

# СЕТИ И СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

«Дискретное представление аналоговых сигналов и импульсно-кодовая модуляция»

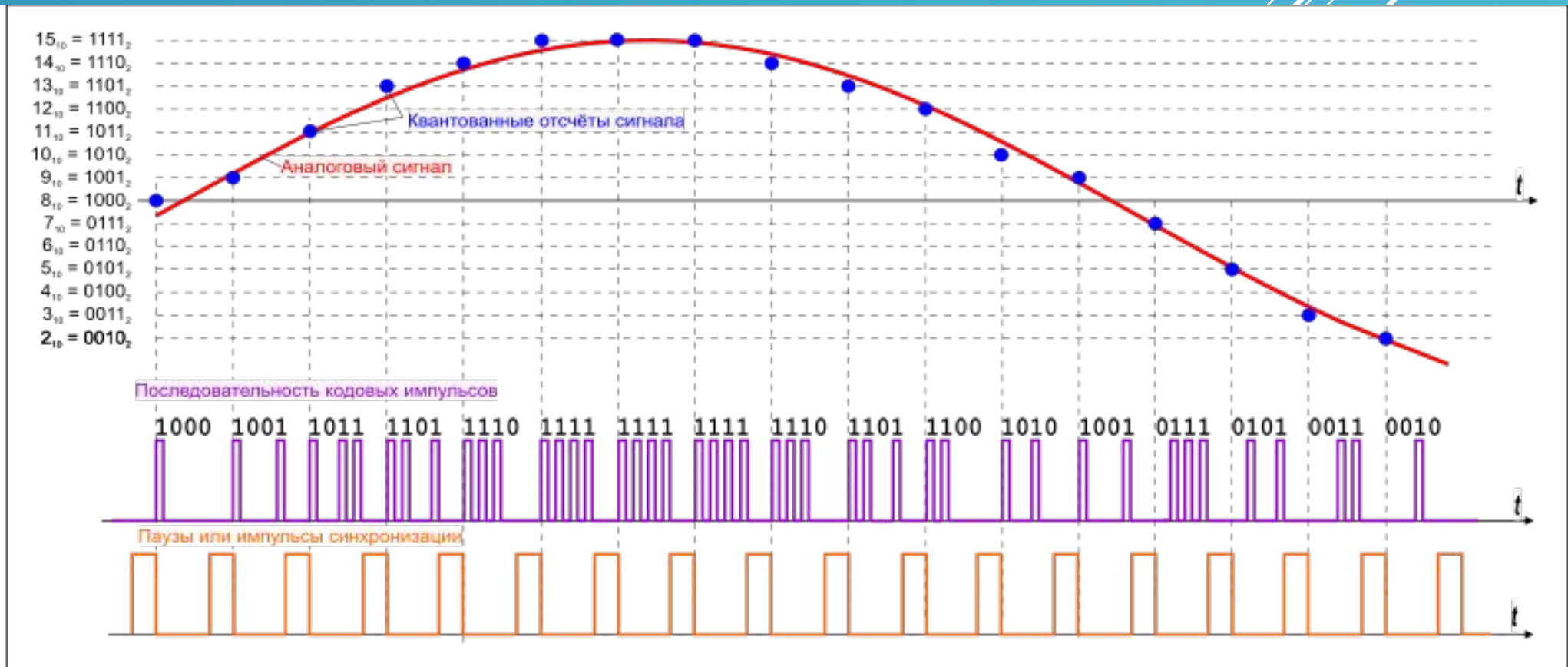
Краснодар 2019

к-т Рассолов И.Т.

