerk
Bv. Onderzeese verbindingen

Telecommunicatie netwerk

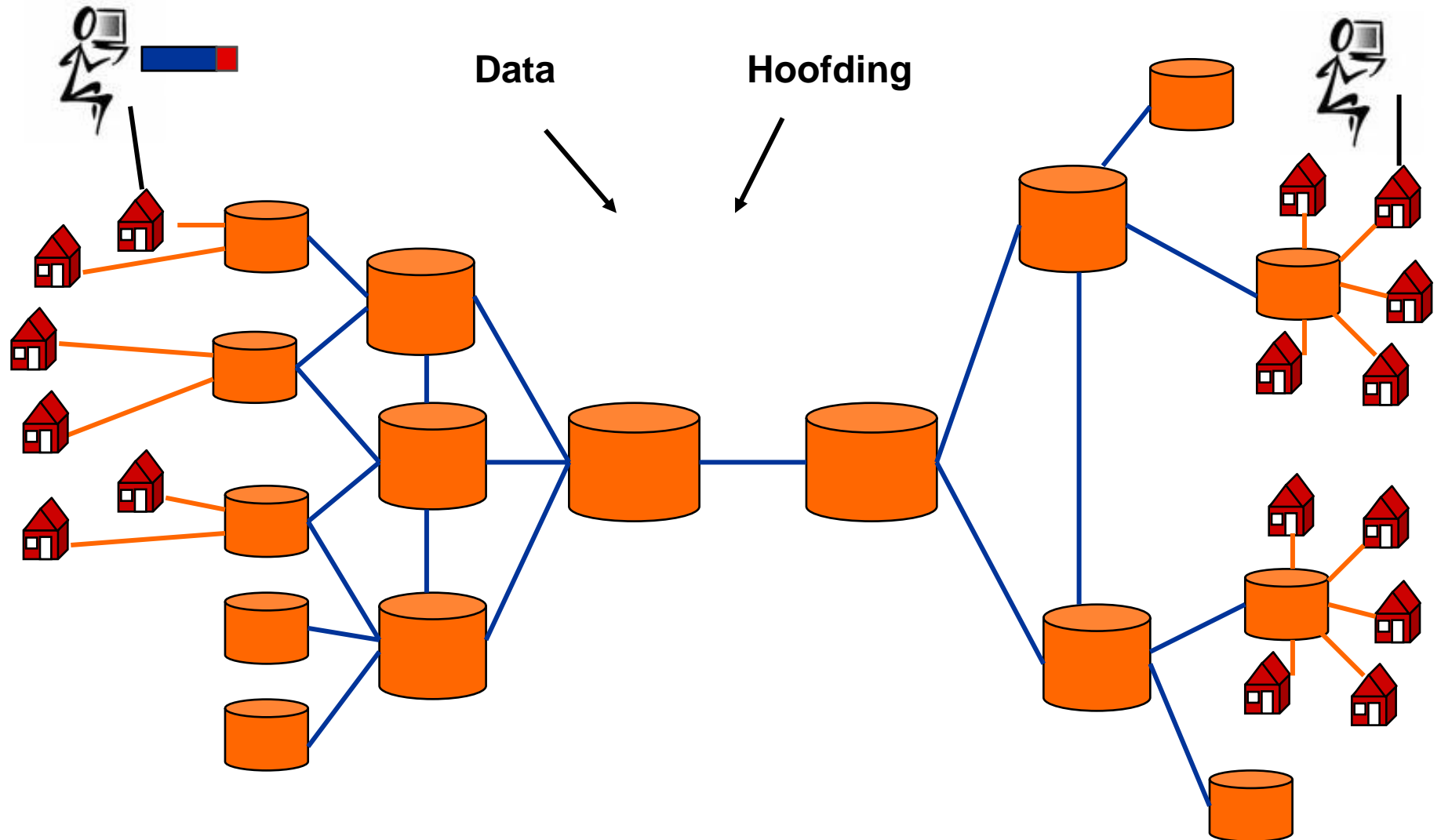


Telecommunicatie netwerk

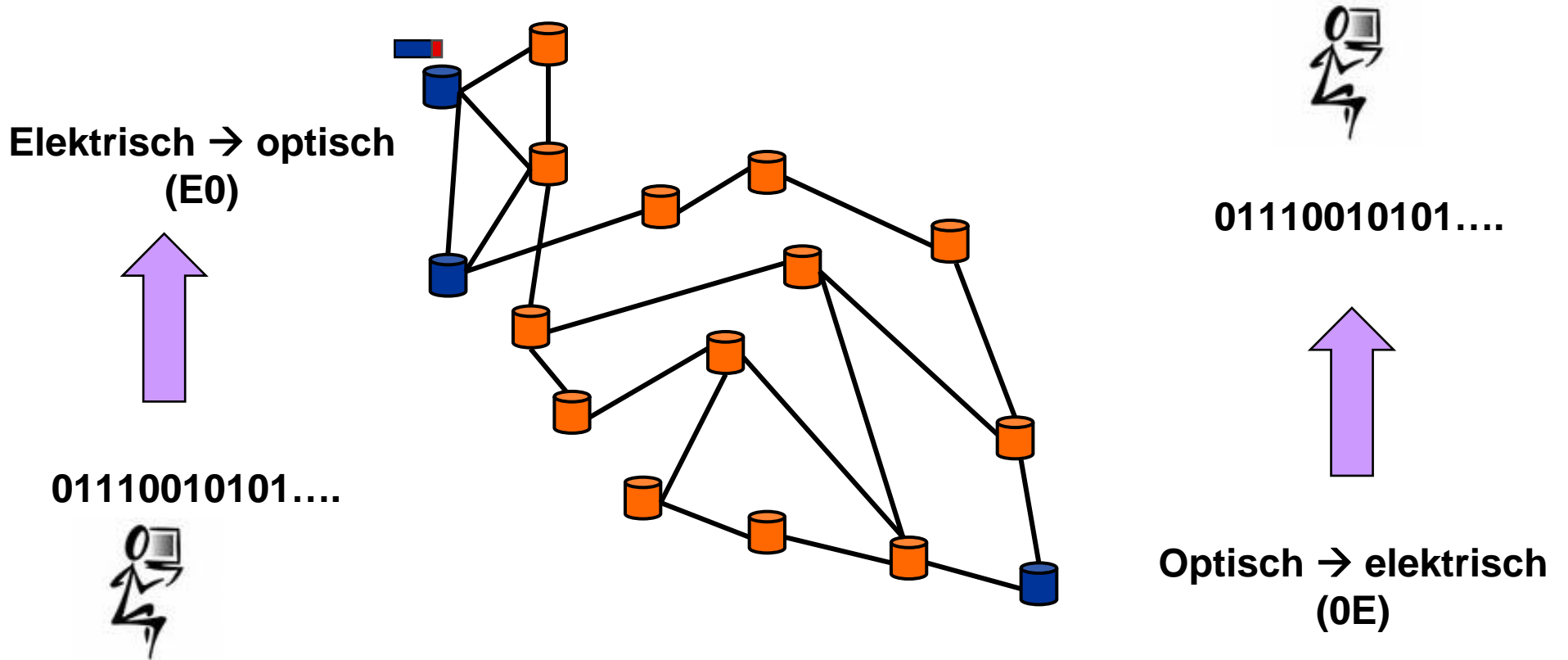


Optische vezel

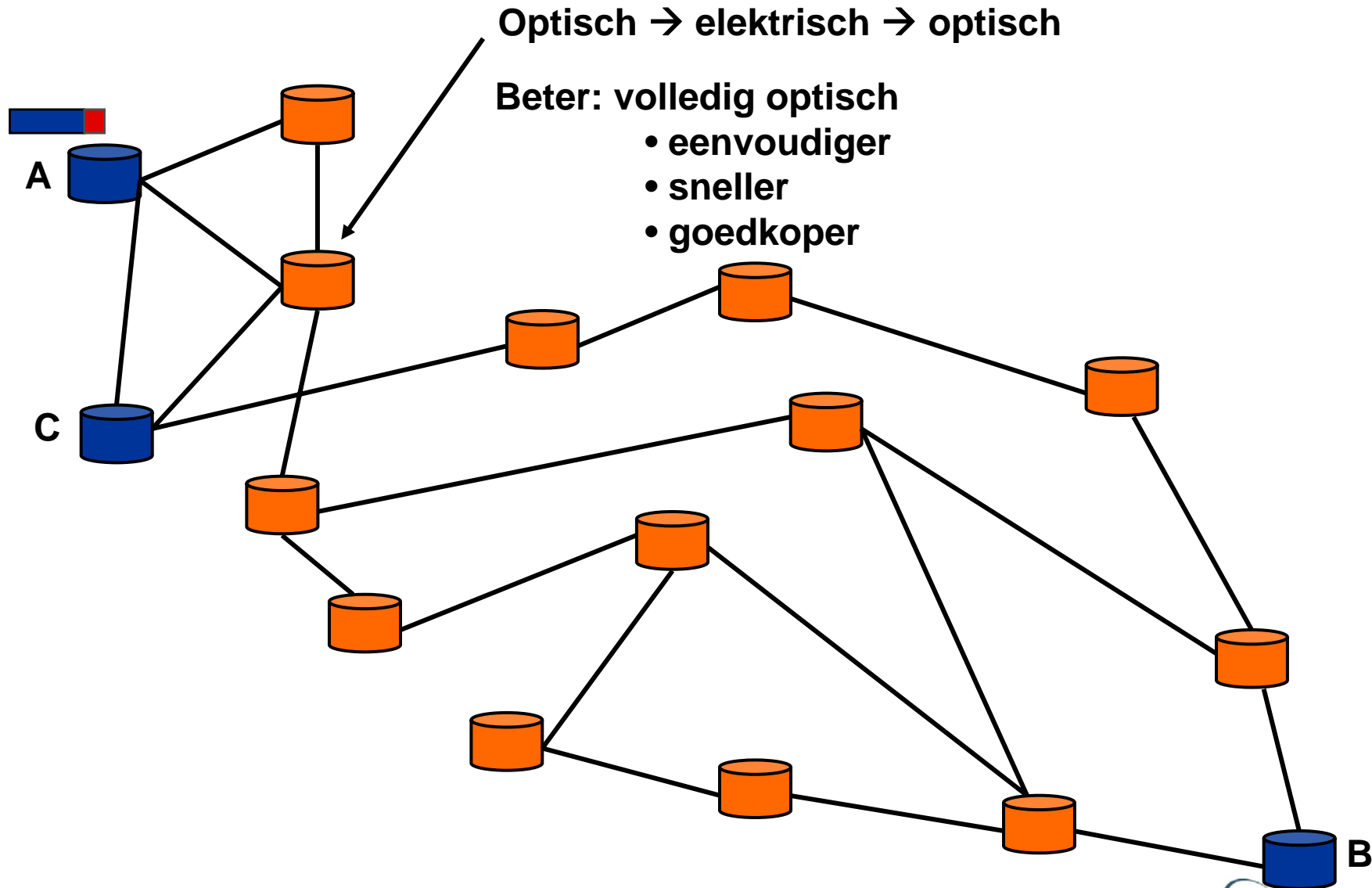
Telecommunicatie netwerk



Optisch of elektrisch?



Routing



Volledig optische netwerken

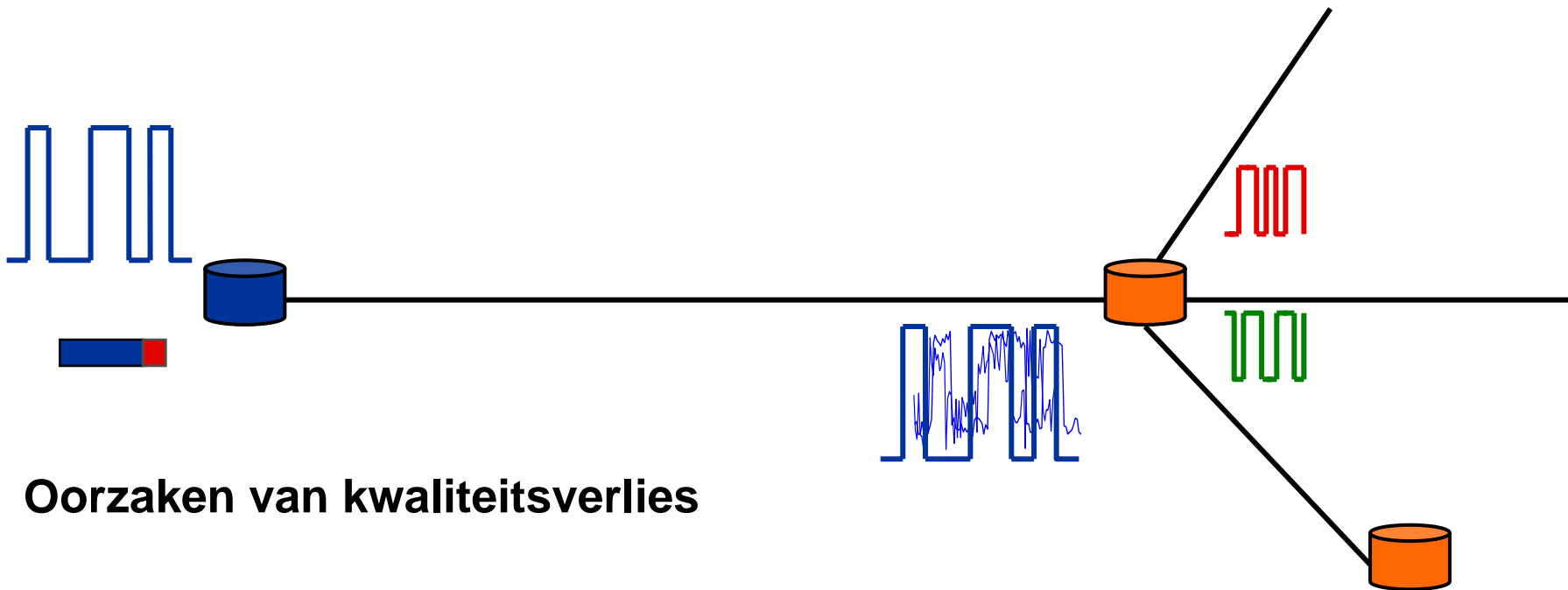
Alles moet optisch gebeuren: geen OEO omzettingen meer

- Regeneratie
- Golflengte omzetting
- Geheugen element
- Versterking
- Adres herkenning
- ...

