

Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
Университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

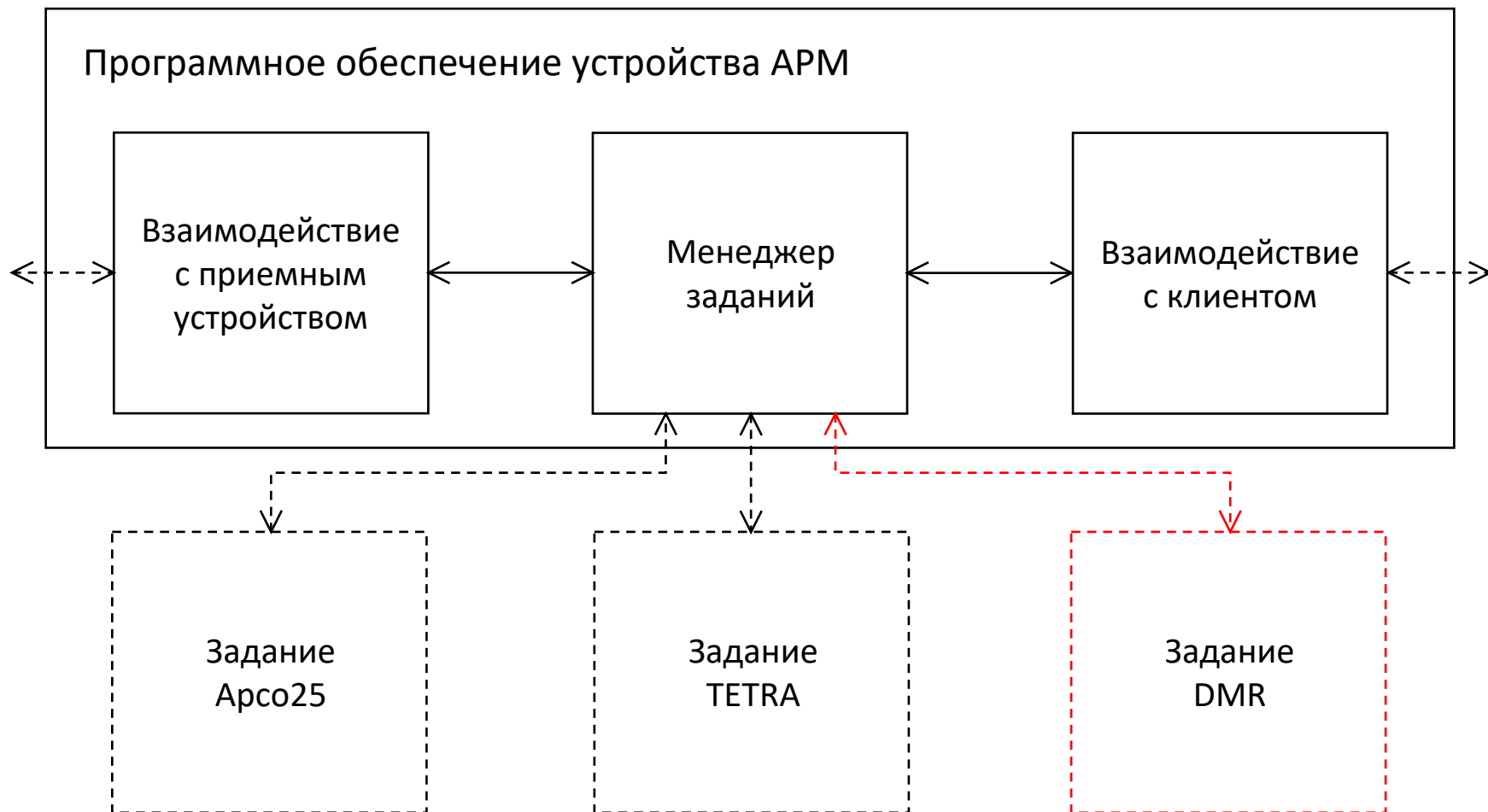
# Программный модуль обработки сигналов стандарта DMR

Студент: Боржонов А.И.  
Руководитель: Андреева О.М.  
Консультант: Литвиненко С.А.

Место выполнения ВКР:  
Отдел ПОиП ООО «СТЦ»

