

# Codifica 8B10B per migliorare le prestazioni di un trasmettitore CPFSK a modulazione diretta

P. Baroni, V. Miot, A. Carena e P. Poggiolini



## Politecnico di Torino

- ▶ Motivazione del lavoro: il progetto TOSCA e l'amplificazione SOA
- ▶ CPFSK
  - ▶ Trasmettitore: modulazione diretta
  - ▶ Ricevitore: decodifica differenziale
  - ▶ Problema: risposta FM del laser non-uniforme in frequenza
  - ▶ Soluzione: Codifica 8B10B
- ▶ Dimostrazione sperimentale
  - ▶ Misura della Sensitivity
  - ▶ Impatto della dispersione cromatica
- ▶ Simulazioni
  - ▶ Identificazione del parametro di chirp del laser
- ▶ Conclusioni

- ▶ Lavoro svolto nell'ambito del progetto PRIN 2004
  - ▶ TOSCA: *Transmission of Optical Signals exploiting Competitive Amplification techniques*
  - ▶ Consorzio tra:
    - ▶ Scuola Superiore Sant'Anna - Pisa
    - ▶ Politecnico di Torino
    - ▶ Università degli Studi di Roma Tor Vergata
  
- ▶ Obiettivo:
  - ▶ Studio di una nuova generazione di reti metropolitane (MAN) multi-tratta e multi-canale (WDM) basate sull'amplificazione SOA

## ▶ Amplificatori Ottici a Semiconduttore (SOA - Semiconductor Optical Amplifier)

### ▶ Vantaggi

- ▶ Dimensioni contenute
- ▶ Integrabili
- ▶ Minor consumo energetico
- ▶ Competitivi sul piano economico

### ▶ Svantaggi

- ▶ **Guadagno non lineare**

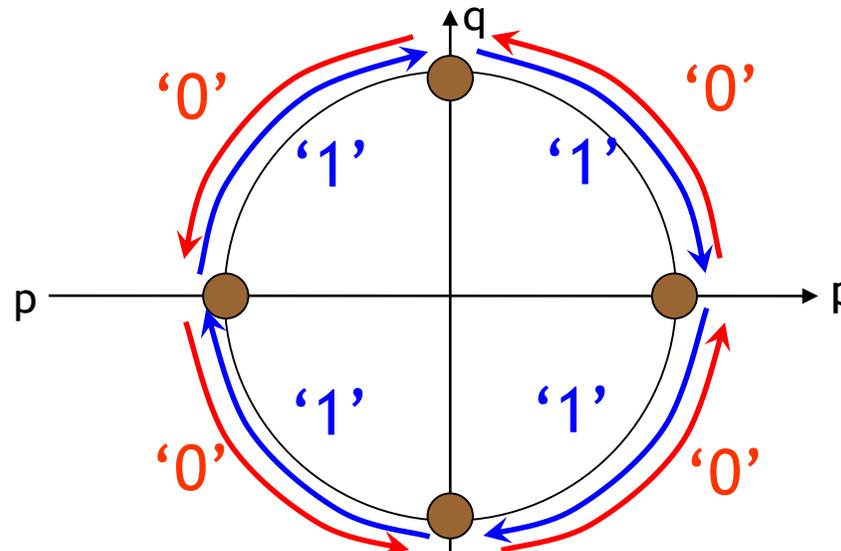


Con modulazioni IM:

- Pattern effect in sistemi a singolo canale
- XGM in sistemi WDM

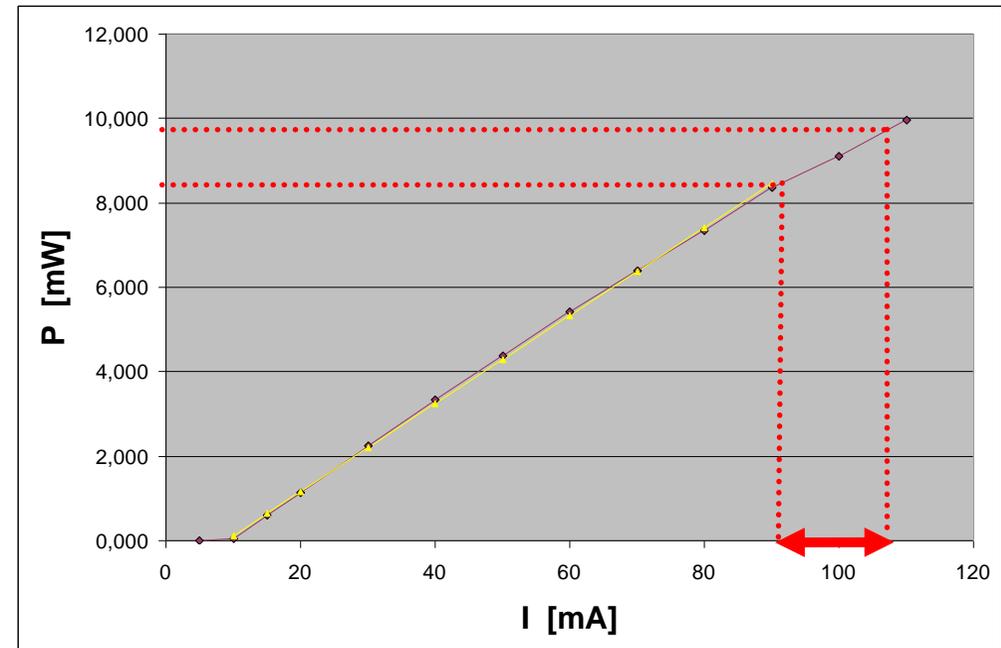
**Proposta: impiego di formati a inviluppo costante**

