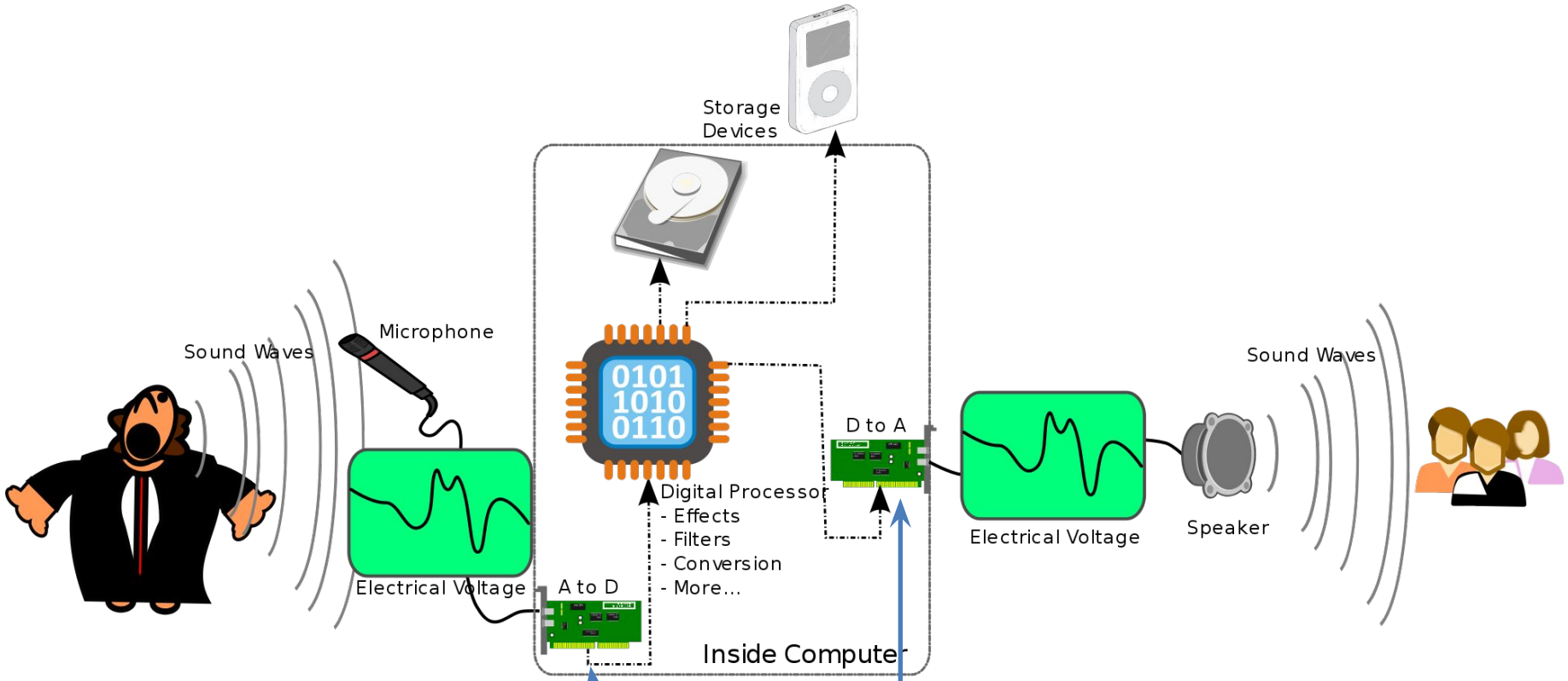
Цифро-аналоговый преобразователь: структурная схема и принцип действия Аналого-цифровые преобразователи: структурные схемы и принцип действия


Storage
Devices
Sound Waves
Microphone
0101
1010
0110
D to A
Sound Waves
Digital Processor
- Effects
- Filters
- Conversion
- More...
Electrical Voltage
A to D
Electrical Voltage
Speaker
Inside Computer

АЦП и ЦАП

- **Цифро-аналоговый и аналогово-цифровой преобразователи.**
- Общепринятая аббревиатура ЦАП и АЦП. В англоязычной литературе применяются термины DAC и ADC.
- **Цифро-аналоговые преобразователи** служат для преобразования информации из цифровой формы в аналоговый сигнал. ЦАП широко применяется в различных устройствах автоматики для связи цифровых ЭВМ с аналоговыми элементами и системами.

