

Лекция 7. Методы кодирования навигационных сообщений в СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo

Основные пожелания к кодеру НС:

- Как можно более низкая вероятность ошибки на бит при как можно более низком отношении с/ш ($E_{\text{бит}}/N_0$) – помехоустойчивое кодирование
- Детектирование и коррекция инверсного приема НС
- Надежная битовая и кадровая синхронизация
- Необходимо выявление и желательно исправление ошибок

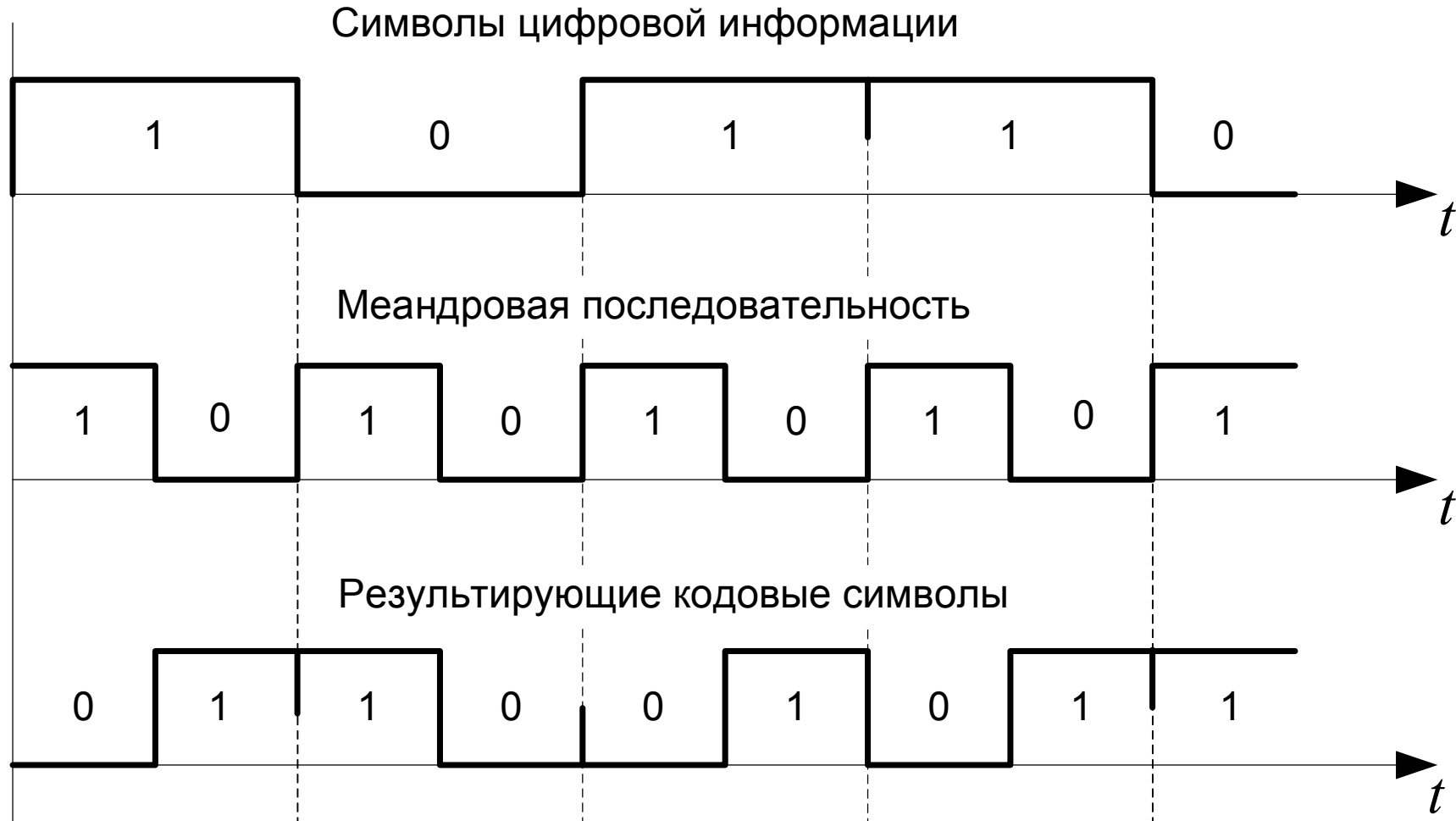


Два аспекта помехо-устойчивого кодирования

1. Модификация самого битового потока путем введения избыточных символов и повышения скорости передачи (например сверточное кодирование)
2. Добавление проверочных символов к блокам исходного сообщения для контроля и исправления ошибок в блоке (например CRC, контрольная сумма)