- ▶ CPFSK: Continuous Phase Shift Keying
- ▶ Modulazione di fase a variazione continua, non presenta discontinuità
  - ▶ Con indice di modulazione  $h=1/2$  presenta la banda minima MSK (Minimum Shift Keying): rotazione di fase per bit pari a  $\pi/2$
- ▶ Trasmettitore
  - ▶ Possibile realizzarlo mediante modulazione diretta di un laser
- ▶ Ricevitore
  - ▶ Possibile realizzarlo con interferometro e fotodiodi bilanciati

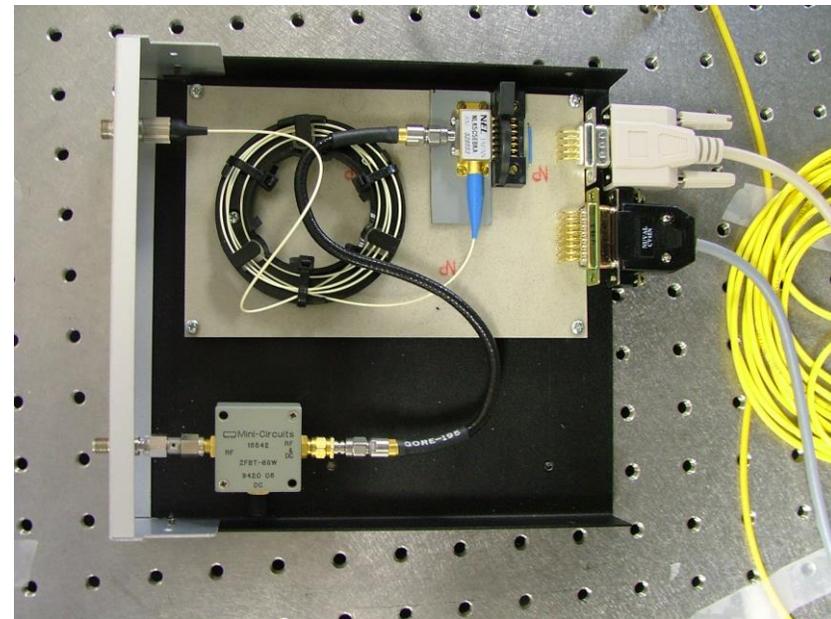


- ▶ Modulazione diretta di un laser mediante piccolo segnale
- ▶ Il ‘chirp’ del laser genera una modulazione di fase continua
- ▶ Persiste una modulazione di ampiezza spuria che introduce una penalità trascurabile

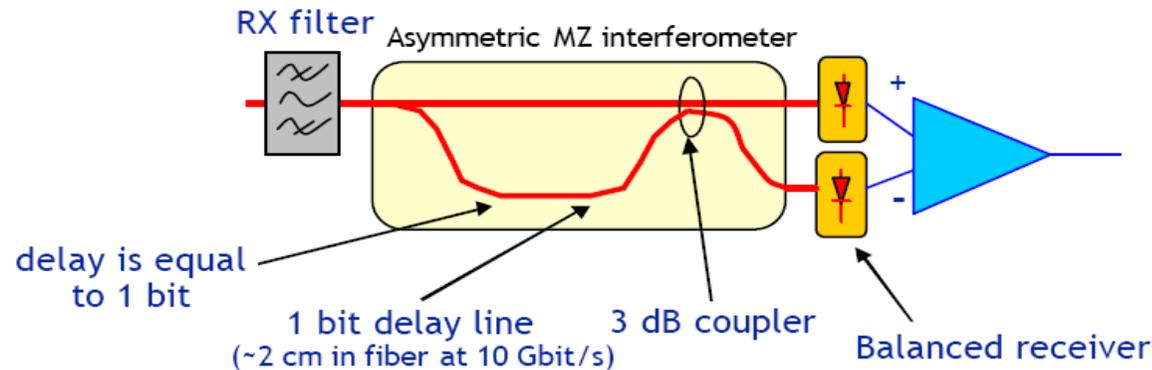
- Threshold: 10 mA
- Slope: 0.1 mW/mA
- Bias: 100 mA