- ***<u>ЦАП в основном строятся по двум принципам:</u>***

взвешивающие - с суммированием взвешенных токов или напряжений, когда каждый разряд входного слова вносит соответствующий своему двоичному весу вклад в общую величину получаемого аналогового сигнала; такие ЦАП называют также параллельными или многоразрядными (multibit).

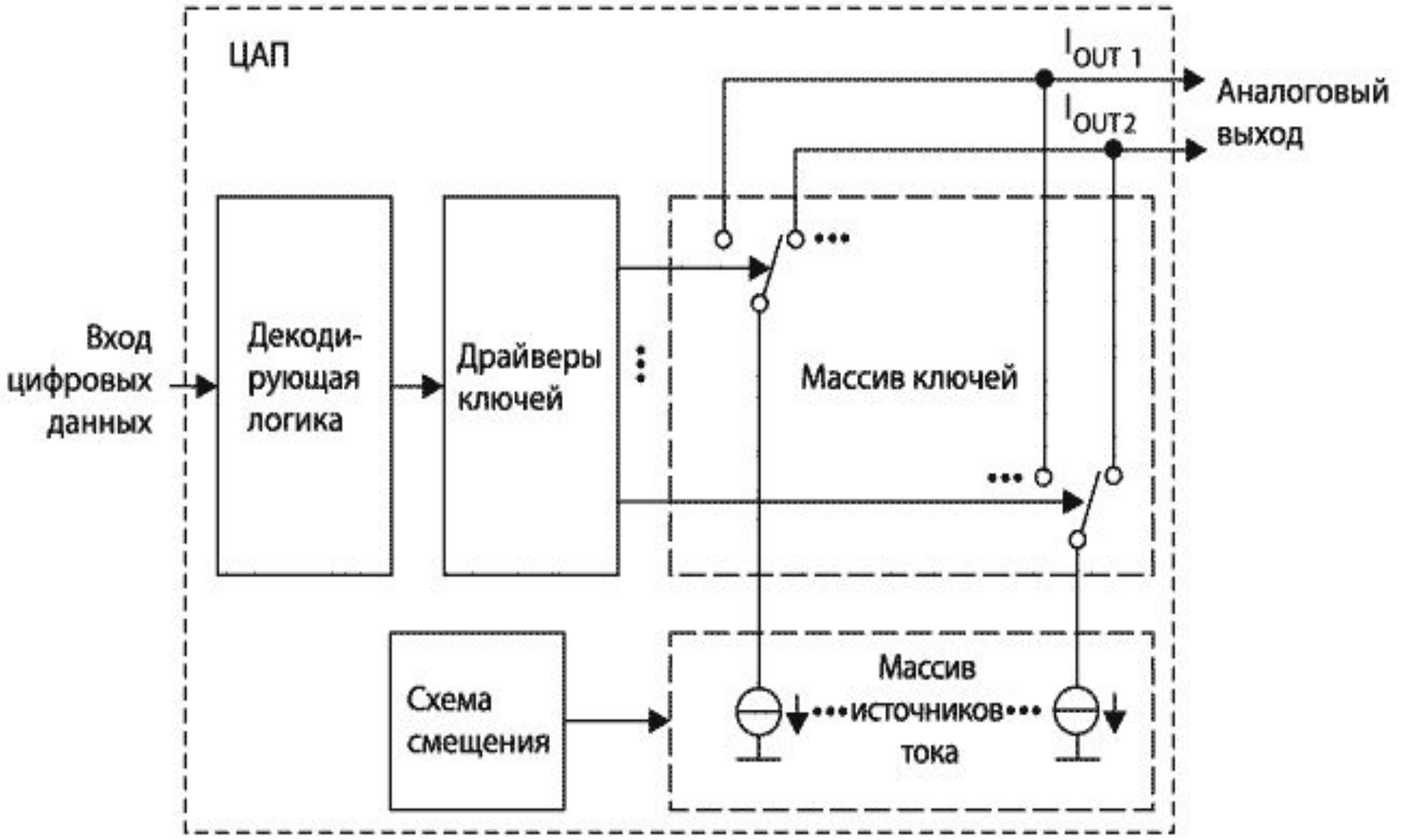
- Sigma-Delta, по принципу действия обратные АЦП

- ***<u>Принцип работы взвешивающего ЦАП</u>*** состоит в суммировании аналоговых сигналов, пропорциональных весам разрядов входного цифрового кода, с коэффициентами, равными нулю или единице в зависимости от значения соответствующего разряда кода.

