

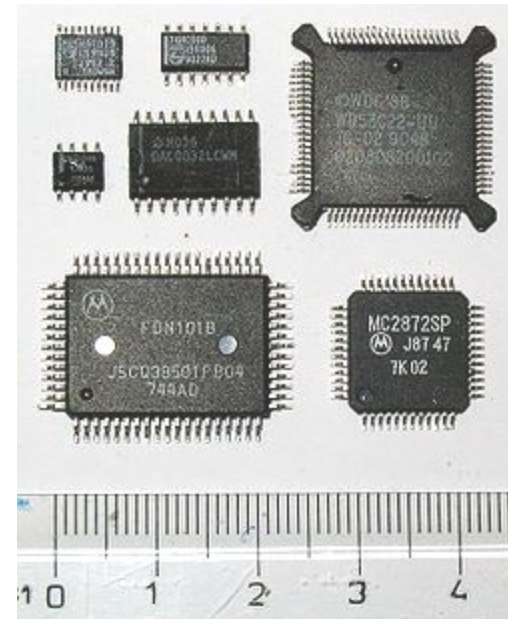
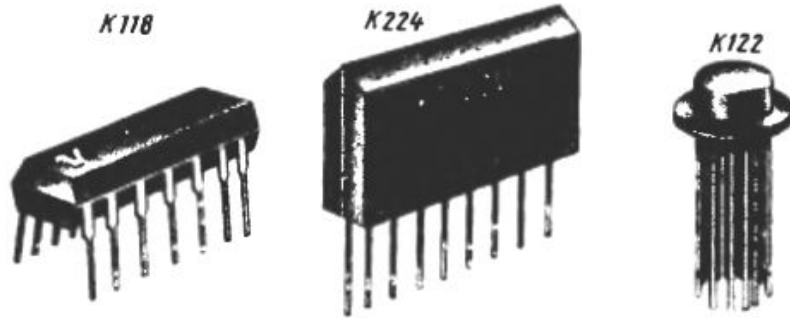
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Микроэлектроника.

Электроника.

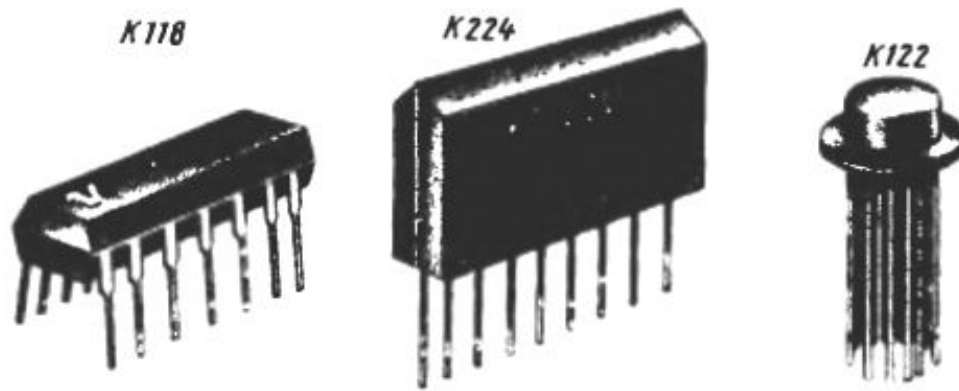
Микроэлектроника оформилась в отдельную область электроники в шестидесятые годы прошлого столетия. Это область техники, связанная с созданием и применением миниатюризированных электронных узлов, блоков и целых устройств. На смену модулям и микромодулям (очень маленьким дискретным элементам) пришли интегральные микросхемы ИМС (свыше 10 000 видов) и устройства, базирующиеся на молекулярной электронике.

Электроника.



Интегральные микросхемы — это маленькие электронные устройства, содержащие множество элементов (резисторов, транзисторов, конденсаторов и пр.), которые объединены конструктивно и электрически с помощью общей технологии в общий корпус.

Электроника.



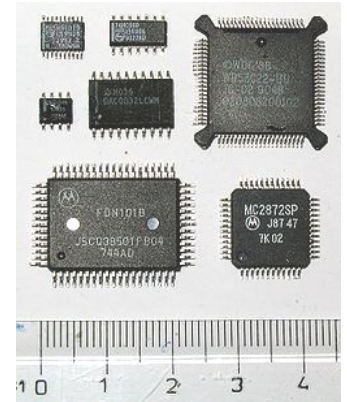
По существу, ИМС — это очень маленькие кристаллики полупроводника, помещенные в пластмассовый или стеклянный корпус. От кристаллика отходит множество выводов, связанных металлическими ножками с корпусом.

В зависимости от характера обрабатываемых сигналов ИМС бывают: цифровыми (триггеры, логические схемы, счетчики и пр.) и аналоговыми (усилители, преобразователи и др.).

Электроника.

Интегральная микросхема (ИС, ИМС, м/сх, англ. Integrated circuit, IC, microcircuit, microchip, silicon chip, chip), чип, микрочип — тонкая пластинка, отколотая, отсечённая от чего-либо — первоначально термин относился к пластинке кристалла микросхемы) — микроэлектронное устройство — электронная схема произвольной сложности, изготовленная на полупроводниковом кристалле (или плёнке) и помещённая в неразборный корпус.

На 2009 год большая часть микросхем изготавливается в корпусах для поверхностного монтажа.



Электроника.

История создания интегральных схем (ИС) ведёт своё начало со второй половины прошлого столетия. Их появление было обусловлено острой необходимостью повышения надёжности аппаратуры и автоматизации процессов изготовления и сборки электронных схем. Сборка аппаратуры в то время была преимущественно ручной – весьма трудоёмкой, длительной и, к тому же, очень плохо поддающейся автоматизации.

Многократно увеличилось число переключающих приборов в цифровом оборудовании, особенно в компьютерах. Так же резко снизилась надёжность и время наработки на отказ. Так, компьютер типа CD1604, выпущенный в 1960 г. американской фирмой Control Data Corp., содержал около 100 тыс. диодов и 25 тыс. транзисторов и мог безотказно работать не более 2–3 часов.

Электроника.

Другой причиной создания ИС стала технологическая возможность размещения и соединения между собой множества электронных компонентов – диодов, транзисторов и так далее, на одной пластине полупроводника. Дело в том, что созданные к тому времени транзисторы и диоды изготавливались по технологии групповой обработки на одной пластине-заготовке одновременно.

Концепция ИС была предложена задолго до появления групповых методов изготовления полупроводниковых приборов

Электроника.

В 1952 году на конференции по электронным компонентам, проходившей в Вашингтоне, сотрудник Британского королевского радиолокационного управления в Малверне Джеффри Даммер представил доклад о надёжности элементов радиолокационной аппаратуры, содержащий пророческое утверждение: *"С появлением транзистора и работ в области полупроводниковой техники вообще можно себе представить электронное оборудование в виде твёрдого блока, не содержащего соединительных проводов. Он может состоять из слоёв изолирующих, проводящих, выпрямляющих и усиливающих материалов, в которых определённые участки вырезаны таким образом, чтобы они могли непосредственно выполнять электрические функции"*.

Электроника.

Первые в мире ИС были разработаны и изготовлены в 1959 году американцами Джеком Сент Клером Килби (фирма Texas Instruments) и Робертом Н. Нойсом (Fairchild Semiconductor) независимо друг от друга.