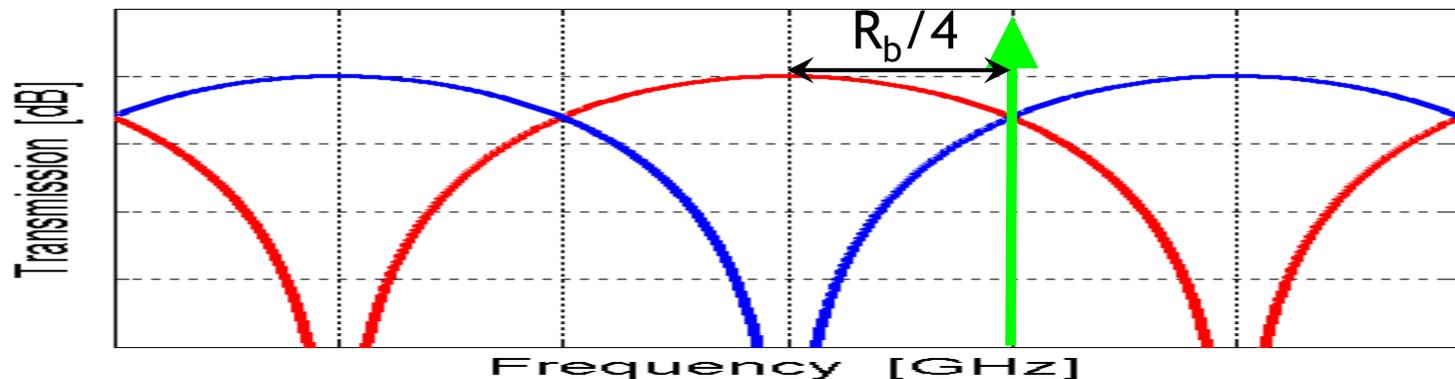
- ▶ Componenti:
  - ▶ Laser NEL NLK5C5E2KA
    - ▶ Laser commerciale per modulazione diretta di ampiezza a 10 Gbit/s



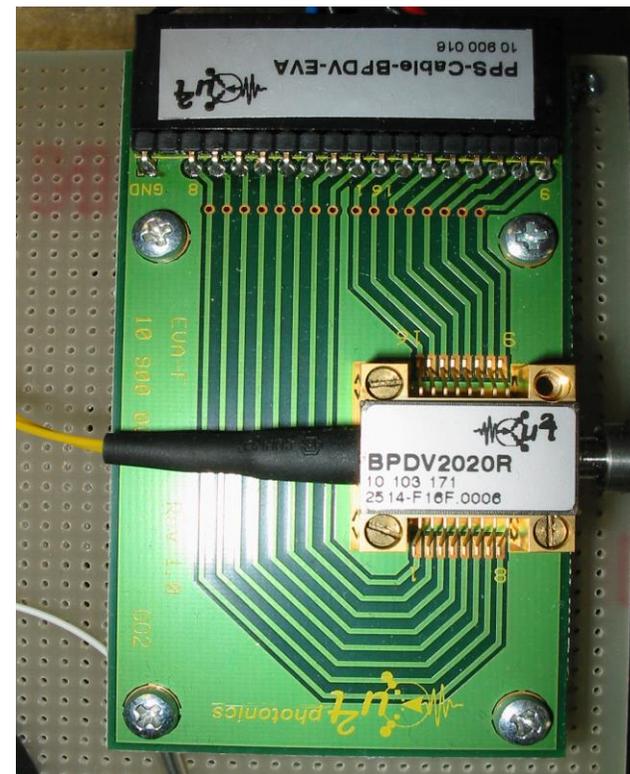
- ▶ Il ricevitore è costituito da un interferometro Mach-Zehnder asimmetrico, in cui la differenza di cammino ottico è pari ad un tempo di bit, seguito da un fotodiodo bilanciato: come per il DPSK

