

Основные обозначения на схемах

Три основных типа схем

- принципиальная схема ;
- структурная схема ;
- функциональная схема.

Различаются они своим назначением и, самое главное, степенью детализации изображения устройств

Принципиальная схема

- **Принципиальная схема** — наиболее подробная. Она обязательно показывает все использованные в устройстве элементы и все связи между ними. Если схема строится на основе микросхем, то должны быть показаны номера выводов всех входов и выходов этих микросхем. Принципиальная схема должна позволять полностью воспроизвести устройство. Обозначения принципиальной схемы наиболее жестко стандартизованы, отклонения от стандартов не рекомендуются.

Структурная схема

- **Структурная схема** — наименее подробная. Она предназначена для отображения общей структуры устройства, то есть его основных блоков, узлов, частей и главных связей между ними. Из структурной схемы должно быть понятно, зачем нужно данное устройство и что оно делает в основных режимах работы, как взаимодействуют его части. Обозначения структурной схемы могут быть довольно произвольными, хотя некоторые общепринятые правила все-таки лучше выполнять.

Функциональная схема

- Функциональная схема представляет собой гибрид структурной и принципиальной. Некоторые наиболее простые блоки, узлы, части устройства отображаются на ней, как на структурной схеме, а остальные — как на принципиальной схеме. Функциональная схема дает возможность понять всю логику работы устройства, все его отличия от других подобных устройств, но не позволяет без дополнительной самостоятельной работы воспроизвести это устройство.

Что касается обозначений, используемых на функциональных схемах, то в части, показанной как структура, они не стандартизованы, а в части, показанной как принципиальная схема, — стандартизованы.

- В технической документации обязательно приводятся структурная или функциональная схема, а также обязательно принципиальная схема. В научных статьях и книгах чаще всего ограничиваются структурной или функциональной схемой, приводя принципиальные схемы только некоторых узлов.

общие правила

- Все узлы, блоки, части, элементы, микросхемы показываются в виде прямоугольников с соответствующими надписями. Все связи между ними, все передаваемые сигналы изображаются в виде линий, соединяющих эти прямоугольники. Входы и входы/выходы должны быть расположены на левой стороне прямоугольника, выходы — на правой стороне, хотя это правило часто нарушают, когда необходимо упростить рисунок схемы. Выводы и связи питания, как правило, не прорисовывают, если, конечно, не используются нестандартные включения элементов схемы.

Это самые общие правила, касающиеся любых
схем

Основные понятия

Положительный сигнал

- **Положительный сигнал** (сигнал положительной полярности) — это сигнал, активный уровень которого — логическая единица. То есть нуль — это отсутствие сигнала, единица — сигнал пришел.

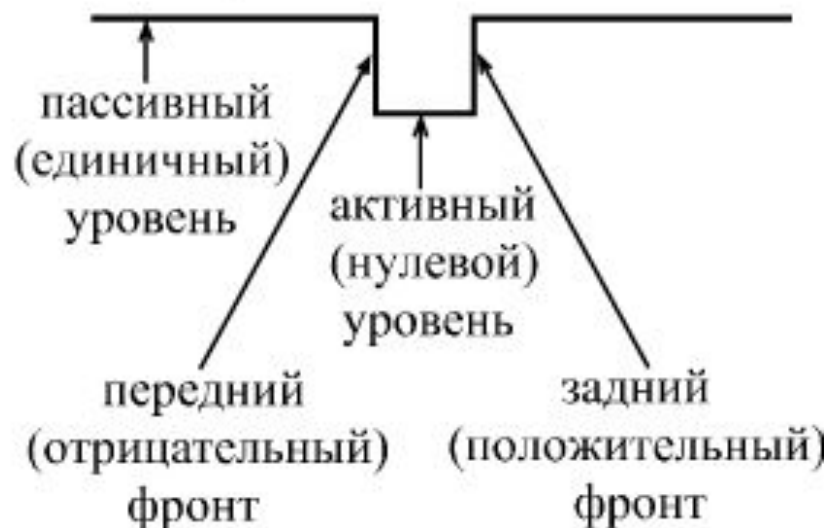
Отрицательный сигнал

- **Отрицательный сигнал** (сигнал отрицательной полярности) — это сигнал, активный уровень которого — логический ноль. То есть единица — это отсутствие сигнала, ноль — сигнал пришел.

