

СИГНАЛЫ

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ

ДИСКРЕТНЫЙ СИГНАЛ

ЦИФРОВОЙ СИГНАЛ

ЦИФРОВОЙ ДВОИЧНЫЙ СИГНАЛ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

УНИФИЦИРОВАННЫЙ СИГНАЛ

УНИФИЦИРОВАННЫЙ АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ 4-20 мА

ДАТЧИК: ПАССИВНЫЙ / ПЕРВИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

ДАТЧИК: АКТИВНЫЙ / ВТОРИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

ДАТЧИК: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ

СИГНАЛЫ

АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ

Аналоговый — это **непрерывный во времени сигнал**, порождаемый реальным физическим процессом, параметры которого можно измерить в любой момент.

Аналоговый сигнал является неким аналогом реальной физической величины: звука, света, температуры, влажности и т.д.

Все реальные физические величины изменяются непрерывно во времени и с какой угодно точностью, то есть число состояний физической величины стремится к бесконечности.

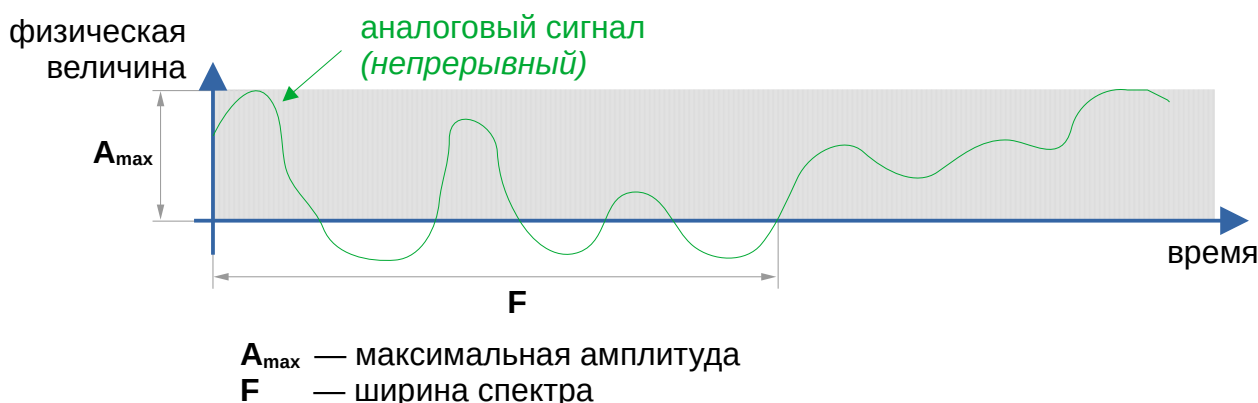
Аналоговый сигнал можно представить как массив данных (Ma) из N -элементов. Каждый элемент массива содержит значение физической величины в момент времени t . При этом разница во времени между соседними элементами (замерами) сильно мала. Поэтому, если этот массив изобразить графически, то график будет иметь вид кривой с плавными волнообразными переходами, а расстояние между вертикальными отсечками на оси «время» (время между соседними элементами / замерами) будет не видно. Размерность массива данных (Ma) — очень большая.

$Ma[0]$ = значение физической величины (в момент времени)

$Ma[1]$ = значение физической величины (в следующий момент времени)

...

$Ma[N]$ = значение физической величины (в следующий момент времени)



Характеристики аналогового сигнала:

- Амплитуда
- Частота
- Ширина спектра (часть анализируемого сигнала)
- Длительность сигнала

Аналоговый сигнал беспомощен перед помехами. Любая помеха, накладываемая на аналоговый сигнал, будет без изменений получена и воспринята приемником информации. У цифровых технологий в этом случае ситуация выглядит лучше, т. к. цифровое оборудование способно отфильтровывать «непрощенных гостей» и восстанавливать исходное состояние сигнала.

Аналоговый сигнал — избыточен, т. к. несет в себе много лишней информации.

СИГНАЛЫ

АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ (продолжение)

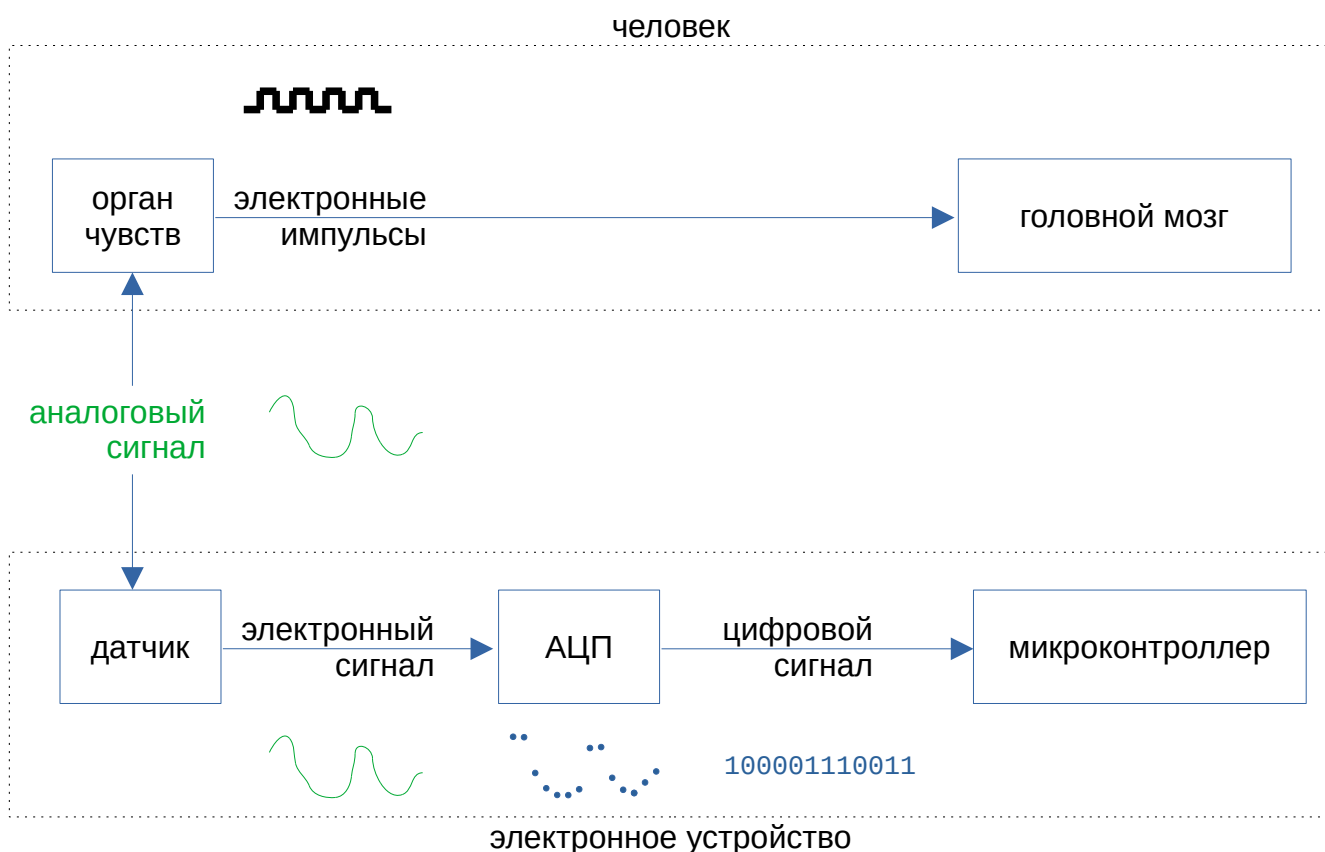
Как воспринимает аналоговый сигнал человек?