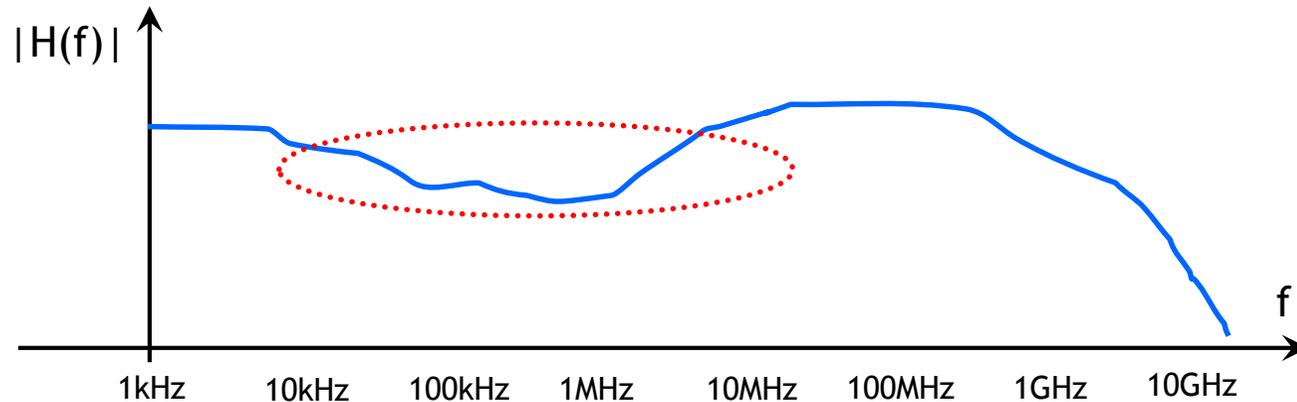


- ▶ Differenza rispetto al DPSK: l'interferometro va sintonizzato a  $R_b/4$  rispetto al massimo di trasmissione



- ▶ Componenti:
  - ▶ Interferometro Asimmetrico di Mach-Zehnder (ITF)
  - ▶ Balanced Photodiode ( $u^2t$ )



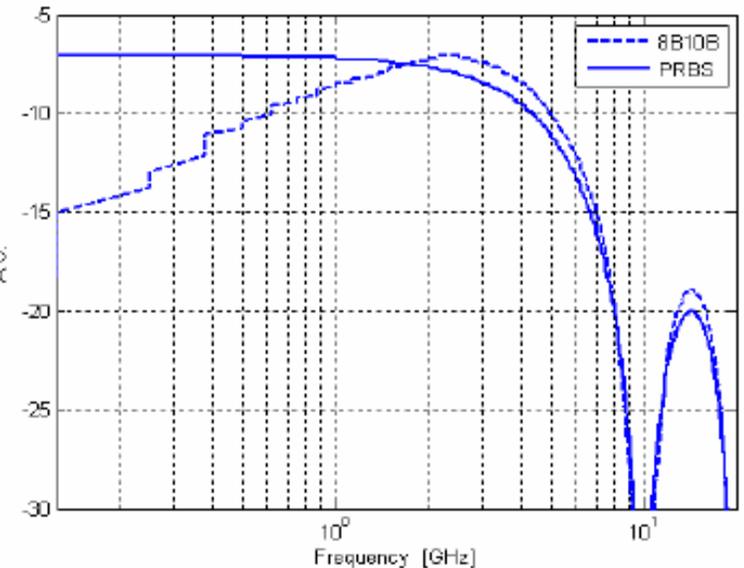


- ▶ Difformità a bassa frequenza  $\leq 1$  MHz
- ▶ Dovuta all'interazione tra fenomeni termici e fenomeni legati alla densità dei portatori
- ▶ In letteratura si trovano diverse soluzioni che agiscono a livello analogico sul segnale di pilotaggio (es. pre-enfasi)

**La nostra proposta è di agire a livello digitale col codice 8B10B**

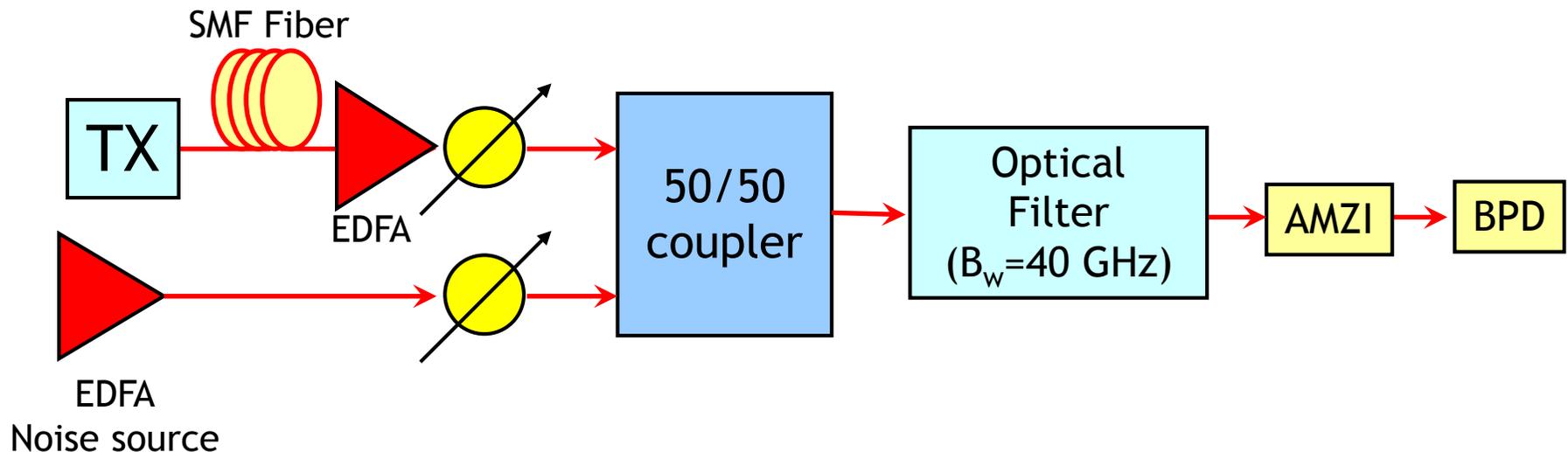
## ▶ La codifica 8B10B:

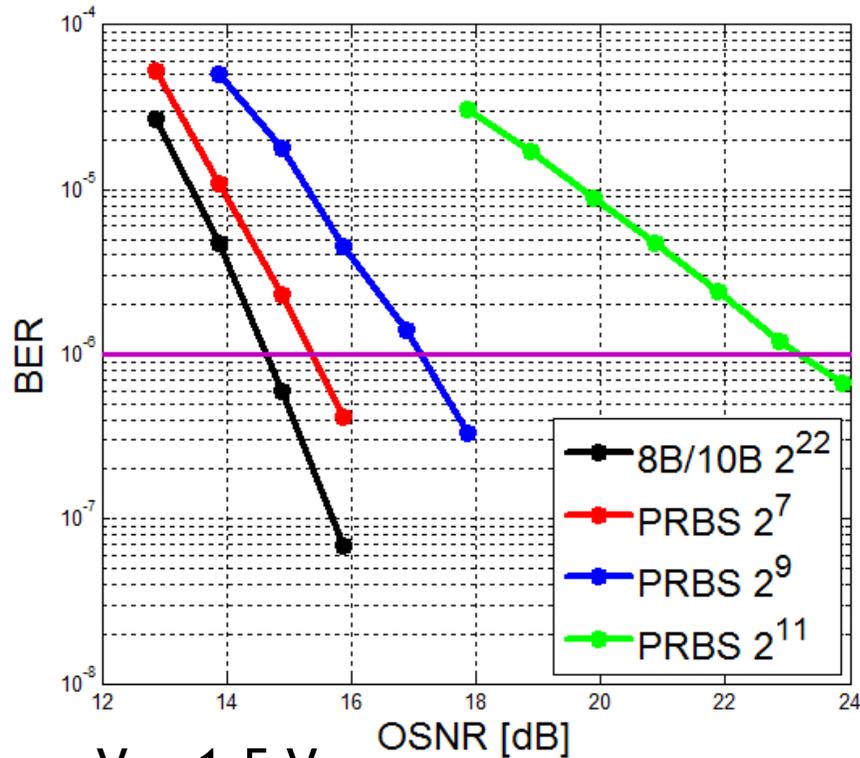
- ▶ è in grado di ridurre il contenuto in bassa frequenza di una segnale digitale
- ▶ presenta un elevato numero di transizioni semplifica il recupero del clock
- ▶ ha un'elevata ridondanza (overhead del 25 %)



- ▶ Tale codifica è ottenuta a partire da una implementazione basata su un codice 5B6B e un 3B4B che semplifica encoder e decoder
- ▶ La complessità è comparabile a quella di un FEC: lo stato dell'arte dell'elettronica permetterebbe di realizzarli a 10 Gbit/s

- ▶ Bitrate: 10 Gbit/s
- ▶ Tecnica del 'Noise loading'
- ▶ La codifica 8B10B è stata emulata pre-caricando sul Pattern Generator e sull'Error Counter una PRBS già codificata 8B10B
- ▶ In caso di misure con dispersione la potenza lanciata in fibra era mantenuta bassa per lavorare in regime lineare