В мае 1958 г. Джек Килби перешёл в фирму Texas Instruments (TI) из фирмы Centralab – в ней он возглавлял программу по разработке слуховых аппаратов, для которых фирма создала небольшое предприятие по созданию германиевых транзисторов. Уже в июле 1958 г. Килби пришла в голову идея создания ИС.

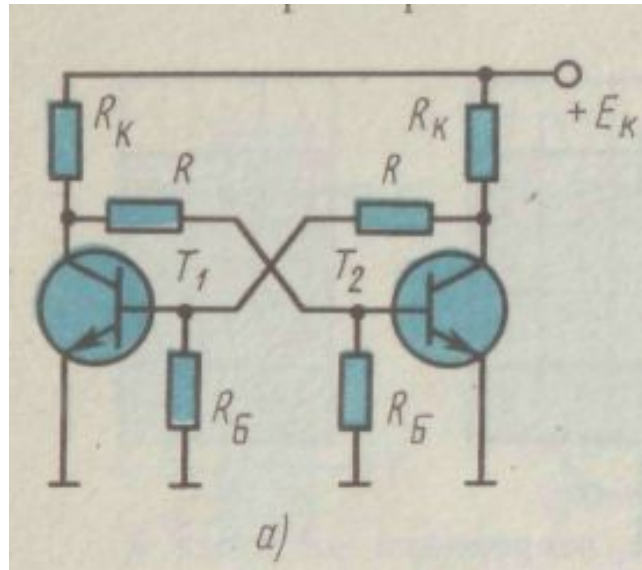
Из полупроводниковых материалов уже умели изготавливать резисторы, конденсаторы и транзисторы. Резисторы изготавливали, используя омические свойства "тела" полупроводника, а для создания конденсаторов использовались смещённые в обратном направлении *p-n*-переходы.

Электроника.

Оставалось только научиться создавать такие переходы в монолите кремния.

Килби разрезал пластину на кусочки размером 1,6x9,5 мм, содержащие диффузионные области двух типов. Эти области и имевшиеся контакты он использовал для создания схемы генератора, соединяя элементы тонкими золотыми проволочками. После выполнения защиты одна из диффузионных областей травилась обычным способом. Из неё создавался транзистор. Другая область образовывала RC-цепочку с распределёнными параметрами, необходимую для создания сдвига фазы. ИС Килби заработала, и он поставил перед собой задачу аналогичным образом разработать триггер.

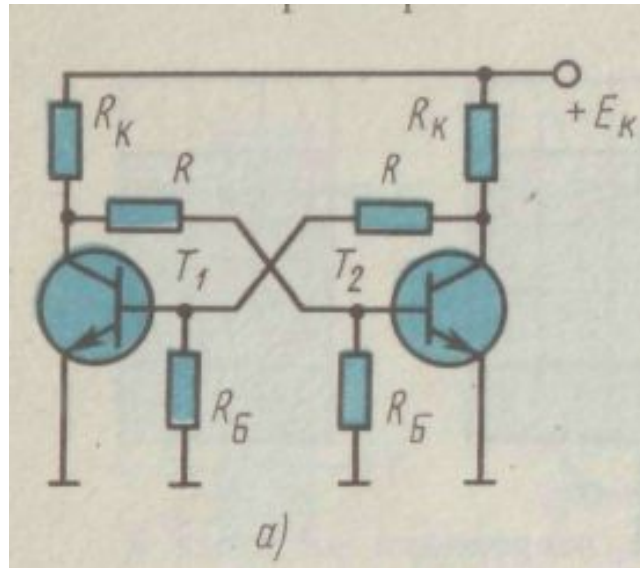
Электроника.



Триггеры — это переключающие устройства, которые сколь угодно долго сохраняют одно из двух состояний устойчивого равновесия. Одно состояние принимают за 1, другое — за 0.

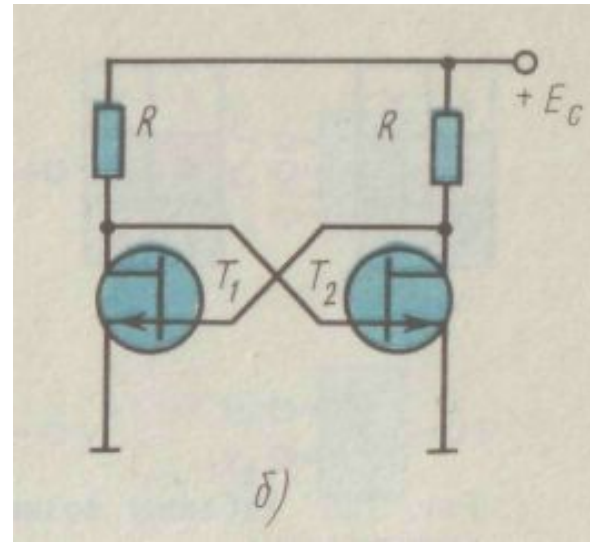
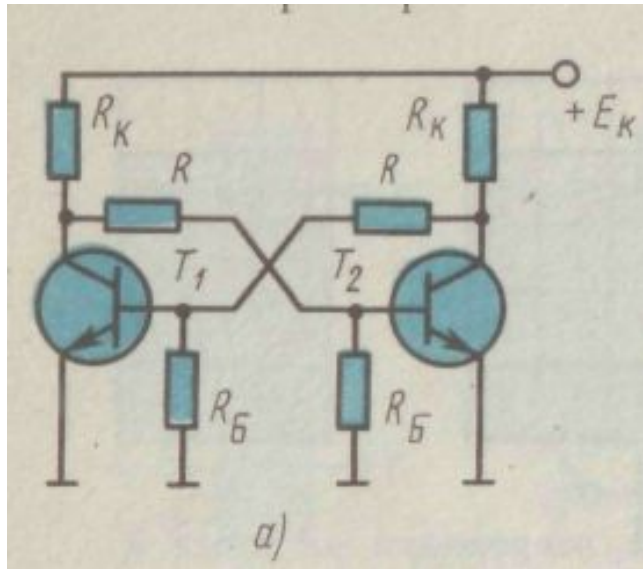
Эти схемы имеют один или два входа и два инверторных выхода. На вход подаются импульсы, изменяющие состояние триггера.

Электроника.



Если в данный момент транзистор T_1 (рис. а) закрыт, то T_2 — открыт. Если на базу T_1 подается $U_{вх} > 0$, то транзистор открывается, потенциал на его коллекторе уменьшается. Сформированный отрицательный импульс подается на базу T_2 через R и закрывает его. Триггер переключается и ждет следующего пускового импульса, чтобы снова изменить свое состояние. При подаче двух входных импульсов на выходе получается один импульс.

Электроника.



Следовательно, триггер делит пополам частоту входных импульсов. Существуют триггеры на полевых транзисторах (рис. б). Триггеры выполняют с использованием логических элементов, ОУ или компараторов.

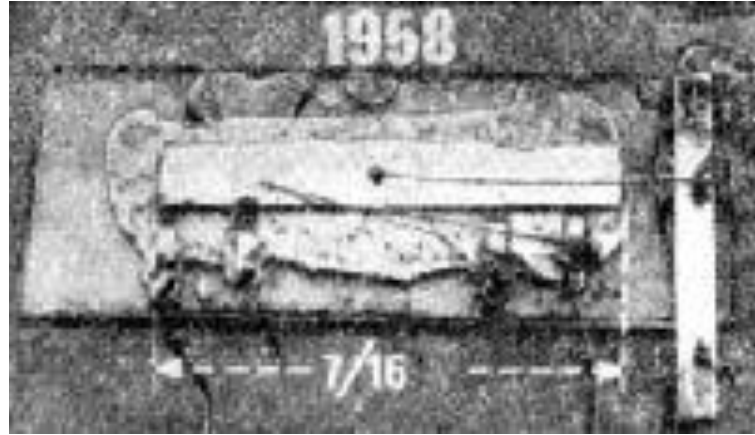
Электроника.