- 1) Внешний аналоговый сигнал воспринимается соответствующим органом чувств (звук — уши, свет — глаза, температура — кожный покров и т. д.).
- 2) Орган чувств преобразует аналоговый сигнал в импульсы одного формата (электрической природы), которые удобны для восприятия следующим «устройством» - головным мозгом.
- 3) Головной мозг обрабатывает полученные импульсы и формирует какие-то управляющие воздействия.

Как воспринимает аналоговый сигнал человек?

- 1) Как воспринимает аналоговый сигнал электронное устройство?
- 2) Внешний аналоговый сигнал воспринимается чувствительным элементом соответствующего датчика (звук — микрофон, свет — фотоэлемент, температура — терморезистор, термопара и т. д.).
- 3) Чувствительный элемент датчика преобразует аналоговый сигнал в электрический сигнал, который удобен для восприятия следующим устройством — аналого-цифровым преобразователем (АЦП).
- 4) АЦП преобразует полученный электрический сигнал в цифровой код, который удобен для восприятия следующим устройством — микроконтроллером.
- 5) Микроконтроллер обрабатывает полученный цифровой код и формирует какие-то управляющие воздействия.

В случае, что с человеком, что с электронным устройством — алгоритм восприятия аналогового сигнала в общем идентичен:



СИГНАЛЫ

ДИСКРЕТНЫЙ СИГНАЛ

Дискретный (discretus — прерывистый, разделенный) — это **прерывный во времени сигнал**, параметры которого можно измерить только в определенный момент времени.

Дискретный сигнал, по сути, является неполной копией аналогового сигнала — представляет собой массив из одной или нескольких выборок (замеров) значений из аналогового сигнала.

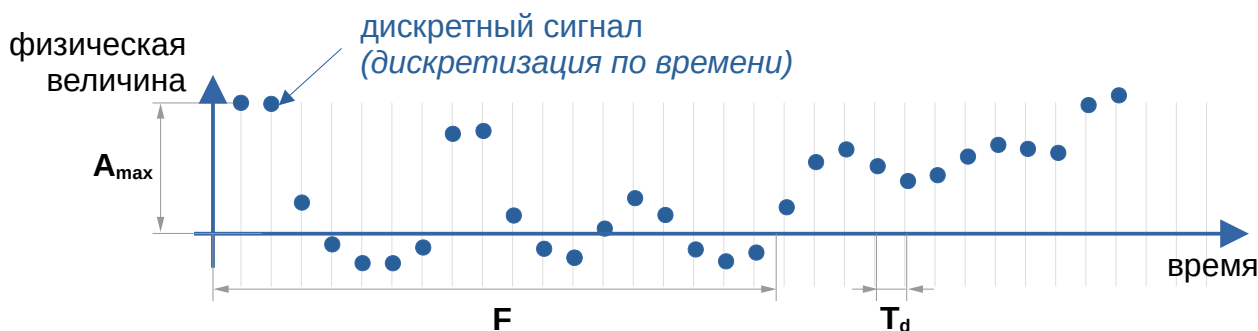
Дискретный сигнал можно представить как массив данных (Мд) из М-элементов. Каждый элемент массива содержит значение физической величины в момент времени t . При этом разница во времени между соседними элементами (замерами) четко **определена шагом дискретизации**. Поэтому, если этот массив изобразить графически, то график будет (условно) иметь вид кривой с «ломаными» переходами, а расстояние между вертикальными отрезками на оси «время» (время между соседними элементами / замерами) будет видно. Размерность массива данных (Мд) — меньше, чем у аналогичного массива аналогового сигнала (Ма).

$M_d[0]$ = значение физической величины (в момент времени)

$M_d[1]$ = значение физической величины (в следующий момент времени)

...

$M_d[M]$ = значение физической величины (в следующий момент времени)



A_{max} — максимальная амплитуда

F — ширина спектра

T_d — шаг дискретизации

f_d — частота дискретизации

• — одно значение (выборка)

$$T_d = \frac{1}{f_d}$$

Характеристики дискретного сигнала:

- Амплитуда
- Частота
- Ширина спектра (часть анализируемого сигнала)
- Длительность сигнала
- Шаг дискретизации
- Частота дискретизации

Существует путаница между понятиями дискретного и цифрового сигналов. Часто цифровой сигнал называют дискретным, потому что он состоит из дискретных (отдельных) частей (сэмплов / samples), но, при этом, цифровой сигнал не является прерывистым — группа дискрет здесь может формировать какое-то единое число и т.п.

СИГНАЛЫ

ЦИФРОВОЙ СИГНАЛ

Цифровой (digital) — это искусственный инфосигнал, представленный в виде очередных цифровых значений, которые описывают конкретные параметры передаваемой информации.

Цифровой сигнал состоит из дискретных (отдельных) частей (сэмплов / samples), но, при этом, цифровой сигнал не является прерывистым — группа дискрет здесь может формировать какую-то единую сущность (например, число).

Основой цифрового сигнала является **бит** (binarydigit — двоичный разряд), принимающий значение «0» или «1».

Один бит имеет ограниченную возможность для передачи информации, поэтому биты объединили в блоки, формирующие в итоге **число определенной разрядности** (битности).

Чем больше разрядность числа (количество бит в числе), тем больше информации оно несет.

В цифровых технологиях используют блоки битов, кратные 8:

Разрядность	Значение числа	
	десятичная система счисления	шестнадцатеричная система счисления
8 бит	$2^8 = 0 - 256$	0x00 - 0xFF
12 бит	$2^{12} = 0 - 4\,096$	0x000 - 0xFFF
16 бит	$2^{16} = 0 - 65\,536$	0x0000 - 0xFFFF
24 бит	$2^{24} = 0 - 16\,777\,216$	0x000000 - 0xFFFFFFFF
32 бит	$2^{32} = 0 - 4\,294\,967\,296$	0x00000000 — 0xFFFFFFFF

Цифровые сигналы повсеместно используются в вычислительной технике. Любой микропроцессор / микроконтроллер оперирует именно цифровыми сигналами.

СИГНАЛЫ

ЦИФРОВОЙ ДВОИЧНЫЙ СИГНАЛ

В отличие от аналогового и дискретного, цифровой сигнал обладает ограниченным набором значений (представлений): 2, 3, 4, ..., 10 — в зависимости от которых цифровой сигнал приобретает название: двоичный, троичный, четверичный, ..., десятичный.

Чаще всего применяется **двоичное представление**, в котором сигнал может принимать только два значения:

- Высокий уровень (логическая «1» или лог.1 или 1 или TRUE)
- Низкий уровень (логический «0» или лог.0 или 0 или FALSE)

Каждому логическому значению сопоставим определенный уровень электрического сигнала или граница диапазона уровней.