# Цель

Реализация программного модуля обработки сигналов стандарта DMR



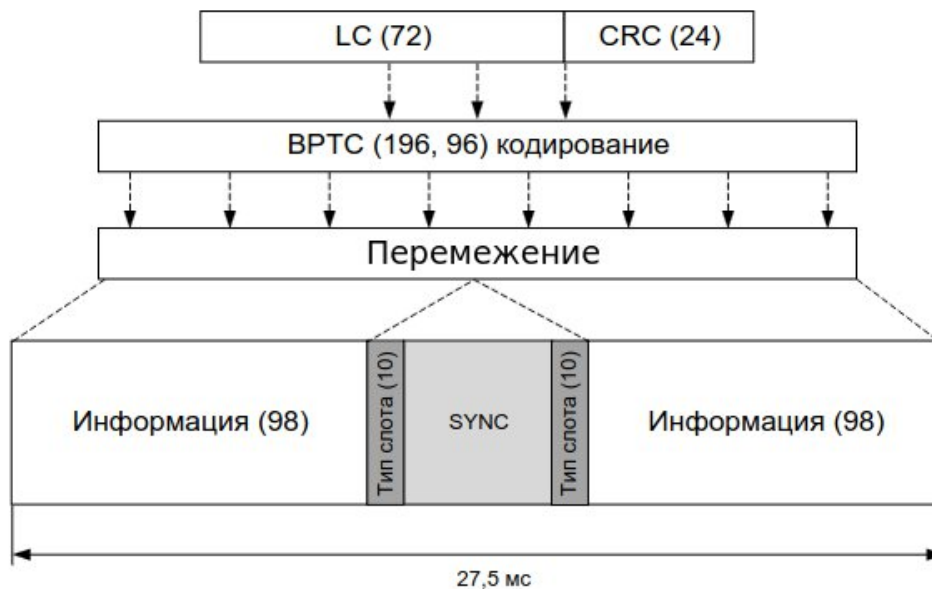
# Задачи

- изучение стандарта DMR Air Interface protocol;
- изучение принципов формирования сигнала физического уровня;
- разработка алгоритма обработки сигнала;
- реализация алгоритма на языке программирования C++;
- верификация и тестирование ПО.

# Требования и ограничения

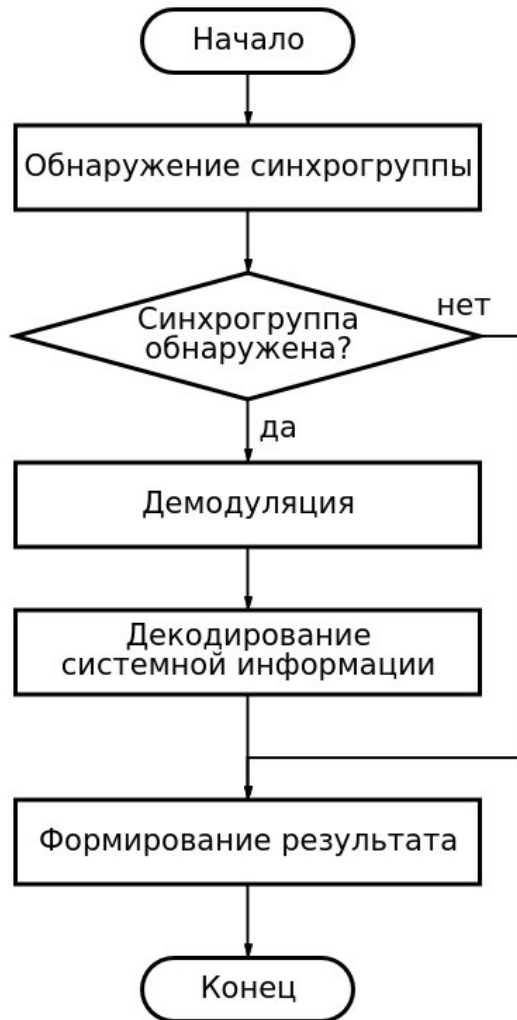
- реализация с использованием объектно-ориентированного стиля программирования;
- использование готовых модулей библиотеки цифровой обработки сигналов ООО «СТЦ»;
- вероятность ложной тревоги при обнаружении сигнала не более  $10^{-4}$ ;
- быстродействие алгоритма не хуже чем 1:1;
- входные данные – массив комплексных отсчетов;
- выходные данные – статус обнаружения и системная информация.

# Стандарт DMR



Информационные биты		Символ	Девиация 4FSK
Бит 1	Бит 0		
0	1	+3	+1,944 кГц
0	0	+1	+0,648 кГц
1	0	-1	-0,648 кГц
1	1	-3	-1,944 кГц