Положительный сигнал



Отрицательный сигнал



Активный уровень сигнала

- **Активный уровень сигнала** — это уровень, соответствующий приходу сигнала, то есть выполнению этим сигналом соответствующей ему функции.

Пассивный уровень сигнала

- **Пассивный уровень сигнала** — это уровень, в котором сигнал не выполняет никакой функции.

Инвертирование или инверсия сигнала

- **Инвертирование или инверсия сигнала** — это изменение его полярности.

Инверсный выход

- **Инверсный выход** — это выход, выдающий сигнал инверсной полярности по сравнению с входным сигналом.

Прямой выход

- **Прямой выход** — это выход, выдающий сигнал такой же полярности, какую имеет входной сигнал.

Положительный фронт сигнала

- **Положительный фронт сигнала — это переход сигнала из нуля в единицу.**

Отрицательный фронт сигнала

- **Отрицательный фронт сигнала (спад)** — это переход сигнала из единицы в ноль.

Передний фронт сигнала

- **Передний фронт сигнала** — это переход сигнала из пассивного уровня в активный.

Задний фронт сигнала

- **Задний фронт сигнала** — это переход сигнала из активного уровня в пассивный.

Тактовый сигнал

- **Тактовый сигнал** (или строб) — управляющий сигнал, который определяет момент выполнения элементом или узлом его функции.

Шина

- **Шина** — группа сигналов, объединенных по какому-то принципу, например, шиной называют сигналы, соответствующие всем разрядам какого-то двоичного кода.

Обозначение входов и выходов



Обозначение входов и выходов

- Для обозначения полярности сигнала на схемах используется простое правило: если сигнал отрицательный, то перед его названием ставится знак минус, например, -WR или -OE, или же (реже) над названием сигнала ставится черта. Если таких знаков нет, то сигнал считается положительным. Для названий сигналов обычно используются латинские буквы, представляющие собой сокращения английских слов, например, WR — сигнал записи (от "write" — "писать").
- Инверсия сигнала обозначается кружочком на месте входа или выхода. Существуют инверсные входы и инверсные выходы.

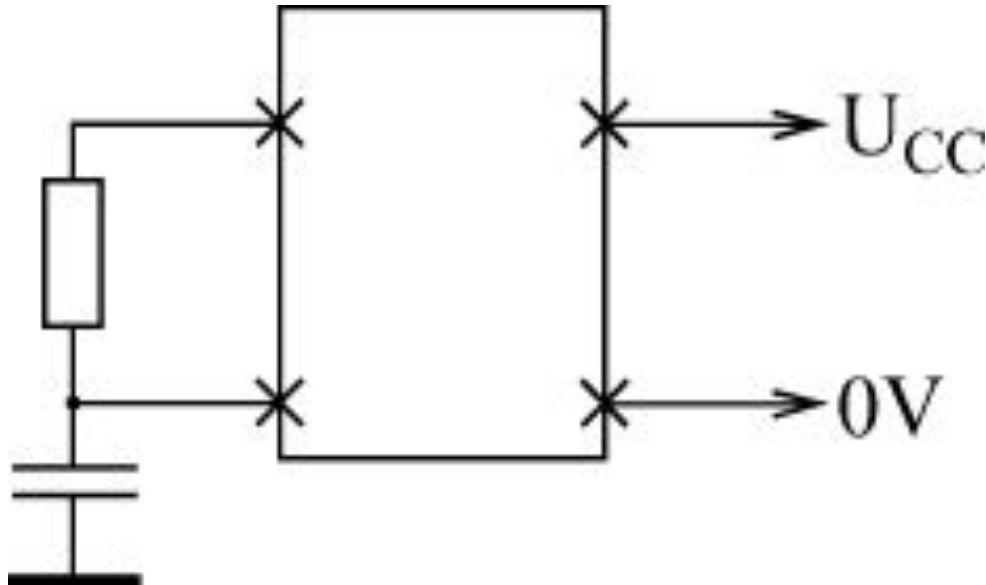
Обозначение входов и ВЫХОДОВ

- Если какая-то микросхема выполняет функцию по фронту входного сигнала, то на месте входа ставится косая черта (под углом 45°), причем наклон вправо или влево определяется тем, положительный или отрицательный фронт используется в данном случае.
- Тип выхода микросхемы помечается специальным значком: выход 3С — перечеркнутым ромбом, а выход ОК — подчеркнутым ромбом. Стандартный выход (2С) никак не помечается.

