

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики»

Кафедра телекоммуникационных систем и вычислительных средств
(ТС и ВС)

Отчет по производственной практике
по дисциплине
SDR

по теме:
ДИСКРЕТНАЯ СВЕРТКА. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЕМА И ПЕРЕДАЧИ
BPSK-СИМВОЛОВ

Студент:
Группа ИА-331

Я.А Гмыря

Предподаватели:
Лектор
Семинарист
Семинарист

Калачиков А.А
Ахпашев А.В
Попович И.А

Новосибирск 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ	3
2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	4
2.1 Введение	4
2.2 Приподнятый косинус	4
2.3 Создание импульсной характеристики	5
2.4 Передача семплов и анализ результатов	6
3 ВЫВОД	9

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Цель:

Осуществить формирование и передачу QPSK символов, используя формирующий фильтр, импульсная характеристика которого имеет форму приподнятого косинуса.

Задачи:

1. Задать импульсную характеристику.
2. Сформировать семплы.
3. Отправить семплы в радиоканал, а потом принять их и на их основе построить сигнальное созвездие.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Введение

На прошлом занятии мы формировали собственные семплы, используя BPSK/QPSK модуляцию. Мы использовали формирующий фильтр, имеющий импульсную характеристику прямоугольной формы. Прямоугольная импульсная характеристика не используется в реальном оборудовании, потому что прямоугольный сигнал будет занимать слишком много спектра. На этом занятии зададим для формирующего фильтра импульсную характеристику с формой приподнятого косинуса. Такая форма может использоваться в реальном оборудовании.

2.2 Приподнятый косинус

Формула приподнятого косинуса имеет вид:

$$\frac{\cos\left(\frac{\pi\alpha t}{T}\right)}{1 - \left(\frac{2\alpha t}{T}\right)^2}$$

Здесь t - номер отсчета, T - период, $\alpha \in [0; 1]$ - некоторый параметр.

α определяет полосу пропускания, занимаемую импульсом и скорость, с которой затухают хвосты импульса. При $\alpha = 0$ самая узкая полоса пропускания и самая низкая полоса затухания. Для $\alpha = 1$ все наоборот. Чем меньше α тем сильнее уменьшается межсимвольная интерференция, но возрастает чувствительность к джиттеру. Для беспроводной передачи данных берут $0.2 \leq \alpha \leq 0.3$.

При помощи скрипта на Python визуализируем приподнятый косинус и выполним операцию свертки над приподнятым косинусом и прямоугольным сигналом.