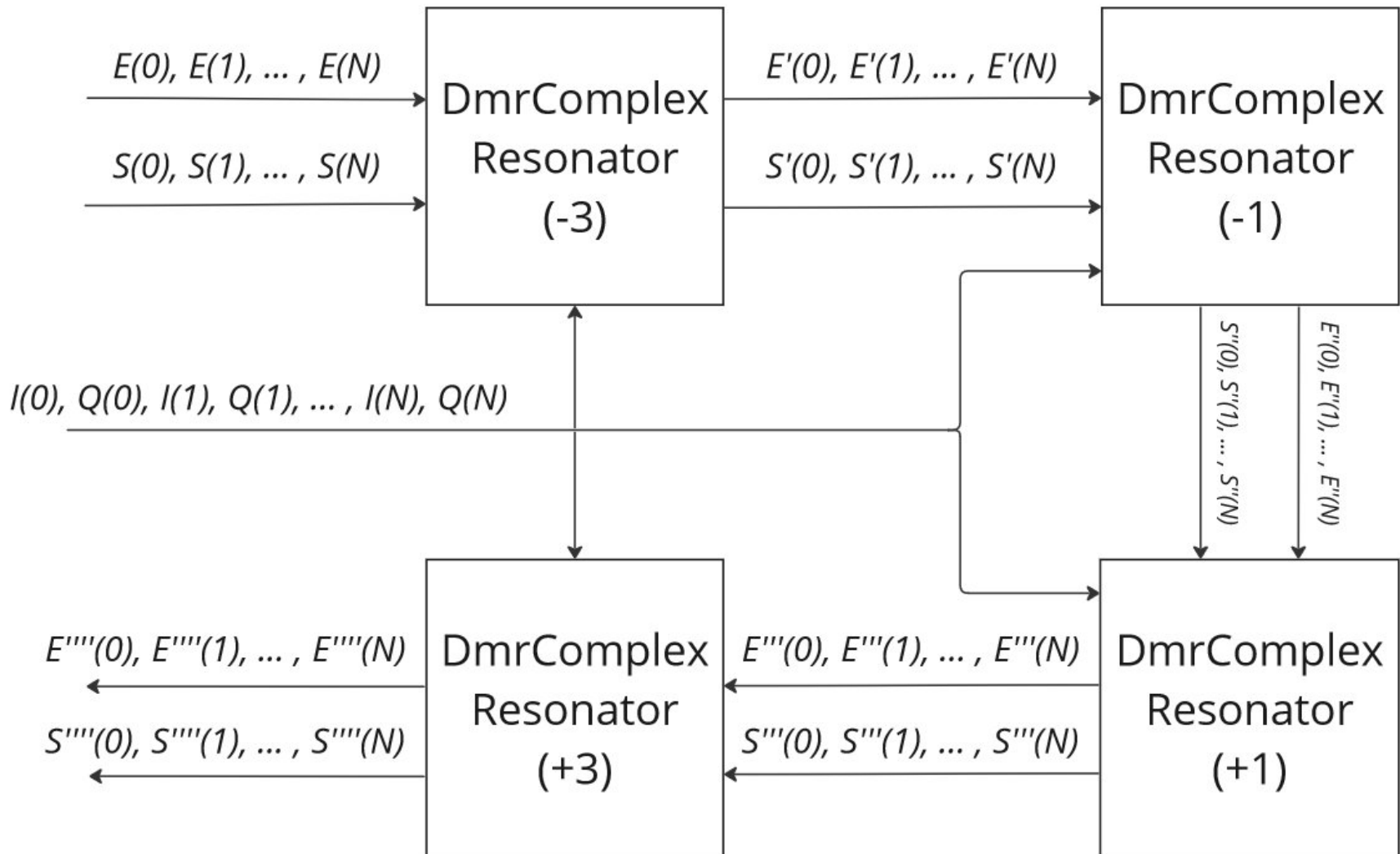
# Основные этапы алгоритма



Методы обнаружения синхрогруппы:

- 1) по комплексным отсчетам;
- 2) по демодулированным отсчетам частоты;
- 3) по демодулированным символам.

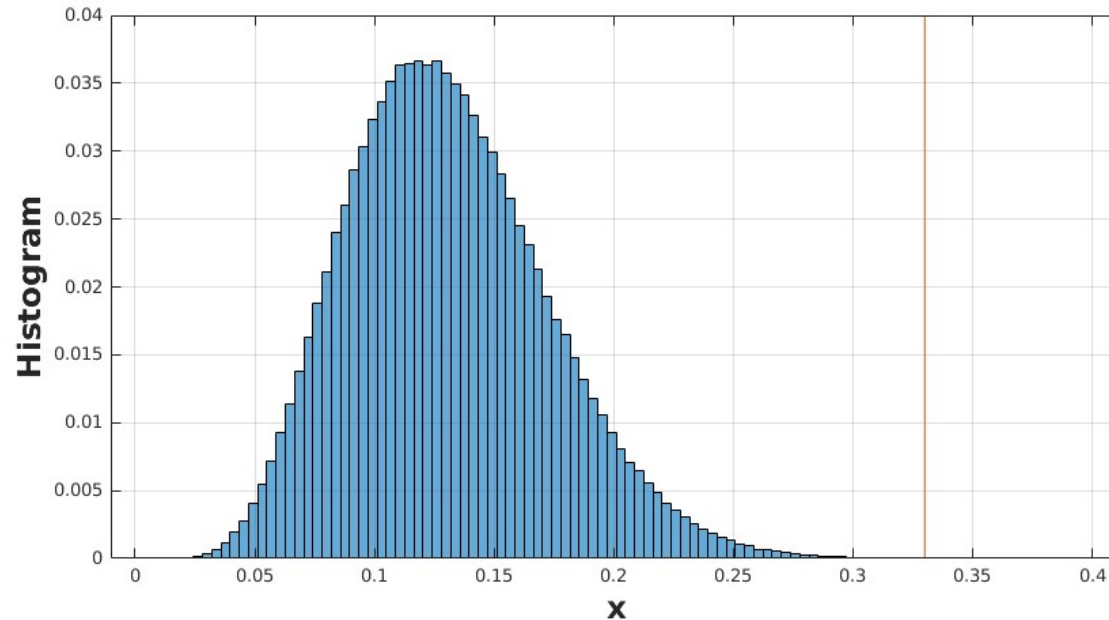
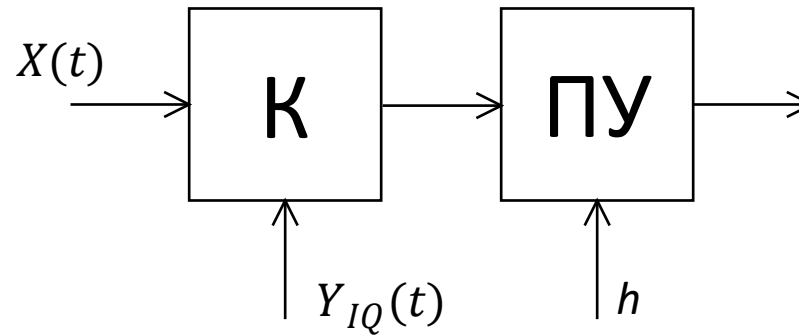
# Демодуляция 4FSK



