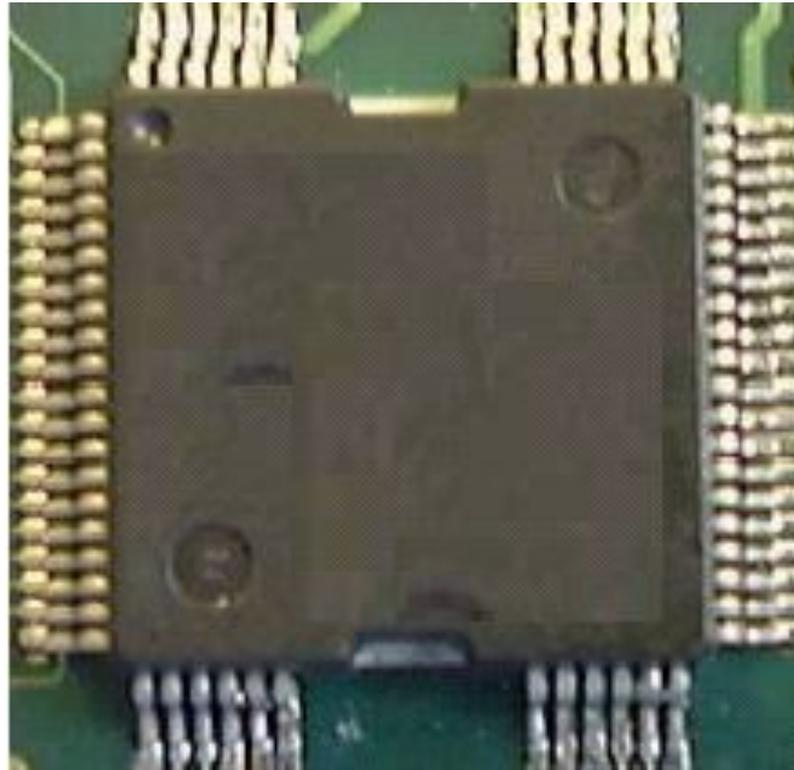


Лекция 9

Интегральные микросхемы (часть 1)



Интегральная микросхема – микроэлектронное изделие, выполняющее определённые функции преобразования, хранения, обработки информации и имеющая высокую плотность упаковки электрически соединённых между собой элементов и компонентов и представляющая единое целое с точки зрения требований к испытаниям, приемке и эксплуатации.



1952 — Джэффри Даммер, идея интегральной
схемы («брусочек без проводов»)

1958 — Джэк Килби, первая интегральная схема
(пять элементов, генератор)

2000 — Джэк Килби, Нобелевская премия за
создание интегральной схемы



Серия ИМС – набор типов ИМС,
выполняющих различные функции и
имеющих единое конструктивно-
технологическое исполнение



Интегральные микросхемы



Статические параметры ЦИС

- Входное напряжение логической единицы

(минимальное)

$$U_{ВХ}^1 (V_{IH});$$

- Входное напряжение логического нуля

(максимальное)

$$U_{ВХ}^0 (V_{IL});$$

- Выходное напряжение логической единицы

(минимальное)

$$U_{ВЫХ}^1 (V_{OH});$$

- Выходное напряжение логического нуля

(максимальное)

$$U_{ВЫХ}^0 (V_{OL});$$



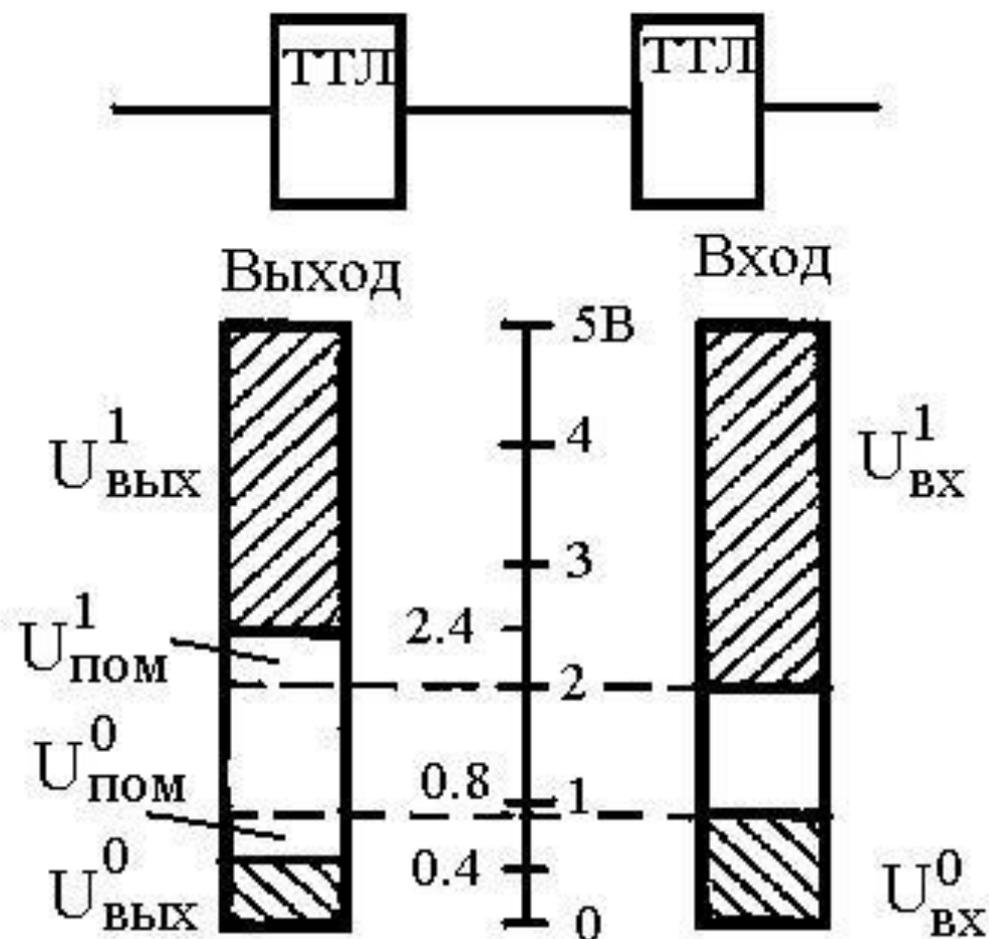
Статические параметры ЦИС

- Логический перепад $\Delta U_{\text{Л}} = U^1 - U^0$
- Пороговое напряжение элемента $U_{\text{пор}} (V_{\text{ИК}})$;
- Мощность потребления в состоянии логического “0” $P_{\text{П}}^0$
- Мощность потребления в состоянии логической “1” $P_{\text{П}}^1$
- Средняя мощность потребления

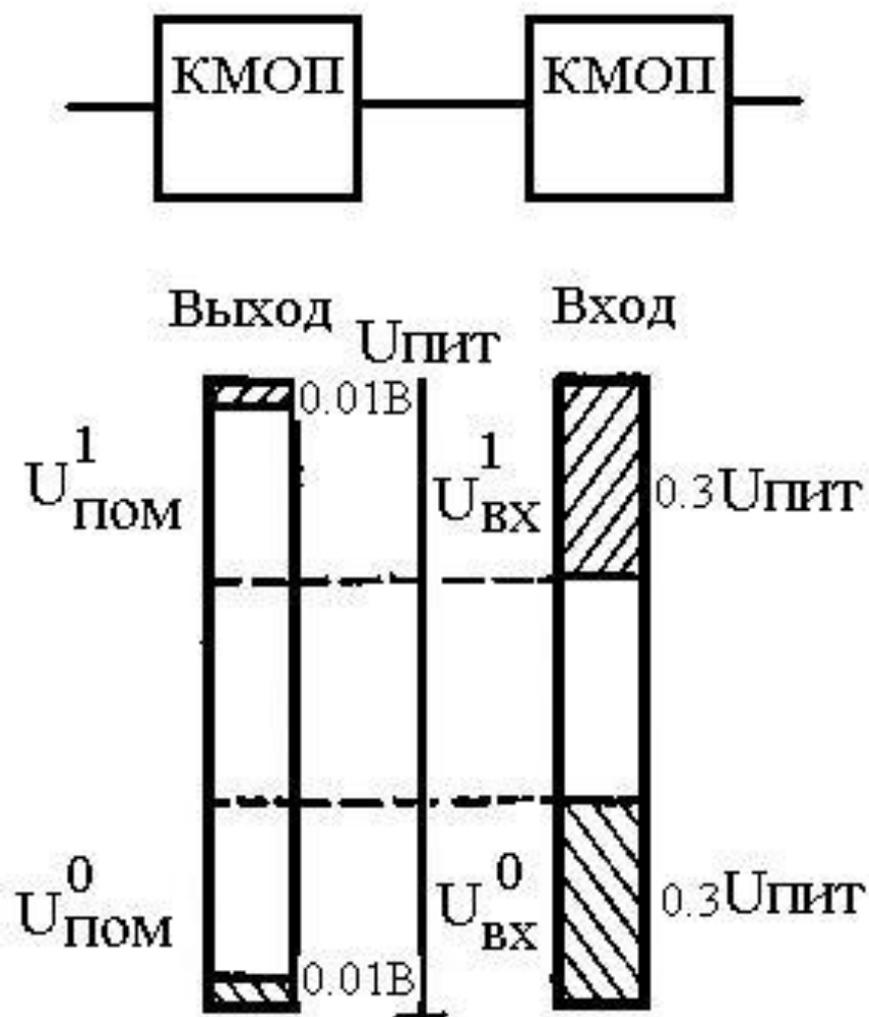
$$P_{\text{П.СР}} = (P_{\text{П}}^0 + P_{\text{П}}^1) / 2$$



Поля допусков входных и выходных сигналов ИМС ТТЛ-технологии



Поля допусков входных и выходных сигналов ИМС КМОП-технологии



Статические параметры ЦИС

- Напряжение источника питания

(указывается номинал, отклонение от номинала, величина пульсации) $U_{\text{пит}} (V_{CC})$
 (V_{DD}) ;

- Выходной ток логической "1" $I_{\text{ВЫХ}}^1 (I_{OH})$;

- Выходной ток логического "0" $I_{\text{ВЫХ}}^0 (I_{OL})$;

- Входной ток логической "1" $I_{\text{ВХ}}^1 (I_{IH})$;

- Входной ток логического "0" $I_{\text{ВХ}}^0 (I_{IL})$;

- Ток потребления $I_{\text{ПОТ}} (I_{CC})$;



Статические параметры ЦИС

-- Входное сопротивление ЛЭ при $U_{\text{ВХ}}=U^0$ $R_{\text{ВХ}}^0$

-- Входное сопротивление ЛЭ при $U_{\text{ВХ}}=U^1$ $R_{\text{ВХ}}^1$

-- Выходное сопротивление ЛЭ при $U_{\text{ВЫХ}}=U^0$ $R_{\text{ВЫХ}}^0$

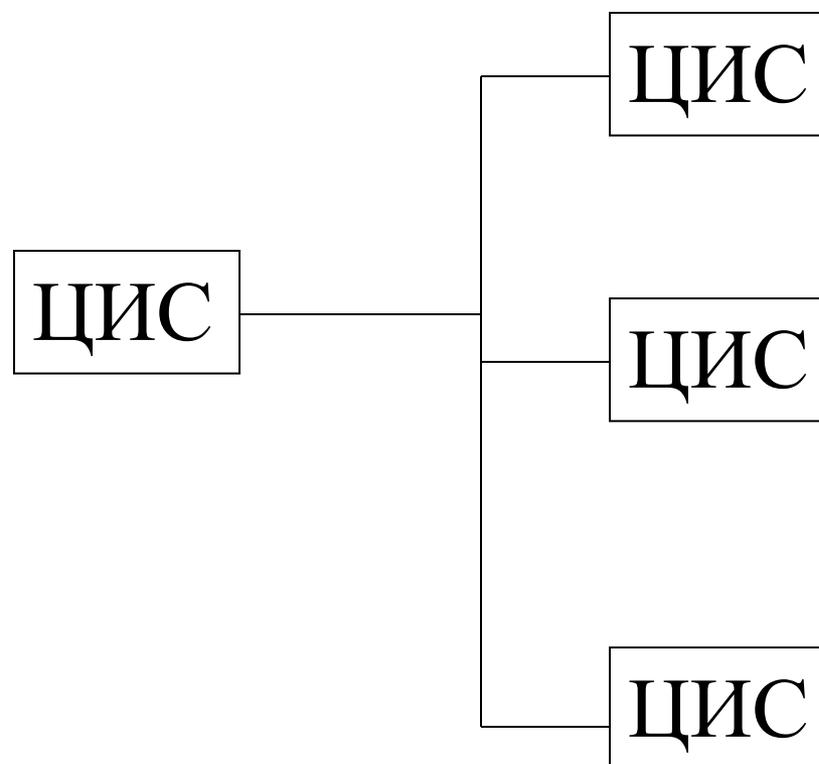
-- Выходное сопротивление ЛЭ при $U_{\text{ВЫХ}}=U^1$ $R_{\text{ВЫХ}}^1$