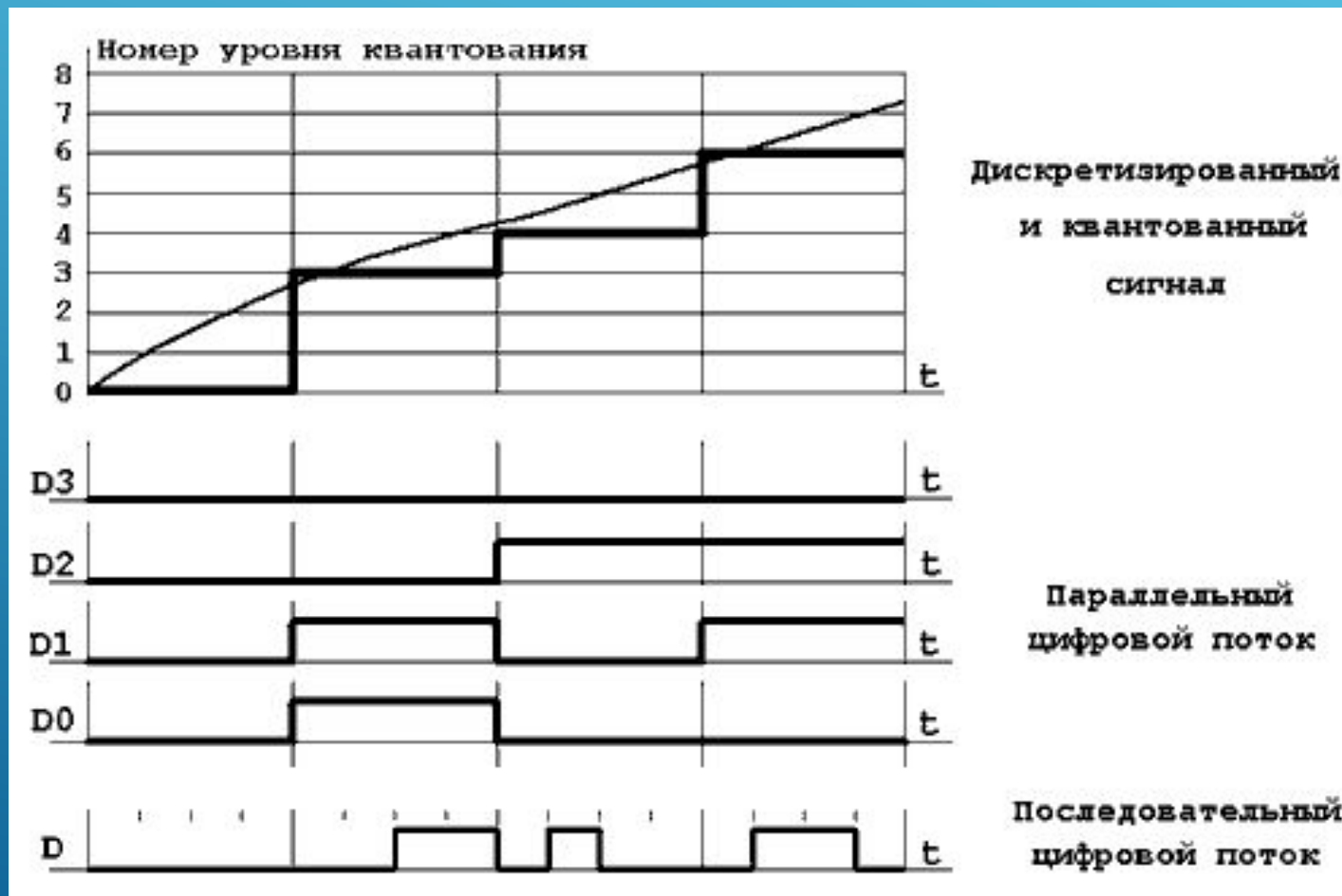
131 уч.группа

## Содержание:

1. Дискретное представление аналоговых сигналов
2. Импульсно-кодовая модуляция



# Дискретное представление аналоговых сигналов



## Дискретное представление аналоговых сигналов

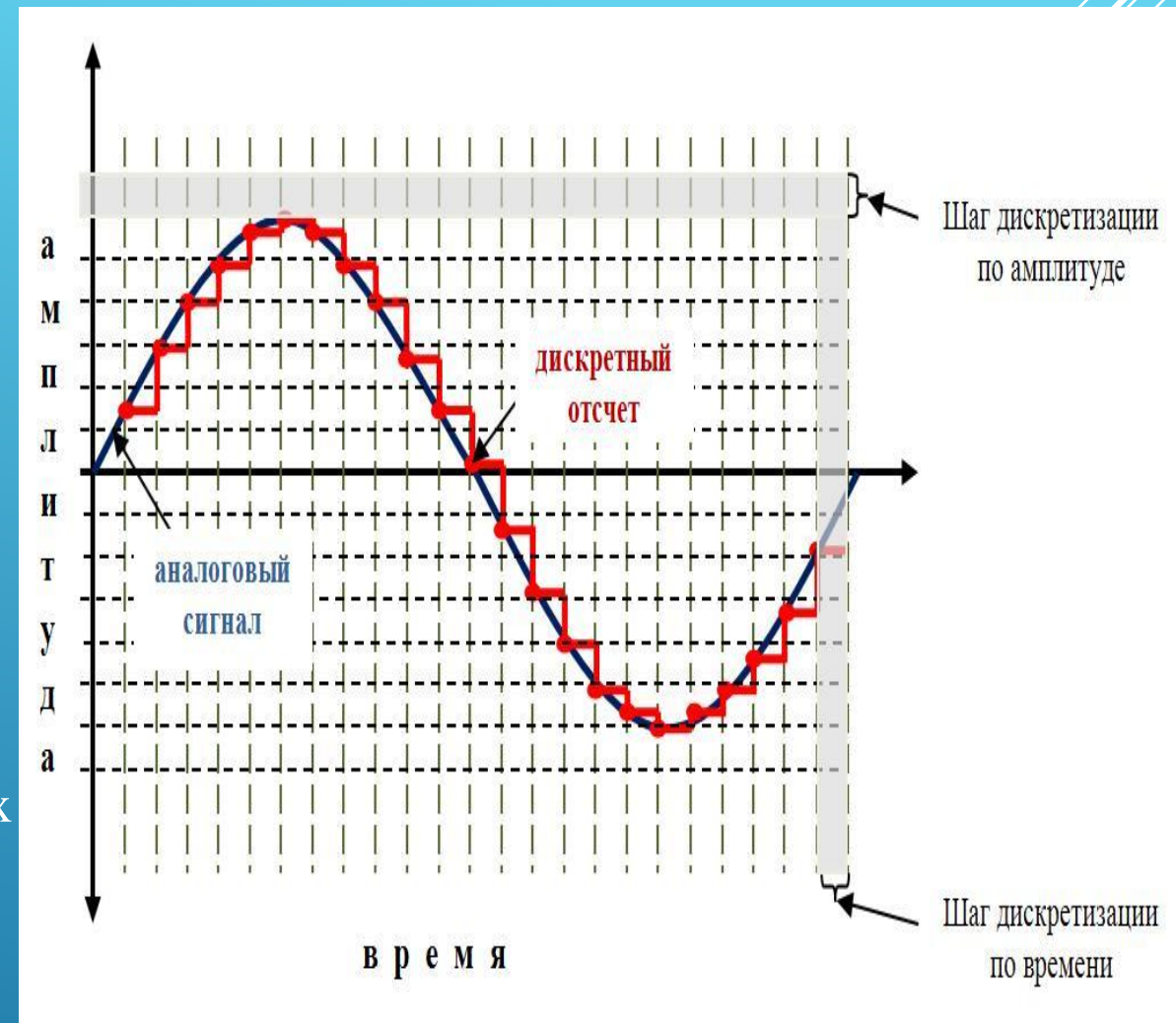
Состоит из 3 этапов:

- Дискретизации по времени
- Квантования по уровню
- Кодирования

### Дискретизации по времени

Под дискретизацией сигналов понимают преобразование функций непрерывных переменных в функции дискретных переменных, по которым исходные непрерывные функции могут быть восстановлены с заданной точностью.

Некоторое приближённое представление о функции  $x(t)$  можно составить по её отображению в виде дискретной последовательности импульсов, имеющих на интервалах  $\Delta t$  значения  $x(i\Delta t)$ , называемых отсчётами



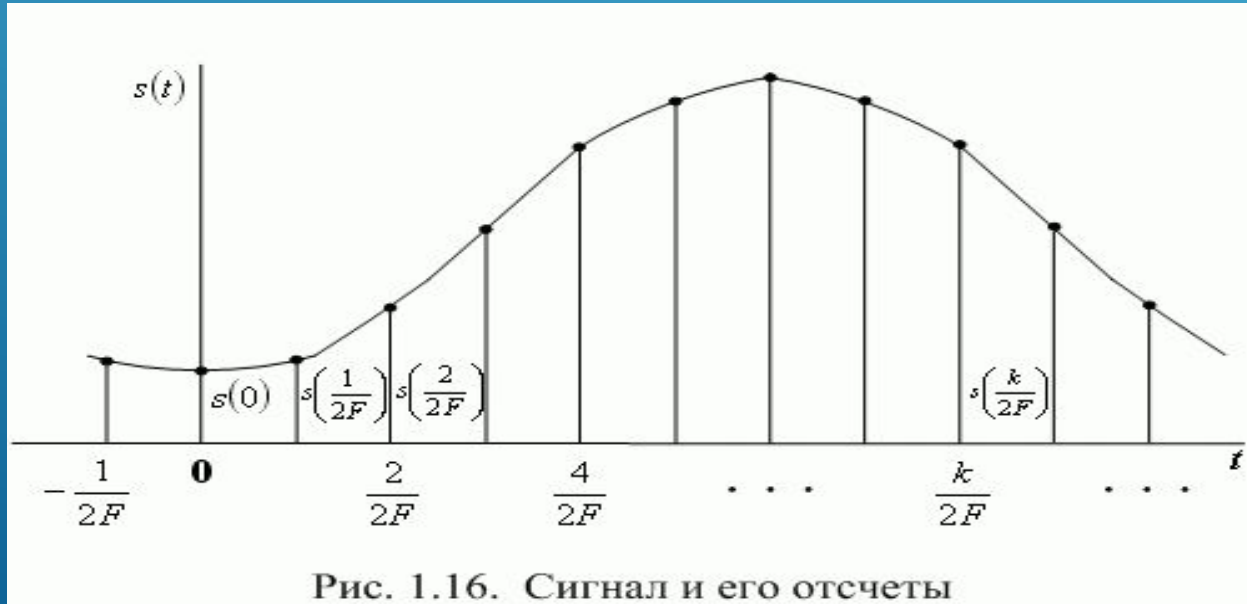
**Теорема Котельникова:** любой непрерывный сигнал, ограниченный по спектру верхней частотой  $F_B$  полностью определяется последовательностью своих дискретных отсчетов, взятых через промежуток времени

$$T_D = \frac{1}{2F_B}$$

называемый периодом дискретизации, или шагом дискретизации.