# Обнаружение синхрогруппы

По комплексным отсчетам

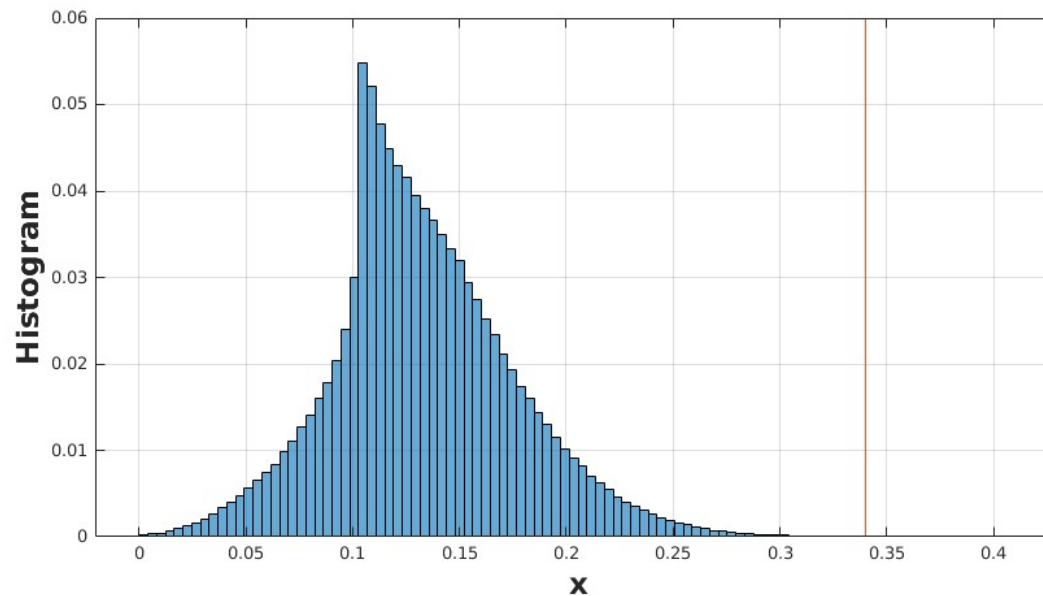
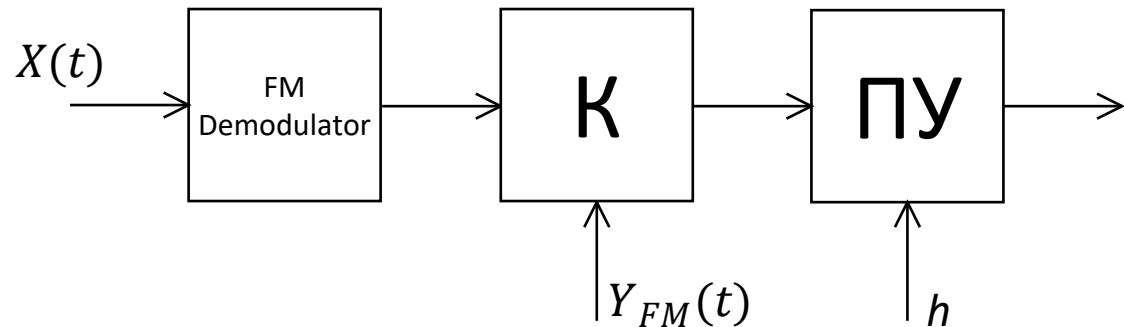
- $X(t)$  - сигнал на входе обнаружителя;
- $Y_{IQ}(t)$  - сигнал синхрогруппы;
- $h$  - порог;
- К - коррелятор;
- ПУ - пороговое устройство.



