

БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И. КАНТА

РАЗДЕЛ III

**МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ.
МОДУЛЯЦИЯ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ**

к.т.н. Олег Романович Кивчун

**Калининград
2012**

ЛЕКЦИЯ № 17

ШУМОПОДОБНЫЕ СИГНАЛЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ

1. Использование в качестве переносчика информации функций Уолша.
2. Характеристика шумоподобных сигналов.
3. Способы формирования шумоподобных сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Теория электрической связи: Учеб. Для вузов / А.Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В.И. Коржик, М. В. Назаров; Под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. – 433 с.

Дополнительная:

1. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Бернارد Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Сухоруков А.С. Теория электрической связи: Конспект лекций. Часть 1. – М.: МТУСИ, ЦЕНТР ДО, 2002. – 65 с.

1. Использование в качестве переносчика информации функций Уолша

СИСТЕМА ФУНКЦИЙ УОЛША

СИСТЕМА ФУНКЦИЙ УОЛША – это полная ортогональная система на интервале $[-1/2, +1/2]$ или $[0, 1]$. Функции Уолша не имеют хороших корреляционных свойств, но обладают свойством ортогональности, что и определяет их практическое применение.

Функции Уолша обычно задаются через функцию Радемахера ($\text{rad}(m, t)$):

$$r_i(x) = \text{sign}[\sin(2^i \cdot \pi \cdot x)], \quad 0 \leq x < 1$$

$x = t / T$ – безразмерное время; T – период функции; $i = 0, 1, 2, \dots$ – порядок.

Функция знака $\text{sign}(y)$ имеет постоянную величину, равную «1», знак которой определяется знаком аргумента «у».

Система функций Уолша $\text{wal}_j(x)$ (Уолша – Walsh – $\text{wal}(n, Q)$) образуется следующим образом:

1. По определению вводится функция $\text{wal}_0(x) = 0$ при $j = 0$.
2. Для получения функции $\text{wal}_j(x)$ при $j > 0$ необходимо j записать в двоичной форме:

$$\text{wal}_j(x) = r_{\gamma_1+1}(x) \cdot r_{\gamma_2+1}(x) \cdot \dots \cdot r_{\gamma_n+1}, \quad \begin{aligned} \gamma_1 < \gamma_2 < \dots < \gamma_p, \\ j = 2^{\gamma_1} + 2^{\gamma_2} + \dots + 2^{\gamma_n}. \end{aligned}$$

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ УОЛША (СЛАЙД 1)

ПРИМЕР ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУНКЦИИ УОЛША:

- 1) $j = 0 \rightarrow \text{wal}_0(x) = 1$; 4) $j = 3 \rightarrow 2^0 + 2^1 \text{wal}_{j=3} = r_1 r_2$;
 2) $j = 1 \rightarrow 2^0 \text{wal}_{j=1} = r_1, (0 + 1)$; 5) $j = 4 \rightarrow 2^2 \text{wal}_{j=4} = r_3$;
 3) $j = 2 \rightarrow 2^1 \text{wal}_{j=2} = r_2, (1 + 1)$; 6) $j = 5 \rightarrow 2^0 + 2^2 \text{wal}_{j=5} = r_1 r_3$ ИТ.Д.

В общем случае выбор ортогональных кодов связан с матрицами Адамара:

$$A_{2N} = \begin{vmatrix} A'_N & A_N \\ A'_N & A_N \end{vmatrix},$$

A_N – матрица Адамара порядка N ;

N – число равно числу столбцов;

A_{2N} – матрица Адамара порядка $2N$.

МАТРИЦА АДАМАРА – это квадратная матрица размера $n \times n$, составленная из чисел «1» и «-1», столбцы которой ортогональны, так что справедливо соотношение $H^T \cdot H = n \cdot E_n$.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ УОЛША (СЛАЙД 2)

Пример: $A_1 = 1$.

$$A_2 = \begin{vmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{vmatrix};$$

$$A_4 = \begin{vmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{vmatrix};$$

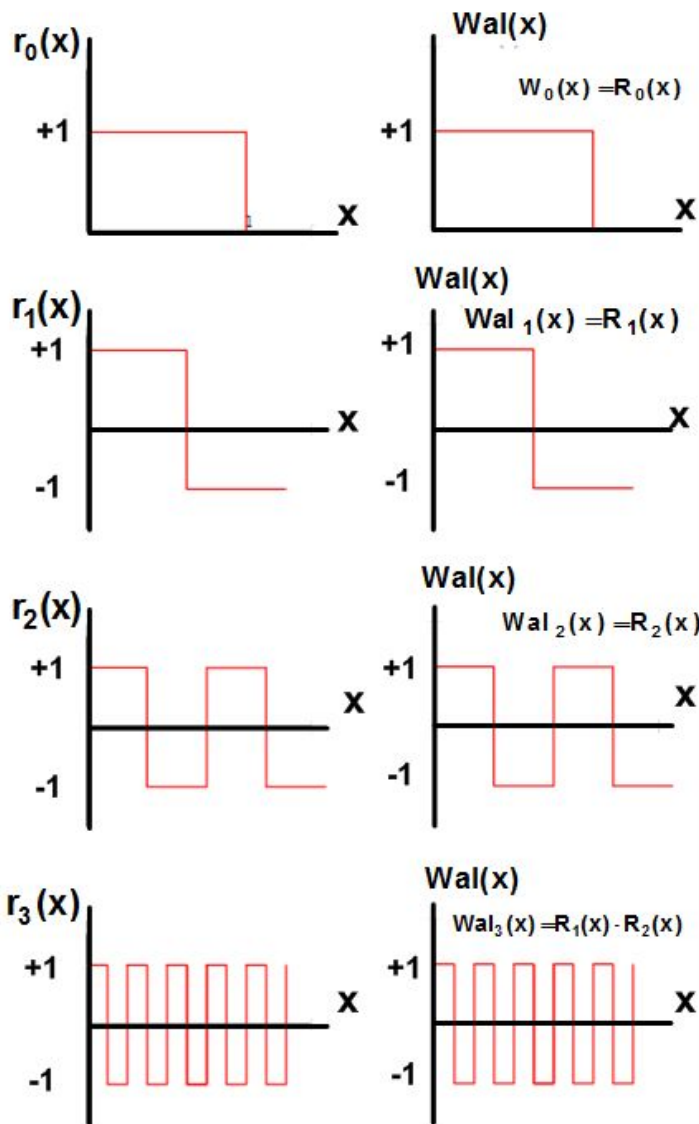
$$A_8 = \begin{vmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 \end{vmatrix}$$