В начале октября 1958 г. Килби начал создавать конструкцию триггера на одном кусочке монокристаллического германия. Для его изготовления был применён метод фотогравировки, которым владела фирма Texas Instruments (TI).

В начале 1959 г. такая "твёрдая схема" была изготовлена и в марте 1960 г. представлена на выставке американского Института радиоинженеров. Килби подал заявку на выдачу патента.

Марк Шеферд, тогда вице-президент фирмы TI, отметил данную работу Килби "как наиболее значительную разработку фирмы Texas Instruments со времени... выпуска кремниевого транзистора".

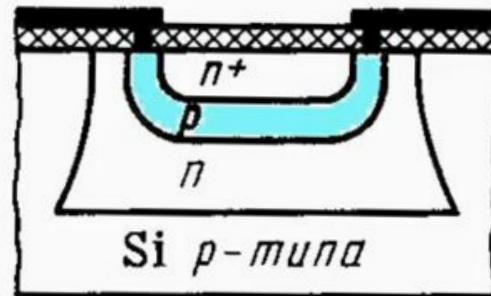
Электроника.



Однако, несмотря на широкое освещение прессой, это достижение было встречено весьма скептически, хотя большинство критических замечаний были верными: ограничения, связанные с интеграцией (параметры индивидуальных компонентов ИС нельзя оптимизировать); выход годных ИС был менее 10%; дороговизна готовой матрицы-образца ИС; невозможность в последующем видоизменять и дорабатывать схему.

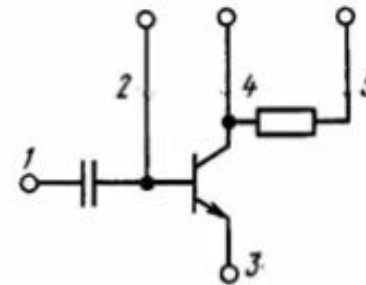
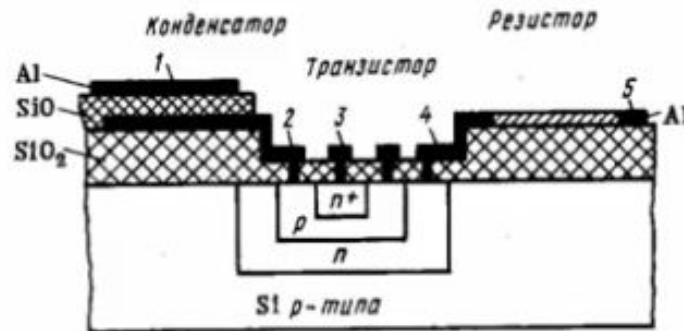
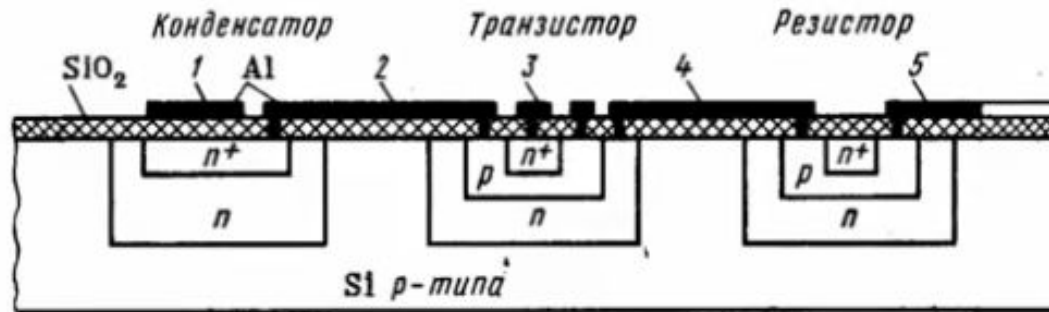
Электроника.

Многие недостатки "твёрдых схем" были устранены позднее Робертом Нойсом. С января 1959 года, занимаясь в фирме Fairchild Semiconductor (FS) исследованием возможностей транзистора, он вплотную занялся выдвинутой им идеей создания интегральных диффузионных или напылённых резисторов методом изоляции приборов с помощью смещённых в обратном направлении p - n -переходов и соединения элементов через отверстия в окисле путём напыления металла на поверхность.



Электроника.

Вскоре была подана соответствующая заявка на патент, и разработчики элементов в тесном контакте со специалистами по фотолитографии начали работать над вопросами соединения диффузионных резисторов и транзисторов на кремниевых пластинах.



Электроника.

Микросхемы подразделяются на два больших класса: цифровые и аналоговые.

Цифровые ИМС унифицированы и находят применение в ЭВМ, в автоматических устройствах и пр. Электронные калькуляторы (например, «Citizen») часто целиком выполняются из одной ИМС.

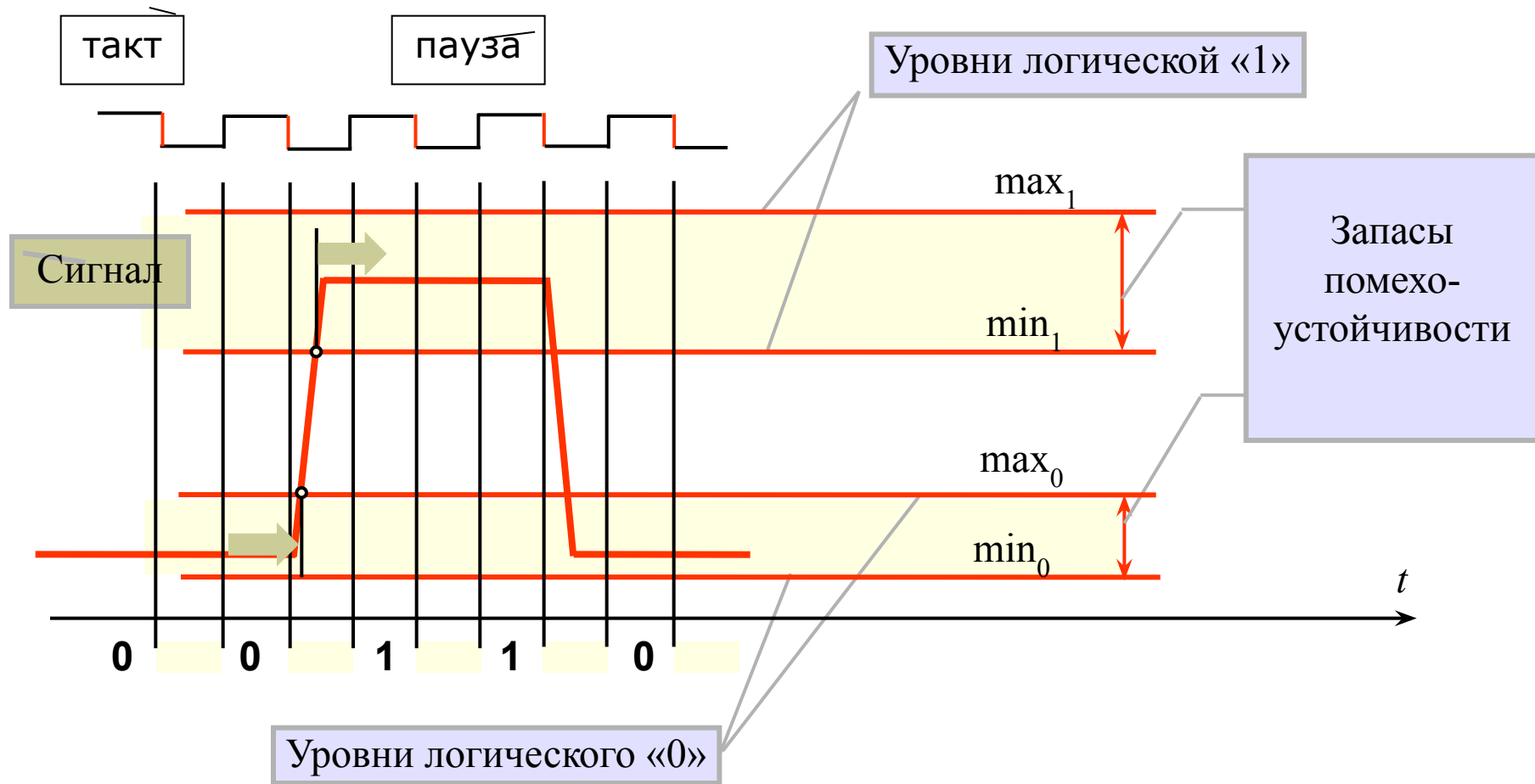
Более разнообразны аналоговые ИМС, среди которых наибольшее применение находят ОУ (операционные усилители).