- ЦАП преобразует цифровой двоичный код $Q_4Q_3Q_2Q_1$ в аналоговую величину, обычно напряжение $U_{вых.}$. Каждый разряд двоичного кода имеет определенный вес i-го разряда вдвое больше, чем вес (i-1)-го. Работу ЦАП можно описать следующей формулой:
  - $\mathbf{U_{вых}=e*(Q_1\ 1+Q_2*2+Q_3*4+Q_4*8+\ldots),}$
- где e - напряжение, соответствующее весу младшего разряда, Q_i - значение i -го разряда двоичного кода (0 или 1).
- Например, числу 1001 соответствует
  - $\mathbf{U_{вых}=e*(1*1+0*2+0*4+1*8)=9*e.}$

- Высокоскоростные ЦАП используются во многих приложениях: испытательном и телекоммуникационном оборудовании, медицинской электронике, промышленной автоматике и других. В каждом из приложений предусматриваются своя специфика формирования сигнала и требования к его параметрам. Для примера, если требуется связь по постоянному току, с шириной полосы до 100 МГц и асимметричный выход. То в этом случае высокоскоростной ОУ(операционный усилитель) – самое подходящее решение для преобразования комплементарного токового выхода высокоскоростного ЦАП в выходной сигнал напряжения.

- **Упрощенная структурная схема ЦАП с переключателями тока**



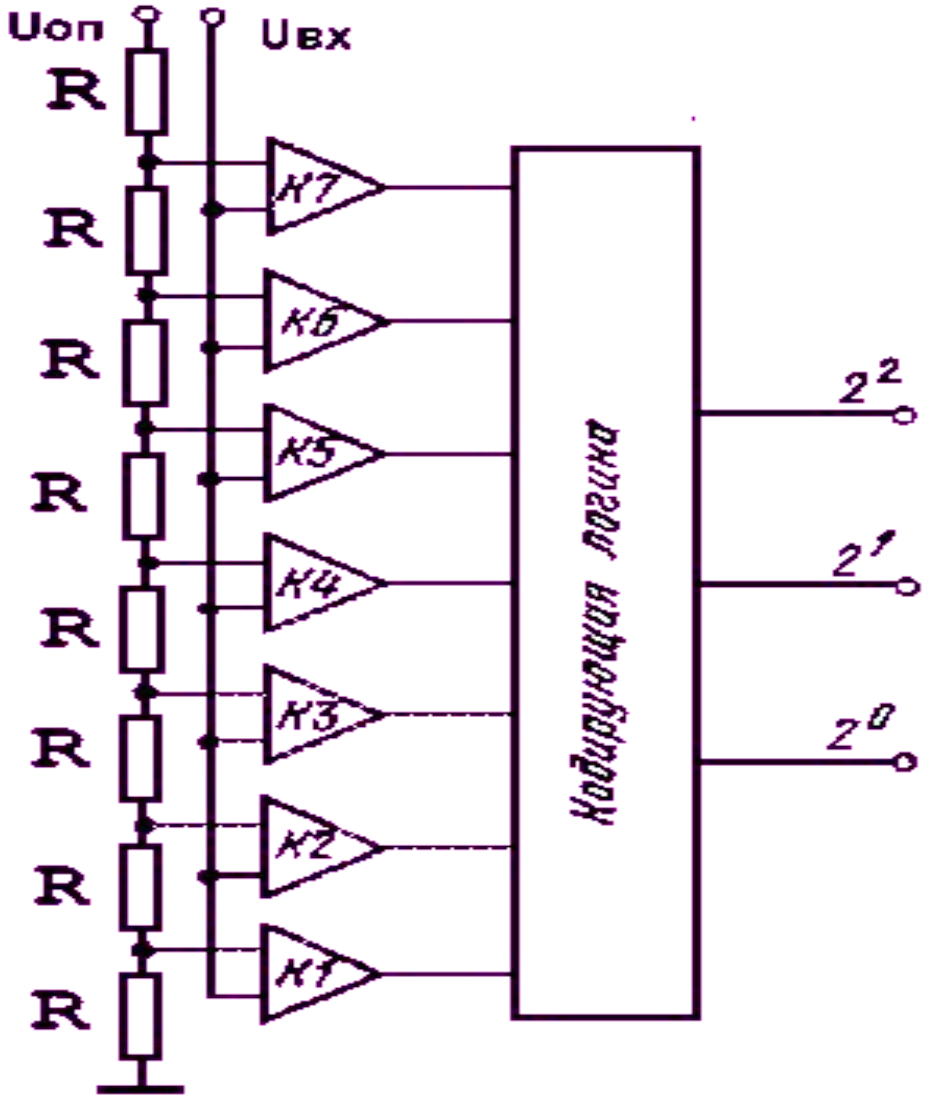
- ***Принцип работы АЦП*** состоит в измерении уровня входного сигнала и выдаче результата в цифровой форме. В результате работы АЦП непрерывный аналоговый сигнал превращается в импульсный, с одновременным измерением амплитуды каждого импульса.
- Внутренний ***ЦАП*** преобразует цифровое значение амплитуды в импульсы напряжения или тока нужной величины, которые расположенный за ним интегратор (аналоговый фильтр) превращает в непрерывный аналоговый сигнал.
- Для правильной работы АЦП входной сигнал не должен изменяться в течение времени преобразования, для чего на его входе обычно помещается схема выборки-хранения, фиксирующая мгновенный уровень сигнала и сохраняющая его в течение всего времени преобразования. На выходе АЦП также может устанавливаться подобная схема, подавляющая влияние переходных процессов внутри АЦП на параметры выходного сигнала

