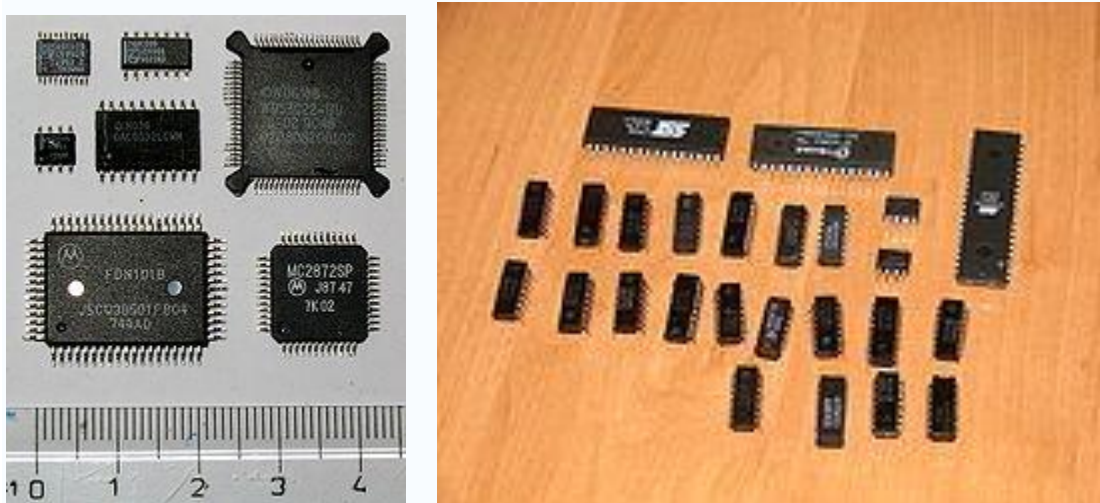


# Интегральная схема

Материал из Википедии — свободной энциклопедии



Современные интегральные микросхемы, предназначенные для поверхностного монтажа  
Советские и зарубежные цифровые микросхемы

**Интегра́льная** (enгл. Integrated circuit, IC, microcircuit, microchip, silicon chip, or chip), **(микро)схе́ма** (**ИС**, **ИМС**, **м/сх**), **чип**, **микрочип** ([англ. chip](#) — тонкая пластинка, отколотая, отсечённая от чего-л. — первоначально термин относился к пластинке кристалла микросхемы) — [микроэлектронное](#) устройство — электронная схема произвольной сложности, изготовленная на [полупроводниковом](#) кристалле (или плёнке) и помещённая в неразборный корпус. Часто под **интегральной схемой** (ИС) понимают собственно кристалл или плёнку с электронной схемой, а под **микросхемой** (МС) — ИС, заключённую в корпус. В то же время выражение «чип компоненты» означает «компоненты для поверхностного монтажа» в отличие от компонентов для традиционной пайки в отверстия на плате. Поэтому правильнее говорить «чип микросхема», имея в виду микросхему для поверхностного монтажа. На [2009 год](#) большая часть микросхем изготавливается в корпусах для поверхностного монтажа.

## Содержание

- [1 История](#)
- [2 Уровни проектирования](#)
- [3 Классификация](#)
  - [3.1 Степень интеграции](#)
  - [3.2 Технология изготовления](#)
  - [3.3 Вид обрабатываемого сигнала](#)
- [4 Технологии изготовления](#)
  - [4.1 Типы логики](#)
  - [4.2 Технологический процесс](#)
  - [4.3 Контроль качества](#)
- [5 Назначение](#)
  - [5.1 Аналоговые схемы](#)
  - [5.2 Цифровые схемы](#)
  - [5.3 Аналогово-цифровые схемы](#)
- [6 Серии микросхем](#)

- [6.1 Корпуса микросхем](#)
- [6.2 Специфические названия микросхем](#)
- [7 Примечания](#)
- [8 См. также](#)
- [9 Литература](#)

## История

Изобретение микросхем началось с изучения свойств тонких оксидных плёнок, проявляющихся в эффекте плохой электро-проводимости при небольших электрических напряжениях. Проблема заключалась в том, что в месте соприкосновения двух металлов не происходило электрического контакта или он имел полярные свойства. Глубокие изучения этого феномена привели к изобретению диодов, а позже транзисторов и интегральных микросхем.