Электроника.

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.

Логические элементы — это электронные устройства, выполняющие простейшие логические операции.



Принято считать логической единицей (1) наличие большого напряжения, а логическим нулем (0) — маленькое напряжение.

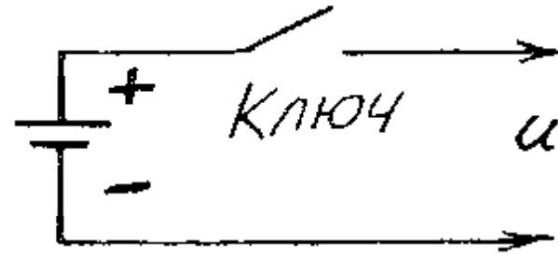
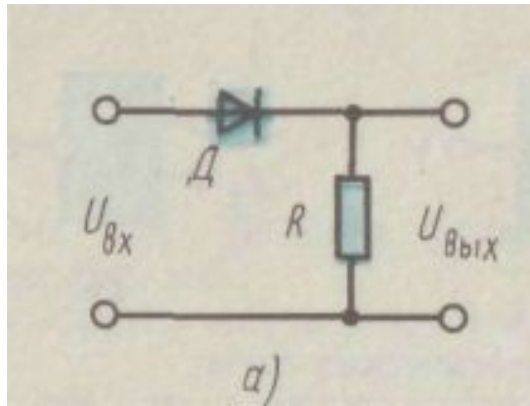
Электроника.

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.

Например, 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.

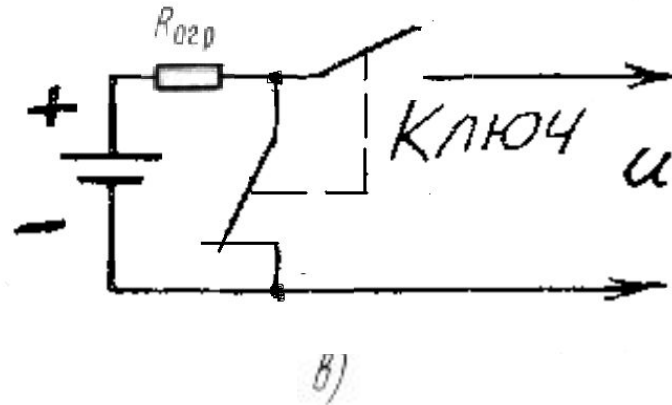
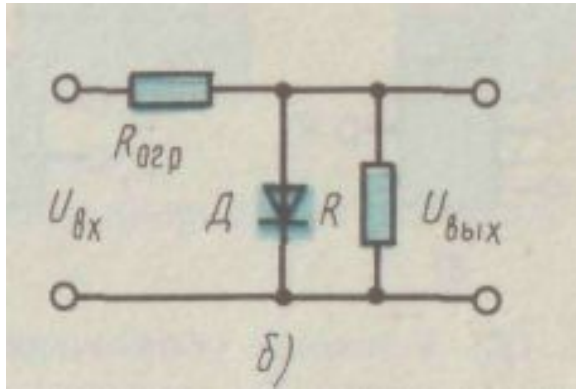
Электроника.



Электронные ключи — это элементы или цепи, предназначенные для включения или выключения электрических цепей при подаче управляющего напряжения.

Они не имеют движущихся частей. На рис. а приведена простейшая схема последовательного ключа с диодом. При положительном напряжении на входе диод открыт ($R_{вх} = 10\text{--}100\ \text{Ом}$) и через резистор R проходит ток, создающий $U_{вых}$. Следовательно, ключ замкнут. Если $U_{вх} < 0$, то диод закрыт ($U_{обр} = 100\text{кОм} - 100\text{МОм}$), ток не проходит, т. е. ключ разомкнут.

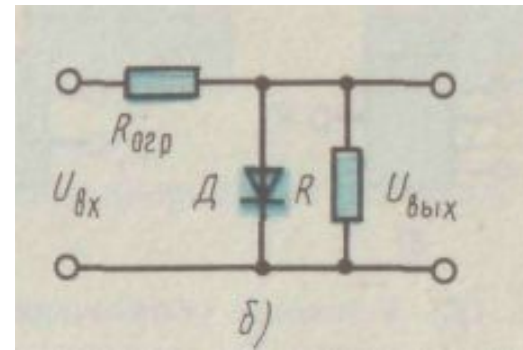
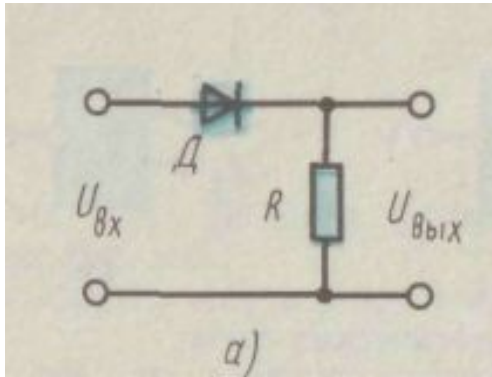
Электроника.



При параллельной схеме ключ замкнут при закрытом диоде. Ток проходит через R и тогда $U_{вых} > 0$. При подаче напряжения $U_{вх} > 0$, диод открыт, ток через него проходит и $U_{вых} \approx 0$. Это состояние соответствует разомкнутому ключу (рис. в.). Резистор $R_{огр}$ служит для ограничения тока при открытом диоде.

Электронные ключи могут быть созданы также на базе транзисторов (биполярных или полевых), тиристоров и др.