Обозначение неинформационных ВЫВОДОВ

- если у микросхемы необходимо показать неинформационные выводы, то есть выводы, не являющиеся ни логическими входами, ни логическими выходами, то такой вывод помечается косым крестом (две перпендикулярные линии под углом 45°). Это могут быть, например, выводы для подключения внешних элементов (резисторов, конденсаторов) или выводы питания

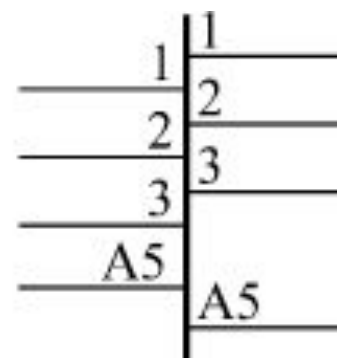
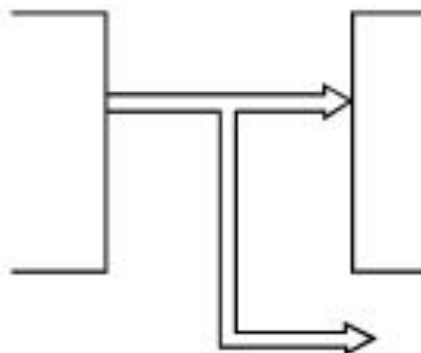
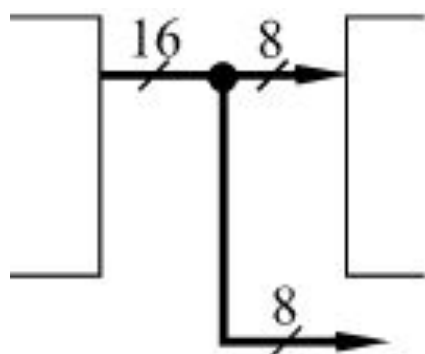
Обозначение неинформационных ВЫВОДОВ



Специальные обозначения для шин

- На структурных и функциональных схемах шины обозначаются толстыми линиями или двойными стрелками, причем количество сигналов, входящих в шину, указывается рядом с косой чертой, пересекающей шину.
- На принципиальных схемах шина тоже обозначается толстой линией, а входящие в шину и выходящие из шины сигналы изображаются в виде перпендикулярных к шине тонких линий с указанием их номера или названия.
- При передаче по шине двоичного кода нумерация начинается с младшего разряда кода.

Специальные обозначения для шин



- При изображении микросхем используются сокращенные названия входных и выходных сигналов, отражающие их функцию. Эти названия располагаются на рисунке рядом с соответствующим выводом. Также на изображении микросхем указывается выполняемая ими функция (обычно в центре вверху).

- Изображение микросхемы иногда делят на три вертикальные поля. Левое поле относится к входным сигналам, правое — к выходным сигналам. В центральном поле помещается название микросхемы и символы ее особенностей. Неинформационные выводы могут указываться как на левом, так и на правом поле; иногда их показывают на верхней или нижней стороне прямоугольника, изображающего микросхему

Серии цифровых микросхем

- В настоящее время выпускается огромное количество разнообразных цифровых микросхем: от простейших логических элементов до сложнейших процессоров, микроконтроллеров и специализированных БИС (Больших Интегральных Микросхем).
Производством цифровых микросхем занимается множество фирм — как у нас в стране, так и за рубежом.

Серии цифровых микросхем

- В качестве базиса в цифровой схемотехнике принято рассматривать классический набор микросхем малой и средней степени интеграции, в основе которого лежат ТТЛ серии семейства 74, выпускаемые уже несколько десятилетий рядом фирм, например, американской фирмой Texas Instruments (TII). Эти серии включают в себя функционально полный комплект микросхем, используя который, можно создавать самые разные цифровые устройства.
- Даже при компьютерном проектировании современных сложных микросхем с программируемой логикой (ПЛИС) применяются модели простейших микросхем этих серий семейства 74. При этом разработчик рисует на экране компьютера схему в привычном для него элементном базисе, а затем программа создает прошивку ПЛИС, выполняющую требуемую

Система обозначений фирмы Texas Instruments



Система обозначений фирмы Texas Instruments

- Идентификатор фирмы SN (для серий АС и АСТ отсутствует).
- Температурный диапазон (тип семейства):
- 74 — коммерческие микросхемы (температура окружающей среды для биполярных микросхем — $0...70^{\circ}\text{C}$, для КМОП микросхем — $-40...+85^{\circ}\text{C}$),
- 54 — микросхемы военного назначения (температура — $-55...+125^{\circ}\text{C}$).
- Код серии (до трех символов):
- Отсутствует — стандартная ТТЛ–серия.
- LS (Low Power Schottky) — маломощная серия ТТЛШ.
- S (Schottky) — серия ТТЛШ.
- ALS (Advanced Schottky) — улучшенная серия ТТЛШ.
- F (FAST) — быстрая серия.