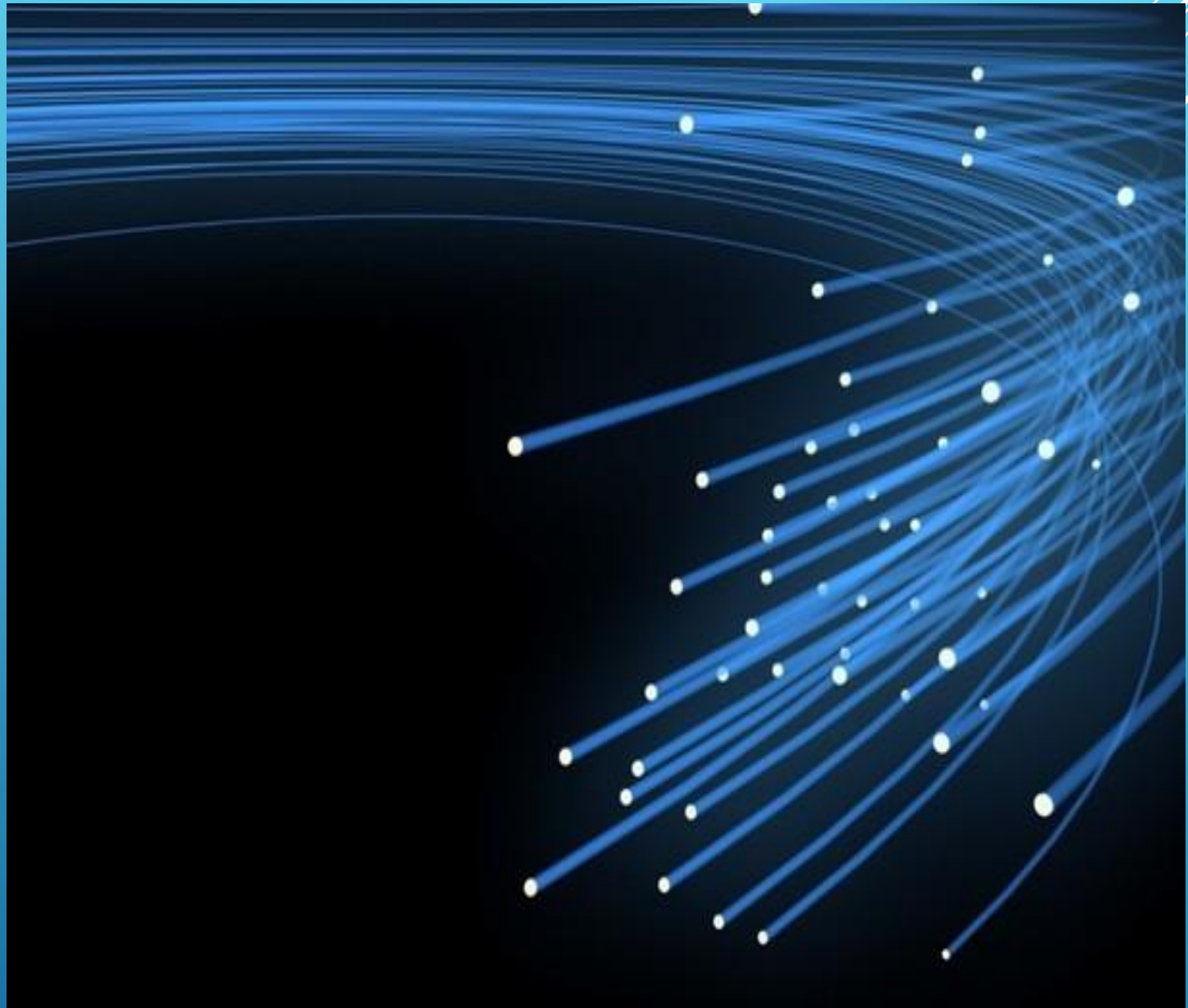
В соответствии с им частота дискретизации, т.е. следования дискретных отсчетов, выбирается из условия

$$F_D = 2F_B$$



Поскольку все реально существующие непрерывные сигналы связи представляют собой случайные процессы с бесконечно широким спектром, причем основная энергия сосредоточена в относительно узкой полосе частот, перед дискретизацией необходимо с помощью фильтра нижних частот ограничить спектр сигнала некоторой частотой  $F_v$ .

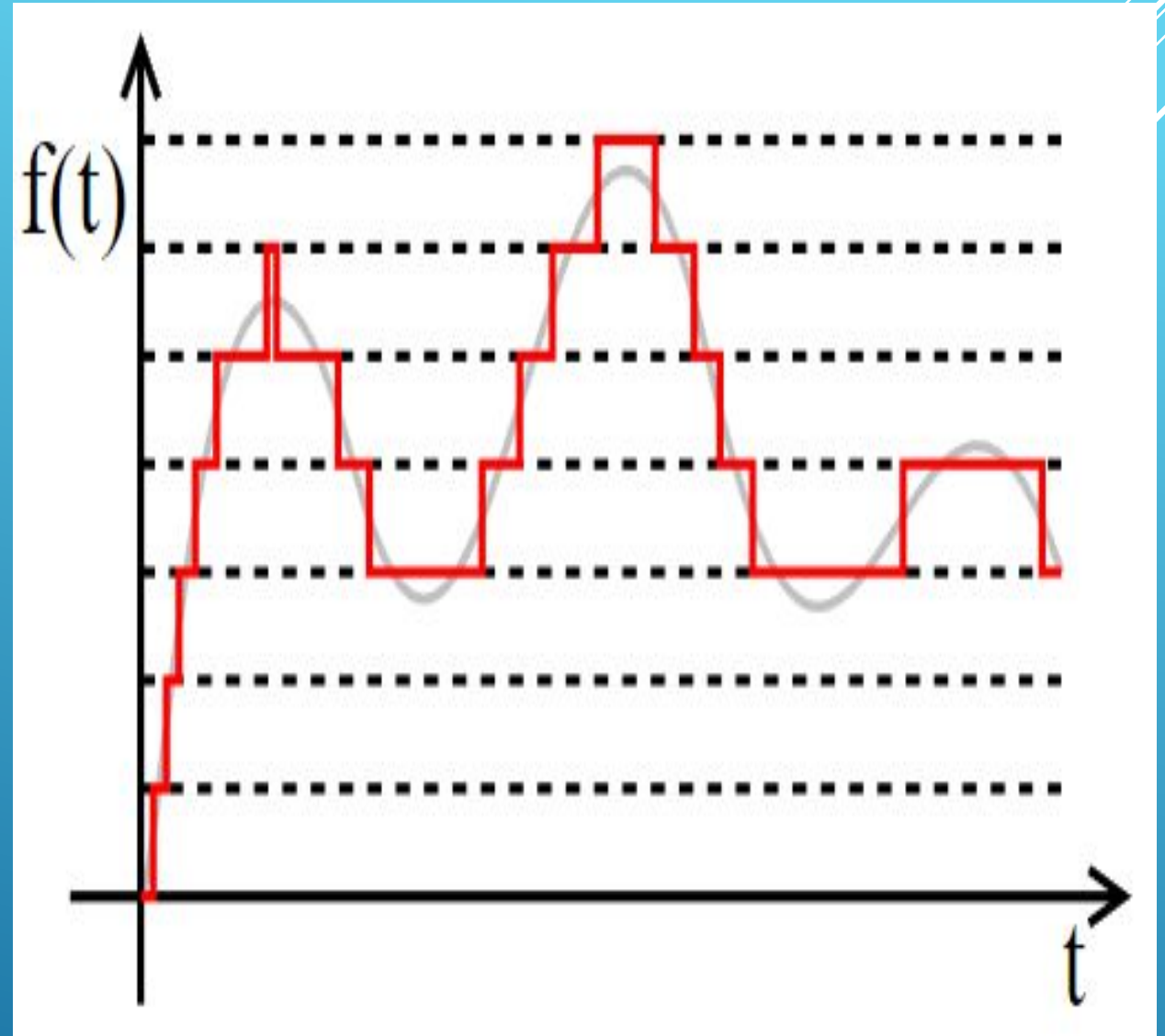
Шаг дискретизации может быть переменным на тех участках, где происходит наиболее частое изменение сигналов.