В [1958 году](#) двое учёных, живущих в совершенно разных местах, изобрели практически идентичную модель интегральной схемы. Один из них, [Джек Килби](#), работал на [Texas Instruments](#), другой, [Роберт Нойс](#), был одним из основателей небольшой компании по производству [полупроводников Fairchild Semiconductor](#). Обоих объединил вопрос: «Как в минимум места вместить максимум компонентов?». [Транзисторы](#), [резисторы](#), [конденсаторы](#) и другие детали в то время размещались на платах отдельно, и учёные решили попробовать их объединить на одном монолитном кристалле из [полупроводникового](#) материала. Только Килби воспользовался [германием](#), а Нойс предпочёл [кремний](#). В [1959 году](#) они отдельно друг от друга получили [патенты](#) на свои изобретения — началось противостояние двух компаний, которое закончилось мирным договором и созданием совместной лицензии на производство чипов. После того как в [1961 году Fairchild Semiconductor Corporation](#) пустила интегральные схемы в свободную продажу, их сразу стали использовать в производстве калькуляторов и компьютеров вместо отдельных транзисторов, что позволило значительно уменьшить размер и увеличить производительность.

Первая советская полупроводниковая [микросхема](#) была создана в 1961 году в [Таганрогском радиотехническом институте](#), в лаборатории [Л. Н. Колесова](#).

Первая в СССР полупроводниковая интегральная микросхема была разработана (создана) на основе планарной технологии, разработанной в начале 1960 года в НИИ-35 (затем переименован в [НИИ "Пульсар"](#)) коллективом, который в дальнейшем был переведён в НИИМЭ ([Микрон](#)). Создание первой отечественной кремниевой интегральной схемы было сконцентрировано на разработке и производстве с военной приёмкой серии интегральных кремниевых схем ТС-100 (37 элементов — эквивалент схемотехнической сложности триггера, аналога американских ИС серии SN-51 фирмы Texas Instruments). Образцы-прототипы и производственные образцы кремниевых интегральных схем для воспроизводства были получены из США. Работы проводились НИИ-35 (директор Трутко) и Фрязинским заводом (директор Колмогоров) по оборонному заказу для использования в автономном высотометре системы наведения [баллистической ракеты](#). Разработка включала шесть типовых интегральных кремниевых планарных схем серии ТС-100 и с организацией опытного производства заняла в НИИ-35 три года (с 1962 по 1965 год). Ещё два года ушло на освоение заводского производства с военной приёмкой во [Фрязино](#) (1967 год).<sup>[1]</sup>

## Уровни проектирования

- Физический — методы реализации одного [транзистора](#) (или небольшой группы) в виде легированных зон на кристалле.
- Электрический — принципиальная электрическая схема ([транзисторы](#), [конденсаторы](#), [резисторы](#) и т. п.).
- Логический — логическая схема (логические [инверторы](#), элементы [ИЛИ-НЕ](#), [И-НЕ](#) и т. п.).
- Схемо- и системотехнический уровень — схемо- и системотехническая схемы ([триггеры](#), [компараторы](#), [шифраторы](#), [дешифраторы](#), [АЛУ](#) и т. п.).
- Топологический — топологические [фотошаблоны](#) для производства.
- Программный уровень (для [микроконтроллеров](#) и [микропроцессоров](#)) — команды [ассемблера](#) для [программиста](#).

В настоящее время большая часть интегральных схем разрабатывается при помощи [САПР](#), которые позволяют автоматизировать и значительно ускорить процесс получения топологических фотошаблонов.

## Классификация

### Степень интеграции

В [СССР](#) были предложены следующие названия микросхем в зависимости от степени интеграции (указано количество элементов для цифровых схем):

- Малая интегральная схема (МИС) — до 100 элементов в кристалле.
- Средняя интегральная схема (СИС) — до 1000 элементов в кристалле.
- Большая интегральная схема (БИС) — до 10000 элементов в кристалле.
- Сверхбольшая интегральная схема (СБИС) — до 1 миллиона элементов в кристалле.
- Ультрабольшая интегральная схема (УБИС) — до 1 миллиарда элементов в кристалле.
- Гигабольшая интегральная схема (ГБИС) — более 1 миллиарда элементов в кристалле.

В настоящее время название ГБИС практически не используется (например, последние версии процессоров [Pentium 4](#) содержат пока несколько сотен миллионов транзисторов), и все схемы с числом элементов, превышающим 10 000, относят к классу СБИС, считая УБИС его подклассом.