Overzicht van de presentatie

- Reden van het onderzoek
- **Doel van dit werk**
- Resultaten
- Besluit

Regeneratie



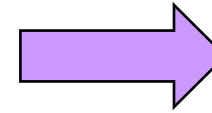
Oorzaken van kwaliteitsverlies

- verzwakking
- overspraak = verschillende signalen beïnvloeden elkaar
- ruis
- dispersie = verschillende snelheid voor verschillende golflengtes of frequentiecomponenten
- ...

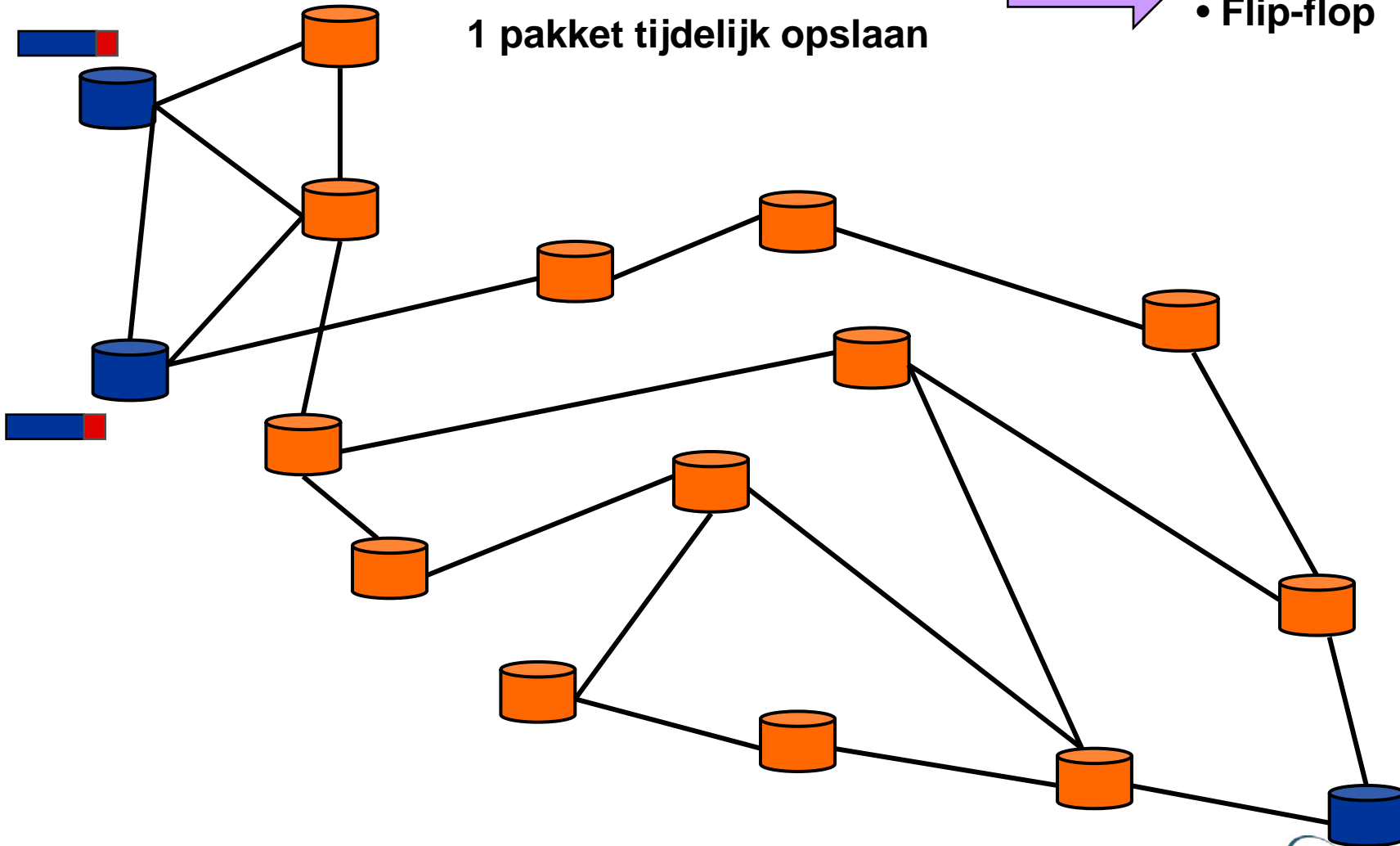
Geheugenelement

2 pakketten arriveren tegelijk

1 pakket tijdelijk opslaan

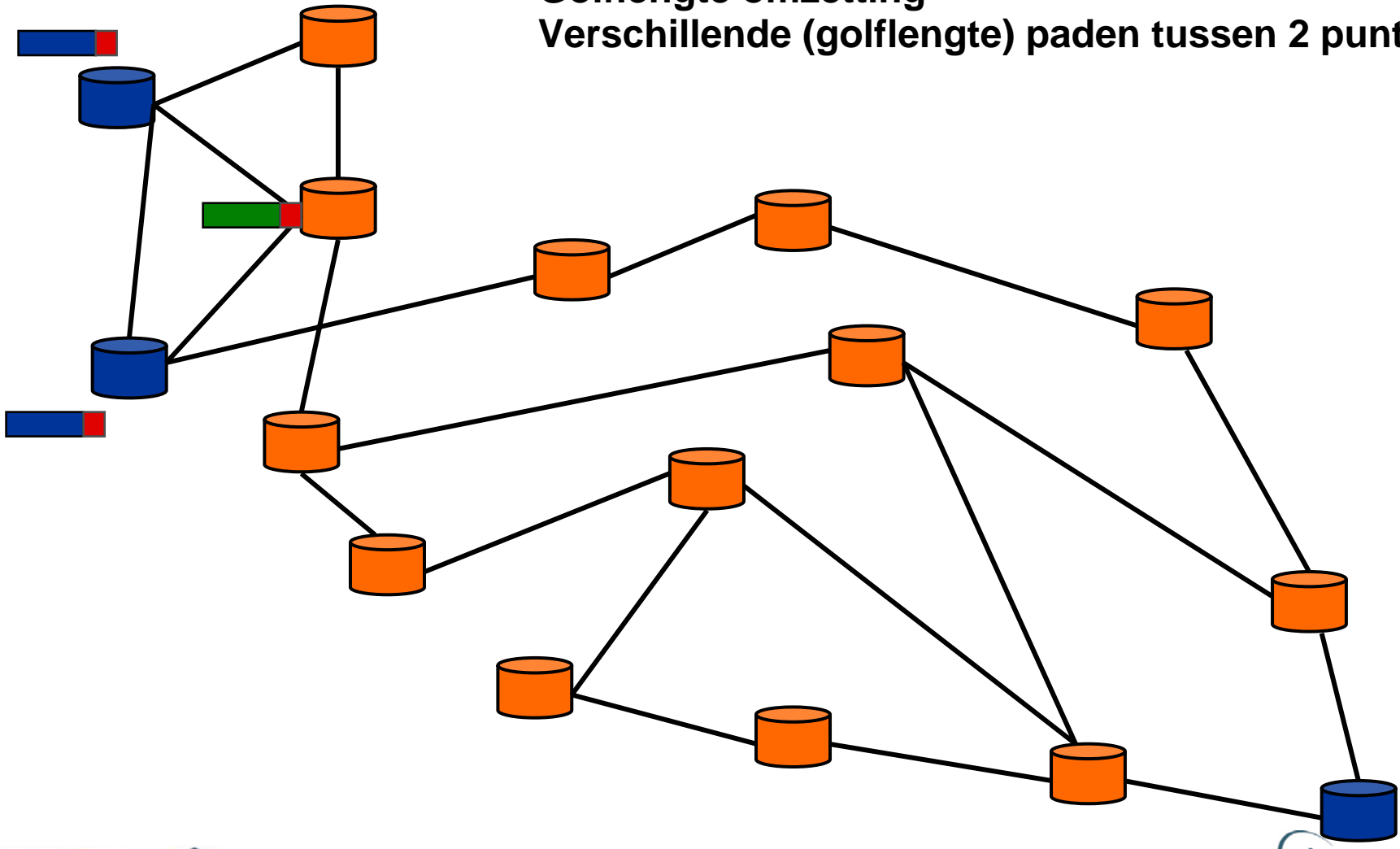


- Vertraginglijn
- Flip-flop



Golflengte omzetting

Elke optische vezel = verschillende golflengtes
Golflengte omzetting
Verschillende (golflengte) paden tussen 2 punten

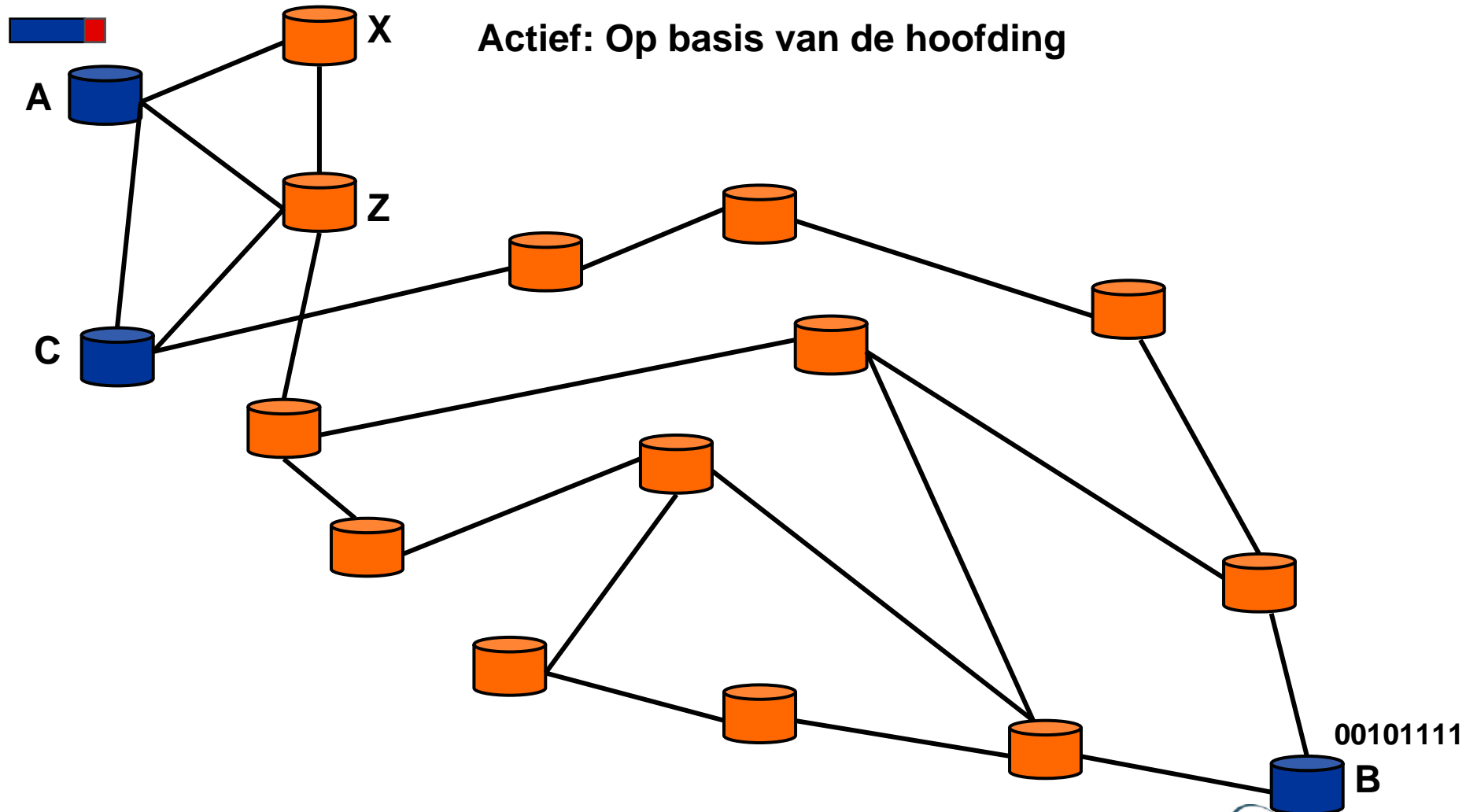


Routing

10101011 → X
10101111 → C
00101111 → Z

Passief: Op basis van de golflengte (kleur)