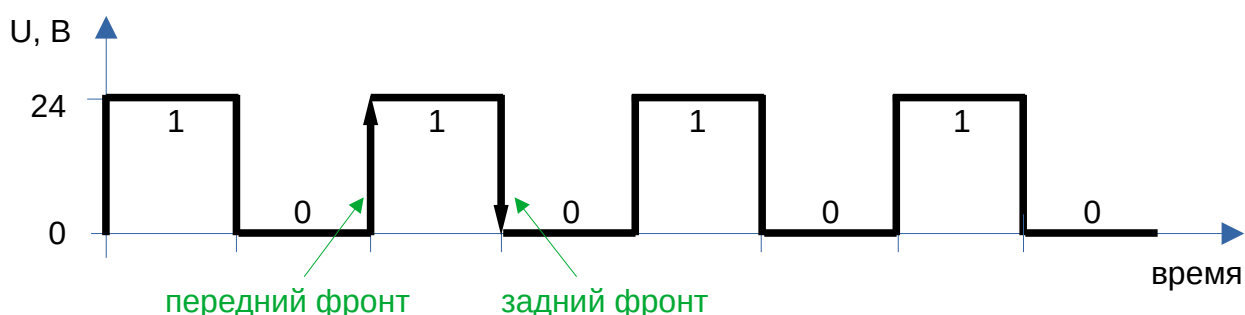
Например:

лог.0 — когда напряжение 0 В

лог.1 — когда напряжение 24 В

Все значения двоичного сигнала, которые находятся между логическими «0» и «1», являются переходными (абстрактными) - они могут быть детектированы и использованы в реализации определенных алгоритмов:

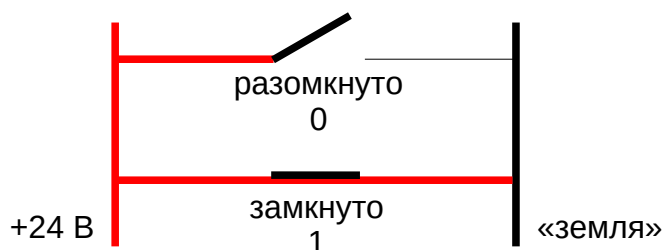
- Передний / Восходящий фронт (rising edge)
- Задний / Нисходящий фронт (falling edge)



Цифровые сигналы повсеместно используются в вычислительной технике. Любой микропроцессор / микроконтроллер оперирует именно цифровыми сигналами.

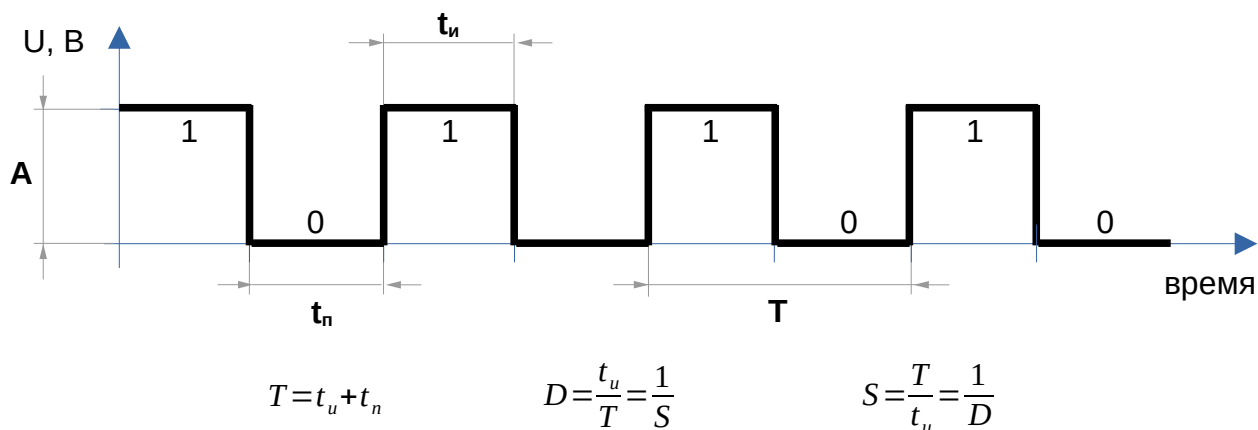
Примеры сигналов, которые могут быть представлены в цифровом двоичном виде:

- Состояние электрического контакта (выключатель, кнопка, реле, транзистор)
разомкнуто / замкнуто
- Состояние заряда электрической емкости (конденсатор, аккумулятор)
разряжено / заряжено
- Состояние электрического сигнала
низкий уровень / высокий уровень



СИГНАЛЫ

ЦИФРОВОЙ ДВОИЧНЫЙ СИГНАЛ (продолжение)



Характеристики цифрового двоичного сигнала:

- Амплитуда импульса (**A**)
- Длительность импульса (**t_u**)
- Пауза импульса (**t_n**)
- Скважность (**S**)
- Коэффициент заполнения импульса (**D**)
- Период импульсов (**T**)

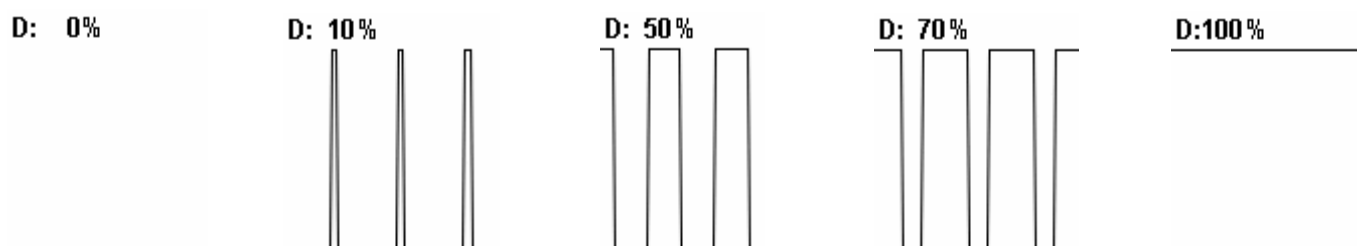
Амплитуда (**A**) — это высота импульса, соответствующая наибольшему значению электрического сигнала (напряжения или тока). Выражается в единицах соответствующего электрического сигнала (Вольты или Амперы).

Длительность импульса (**t_u**) — это временной интервал, на протяжении которого электрический сигнал имеет наибольшее значение. Выражается в единицах времени (например, микросекунды, миллисекунды, секунды и т. д.).

Длительность импульса (**t_n**) — это временной интервал, на протяжении которого электрический сигнал имеет наименьшее значение или не имеет сигнала вообще. Выражается в единицах времени (например, микросекунды, миллисекунды, секунды и т. д.).

Скважность (**S**) — это величина, определяющая отношение периода следования (повторения) импульсов к длительности импульса. Величина — безразмерная и изменяется в диапазоне от 0 до бесконечности (∞).

Коэффициент заполнения (**D**) или рабочий цикл (Duty cycle) — это величина, обратная скважности. Величина — безразмерная и изменяется от 0 до 1. Часто переводят в %, умножая полученное значение на 100.