## Квантование по уровню

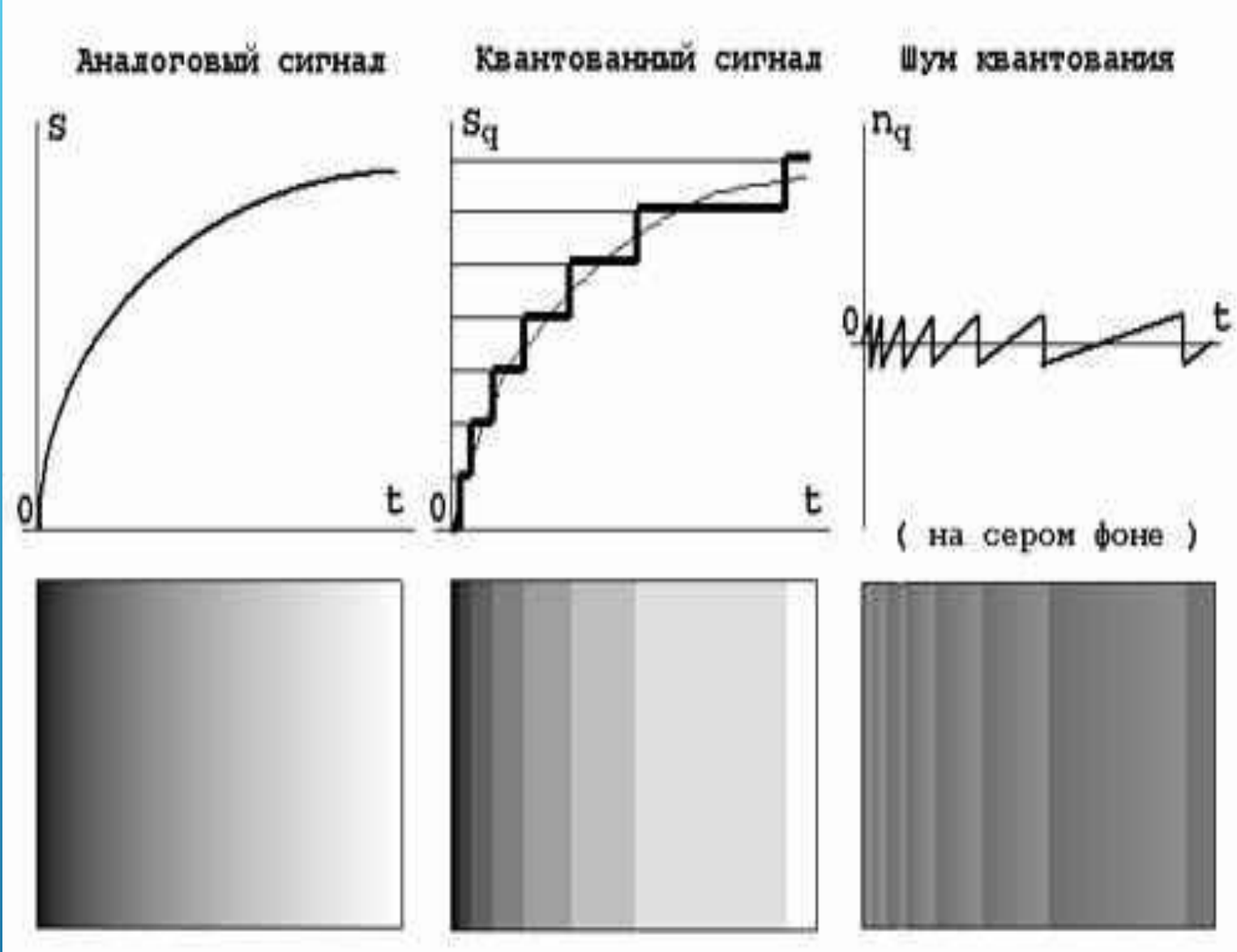
Квантование — разбиение диапазона отсчётных значений сигнала на конечное число уровней и округление этих значений до одного из двух ближайших к ним уровней. Не следует путать квантование с дискретизацией (и, соответственно, шаг квантования с частотой дискретизации).