Упорядочим
знакоизменение:

$$\left. \begin{array}{cccccccc} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 & +1 \end{array} \right\}$$

т.е. функции Уолша можно задавать через матрицы Адамара.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ УОЛША (СЛАЙД 3)



Как доказать ортогональность $wal_2(x)$ и $wal_3(x)$?

$$1 \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) + 1 \cdot (-1) + (-1) \cdot 1 = 1 + 1 - 1 - 1 = 0$$

т.е. сигналы (коды) не пересекаются.

МУЛЬТИПЛИКАТИВНОСТЬ

Произведение двух функций Уолша даёт функцию Уолша.

$$Wal(n, \theta) \cdot Wal(k, \Theta) = Wal(i, \Theta),$$

$i = n \oplus k$ – сложение по модулю 2 номеров в двоичной системе.

ПРИМЕР. Допустим, что $n = 1$, $k = 3$. Тогда,

$$n \oplus k = 01_2 \oplus 11_2 = 10_2 = 2$$

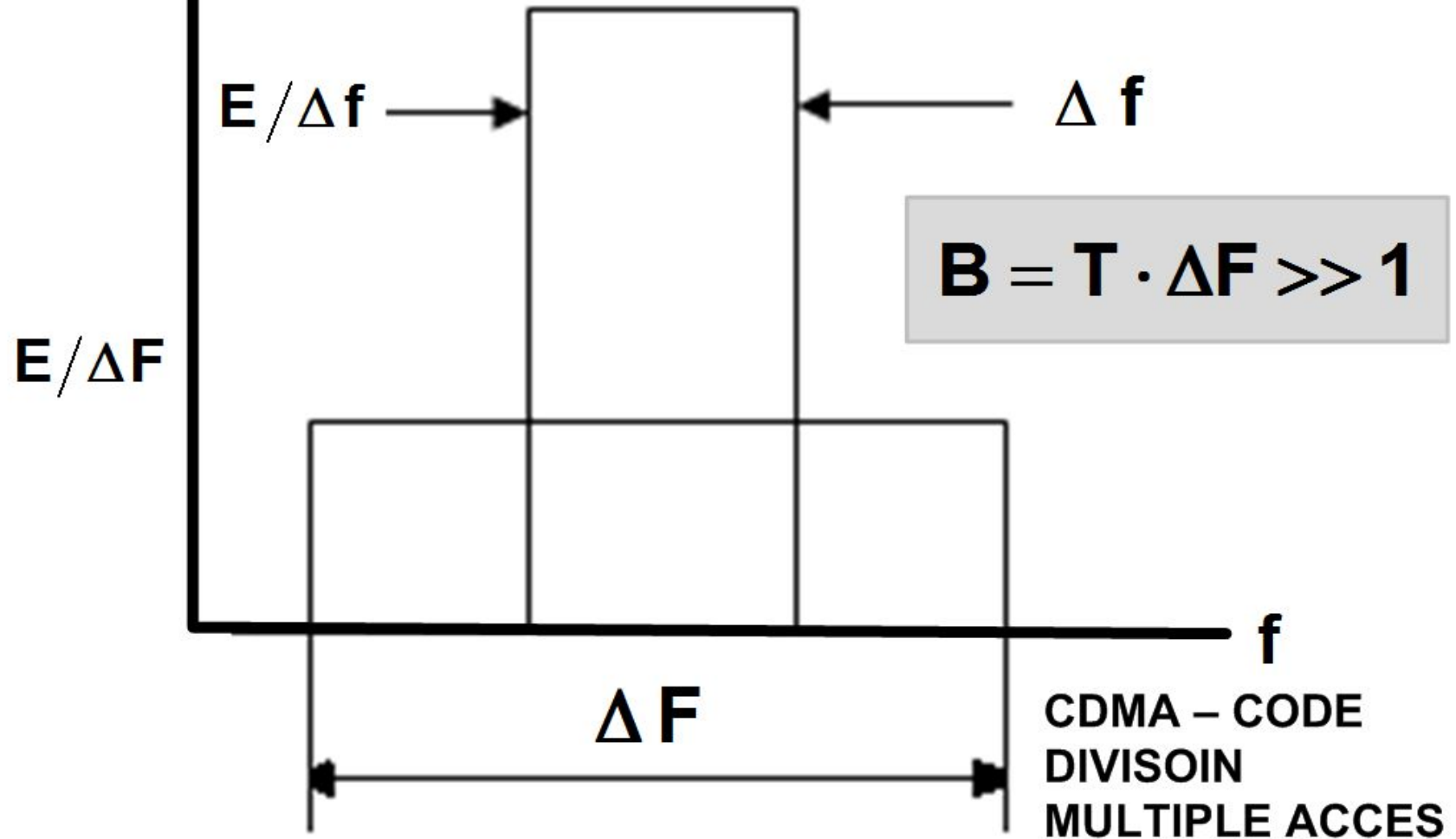
				n
1	1	-1	-1	$wal(1, \theta)$
1	-1	1	-1	$wal(3, \theta)$
1	-1	-1	1	$wal(2, \theta)$

