

# ЦИФРОВИ ОПТИЧНИ КОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ. **ВЕРОЯТНОСТ ЗА ГРЕШКА (OPTICAL BIT ERROR RATE)**

## Цел на упражнението:

- ✓ Запознаване с основните проблеми, водещи до грешки в цифровите оптични комуникационни системи;
- ✓ Числено оценяване на грешките;
- ✓ Насоки за проектиране.

# BER – Bit Error Rate

- Основна мярка за измерване на качеството в цифровите оптични системи.
- Брой на сгрешените битове към общия брой приети битове.
- Проектирането на комуникационна система трябва да предвижда ниво на BER в определени граници. ( $10^{-x}$ )
- Самата вероятност за поява на грешка трябва да е с минимална стойност.

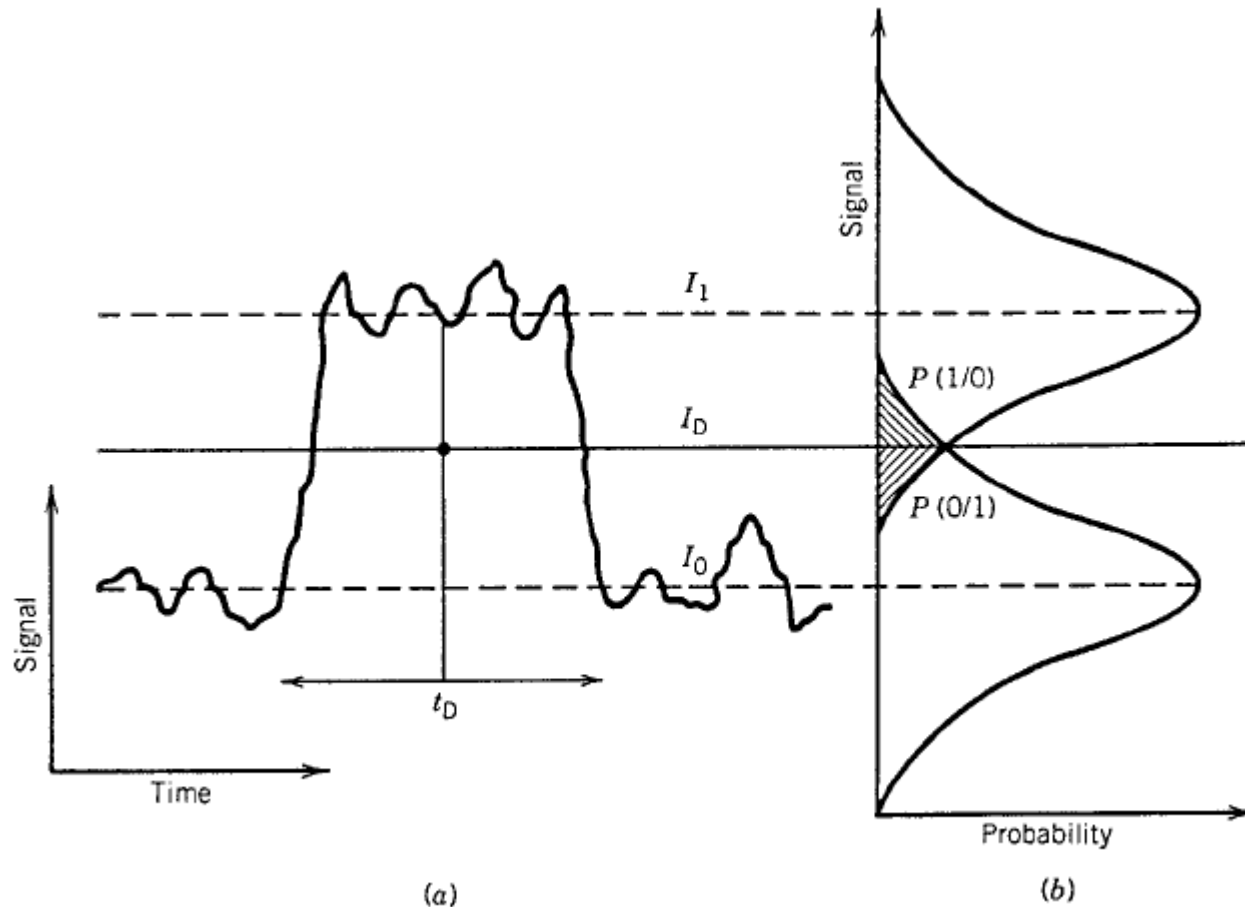
# BER – Bit Error Rate

- Априорна грешка- планиране на база на вероятно-статистически методи.
- Апостериорна грешка- тестване на вече изградена система.

| BER      | 10 Gbps           | 100 Gbps         |
|----------|-------------------|------------------|
| 1,00E-10 | 1 грешка / 1 s    | 1 грешка / 0,1 s |
| 1,00E-11 | 1 грешка / 10 s   | 1 грешка / 1 s   |
| 1,00E-12 | 1 грешка / 100 s  | 1 грешка / 10 s  |
| 1,00E-13 | 1 грешка / 1000 s | 1 грешка / 100 s |

# BER – Bit Error Rate

- За да се проектира системата се въвежда връзката между BER и SNR.