Система обозначений фирмы Texas Instruments

- HC (High Speed CMOS) — высокоскоростная КМОП–серия.
- HCT (High Speed CMOS with TTL inputs) — серия HC, совместимая по входу с ТТЛ.
- AC (Advanced CMOS) — улучшенная серия КМОП.
- ACT (Advanced CMOS with TTL inputs) — серия AC, совместимая по входу с ТТЛ.
- BCT (BiCMOS Technology) — серия с БиКМОП–технологией.
- ABT (Advanced BiCMOS Technology) — улучшенная серия с БиКМОП–технологией.
- LVT (Low Voltage Technology) — серия с низким напряжением питания.
- Идентификатор специального типа (2 символа) — может отсутствовать.
- Тип микросхемы (от двух до шести цифр). Перечень некоторых типов микросхем приведен в приложении.
- Код типа корпуса (от одного до двух символов) — может отсутствовать. Например, N — пластмассовый корпус DIL (DIP), J — керамический DIL (DIC), T — плоский металлический.

Обозначения отечественных микросхем



Обозначения отечественных микросхем

- Буква К обозначает микросхемы широкого применения, для микросхем военного назначения буква отсутствует.
- Тип корпуса микросхемы (один символ) — может отсутствовать. Например, Р — пластмассовый корпус, М — керамический, Б — бескорпусная микросхема.
- Номер серии микросхем (от трех до четырех цифр).
- Функция микросхемы (две буквы).
- Номер микросхемы (от одной до трех цифр).
Таблица функций и номеров микросхем, а также таблица их соответствия зарубежным аналогам приведены в приложении.

- Главное достоинство отечественной системы обозначений состоит в том, что по обозначению микросхемы можно легко понять ее функцию. Зато в системе обозначений Texas Instruments виден тип серии с его особенностями.

- На первом уровне представления (логическая модель) серии не различаются ничем. То есть одинаковые микросхемы разных серий работают по одним и тем же таблицам истинности, по одним и тем же алгоритмам. Правда, надо учитывать, что некоторые микросхемы имеются только в одной из серий, а некоторых нет в нескольких сериях.

- На втором уровне представления (модель с учетом задержек) серии отличаются величиной задержки распространения сигнала. Это различие может быть довольно существенным. Поэтому в тех схемах, где величина задержки принципиальна, надо использовать микросхемы более быстрых серий

- На третьем уровне представления (электрическая модель) серии различаются величинами входных и выходных токов и напряжений, а также, что не менее важно, токами потребления. Поэтому в тех устройствах, где эти параметры принципиальны, надо применять микросхемы, обеспечивающие, к примеру, низкие входные токи, высокие выходные токи и малое потребление.

- **Серия K155 (SN74)** — это наиболее старая серия, которая постепенно снимется с производства. Она отличается не слишком хорошими параметрами по сравнению с другими сериями. С этой классической серией принято сравнивать все остальные.

- **Серия К555 (SN74LS)** отличается от серии К155 малыми входными токами и меньшей потребляемой мощностью (ток потребления — почти втрое меньше, чем у К155). По быстродействию (по временам задержек) она близка к К155.

- **Серия КР531 (SN74S)** отличается высоким быстродействием (ее задержки примерно в 3–4 раза меньше, чем у серии К155), но большими входными токами (на 25% больше, чем у К155) и большой потребляемой мощностью (ток потребления — больше в полтора раза по сравнению с К155).

- **Серия КР1533 (SN74ALS)** отличается повышенным примерно вдвое по сравнению с К155 быстродействием и малой потребляемой мощностью (в четыре раза меньше, чем у К155). Входные токи еще меньше, чем у К555.