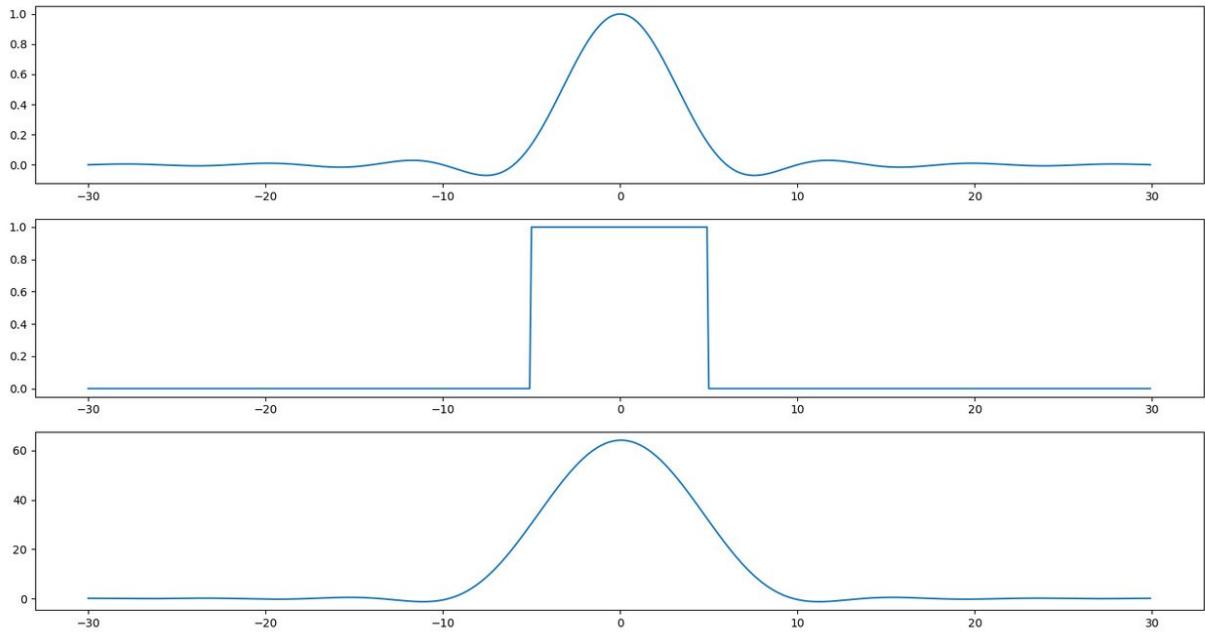


Рисунок 1 — Приподнятый косинус

Видим, что после операции свертки получили новый сигнал, который имеет свойства обоих: он имеет форму приподнятого косинуса, но в то же время растянут, как прямоугольный.

2.3 Создание импульсной характеристики

Будем использовать приподнятый косинус с параметри $\alpha = 0.25$, $t \in [-5; 5]$ (т.к мы используем 10 семплов на символ), $T = 0.25$.

```
#define T 0.25
#define ALPHA 0.25

int main(){
    FILE* qpsk_samples = fopen("qpsk_samples.pcm", "w");

    //impulse response
    double g[SAMPLES_ON_BIT];

    for(int i = 0; i < SAMPLES_ON_BIT; ++i){
        int t = i - SAMPLES_ON_BIT/2;
        g[i] = cos((M_PI * ALPHA * t) / T) / (1 -
            pow((2*ALPHA*t/T), 2));
    }
}
```

```

//translate char to bits
int bits_count = 0;
uint8_t* bits = stob(MESSAGE, &bits_count);

//translate bits to symbols (I, Q)
int symbols_count = 0;
int* symbols = QPSK_modulation(bits, bits_count,
&symbols_count);

//translate IQ to upsampling IQ
int ups_symbols_count = 0;
int* ups_symbols = upsampling(symbols, symbols_count,
SAMPLES_ON_BIT, &ups_symbols_count);

//transalte upsampling IQ to samples
int samples_count = 0;
int16_t* samples = ps_filter(ups_symbols, ups_symbols_count,
SAMPLES_ON_BIT, g, &samples_count);

//write samples to file
fwrite(samples, samples_count * sizeof(int16_t), 1,
qpsk_samples);

fclose(qpsk_samples);
return 0;
}

```

В цикле заполняем импульсную характеристику значениями, посчитанными по формуле. t выбираем таким, чтобы график был симметричен относительно оси Y.

2.4 Передача сэмплов и анализ результатов

Передадим сформированные с помощью QPSK символы и посмотрим, как выглядит наш сигнал на передаче.

