

доц. Ленцман В.Л

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И
СЕРТИФИКАЦИЯ**

раздел 2

***Основы цифровых средств
измерений***

**Цифровое средство измерений – СИ,
в котором измеряемая непрерывная
(аналоговая) величина подвергается
операциям:**

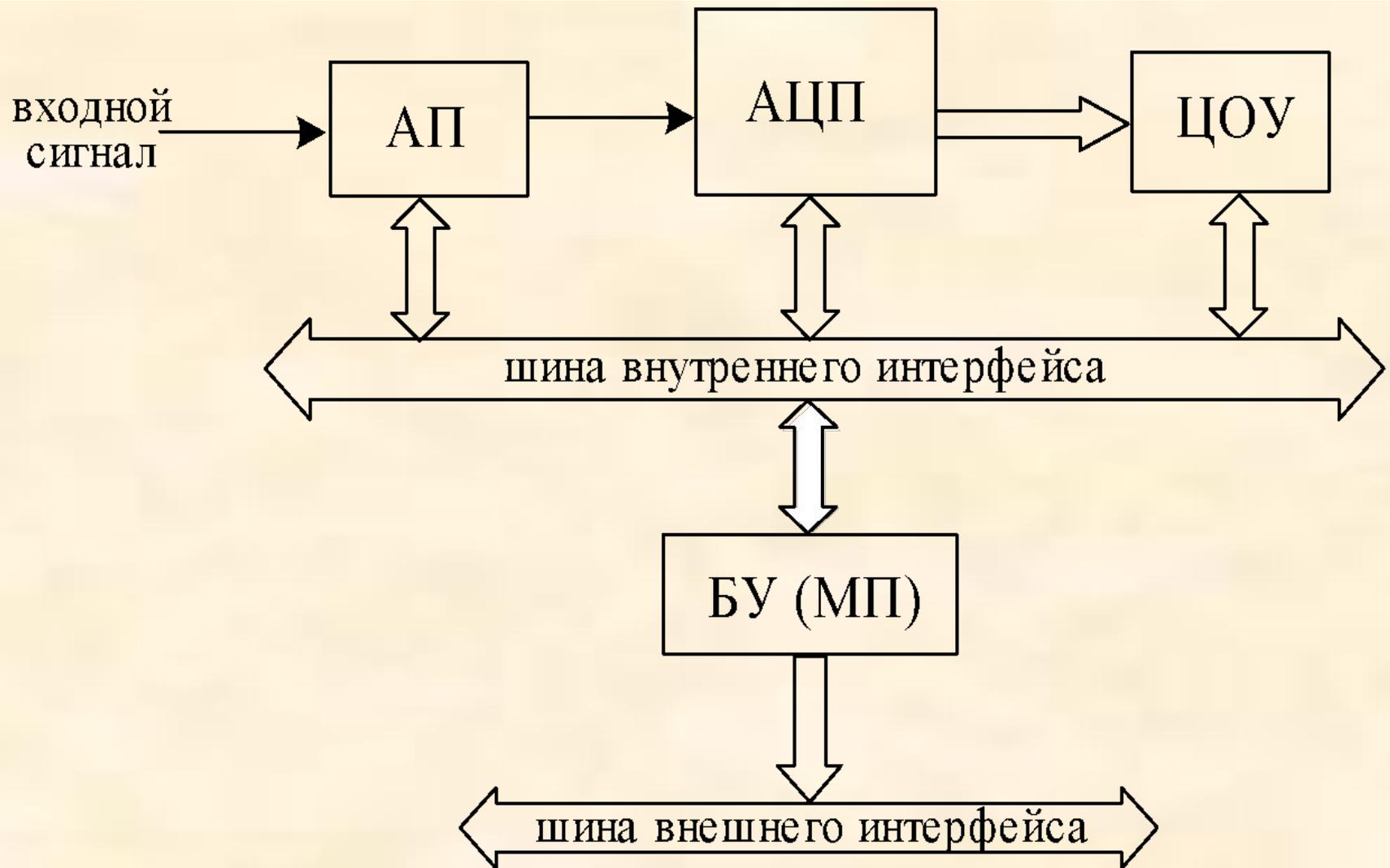
- квантования,**
- дискретизации и**
- кодирования,**