### Технология изготовления

- **Полупроводниковая микросхема** — все элементы и межэлементные соединения выполнены на одном [полупроводниковом](#) кристалле (например, [кремния](#), [германия](#), [арсенида галлия](#)).
- **Плёночная микросхема** — все элементы и межэлементные соединения выполнены в виде плёнок:
  - толстоплёночная интегральная схема;
  - тонкоплёночная интегральная схема.

- **Гибридная микросхема** — кроме полупроводникового кристалла содержит несколько бескорпусных диодов, транзисторов и(или) других электронных компонентов, помещённых в один корпус.

## Вид обрабатываемого сигнала

- [Аналоговые](#)
- [Цифровые](#)
- [Аналого-цифровые](#)

Аналоговые микросхемы — входные и выходные сигналы изменяются по закону непрерывной функции в диапазоне от положительного до отрицательного напряжения питания.

Цифровые микросхемы — входные и выходные сигналы могут иметь два значения: логический ноль или логическая единица, каждому из которых соответствует определённый диапазон напряжения. Например, для микросхем [ТТЛ](#) при питании +5 В диапазон напряжения 0...0,4 В соответствует логическому нулю, а диапазон 2,4...5 В соответствует логической единице. Для микросхем ЭСЛ-логики при питании -5,2 В: логическая единица — это -0,8...-1,03 В, а логический ноль — это -1,6...-1,75 В.

Аналого-цифровые микросхемы совмещают в себе формы цифровой и аналоговой обработки сигналов. По мере развития технологий получают всё большее распространение.

## Технологии изготовления

### Типы логики

Основным элементом аналоговых микросхем являются [транзисторы](#) (биполярные или полевые). Разница в технологии изготовления транзисторов существенно влияет на характеристики микросхем. Поэтому нередко в описании микросхемы указывают технологию изготовления, чтобы подчеркнуть тем самым общую характеристику свойств и возможностей микросхемы. В современных технологиях объединяют технологии биполярных и полевых транзисторов, чтобы добиться улучшения характеристик микросхем.

- Микросхемы на [униполярных \(полевых\) транзисторах](#) — самые экономичные (по потреблению тока):
  - [МОП](#)-логика (металл-окисел-полупроводник логика) — микросхемы формируются из полевых транзисторов n-МОП или p-МОП типа;
  - [КМОП](#)-логика (комплементарная МОП-логика) — каждый логический элемент микросхемы состоит из пары взаимодополняющих (комплементарных) полевых транзисторов (n-МОП и p-МОП).
- Микросхемы на [биполярных транзисторах](#):
  - [РТЛ](#) — резисторно-транзисторная логика (устаревшая, заменена на ТТЛ);
  - [ДТЛ](#) — диодно-транзисторная логика (устаревшая, заменена на ТТЛ);
  - [ТТЛ](#) — транзисторно-транзисторная логика — микросхемы сделаны из биполярных транзисторов с многоэмиттерными транзисторами на входе;

- [ТТЛШ](#) — транзисторно-транзисторная логика с диодами Шотки — усовершенствованная ТТЛ, в которой используются биполярные транзисторы с эффектом Шотки.
- [ЭСЛ](#) — эмиттерно-связанная логика — на биполярных транзисторах, режим работы которых подобран так, чтобы они не входили в режим насыщения, — что существенно повышает быстродействие.
- [ИИЛ](#) — интегрально-инжекционная логика.

КМОП и ТТЛ (ТТЛШ) технологии являются наиболее распространёнными логиками микросхем. Где необходимо экономить потребление тока, применяют КМОП-технологию, где важнее скорость и не требуется экономия потребляемой мощности применяют ТТЛ-технологию. Слабым местом КМОП-микросхем является уязвимость от [статического электричества](#) — достаточно коснуться рукой вывода микросхемы и её целостность уже не гарантируется. С развитием технологий ТТЛ и КМОП микросхемы по параметрам сближаются и, как следствие, например, серия микросхем 1564 — сделана по технологии КМОП, а функциональность и размещение в корпусе как у ТТЛ технологии.

Микросхемы, изготовленные по ЭСЛ-технологии, являются самыми быстрыми, но наиболее энергопотребляющими и применялись при производстве вычислительной техники в тех случаях, когда важнейшим параметром была скорость вычисления. В [СССР](#) самые производительные ЭВМ типа ЕС106х изготавливались на ЭСЛ-микросхемах. Сейчас эта технология используется редко.