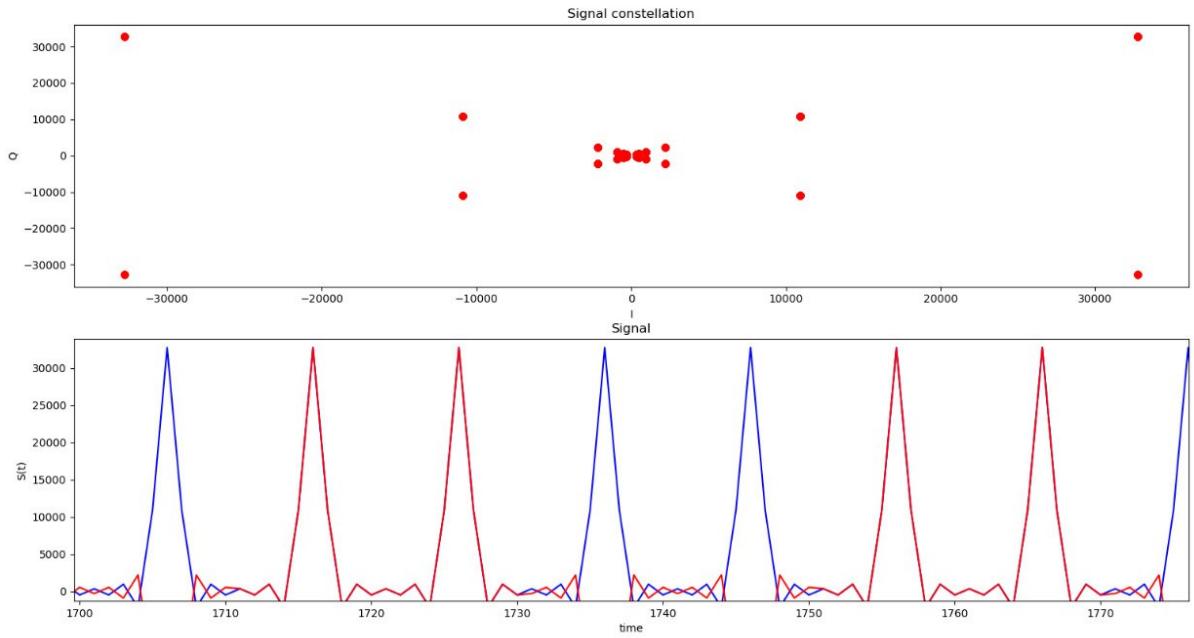


Рисунок 2 — Сигнал на передаче

Можем заметить, что сигнал больше не имеет прямоугольную форму, а имеет форму приподнятого косинуса, но из-за малого количества отсчетов для импульсной характеристики сигнал выглядит ломанным. Также можно заметить, что изменилось сигнальное созвездие, потому что теперь сигнал принимает не только значения $[-1, 0, 1]$, но все равно сигнальное созвездие схоже с QPSK созвездием.

Изобразим сигнал на приеме:

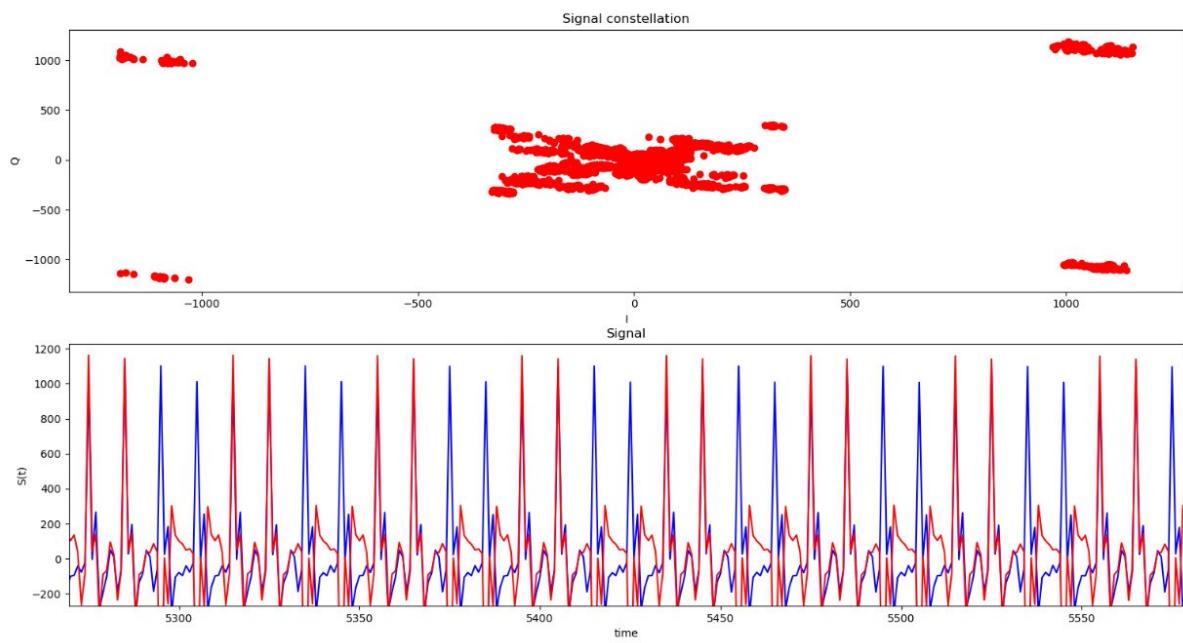


Рисунок 3 — Сигнал на приеме

Сигнал сильно искажился, но он все равно похож на приподнятый косинус. Сигнальное созвездие тоже искажилось, но остается похожим на сигнальное созвездие QPSK.

ВЫВОД

В ходе работы я реализовал модель формирования семплов на языке С, произвел отправку/прием семплов, по принятым семплам визуализировал сигнальное созвездие.