**а результат измерения представляется
в цифровой форме, удобной для
визуального отсчета.**

Преимущества цифровых СИ по сравнению с аналоговыми:

- 1. удобство визуального восприятия показаний на цифровом отсчетном устройстве,**
- 2. широкие возможности по обработке и хранению результатов измерений,**
- 3. возможность полной автоматизации измерительных процедур**

Обобщенная структурная схема цифрового измерительного прибора



Преобразование информации в цифровых СИ

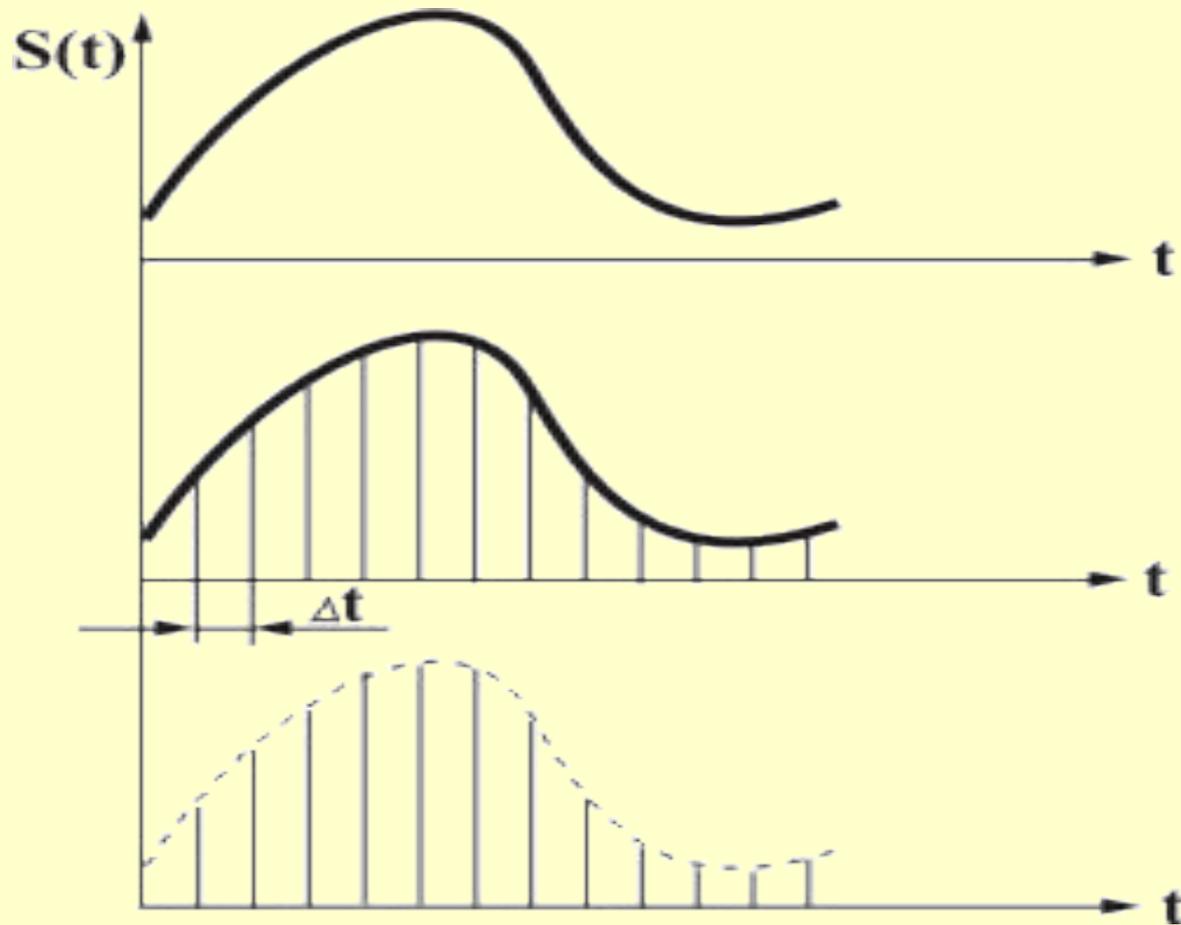
Операция дискретизации - преобразование непрерывной во времени измеряемой аналоговой величины в последовательность отсчетов, соответствующих «мгновенным» значениям измеряемой величины в определенные моменты времени; которые называются моментами дискретизации.