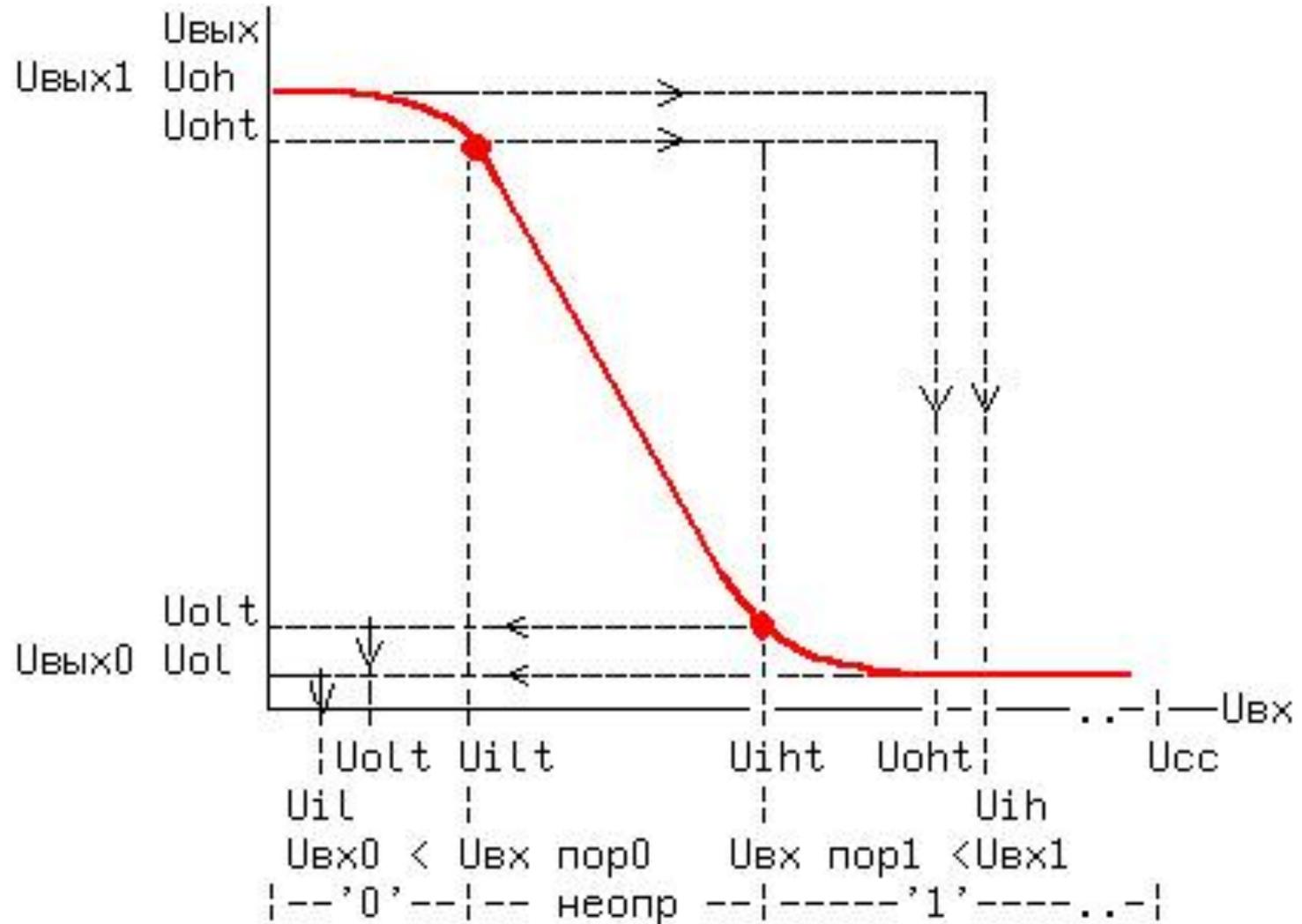
Статические параметры ЦИС

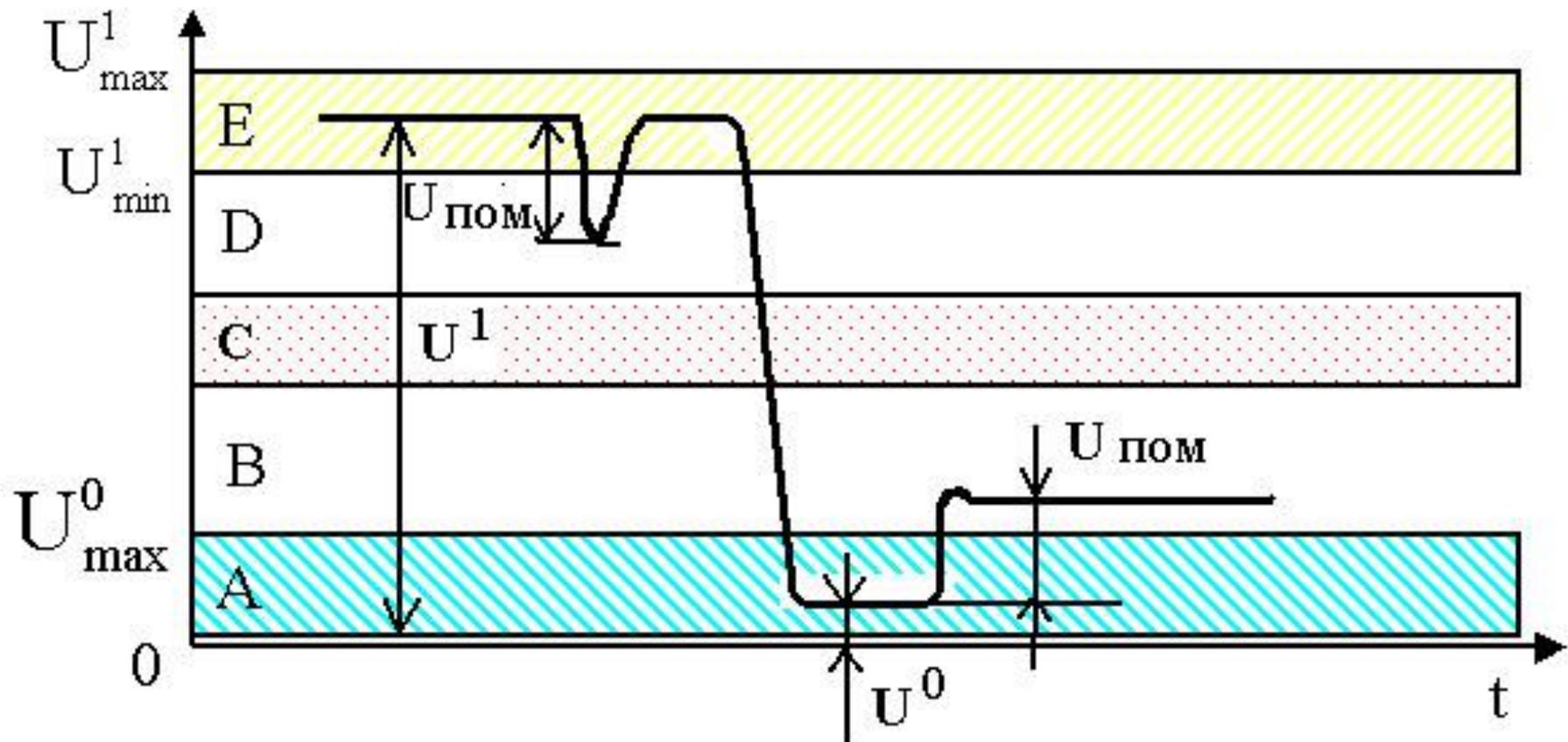
- Диапазон рабочих температур $t_{min}, t_{max}, ^\circ C$;
- Коэффициент разветвления по выходу $K_{раз}$.
- Коэффициент объединения по входу $K_{об}$.