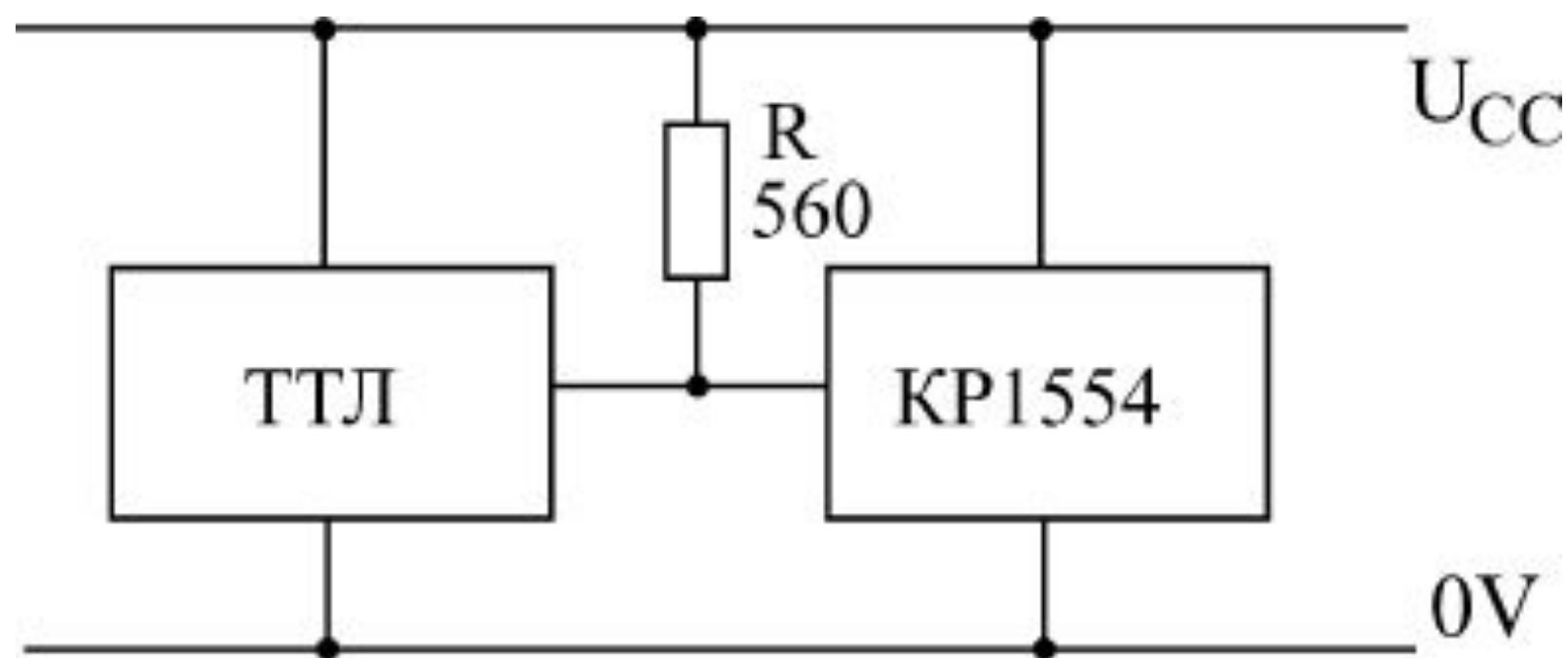
- **Серия КР1531 (SN74F)** отличается высоким быстродействием (на уровне КР531), но малой потребляемой мощностью. Входные токи и ток потребления примерно вдвое меньше, чем у К155.

- **Серия КР1554 (SN74АС)** отличается от всех предыдущих тем, что она выполнена по КМОП-технологии. Поэтому она имеет сверхмалые входные токи и сверхмалое потребление при малых рабочих частотах. Задержки примерно вдвое меньше, чем у К155.

- Наибольшим разнообразием имеющих микросхем отличаются серии К155 и КР1533, наименьшим — КР1531 и КР1554.

- Соотношения по быстродействию стандартных серий довольно приблизительно и верны не для всех разновидностей микросхем, имеющих в разных сериях. Точные значения задержек необходимо смотреть в справочниках, причем желательно в фирменных справочных материалах.

