



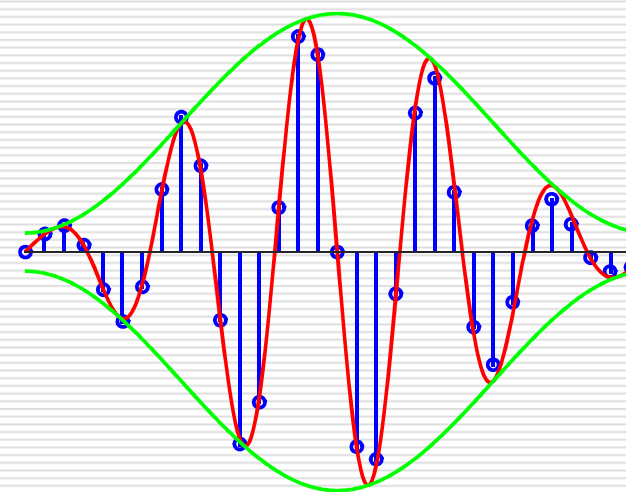
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
Кафедра теоретических основ
радиотехники



ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Тема 5

Эффекты квантования (Лекция 1)



Эффекты квантования

- ❑ Представление чисел в цифровых системах
- ❑ Квантование, шум квантования
- ❑ Эффекты квантования и округления в цифровых фильтрах

Способы представления чисел в цифровых системах

- Для хранения чисел отводится память конечного размера
- Если для хранения числа отводится n бит, можно представить 2^n различных чисел
- *Формат* хранения чисел — соглашение о трактовке этих n -битовых комбинаций
- Два основных формата:
 - с *фиксированной* запятой (fixed point)
 - с *плавающей* запятой (floating point)

Формат с фиксированной запятой

- ❑ Для хранения целой и дробной частей отведено *фиксированное* число битов
- ❑ Для представления отрицательных чисел используется *дополнительный код*
- ❑ Обозначение: *M.N*
 - *M* — число разрядов целой части (включая знак)
 - *N* — число разрядов дробной части
- ❑ По сути дела, при этом хранятся *целые числа*, которые мы *договорились* делить на 2^N
- ❑ В 16-разрядных сигнальных процессорах используется формат *1.15*

Пример формата с фиксированной запятой — формат 1.15

Двоичное представление	Целое число	Число в формате 1.15
0.000 0000 0000 0000	0	0
0.000 0000 0000 0001	1	1/32768
0.000 0000 0000 0010	2	2/32768
...
0.111 1111 1111 1110	32766	32766/32768
0.111 1111 1111 1111	32767	$32767/32768 = 1-2^{-15}$
1.000 0000 0000 0000	-32768	-1
1.000 0000 0000 0001	-32767	-32767/32768
...
1.111 1111 1111 1110	-2	-2/32768
1.111 1111 1111 1111	-1	-1/32768

Формат с фиксированной запятой

□ Свойства

- Представимые числа образуют равномерный ряд с шагом 2^{-N}
- Максимальное по модулю *отрицательное* число равно -2^{M-1}
- Максимальное по модулю *положительное* число равно $2^{M-1} - 2^{-N}$

□ Достоинства

- Равномерность ряда чисел
- Простота реализации

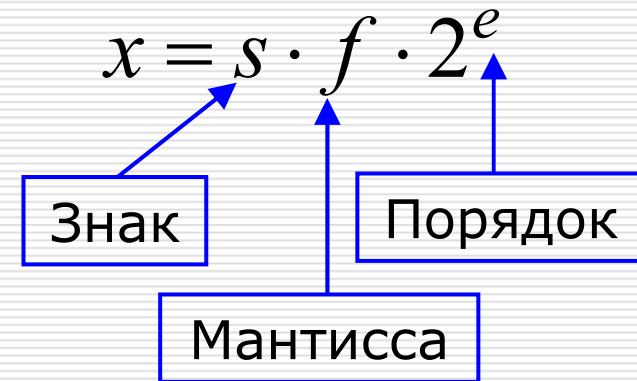
□ Недостаток

- Малый динамический диапазон (2^{M+N-1})