$K_{раз}=3$



Передаточная характеристика $U_{\text{ВЫХ}}=f(U_{\text{ВХ}})$





Статическая помехоустойчивость

По низкому уровню

$$U_{\text{ПОМ}}^0 = \left| U_{\text{ВЫХmax}}^0 - U_{\text{ВХmax}}^0 \right|$$

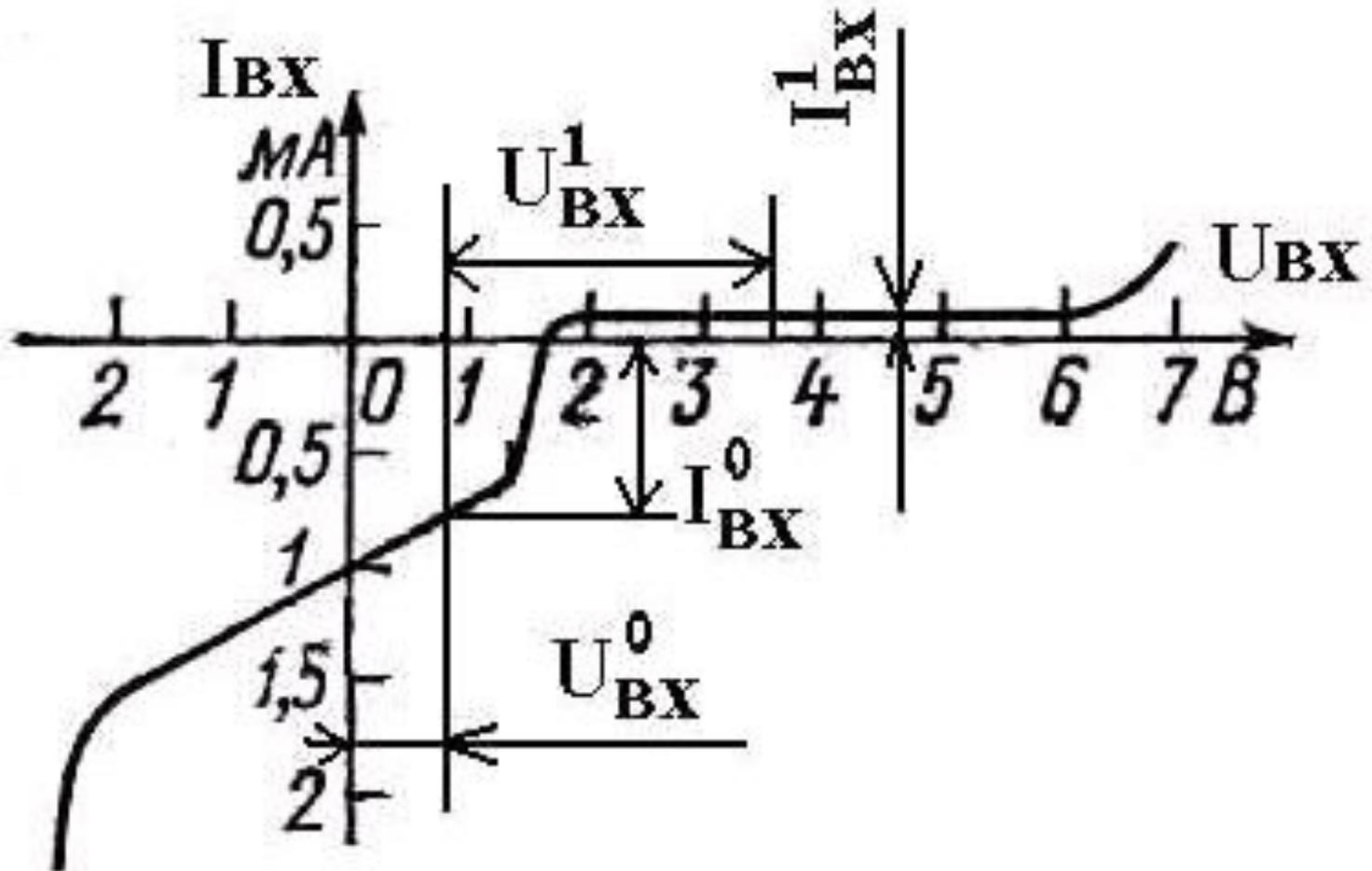
По высокому уровню

$$U_{\text{ПОМ}}^1 = \left| U_{\text{ВЫХmin}}^1 - U_{\text{ВХmin}}^1 \right|$$



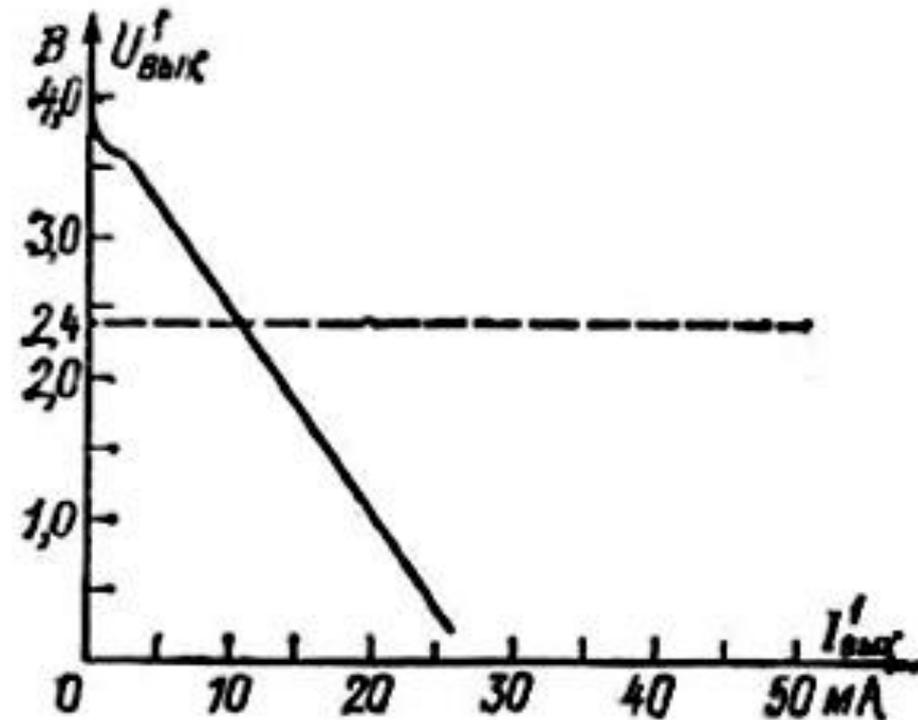
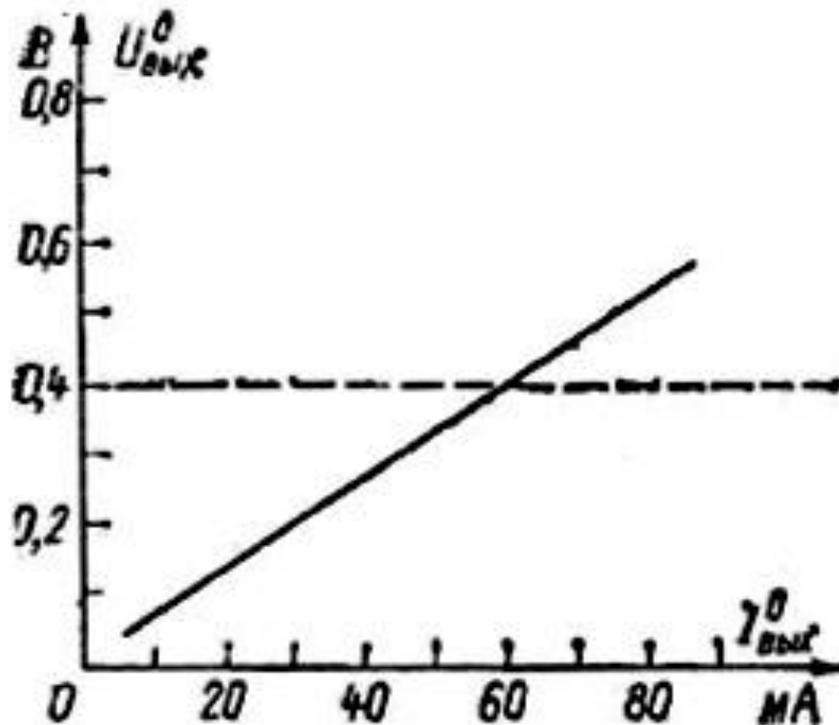
Входная характеристика

$$I_{BX} = f(U_{BX})$$

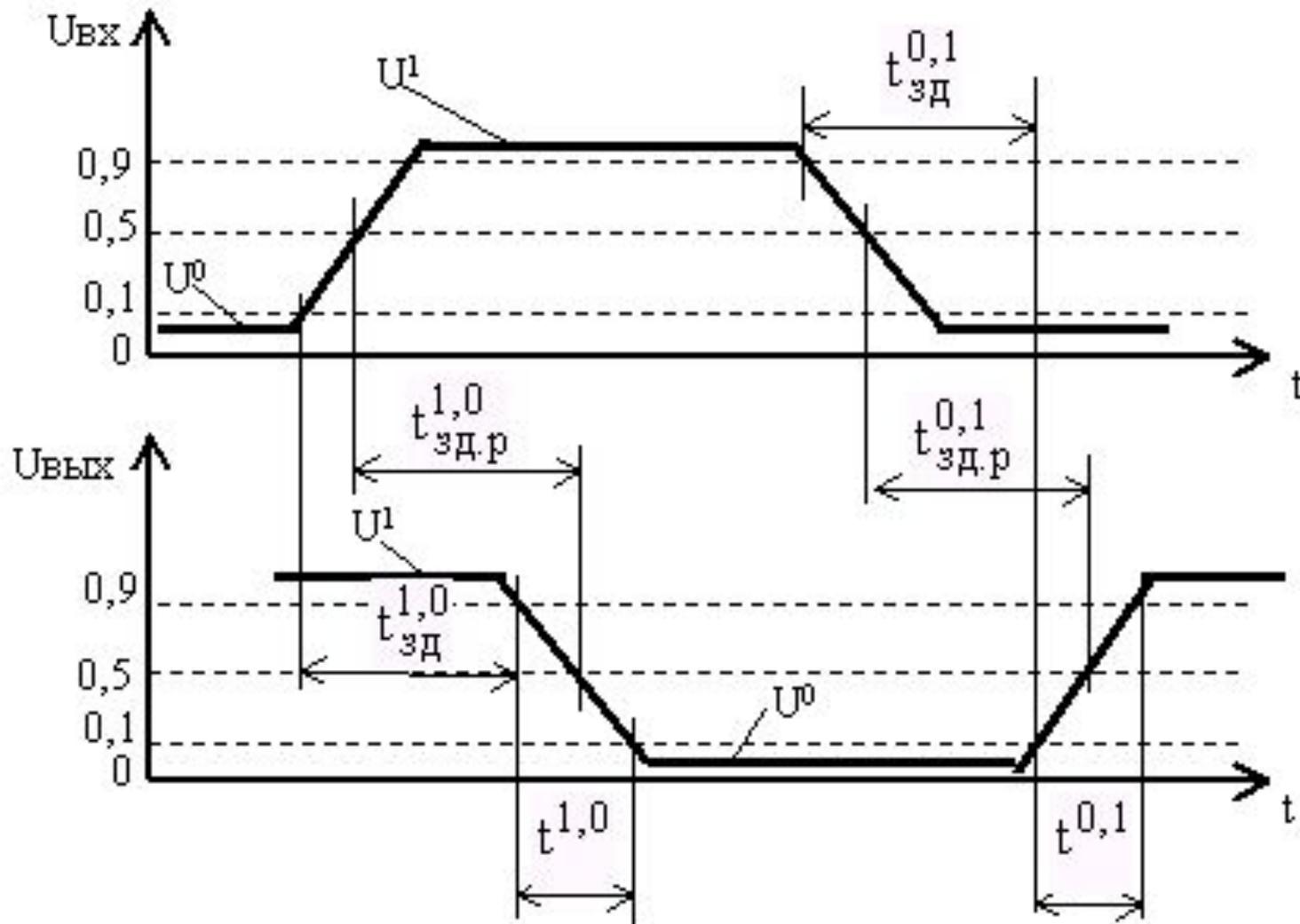


Выходная характеристика

$$I_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВЫХ}})$$



Динамические характеристики



Динамические параметры

- время перехода из состояния логической «1» в состояние логического «0»

$$t^{1,0}$$

- время перехода из состояния логического «0» в состояние логической «1»

$$t^{0,1}$$

- время задержки включения

$$t_{зд}^{1,0}$$

- время задержки выключения

$$t_{зд}^{0,1}$$



Динамические параметры

- время задержки распространения сигнала при включении $t_{зд.р}^{1,0}$ (t_{PHL})
- время задержки распространения сигнала при выключении $t_{зд.р}^{0,1}$ (t_{PLH})
- среднее время задержки распространения сигнала $t_{зд.р.ср}$
- рабочая частота переключения (максимальная рабочая частота) f_p



Динамические параметры

Предельно допустимая емкость нагрузки C_H , Ф

Предельно допустимая индуктивность нагрузки
 L_H , Гн



Степень интеграции –
показатель сложности микросхемы,
характеризуемый числом
содержащихся в ней элементов и
компонентов $K = \lg N$

$K \leq 2$ – малая степень интеграции

$2 < K \leq 4$ средняя степень интеграции (СИС)

$4 < K \leq 5$ большая степень интеграции (БИС)

$K > 5$ сверхбольшая (СБИС)



Элемент – часть ИС, в которой реализуется функция какого-либо радиоэлемента (транзистора, диода, резистора, конденсатора и т.д.) и которую нельзя отделить от кристалла и рассматривать как самостоятельное изделие с точки зрения измерения параметров, упаковки и эксплуатации.

Компонент – часть ИС, с помощью которой можно реализовать функцию какого-либо радиоэлемента.



Подложка ИС – заготовка, предназначенная для изготовления на ней элементов гибридных и плёночных ИС, межэлементных и межкомпонентных соединений, контактных площадок.

Плата ИС – часть подложки (или вся подложка), на поверхности которой выполнены плёночные элементы, контактные площадки и линии соединений элементов и компонентов.



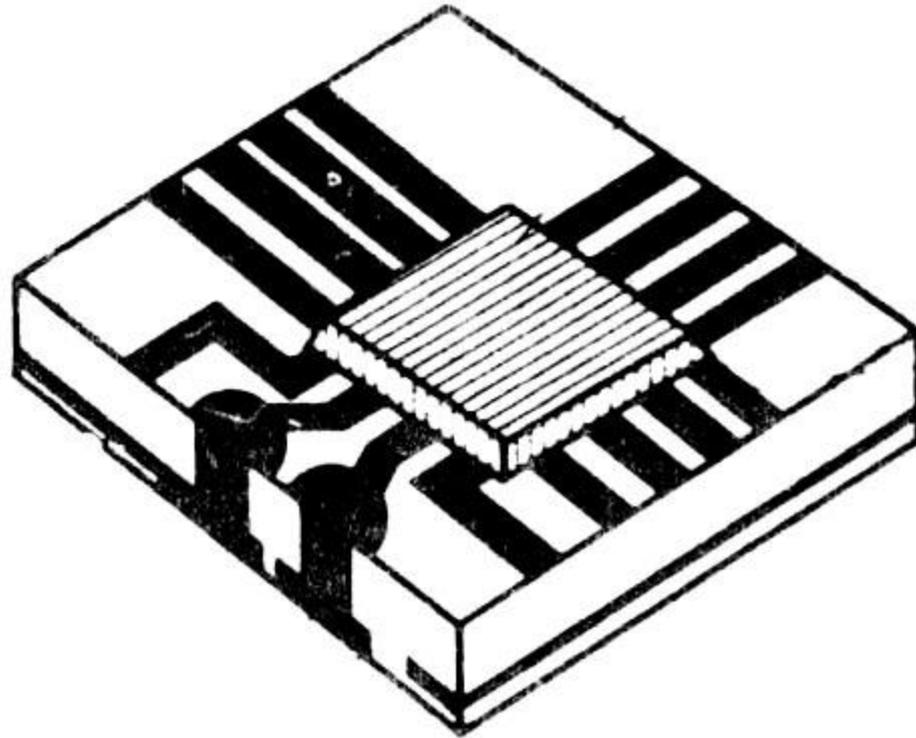
Полупроводниковая пластина – заготовка, используемая для создания ИС (иногда пластина с выполненными на ней элементами).

Кристалл ИС – часть пластины, полученная после её резки, когда на одной пластине выполнено несколько функциональных устройств.

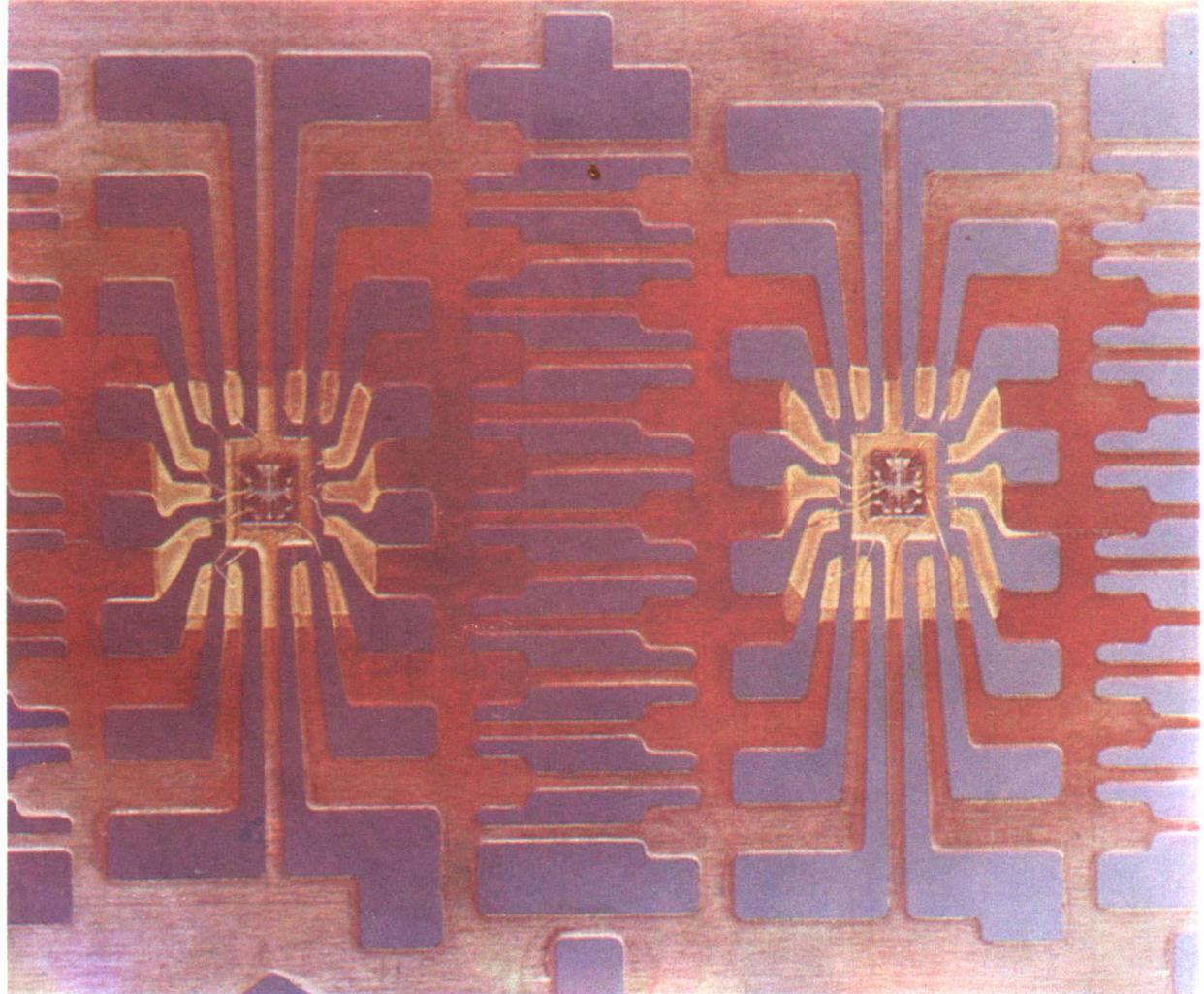
Вывод ИМС – проводник, соединенный электрически с контактной площадкой кристалла и механически с его поверхностью



Контактные площадки –
металлизированные участки на кристалле,
предназначенные для присоединения к
выводам корпуса ИС.