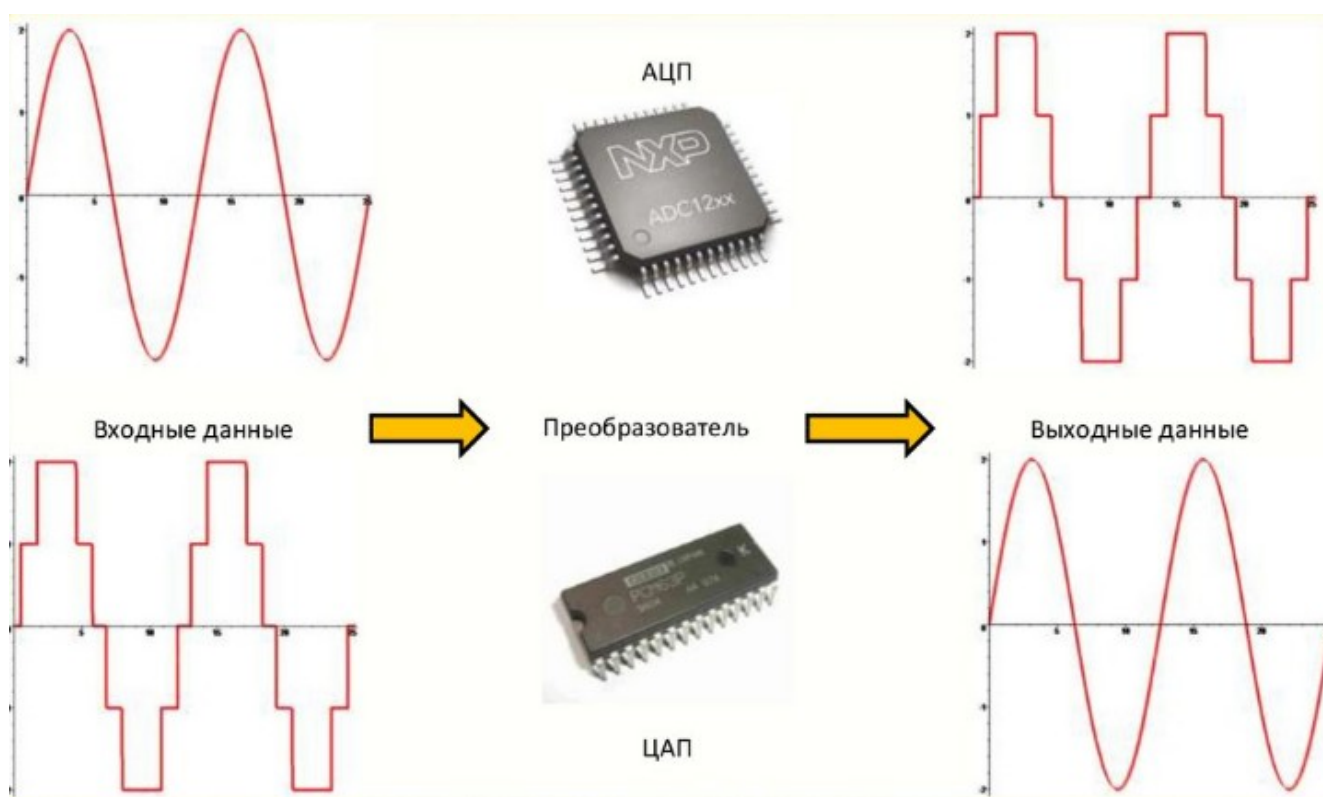
СИГНАЛЫ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Как говорилось в предыдущих разделах, все вычисления основаны на работе какого-либо микропроцессорного устройства, которое оперирует только цифровыми сигналами. Поэтому здесь возникает необходимость в преобразовании аналоговых сигналов, получаемых от различных физических систем, в цифровые сигналы.

Аналого-цифровой преобразователь / Analog-to-digital converter (АЦП / ADC) - электронное устройство, преобразующее входной аналоговый электрический сигнал (например, напряжение) в двоичный цифровой код.

Обратную функцию — преобразование цифрового сигнала в аналоговый — выполняет **Цифро-аналоговый преобразователь / Digital-to-Analog Converter (ЦАП / DAC)** — точнее электронная схема с ЦАП.



АЦП на вход принимает только аналоговый электрический сигнал (обычно по напряжению). Поэтому, подачей на вход АЦП, измеряемая физическая величина сначала с помощью специальных электрических схем приводится к требуемому электрическому сигналу (в зависимости от АЦП) - например, сигнал с датчика термосопротивления (сопротивление — Омы) с помощью специальной схемы преобразуется в напряжение, эквивалентное сопротивлению, и далее это напряжение подается на вход АЦП.

СИГНАЛЫ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (продолжение)

Цифровой код на выходе АЦП — это последовательность дискретных / битовых значений (значений «0» и «1»). Чем длиннее последовательность, тем больше приближен результат преобразования к исходному аналоговому сигналу (выше точность).

Разрядность АЦП - характеристика, определяющая количество дискретных значений (шагов квантования), которое может выдать на выходе АЦП. Разрядность измеряется в битах. Значение данной характеристики можно найти в техническом описании конкретного АЦП.

Разрешение АЦП (разрешающая способность или шаг квантования) — минимальное изменение величины входного аналогового сигнала, которое может преобразовать АЦП. Является минимальной единицей разрядности. Значение данной характеристики можно также найти в техническом описании конкретного АЦП, а также вычислить по формуле:

$$U_q = \frac{(U_{\max} - U_{\min})}{2^n}$$

U_q — разрешение АЦП (В)

U_{\max} — напряжение, соответствующее максимальному входному значению (В)

U_{\min} — напряжение, соответствующее минимальному входному значению (В)

n — разрядность (бит)

Разрядность	Количество дискретных значений / уровней квантования
8 бит	$2^8 = 256$
12 бит	$2^{12} = 4\,096$
16 бит	$2^{16} = 65\,536$
24 бит	$2^{24} = 16\,777\,216$
32 бит	$2^{32} = 4\,294\,967\,296$

Пример

Ниже даны два АЦП с различной разрядностью. На вход каждого АЦП подается одинаковый аналоговый сигнал (в диапазоне от 0 до 10 В). Определить разрешающую способность данных АЦП.

АЦП (1)

$$U_{\max} = 10 \text{ В}$$

$$U_{\min} = 0 \text{ В}$$

$$n = 12 \text{ бит}$$

$$U_q = \frac{(10 \text{ В} - 0 \text{ В})}{2^{12}} = \frac{(10 \text{ В})}{4096} = 0,00244 \text{ В} = 2,44 \text{ мВ}$$

АЦП (2)

$$U_{\max} = 10 \text{ В}$$

$$U_{\min} = 0 \text{ В}$$

$$n = 24 \text{ бит}$$

$$U_q = \frac{(10 \text{ В} - 0 \text{ В})}{2^{24}} = \frac{(10 \text{ В})}{16\,777\,216} = 0,0005960 \text{ мВ}$$

СИГНАЛЫ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (продолжение)

Рассмотрим алгоритм оцифровки физической величины (один цикл).