- Микросхемы разных серий обычно легко сопрягаются между собой, то есть сигналы с выходов микросхем одной серии можно смело подавать на входы микросхем другой серии. Одно из исключений — соединение выходов ТТЛ-микросхем со входами КМОП-микросхем серии КР1554 (74АС). При таком соединении необходимо применение резистора номиналом 560 Ом между сигналом и напряжением питания



Особенности выбора микросхем

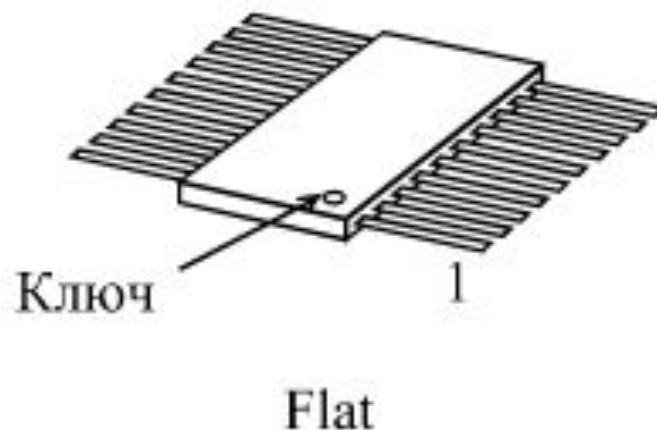
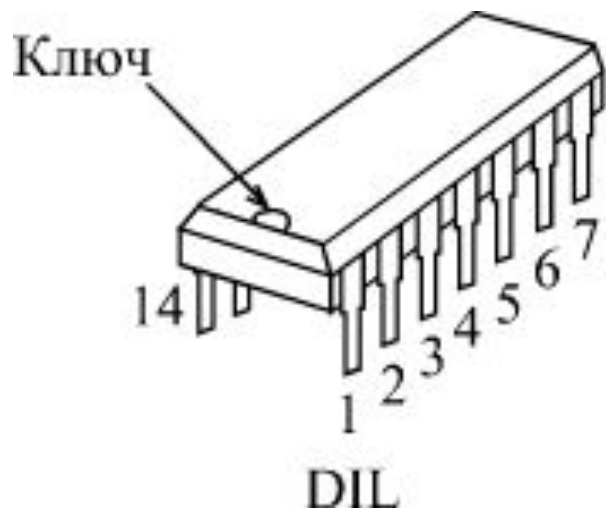
- При выборе той или иной серии микросхем следует также учитывать, что микросхемы мощной и быстрой серии КР531 создают высокий уровень помех по шинам питания, а микросхемы маломощной серии К555 очень чувствительны к таким помехам. Поэтому серию КР531 рекомендуется использовать только в крайних случаях, при необходимости получения очень высокого быстродействия. Не рекомендуется также применять в одном устройстве мощные быстродействующие микросхемы и маломощные микросхемы.

Корпуса цифровых микросхем

- Большинство микросхем имеют корпус, то есть прямоугольный контейнер (пластмассовый, керамический, металлокерамический) с металлическими выводами (ножками). Предложено множество различных типов корпусов, но наибольшее распространение получили два основных типа.

Зарубежные микросхемы

Примеры корпусов DIL и Flat



Зарубежные микросхемы

- Корпус с двухрядным вертикальным расположением выводов, например, DIP (Dual In Line Package, Plastic) — пластмассовый корпус, DIC (Dual In Line Package, Ceramic) — керамический корпус. Общее название для таких корпусов — DIL (рис. 2.8). Расстояние между выводами составляет 0,1 дюйма (2,54 мм). Расстояние между рядами выводов зависит от количества выводов.

Зарубежные микросхемы

- Корпус с двухрядным плоскостным расположением выводов, например, FP (Flat-Package, Plastic) — пластмассовый плоский корпус, FPC (Flat-Package, Ceramic) — керамический плоский корпус. Общее название для таких корпусов — Flat (рис. 2.8). Расстояние между выводами составляет 0,05 дюйма (1,27 мм) или 0,025 дюйма (0,628 мм).

- Номера выводов всех корпусов отсчитываются начиная с вывода, помеченного ключом, по направлению против часовой стрелки (если смотреть на микросхему сверху). Ключом может служить вырез на одной из сторон микросхемы, точка около первого вывода или утолщение первого вывода (рис. 2.8). Первый вывод может находиться в левом верхнем или в правом нижнем углу (в зависимости от того, как повернут корпус). Микросхемы обычно имеют стандартное число выводов из ряда: 4, 8, 14, 16, 20, 24, 28,.... Для микросхем стандартных цифровых серий используются корпуса с количеством выводов начиная с 14.

