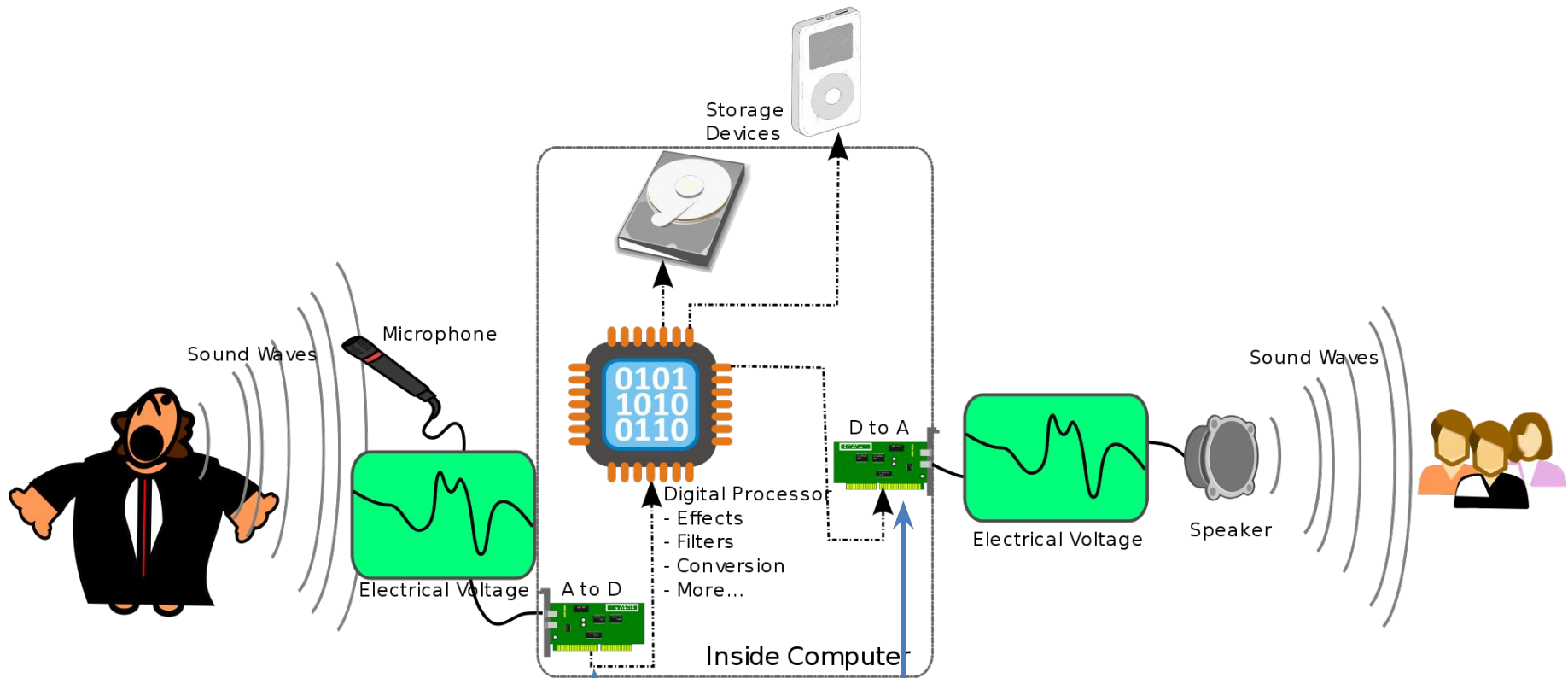


Цифро-аналоговый
преобразователь: структурная
схема и принцип действия

Аналого-цифровые
преобразователи: структурные
схемы и принцип действия



**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.

- **ЦАП в основном строятся по двум принципам:**
 - 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

- **Принцип работы взвешивающего ЦАП**

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 $U_{\text{ВЫХ}}$. Каждый разряд двоичного кода имеет определенный вес i -го разряда вдвое больше, чем вес $(i-1)$ -го. Работу ЦАП можно описать следующей формулой:

- $U_{\text{ВЫХ}} = e * (Q_1 * 1 + Q_2 * 2 + Q_3 * 4 + Q_4 * 8 + \dots),$

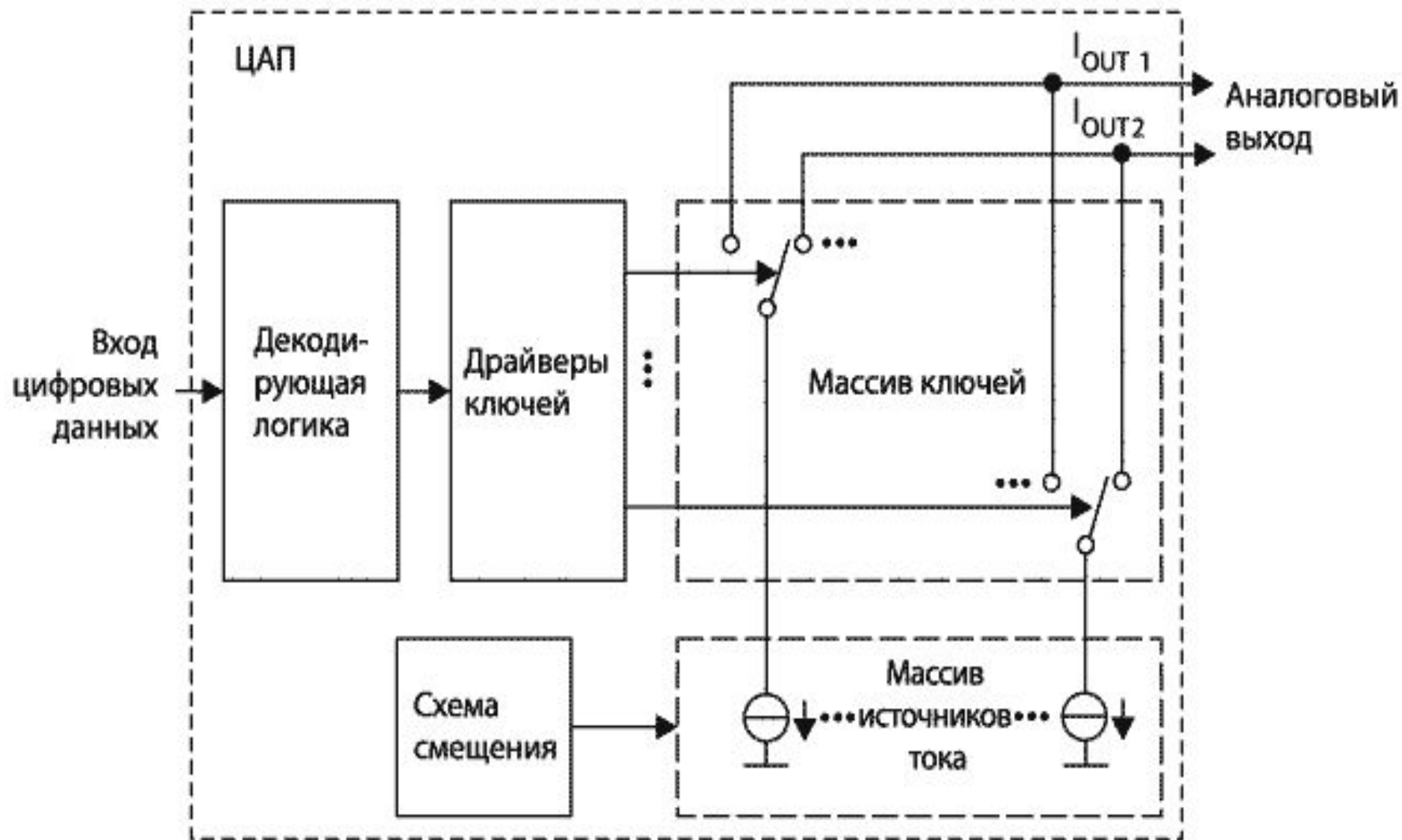
- где e - напряжение, соответствующее весу младшего разряда, Q_i - значение i -го разряда двоичного кода (0 или 1).