Дано:

- Термосопротивление
выход: 0-100 Ом (что соответствует температуре от -40 до +180°C)
- АЦП
вход: 0-10 В
разрядность: 12 бит
количество выборок входного сигнала: 100
шаг дискретизации: 10 мкс

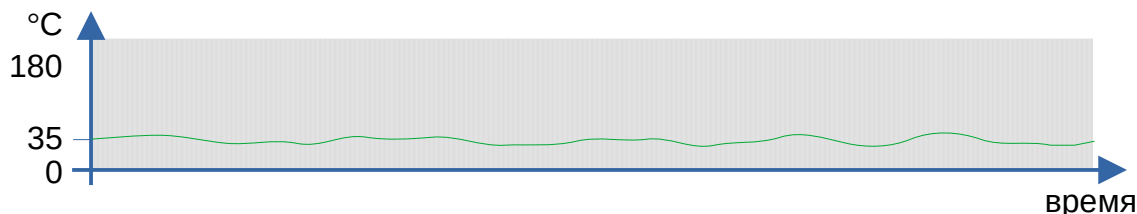


СИГНАЛЫ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (продолжение)

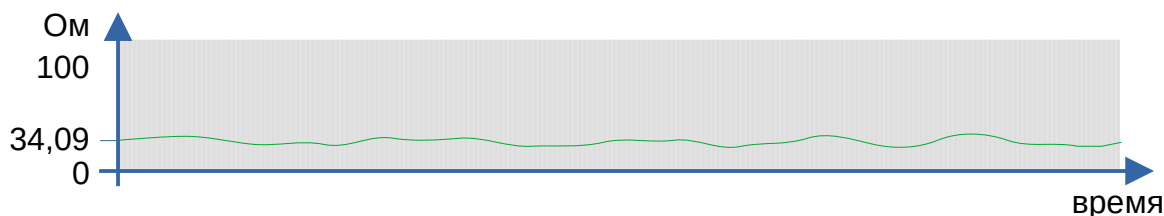
Этап 1

Физическая величина (температура) воздействует (подается) на чувствительный элемент термосопротивления.



Этап 2

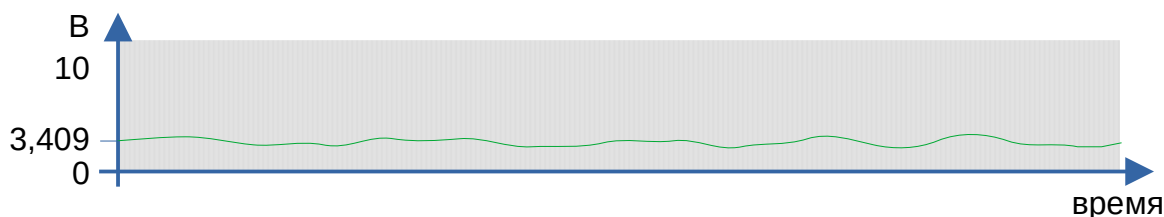
Чувствительный элемент термосопротивления воспринимает температуру в градусах и преобразует ее в эквивалентное значение сопротивления (физическая особенность работы термосопротивления).



Значение сопротивления от термосопротивления далее передается на вход специальной электрической схемы преобразования (приведения).

Этап 3

Схема приведения полученное от термосопротивления значение сопротивления преобразует в эквивалентное значение напряжения (по уровню, с которым работает АЦП).



Полученное значение напряжения далее передается на вход АЦП.

СИГНАЛЫ

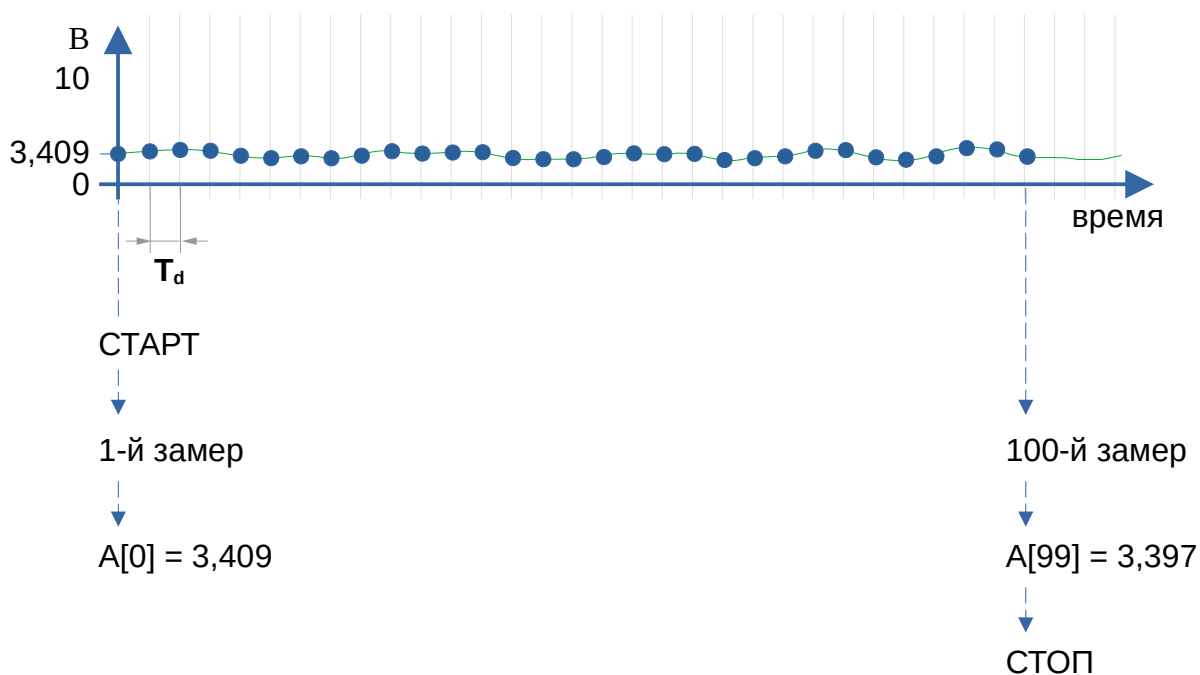
АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (продолжение)

Этап 4

АЦП запускает алгоритм дискретизации по времени входного аналогового сигнала (по напряжению):

- 1) В памяти АЦП создается пустой массив **A** с количеством элементов, равным 100.
- 2) Выполняется 1-й замер:
в ячейку массива **A[0]** заносится измеренное значение аналогового сигнала.
- 3) Пауза на 10 мкс (шаг дискретизации T_d).
- 4) Выполняется 2-й замер:
в ячейку массива **A[1]** заносится измеренное значение аналогового сигнала.
- 5) Пауза на 10 мкс (шаг дискретизации T_d).
- 6) Выполняется 3-й замер:
в ячейку массива **A[2]** заносится измеренное значение аналогового сигнала.
- 7) Пауза на 10 мкс (шаг дискретизации T_d).
- 8) ...
- 9) Выполняется 100-й замер:
в ячейку массива **A[99]** заносится измеренное значение аналогового сигнала.
- 10) Алгоритм дискретизации завершается.

Полученный массив **A** далее передается на вход алгоритма квантования АЦП.



СИГНАЛЫ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (продолжение)

Этап 5

АЦП запускает алгоритм квантования по уровню полученного массива **A**:

1) В постоянной памяти АЦП хранится массив-справочник **B** с количеством элементов, равным 4 096 (2^{12}).

Каждый элемент массива **B** содержит два значения:

+ эталонное значение ($= N \cdot U_q$, где N — индекс элемента, U_q — разрешение)

+ цифровой код, соответствующий этому напряжению

2) Для значения 1-го элемента массива **A** выполняется поиск наиболее подходящего эталонного значения из массива **B**:

в ячейку массива **A[0]** заносится соответствующий цифровой код из массива **B**.

3) Для значения 2-го элемента массива **A** выполняется поиск наиболее подходящего эталонного значения из массива **B**:

в ячейку массива **A[1]** заносится соответствующий цифровой код из массива **B**.

4) Для значения 3-го элемента массива **A** выполняется поиск наиболее подходящего эталонного значения из массива **B**:

в ячейку массива **A[2]** заносится соответствующий цифровой код из массива **B**.