Сформированные микросхемы на кристалле

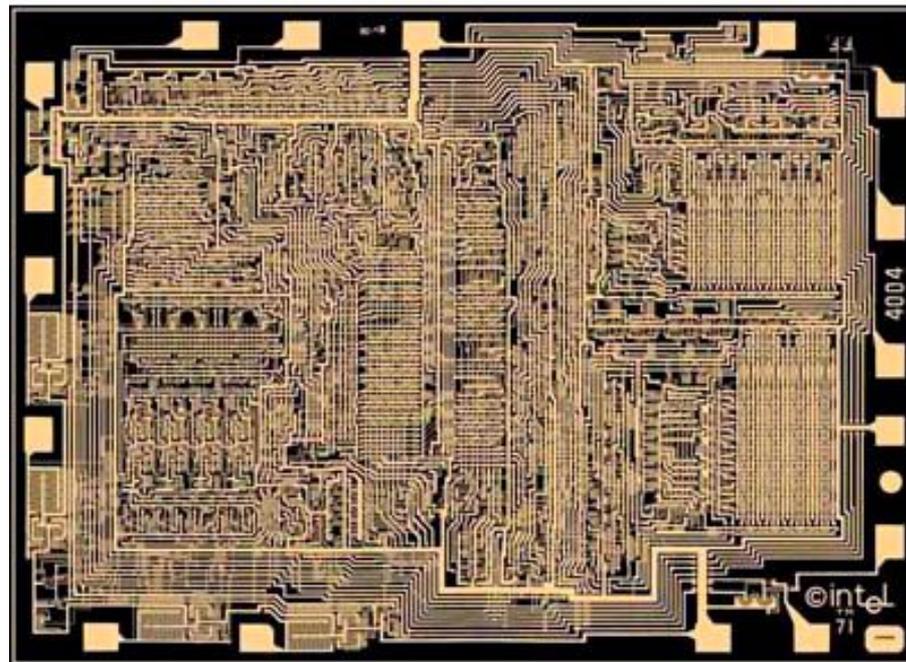
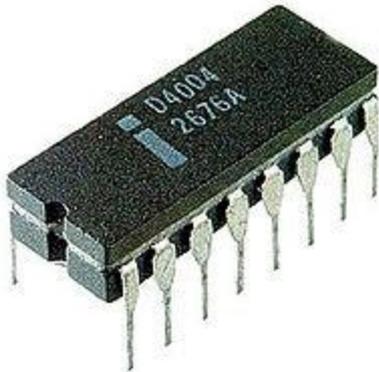


4-БИТНЫЙ ЦП Intel i4004 (1971)

Частота 90-200 кГц, 2250 транзисторов

Объём адресуемой памяти: 640 байт

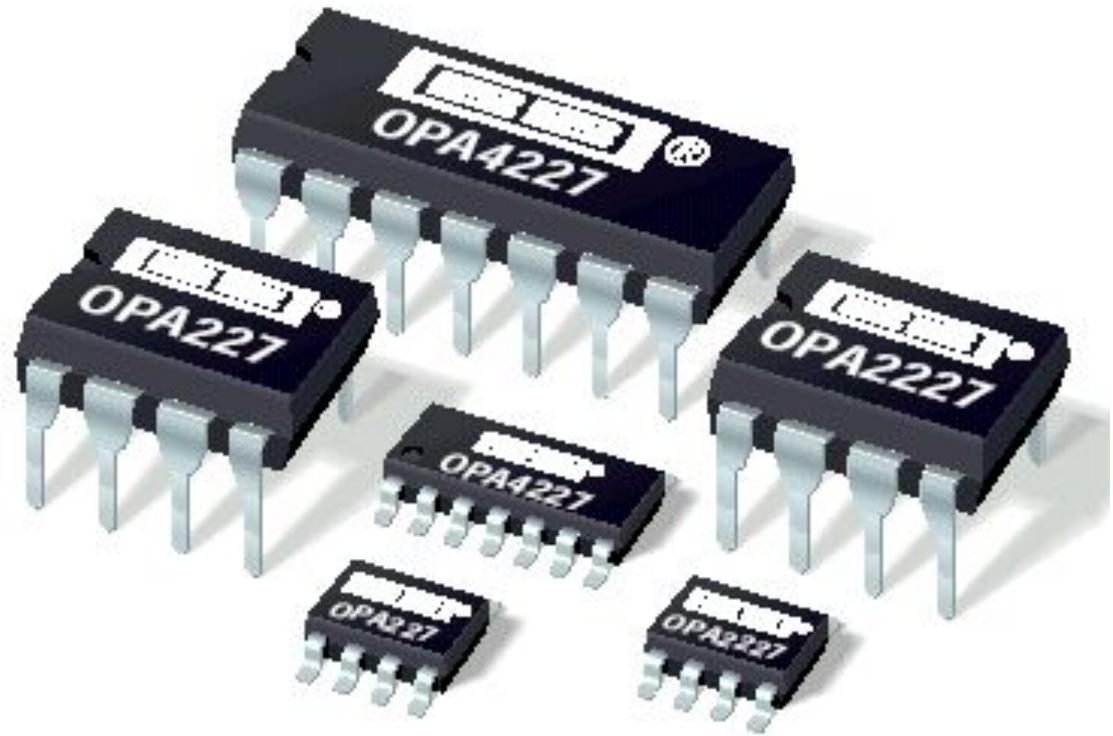
Напряжение питания: -15 В (pMOS)



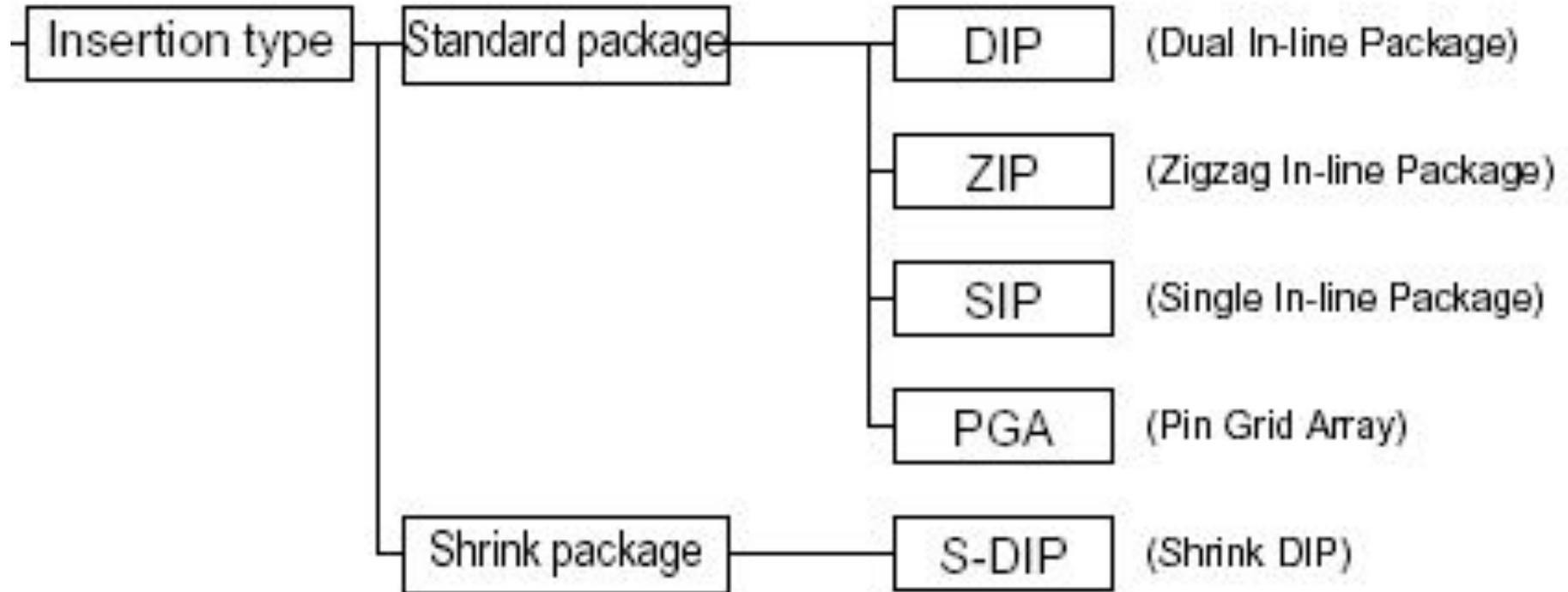
Корпус – часть конструкции ИС, которая защищает кристалл от внешних воздействий. Типы и размеры корпусов, а также число вводов и их расположение стандартизированы. На корпусе имеется “ключ” или корпус выполняется несимметричной формы, что эквивалентно ключу, который необходим для правильного нахождения выводов микросхемы.



Примеры корпусов микросхем



Классификация типов корпусов для обычного монтажа



Классификация типов корпусов для поверхностного монтажа

Surface
mount type

Four-directional
type

Two-directional
type

QFP (Quad Flat Package)

SOP (Small Outline Package)

LQFP (Low Profile QFP)

TSOP (Thin Small Outline Package)

TQFP (Thin Quad Flat Package)

HSOP (SOP with Heat Sink)

HQFP (QFP with Heat Sink)

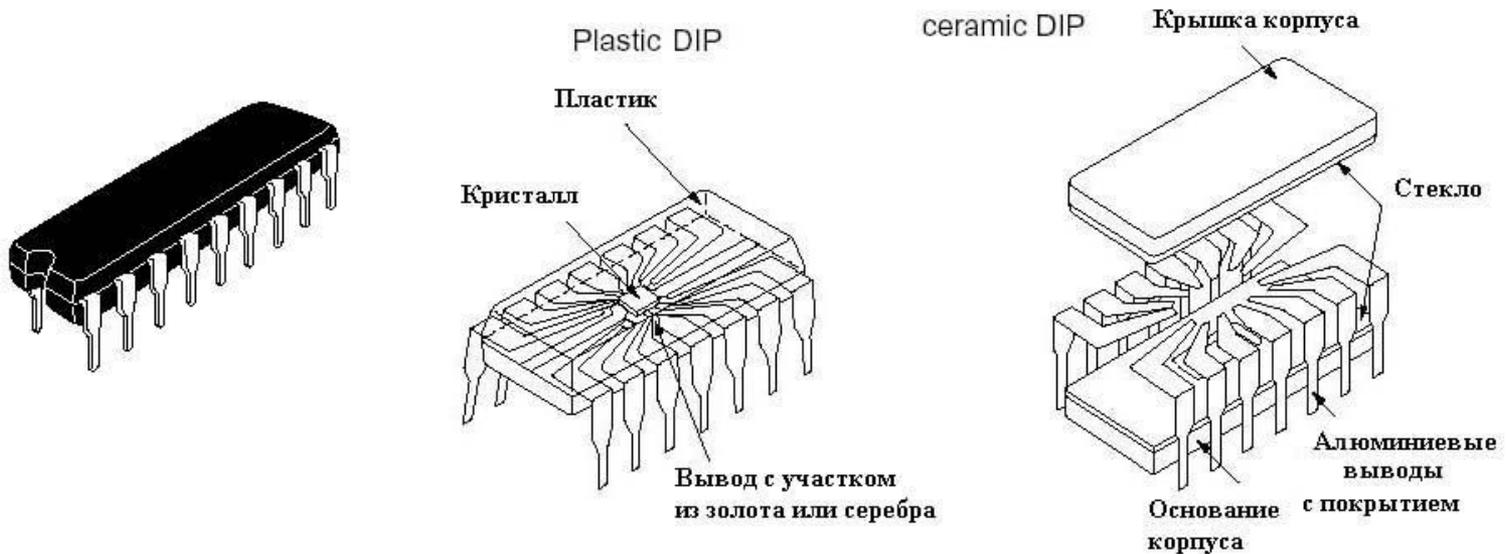
SSOP (Shrink SOP)



DIP (Dual In-line Package)

Выводы расположены перпендикулярно плоскости корпуса вдоль двух противоположных сторон.