Отечественные микросхемы

- Назначение каждого из выводов микросхемы приводится в справочниках по микросхемам, которых сейчас имеется множество. Правда, лучше ориентироваться на справочники, издаваемые непосредственно фирмами-изготовителями.

Отечественные микросхемы

- Выпускаются в корпусах, очень похожих на DIP и Flat, но расстояния между их выводами вычисляются по метрической шкале и поэтому чуть-чуть отличаются от принятых за рубежом. Например, 2,5 мм вместо 2,54 мм, 1,25 мм вместо 1,27 мм и т.д. Для корпусов с малым числом выводов (до 20) это не слишком существенно, но для больших корпусов расхождение в расстоянии может стать существенным. В результате на плату, рассчитанную на зарубежные микросхемы, нельзя поставить отечественные микросхемы, и наоборот.

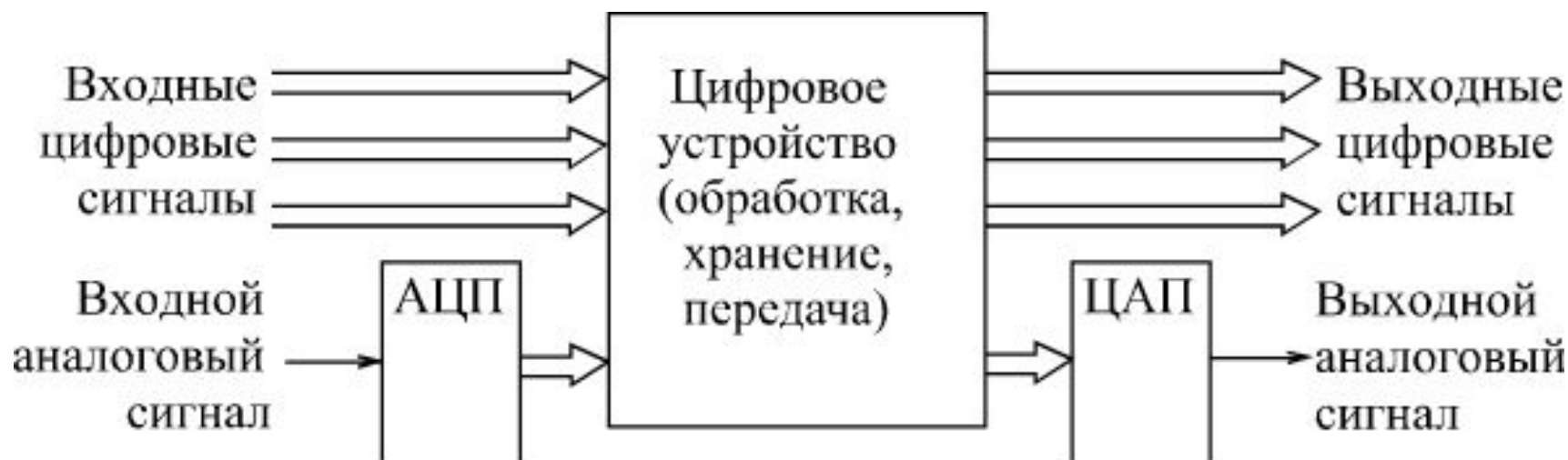
Функции цифровых устройств

- Любое цифровое устройство от самого простейшего до самого сложного всегда действует по одному и тому же принципу.
- Оно принимает входные сигналы, выполняет их обработку, передачу, хранение и выдает выходные сигналы. При этом совсем не обязательно любое изменение входных сигналов приводит к немедленному и однозначному изменению выходных сигналов. Реакция устройства может быть очень сложной, отложенной по времени, неочевидной.