Actief: Op basis van de hoofding



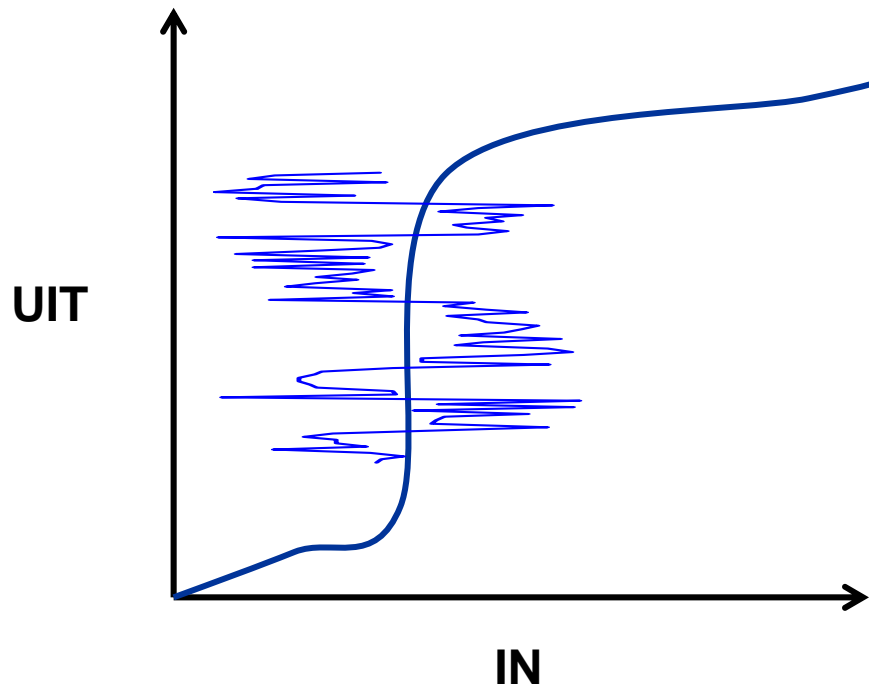
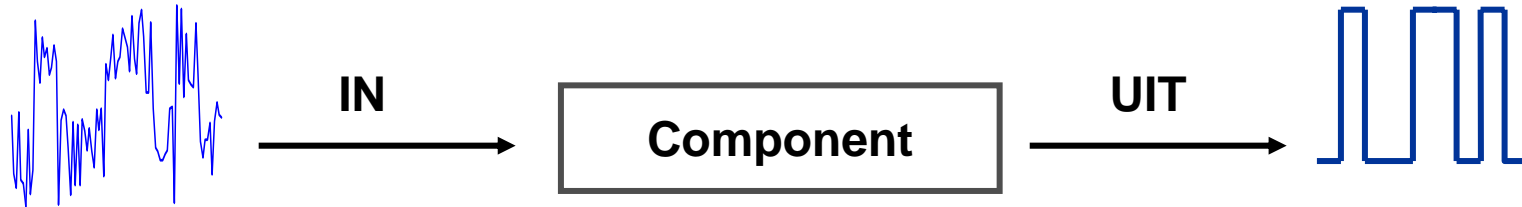
Dit werk

**Niet-lineair gedrag in een halfgeleider optische versterker
en laser diode gebaseerd terugkoppelingsschema**

Met als doel

- **Volledig optisch geheugen element**
- **Volledig optische regenerator en golflengteomzetter**

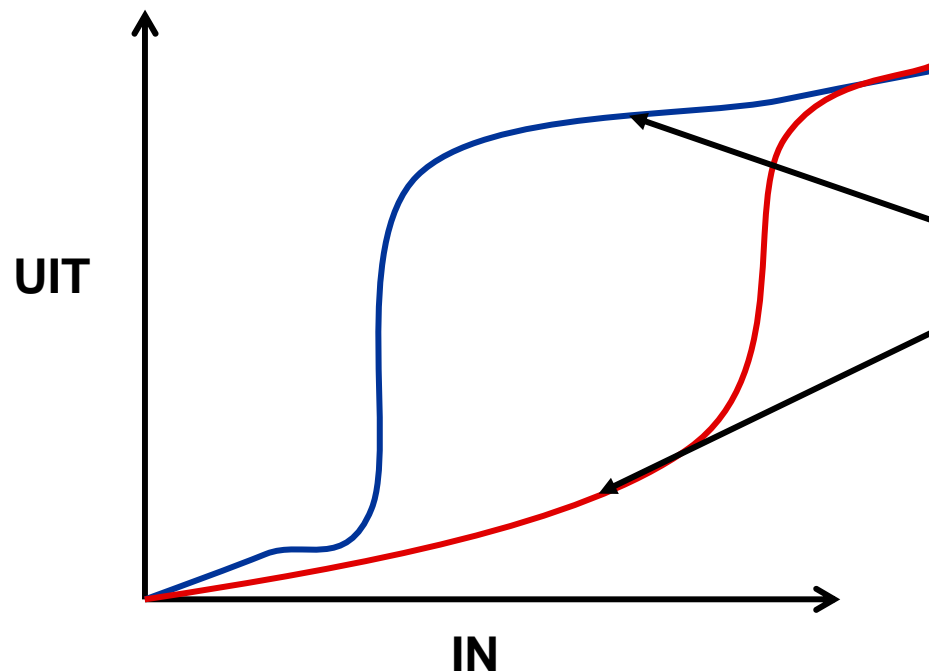
Niet-lineariteit



Stap overgang

- Bruikbaar voor regeneratie

Niet-lineariteit



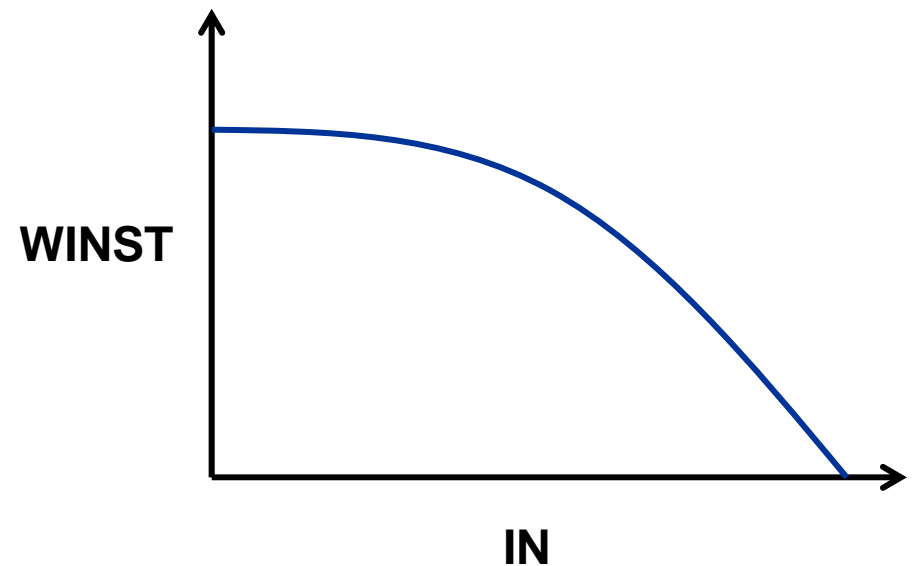
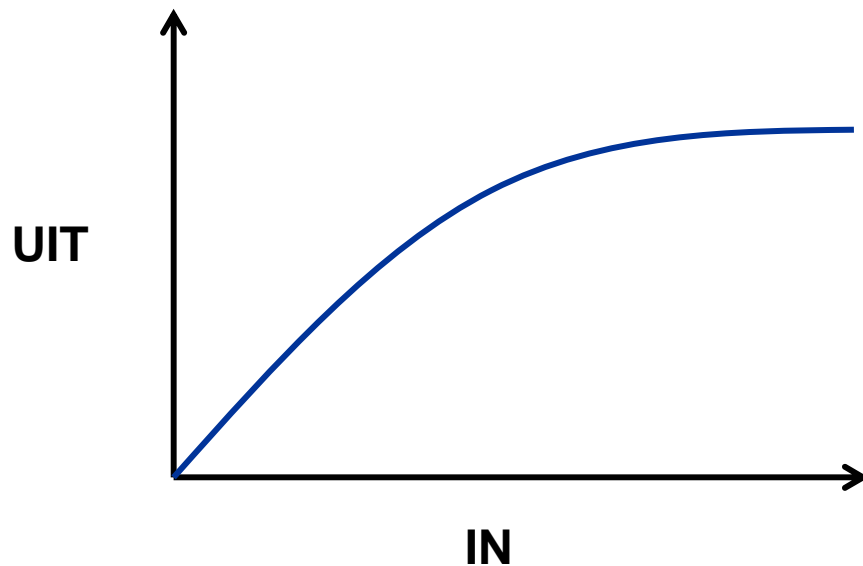
Bistabiliteit

- 2 mogelijke toestanden voor 1 ingangstoestand
- Uitgang afhankelijk van de voorgeschiedenis

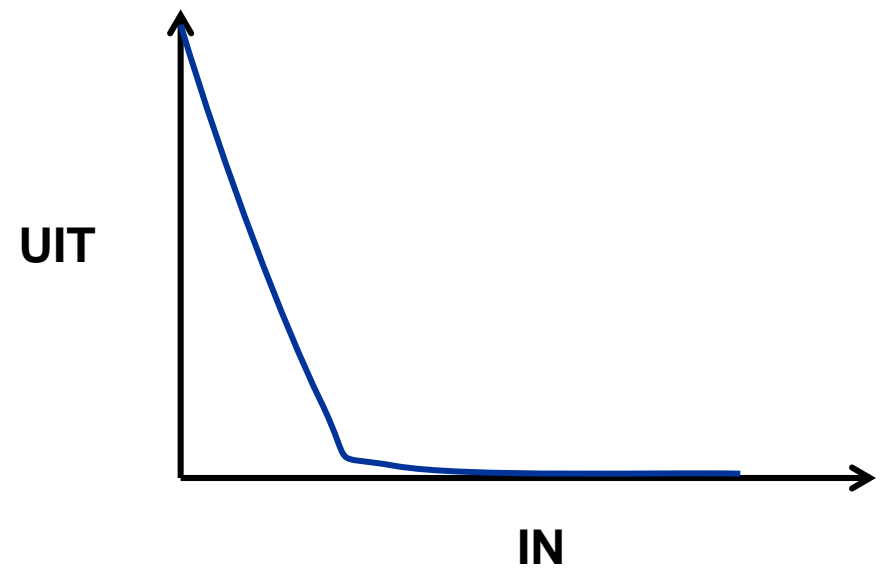
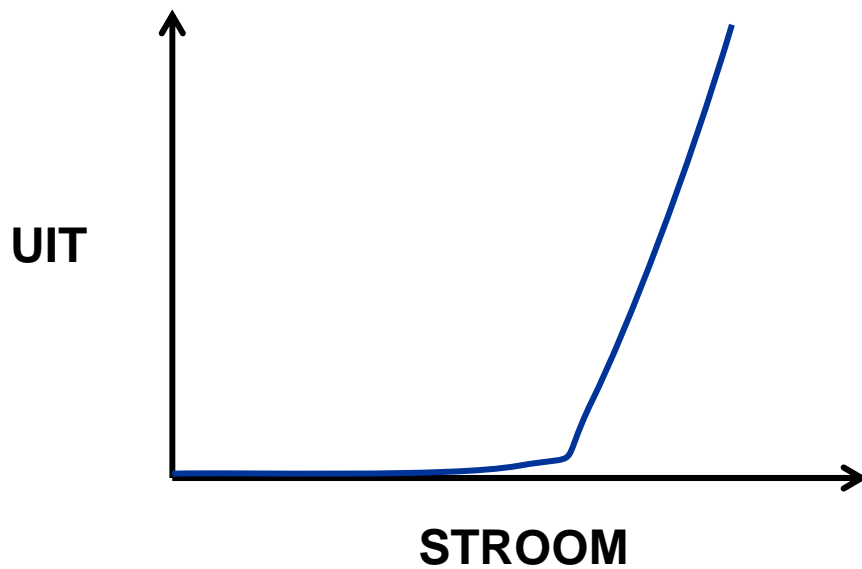
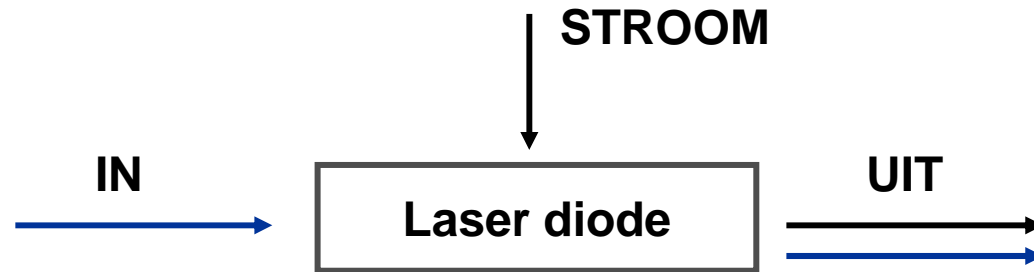
Halfgeleider optische versterker