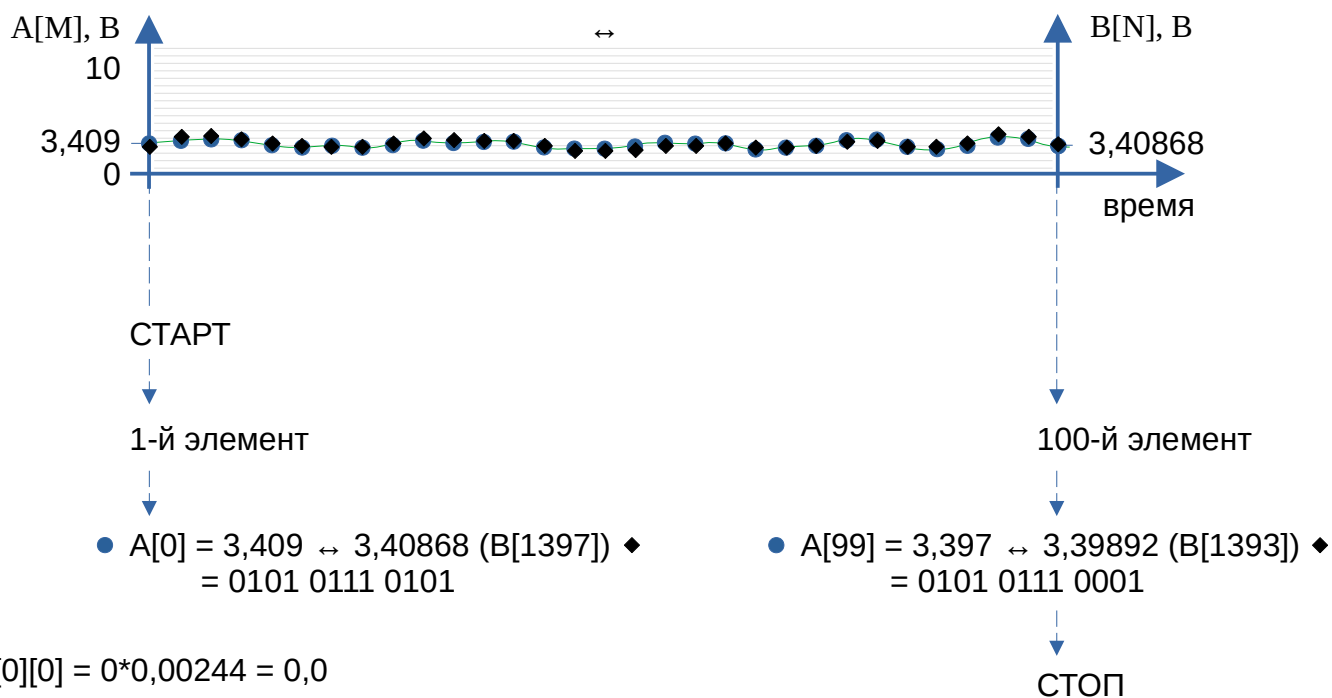
5) ...

6) Для значения 100-го элемента массива **A** выполняется поиск наиболее подходящего эталонного значения из массива **B**:

в ячейку массива **A[99]** заносится соответствующий цифровой код из массива **B**.

7) Алгоритм квантования завершается.

Обновленный массив **A** далее передается на вход алгоритма усреднения АЦП.



$$B[0][0] = 0 \cdot 0,00244 = 0,0$$

$$B[0][1] = 0000\ 0000\ 0000\ (\text{bin})$$

$$B[1][0] = 1 \cdot 0,00244 = 0,00244$$

$$B[1][1] = 0000\ 0000\ 0001\ (\text{bin})$$

...

$$B[4095][0] = 4095 \cdot 0,00244 = 999,18$$

$$B[4095][1] = 1111\ 1111\ 1111\ (\text{bin})$$

$$U_q = \frac{(10\ B - 0\ B)}{2^{12}} = \frac{(10\ B)}{4096} = 0,00244\ B = 2,44\ \text{mB}$$

СИГНАЛЫ

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (продолжение)

Этап 6

АЦП запускает алгоритм усреднения обновленного массива **A**:

$$ADC_{out} = \frac{\sum_{M=0}^{100} A[M]}{100} \approx 010101110001$$

Где, **ADC_{out}** — цифровой код, который передается непосредственно на выход АЦП.

Пример: Звук — аналоговый сигнал. Что происходит в мобильных телефонах, которые передают информацию по цифровым каналам связи?

- 1) Звук попадает на вход микрофона.
- 2) Микрофон преобразует физический звуковой сигнал в электрический.
- 3) Выполняется выборка отдельных значений электрического сигнала через одинаковые отрезки времени (дискретизация).
- 4) Выполняется округление всех выбранных значений (квантование).
Чем выше разрядность АЦП, тем более точнее будет оцифрован исходный сигнал.
- 5) Выполняется кодирование и выдача цифрового сигнала микроконтроллеру телефона.
- 6) Микроконтроллер передает цифровой сигнал по беспроводной связи на базовую станцию сотового оператора и далее на телефон целевого абонента.
- 7) Микроконтроллер телефона целевого абонента принимает цифровой сигнал и передает его в ЦАП.
- 8) ЦАП целевого абонента выполняет обратную процедуру — переводит сигнал из цифрового вида в аналоговый.
- 9) Аналоговый сигнал от ЦАП целевого абонента передается на динамик его телефона.

СИГНАЛЫ

УНИФИЦИРОВАННЫЙ СИГНАЛ

Чувствительные элементы измерительных приборов обычно выдают так называемый неунифицированный вид сигнала по типу и значению.

Чтобы избежать такого разнообразия типов среди каналов ввода/вывода конечных приборов (измерителей, регуляторов, контроллеров и т. п.), датчики оснащают специальными нормирующими преобразователями.

Задача нормирующего преобразователя — получить неунифицированный сигнал от чувствительного элемента и с помощью специальных электрических схем привести его к стандартному (унифицированному) виду.

Унифицированные сигналы применяют не только для датчиков, но и для любых других устройств (например, исполнительных механизмов, устройств пуска двигателей).

Среди унифицированных сигналов можно выделить следующие (основные):

- Аналоговые
 - постоянный ток
 $0 — 20\text{ мА}$
 $4 — 20\text{ мА}$
 - постоянное напряжение
 $0 — 10\text{ В}$
- Цифровые двоичные
 - постоянное напряжение
 $0 — 24\text{ В}$
 - переменное напряжение
 $0 — 220\text{ В}$

Приведение значения унифицированного сигнала к значению физической величины (и обратно) осуществляется с помощью специальных математических формул — **формула Масштабирования**.

СИГНАЛЫ

УНИФИЦИРОВАННЫЙ АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ 4-20 мА

Сигнал 4-20 мА постоянного тока (также называется как интерфейс «**Токовая петля**») - один из самых старых, и в то же время самых надежных и помехоустойчивых стандартов передачи информации на большие расстояния.

В основе сигнала 4-20 мА лежит токовая петля с рабочими значениями токов в диапазоне от 4 до 20 мА. Значение тока **от 0 до 3,8 мА** сигнализирует — **обрыв линии**, а значение **выше 20,5 мА** — **короткое замыкание**.

Для передачи сигнала 4-20 мА требуется всего лишь 2 провода (или двужильный кабель).