При дискретизации изменяющаяся во времени величина (сигнал) замеряется с заданной частотой (частотой дискретизации), таким образом, дискретизация разбивает сигнал по временной составляющей (на графике — по горизонтали).



Квантование же приводит сигнал к заданным значениям, то есть округляет сигнал до ближайших к нему уровней (на графике — по вертикали). В АЦП округление может производиться до ближайшего меньшего уровня. Сигнал, к которому применены дискретизация и квантование, называется цифровым.

При оцифровке сигнала количество битов, кодирующих один уровень квантования, называют глубиной квантования или разрядностью. Чем больше глубина квантования и чем больше частота дискретизации, тем точнее цифровой сигнал соответствует аналоговому





Виды квантования:

- *Равномерное* (однородное) квантование — разбиение диапазона значений отсчётов сигнала на отрезки равной длины и замена этих значений на ближайший уровень квантования.
- *Неравномерное квантование* — квантование, при котором разбиение диапазона значений сигнала производится на отрезки неравной длины.

Применяется с целью повышения точности квантования в случае, когда распределение значений сигнала неравномерное, например при квантовании звука.

При этом уровни квантования должны располагаться чаще в тех областях, где значения сигнала более вероятны.

При квантовании речевых сигналов чаще используется компрессор, увеличивающий малые значения сигнала и уменьшающий большие значения, и последующее равномерное квантование. Для квантования в двоичном коде диапазон напряжения сигнала от  $U_{\min}$  до  $U_{\max}$  делится на  $2^n$  интервалов. Величина получившегося интервала (шага квантования)

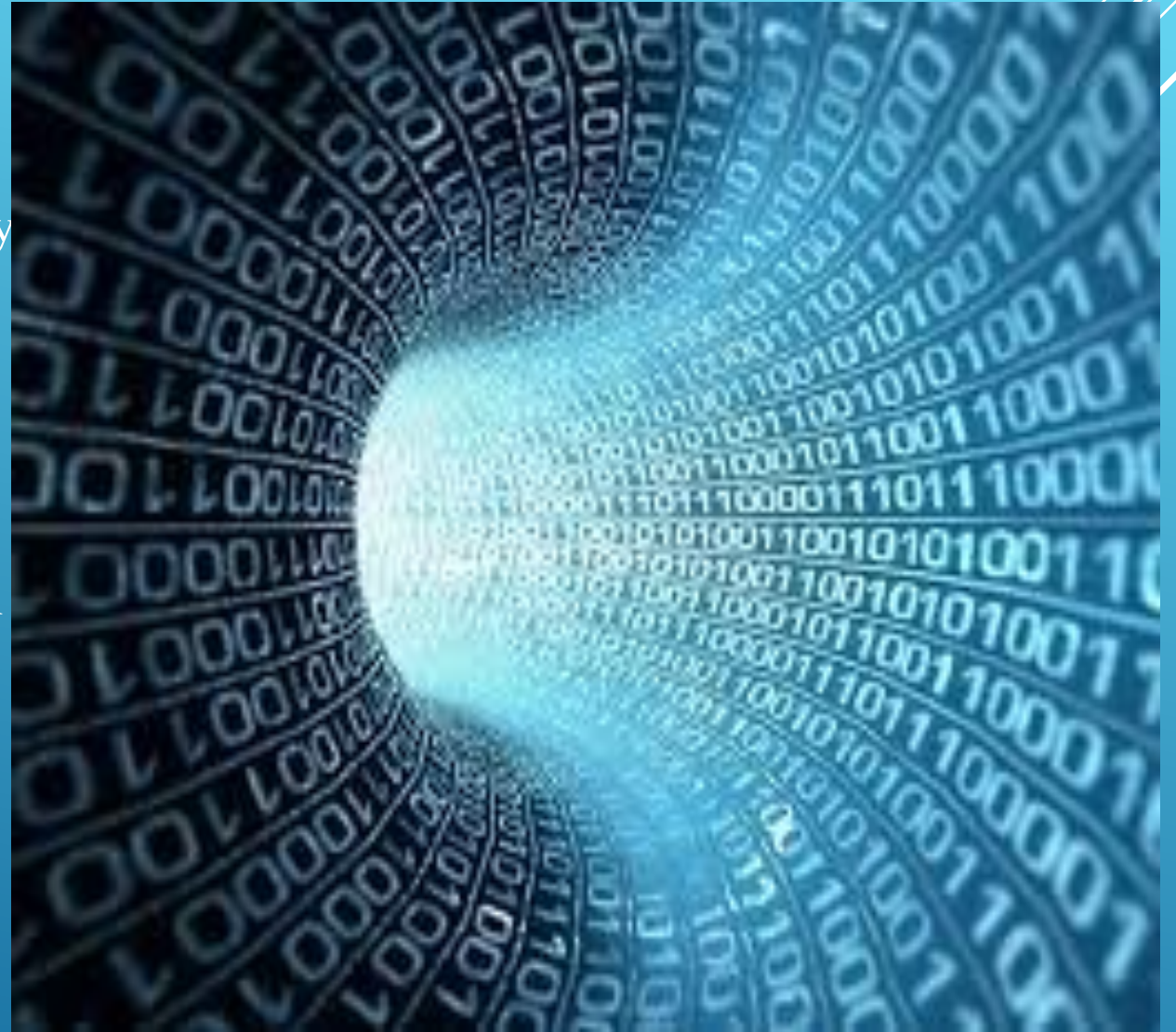
$$\Delta = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n}$$

## Кодирование

представление дискретных сигналов, передаваемых по цифровому каналу связи, с целью передачи данных, представленных в цифровом виде, на расстояние по физическому каналу связи.