Zowel een lineair als een niet-lineair werkingsgebied

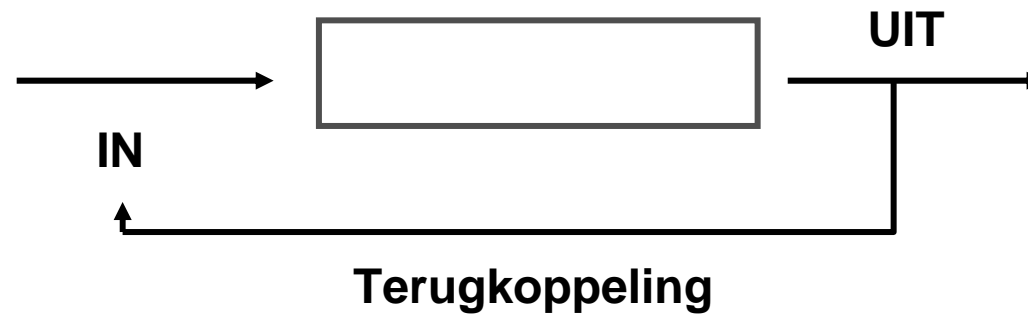


Laser diode



Terugkoppeling

Een gevolg dat terug inwerkt op zijn oorzaak



Bv. Microfoon die te dicht bij de luidsprekers staat

Overzicht van de presentatie

- Reden van het onderzoek
- Doel van dit werk
- **Resultaten**
 - **Volledig optische flip-flop**
 - Volledig optische regenerator en golflengte omzetter
- **Besluit**

Volledig optische flip-flop

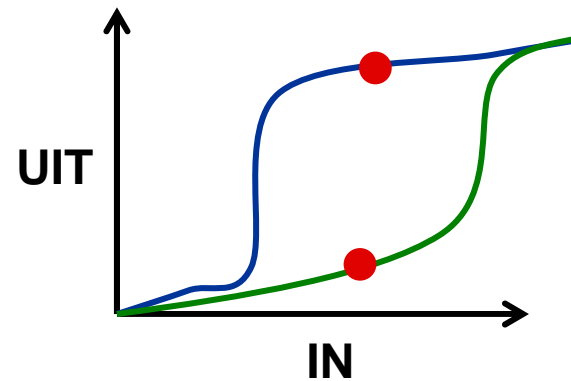
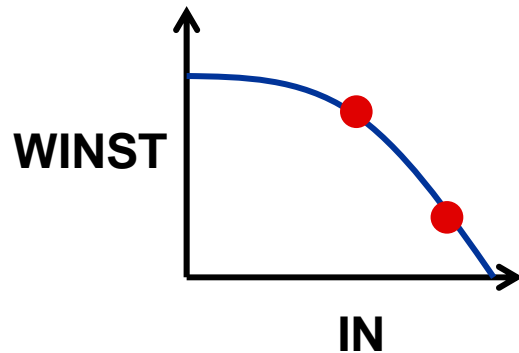
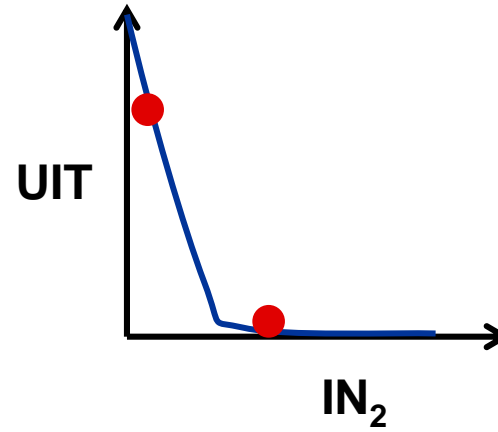
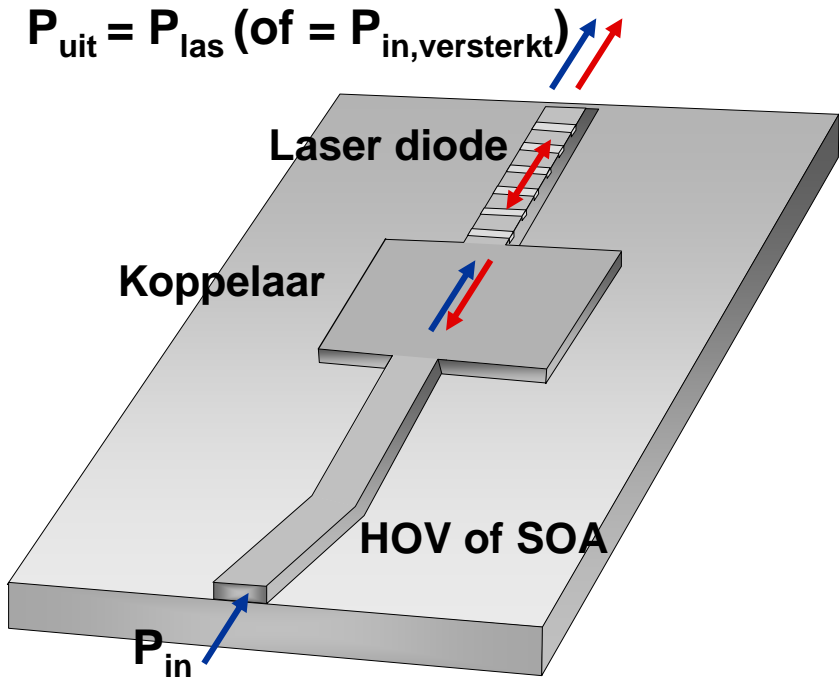
1 bit geheugen: bewaren van "0" of "1"

Optische set en reset signalen

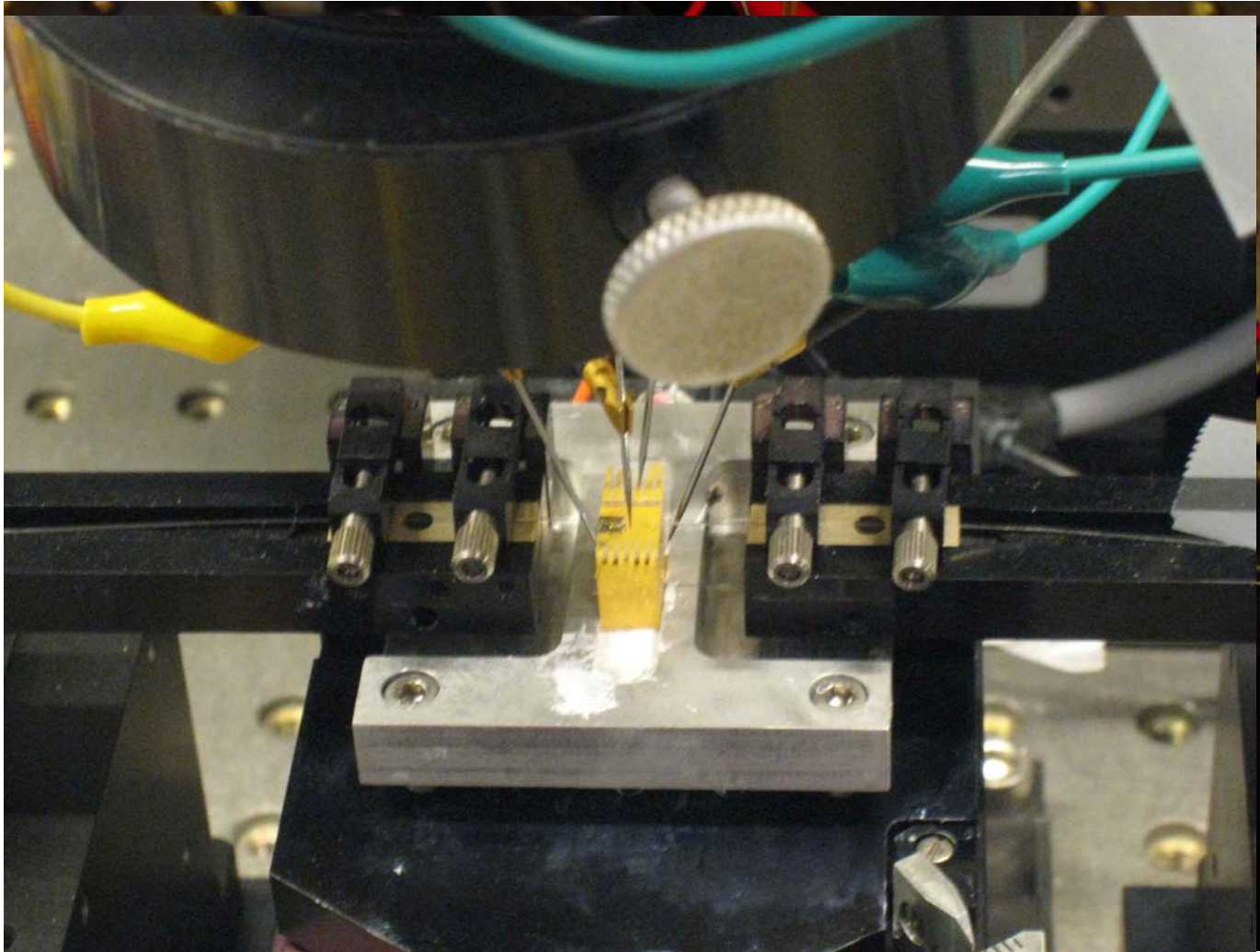


Specificaties:

Volledig optische flip-flop



Volledig optische flip-flops



Volledig optische flip-flop

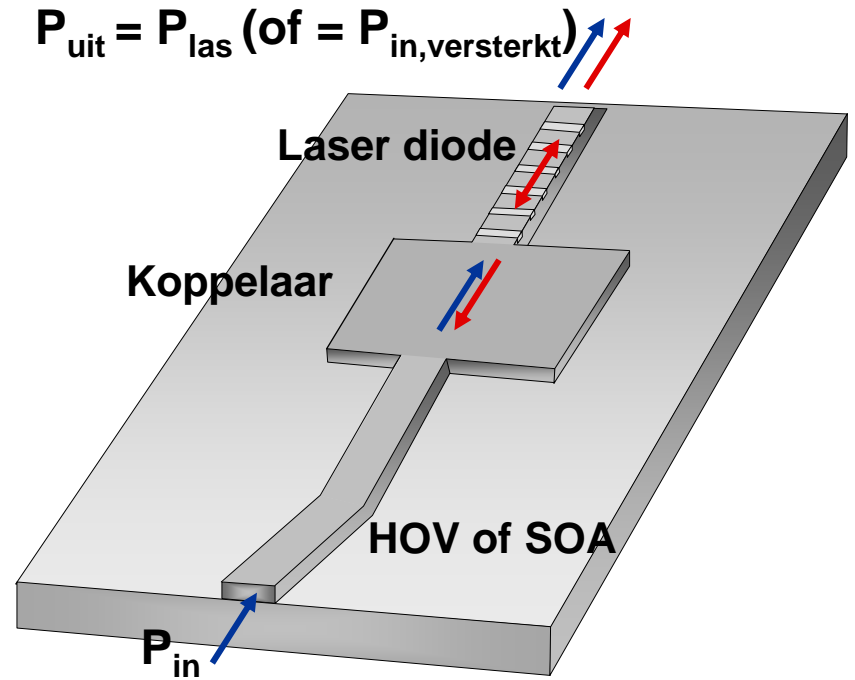
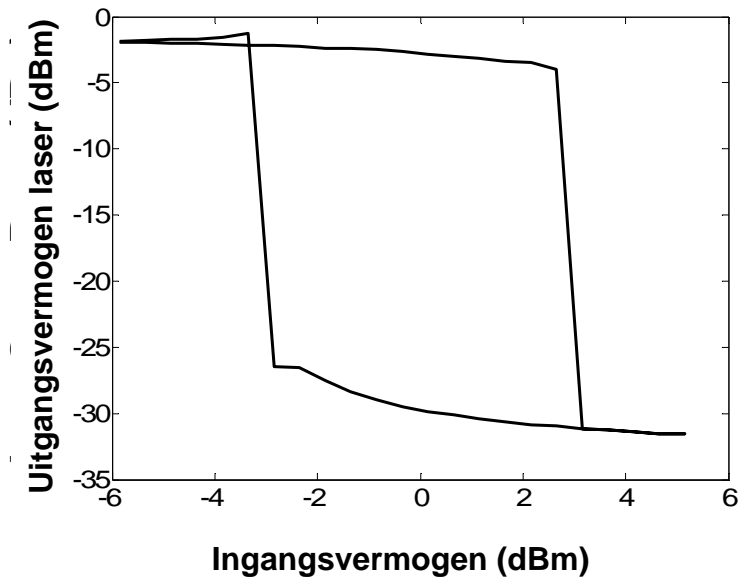
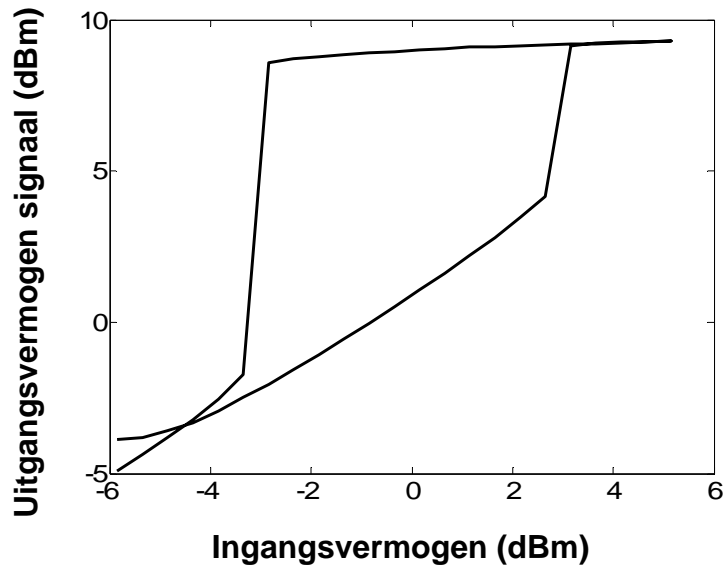
1X4- koppelaar