Корпус может быть изготовлен из ударопрочного пластика (PDIP) или из специальной керамики (CDIP).



SDIP (Shrink DIP)

Корпус типа DIP с уменьшенным шагом выводов

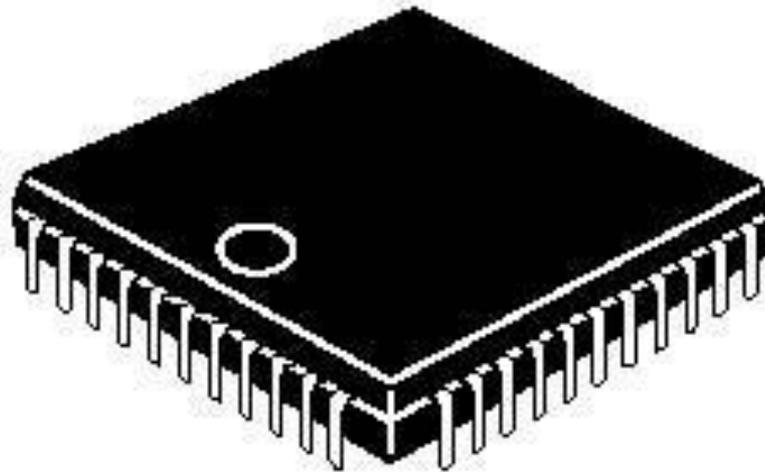


WDIP (DIP with Window)



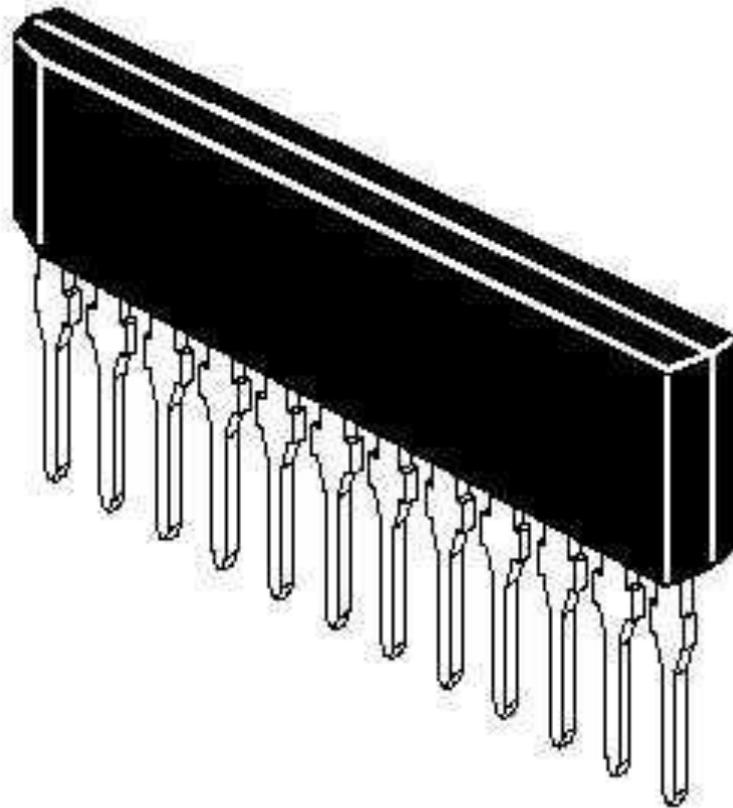
QFI (Quad Flat I-leaded Package)

Выводы расположены перпендикулярно плоскости корпуса, но в отличие от корпусов типа DIP, выводы прижаты к корпусу



SIP (Single In-line Package)

Выводы расположены вдоль одной стороны в направлении, совпадающим с плоскостью корпуса



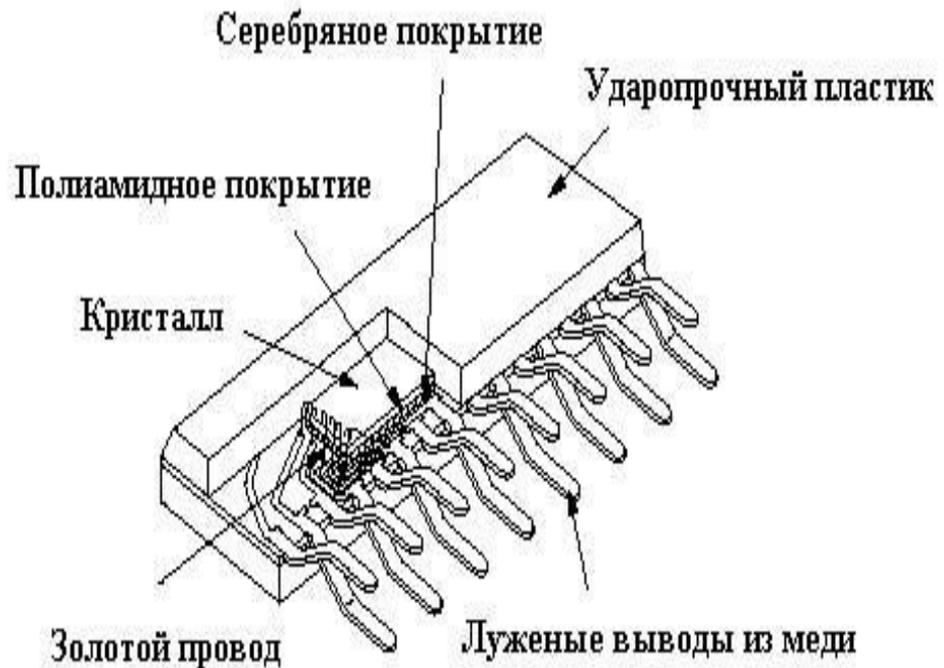
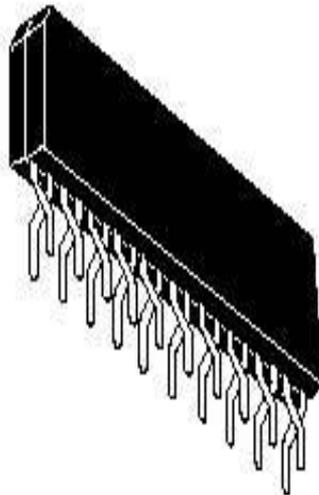
HSIP (SIP with Heat Sink)

Корпус типа SIP с металлическим теплоотводом



ZIP (Zigzag In-line Package)

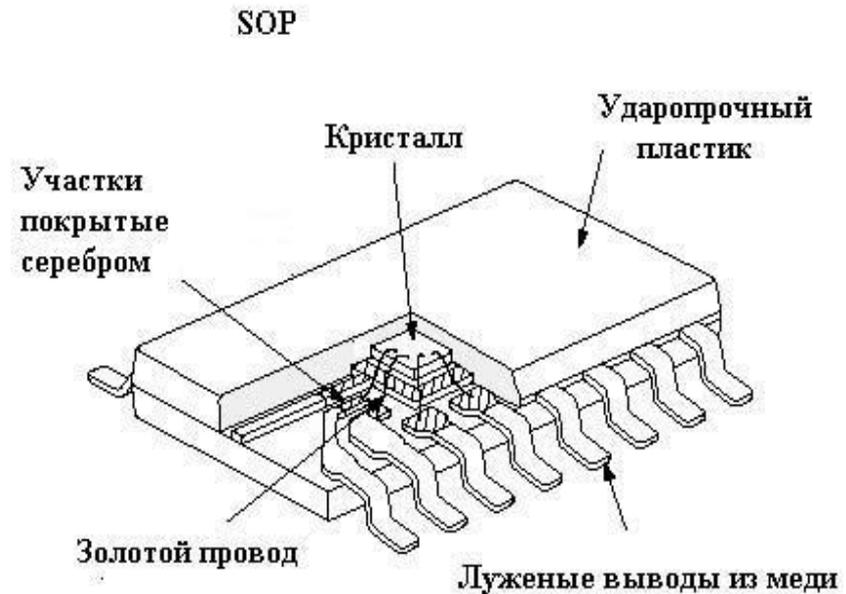
**Направление выводов совпадает с плоскостью корпуса.
Выводы расположены с одной стороны по линии "зиг-заг"**



ИМС в корпусах для поверхностного монтажа (Surface mount type)

SOP (Small Outline Package)

Корпус с двусторонним расположением G-образных ВЫВОДОВ



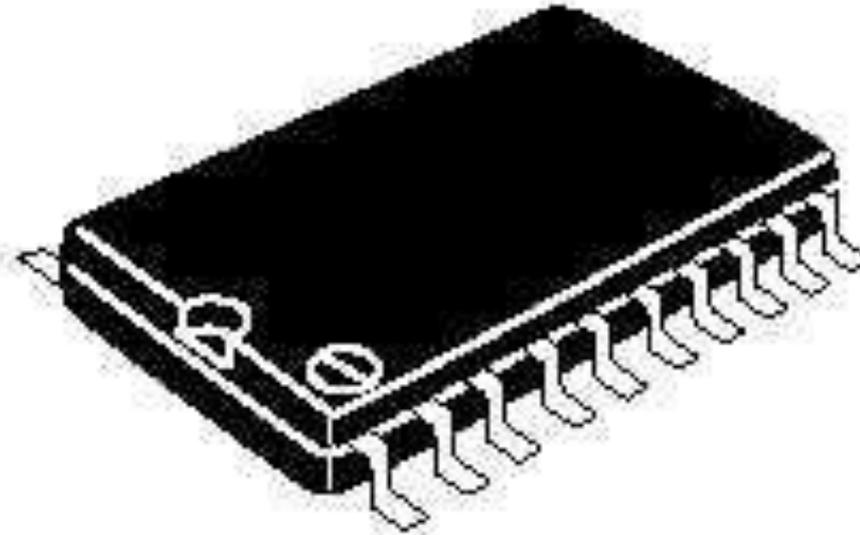
SSOP (Shrink SOP)

Корпус типа SOP с уменьшенным шагом выводов



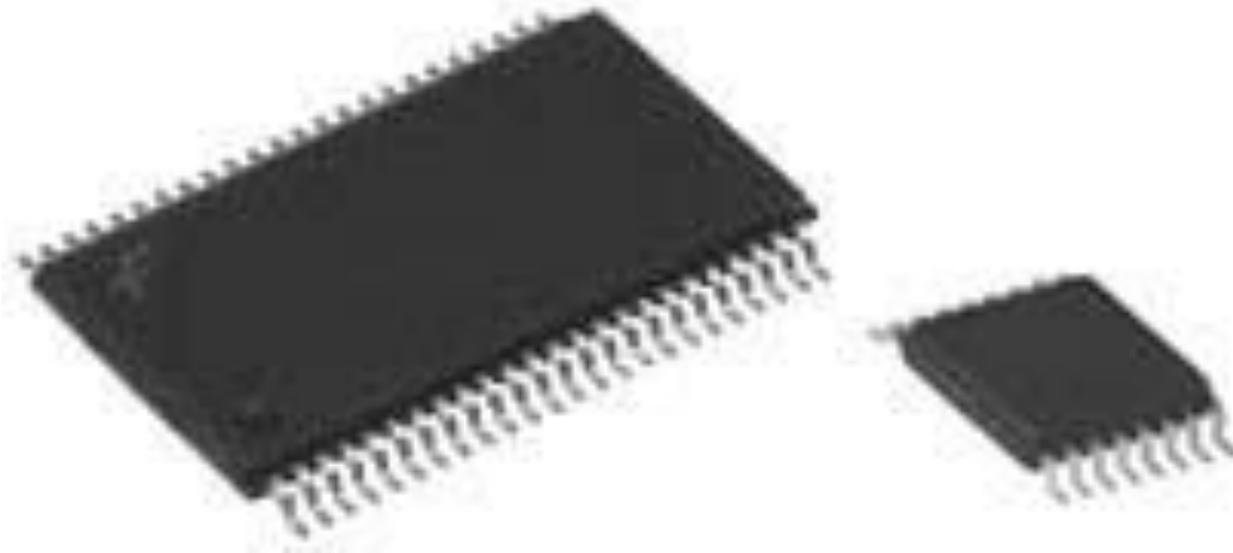
TSOP(Thin Small Outline Package)

От корпуса SOP отличается уменьшенной толщиной корпуса



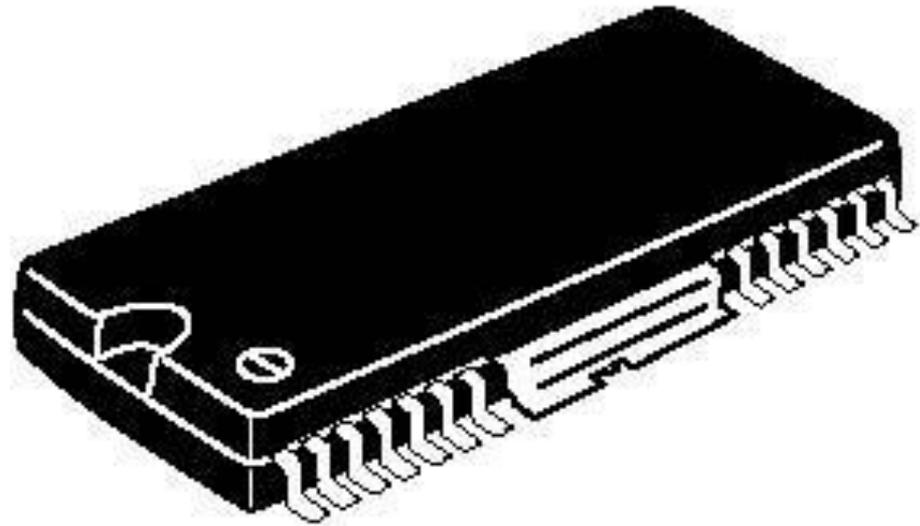
TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package)