# Обнаружение синхрогруппы

По демодулированным отсчетам частоты

$Y_{FM}(t)$  - частотная  
функция сигнала  
синхрогруппы

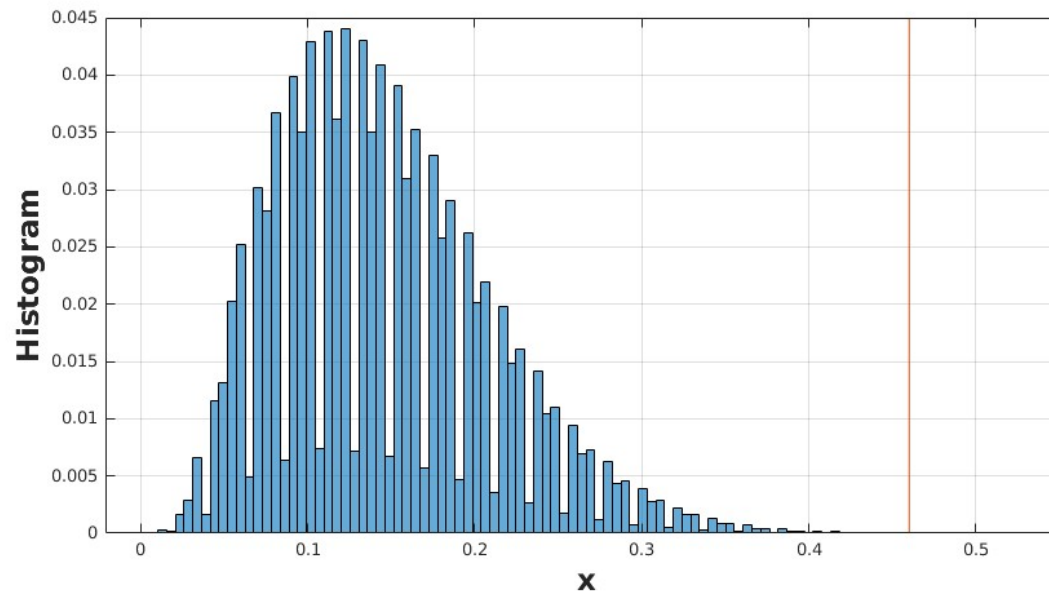
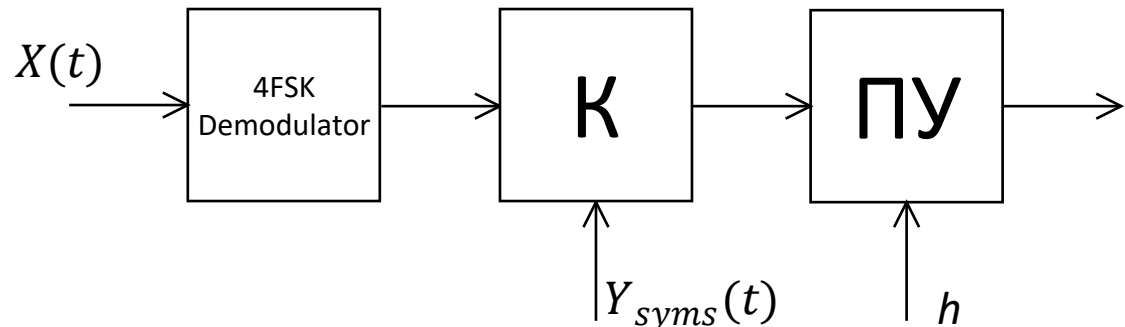