Laser diodes

HOV



Bistabiele werking

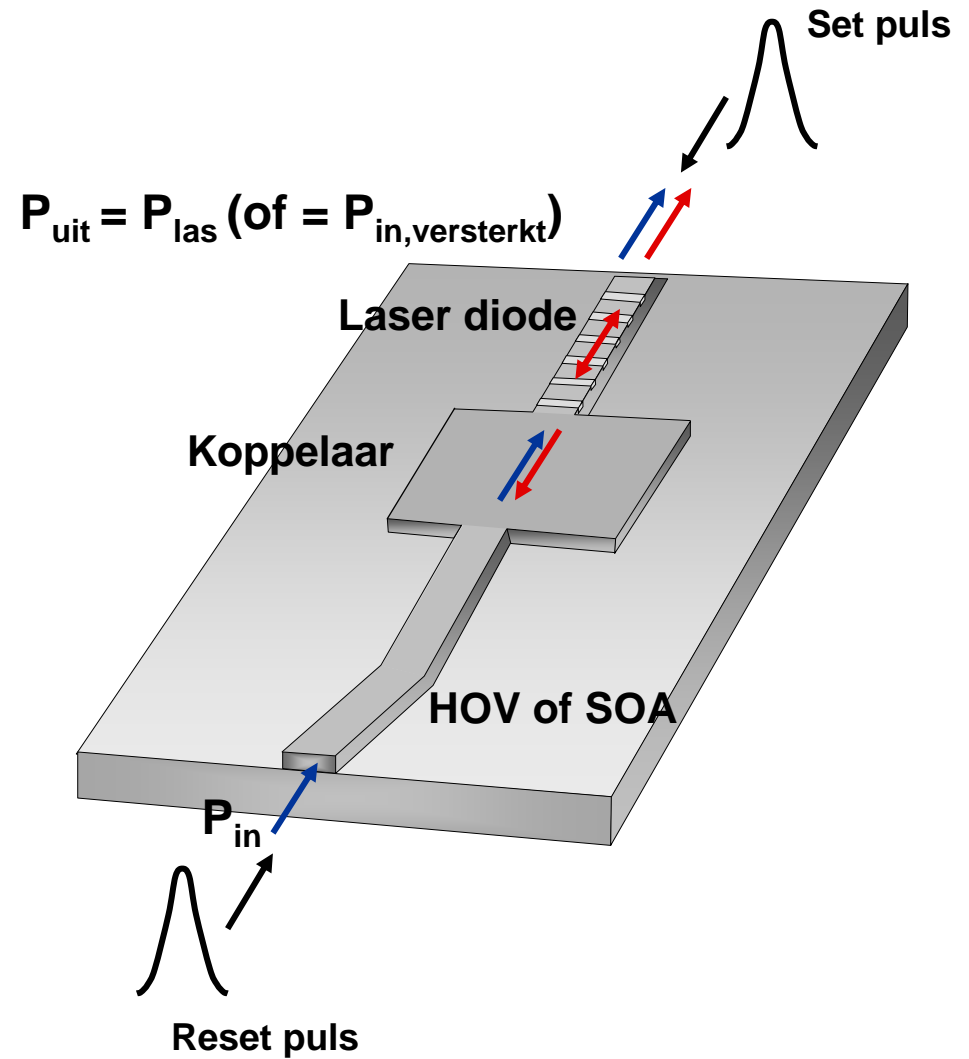
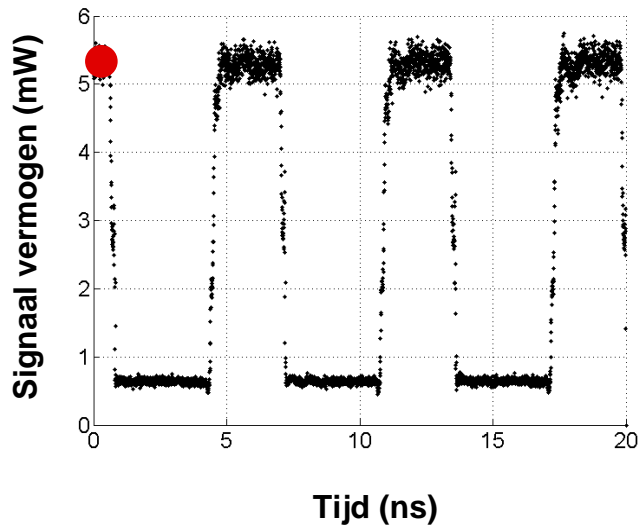
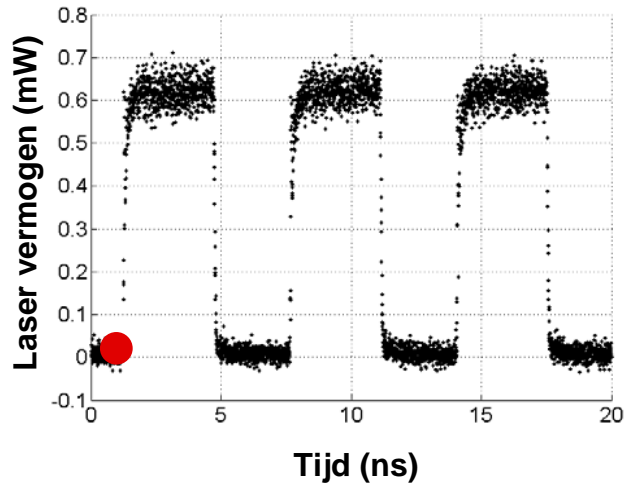


0 dBm = 1mW

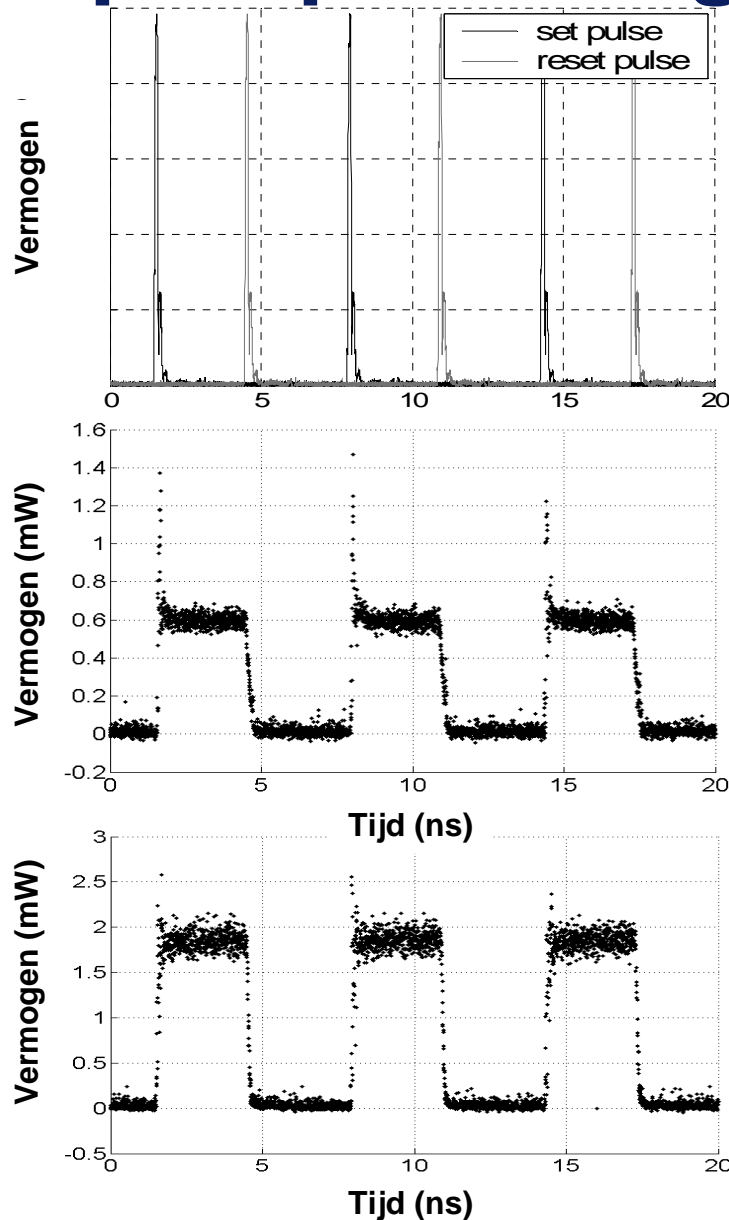
+ 3dB = X 2

+ 6dB = X 4

Flip-flop werking



Flip-flop werking



CW ingangsvermogen: 1mW

Puls lengte : 100ps

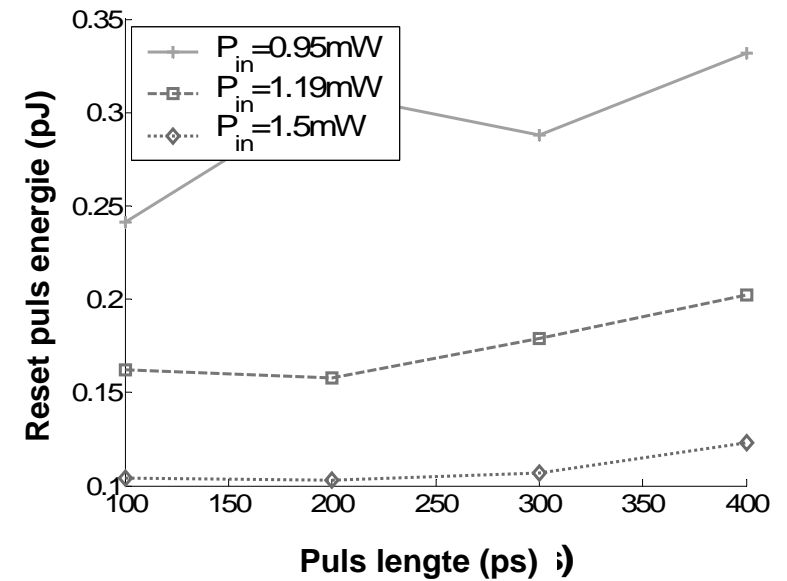
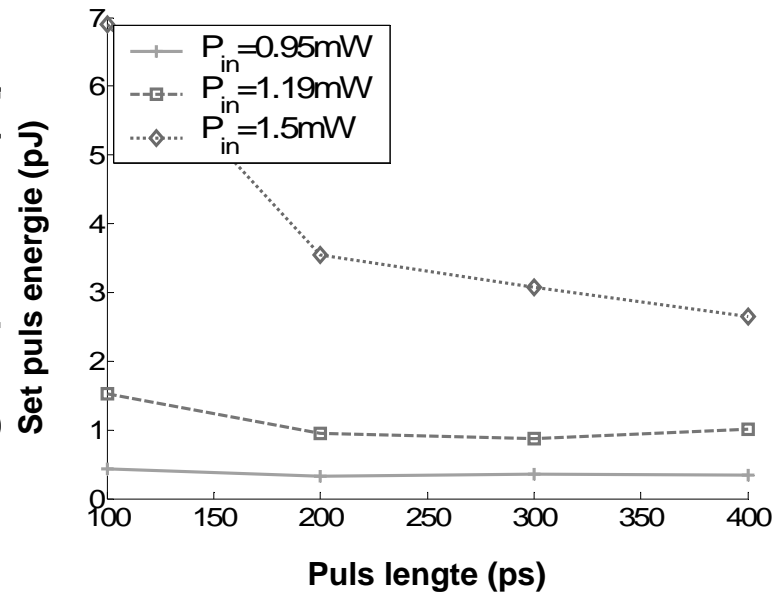
Set puls energie : 340fJ