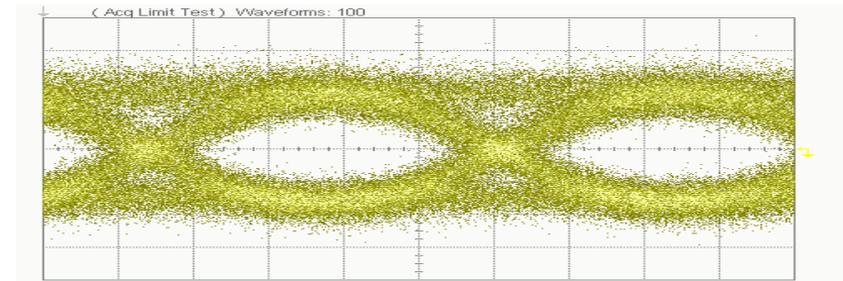
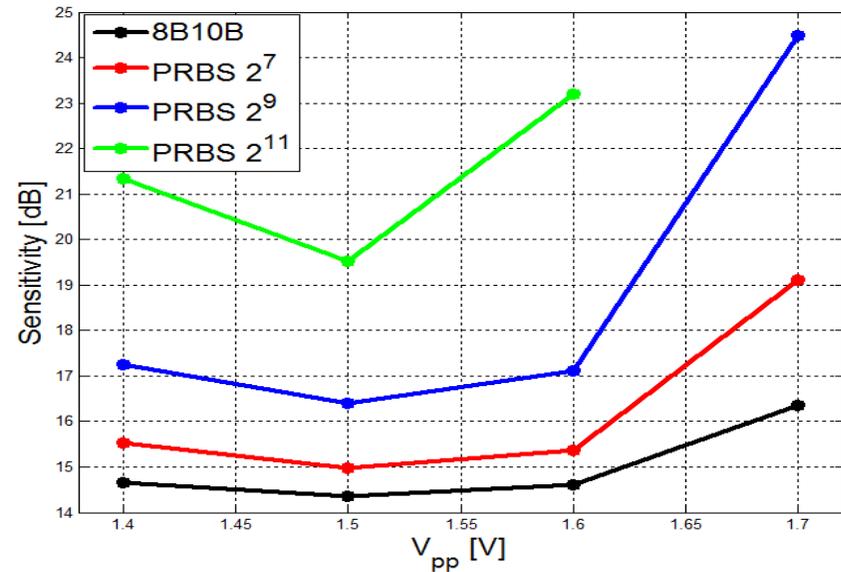




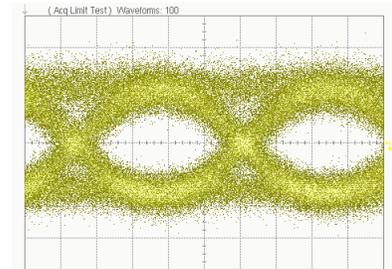
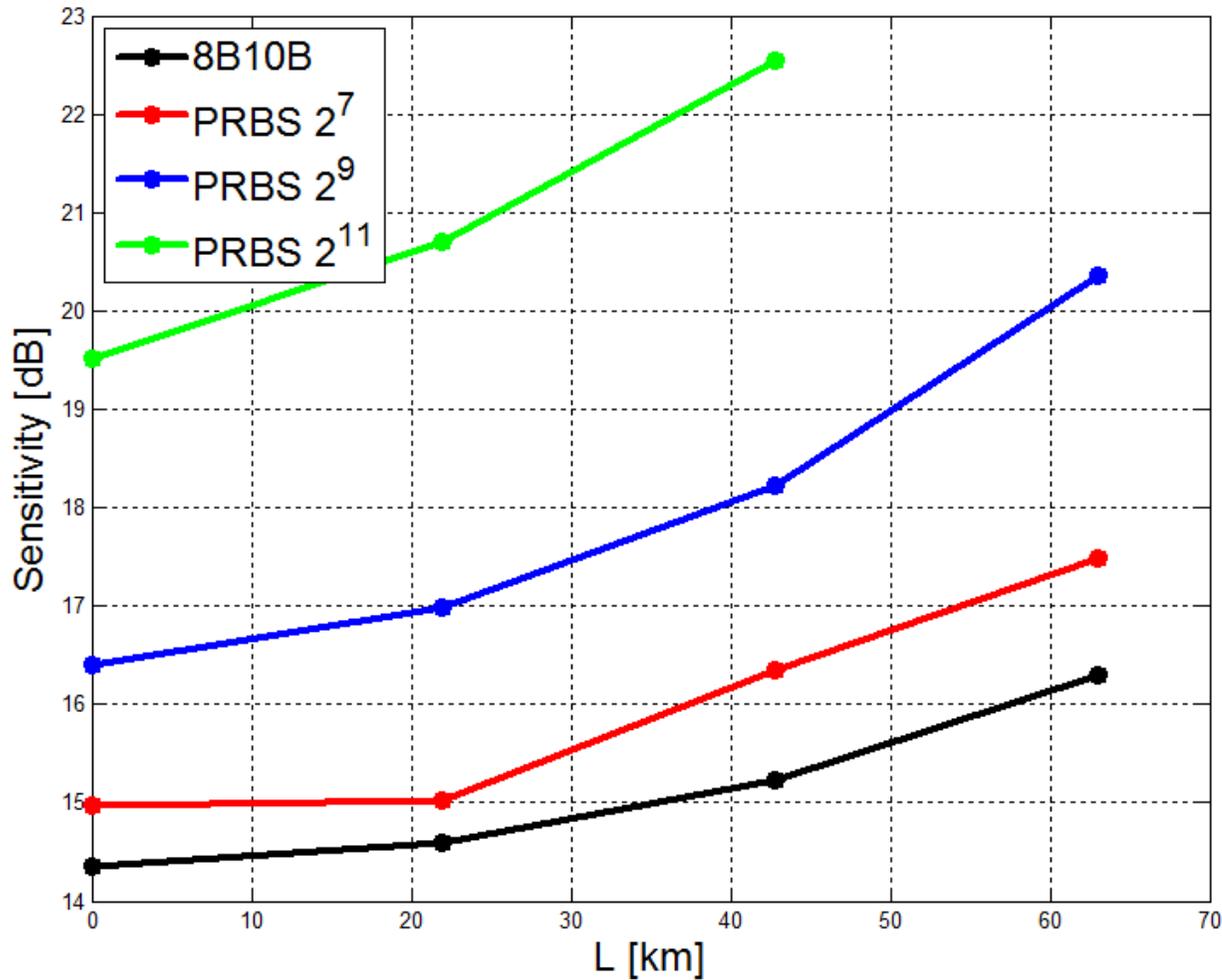
$V_{pp} = 1.5$  V  
 $i_{pp} = 30$  mA