От корпуса SOP отличается уменьшенной толщиной корпуса и уменьшенным шагом выводов



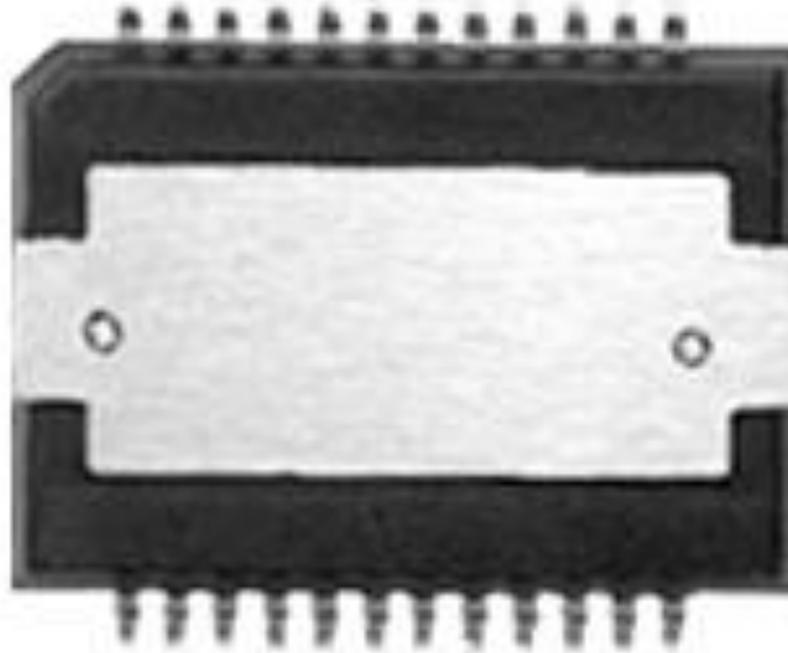
HSOP(SOP with Heat Sink)

Корпус SOP с теплоотводом



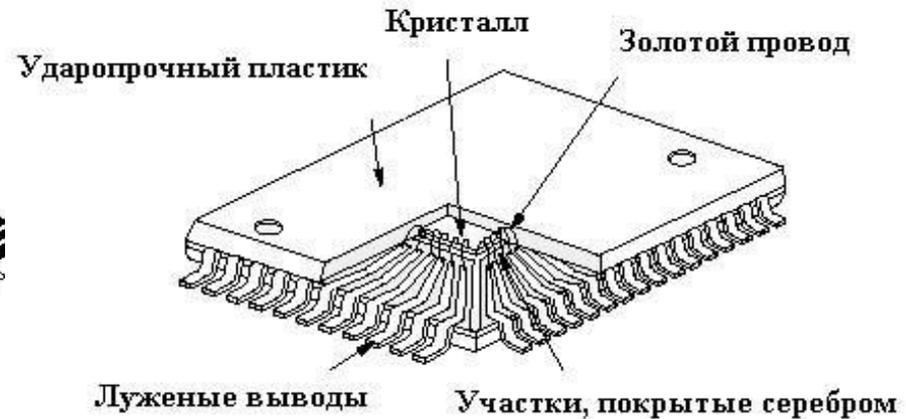
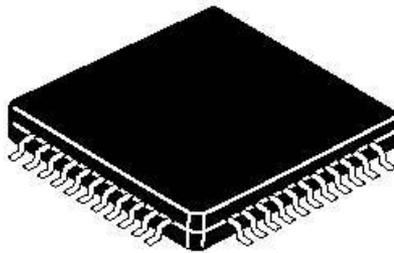
PSOP (Power Small Outline Package)

Корпус SOP с теплоотводом в виде металлической пластины под корпусом ИМС



PQFP (Plastic Quad Flat Package)

Корпус прямоугольной формы с G-образными выводами, расположенными по четырем сторонам корпуса



TQFP(Thin Quad Flat Package)

Корпус PQFP с уменьшенной толщиной корпуса

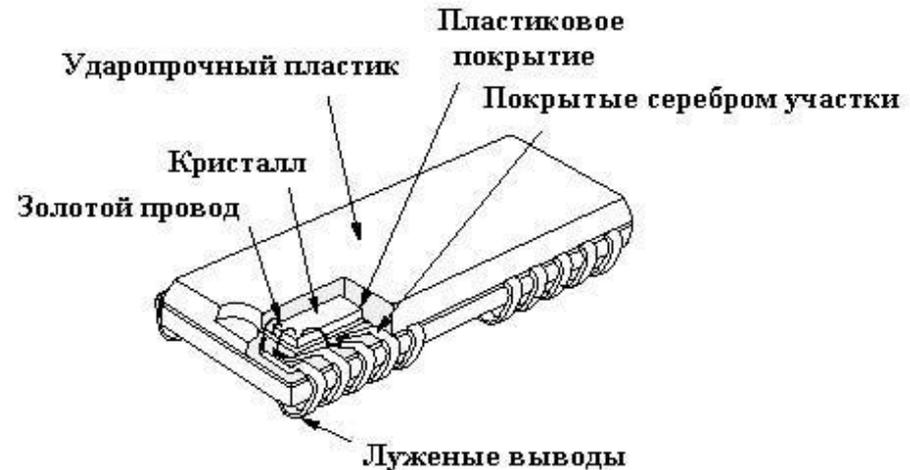
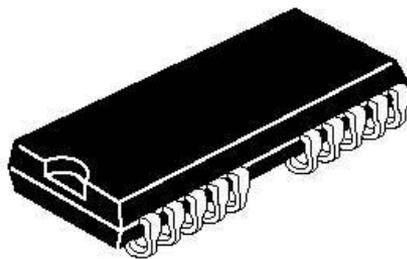


Корпуса J-lead package

Корпуса этой группы имеют загнутые под плоскость корпуса выводы (отсюда символ J в названии)

SOJ (Small Outline J-leaded Package)

Корпуса с двусторонним расположением выводов



**QFJ (Quad Flat J-leaded Package), PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier),
JLCC (J-Leaded Ceramic Chip Carrier)**
Выводы расположены по периметру корпуса



BGA (BALL GRID ARRAY)

Выводы микросхем данной группы представляют собой матрицу шариков, размещенных непосредственно под корпусом

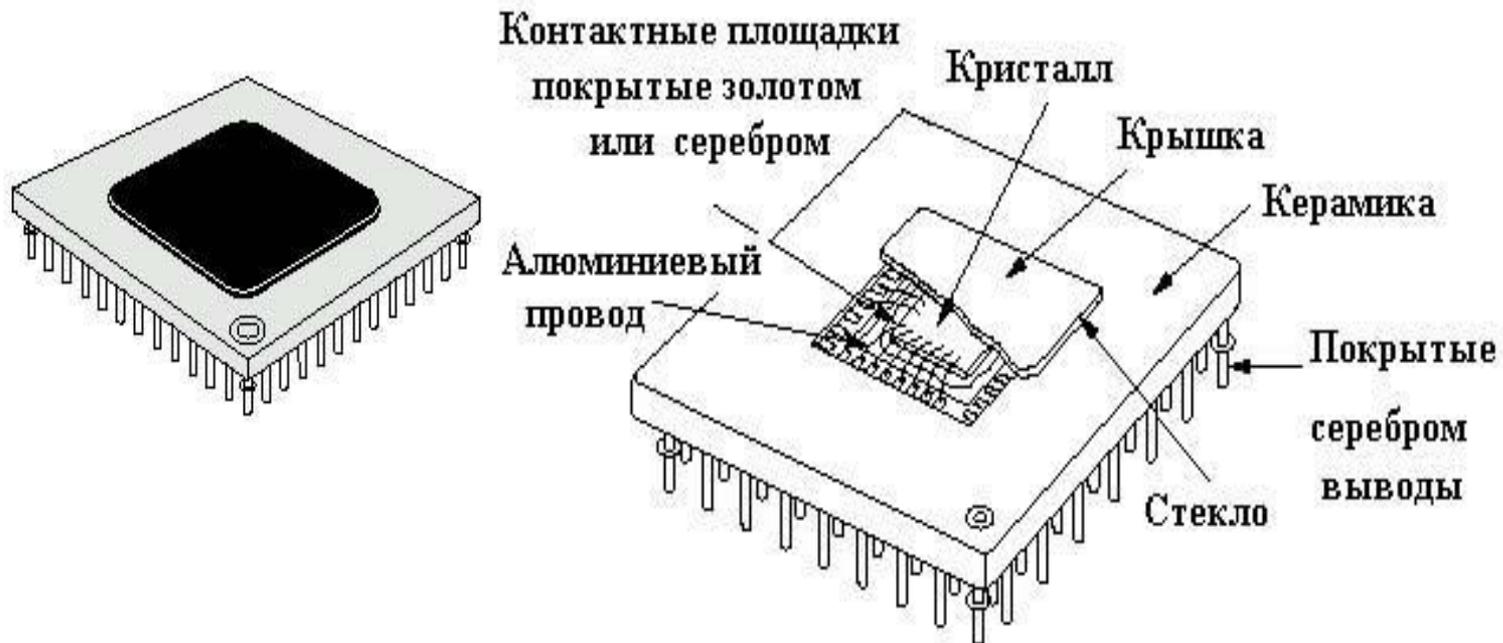
CBGA (Ceramic Ball Grid Array)

Квадратный или прямоугольный керамический корпус (рис.7.22). Типовое количество выводов – до 500



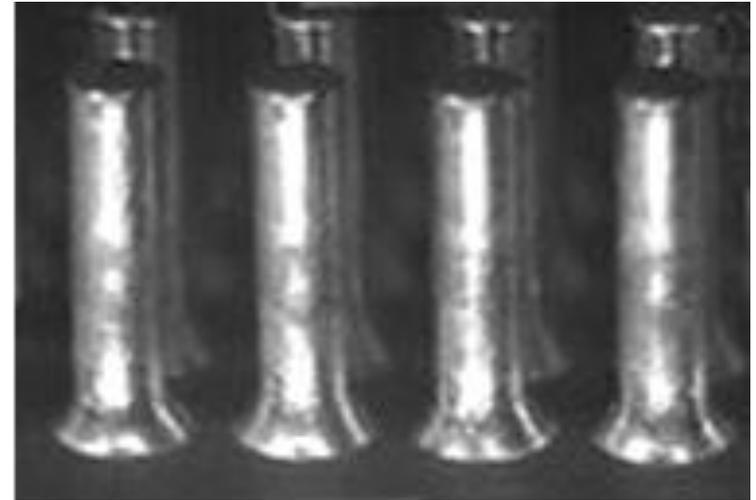
CPGA (Ceramic Pin Grid Array)

Керамический квадратный или прямоугольный корпус с жесткими выводами, расположенными на нижней стороне корпуса, перпендикулярно плоскости корпуса



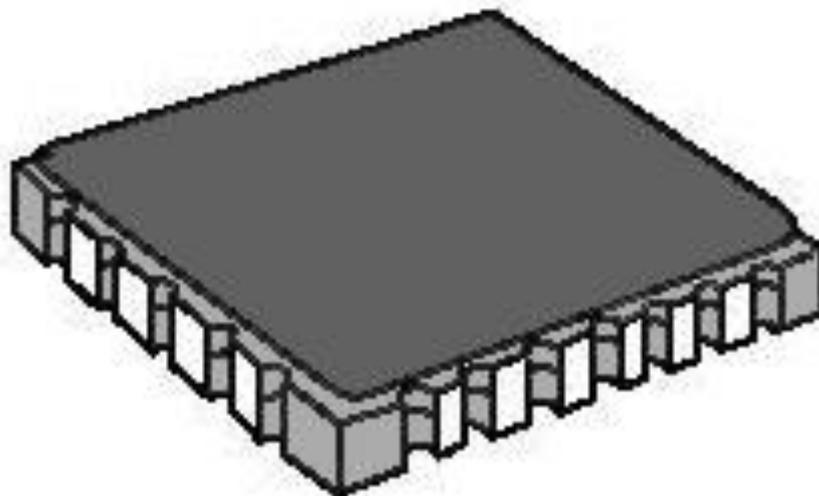
CCGA (Ceramic Column Grid Array)

Керамический корпус с выводами, представляющие собой столбики из припоя, расположенные в виде матрицы на нижней стороне корпуса