## Технологический процесс

При изготовлении микросхем используется [фотопроцесс](#), при этом схему формируют на подложке, обычно из диоксида кремния, полученной [термическим окислением](#) кремния. Ввиду малости размера элементов микросхем, от использования [видимого света](#) и даже ближнего [ультрафиолета](#) при засветке давно отказались.

В качестве характеристики технологического процесса производства микросхем указывают ширину полосы фотоповторителя и, как следствие, размеры транзисторов (и других элементов) на кристалле. Этот параметр, однако, находится во взаимозависимости с рядом других производственных возможностей: чистотой получаемого кремния, характеристиками инжекторов, методами вытравливания и напыления.

В [1970-х годах](#) ширина полосы составляла 2-8 [мкм](#), в [1980-х](#) была улучшена до 0,5-2 мкм. Некоторые экспериментальные образцы рентгеновского диапазона обеспечивали 0,18 мкм.

В [1990-х годах](#) из-за нового витка «войны платформ» экспериментальные методы стали внедряться в производство и быстро совершенствоваться. В начале 1990-х процессоры (например ранние [Pentium](#) и [Pentium Pro](#)) изготавливали по технологии 0,5-0,6 мкм. Потом их уровень поднялся до 0,25-0,35 мкм. Следующие процессоры ([Pentium 2](#), [K6-2+](#), [Athlon](#)) уже делали по технологии 0,18 мкм.

В конце 1990-х фирма [Texas Instruments](#) создала новую ультрафиолетовую технологию с шириной полосы около 0,08 мкм. Но достичь её в массовом производстве не удавалось вплоть до недавнего времени. Она постепенно продвигалась к нынешнему уровню, совершенствуя второстепенные детали. По обычной технологии удалось обеспечить уровень производства вплоть до 0,09 мкм.

Новые процессоры (сперва это был Core 2 Duo) делают по новой УФ-технологии 0,045 мкм. Есть и другие микросхемы давно достигшие и превысившие данный уровень (в частности [видеопроцессоры](#) и [flash-память](#) фирмы [Samsung](#) — 0,040 мкм). Тем не менее дальнейшее развитие технологии вызывает всё больше трудностей. Обещания фирмы [Intel](#) по переходу на уровень 0,030 мкм уже к [2006 году](#) так и не сбылись.

Сейчас альянс ведущих разработчиков и производителей микросхем работает над тех. процессом 0,032 мкм.

## Контроль качества

Для контроля качества интегральных микросхем широко применяют так называемые [тестовые структуры](#).

## Назначение

Интегральная микросхема может обладать законченным, сколь угодно сложным, функционалом — вплоть до целого [микрокомпьютера](#) ([однокристальный микрокомпьютер](#)).

## Аналоговые схемы

- [Операционные усилители](#)
- Генераторы сигналов
- [Фильтры](#) (в том числе на [пьезоэффекте](#))
- Аналоговые умножители
- Аналоговые аттенюаторы и регулируемые усилители
- Стабилизаторы источников питания
- Микросхемы управления импульсных блоков питания
- Преобразователи сигналов
- Схемы синхронизации
- Различные [датчики](#) (температуры и др.)

## Цифровые схемы

- [Логические элементы](#)
- [Триггеры](#)
- [Счётчики](#)
- [Регистры](#)
- Буферные преобразователи
- Модули [памяти](#)
- [Шифраторы](#)
- [Дешифраторы](#)
- [Микроконтроллеры](#)
- (Микро)процессоры (в том числе [ЦПУ](#) в компьютере)
- [Однокристальные микрокомпьютеры](#)
- ПЛИС — программируемые логические интегральные схемы

Цифровые интегральные микросхемы имеют ряд преимуществ по сравнению с аналоговыми:

- **Уменьшенное энергопотребление** связано с применением в цифровой электронике импульсных электрических сигналов. При получении и преобразовании таких сигналов активные элементы электронных устройств ([транзисторов](#)) работают в «ключевом» режиме, то есть транзистор либо «открыт» — что соответствует сигналу высокого уровня (1), либо «закрыт» — (0), в первом случае на транзисторе нет [падения напряжения](#), во втором — через него не идёт [ток](#). В обоих случаях энергопотребление близко к 0, в отличие от аналоговых устройств, в которых большую часть времени транзисторы находятся в промежуточном (резистивном) состоянии.
- **Высокая помехоустойчивость** цифровых устройств связана с большим отличием сигналов высокого (например, 2,5-5 В) и низкого (0-0,5 В) уровня. Ошибка возможна при таких помехах, когда высокий уровень воспринимается как низкий и наоборот, что мало вероятно. Кроме того, в цифровых устройствах возможно применение специальных кодов, позволяющих исправлять ошибки.
- Большое отличие сигналов высокого и низкого уровня и достаточно широкий интервал их допустимых изменений делает цифровую технику **нечувствительной** к неизбежному в интегральной технологии разбросу параметров элементов, избавляет от необходимости подбора и настройки цифровых устройств.

## Аналогово-цифровые схемы

- [ЦАП](#) и [АЦП](#)
- [ЦВС](#)
- Трансиверы (например, преобразователь интерфейса [RS-422](#))
- Модуляторы и демодуляторы
  - Радиомодемы
  - Декодеры телетекста, УКВ-радио-текста
  - Трансиверы [Fast Ethernet](#) и оптических линий
  - Dial-Up модемы
  - Приёмники цифрового ТВ
  - Сенсор оптической мыши
- Преобразователи напряжения питания и другие устройства на переключаемых конденсаторах
- Цифровые [аттенюаторы](#)
- Схемы ФАПЧ с последовательным интерфейсом
- Коммутаторы
- Генераторы и восстановители частоты тактовой синхронизации
- БМК — базовый матричный кристалл, содержащий как аналоговые, так и цифровые первичные элементы

## Серии микросхем

Аналоговые и цифровые микросхемы выпускаются сериями. Серия — это группа микросхем, имеющих единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначенные для совместного применения. Микросхемы одной серии, как правило, имеют одинаковые напряжения источников питания, согласованы по входным и выходным сопротивлениям, уровням сигналов.

## Корпуса микросхем

Микросхемы выпускаются в двух конструктивных вариантах — корпусном и бескорпусном.

Бескорпусная микросхема — это полупроводниковый кристалл, предназначенный для монтажа в гибридную микросхему или микросборку.

Корпус — это часть конструкции микросхемы, предназначенная для защиты от внешних воздействий и для соединения с внешними электрическими цепями посредством выводов. Корпуса стандартизованы для упрощения технологического процесса изготовления изделий из разных микросхем. Число стандартных корпусов исчисляется сотнями.

В российских корпусах расстояние между выводами измеряется в миллиметрах и наиболее часто это 2,5 мм или 1,25 мм. У импортных микросхем расстояние измеряют в дюймах, используя величину 1/10 или 1/20 дюйма, что соответствует 2,54 и 1,28 мм. В корпусах до 16 выводов эта разница не значительна, а при больших размерах идентичные корпуса уже несовместимы.

В современных импортных корпусах для поверхностного монтажа применяют и метрические размеры: 0,8 мм; 0,65 мм и другие.

## Специфические названия микросхем

Из большого количества цифровых микросхем изготавливались процессоры. Фирма [Intel](#) первой изготовила микросхему [Intel 4004](#), которая выполняла функции процессора. Такие микросхемы получили название [микروпроцессор](#). Микропроцессоры фирмы Intel совершенствовались: [Intel 8008](#), [Intel 8080](#), [Intel 8086](#), [Intel 8088](#) (на основе двух последних [микропроцессоров](#) фирма [IBM](#) выпустила свои первые [персональные компьютеры](#)).

Микропроцессор выполняет в основном функции АЛУ ([арифметическо-логическое устройство](#)), а дополнительные функции связи с периферией выполнялись с помощью специально для этого изготовленных наборов микросхем. Для первых микропроцессоров число микросхем в наборах исчислялось десятками, а сейчас это набор из двух-трех микросхем, который получил термин [чипсет](#).

Микропроцессоры со встроенными контроллерами памяти и ввода-вывода, [ОЗУ](#) и [ПЗУ](#), а также другими дополнительными функциями называют [микроконтроллерами](#).

## Примечания

1. ↑ [http://www.computer-museum.ru/technlgy/su\\_chip.htm](http://www.computer-museum.ru/technlgy/su_chip.htm)

## См. также

- [Микропроцессорная система](#)

## Литература

- *Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривожд Николитч.* Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. — 2-ое изд. — М.: [Вильямс](#), 2007. — 912 с. — [ISBN 0-13-090996-3](#)