

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени академика С.П.Королева

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ОСОБЕННОСТЕЙ МПК

Утверждено редакционным советом  
института в качестве методических  
указаний к лабораторной работе № 6

Куйбышев 1984

УДК 621.382

Рассматриваются состав и назначение микросхем микропроцессорных комплектов, изготовленных по различным технологиям. Сравняются электрические и конструктивно-технологические параметры. Рассмотрены различные типы логических элементов.

Предлагается воспроизвести структуру кристалла и топологию типовых элементов микропроцессорного комплекта, ознакомиться с их основными параметрами и конструктивным исполнением.

Рекомендуется для студентов специальности 0705.

Составитель- М.Н. П и г а н о в

Рецензенты: доц. В.Ф. С о к о л о в  
доц. В.А. Р о ж к о в

Редактор Е.Д. А н т о н о в а  
Техн. редактор Н.М. К а л е н ю к  
Корректор С.С. Р у б а н

Подписано в печать 31.05.84. Формат 60x84 1/16.  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,1. Т. 500 экз.  
Заказ № 5095 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Молодогвардейская, 151.

Областная типография имени В.П.Мяги, г.Куйбышев, Ул.Венцека, 60.

Ц е л ь р а б о т ы – изучение конструктивно–технологических особенностей изготовления микросхем, входящих в состав микропроцессорных комплектов.

З а д а н и е :

1. Изучить состав и назначение микросхем микропроцессорного комплекта. Ознакомиться с электрическими и эксплуатационными характеристиками.
2. Воспроизвести структуру кристалла и топологию типовых элементов МПК. Ознакомиться с основными параметрами типового логического элемента.
3. Ознакомиться с конструктивным исполнением МПК. Определить тип корпуса, дать его условное обозначение.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

### 1.1. Общие сведения о микропроцессорах

М и к р о п р о ц е с с о р – программно–управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управление им, построенное на основе одной или нескольких больших интегральных микросхем.

М и к р о п р о ц е с с о р н а я и н т е г р а л ь н а я м и к р о с х е м а – интегральная микросхема, выполняющая функцию микропроцессора или его части.

М и к р о п р о ц е с с о р н ы й к о м п л е к т (МПК) – совокупность микропроцессорных и других интегральных микросхем (ИМС), совместимых по архитектуре, конструктивному исполнению и электрическим параметрам и обеспечивающих возможность совместного применения. Минимальный состав микропроцессорного комплекта, необходимый для построения основных узлов микропроцессора или контроллера, называют базовым микропроцессорным комплектом. Базовый МПК может состоять из одной большой интегральной микросхемы (БИС) – однокристалльный микропроцессор, двух БИС – двухкристалльный микропроцессор, нескольких БИС – многокристалльный микропроцессор. К другим ИМС, дополняющим базовый МПК до собственно МПК, относят ОЗУ, ПЗУ, блоки связи с устройствами ввода–вывода информации и другие.

Перечень выпускаемых отечественной промышленностью МПК приведен в табл.1.