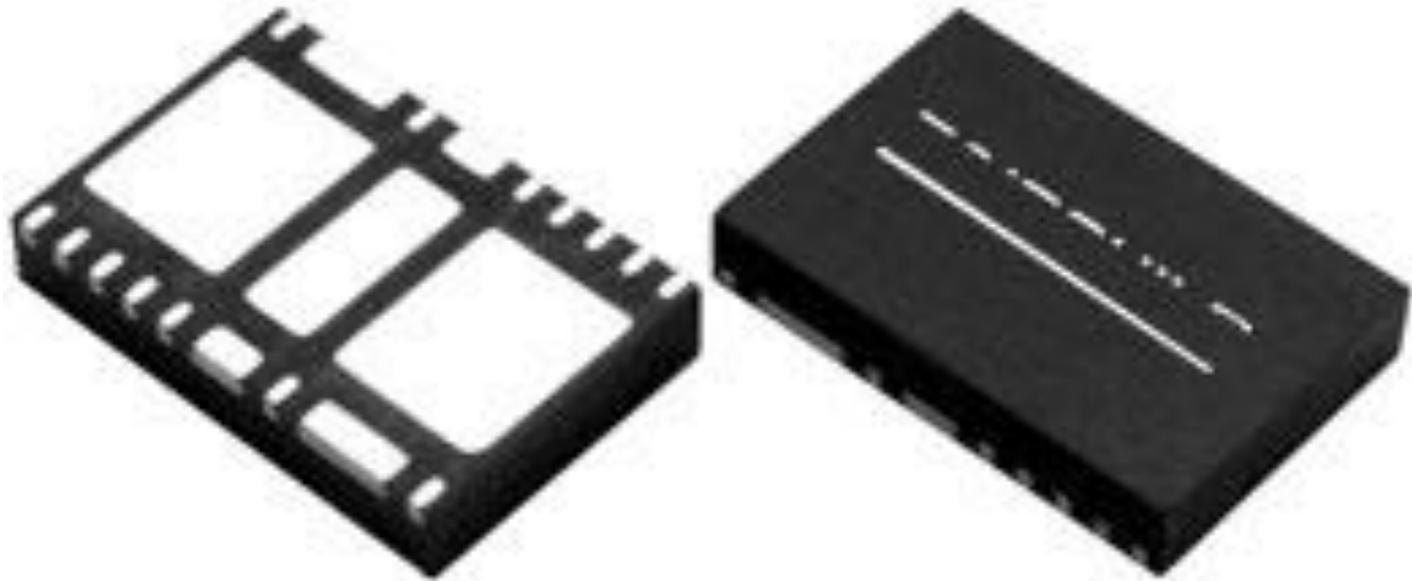
QFN (Quad Flat Non-leaded Package)

Металлизированные участки расположены по всем четырем сторонам малогабаритного квадратного корпуса



PQFN (Power Quad Flat No Leads)

Прямоугольный или квадратный корпус с теплоотводом на нижней стороне

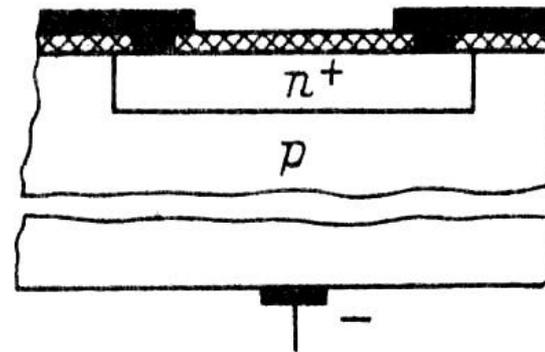
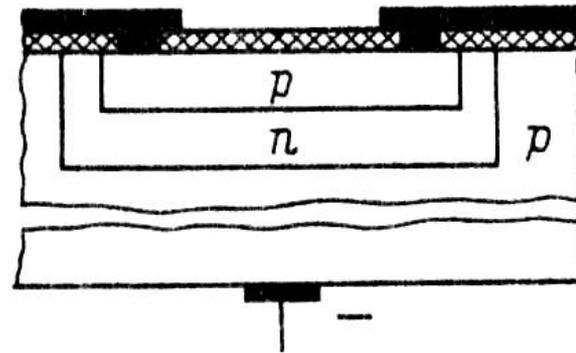


DFN (Dual Flat No Leads)

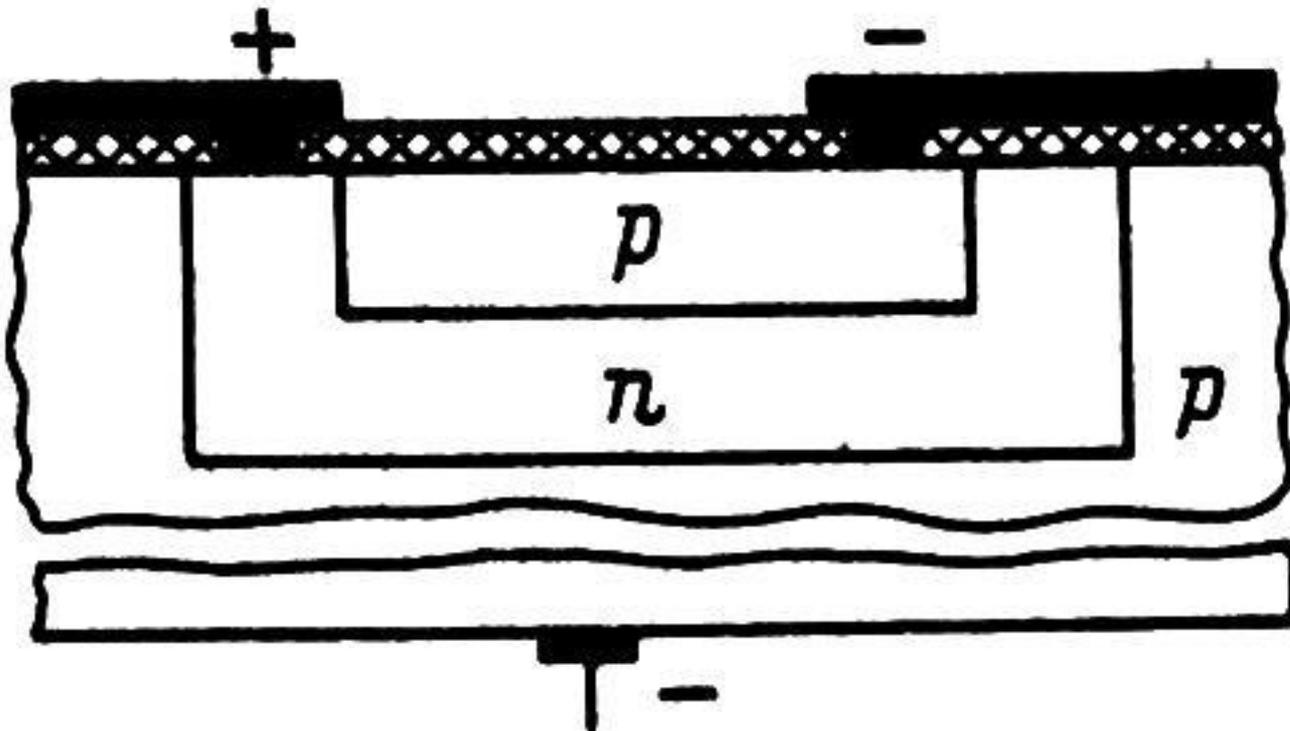
Металлизированные участки расположены по двум длинным сторонам корпуса