2. Характеристика шумоподобных сигналов

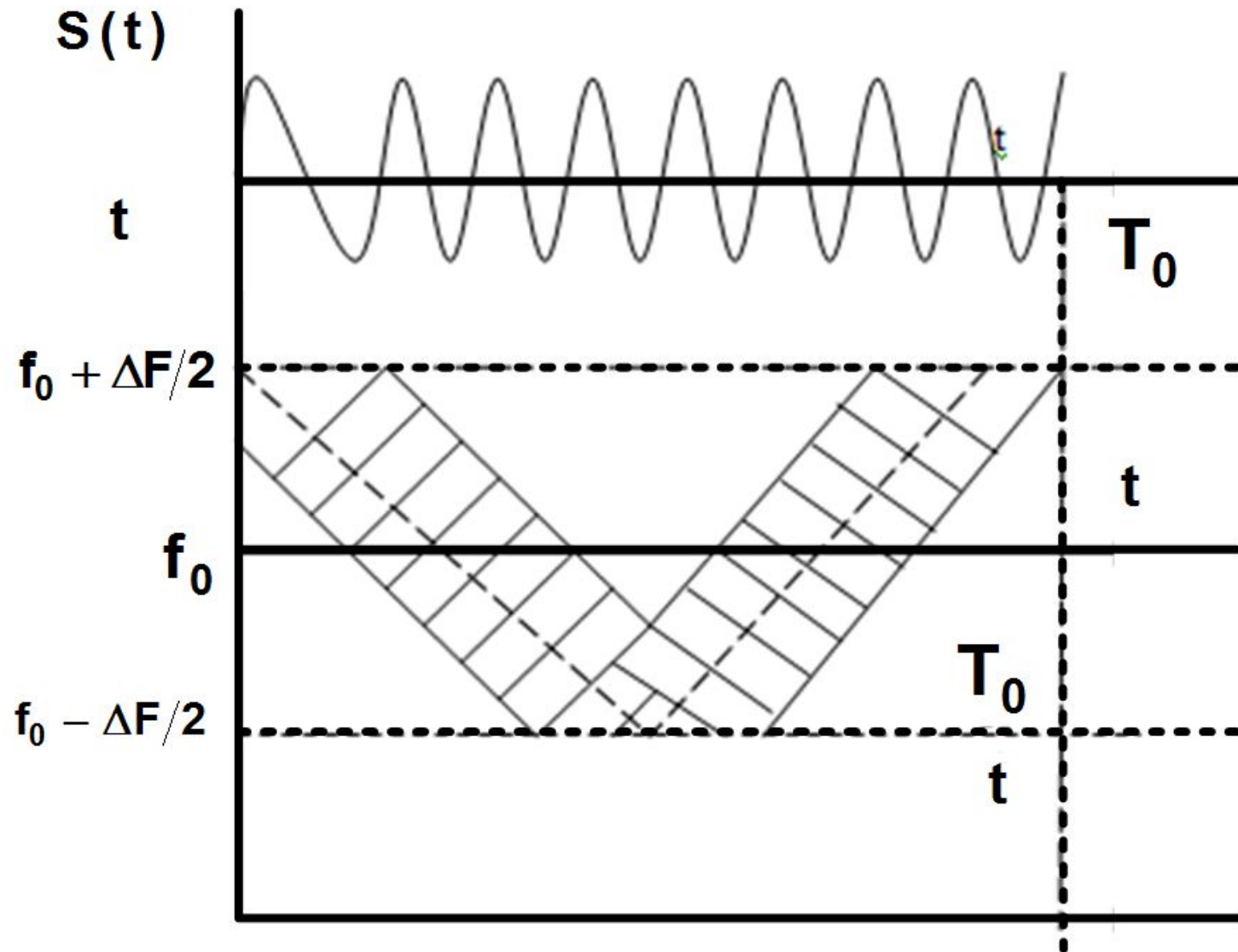
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА

$|S(f)|$

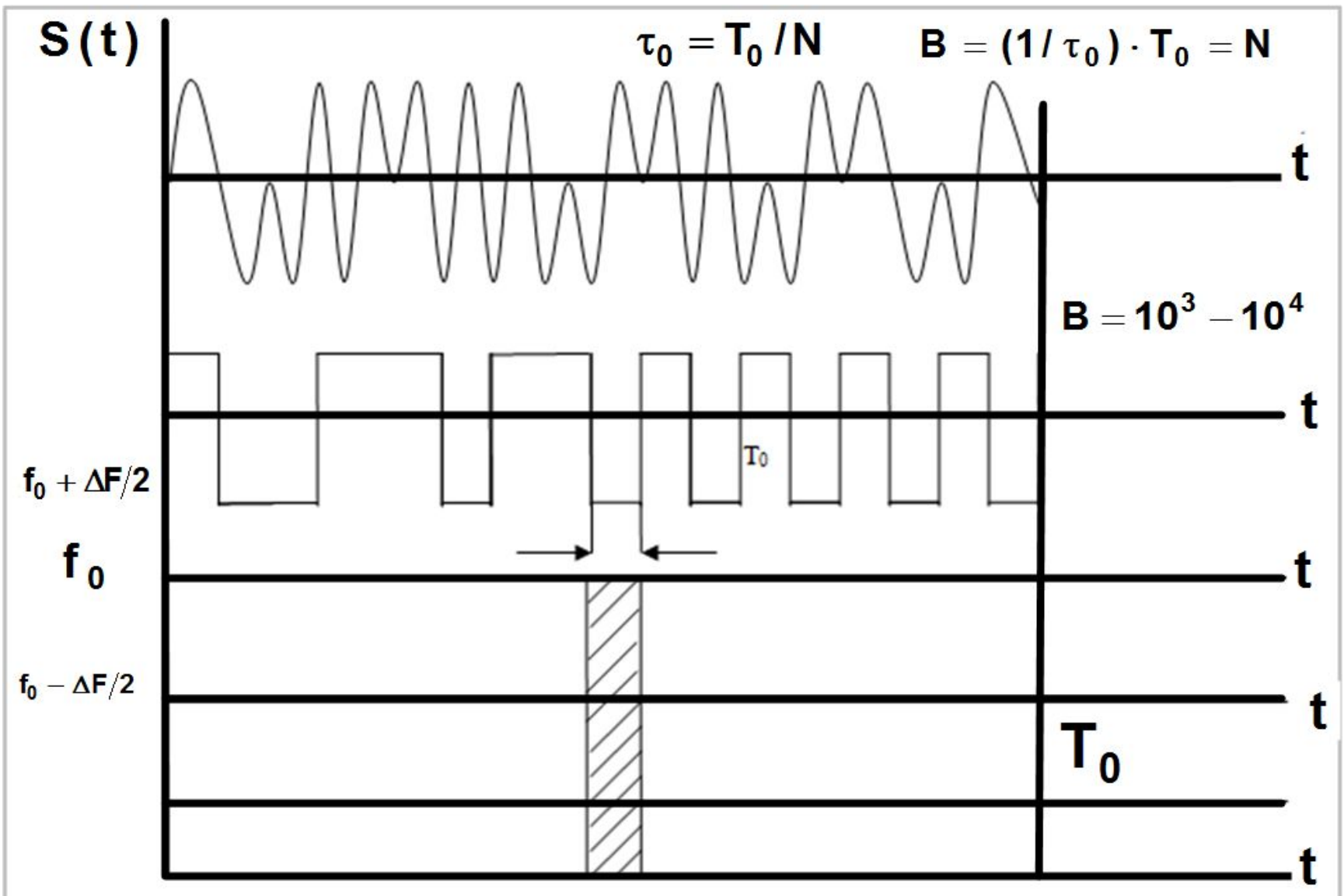
Сложными (шумоподобными) сигналами называют сигналы, у которых база существенно больше



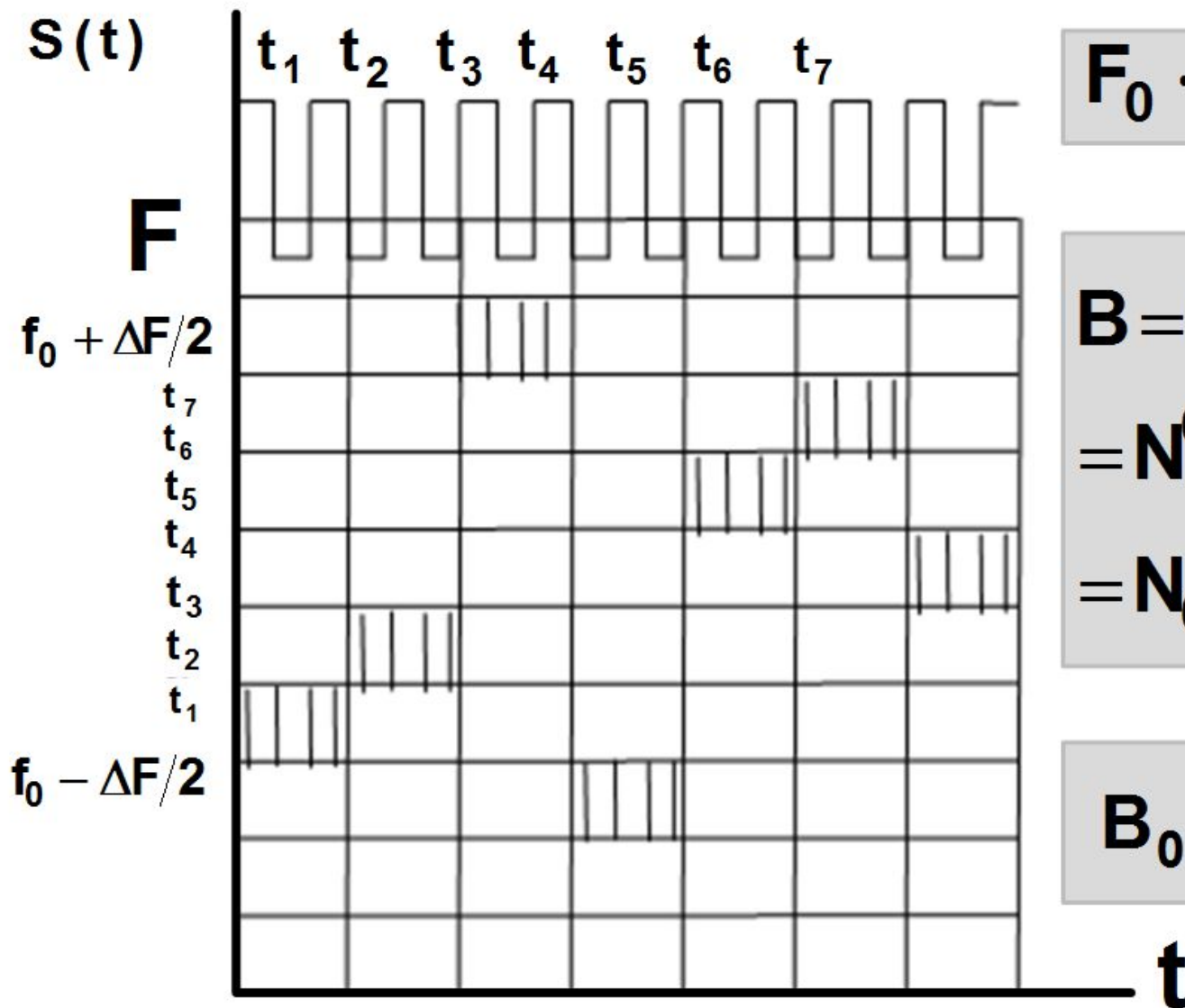
ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ



ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ



ДИСКРЕТНЫЕ ЧАСТОТНЫЕ СИГНАЛЫ (СЛАЙД 1)

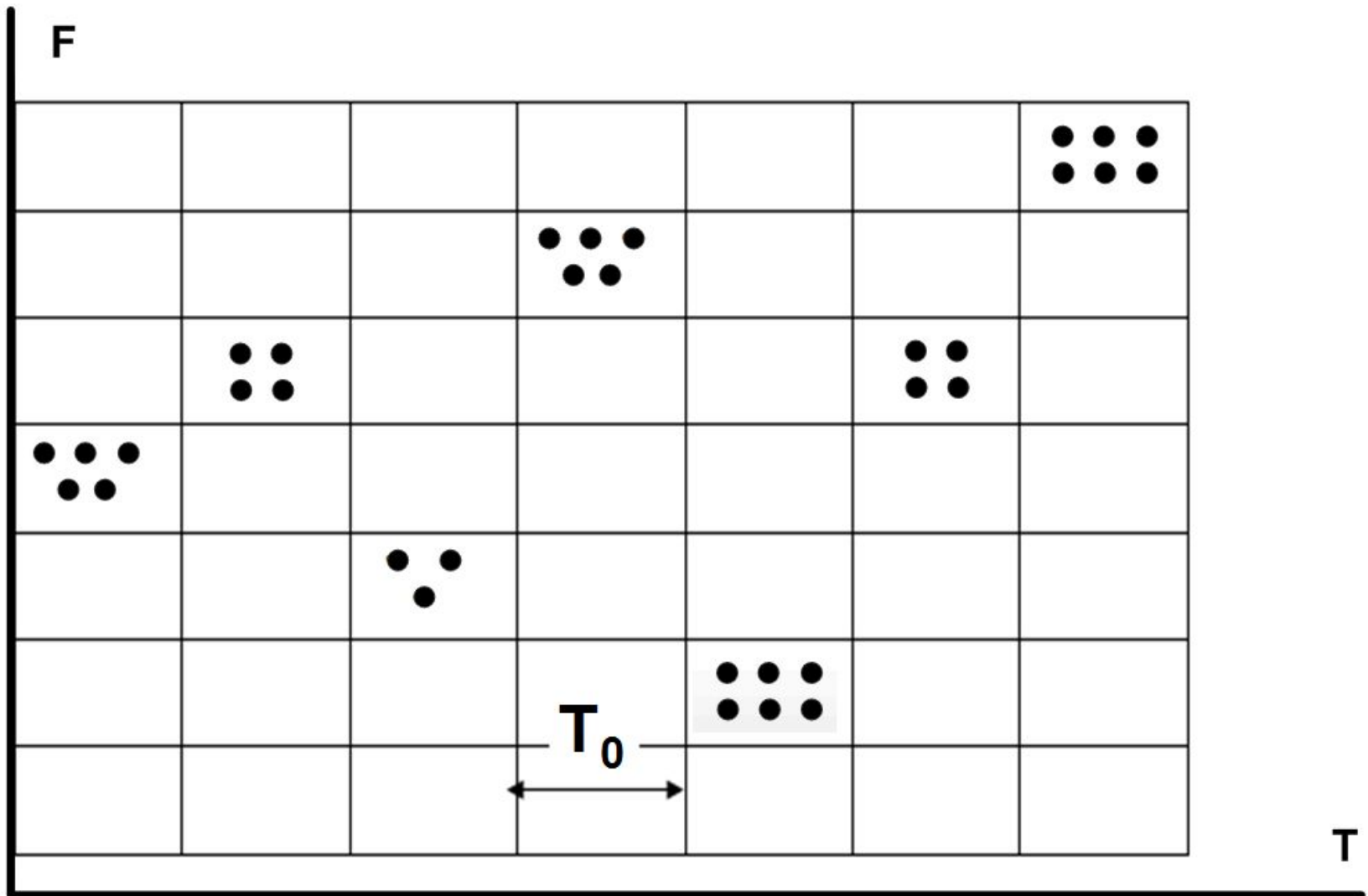


$$F_0 \cdot \tau_0 = N_0$$

$$\begin{aligned} B &= F \cdot T_0 = \\ &= N^0 \cdot F_0 \cdot \tau_0 = \\ &= N_0 \cdot N^2 \end{aligned}$$

$$B_0 = N_0^2 \cdot N^2$$

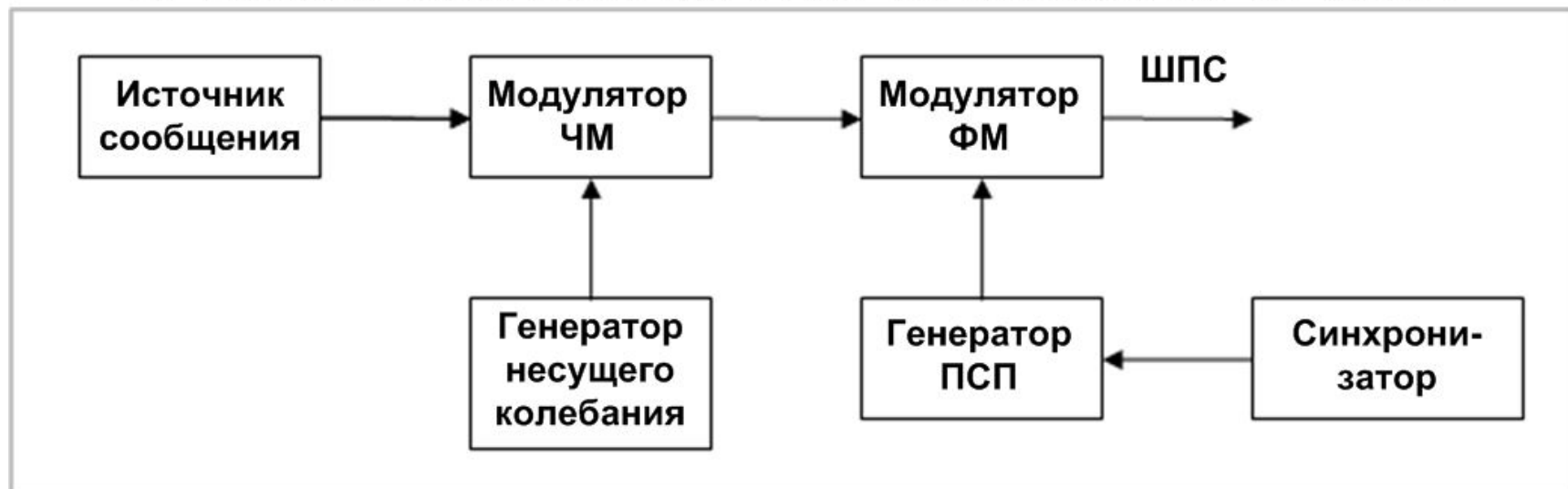
ДИСКРЕТНЫЕ ЧАСТОТНЫЕ СИГНАЛЫ (СЛАЙД 2)