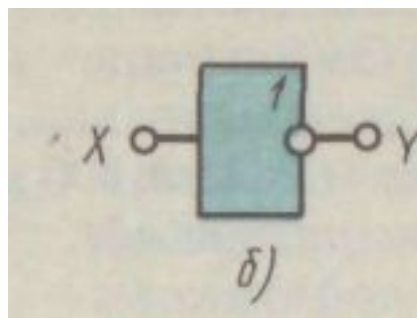
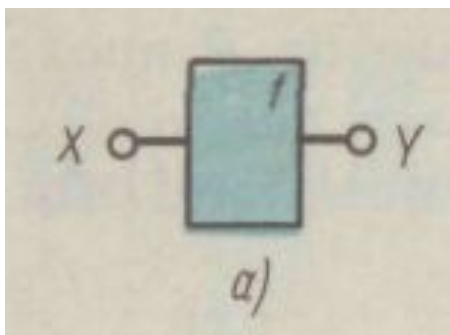
Электроника.



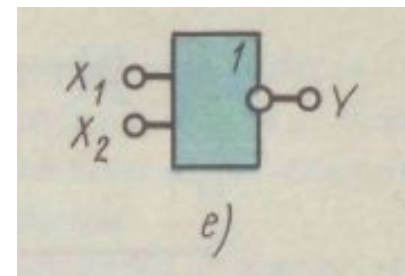
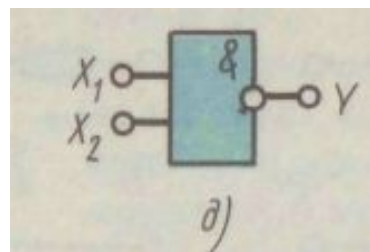
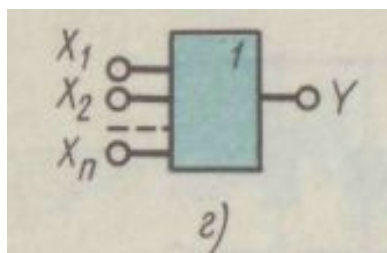
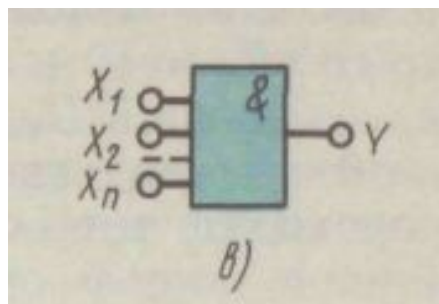
Так, если в схеме (рис. а) $U_{вх}$ имеет значение логической единицы, то выходное напряжение тоже логическая единица, т.е. если $U_{вх} = 1$, то $U_{вых} = 1$. Соответственно для рис. б: если $U_{вх} = 1$, то $U_{вых} = 0$, и, наоборот, если $U_{вх} = 0$, то $U_{вых} = 1$.

Таким образом, первая схема выполняет логическую операцию подтверждения (ДА) и называется повторителем, а вторая схема — отрицания (НЕ) и называется инвертором.

Электроника.



Условные обозначения повторителя и инвертора показаны на рис. а, б.



в) И; г) ИЛИ; д) И — НЕ; е) ИЛИ — НЕ

Электроника.

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |

а)

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

б)

| X ₁ | X ₂ | Y |
|----------------|----------------|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

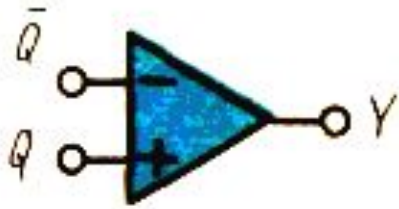
в)

| X ₁ | X ₂ | Y |
|----------------|----------------|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

г)

Возможные значения напряжений на входе X и выходе Y можно сгруппировать в таблицу истинности: Для схем ДА и НЕТ таблица истинности имеет соответственно вид, показанный на рис. а, б. Схема И (см. рис. в) — на выходе получится 1 только тогда, когда на первом и втором входе имеется единица (рис.в); схема ИЛИ (см. рис. г): $U_{\text{вых}}=1$, если либо на первом, либо на втором входе единица (рис. г). Если ключи K1 и K2 в обеих схемах инверторы, тогда получают соответственно схему И—НЕ и схему ИЛИ—НЕ.

Электроника.



В импульсных схемах часто встречаются операционные усилители (ОУ) и аналоговые компараторы. Операционные усилители имеют два входа — инвертирующий и прямой Q . Коэффициент усиления очень большой, а $R_{\text{вых}}$ малое; у аналоговых компараторов $U_{\text{вых}}$ равно 1 или 0 в зависимости от того, какое из двух сравниваемых напряжений становится большим. Их выполняют с использованием электронных элементов и ОУ. Амплитудные ограничители обладают свойством поддерживать в цепи в определенной области значений $U_{\text{вх}}$ значение $U_{\text{вых}}$ неизменным. Их широко используют в измерительной технике.

Электроника.

Логические элементы используют в ряде устройств измерительной техники: в цифровых электронных устройствах, электронно-вычислительных машинах и др. Их изготавливают из электронных элементов (транзисторно-транзисторных логических (ТТЛ) элементов, МОП-транзисторных логических элементов (**МОП** - Металл - Оксид - полупроводник), МОП-интегральных элементов и др.) и выполняют по различным технологиям.

Электроника.

Обозначения ИМС (российских) состоит из четырех элементов:

Первый – цифра, соответствующая конструктивно-технологической группе (1, 5, 6, 7 – полупроводниковые ИМС (цифра 7 присвоена бескорпусным полупроводниковым ИМС); 2, 4, 8 – гибридные ИМС; 3 – прочие ИМС);

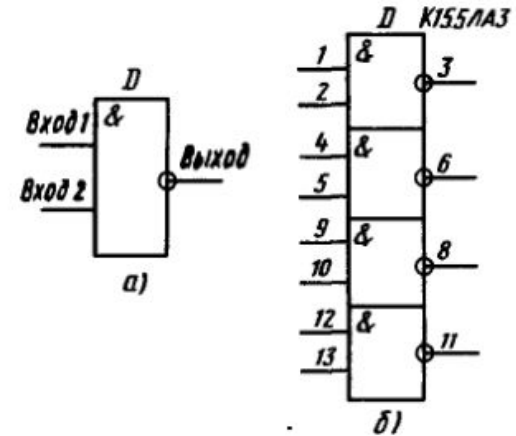
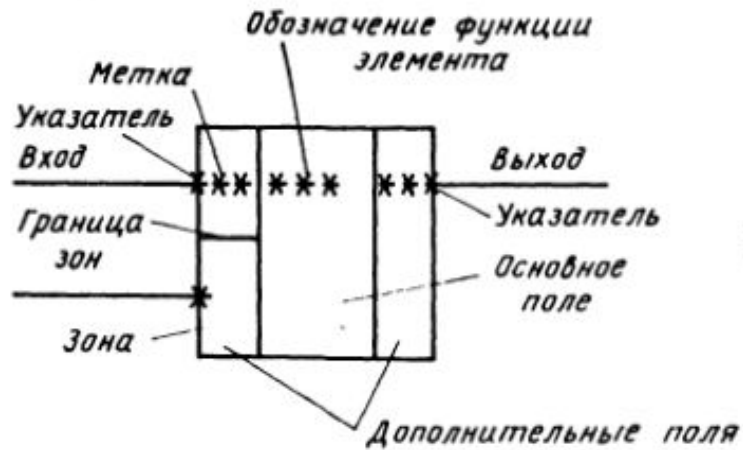
Второй – две-три цифры обозначающие порядковый номер разработки;

Третий – две буквы, определяющие функциональное назначение (подгруппу) и вид ИМС

Четвертый – одна или несколько цифр, обозначающих порядковый номер разработка ИМС в данной серии.