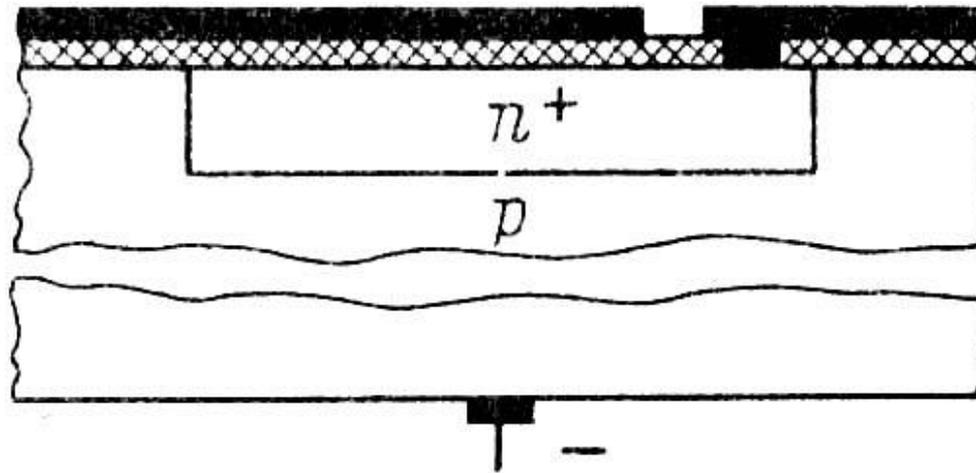
Диффузионный резистор п/п ИМС



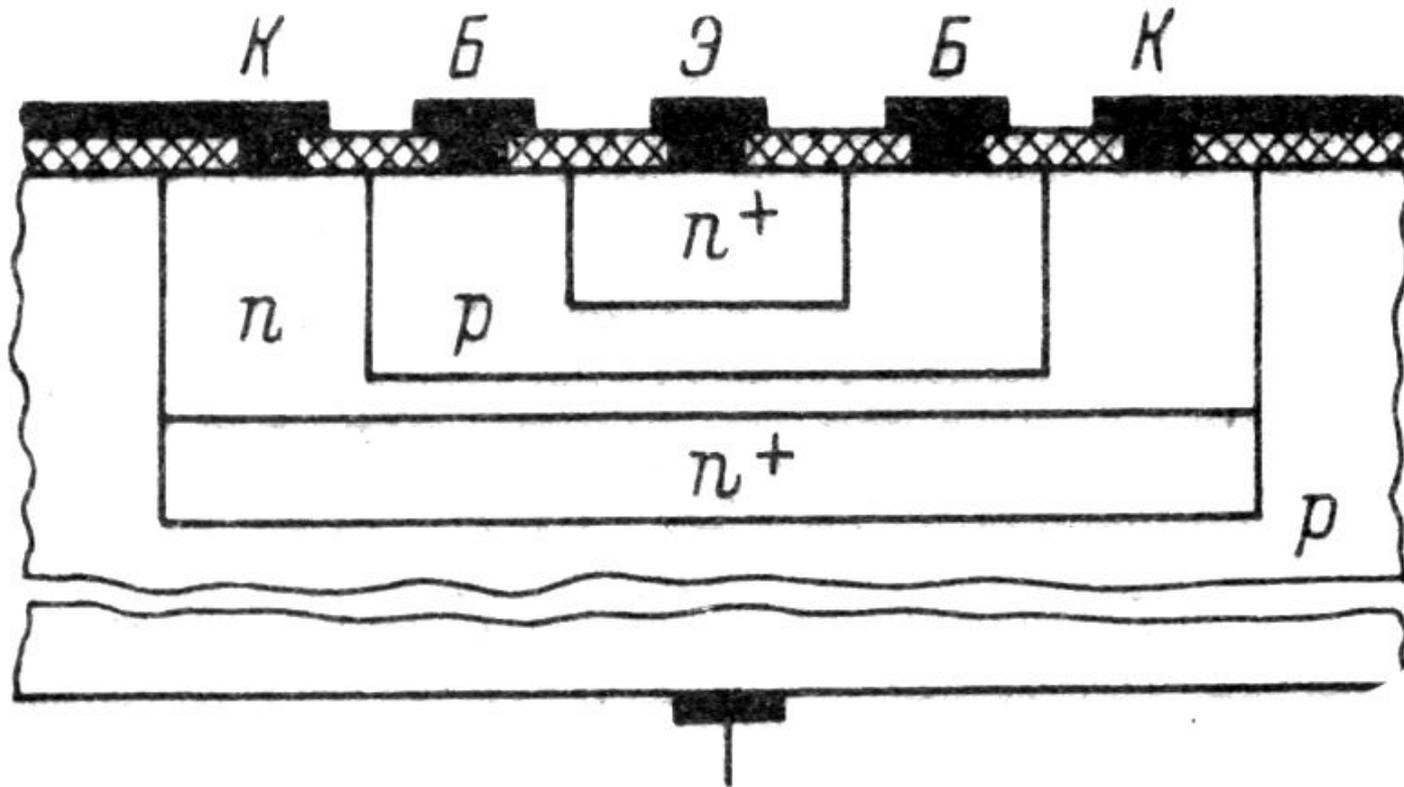
Диффузионный конденсатор п/п ИМС



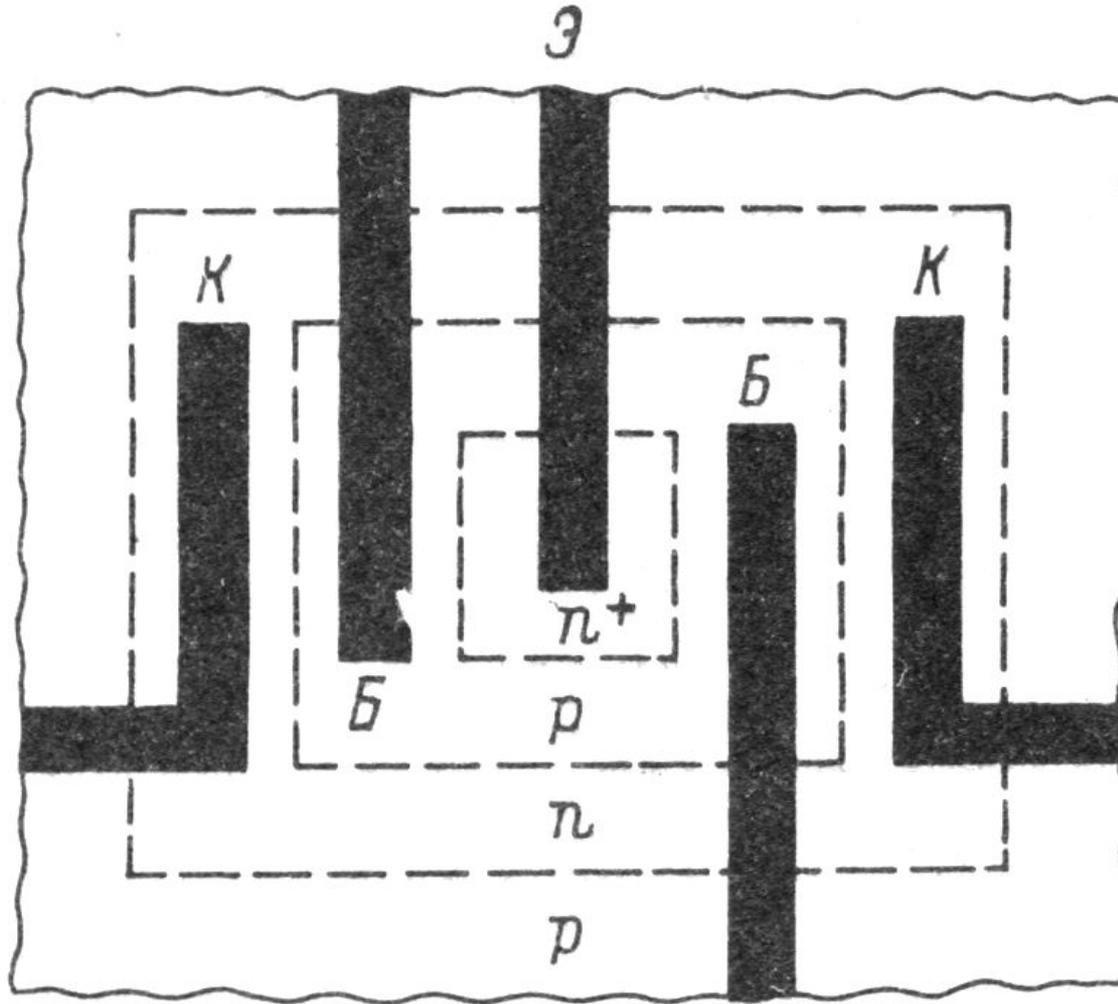
МОП-конденсатор



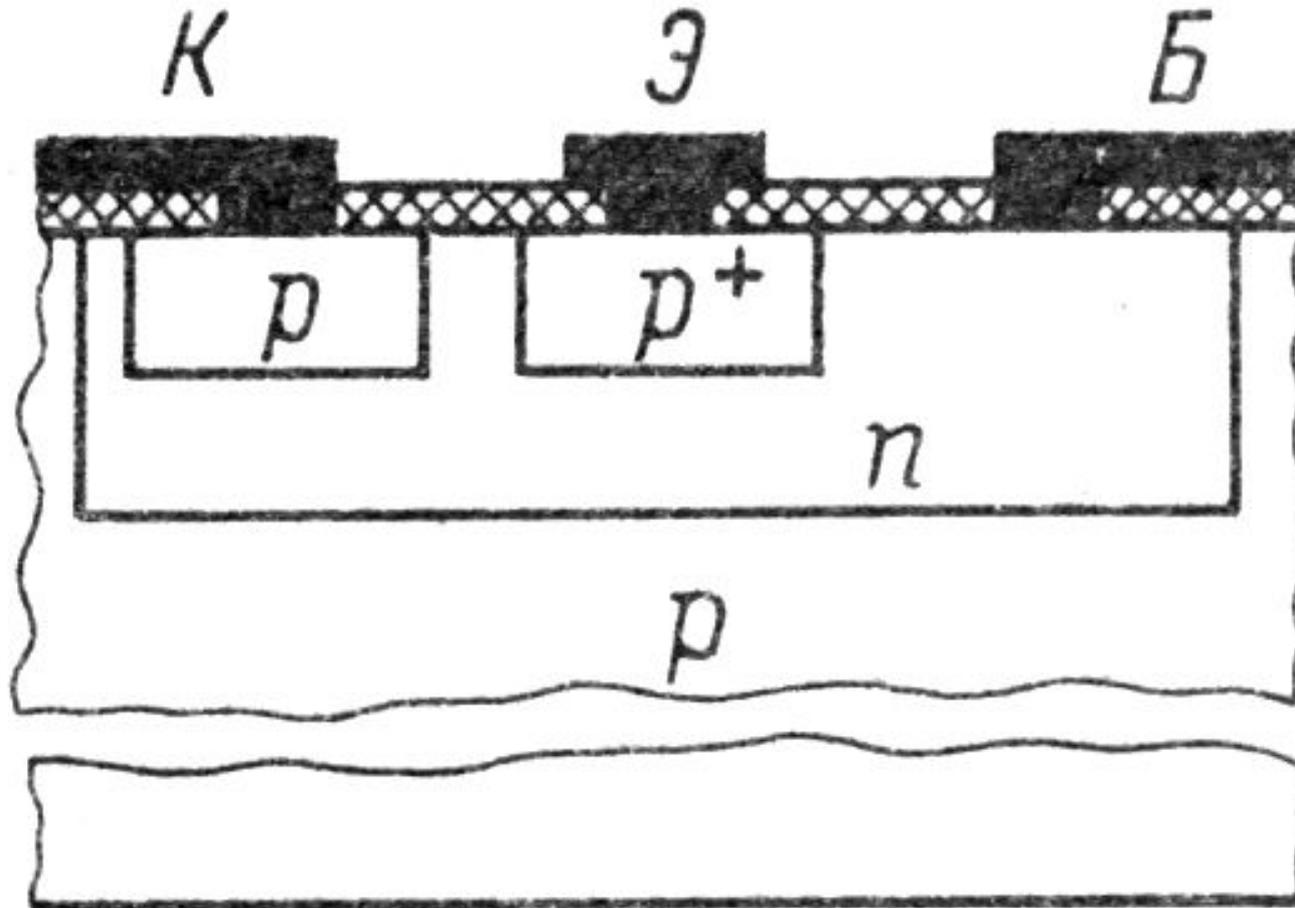
Вертикальный транзистор типа n-p-n



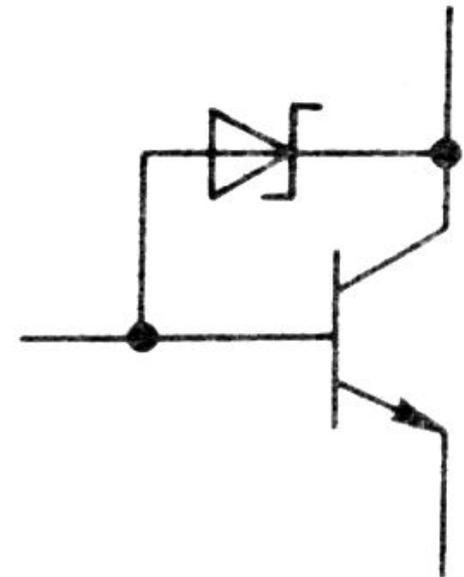
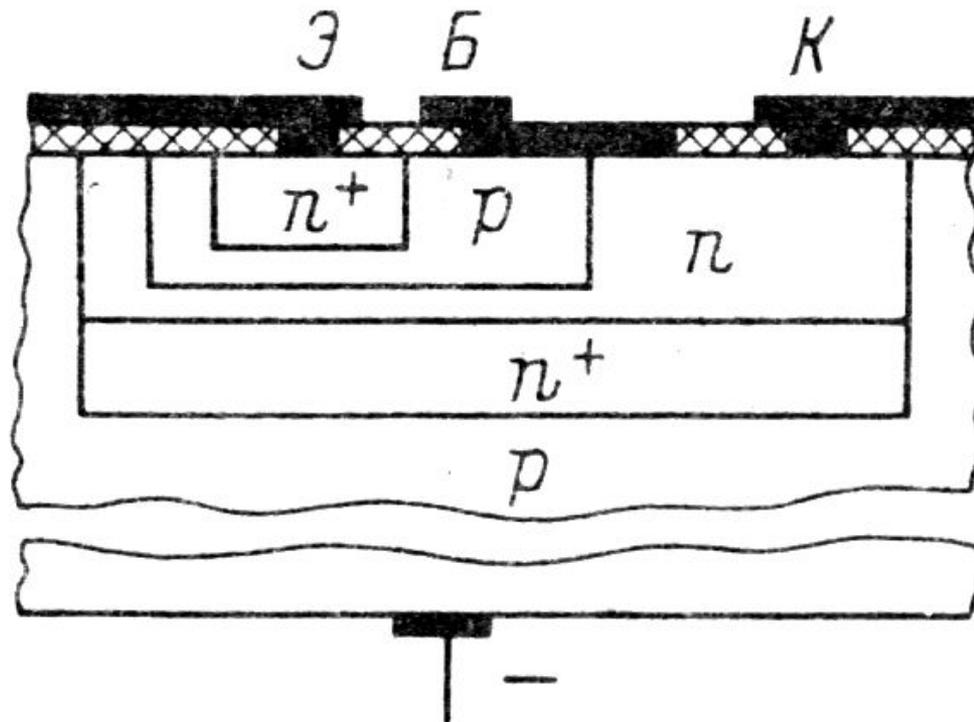
Вертикальный транзистор типа n-p-n



Горизонтальный транзистор типа р-п-р

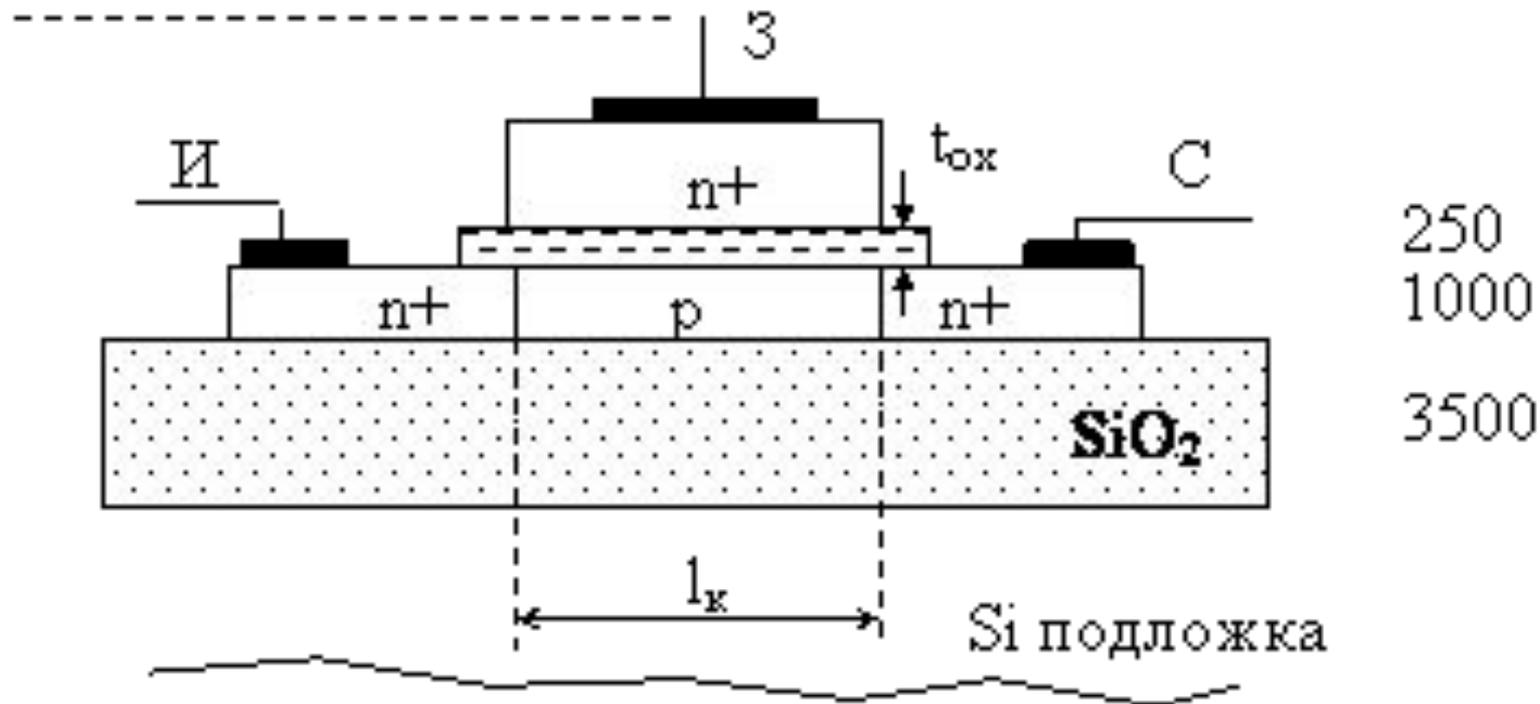


Транзистор Шоттки



Полевой транзистор технологии «Кремний на изоляторе»

“SOI MOSFET” (Silicium on isolator).



Задание для самостоятельной работы

1. Система условных обозначений отечественных ИМС
2. Система условных обозначений зарубежных фирм (на примере одной фирмы)