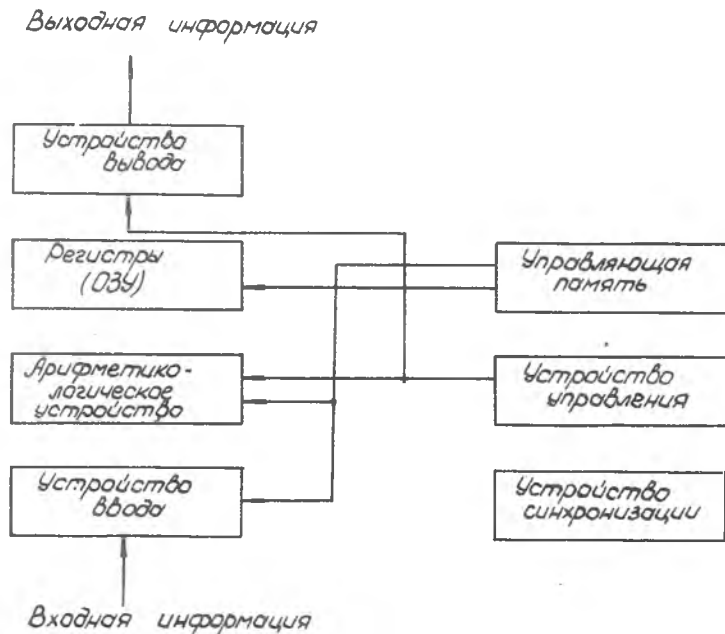
Т а б л и ц а I

Серия	Число ИМС		Базовая технология	Тип МПК	Разрядность, бит	Напряжение питания, В
	общее	в базовом комплекте				
K536	12	2	$\rho$ -МДП	специализированный	8	-24; +1,5
K580	3	1	$\rho$ -МДП	универсальный	8	-5; +5
K581	4	2	$\rho$ -МДП	специализированный	16	-5; +5; +12
K584	3	2	ИСЛ	универсальный	4 $\rho$	
K586	4	1	$\rho$ -МДП	специализированный	16	-5; +5; +12
K587 KP587	4	2	КМДП	универсальный	4 $\rho$	+9
K588	3	2	КМДП	универсальный	16 $\rho$	+5
K589	8	2	ТТЛДШ	универсальный	2 $\rho$	+5
U83-	4	2	$\rho$ -МДП	универсальный	8 $\rho$	+5
KI883						
KP580	7	2	$\rho$ -МДП	универсальный	8	-5; +5; +12
KP581	3	1	$\rho$ -МДП	специализированный	8	+5; -12; +12
KP582	2	1	ИСЛ	универсальный	4 $\rho$	+1,5
K583	4	2	ИСЛ	универсальный	4 $\rho$	+1,5
KP584	3	2	ИСЛ	универсальный	4 $\rho$	+5
KP588	5	2	КМДП	универсальный	8	+5
KI800	4	2	ЭСЛ	специализированный	4 $\rho$	-2; -5,2
KI801	3	1	$\rho$ -МДП	специализированный	16	+5
KPI802	6	2	ТТЛДШ	универсальный	8 $\rho$	+5
KPI804	6	2	ТТЛДШ	универсальный	4 $\rho$	+5

Наиболее характерным узлом микропроцессора является арифметико-логическое устройство, состоящее из двоичного сумматора, сдвигающего регистра, схем ускоренного переноса и регистров для временного хранения операндов. Для обеспечения приема, выдачи и обработки операндов используется группа внутренних регистров, в состав которой входят регистры общего назначения, регистр команд, регистр адреса, стек, указатель стека, индексные регистры, счетчик команд, регистр состояния, регистр прямого доступа к памяти, накопительный регистр.

## 1.2. Структура микропроцессора

Структура микропроцессора (МП) показана на рис.1.



Р и с. 1. Структура микропроцессора

Существует три поколения микропроцессоров. К первому поколению относят микропроцессорные комплекты на четыре разряда (бита). Они выполнены на основе  $r$ -канальных МДП-приборов. Основными недостатками МП первого поколения являются относительная сложность и низкое быстродействие.

Микропроцессоры второго поколения реализованы на основе МДП-приборов с каналами  $n$ -типа и отличаются большей производительностью, более просты в использовании, требуют меньшего числа вспомогательных микросхем. К этому же поколению относят микропроцессоры на КМДП-транзисторах. Они более экономичны, помехоустойчивы, совместимы с ТТЛ-микросхемами

К третьему поколению относятся микропроцессоры, построенные по биполярной технологии. Такие микропроцессоры обладают более высоким быстродействием и большими функциональными возможностями. К ним относятся И<sup>2</sup>Л, ТТЛДШ и другие структуры. Эти микропроцессоры реализуются в виде совокупности нескольких однокристалльных однотипных микросхем (процессорных секций) на два или четыре разряда, так как при биполярной технологии уровень интеграции микросхем получается ниже.

Микропроцессоры широко применяют в цифровой вычислительной технике: в терминалах цифровых ЭВМ, периферийных устройствах ЦВМ (накопителях на магнитной ленте, печатающих устройствах, телетайпах) и др. Применение МП в терминалах позволяет разгрузить процессоры центральных ЭВМ от многих операций, связанных с обслуживанием терминалов.

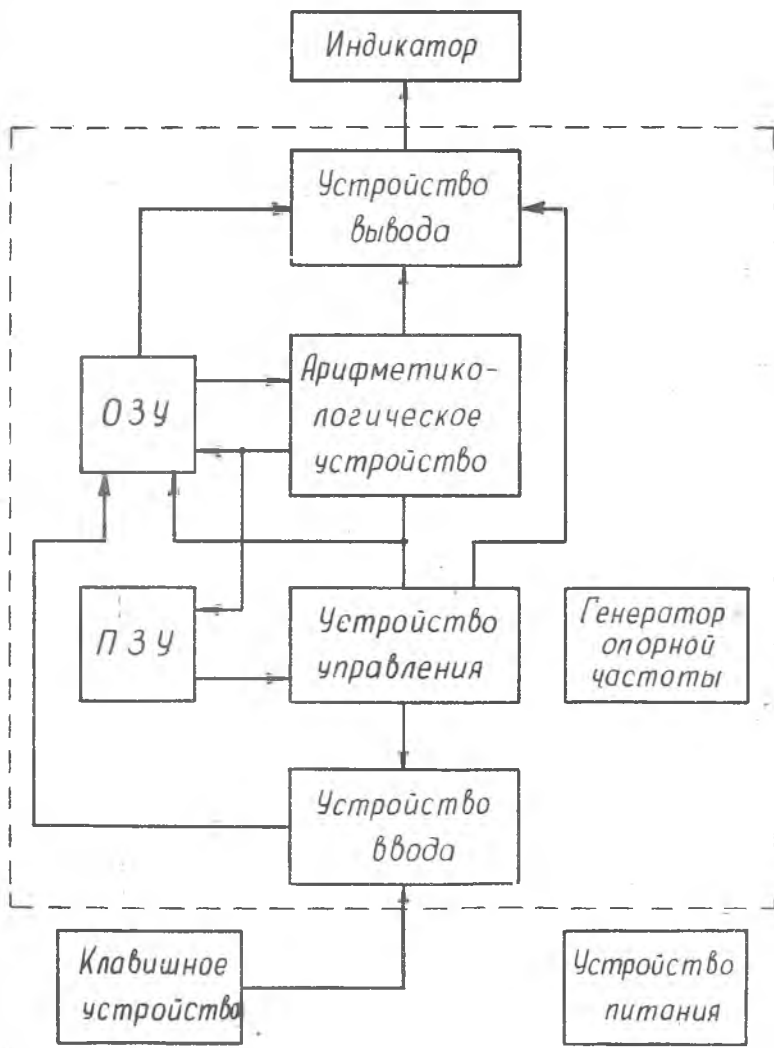
В настоящее время МП широко используют для управления различными технологическими процессами, в роботах-манипуляторах, в системах управления станками-автоматами, поточными линиями, для управления автоматическими телефонными станциями, для построения цифровых фильтров, синтезаторов частот, устройств управления антенными устройствами, цифровых систем автоподстройки, в радиоизмерительной аппаратуре, в бытовой технике.

