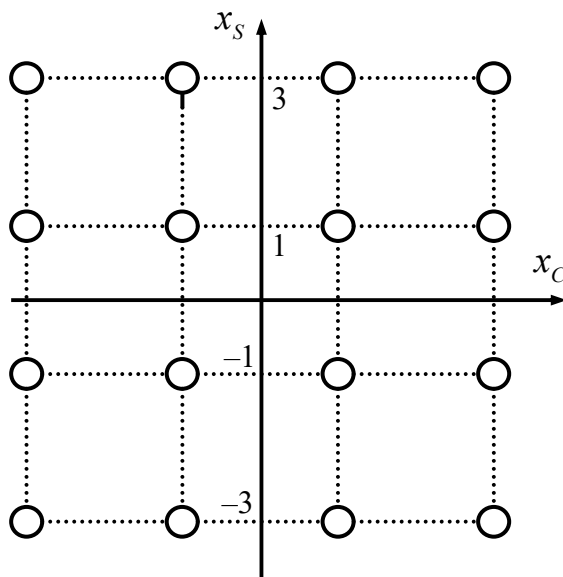


## Двумерные цифровые сигналы



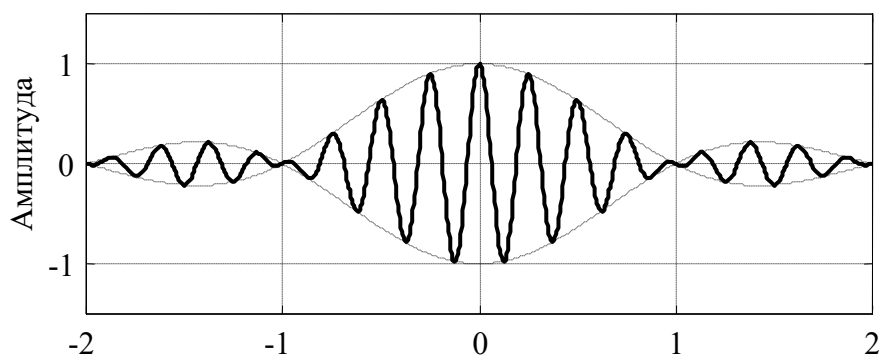
Пример алфавита двумерного  
цифрового сигнала ( $M_C = M_S = 4$  и  $x_C, x_S \in \{-3, -1, +1, +3\}$ )

$$a_{\text{иC}}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x_{Ci} g(t - i\Delta t_2)$$

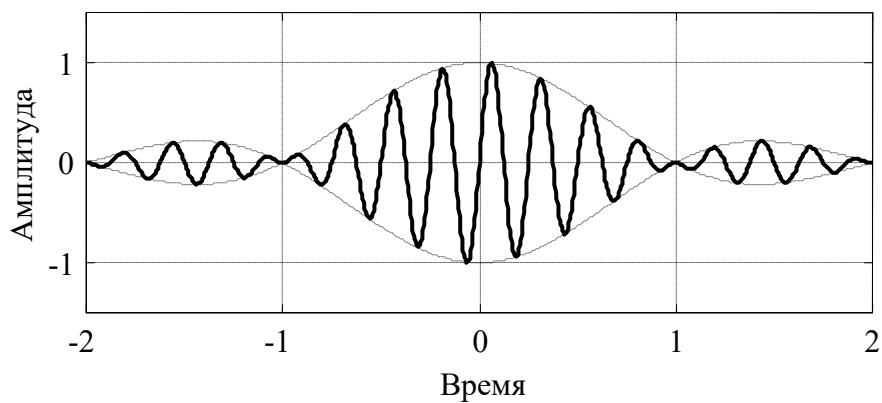
$$a_{\text{иS}}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x_{Si} g(t - i\Delta t_2)$$

$$a_{\text{и}}(t) = a_{\text{иC}}(t) \cos(\omega_0 t) + a_{\text{иS}}(t) \sin(\omega_0 t)$$

Косинусная составляющая символа двумерного сигнала (  $g(t) \cos(\omega_0 t)$  )