Наложение меандра

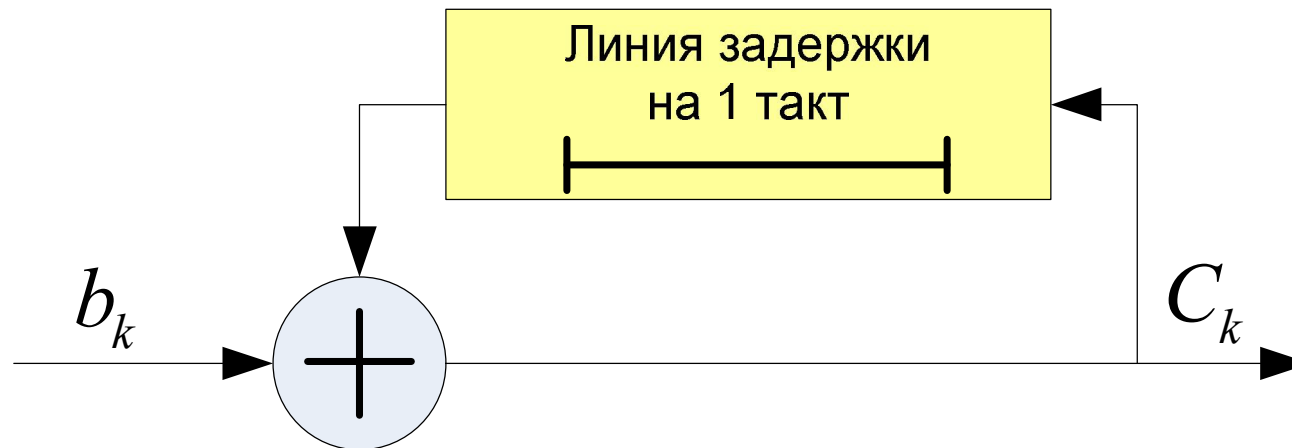
Для улучшения битовой синхронизации при передаче однородного потока



Применяется в сигналах ГЛОНАСС СТ (L1OF, L2OF)

ОФМ*-кодер

Применяется во всех сигналах ГЛОНАСС с частотным разделением для устранения инверсного приема



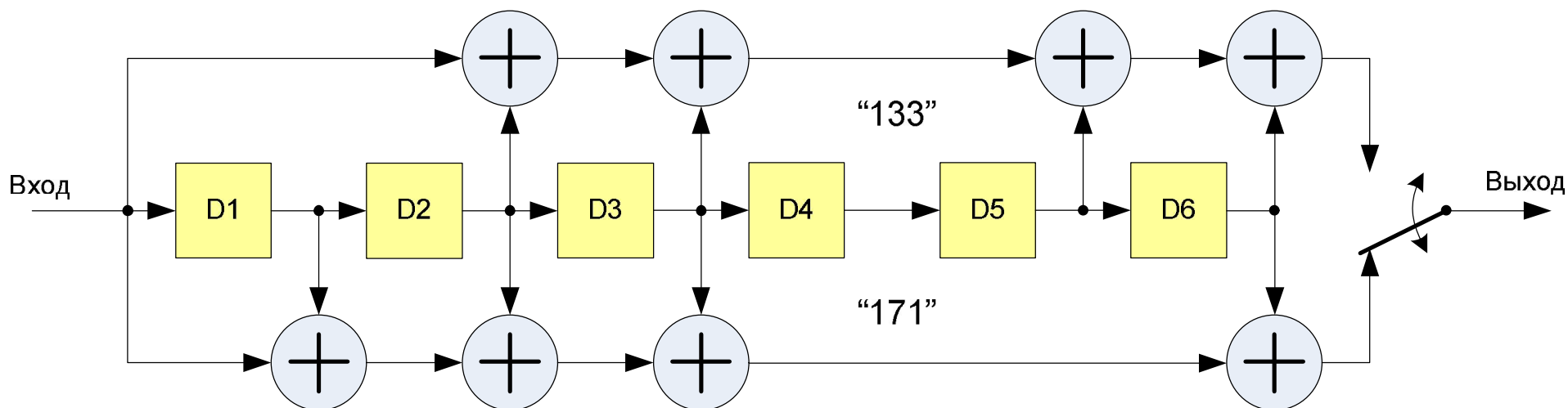
кодирование: $C_k = b_k \oplus C_{k-1}, \quad C_0 = 0$