# ОБЩА ВЕРОЯТНОСТ ЗА ГРЕШКА

$$\text{BER} = P(1)P(0/1) + P(0)P(1/0),$$

където:

$P(1)$  - вероятност за поява на 1;

$P(0)$  - вероятност за поява на 0;

$P(1/0)$  - вероятност за поява на 1 вместо 0;

$P(0/1)$  - вероятност за поява на 0 вместо 1;

# ВЕРОЯТНОСТ ЗА ГРЕШКА ПРИ ИКМ

Ако вероятността за появата на 1 или 0 е  
50% / 50%, то:

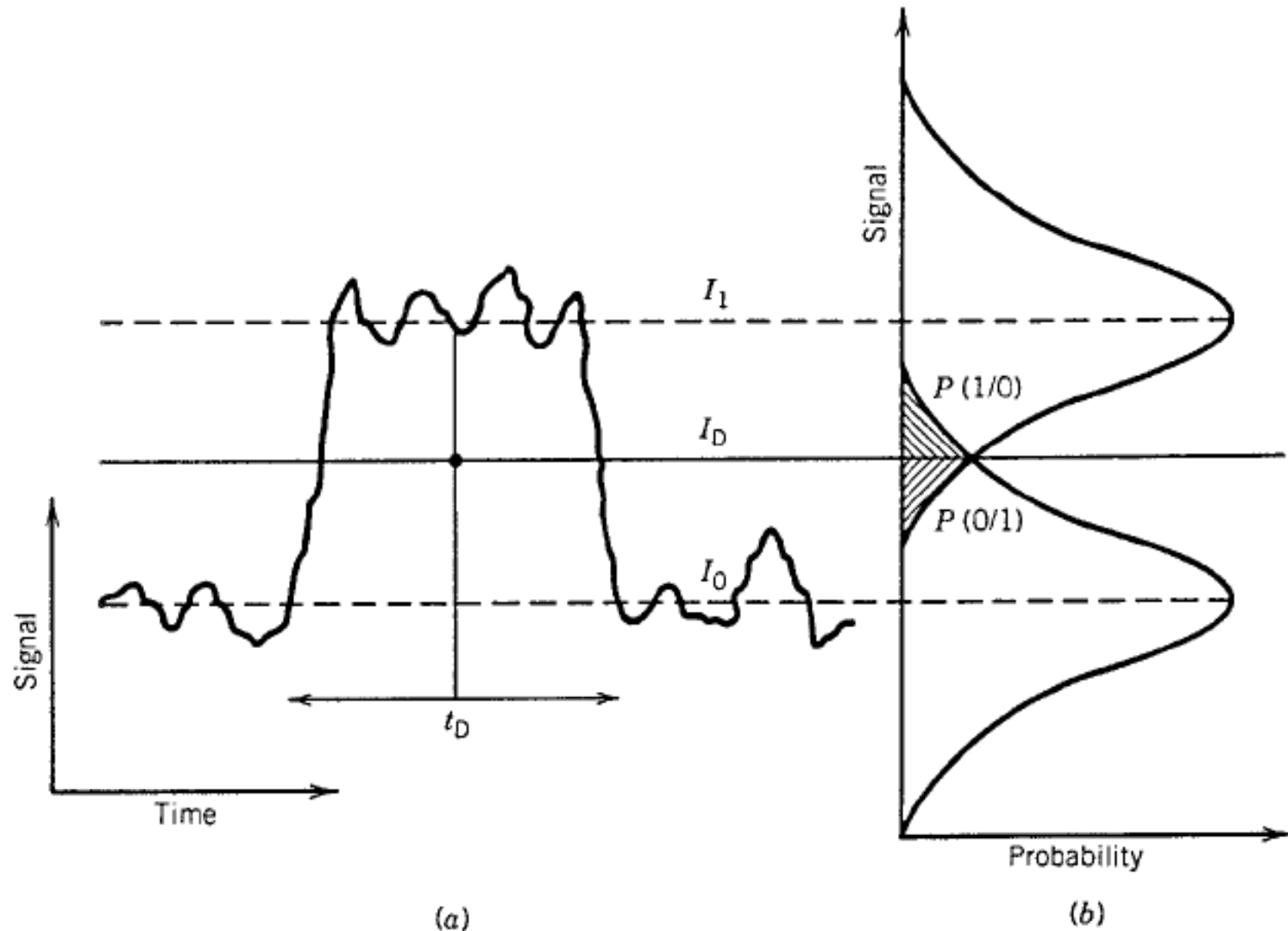
$$BER = \frac{1}{2} [P(0/1) + P(1/0)],$$

където:

$P(1/0)$  - вероятност за поява на 1 вместо 0;

$P(0/1)$  - вероятност за поява на 0 вместо 1.