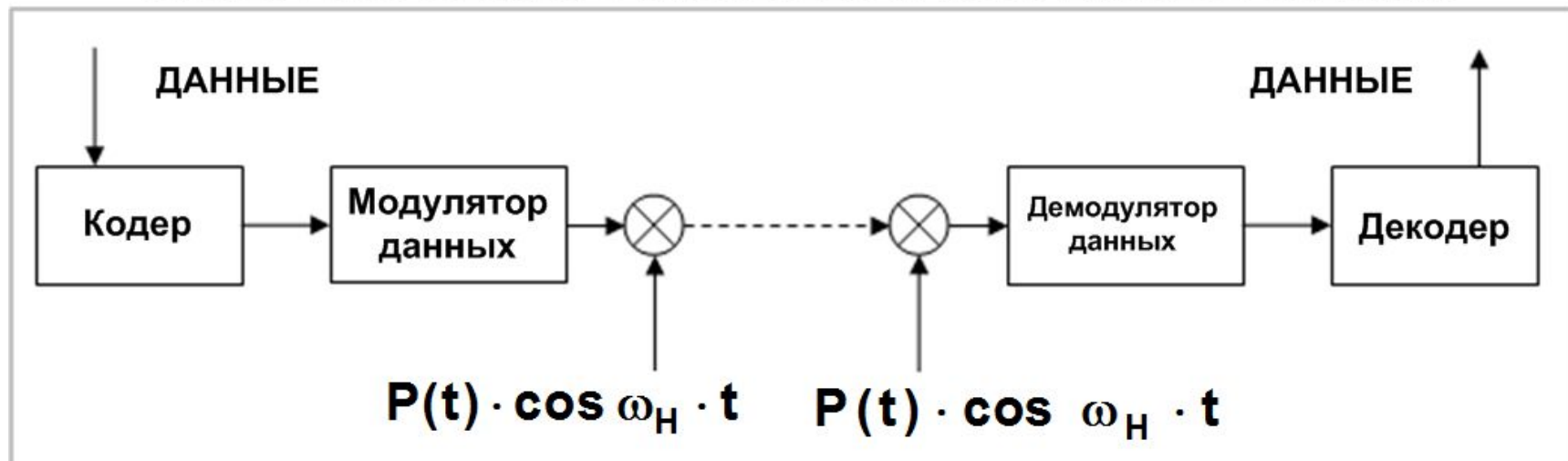
3. Способы формирования шумоподобных сигналов

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ШПС (СЛАЙД 1)

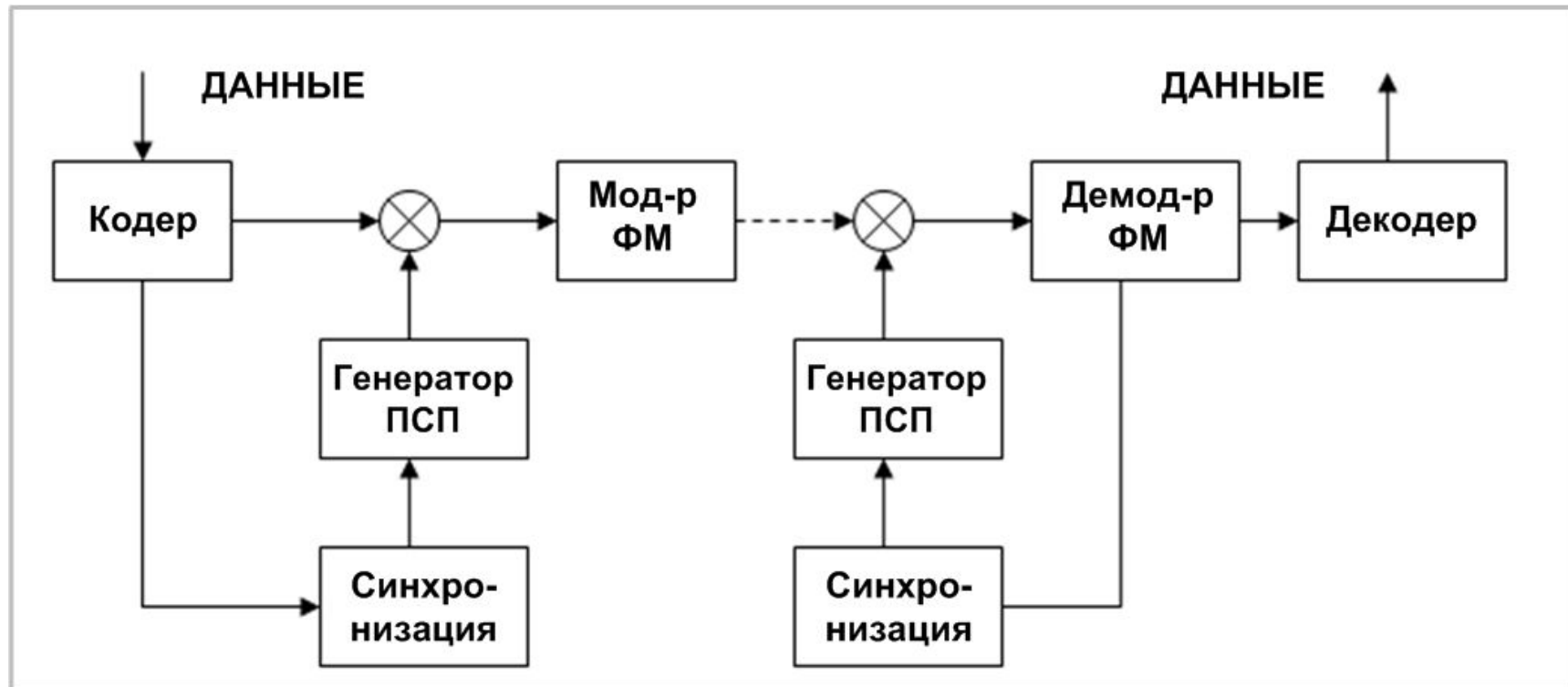
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ С РАСШИРЕННЫМ СПЕКТРОМ ЧАСТОТ