Достоинства сигнала 4-20 мА:

- + **Высокая точность передачи данных** — ток одинаков во всех элементах системы передачи; передатчик всегда знает, какой уровень сигнала получит приемник.
- + **Высокий уровень контроля и помехозащищенности** — за счет двойного контроля тока (на стороне передатчика и на стороне приемника).
- + **Независимость качества связи от длины линии** — длина линии влияет только на максимальную скорость передачи сигнала.
- + **Теоретически неограниченная длина линии** — фактически максимальная длина соединительного кабеля ограничена лишь электрической прочностью его изоляции и скоростью передачи данных.
- + **Самодиагностика** — неисправность, обрыв и короткое замыкание линии.
- + **Искробезопасность** — уровень 4-20 мА является искробезопасным для взрывоопасных зон (т. е. в случае нарушения целостности изоляции или частичного повреждения кабеля данный уровень сигнала недостаточный для образования искры).
- + **Не требует применения специальных кабелей** (но для промышленных решений рекомендуется использовать медный экранированный кабель).
- + **Может «нести на себе» цифровой протокол** — например, HART.
- + **Поддерживает сегментирование** — наращивание, разветвление и объединение.

Недостатки сигнала 4-20 мА:

- **Возможность передачи сигнала только по одному кабелю**.
- **Низкая скорость передачи информации** (по сегодняшним меркам) — чем длиннее кабельная линия, тем ниже скорость.

Сигнал 4-20 мА нашел широкое применение на практике в промышленных системах и КИП (что является еще одним и, пожалуй, главным преимуществом).

СИГНАЛЫ

УНИФИЦИРОВАННЫЙ АНАЛОГОВЫЙ СИГНАЛ 4-20 мА (продолжение)

Ниже приведены примеры работы с аналоговым сигналом 4-20 мА.

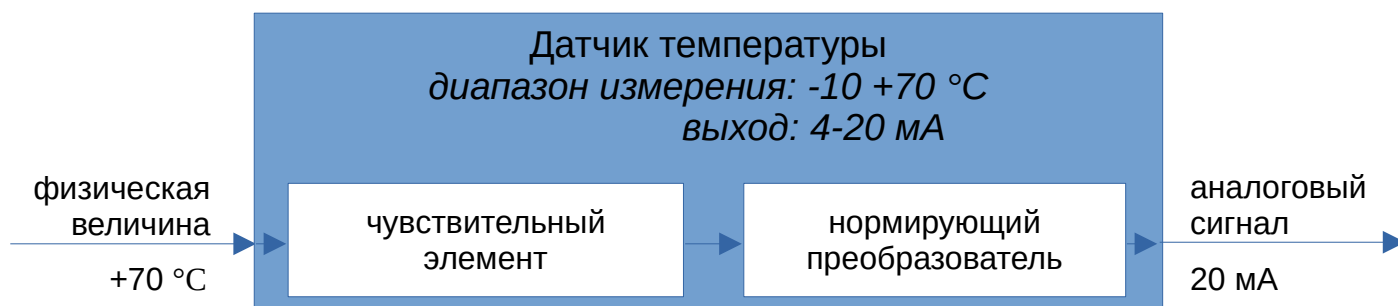
Пример 1:

Датчик температуры с диапазоном измерения $-10 + 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выходом 4-20 мА.

При температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ на выходе датчика будет значение 4 мА.

При температуре $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ на выходе датчика будет значение 20 мА.

Все промежуточные значения находятся из пропорции (формула масштабирования).



Пример 2:

Преобразователь частоты (ПЧ / VFD) управляет двигателем (частотой его вращения / скоростью).

ПЧ имеет каналы ввода:

- VIN — исходное питающее напряжение двигателя (380 В 50 Гц AC),
- AIN — аналоговый сигнал 4-20 мА, пропорциональный частоте вращения 0-50 Гц (установка по частоте).

ПЧ имеет каналы вывода:

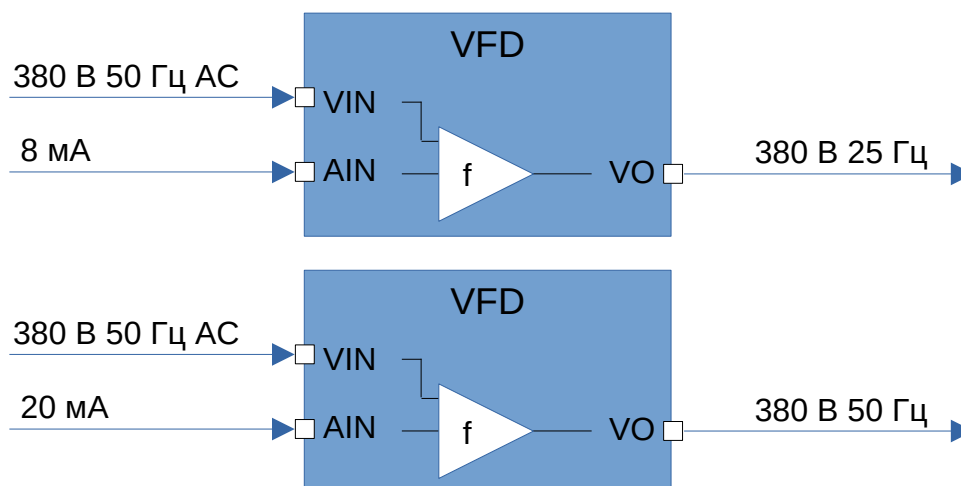
- VO — напряжение питания (380 В) на двигатель с заданной частотой,
- AO — аналоговый сигнал 4-20 мА, пропорциональный установленной частоте вращения (обратная связь по частоте).

Когда на вход AIN подается 4 мА, то на выходе:

- VO == 0 В (двигатель остановлен),
- AO == 4 мА (установлена частота 0 Гц).

Когда на вход AIN подается 20 мА, то на выходе:

- VO == 380 В 50 Гц (двигатель запущен и работает на максимальных оборотах),
- AO == 20 мА (установлена частота 50 Гц).



СИГНАЛЫ

ДАТЧИК

Датчик (sensor) — простейшее устройство, измеряющее некоторые физические качества среды (температура, влажность, давление, свет и пр.).

Датчик конструктивно состоит из двух компонентов:

- Первичный элемент (пассивный чувствительный элемент)
- Вторичный элемент (активный нормирующий преобразователь)

ДАТЧИК: ПАССИВНЫЙ / ПЕРВИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Пассивный (первичный) элемент представляет собой чувствительный элемент (например, кристалл или спай двух разнородных металлов), который воспринимает сигнал от какого-то физического процесса и преобразует его в эквивалентный аналоговый электрический сигнал.

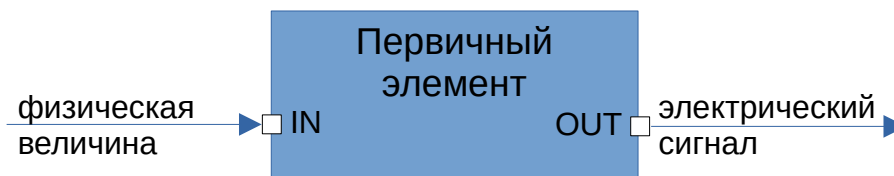
Первичный элемент является источником тока (сам генерирует электрический ток определенного номинала) и, поэтому, не требует дополнительного внешнего питания (отсюда и название — пассивный — не требующий питания).