декодирование: $b_k = C_k \oplus C_{k-1}$

* ОФМ – относительная фазовая манипуляция

Сверточный кодер FEC(133,171)*

Назначение: помехоустойчивое кодирование НС



Кодовая скорость – $\frac{1}{2}$

Кодовое ограничение - 7

Декодирование – алгоритм Витерби

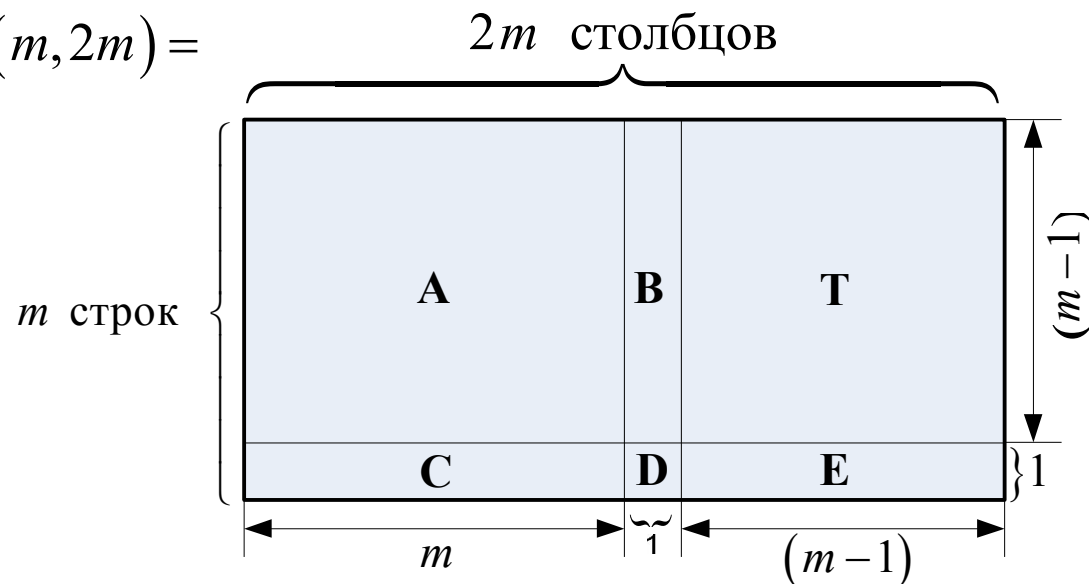
Применяется:

- все сигналы ГЛОНАСС с кодовым разделением
- все открытые сигналы Galileo
- сигналы GPS L2C, L5

Кодер LDPC*

Назначение: помехоустойчивое кодирование НС GPS L1Cd
В ИКД IS-GPS-800 задана матрица \mathbf{H} :

$$\mathbf{H}(m, 2m) =$$



m – размерность входного блока

$2m$ – размерность выходного блока

Алгоритм кодирования:

Блок = строка НС (subframe)

Входной блок: \mathbf{s} (m бит)

Выходной блок: \mathbf{r} ($2m$ бит)

Все операции определены на поле Галуа GF(2)

$$\begin{aligned}\phi &= -\mathbf{E} \cdot \mathbf{T}^{-1} \cdot \mathbf{B} + \mathbf{D}, \\ p_1^T &= -\phi^{-1} \cdot (-\mathbf{E} \cdot \mathbf{T}^{-1} \cdot \mathbf{A} + \mathbf{C}) \cdot \mathbf{s}^T, \\ p_2^T &= -\mathbf{T}^{-1} \cdot (\mathbf{A} \cdot \mathbf{s}^T + \mathbf{B} \cdot p_1^T), \\ \mathbf{r} &= \left| \begin{array}{ccc} \mathbf{s} & p_1 & p_2 \end{array} \right|,\end{aligned}$$

Проверочные символы

Предназначены для обнаружения и исправления ошибок.
Иногда проверочные символы сами по себе играют роль помехоустойчивого кода (GPS L1C, Beidou, ГЛОНАСС LxOF)



В СРНС применяются:

- коды Хэмминга (**ГЛОНАСС L1OF, L2OF; GPS L1 C/A**)
- CRC-24 (**GPS L2C, L5; все открытые сигналы Galileo**)
- циклические коды (**ГЛОНАСС L1OC, L3OC**)
- коды БЧХ* (**Beidou B1I, B2I; GPS L1C**)

Проверочные символы обычно рассчитываются по строке (subframe) и добавляются в её конец