

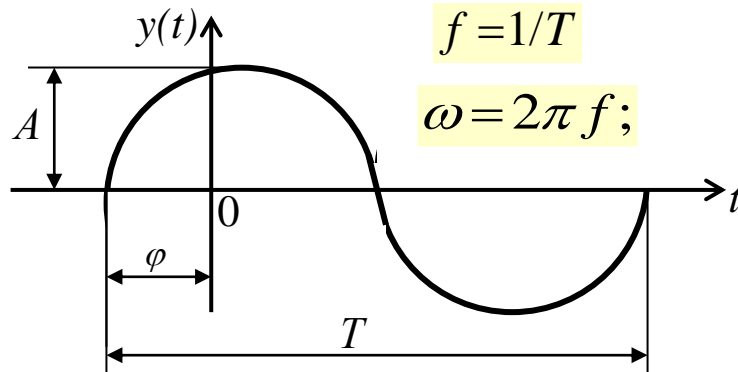


УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

# Лабораторный практикум

1. Физическое кодирование в телекоммуникационных сетях
2. Методы логического кодирования
3. Передача кодированных данных по каналу связи

# Кодирование данных: спектральный анализ



## Гармонический сигнал (гармоника):

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$$
$$y(t) = A \cos(\omega t + \varphi') = A \cos(2\pi f t + \varphi')$$

где  $\varphi' = \varphi - \pi/2$

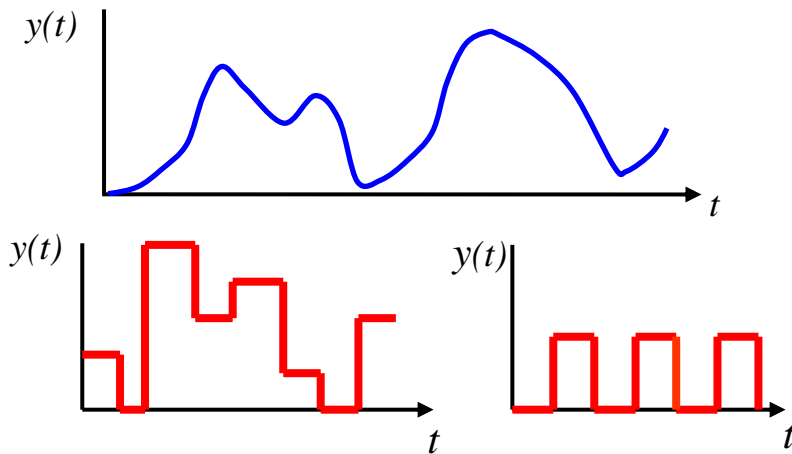
## Разложение в ряд Фурье:

$$y(t) = \frac{C}{2} + \sum_{i=0}^n (A_i \cos(\omega_i t) + B_i \sin(\omega_i t))$$

где  $\omega_i = i\omega_0 = 2\pi i f_0$ ;

$f_0 = 1/T$  - частота основной гармоники

$$S = f_n - f_0$$

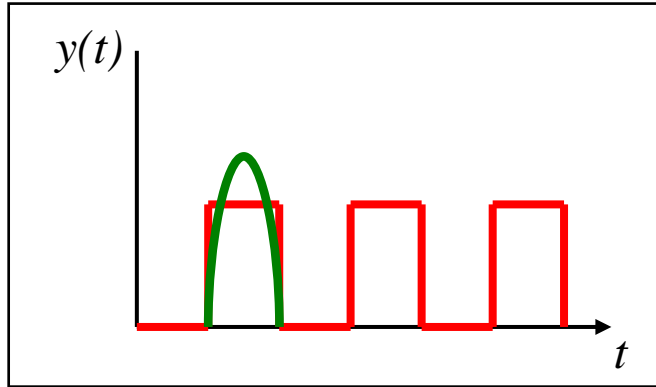


$$A_i = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cos(\omega_i t) dt$$

$$B_i = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \sin(\omega_i t) dt$$

$$C = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) dt$$

# Кодирование данных: спектральный анализ



Функция (сигнал)  
с неограниченным  
спектром:

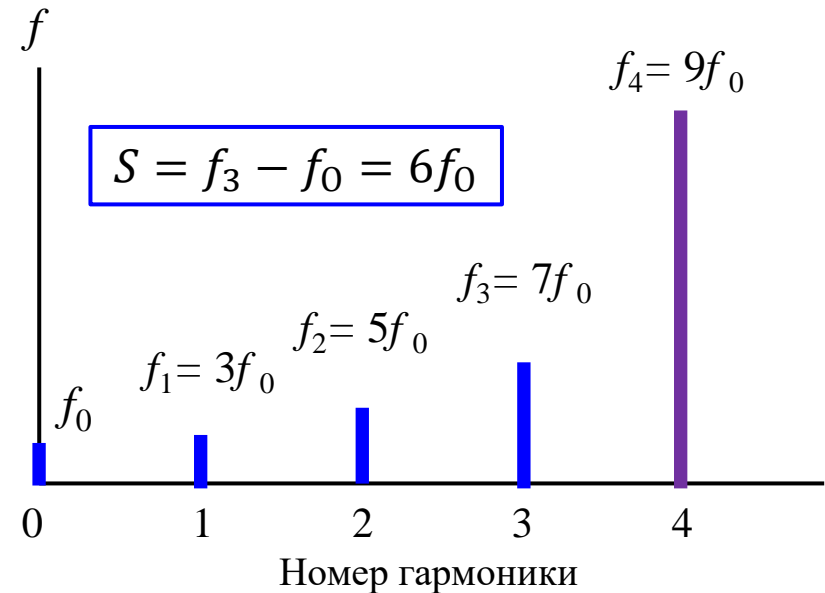
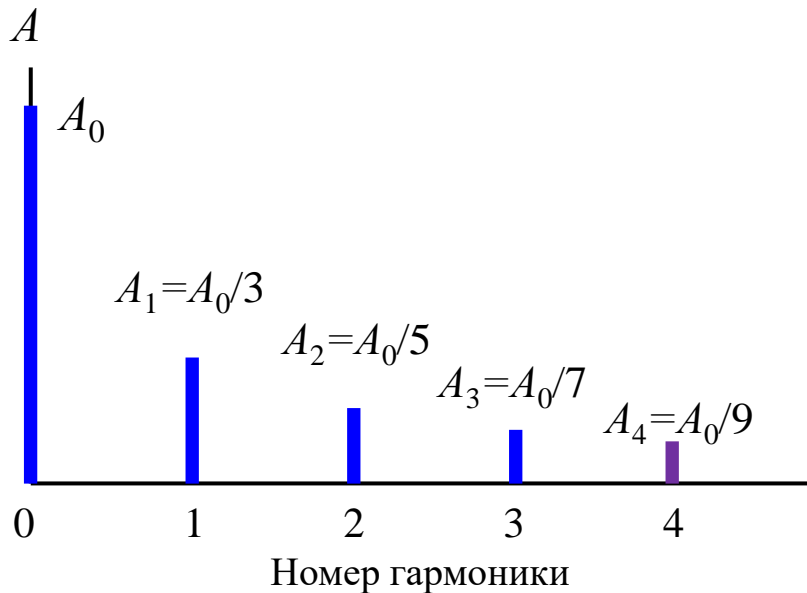
$$S = \infty$$



Сигнал  
с ограниченным  
спектром:

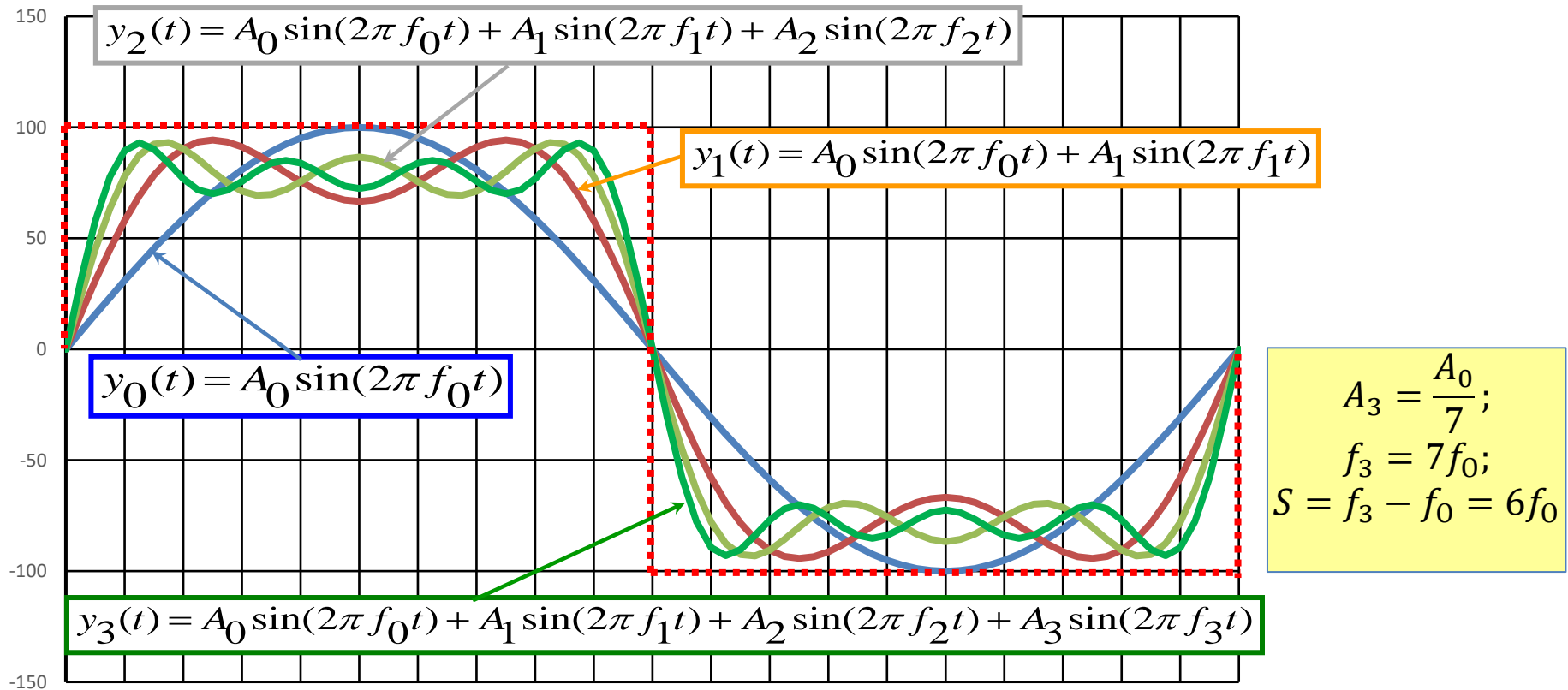
$$S < \infty$$

$$y_3(t) = A_0 \sin(2\pi f_0 t) + A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t) + A_3 \sin(2\pi f_3 t)$$



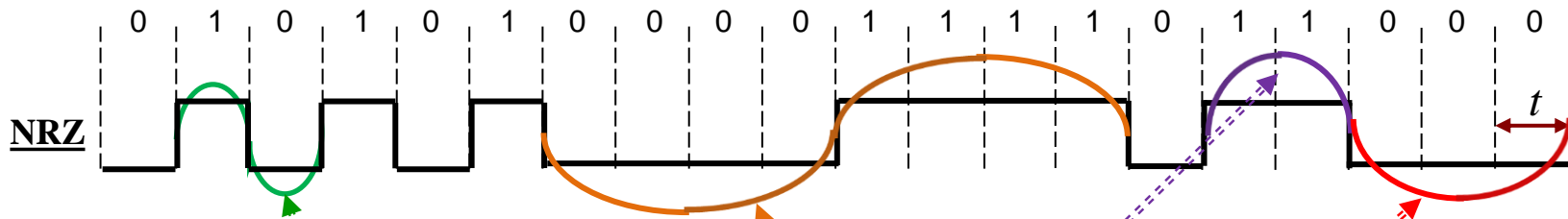
# Кодирование данных: спектральный анализ

## Формы потенциального сигнала



# Кодирование данных: спектральный анализ

## Потенциальный код (NRZ)



$$C \text{ [бит/с]}$$

$$t = 1/C$$

$$T = 2t$$

$$f_B = \frac{1}{T} = C/2$$

$$C = 10 \text{ Мбит/с}$$

$$t = 100 \text{ нс}$$

$$f_B = 5 \text{ МГц}$$

$$f_H = 0 \text{ МГц}$$

$$S = f_B - f_H = 5 \text{ МГц}$$

$$T = 8t$$

$$f_H = 1,25 \text{ МГц}$$

$$S = 3,75 \text{ МГц}$$

**4 гармоники:**

$$f_B = 7 * 5 = 35 \text{ МГц}$$

$$S = 33,75 \text{ МГц}$$

Средняя частота сообщения:

$$f_{cp} = (7 * 5 + 1 * 2,5 + 1 * 1,67 + 2 * 1,25) / 11 = 41,67 / 11 = 3,79 \text{ МГц}$$