- Например, числу 1001 соответствует

- $U_{\text{ВЫХ}} = e * (1 * 1 + 0 * 2 + 0 * 4 + 1 * 8) = 9 * e.$

- 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



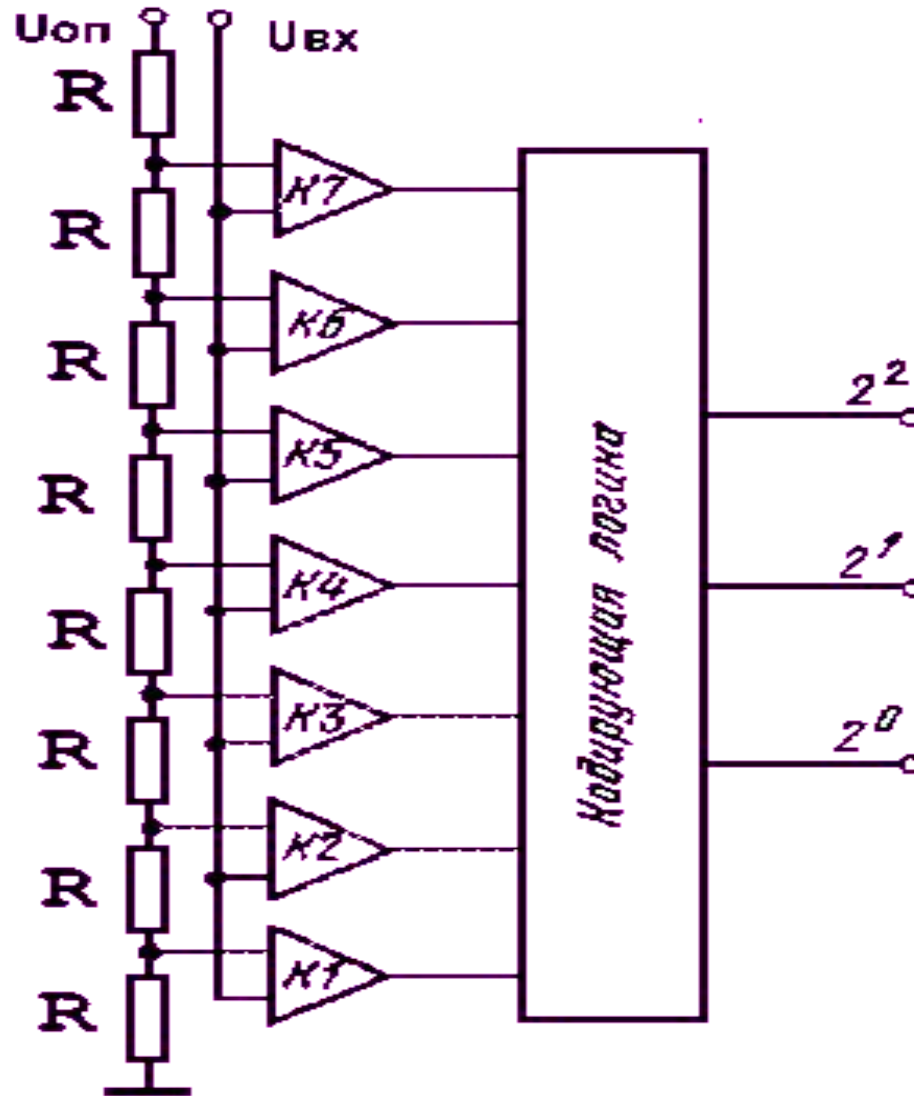
- Принцип работы АЦП состоит в измерении уровня входного сигнала и выдаче результата в цифровой форме. В результате работы АЦП непрерывный аналоговый сигнал превращается в импульсный, с одновременным измерением амплитуды каждого импульса.
- Внутренний ЦАП преобразует цифровое значение амплитуды в импульсы 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).

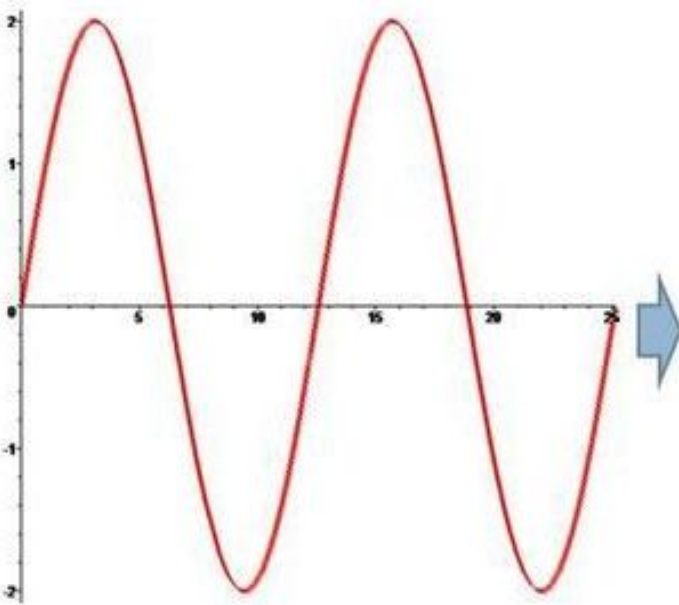
- При подаче на такой набор компараторов исходного сигнала на выходах последних будет иметь место проквантованный сигнал, представленный в унитарном коде. Для преобразования этого кода в двоичной используются логические схемы, называемые обычно кодирующей логикой.
- Такая чрезвычайно простая структура 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

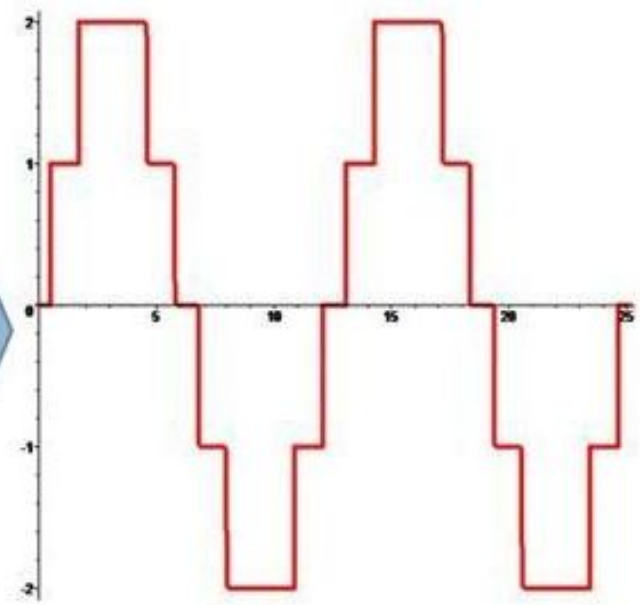


- Пример: Максимальное входное напряжение 10В должно соответствовать коду «5» на выходе АЦП. Тогда требуемое значение опорного напряжения может быть найдено из соотношения:

$$10 = \frac{U_{\text{оп}}}{8R} * 7R \quad , \text{откуда} \quad U_{\text{оп}} = 10 * 8 / 7 = 11,43\text{В}$$

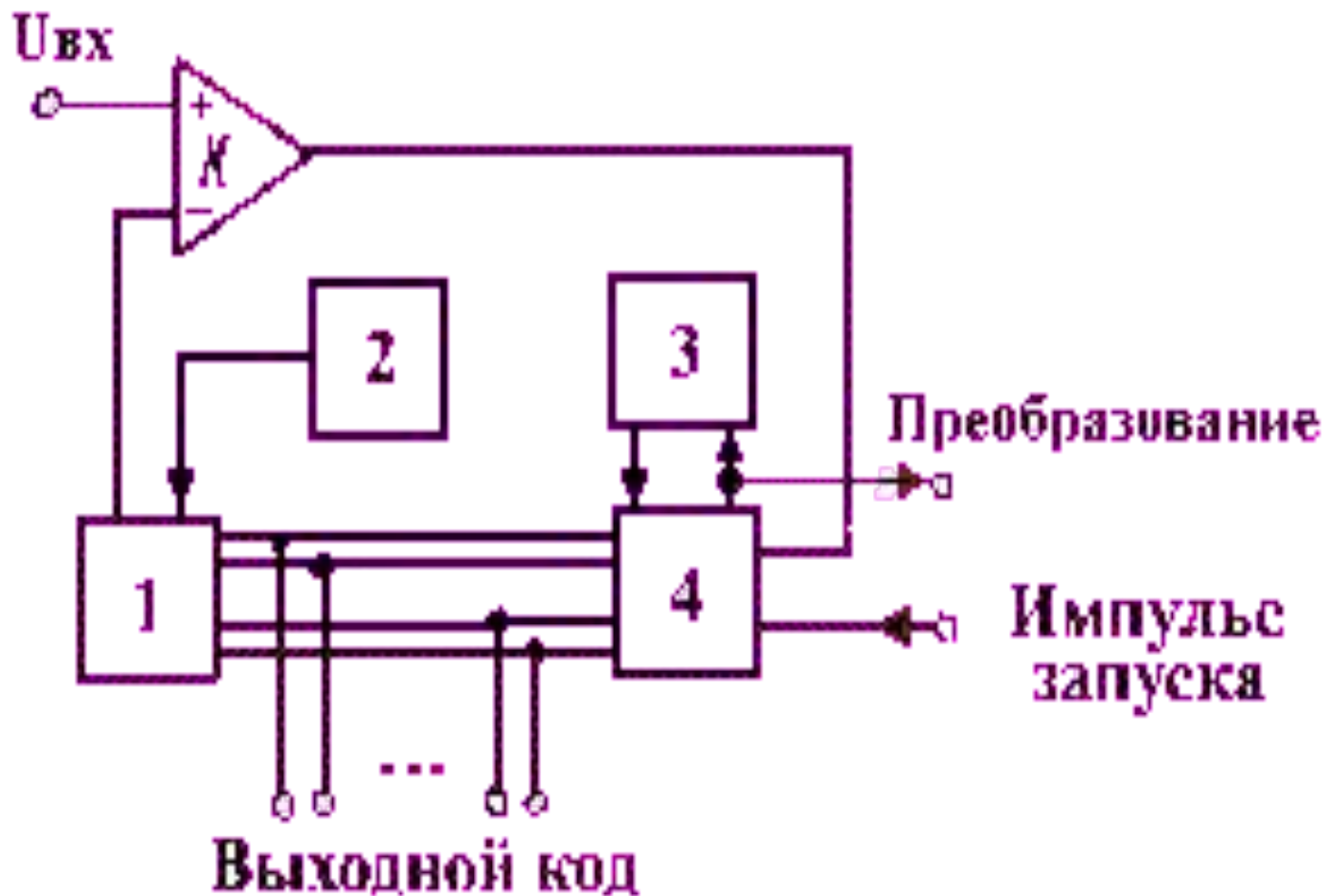


АЦП



- **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 - 10^6 преобразований 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 сравнивается 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