В общепромышленных в начале обычно ставят букву К или КР, на микросхемах для военных нужд буквы вначале не ставят.

Электроника.



Схемы источников вторичного электропитания:

Выпрямители

ЕВ

Преобразователи

ЕМ

Стабилизаторы напряжения непрерывные

ЕН

Стабилизаторы тока

ЕТ

Стабилизаторы напряжения импульсные

ЕК

Схемы управления импульсными стабилизаторами ЕУ

Прочие

ЕП

Электроника.

Некоторые сокращения функциональных назначений
ИМС

Например, усилители:

| | | | |
|------------------------------|----|----|----|
| Высокой частоты | УВ | | |
| Промежуточной частоты | | УР | |
| Низкой частоты | УН | | |
| Широкополосные напряжения | | УК | |
| Импульсных сигналов | | УИ | |
| Повторители | УЕ | | |
| Считывания и воспроизведения | | | УЛ |
| Индикации | УМ | | |
| Постоянного тока | | УТ | |
| Операционные | УД | | |
| Дифференциальные | | УС | |
| Прочие | УП | | |

Электроника.

В зависимости от способа интеграции элементов, т. е. от производственной технологии, ИМС бывают:

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.

Электроника.

В ГОСТ 17021-75 степень интеграции ИМС определена как показатель сложности, выражаемый формулой $K = \lg N$, где K -коэффициент, округляемый до ближайшего большего целого числа, N – число элементов, входящих в ИМС.

По сложности ИМС подразделяются на малые, средние, большие и сверхбольшие интегральные схемы (МИС, СИС, БИС, СБИС ит.д)

Электроника.

| Наименование ИМС | Число элементов на кристалле |
|---|------------------------------|
| Малая интегральная (МИС) | До 100 |
| Средняя интегральная (СИС) | До 1000 |
| Большая интегральная (БИС) | До 10000 |
| Сверхбольшая интегральная (СБИС) | До 1000000 |
| Ультрабольшая интегральная схема (УБИС) | До 1 000 000 000 |
| Гигабольшая интегральная схема (ГБИС) | Свыше 1 000 000 000 |

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

Электроника.

В зависимости от рассеиваемой мощности ИМС могут быть: маломощными (до 0,3 Вт), средней мощности (от 0,3 до 3 Вт) и мощными (свыше 3 Вт).

По значению предельной частоты их подразделяют на низкочастотные (до 3 МГц), среднечастотные (от 3 до 30 МГц), высокочастотные (от 30 до 300 МГц) и сверхвысокочастотные (свыше 300 МГц).

По быстродействию их делят на ИМС малого (свыше 50 нс), среднего (от 50 до 5 нс) и большого быстродействия (ниже 5 нс).

Электроника.

При изготовлении микросхем используется фотопроект, при этом схему формируют на подложке, обычно из диоксида кремния, полученной термическим оксидированием 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 находится во взаимозависимости с рядом других производственных возможностей: чистотой получаемого кремния, характеристиками инжекторов, методами вытравливания и напыления.

Электроника.

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.

Электроника.

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).

Электроника.

Использование ИМС позволяет уменьшить объем и себестоимость электронной аппаратуры, снизить потребление электроэнергии, увеличить быстродействие схем (скорость передачи информации) и надежность их работы. Недостатками ИМС являются плохая теплопередача и малое количество возможных перепаек.

Применение ИМС способствовало развитию ряда областей техники, таких, как кибернетика, вычислительная техника, робототехника и пр. Сами ИМС продолжают совершенствоваться в направлении уменьшения размеров содержащихся в них элементов, а следовательно, повышения степени интеграции.

Электроника.

ИЗ ИСТОРИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ В СССР

К концу 50-х годов прошлого столетия технология сборки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из дискретных элементов исчерпала свои возможности. Мир пришел к острейшему кризису РЭА, для его преодоления требовались радикальные меры. В СССР электронная промышленность выделяется в самостоятельную отрасль (Госкомитет по электронной технике — ГКЭТ, преобразованный затем в Минэлектронпром — МЭП) во главе с министром Александром Ивановичем Шокиным.

Электроника.

В 1959 году группа молодых разработчиков КБ Рижского завода полупроводниковых приборов (Карнов, Осокин, Пахомов) создала образцы германиевых ИС — логические элементы “2 ИЛИ-НЕ”. К 1963 году была разработана первая технологическая линейка для изготовления бескорпусных ИС “Р12-2”. Три-четыре таких ИС помещали в металлический модуль и заливали компаундом. В середине 60-х годов их выпуск достиг 300 тыс. штук в год.

Электроника.

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). Работы проводились НИИ-35 (директор Трутко) и Фрязинским заводом (директор Колмогоров) по оборонному заказу для использования в автономном высотомере системы наведения баллистической ракеты.

Электроника.

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). Анализ внедрения цикла планарной технологии (свыше 300 технологических операций) в отечественной практике показал, что эту критическую технологию пришлось осваивать с нулевого уровня и практически самостоятельно, без помощи извне, в том числе, и по технологическому оборудованию.

Электроника.

Над решением этой проблемы работал коллектив в 250 человек научно-технологического отдела НИИ-35 и опытного цеха, специально созданного при отделе. Одновременно отдел служил полигоном для обучения специалистов многих предприятий Минэлектронпрома, осваивавших эту технологию. Например, специалисты полупроводникового завода 2-го Главного управления Минэлектронпрома в Воронеже (директор Колесников, ведущий – Никишин), обучались именно в этом отделе.

Электроника.

А.И. Шокин представил проект постановления о создании Центра микроэлектроники в Зеленограде, который был в целом одобрен. После множества согласований 8 августа 1962 года постановление ЦК КПСС и Совмина СССР было подписано.

Это было концептуальное постановление — первое в череде за ним последовавших. В нем узаконивалось, что Центр микроэлектроники будет создан в Зеленограде, и отныне проблема построения и развития отечественной микроэлектроники стала национальной задачей.

Электроника.



Создатели Центра микроэлектроники в Зеленограде у входа в НИИ ТТ и завод “Ангстрем”. Слева на право: Л. С. Гарба (директор завода “Элма” при НИИ МВ), Б. В. Тарабрин (директор ЦБ ПИМС), К. А. Валиев (директор НИИ МЭ), А. Ю. Малинин (директор НИИ МВ), В. Ф. Лукин (директор НЦ), Д. И. Юдицкий (директор СВЦ), А. К. Катман (гл. инженер НИИ ТТ), В. В. Савин (директор НИИ ТМ), Г. В. Бечин (директор завода “Ангстрем” при НИИ ТТ), В. С. Сергеев (директор НИИ ТТ).