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СРС ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ

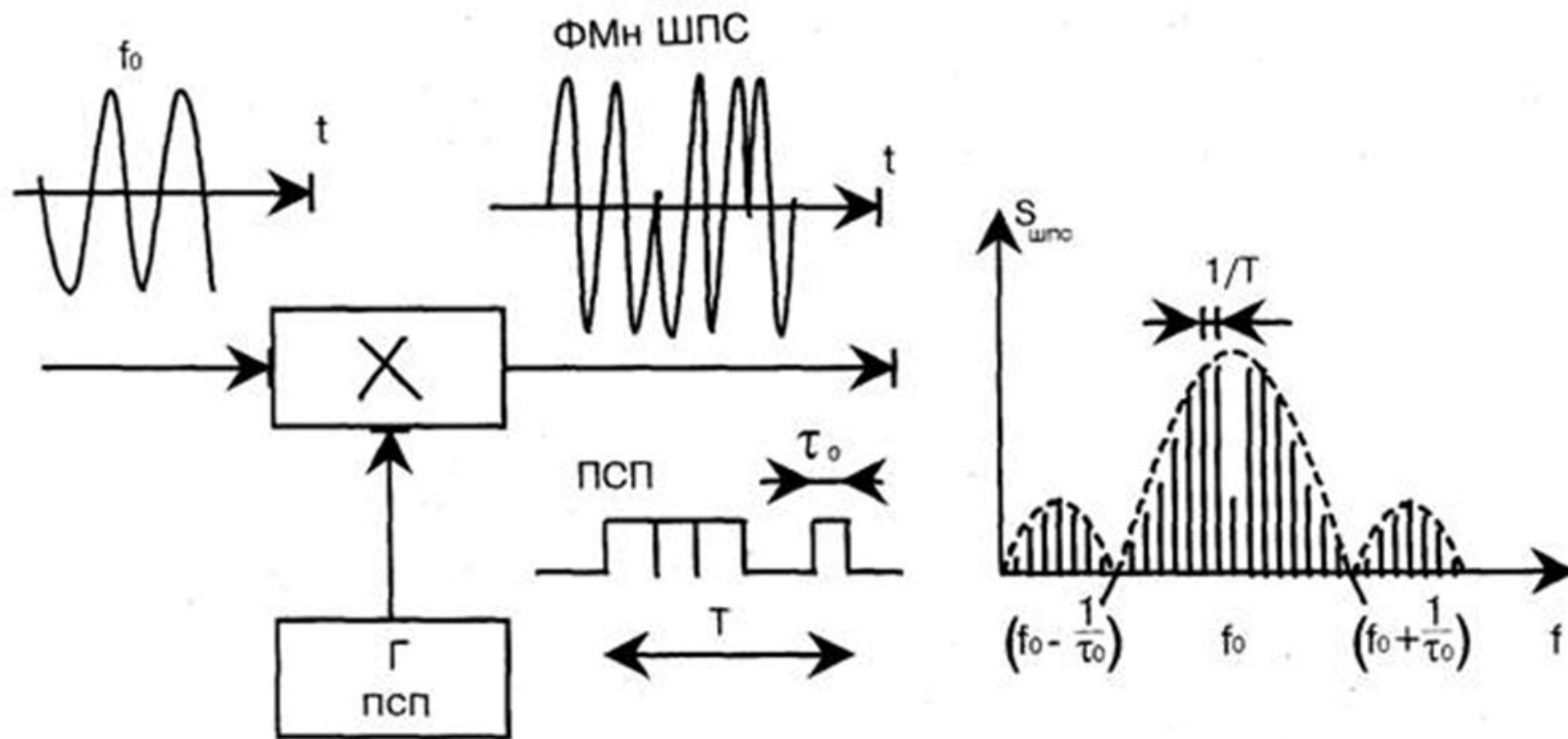


СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ШПС (СЛАЙД 2)