В процессе этой операции происходит потеря информации – возникает

погрешность дискретизации

(не следует путать этот термин с иногда используемым термином «погрешность дискретности»- неудачным синонимом термина «погрешность квантования»)

Преобразование непрерывного сигнала в последовательность отсчетов:



Погрешность дискретизации зависит:

- от шага (интервала) дискретизации - чем меньше шаг, тем меньше погрешность;**
- от скорости изменения функции на интервале дискретизации - чем меньше скорость, тем меньше погрешность;**
- от выбора процедуры интерполяции значений измеряемой величины на интервале между полученными отсчетами.**

Основой математического аппарата для оценки погрешности дискретизации является теорема Котельникова (Найквиста), которая связывает воедино требования ко всем перечисленным выше параметрам. При выполнении условий этой теоремы погрешность дискретизации теоретически можно свести нулю.

Для этого необходимо:

- подавить высокочастотные составляющие спектра преобразуемого сигнала - выше частоты f_0 (Ω), ее часто называют частотой Найквиста;**
- использовать специальную процедуру интерполяции значений восстанавливаемой функции между полученными отсчетами.**

*Математическая формулировка
теоремы Котельникова:*

$$f(t) = 2T \Omega \sum f(nT) \frac{\sin[2\pi\Omega(t - nT)]}{2\pi\Omega(t - nT)}$$

Частота 2Ω называется частотой Найквиста или частотой дискретизации.

$T \equiv 1/2\Omega$ - период дискретизации, т.е. интервал времени между импульсами выборки.

В цифровых измерительных приборах, рассчитанных на визуальный отсчет показаний, используют самый простой способ интерполяции – запоминание полученного отсчета до получения следующего.

Приближенная оценка макс. значения погрешности дискретизации при этом:

$$\Delta_{\text{дискр}} \cong \Delta t \cdot \left| \frac{du(t)}{dt} \right|_{\text{max}}$$

Операция квантования - замена «мгновенного» значения измеряемой аналоговой величины, (которое, в принципе, принадлежит к бесконечному множеству чисел), некоторым целым числом из конечного множества.