Выходной аналоговый электрический сигнал первичного элемента — **неунифицированный**, что накладывает дополнительные требования:

- Принимающая сторона (канал ввода) должен иметь нормирующий преобразователь (активный вторичный элемент), который будет унифицировать сигнал.
- Кабельная линия для передачи сигнала должна быть определенного типа, длины и защищена от влияния помех.

Пример пассивного / первичного элемента:

- Термосопротивление — воспринимает температуру и генерирует эквивалентный электрический сигнал в виде изменения сопротивления.
- Термопара — воспринимает температуру и генерирует эквивалентный электрический сигнал в виде напряжения (милливольты).
- Тензодатчик — воспринимает весовую нагрузку и генерирует эквивалентный электрический сигнал в виде напряжения (милливольты).
- И т.д.



термосопротивление



тензодатчик

СИГНАЛЫ

ДАТЧИК: АКТИВНЫЙ / ВТОРИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

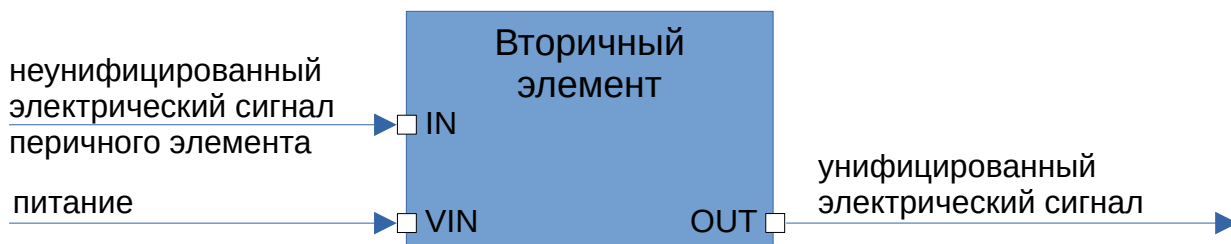
Активный (вторичный) элемент представляет собой электронную схему, которая принимает неунифицированный аналоговый электронный сигнал от пассивного первичного элемента и преобразует его в унифицированный аналоговый.

Вторичный элемент требует внешнего питания — обычно 24 В постоянного тока (отсюда и название — активный).

Вторичный элемент конструктивно может быть представлен в следующем виде:

- Отдельное самостоятельное устройство (**нормирующий преобразователь**)
- Непосредственно в составе какого-то датчика.

Нормирующий преобразователь как отдельное самостоятельное устройство выпускается для определенного типа чувствительного элемента и с определенным выходным сигналом. Например, нормирующий преобразователь 4-20 мА для термосопротивления с чувствительным элементом типа Pt100, который может быть установлен отдельно или непосредственно в головной части датчика термосопротивления. При данном исполнении, в случае неисправности, первичный и вторичный элементы могут заменяться независимо друг от друга.



нормирующий преобразователь 4-20 мА
для термосопротивления Pt100



нормирующий преобразователь
4-20 мА, встроенный в датчик
термосопротивления

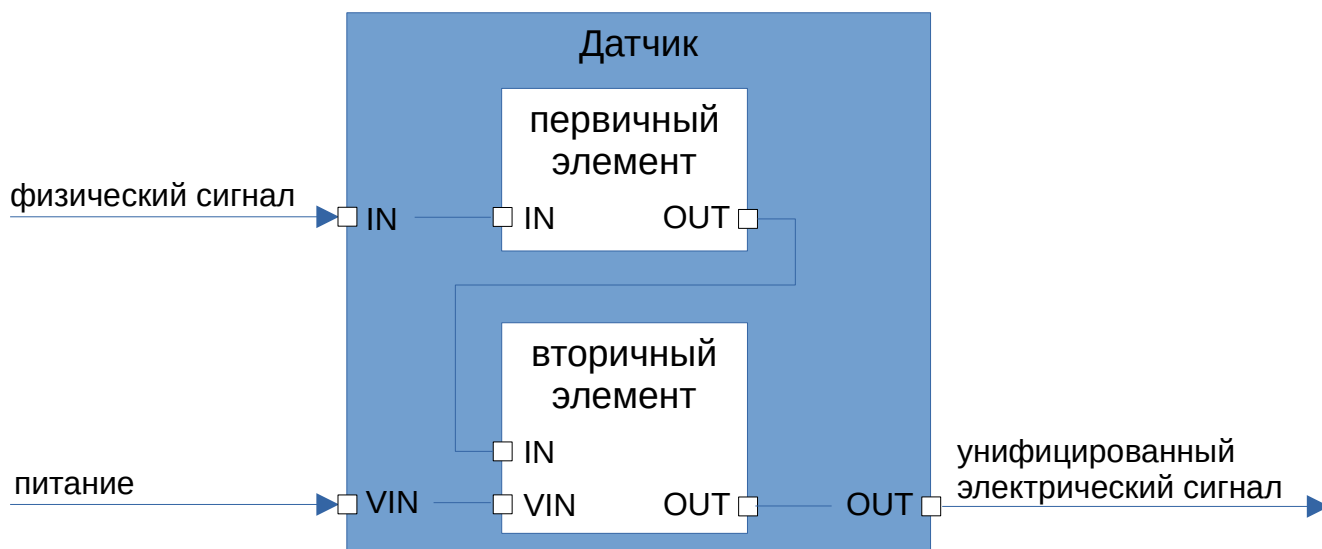


внешний нормирующий
преобразователь 4-20 мА

СИГНАЛЫ

ДАТЧИК: АКТИВНЫЙ / ВТОРИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ (продолжение)

Нормирующий преобразователь в составе датчика представляет собой: пассивный и вторичный элемент — единое устройство (в одном корпусе). Например, датчик давления, датчик разрежения, уровнемер мембранный, плотномер, датчик влажности, pH-метр, расходомер, газоанализатор). При данном исполнении, в случае неисправности, заменяется весь датчик в целом.



*преобразователь давления с
выходным сигналом 4-20 мА*



*преобразователь влажности и
температуры с двумя выходами
4-20 мА*

СИГНАЛЫ

ДАТЧИК: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ

Интеллектуальный датчик — это датчик, конструктивно включающий в себя:

- пассивный первичный чувствительный элемент
- активный вторичный нормирующий преобразователь
- сетевой интерфейс с поддержкой промышленного протокола передачи данных
- ЖК-экран
- кнопки или сенсорная клавиатура (могут отсутствовать)

Интеллектуальные датчики могут быть многопараметрическими — рабочий диапазон измерения задается в настройках.

Универсальные аналоговые выходы:

- один или несколько (настраиваемые индивидуально)
- один тип выходного сигнала или универсальный (тип задается в настройках)

Сетевой интерфейс с поддержкой промышленного протокола передачи данных: один или несколько (настраиваемые индивидуально)

- RS-485 / MODBUS RTU
- ETHERNET / MODBUS TCP
- PROFIBUS
- PROFINET
- USB (для настройки по месту)

ЖК-экран с кнопками или сенсорной клавиатурой:

- Многофункциональный многострочный ЖК-индикатор с подсветкой с отображением как текстово-числовой информации, так и для вывода символьной графики.
- Экран предоставляет всю необходимую информацию оператору непосредственно по месту установки датчика (в «поле»): измеренные величины, настройки.
- Кнопки или сенсорная клавиатура позволяет оператору выполнять настройку, калибровку, установку нуля прибора — непосредственно по месту установки датчика (в «поле»).



интеллектуальный датчик давления



интеллектуальный расходомер