Формат с плавающей запятой

□ Экспоненциальное

представление чисел: $x = s \cdot f \cdot 2^e$



□ Достоинство

- Большой динамический диапазон

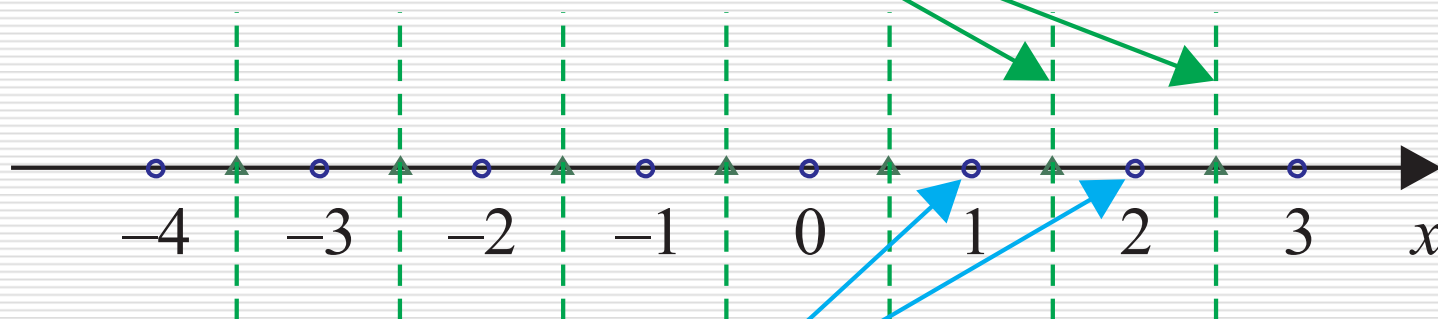
□ Недостатки

- Неравномерный ряд чисел
- Сложность реализации

Процесс квантования

- ❑ Числовая ось делится на *зоны квантования*
- ❑ В каждой зоне выбирается *квантованное значение*