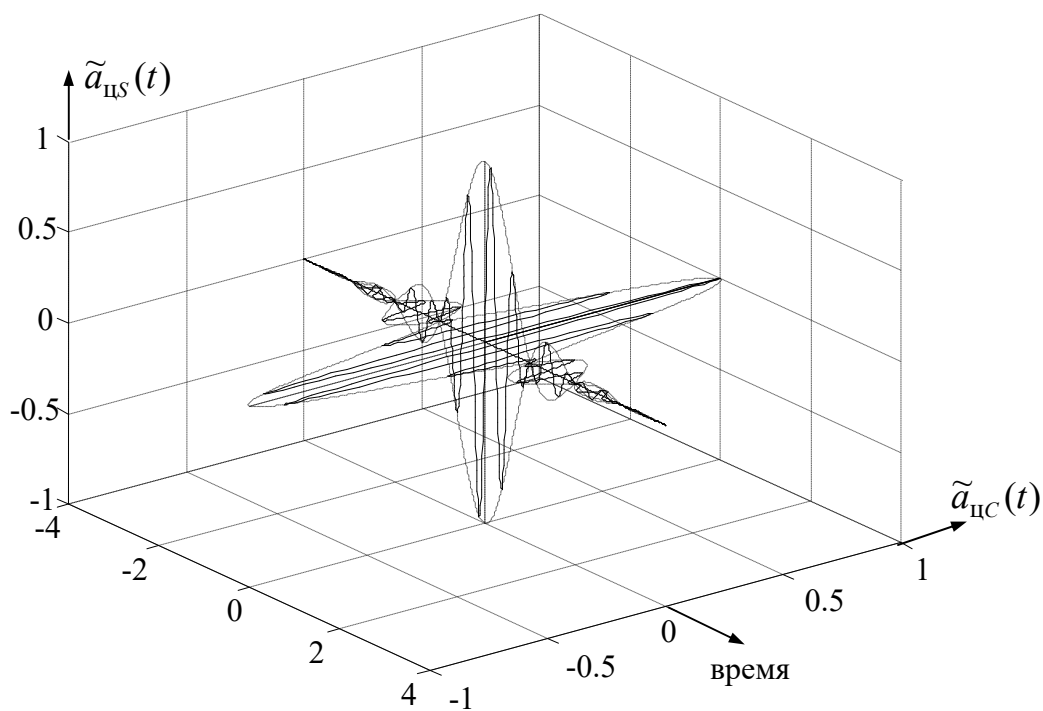


Синусная составляющая символа двумерного сигнала (  $g(t) \sin(\omega_0 t)$  )



Составляющие символа двумерного сигнала

$$\tilde{a}_{uc}(t) = a_{uc}(t) \cos(\omega_0 t) \quad \tilde{a}_{us}(t) = a_{us}(t) \sin(\omega_0 t)$$



$$\begin{aligned}
 a_u(t) \cos(\omega_0 t) &= (a_{uc}(t) \cos(\omega_0 t) + a_{us}(t) \sin(\omega_0 t)) \cos(\omega_0 t) = \\
 &= a_{uc}(t) \cos^2(\omega_0 t) + a_{us}(t) \sin(\omega_0 t) \cos(\omega_0 t) = \\
 &= \frac{1}{2} a_{uc}(t) + \frac{1}{2} a_{uc}(t) \cos(2\omega_0 t) + \frac{1}{2} a_{us}(t) \sin(2\omega_0 t) \xrightarrow{\text{ФНЧ}} a_{uc}(t)
 \end{aligned}$$