# ВЕРОЯТНОСТЬ ЗА ГРЕШКА: $P(0/1)$ или $P(1/0)$



# ВЕРОЯТНОСТ ЗА ГРЕШКА: $P(0/1)$ или $P(1/0)$

При използване на гаусов модел на  
разпределение на шумовете  
(AWGN- Additive Gaussian noise):

$$\text{BER} = \frac{1}{4} \left[ \text{erfc} \left( \frac{I_1 - I_D}{\sigma_1 \sqrt{2}} \right) + \text{erfc} \left( \frac{I_D - I_0}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) \right]$$

Където:

$\sigma$  – Дисперсия;

erfc – Допълнителна математическа функция за  
пресмятане на грешките.

# НА ПРАКТИКА...

$$SNR[dB] = 10\lg(SNR[\text{пѣти}])$$

$$SNR[\text{пѣти}] = 10^{\frac{SNR[dB]}{10}}$$

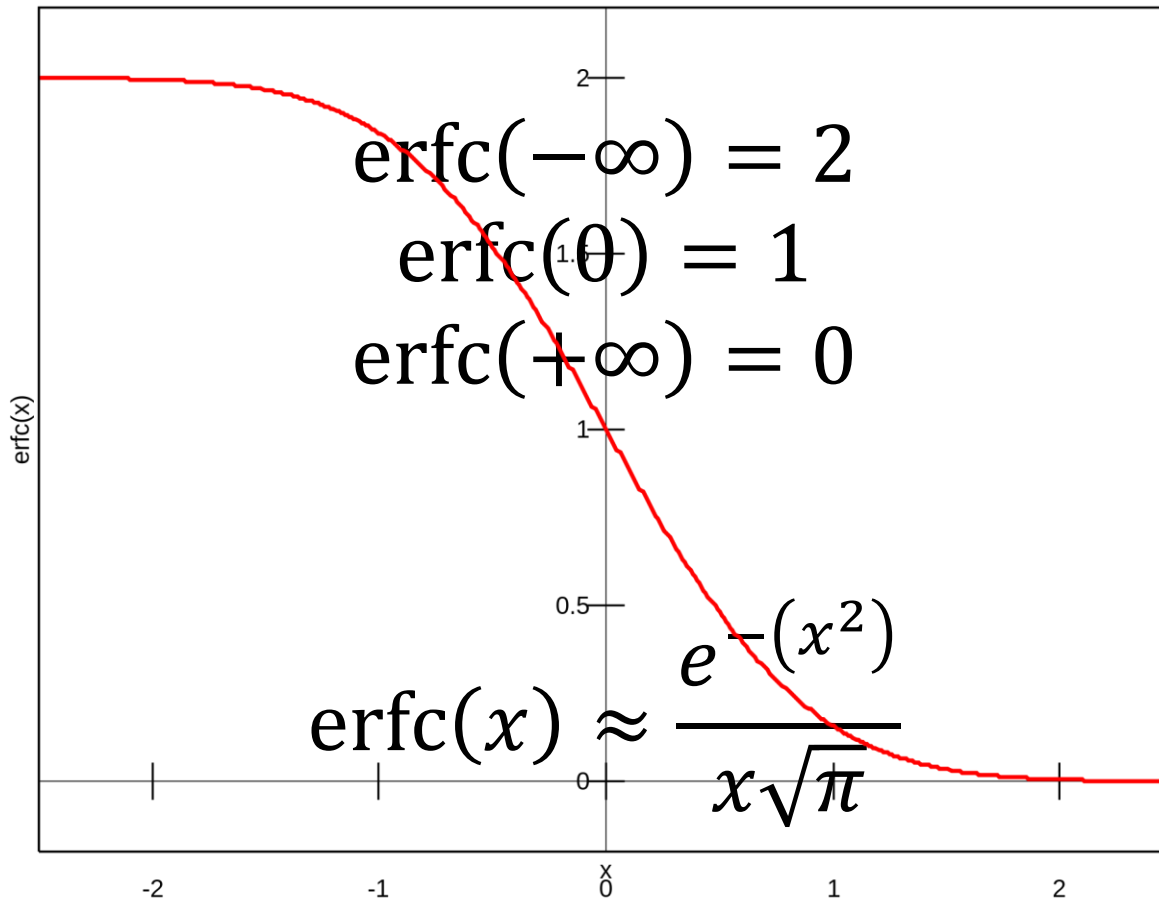
$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{1}{2} \sqrt{SNR[\text{пѣти}]} \right)$$

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{1}{2} 10^{\frac{SNR[dB]}{20}} \right)$$

# НА ПРАКТИКА...

ERFC(X) – Допълнителна функция на грешката  
интегрирана от X до безкрайност

Complementary Error Function



# НА ПРАКТИКА...

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \frac{1}{2} \sqrt{\text{SNR}[\text{пѐти}]} \right)$$

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc} \left( \frac{1}{2} 10^{\frac{\text{SNR}[\text{dB}]}{20}} \right)$$

$$\text{erfc}(x) \approx \frac{e^{-(x^2)}}{x\sqrt{\pi}}$$