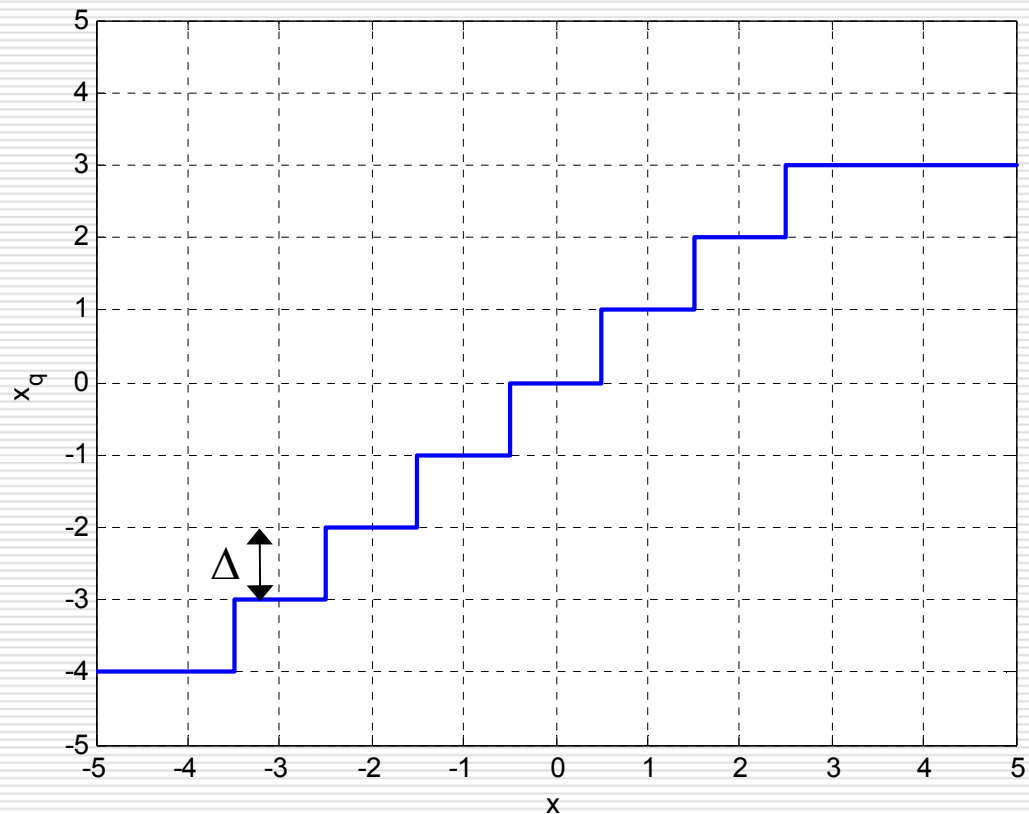
Границы зон квантования



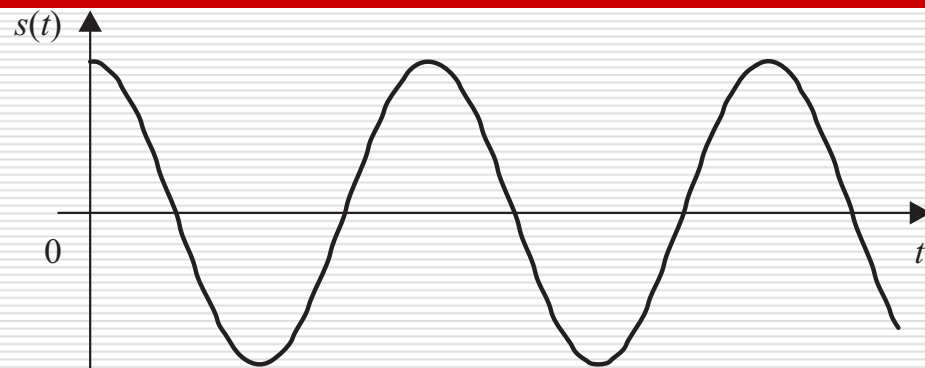
Квантованные значения

Равномерное квантование

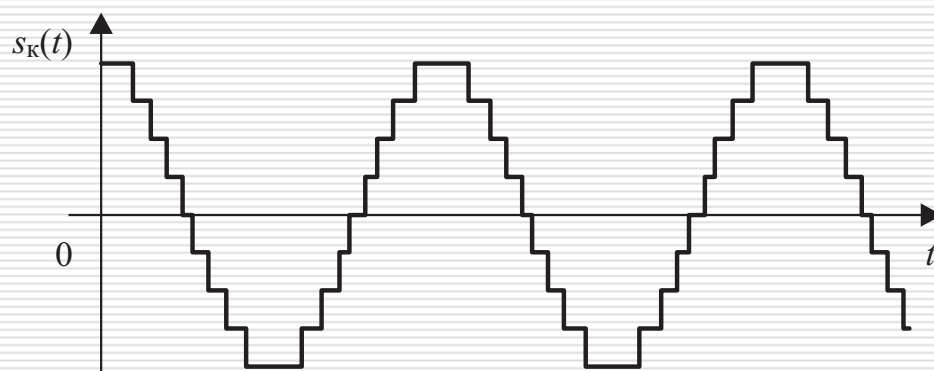
- Квантование — безынерционное нелинейное преобразование
- Характеристика преобразования является ступенчатой
- Δ — интервал квантования