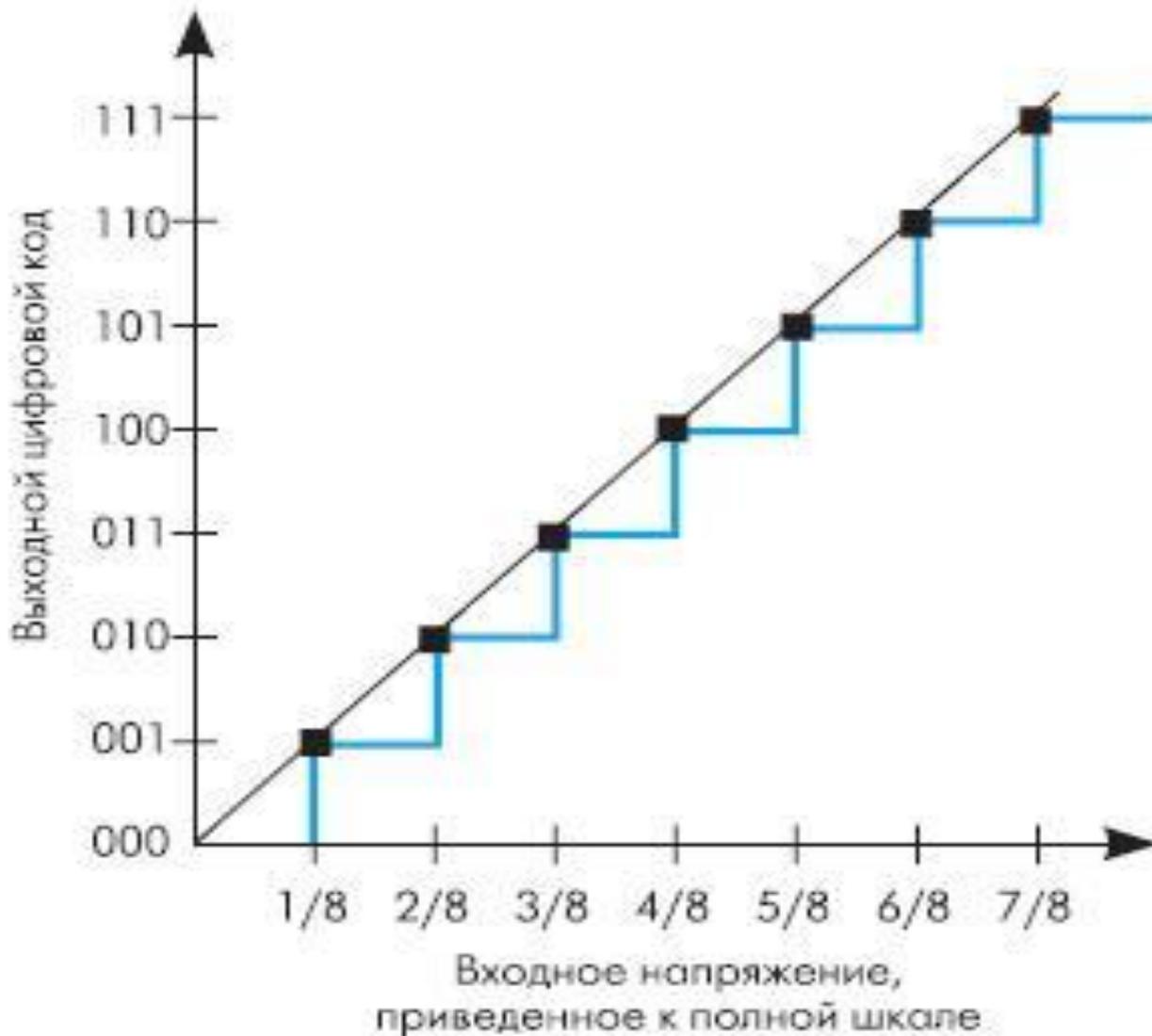
Это конечное множество целых чисел называют уровнями квантования.

Их можно пронумеровать от 0 до N .