Главные задачи Центра микроэлектроники как головной организации в стране по микроэлектронике:

обеспечение разработок и опытного производства ИС на мировом техническом уровне (догнать Америку) в интересах обороны страны и народного хозяйства;

обеспечение перспективного научного задела;

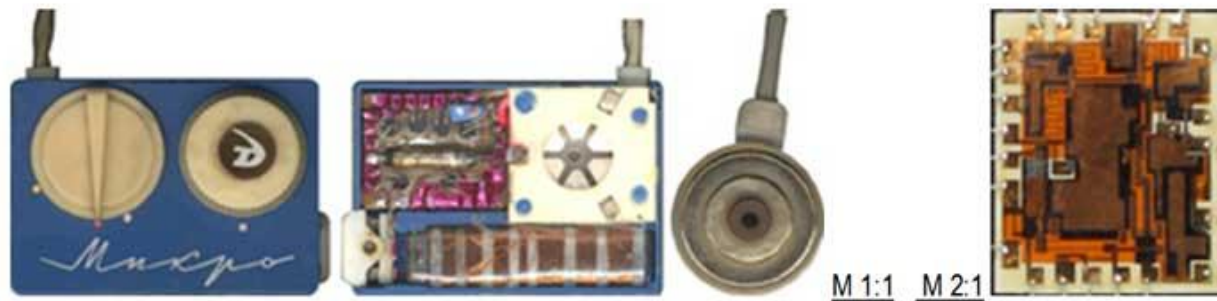
разработка принципов конструирования радиоэлектронной аппаратуры и ЭВМ на основе микроэлектроники, организация их производства, передача этого опыта соответствующим организациям страны;

унификация ИС, условий их применения в аппаратуре на предприятиях страны;

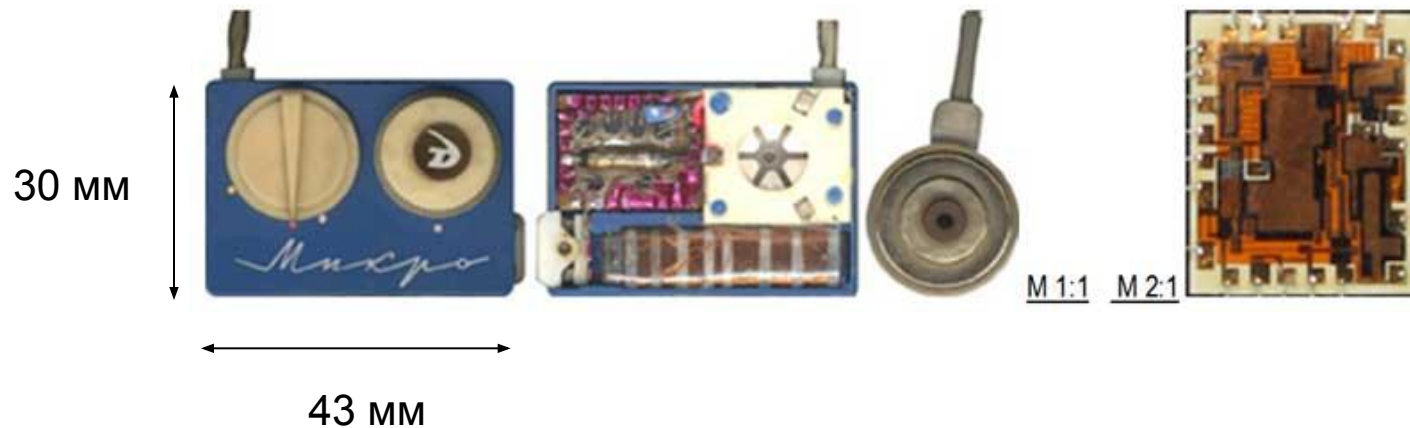
подготовка кадров, в том числе специалистов высшей квалификации.

Постановление определяло первоначальный состав предприятий пять новых НИИ с тремя опытными заводами: НИИ теоретических основ микроэлектроники, НИИ микросхемотехники, НИИ технологии микроэлектроники, НИИ машиностроения, НИИ специальных материалов.

Создание Центра микроэлектроники было не обособленной акцией, а частью масштабной программы построения новой подотрасли — микроэлектроники. В Москве, Ленинграде, Киеве, Минске, Воронеже, Риге, Вильнюсе, Новосибирске, Баку и других регионах начиналось репрофилирование имеющихся или создание новых НИИ с опытными заводами и серийных заводов с КБ. Первые должны были разрабатывать, а вторые массово производить ИС, специальные материалы и специализированное технологическое и контрольно-измерительное оборудование.



Во второй половине 1963 года в НИИМП уже были получены первые результаты по тонкопленочной технологии. Необходимо было проверить их на реальном изделии и публично продемонстрировать возможности микроэлектроники. Решили использовать идею — сделать микроприемник.



Первое в СССР изделие микроэлектроники — радиоприемник “Микро”. Размер приемника 43мм на 30мм в 7,5 мм (без выступающих органов управления). Прослушивалась радиопередача через наушник, вставляемый в ухо (третий слева).

“Первая модель — «Микро» — был приемник прямого усиления, а второй чуть больше по размерам, уже супергетеродинный. У него была очень острая настройка и, так как в СССР радиостанций было тогда на средних и длинных волнах совсем мало, это казалось недостатком. Но когда в 1964 году привезли этот приемник в США на съезд радиоинженеров, он произвел там мировую сенсацию! Статьи в газетах, фотографии: как СССР смог нас обогнать?... в Нью-Йорке, где было около 30 местных радиостанций острая настройка нашего приемника пришлась в самый раз. «Микро» продавали потом за валюту также во Франции, Англии, и везде там за ним в 60-е годы очереди стояли. В общем, «Микро» стал первой сенсацией для руководства. Хрущев брал их с собой за границу как сувениры, дарил королеве Елизавете...”

В 1972 г. в НИИП было освоено новое направление — многослойные ИС “Талисман”. Технология создания этих ИС тогда не имела мировых аналогов. Она резко снижала габариты, повышала быстродействие и надежность ИС.

В 1970-е годы наиболее преуспевающей полупроводниковой компанией была Intel. По сравнению с ней НИИТТ и “Ангстрем” на ведущих направлениях сначала имели некоторое отставание.

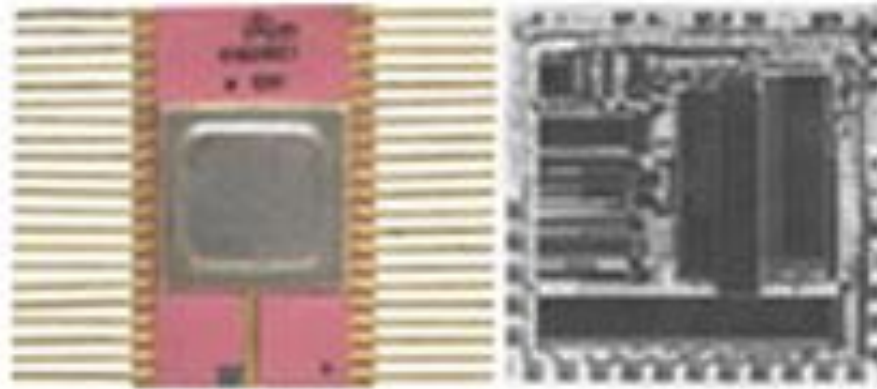
Например, динамическое ОЗУ емкостью 4 Кбит Intel выпустила в 1974 г. — “Ангстрем” в 1975-м, 16 Кбит — соответственно в 1977-м и начале 1978 г., а 64 Кбит обе фирмы представили на рынок практически одновременно в 1979 году

Аналогичная ситуация имела место и в НИИМЭ с заводом “Микрон”. В начале 1970-х годов директор НИИМЭ К.А. Валиев, находясь в США в компании Motorola, показал ИС серии 500 (аналог Motorola). Исследовав образцы, специалисты фирмы констатировали: “Ваши схемы действительно имеют более высокое быстродействие по сравнению с МС 10000, у вас хорошая технология”

В начале пятилетки (1976) американцы писали, что в микроэлектронике мы отстаем от них на 8 лет. И, надо думать, радовались этому. Однако к концу 70-х годов радости у них, видимо, поубавилось. Изучив в 1979 году несколько образцов наших схем, американцы оценили это отставание в 2-2,5 года. Переданные образцы были взяты из серийного выпуска.