- В основном применяется три типа АЦП:
- ***параллельные*** - входной сигнал одновременно сравнивается с эталонными уровнями набором схем сравнения (компараторов), которые формируют на выходе двоичное значение.
- ***последовательного приближения***– в котором при помощи вспомогательного ЦАП генерируется эталонный сигнал, сравниваемый с входным. Эталонный сигнал последовательно изменяется по принципу половинного деления. Это позволяет завершить преобразование за количество тактов, равное разрядности преобразователя, независимо от величины входного сигнала.
- ***с измерением временных интервалов***- используются различные принципы преобразования уровней в пропорциональные временные интервалы, длительность которых измеряется при помощи тактового генератора высокой частоты. Иногда называются также считающими АЦП.

- **Краткое описание принципа работы параллельных АЦП.**
- Преобразователи этого типа осуществляют одновременно квантование сигнала с помощью набора компараторов, включенных параллельно источнику сигнала. Пороговые уровни компараторов установлены с помощью резистивного делителя в соответствии с используемой шкалой квантования. В таком АЦП количество компараторов равно 2^N--1, где N - разрядность цифрового кода (для восьмиразрядного - 255).

- При подаче на такой набор компараторов исходного сигнала на выходах последних будет иметь место проквантованный сигнал, представленный в унитарном коде. Для преобразования этого кода в двоичной используются логические схемы, называемые обычно кодирующей логикой.
- Такая чрезвычайно простая структура параллельных АЦП делает их самыми быстрыми из известных преобразователей и позволяет достигать частот преобразования 100...200 МГц. Однако их объем приблизительно удваивается с каждым новым разрядом, что в общем ограничивает их число. Обычно оно не превышает 6... 8. В этом типе кодирующей логики используется непосредственный переход от унитарного кода, имеющего место на выходе компараторов, к двоичному.