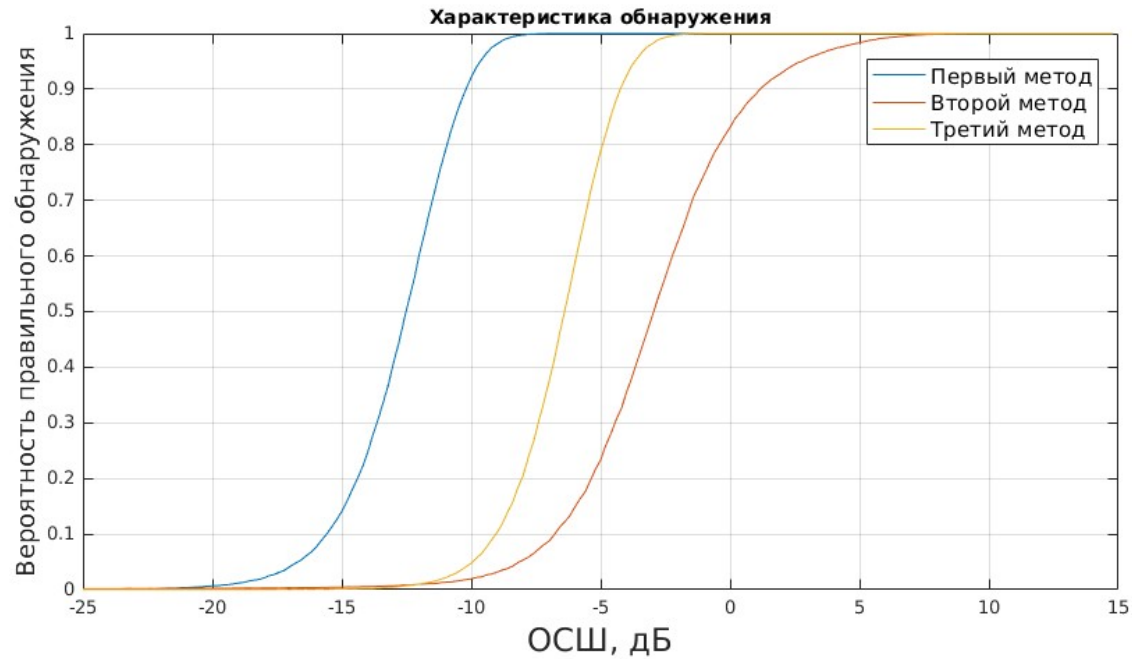
# Обнаружение синхрогруппы

По демодулированным символам

$Y_{syms}(t)$  -  
синхрогруппа  
представленная  
символами

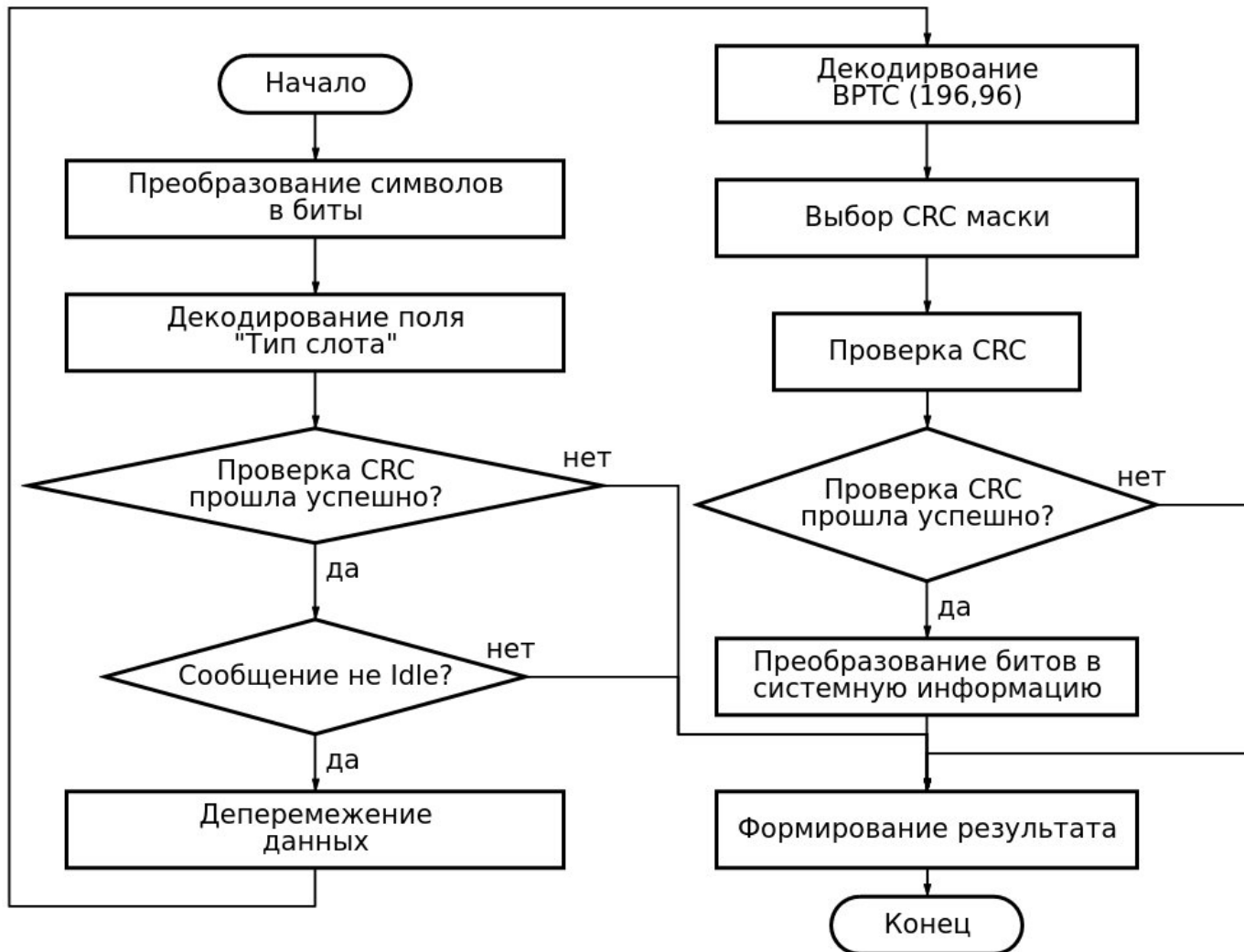


# Сравнение методов

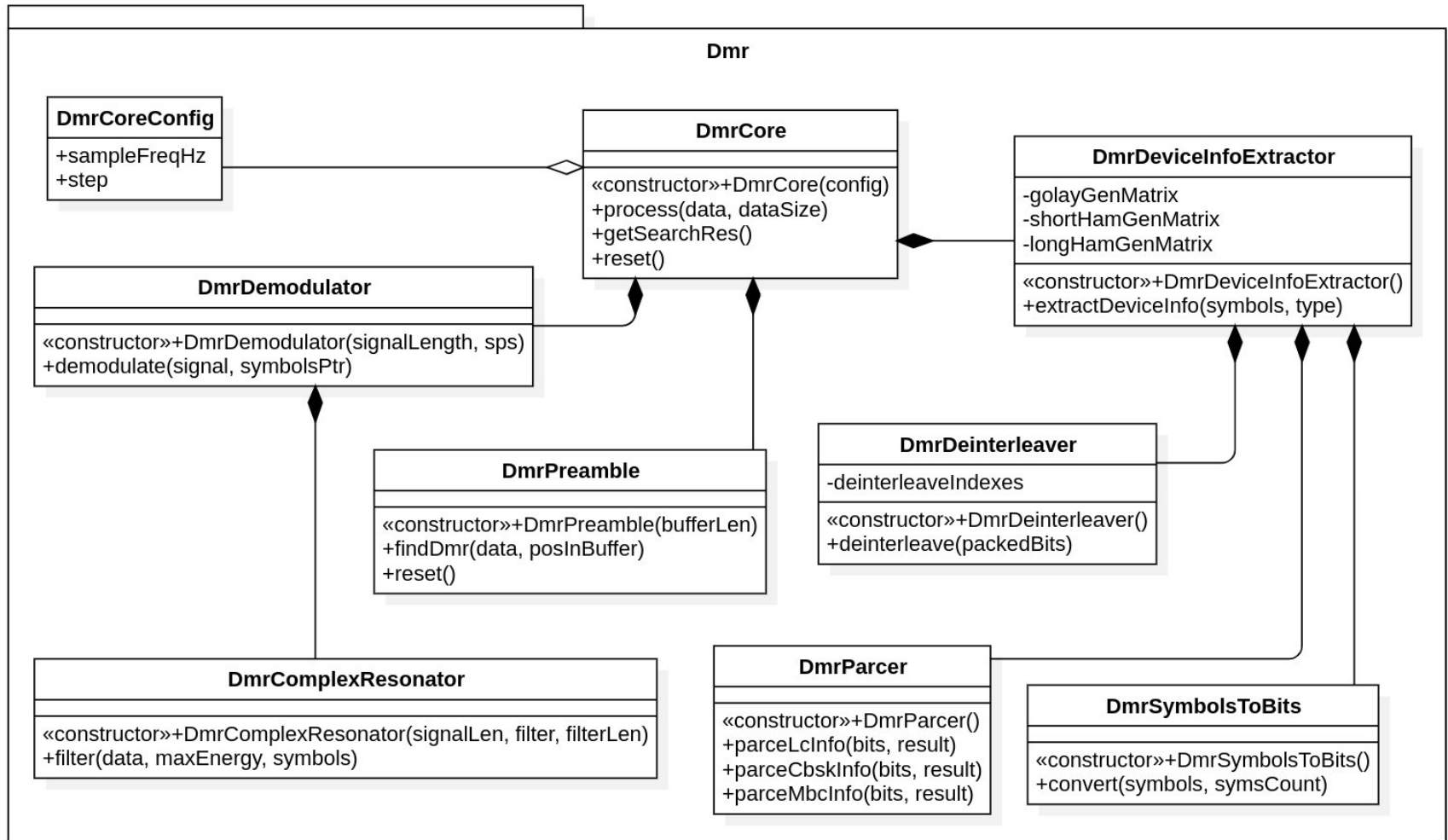


Метод обнаружения	Первый метод	Второй метод	Третий метод
ОСШ, дБ	-8.6	5.8	-2.7

# Декодирование



# Структура реализованного программного модуля



# Быстродействие

Этап	Время, мкс		