Sensitivity = 14.35 dB

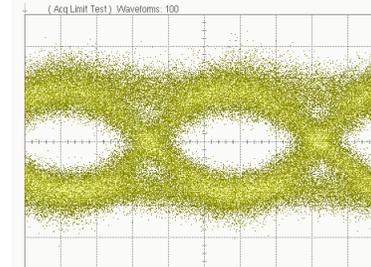
Sensitivity: OSNR necessario per ottenere  $BER = 10^{-3}$



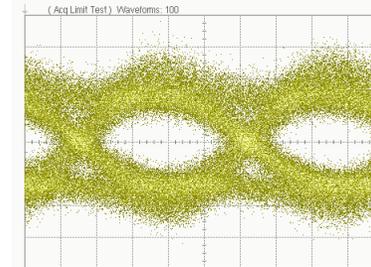
Fibra SMF -  $D = 17 \text{ ps/nm/km}$



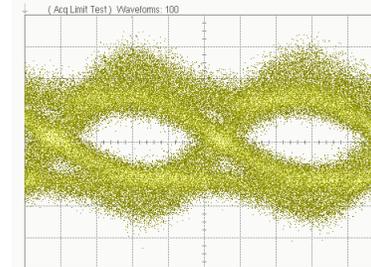
L=0 km



L=22 km

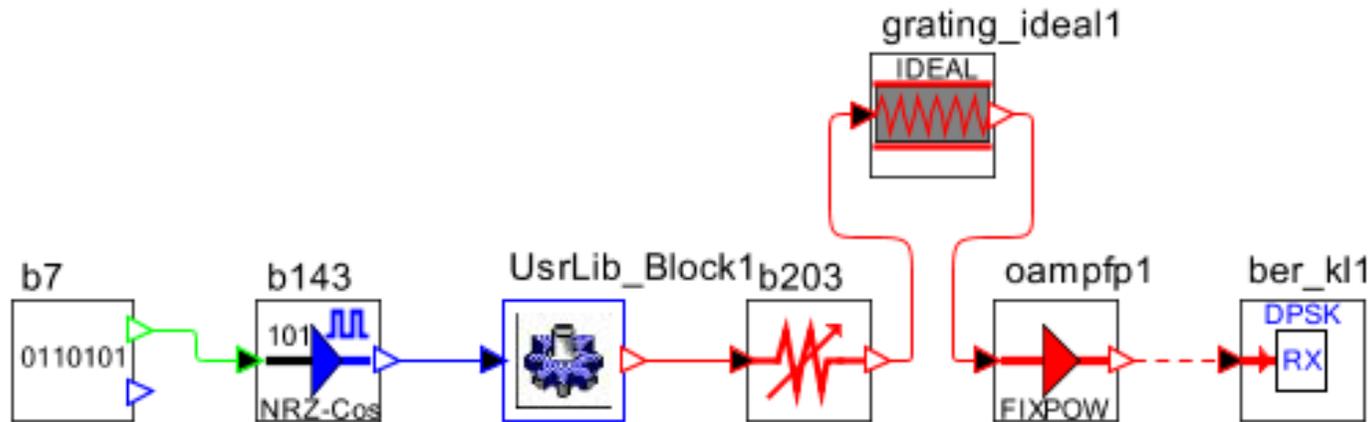


L=42 km

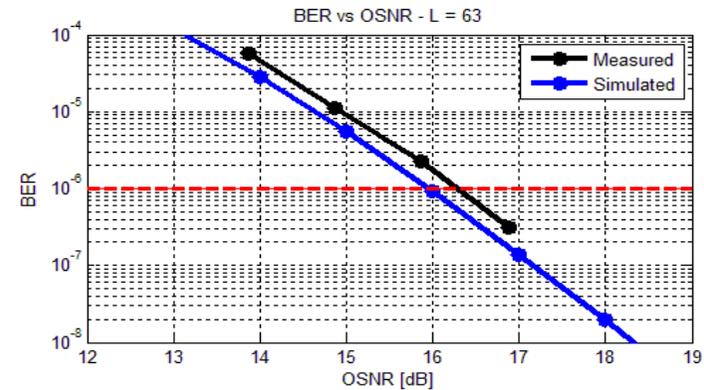
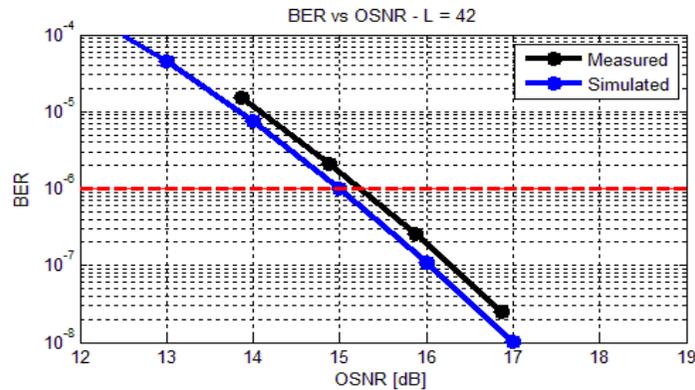
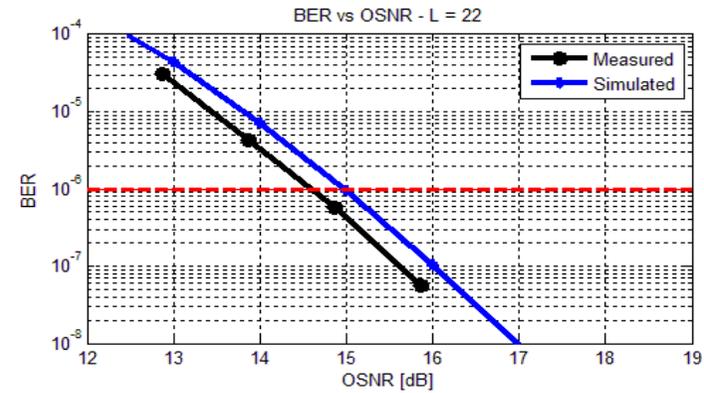
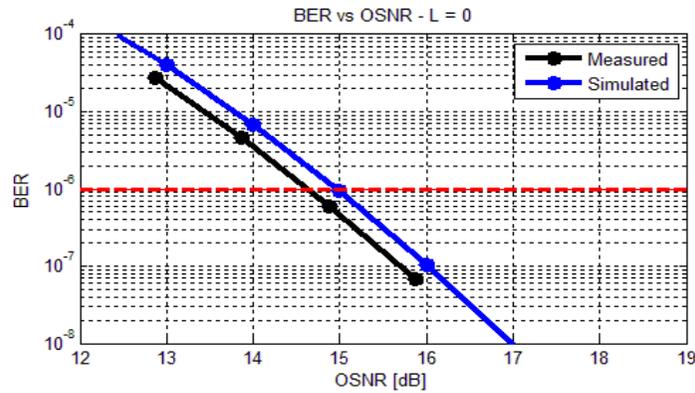


L=63 km

- ▶ Il sistema è stato simulato con OptSim 4.6



- ▶ Si è utilizzata una tecnica semi-analitica per la stima del BER
- ▶ È stata effettuato un fitting dei risultati per identificare il parametro di chirp del laser, non fornito dal costruttore



Chirp = 178 MHz/mA

- ▶ La modulazione CPFSK presenta la stessa sensitivity del DPSK ma può essere ottenuta mediante modulazione diretta
- ▶ L'utilizzo di una codifica 8B10B elimina in modo efficace la penalità dovuta alla non uniformità della risposta FM del laser

[andrea.carena@polito.it](mailto:andrea.carena@polito.it)