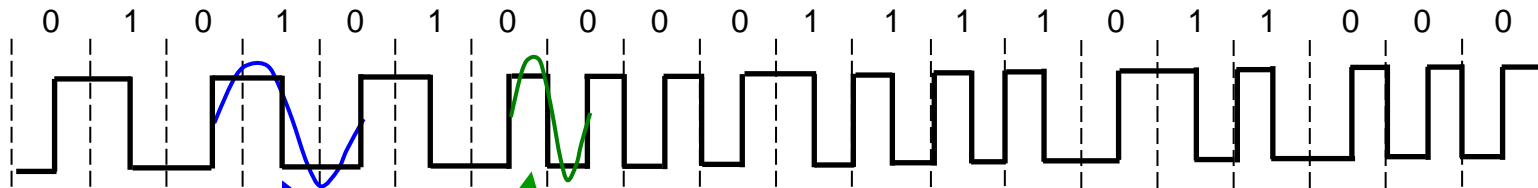
Середине спектра рассматриваемого сообщения соответствует частота:

$$f_{1/2} = (1,25 + 5) / 2 = 3,125 \text{ МГц}$$

$$f_{cp} > f_{1/2}$$

# Кодирование данных: спектральный анализ

## Манчестерский код (M2)



$$C \text{ [бит/с]} \rightarrow t = 1/C \rightarrow T = t \rightarrow f_B = \frac{1}{T} = C$$

$$C = 10 \text{ Мбит/с} \rightarrow t = 100 \text{ нс} \quad T = 100 \text{ нс} \rightarrow f_B = 10 \text{ МГц}$$

$$T = 200 \text{ нс} \rightarrow f_H = 5 \text{ МГц} \quad S = 5 \text{ МГц}$$

**4 гармоники:**

$$f_B = 7 * 10 = 70 \text{ МГц}$$

$$S = 65 \text{ МГц}$$

Средняя частота сообщения:

$$f_{cp} = (20 * 10 + 10 * 5) / 30 = 250 / 30 = 8,33 \text{ МГц}$$

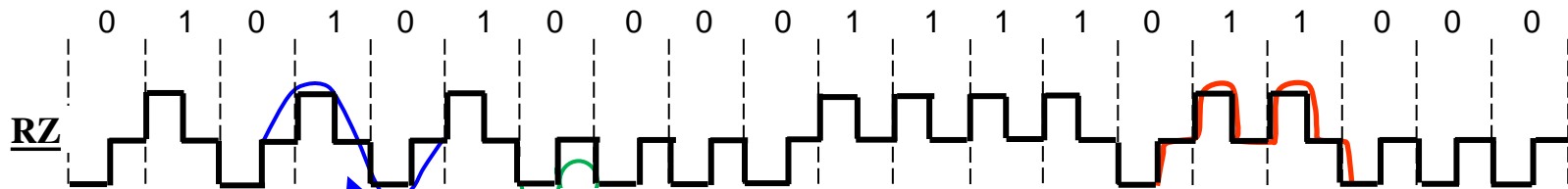
Середина спектра рассматриваемого сообщения:

$$f_{1/2} = (10 + 5) / 2 = 7,5 \text{ МГц}$$

$$f_{cp} > f_{1/2}$$

# Кодирование данных: спектральный анализ

## Биполярный импульсный код (RZ)



$$T = t$$

$$t = 1/C$$

$$f_B = \frac{1}{T} = C$$

$$C = 10 \text{ Мбит/с}$$

$$t = 100 \text{ нс}$$

$$f_B = 10 \text{ МГц}$$

$$T = 2,5t$$

$$f_H = 4 \text{ МГц}$$

$$S = 6 \text{ МГц}$$

**4 гармоники:**

$$f_B = 7 * 10 = 70 \text{ МГц}$$

$$S = 66 \text{ МГц}$$

Средняя частота сообщения:

$$f_{cp} = (23 * 10 + 3 * 4) / 26 = 242 / 26 = 9,31 \text{ МГц}$$

Середина спектра рассматриваемого сообщения:

$$f_{1/2} = (10 + 4) / 2 = 7 \text{ МГц}$$

$$f_{cp} > f_{1/2}$$