Reset puls energie : 240fJ

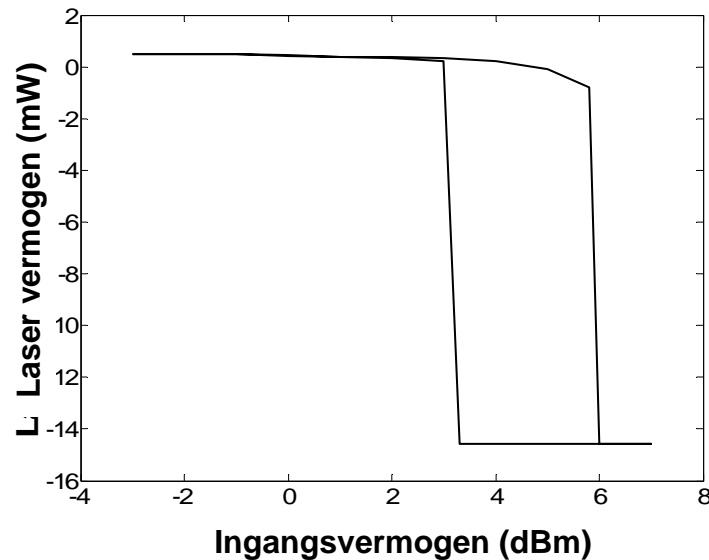
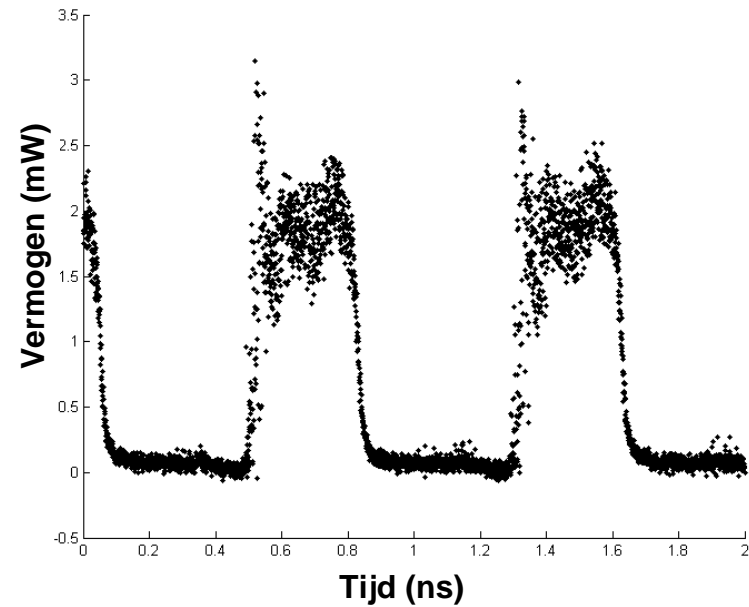
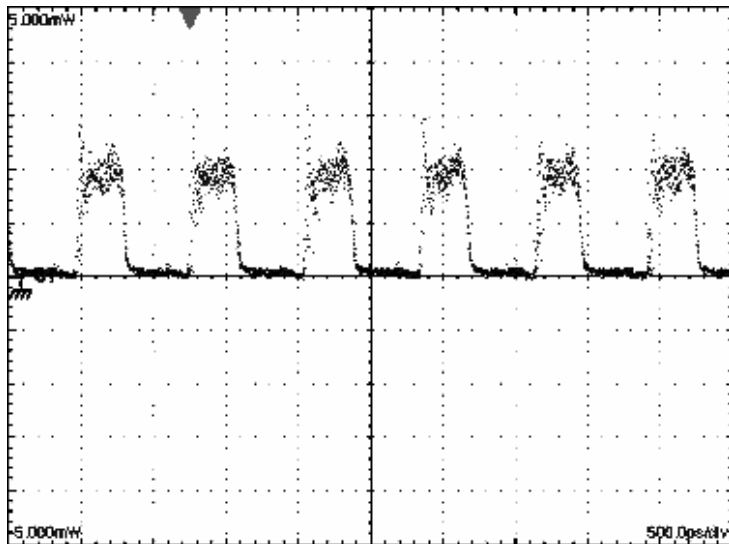
ER > 12dB (laser) ~1/16

ER > 8dB (signaal) ~ 1/8

Schakel energieën



1.25GHz operatie: Dynamische respons



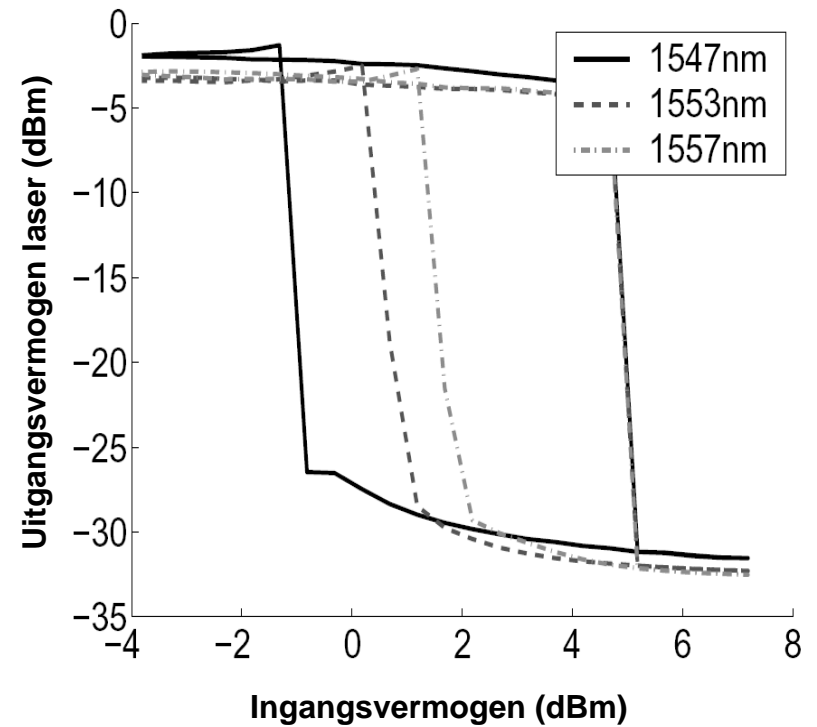
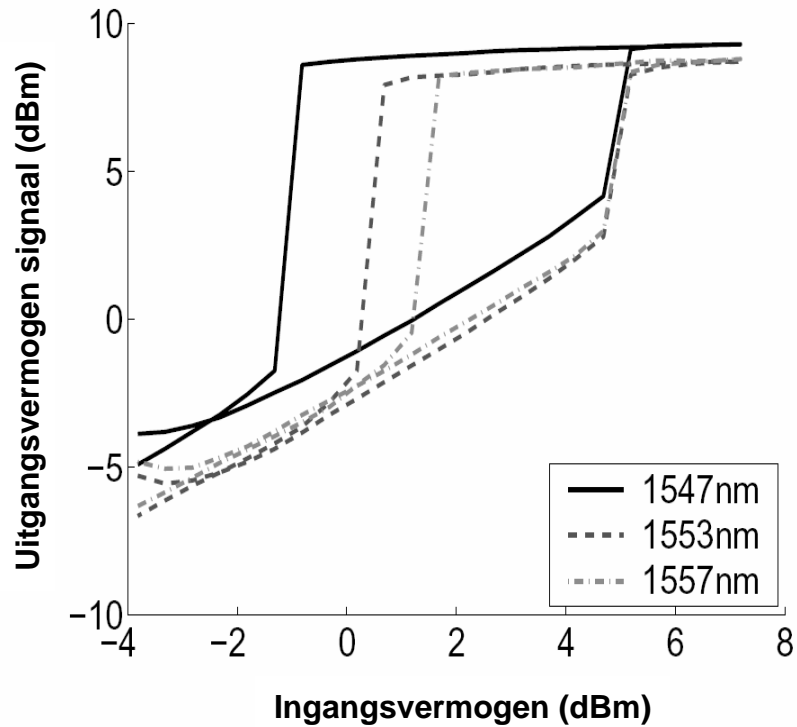
3mW CW ingangsvermogen

50ps pulsen

Set puls energie: 1pJ

Reset puls energie: 1.3pJ

Golflengte afhankelijkheid

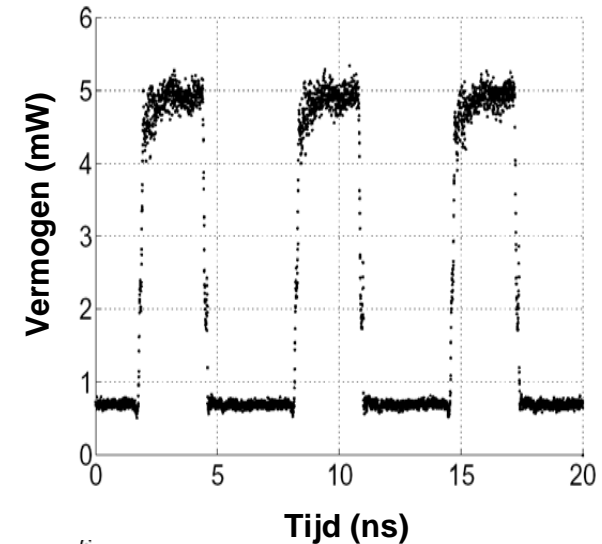
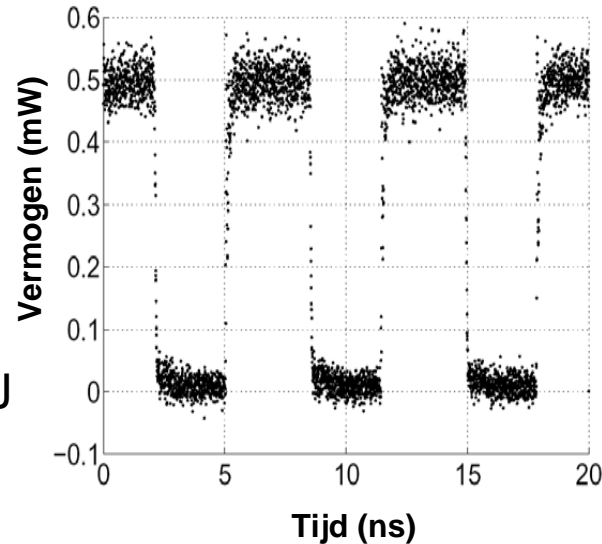


Golflengte afhankelijkheid

CW input: 2.5mW
Puls lengte: 100ps

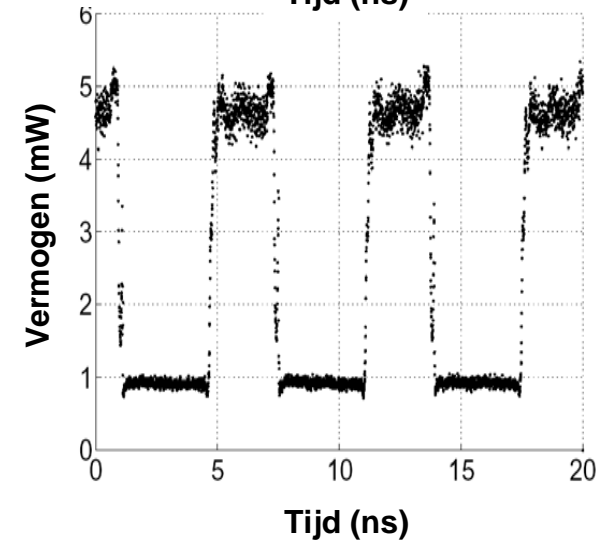
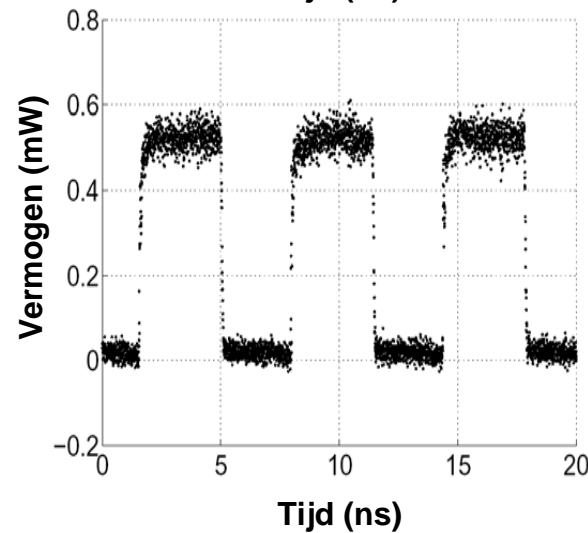
1547nm