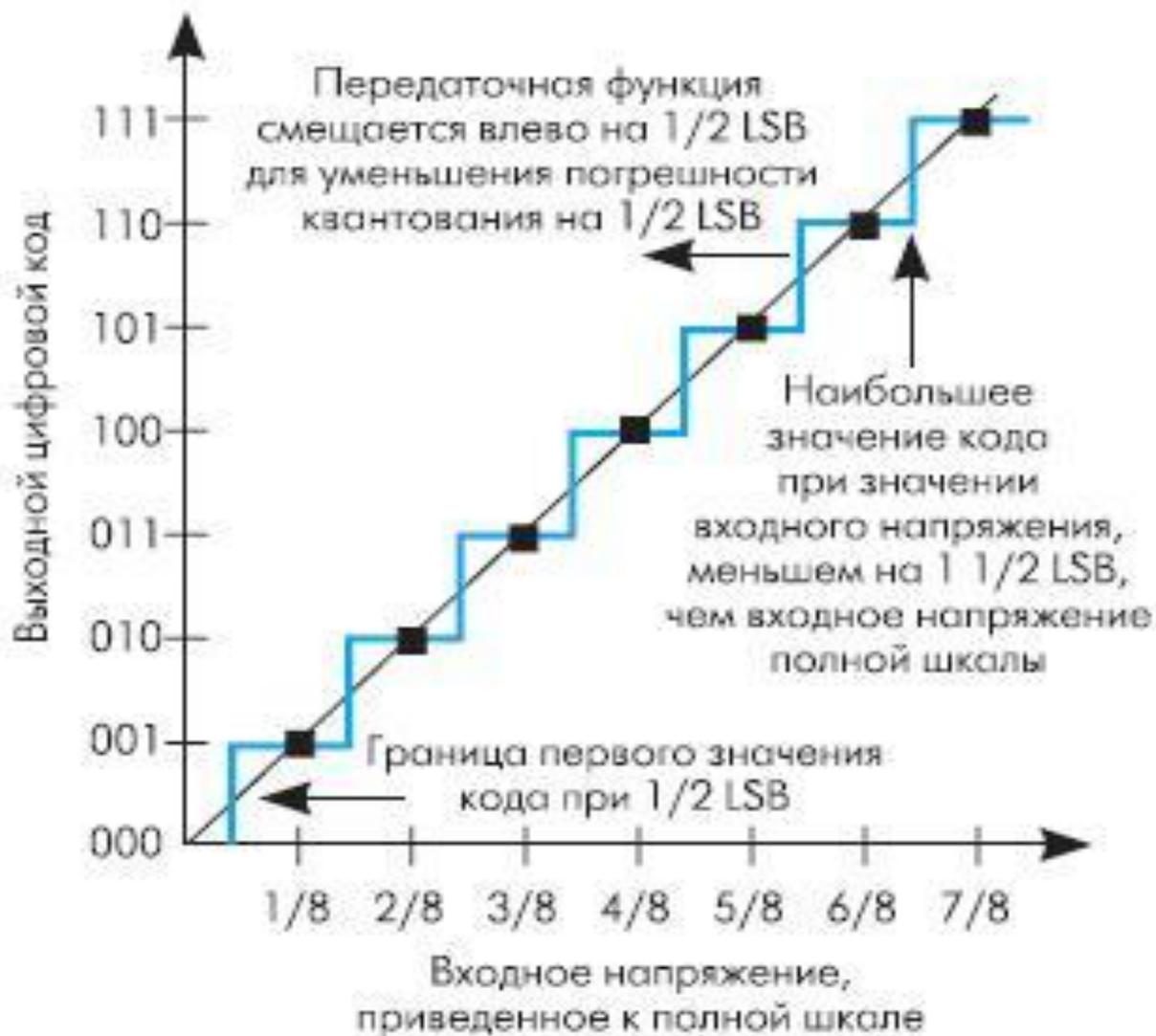
Зная шаг квантования Δ_0 - «расстояние» между уровнями квантования в единицах измеряемой величины, можно по номеру N_x уровня квантования приближенно оценить результат измерения:

$$U_x = \Delta_0 N_x.$$

Первый способ построения шкалы квантования

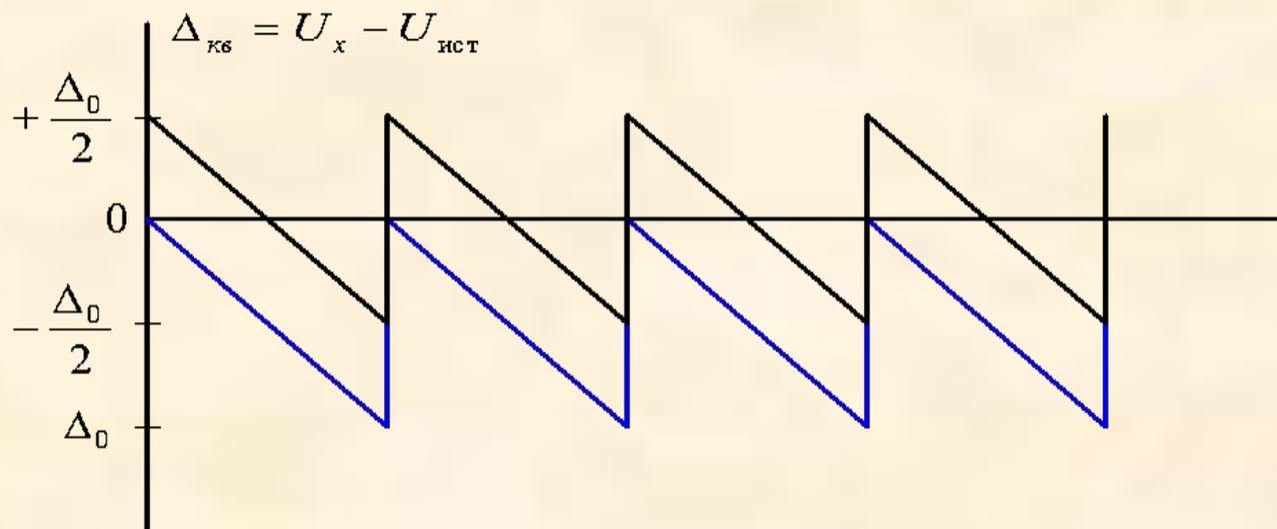


Второй способ построения шкалы квантования



Первый вариант построения шкалы квантования предусматривает переход от нулевого уровня квантования к первому при увеличении измеряемой величины на шаг квантования Δ_0 . В этом случае погрешность квантования (**кривая синего цвета**) будет всегда отрицательной и находиться в пределах:

$$-\Delta < \Delta_{\text{КВ}} < 0$$



Второй вариант –предусматривает переход от нулевого уровня квантования к первому при увеличении измеряемой величины на половину шага квантования $\Delta_0/2$. В этом случае погрешность квантования будет «симметричной» относительно нуля:

$$-\frac{\Delta_0}{2} < \Delta_{кв} < \frac{\Delta_0}{2}$$

что принято записывать так:

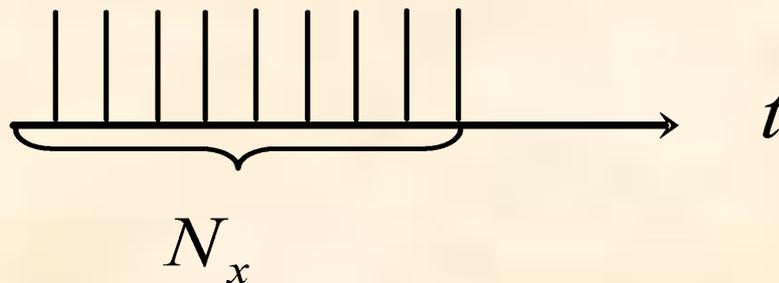
$$\Delta_{кв} = \pm \frac{\Delta_0}{2}.$$

Операция кодирования

Кодом называют последовательность цифр или сигналов, с помощью которых условно представляют измеренное значение величины.

Полученному в результате операции квантования номеру уровня однозначно сопоставляют определенное значение кода.

самый простой - **последовательный унитарный код** – последовательность импульсов (или некоторых символов), число которых соответствует измеренному значению. Это наиболее просто реализуемый код, но очень не экономный с точки зрения затрат времени:



Из унитарного последовательного кода можно легко сформировать с помощью двоичного счетчика **параллельный двоичный код.**

Это основной вид кода в АЦП для процессорных средств измерений

Раньше в цифровых СИ довольно часто применяли **параллельный двоично-десятичный код,**

в котором один разряд десятичного числа кодируется четырехразрядным двоичным числом.

Например, десятичное число **57** будет представлено следующими двумя четырехразрядными двоичными числами

0101 и 0111