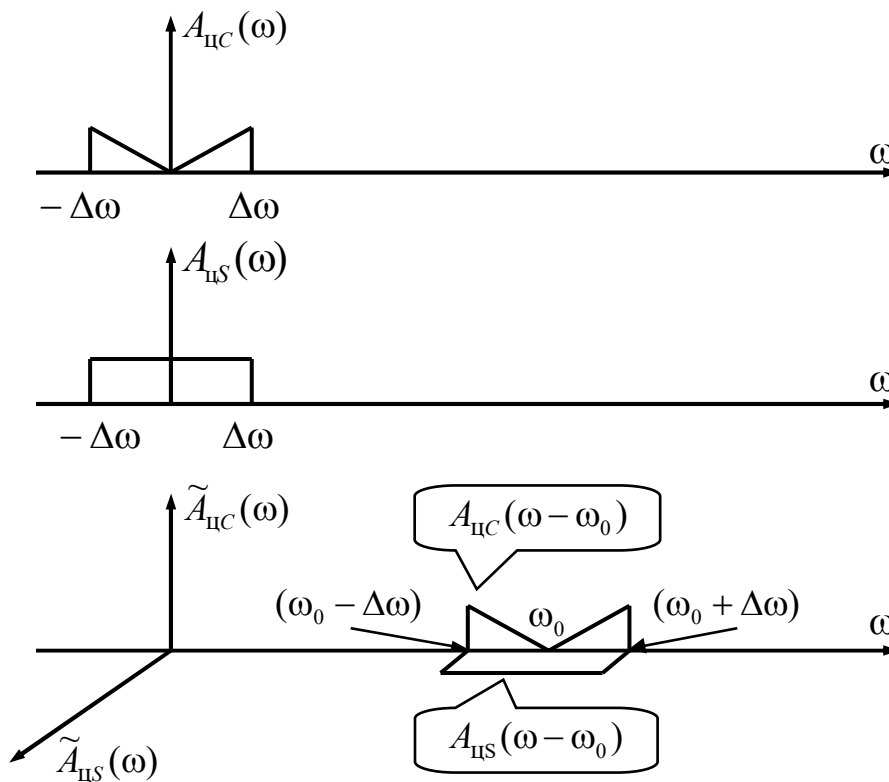
$$A_{uc}(j\omega) \Leftrightarrow a_{uc}(t)$$

$$A_{us}(j\omega) \Leftrightarrow a_{us}(t)$$

$$\tilde{a}_{uc}(t) = a_{uc}(t) \cos(\omega_0 t) \Leftrightarrow \tilde{A}_{uc}(j\omega) = \frac{1}{2} [A_{uc}(\omega + \omega_0) + A_{uc}(\omega - \omega_0)]$$

$$\tilde{a}_{us}(t) = a_{us}(t) \sin(\omega_0 t) \Leftrightarrow \tilde{A}_{us}(j\omega) = j \frac{1}{2} [A_{us}(\omega + \omega_0) - A_{us}(\omega - \omega_0)]$$

$$\tilde{A}_u(j\omega) = \tilde{A}_{uc}(j\omega) + \tilde{A}_{us}(j\omega)$$



Спектр двумерного сигнала

$$\Delta t_2 = 1/(f_0 + \Delta f - f_0 + \Delta f) = 1/2\Delta f = 1/\Delta F$$

$$\Delta F = 2\Delta f$$

$$B_2 = \frac{1}{\Delta t_2} = \Delta F \text{ Бод}$$

$$W_2 = m_\Sigma B_2 = \Delta F (\log M_C + \log M_S) \frac{\text{бит}}{\text{с}}$$

$$M_1 = M_C = M_S$$

$$W_1 = m_1 B_1 = 2\Delta f \log M_1$$

$$W_2 = m_\Sigma B_2 = \Delta f (\log M_C + \log M_S) = 2\Delta f \log M_1$$

### Многомерные цифровые сигналы

$$a_{\Pi}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \mathbf{Q}^T \mathbf{X}_i g(t - i\Delta t_1)$$

$\mathbf{X}_i = [x_1, \dots, x_N]^T$  – вектор информационных параметров размерности  $N$ ;

$\mathbf{Q}$  – вектор, определяющий способ передачи компонентов вектора  $\mathbf{X}_i$ ;

$T$  – знак транспонирования вектора;

$g(t - i\Delta t_1)$  – единичный элемент сигнала.

$$a_{\Pi}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \mathbf{Q}^T \mathbf{X}_i g(t - i\Delta t_2) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} [x_{Ci}(t) \cos(\omega_0 t) + x_{Si}(t) \sin(\omega_0 t)] g(t - i\Delta t_2)$$

$$\mathbf{Q} = [\cos(\omega_0 t), \sin(\omega_0 t)]^T$$

$$\mathbf{X}_i = [x_{Ci}, x_{Si}]^T$$