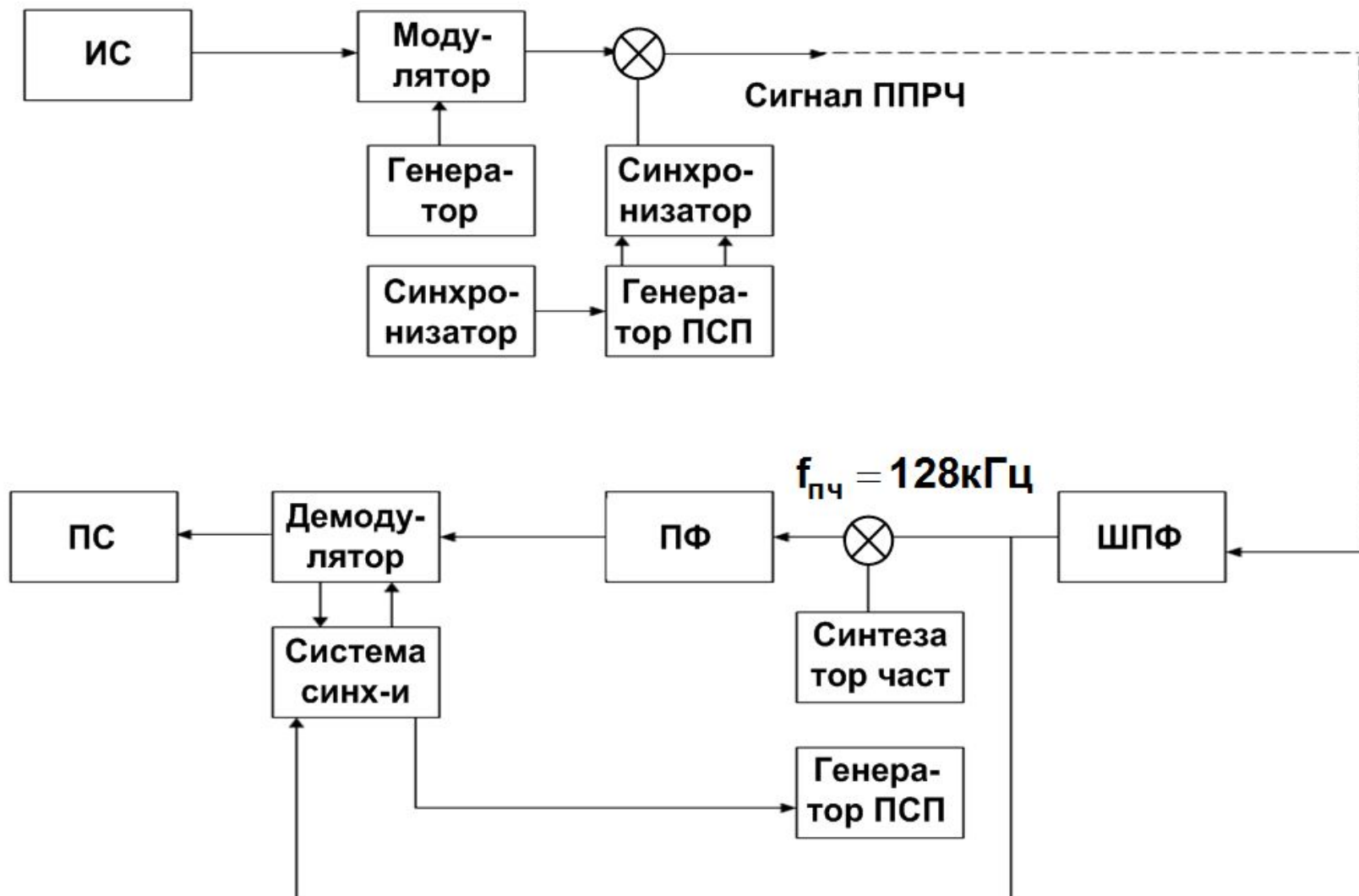
Формирование дискретных ШПС, как правило, основано на использовании ПСП, причем для системы может потребоваться несколько ПСП. При работе в сети каждый передатчик СРС-ПСП наделяется индивидуальной ПСП, что позволяет приемнику осуществлять селектирование интересующей его информации.

СКАЧКООБРАЗНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ НЕСУЩЕЙ



При СИЧ расширение спектра осуществляется путем скачкообразного изменения частоты сигнала по псевдослучайному закону. Основные элементы радиостанции, работающей в режиме СИЧ: синтезатор частоты, ГПСП, блок синхронизации. Генераторы ПСП управляют синтезаторами частоты на передающем и приёмном концах линии.

ОДНОКАНАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ СРС – СИЧ



Таким образом, в результате изучения лекции № 17 удалось сделать следующие выводы:

- система функций Уолша – это полная ортогональная система. Функции Уолша не имеют хороших корреляционных свойств, но обладают свойством ортогональности, что и определяет их практическое применение;**
- сложные сигналы с большой базой обеспечивают следующие преимущества: высокую помехозащищенность систем связи, эффективную борьбу с искажениями в канале связи, одновременную работу многих абонентов в общей полосе частот за счет кодового разделения сигналов, совместимость процессов передачи информации с измерением параметров движения объектов, более эффективное использование спектра частот на ограниченной территории.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Сухоруков А.С. Теория электрической связи: Конспект лекций. Часть 1. – М.: МТУСИ, ЦЕНТР ДО, 2002. – 65 с.
4. Сухоруков А.С. Теория цифровой связи: Учебное пособие. Часть 2. – М.: МТУСИ, 2008. – 53 с.
5. Аджемов А.С. Мир информационной реальности. – М.: ИРИАС, 2006. – 296 с.
6. Каганов В.И., Битюков В.К. Основы радиоэлектроники и связи: Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 542 с.
7. Стеценко О.А. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М.: Высш. шк., 2007. – 432 с.
8. Санников В.Г. Сборник задач по курсу «Теория электрической связи»: Учеб. пособие. Часть 1. – М.: МТУСИ, 1992. – 62 с.
9. Санников В.Г. Сборник задач по курсу «Теория электрической связи»: Учеб. пособие. Часть 2. – М.: МТУСИ, 2001. – 65 с.
10. Санников В.Г. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция: Учеб. пособие. – М.: МТУСИ, 2006. – 56 с.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!