	Первый метод	Второй метод	Третий метод
Обнаружение	27	20	17
Демодуляция	21		
Декодирование	5		
Полный цикл	1725		

# Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был разработан и реализован программный модуль обработки сигнала стандарта DMR.

# Демодуляция FM

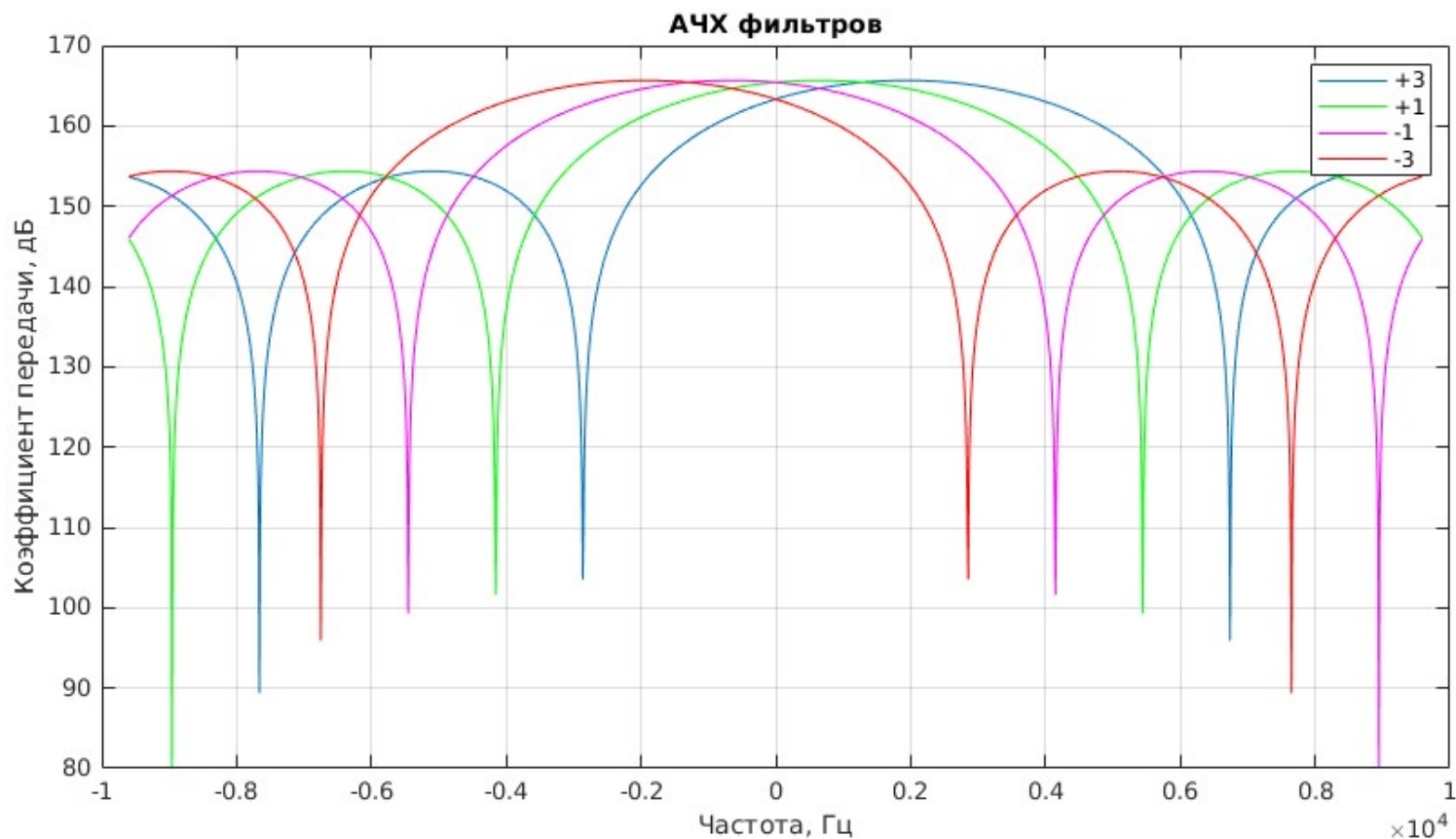
$$x_{FM}(t) = \frac{\frac{dI}{dt} * Q - \frac{dQ}{dt} * I}{Q^2 + I^2}$$