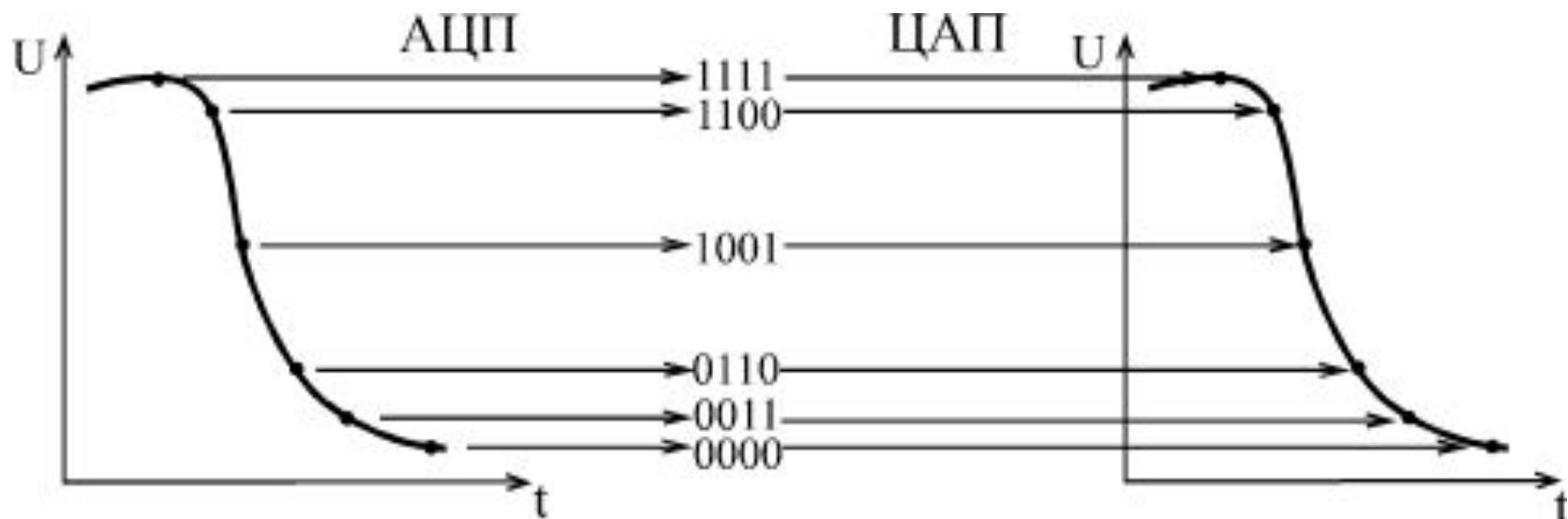
Функции цифровых устройств

- В качестве входных сигналов нашего устройства могут выступать сигналы с выходов других цифровых устройств, с тумблеров и клавиш или с датчиков физических величин. Причем в последнем случае, как правило, необходимо преобразование аналоговых сигналов с датчиков в потоки цифровых кодов с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Например, в случае персонального компьютера входными сигналами являются сигналы с клавиатуры, с датчиков перемещения мыши, с микрофона (давление воздуха, то есть звук, преобразуется в аналоговый электрический сигнал, а затем — в цифровые коды), из кабеля локальной сети и т.д.

Включение цифрового устройства



Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование



- Одно цифровое устройство может состоять из нескольких более простых цифровых устройств. Часто эти составные элементы называют блоками, модулями, узлами, частями. Если объединяются несколько сложных цифровых устройств, то говорят уже о цифровых системах, комплексах, установках. Мы в основном будем использовать термин "устройство", как занимающий промежуточное положение.

- Связь между входными и выходными сигналами может быть жесткой, неизменной или гибко изменяемой (программируемой). То есть цифровое устройство может работать по жесткому, раз и навсегда установленному алгоритму или по алгоритму программируемому. Как правило, при этом выполняется один очень простой принцип: чем больше возможностей для изменения связи входных и выходных сигналов, чем больше возможностей изменения алгоритма работы, тем цифровое устройство будет медленнее. Речь в данном случае, конечно же, идет о предельно достижимом быстродействии.

- Простые устройства с жесткой логикой работы всегда могут быть сконструированы с более высоким быстродействием по сравнению с программируемыми, гибкими устройствами со сложным алгоритмом работы. Жесткая логика также обеспечивает малый объем аппаратуры (малые аппаратурные затраты) для реализации простых функций. Зато программируемые, интеллектуальные устройства обеспечивают более высокую гибкость и меньшую стоимость при необходимости сложной обработки. А для реализации простых функций они часто оказываются избыточно сложными. Так что выбор между двумя этими типами цифровых устройств зависит от конкретной решаемой задачи.

- Значительное число задач может быть решено как чисто аппаратным путем (с помощью устройств на жесткой логике), так и программно-аппаратным путем (с помощью программируемых устройств). В таких случаях надо смотреть, какие характеристики устройства являются самыми важными: скорость работы, стоимость, гибкость, простота проектирования и т.д. — и в зависимости от этого выбирать то или иное решение, так или иначе перераспределять функции между программным обеспечением и аппаратурой.