Set energie: 1.2pJ
Reset energie: 0.85pJ



1557nm

Set energie: 1.45pJ
Reset energie: 0.6pJ



Signaal

Laser

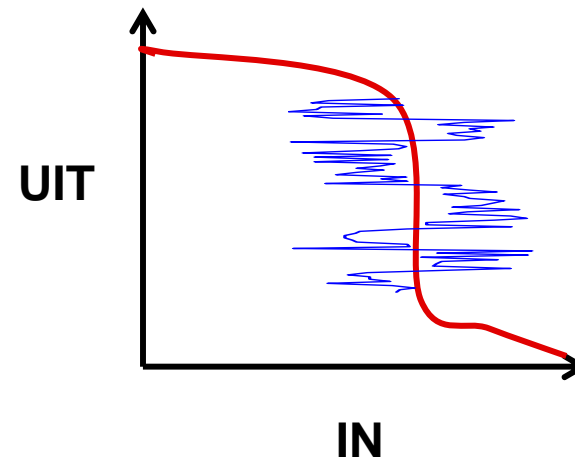
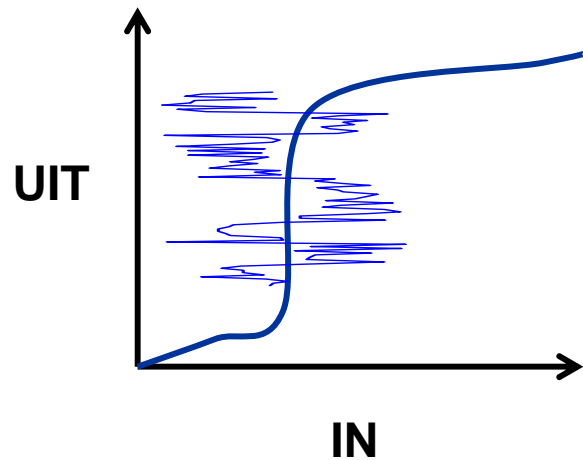
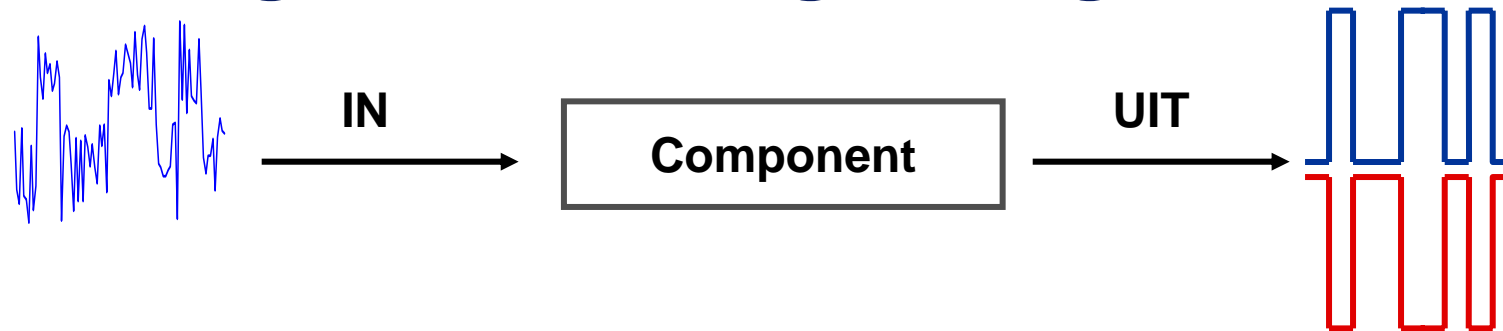
Volledig optische flip-flop

- Lage set en reset puls energie (kleine pulsen)
 - **sub-pJ energieën (tot 240fJ)**
- Korte pulsduur
 - **50-400ps pulsen**
- Hoog contrast in de uitgang tussen “0” en “1” toestand
 - **>12dB laser, >8dB signaal**
- Snelle overgangen tussen de twee toestanden
 - **Schakeltijden rond 100ps, 1.25GHz schakelfrequentie**
- Flexibel en robuust
 - **Golflengtebereik > 10nm, ingangsvermogen variaties, ...**

Overzicht van de presentatie

- Reden van het onderzoek
- Doel van dit werk
- **Resultaten**
 - Volledig optische flip-flop
 - **Volledig optische regenerator en golflengte omzetter**
- Besluit

Regenerator en golflengte omzetter

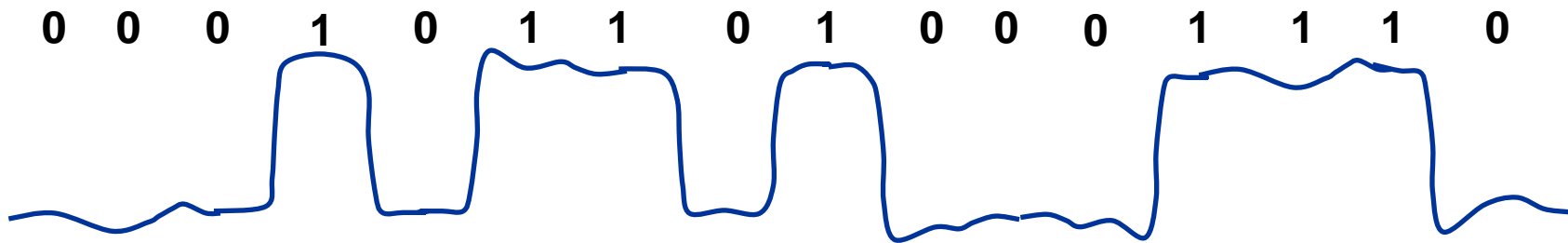


Specificaties:

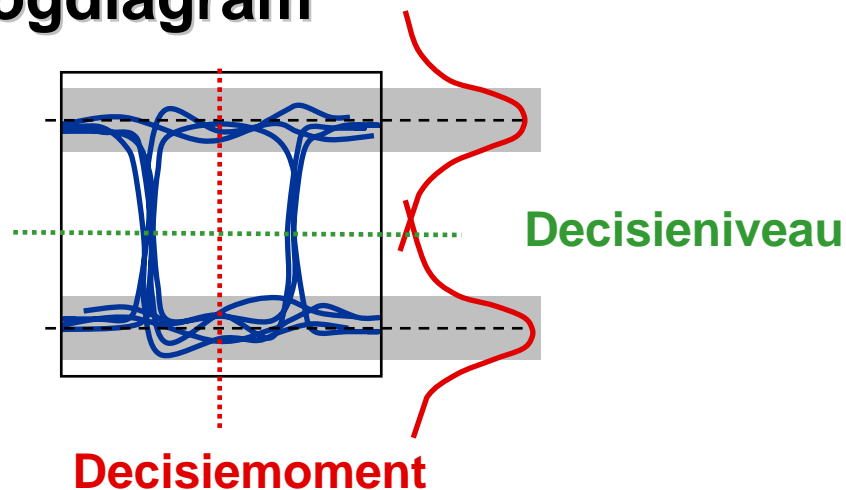
- ER verbetering (ER = verhouding tussen "0" en "1")
- BER verbetering (BER = fout frequentie)
- Hoge snelheid

Oogdiagram

Bitstream



Oogdiagram

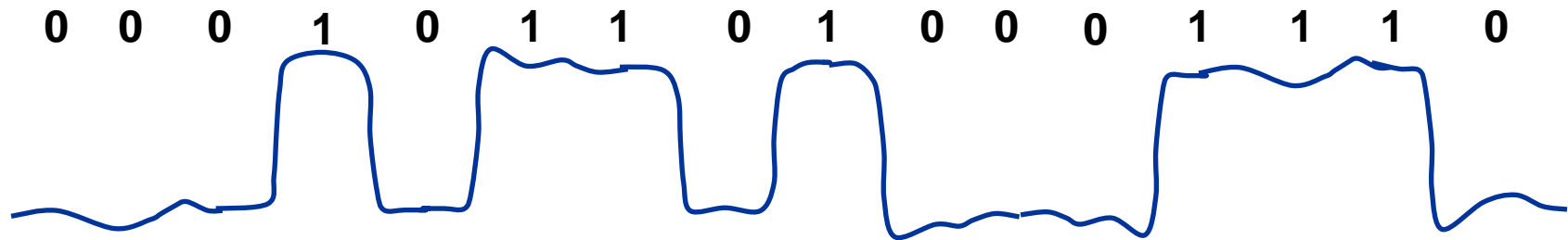


Geeft een kwalitatieve indicatie van de signaalkwaliteit: hoe kleiner het "oog", hoe moeilijker de detectie

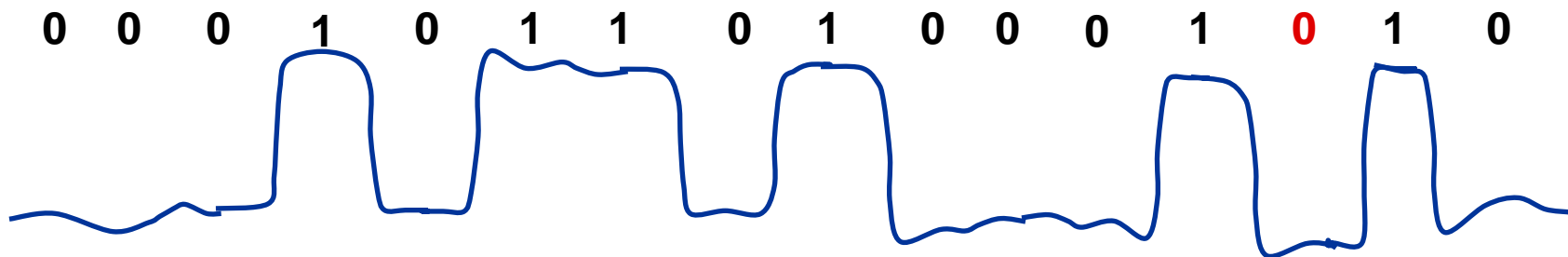
BER

BER = Bit Error Rate = frequentie waarmee een fout optreedt

Verzonden



Ontvangen

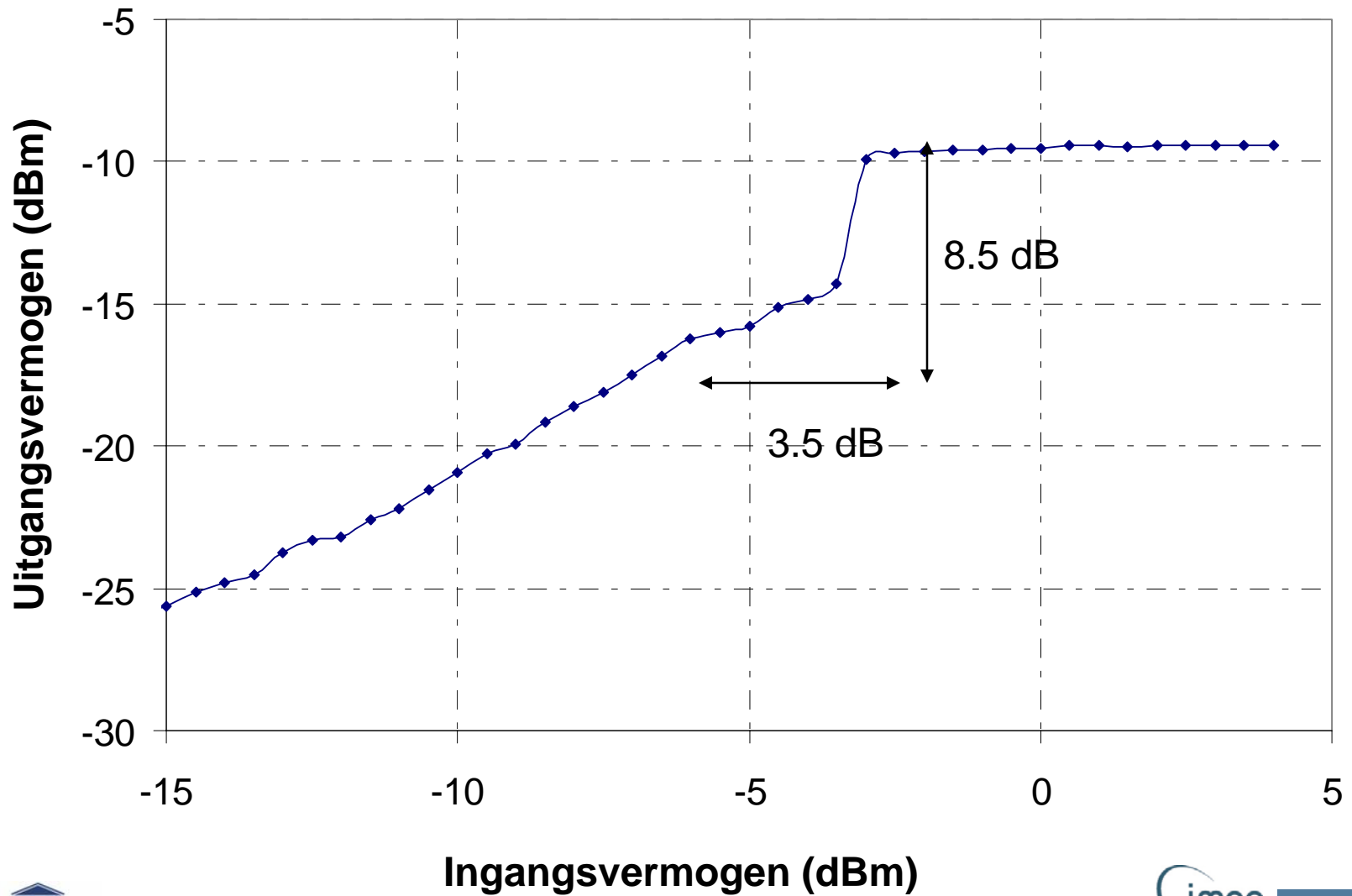


$$\text{BER} = (1 \text{ foute bit}) / 16 \text{ bits}$$

Telecom: aanvaardbare BER = 10^{-9} = 1 foute bit per miljard bits

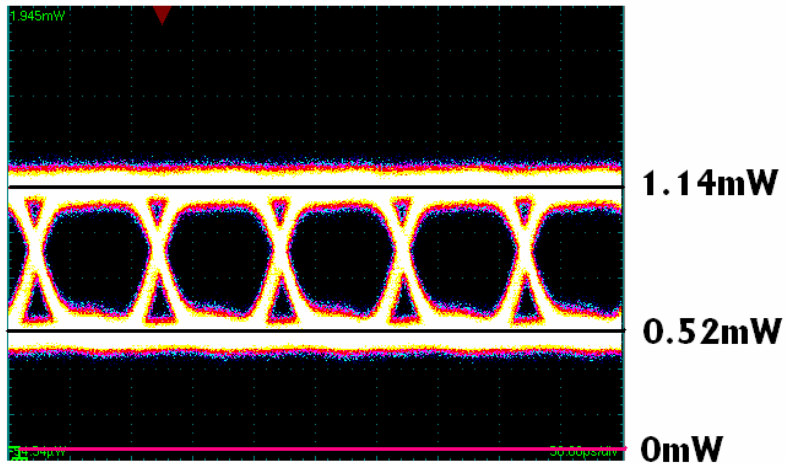
bij een datasnelheid van 10Gbit/s is dat 10 fouten per seconde