$x_{FM}(t)$  - частотная функция принятого сигнала;

$I$  - синфазная составляющая;

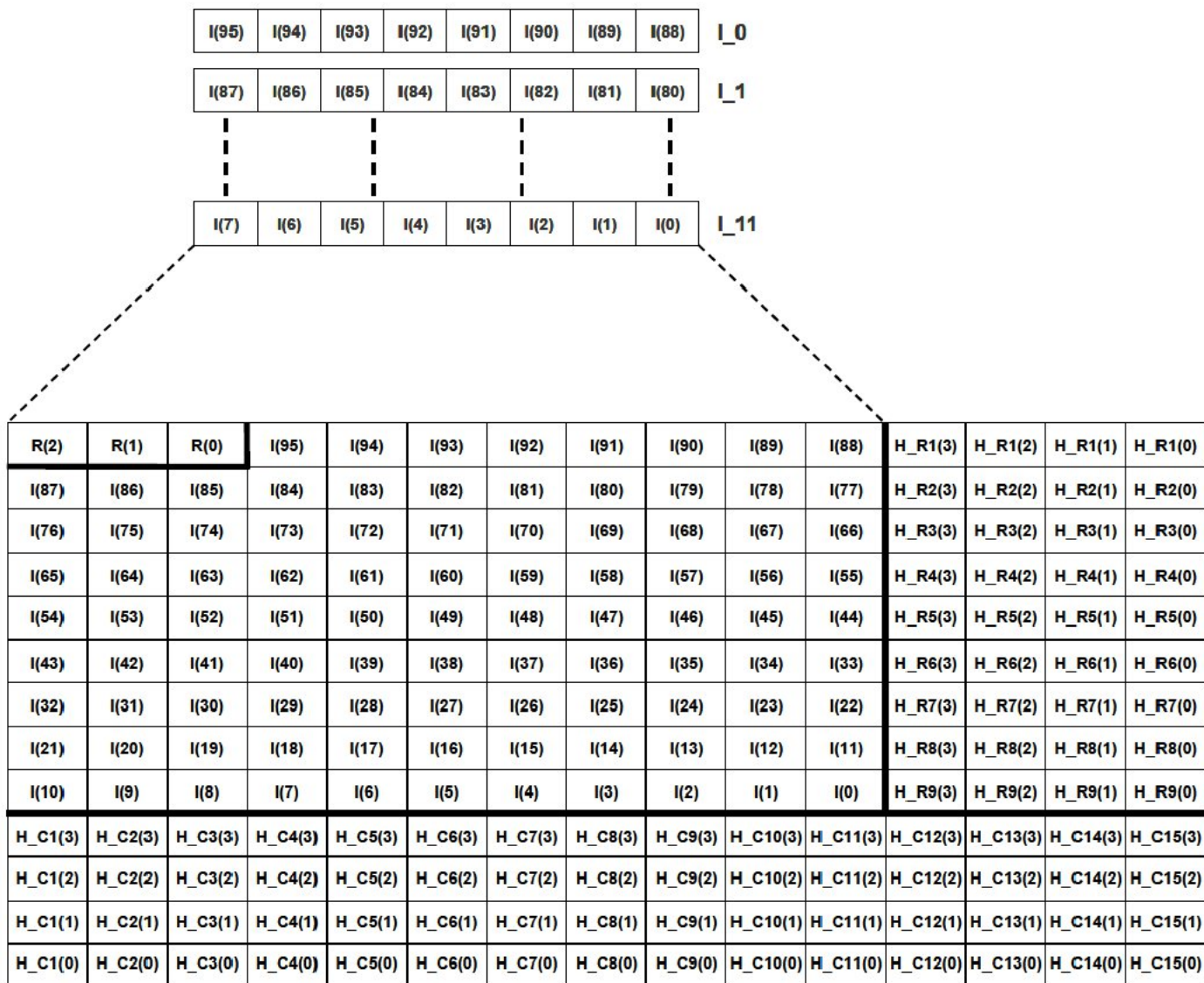
$Q$  - квадратурная составляющая.

# АЧХ фильтров демодулятора 4FSK





# Турбо код ВРТС(196,96)



# Обобщенная схема устройства АРМ