Шум квантования



Неквантованный
сигнал



Квантованное
представление

$$s_K(t) = s(t) + e(t)$$



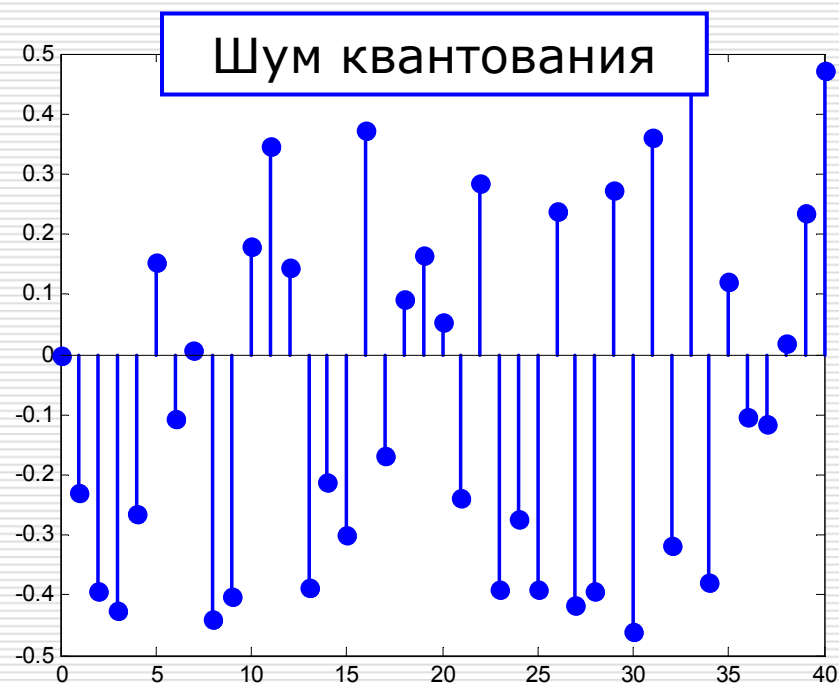
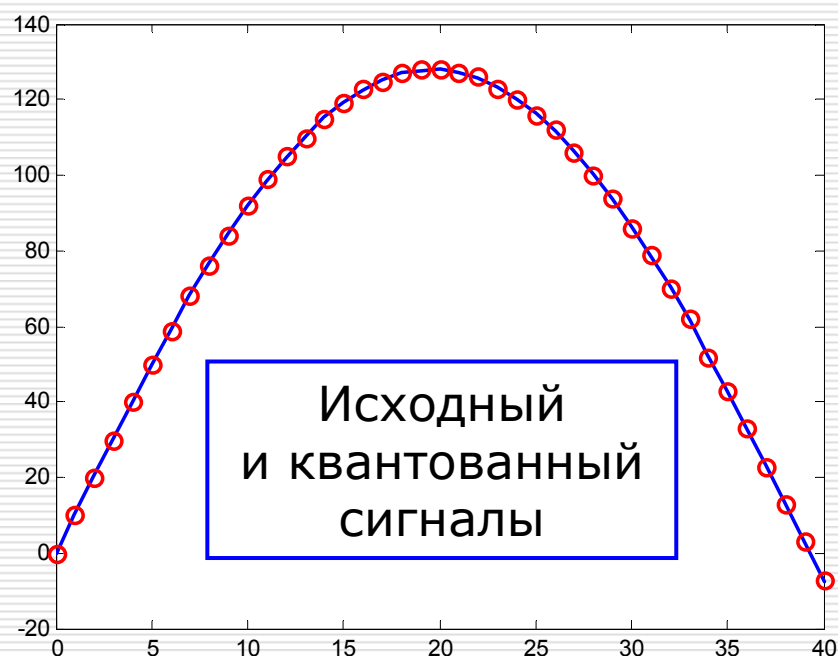
Шум квантования

Математическая модель шума квантования

- Шум квантования — дискретный *случайный процесс*
- *Равномерное* распределение вероятности в пределах $-\Delta/2 \dots +\Delta/2$
 - Дисперсия равна $\Delta^2/12$
- Отсчеты шума *некоррелированы* друг с другом
 - СПМ равномерна (*дискретный белый шум*)
- Шум квантования *статистически независим* от полезного сигнала

Математическая модель шума квантования

- Предположения *хорошо* выполняются, если соседние отсчеты попадают в *разные* зоны квантования



Математическая модель шума квантования

- ❑ Предположения *плохо* выполняются, если сигнал *надолго «зависает»* между двумя уровнями квантования