Основными задачами кодирования являются:

- повышение помехоустойчивости передаваемых сообщений,
- удаление избыточности из закодированных сообщений
- защита информации от несанкционированного доступа (постороннего прослушивания).



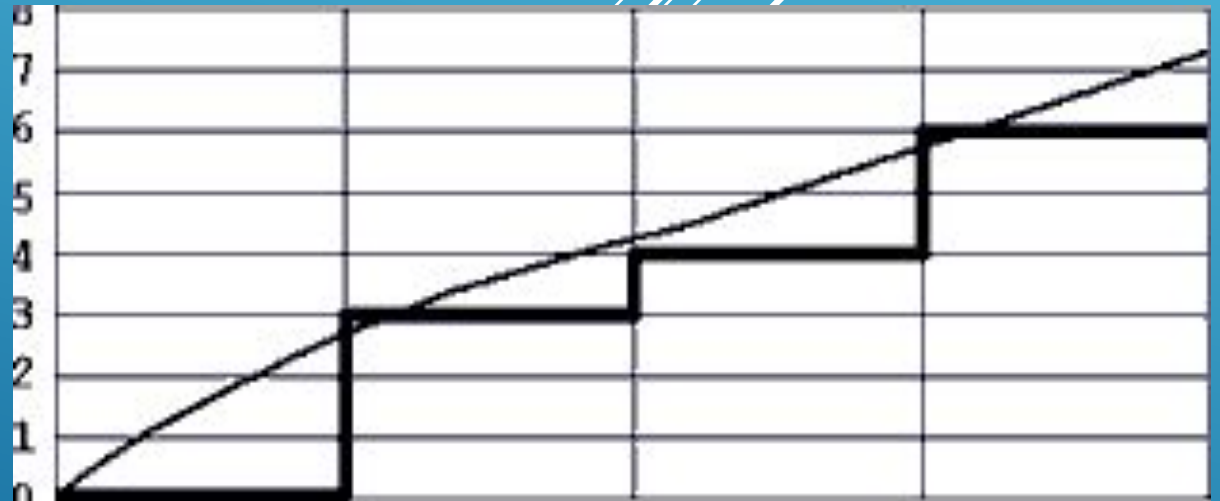
Коды классифицируют в соответствии с такими критериям, как структурные характеристики самого кода (число кодовых признаков – единичные, двоичные многопозиционные; количество разрядов кодовой комбинации – равномерные и неравномерные; способ образования кодовой комбинации – избыточные и неизбыточные, делимые и неделимые; соответствие постоянного числа символов кодовой комбинации передаваемому числу – блочные и неблочные и т.д.) и характеристики сигналов (элементов) кода

К числовым характеристикам кода относят:

- основание кода  $m$  - число цифр, букв, из которых строится код;
- длину кода  $n$  – число разрядов кодовой комбинации;
- мощность кода  $N_p = m^k$ , т.е. число кодовых комбинаций, используемых для передачи информации;
- число информационных разрядов  $k$ ;
- полное число кодовых комбинаций  $N = m^n$ , т.е. число всех возможных комбинаций;
- число проверочных разрядов  $r = n - k$ ;
- избыточность кода  $R$ , для делимых блочных кодов  $R = 1 - k/n$ ;
- кодовое расстояние между кодовыми комбинациями  $d$  – число разрядов с различными символами;
- минимальное кодовое расстояние  $d_{min}$ ;
- характеристики помехоустойчивости избыточных кодов;
- вероятности необнаружения ошибки и т.д.