В январском номере 1979 года американского журнала “Электроникс” а он очень авторитетен в этой области, уже отмечалось, что: “Технологическая база и квалификация технологов позволяют Советскому Союзу изготавливать интегральные схемы почти такого же качества, что и в США”.

И далее резюме: “Вероятно, полученные схемы не отражают наивысший технический уровень Советского Союза в этой области. Интегральные схемы, применяемые в СССР для собственных нужд, могут быть технически более совершенны”. В последнем они оказались правы: были проанализированы ИС микропроцессора серии К587 (разработка 1975 г.) и ОЗУ 16 Кбит (начало 1978 года).



Кульминацией этого соревнования стал 1979 год, когда в НИИТТ была разработана однокристалльная 16-разрядная ЭВМ К1801ВЕ1 с архитектурой “Электроника НЦ” (в нынешней терминологии — микроконтроллер). По заключению межведомственной госкомиссии, принимавшей разработку, такой ЭВМ за рубежом тогда еще не было.

В целом в период с 1964 по 1980 год отставание разработок в НЦ по различным типам ИС по сравнению с зарубежным уровнем колебалось в пределах от нуля до трех лет. Иногда вырывались вперед. Но примерно такая же динамика была и у ведущих зарубежных фирм — они то немного отставали от конкурентов, то опережали их. Таким образом, можно утверждать, что разработки зеленоградских НИИ в те годы в целом соответствовали мировому уровню. Его выходы на международные выставки вызывали, как правило, удивление зарубежных специалистов.

В целом же “...в 1978-1980 годах отечественная микроэлектроника, и особенно усилиями предприятий Зеленограда, была очень близка по своим возможностям и полученным результатам к уровню, имевшемуся в США”. Аппаратурные разработки предприятий также в основном не уступали мировому уровню. Производительность модулярной супер-ЭВМ, разработанной в СВЦ Д.И. Юдицкого, превосходила всё известное тогда в мире.

Не уступала своим современникам и разработанная там же мини-ЭВМ “Электроника НЦ-1” То же было и в НИИМП Г.Я. Гуськова: “...разработанная ими аппаратура превосходила соответствующие американские аналоги”

Необходимо отметить, что конкурентными были оригинальные разработки ИС и ЭВМ, не имеющие прямых зарубежных аналогов.

Однако по объемам выпуска интегральных схем Минэлектронпром значительно отставал от зарубежного уровня. Не удовлетворял он и потребности страны — средств для развития производственных мощностей серийных заводов (а они в микроэлектронике очень дороги) не хватало. В результате резко возросла нагрузка на зеленоградские опытные заводы. “Создавшееся положение, когда опытные заводы НЦ в основном оказались загруженными серийным производством интегральных схем, начало пагубным образом сказываться на дальнейших перспективах развития микроэлектроники”. Возможности отработки на опытных заводах новых материалов, процессов, технологических маршрутов, оборудования и изделий оказались резко ограничены.

Примерно с 1980 года началось прогрессирующее отставание. Причин тому немало, но к главным можно отнести следующие:

навязанная заказчиками политика и практика воспроизводства зарубежных образцов, заведомо программирующая отставание;

нежелание других отраслей народного хозяйства разрабатывать и производить материалы и спецоборудование для электронной промышленности с соответствующими характеристиками по чистоте и точности;

загрузка опытных заводов серийной продукцией;

отвлечение ресурсов отрасли на разработку и массовое производство непрофильной продукции: товаров народного потребления, видеотехники, вычислительной техники.

Кроме этого существовала внутренняя причина — коренное изменение специализации Минэлектронпрома, противоречащем его изначальному назначению. Об этом публично объявил министр МЭП В.Г. Колесников в конце 80-х годов на заседании расширенной Коллегии МЭП. Коллегия была посвящена программе развития микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ): микропроцессоры, ЭВМ, периферийные устройства и прикладные системы. Во вступительном слове министр сказал: *“У Минэлектронпрома имеется три главных направления: микроэлектроника, МСВТ и видеотехника”*.

И это были не просто слова. Ранее, сначала в качестве первого заместителя министра, а с 1985 года уже в роли министра, В.Г. Колесников фактически взял курс на превращение МЭП в аппаратостроительную отрасль. А.И. Шокин тоже развивал машиностроение и вычислительную технику, но для нужд отрасли, не обеспечиваемых специализированными ведомствами.

Вообще-то фирмы, проектирующие ИС, особенно сложные, типа микропроцессоров, обречены на разработку устройств, в которых эти ИС применяются, например ЭВМ. Это необходимо, во-первых, для отработки и подтверждения правильности проекта ИС, во-вторых, для создания их первичного рынка. Но для этого не требуется организации собственного массового производства аппаратуры, а постановлением о создании ЦМ такие проекты полагалось передавать на серийные заводы страны.

Но В.Г. Колесников начал конкурировать с Минрадиопромом и Минприбором на их поле — МЭП выпустил больше персональных ЭВМ, чем все другие ведомства вместе, а видеомагнитофоны выпускались только в МЭП.

В.Г. Колесников обладал мощными организационными способностями. Этот бы талант, его бы энергию — да на развитие микроэлектроники. Но значительная часть ресурсов и министра, и министерства была направлена на создание в МЭП огромной аппаратостроительной индустрии: десятки НИИ, КБ и заводов, создававших и тиражировавших МСВТ, видеотехнику, бытовую электронную аппаратуру. А необходимые для этого интеллект, людские, материальные и финансовые ресурсы брались, естественно, за счет микроэлектроники. Ведь ресурсы министерства были ограничены, их остро недоставало для развития необходимых мощностей серийного производства микросхем.

В 1983 году в НИИП началась работа над динамическим ОЗУ емкостью 1 Мбит. По тем временам — огромный прорыв и огромный потенциальный рынок. ИС была разработана, однако выпускать ее было не на чем — для производства требовалась технология уровня 1 мкм, но имеющиеся в чистых помещениях оборудование такой точности тогда не обеспечивали. Вот как вспоминает об этом директор НИИП и завода в 1981-1987 годы А.Т. Яковлев: “Возникшие в 1983 году первые опасения за темпы развития ... вылились в обращение, которое было направлено первому заместителю министра МЭП [В.Г. Колесникову]. Однако руководству МЭПа потребовалось пять лет, чтобы прийти к решению о строительстве нового завода. В 1988 году строительство началось. Оно затянулось на много лет”

Таким образом, на своевременно поставленный вопрос о необходимости создания принципиально нового производства с микронными и субмикронными топологическими нормами руководство министерства не отреагировало — не хватало средств. Но в это время в Зеленограде строились непрофильные для МЭПа серийные заводы — “Квант” для персональных ЭВМ и “Элакс” — для накопителей на магнитных дисках. А средств на новые производства для “Микрона” не нашлось. Аналогичная ситуация сложилась в Воронеже (там был построен завод ЭВМ “Процессор”) и в других регионах.

В результате оптимальный момент для перевооружения отрасли был упущен, что и привело к неуклонному, все возрастающему отставанию. А начатое в 1988 году совместно с германской фирмой Meissner&Wurst строительство нового производственного корпуса, ориентированного на субмикронные технологии, затянулось — и вновь из-за дефицита средств. Между тем “немцы брались построить завод «под ключ» за три года” . В конце концов, его построили и оснастили всем инженерным оборудованием, но запустить в строй помешали начавшие в стране реформы.