Regeneratie: statisch

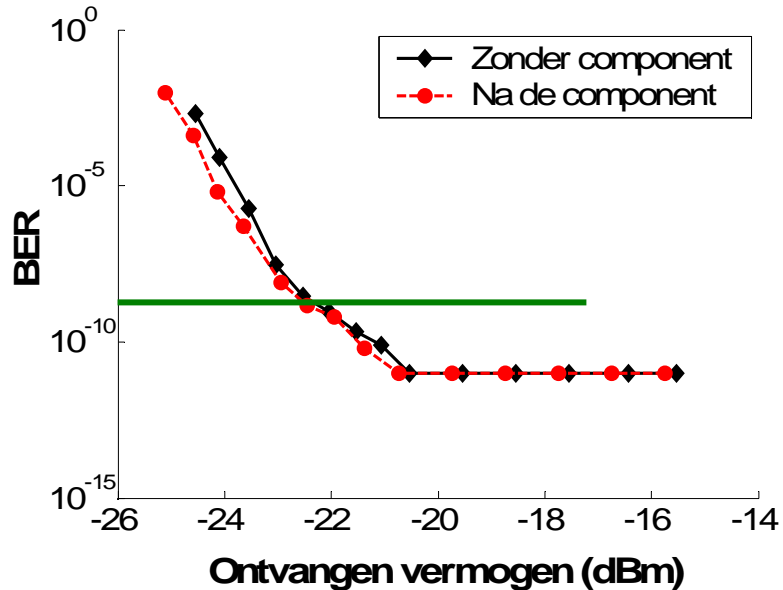
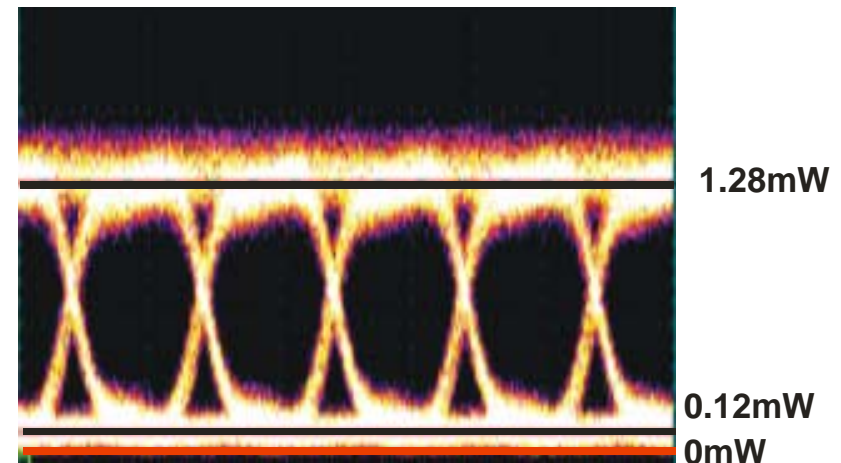


Regenerator: Dynamisch

Input ER: 3.4dB



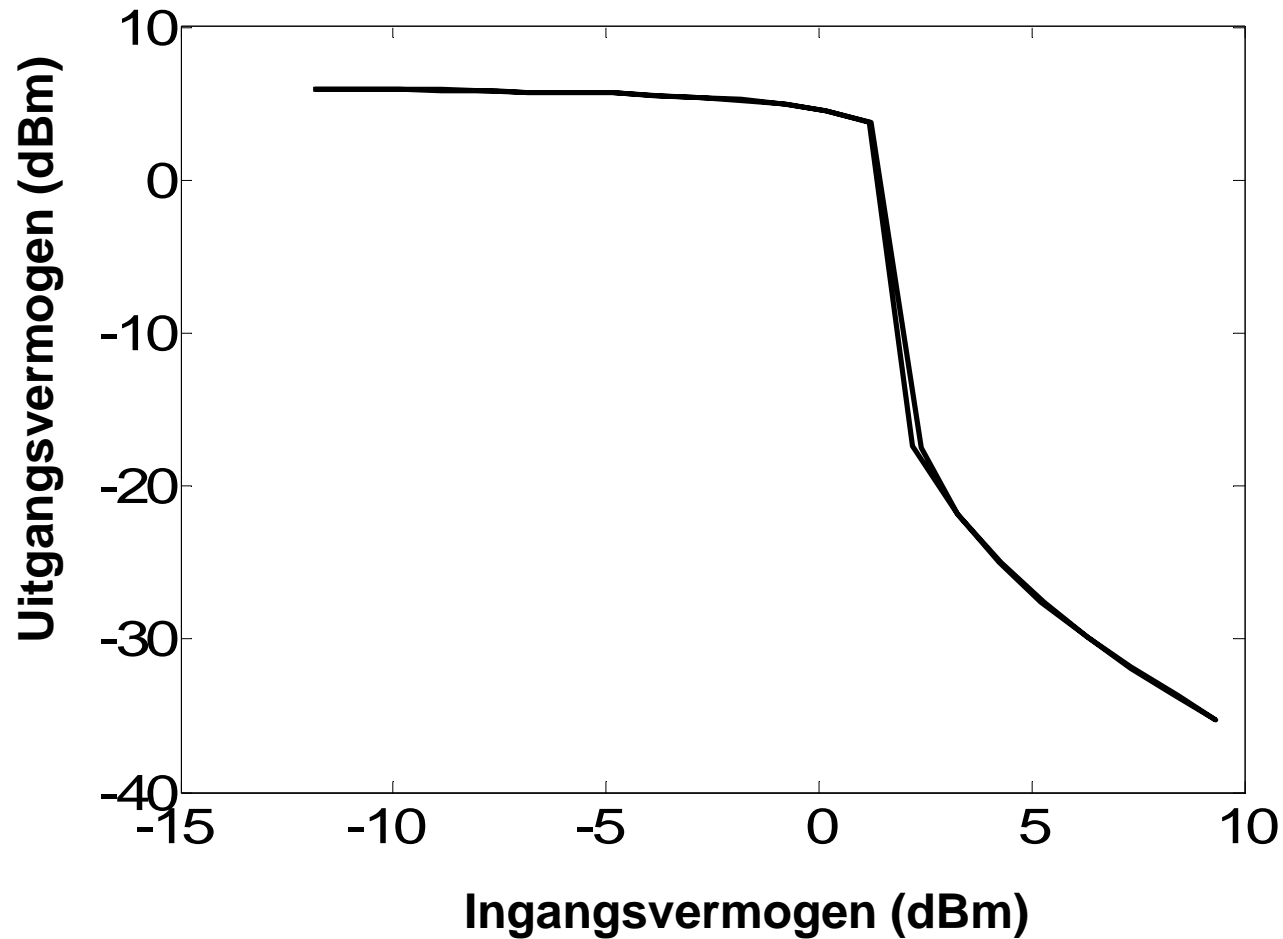
Output ER: 10.3dB



ER verbetering van 6.9dB

Geen duidelijke BER verbetering

Golflengte omzetter

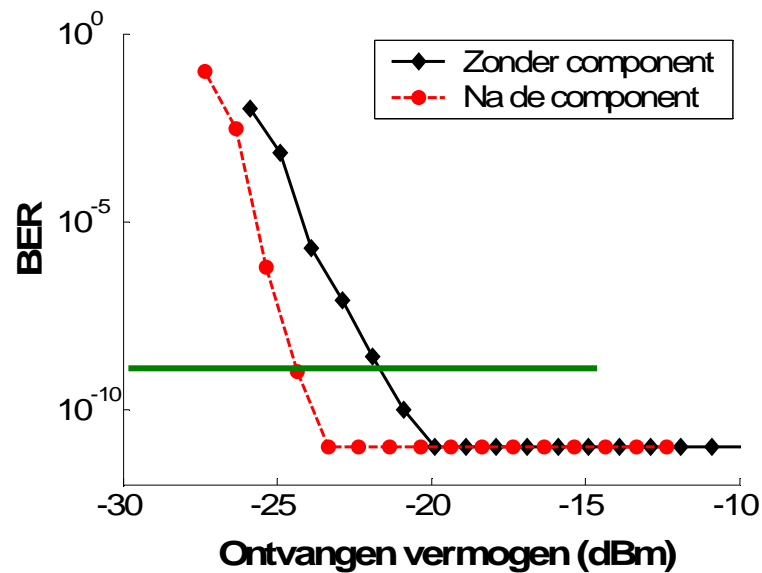
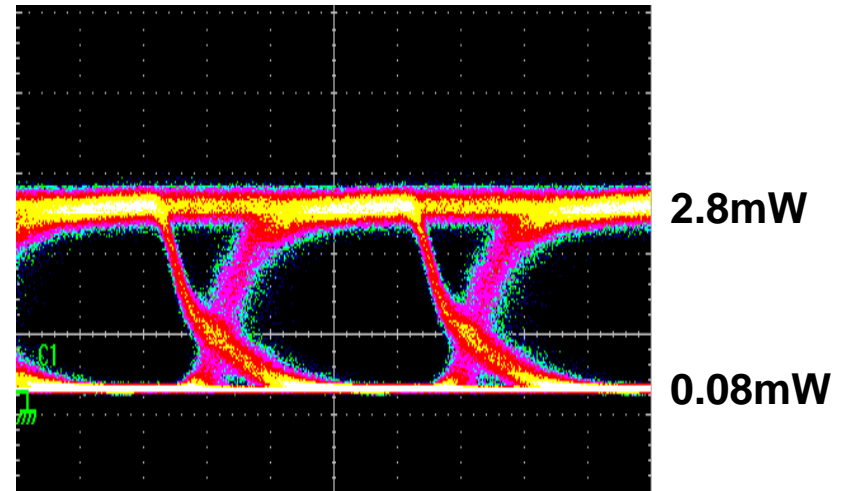
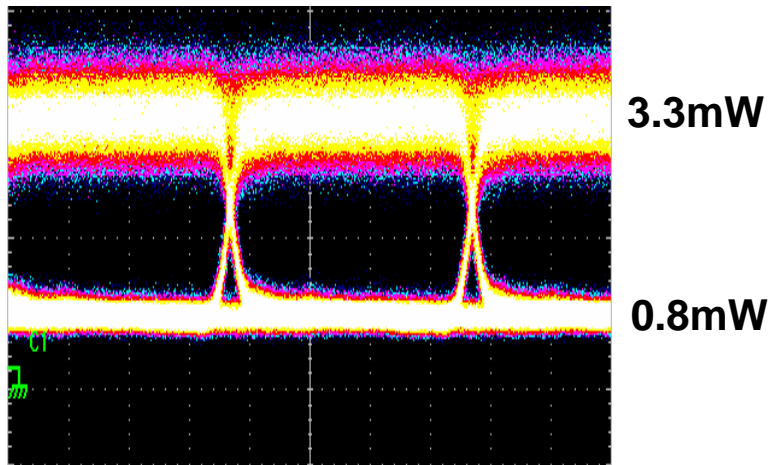


Van 1552nm naar 1540nm

Golflengte omzetter aan 2.5Gbit/s

Input ER: 6.9dB

Output ER: 18.5dB



ER verbetering van 11.6dB

BER verbetering van 3dB

Regenerator en golflengte omzetter

- ER verbetering (ER = verhouding tussen “0” en “1”)
 - 7 en 11dB ER verbetering
- BER verbetering (BER = fout frequentie)
 - 3dB verbetering voor de golflengte omzetter
- Hoge snelheid
 - 2.5 en 10Gbit/s

Overzicht van de presentatie

- Reden van het onderzoek
- Doel van dit werk
- Resultaten
- **Besluit**

Besluit

Er werd een volledig optische flip-flop gedemonstreerd en beschreven die bruikbaar is als een 1-bit geheugen.

- Lage schakel energie
- Snel
- Flexibel en robuust

Dezelfde component is bruikbaar als regenerator en golflengte omzetter.

- ER verbetering
- Hoge snelheid



Merci

Bedankt voor de aandacht



Merci

Bedankt voor de aandacht



Merci

Bedankt voor de aandacht

Receptie-tijd



Tip 1: volg de collega's

Tip 2: laat ze niet alleen aan de hapjes