- Структурная схема 3-разрядного параллельного АЦП

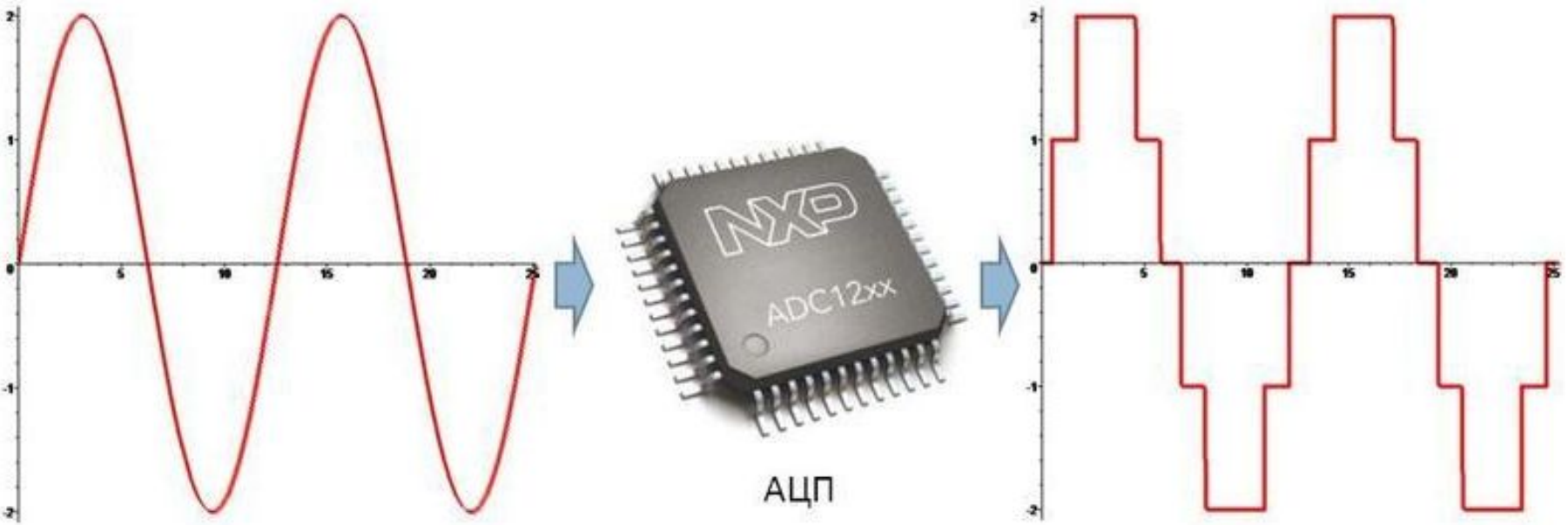


- Пример: Максимальное входное напряжение 10В должно соответствовать коду «5» на выходе АЦП. Тогда требуемое значение опорного напряжения может быть найдено из соотношения:

$$10 = \frac{U_{оп}}{8R} * 7R$$

, откуда

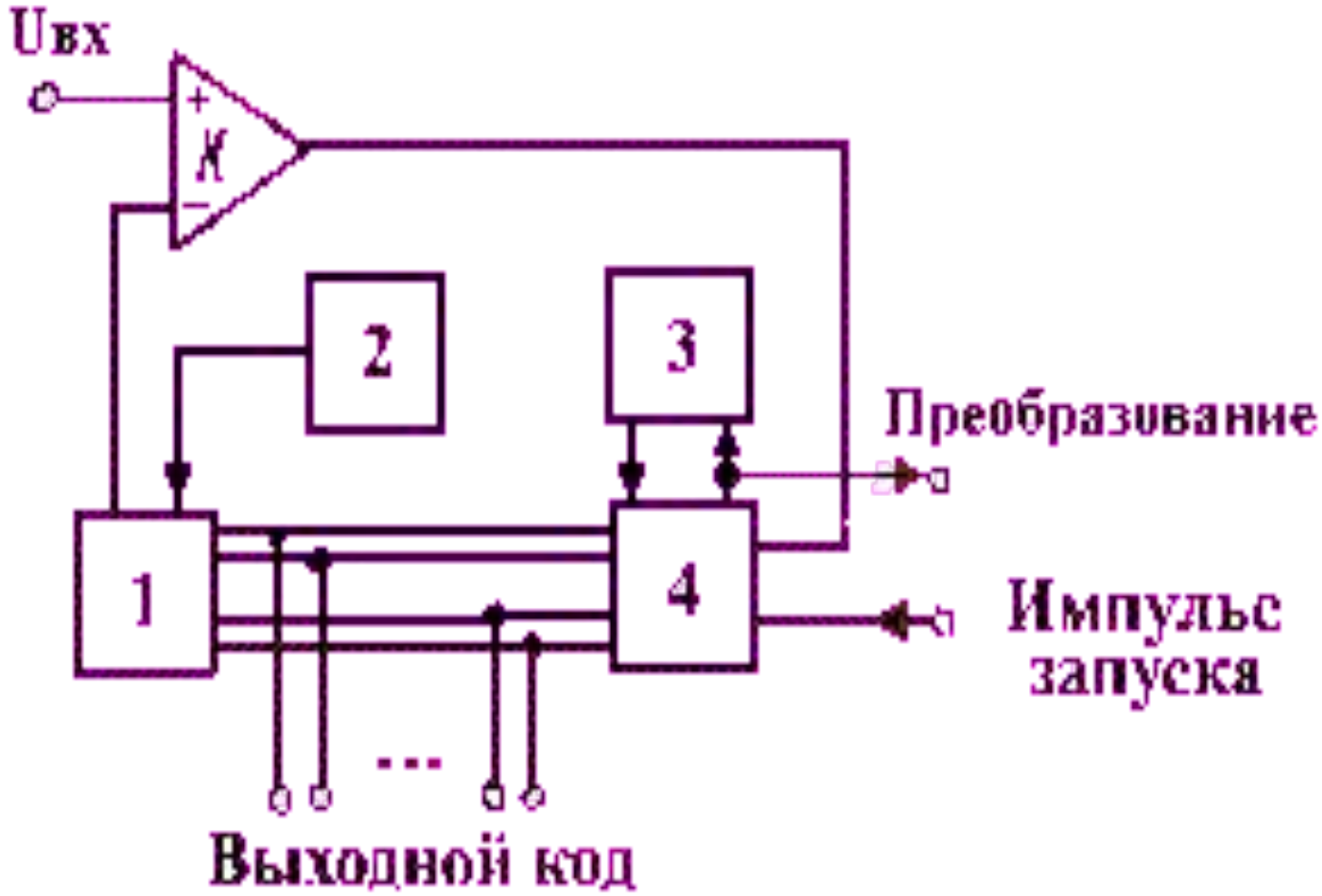
$$U_{on} = 10 * 8/7 = 11{,}43B$$



АЦП

- **Краткое описание принципа работы последовательных АЦП.**
- Преобразователь этого типа является наиболее распространенным вариантом последовательных АЦП с двоично-взвешенными приближениями (см. рис.). В основе работы этого класса преобразователей лежит *принцип последовательного сравнения измеряемой величины с 1/2, 1/4, 1/8 и т.д. от возможного максимального значения ее*.

- Это позволяет для m-разрядного АЦП выполнить весь процесс преобразования за m последовательных шагов приближения (итераций) и позволяет получить с помощью таких АЦП в зависимости от числа используемых разрядов до 10^5-10^6преобразований в секунду. В то же время статическая погрешность этого типа преобразователей, определяемая в основном используемым в нем ЦАП, может быть очень малой, что позволяет реализовать разрешающую способность до 16 двоичных разрядов.



Структурная схема АЦП последовательных приближений: 1 - ЦАП; 2 - источник опорного напряжения; 3 - генератор тактовых импульсов; 4 - программное устройство управления и счетчик.

- Этот преобразователь состоит из компаратора, счетчика и ЦАП. На один вход компаратора поступает входной сигнал, а на другой — сигнал обратной связи с ЦАП. Работа преобразователя начинается с прихода импульса запуска, который включает накопительный счетчик.
- Выходной код последнего подается на ЦАП, осуществляющий его преобразование в напряжение обратной связи.

- Процесс преобразования продолжается до тех пор, пока напряжение обратной связи сравняется с входными напряжениями и сработает компаратор, который своим выходным сигналом прекратит поступление счетных импульсов на счетчик и осуществит считывание с него выходного кода, представляющего цифровой эквивалент входного напряжения в момент окончания преобразования