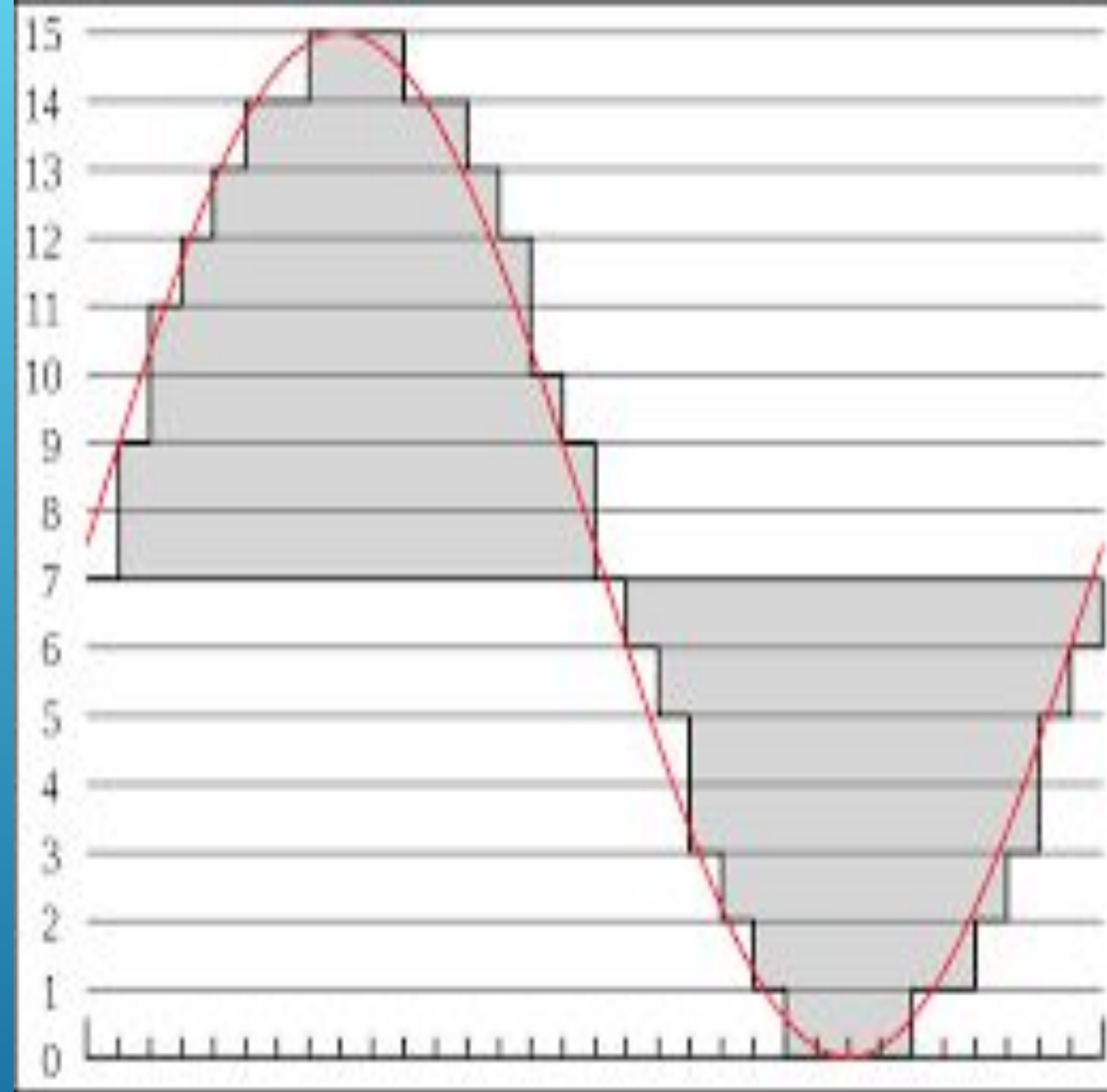
## Импульсно-кодовая модуляция

При импульсно-кодовой модуляции аналоговый передаваемый сигнал преобразуется в цифровую форму посредством трёх операций описанных выше: дискретизации по времени, квантования по уровню и кодирования



Для преобразования аналогового сигнала в цифровой используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП). АЦП через равные промежутки времени измеряет амплитуду аналогового сигнала — получает мгновенные значения или отсчёты сигнала, затем преобразует отсчёты в двоичные слова

Мгновенное измеренное значение (отсчёт) аналогового сигнала квантуется по уровням (округляется от ближайшего целого). Число уровней квантования, обычно, равно или кратно целой степени числа 2, например,  $2^3 = 8$ ,  $2^4 = 16$ ,  $2^5 = 32$  и т. д. Номер уровня кодируется двоичными словами длиной 3, 4, 5 и т. д. бит.



Затем выходные слова АЦП в параллельном коде подвергаются кодированию при помощи передачи на регистр сдвига. На выходе регистра сдвига формируются комбинации кодированных импульсов в последовательном коде. Затем эти комбинации импульсов передаются в канал связи.

Частота отсчётов сигнала (или скорость оцифровки, она же частота дискретизации) для исключения потерь информации в соответствии с теоремой Котельникова должна быть не меньше удвоенной максимальной частоты в спектре аналогового сигнала. Существуют специализированные интегральные микросхемы, совмещающие АЦП, регистр сдвига, тактовые генераторы и другие устройства.

В ИКМ применяется частота квантования амплитуды звуковых колебаний в 8000 Гц

Обоснование выбранной частоты квантования в ИКМ достаточно простое. Оно объясняется тем, что в аналоговой телефонии для передачи голоса был выбран диапазон от 300 до 3400 Гц (соответствует КТЧ), который достаточно качественно передает все основные гармоники собеседников.

В соответствии с теоремой Котельникова для качественной передачи голоса достаточно выбрать частоту дискретизации, в два раза превышающую самую высокую гармонику непрерывного сигнала, то есть  $2 \times 3400 = 6800$  Гц. Выбранная в действительности частота дискретизации 8000 Гц(ее принял Международный Союз Электросвязи) обеспечивает некоторый запас качества.

В ИКМ обычно используется 7 или 8 бит кода для представления амплитуды одного замера. Соответственно это дает 128 или 256 градаций звукового сигнала, что оказывается вполне достаточно для качественной передачи голоса.

При использовании ИКМ для передачи одного голосового канала необходима пропускная способность 56 или 64 Кбит/с в зависимости от того, каким количеством битов представляется каждый замер. Если для этих целей применяется 7 бит, то при частоте передачи замеров в 8000 Гц получаем:

$$8000 \times 7 = 56\ 000 \text{ бит/с или } 56 \text{ Кбит/с,}$$

а для случая 8 бит:

$$8000 \times 8 = 64\ 000 \text{ бит/с или } 64 \text{ Кбит/с.}$$

Как вы знаете, стандартным является цифровой канал 64 Кбит/с, который также называется элементарным каналом цифровых телефонных сетей; канал 56 Кбит/с применялся на ранних этапах существования цифровой телефонии, когда один бит из байта, отведенного для передачи данных, изымался для передачи номера вызываемого абонента



*Спасибо за внимание*