Дополнив МП запоминающим устройством и устройствами ввода-вывода, получим микроЭВМ. К первым, простейшим микроЭВМ можно отнести микрокалькуляторы. Калькулятор является универсальным вычислительным устройством, способным выполнять самые разнообразные вычисления. Внутри пунктирного контура, на приведенной схеме (рис.2), показана та часть калькулятора, которая выполнена на однокристалльной БИС. Вне кристалла расположены клавишное устройство, индикатор и устройство питания.

Клавишное устройство предназначено для ввода в калькулятор числовой и командной информации. Оно представляет собой коммутационное поле (матрицу) из горизонтальных и вертикальных шин, соединяемых в местах пересечения контактами клавишей.

Табло цифрового индикатора управляется устройством вывода информации. В устройстве вывода происходит преобразование кодов, несущих выводимую информацию, и формируются электрические сигналы, которые подаются на табло. Индикаторное табло построено на базе девятиразрядного вакуумлюминесцентного сегментного индикатора. В настоящее время широко используют светодиодные и жидкокристаллические индикаторы.

В ПЗУ хранится комплект микропрограмм, т.е. набор команд-пра-



Р и с. 2. Функциональная схема микрокалькулятора БЗ-18

вил, необходимых для выполнения простейших арифметических действий.

Устройство управления, состоящее из набора триггеров, управляет подачей операционных (ввести число, вывести результат и т.д.) и вычислительных (вычесть, сложить) команд, регистрами оперативной памяти (ОЗУ); оно расшифровывает микрокоманды, поступающие из ЦЗУ, производит адресацию памяти чисел и команд.

В регистрах ОЗУ хранятся числа, участвующие в вычислениях, а также промежуточные результаты и константы.

Генератор опорной частоты и синхронизирующих тактовых импульсов служит для согласования во времени работы всех узлов калькулятора.

Первые микрокалькуляторы выполнялись на четырех-пяти БИС, расположенных на общей коммутационной плате. Современные микрокалькуляторы выполняются на основе одной БИС, содержащей от 6 до 20 тыс. элементов. Кристалл БИС микрокалькулятора БЗ-18 имеет размеры 5х5,2 мм и содержит около 20 тыс. элементов. Корпус микросхемы имеет 48 внешних выводов.

Микрокалькулятор представляет собой автономный прибор, поэтому комплект микропрограмм должен обеспечивать выполнение отдельных арифметических операций, обработку и анализ получаемых результатов и принятие решений. При вычислениях на микрокалькуляторе алгоритм вычислений задает оператор.

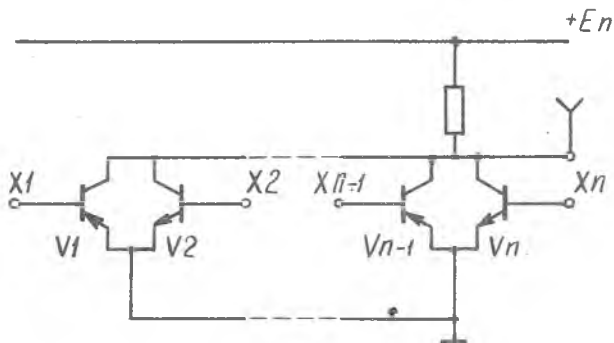
Большая часть функциональных узлов МП строится на основе триггеров различного назначения. Они синтезируются из простых логических элементов И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Для построения ячеек сдвиговых регистров, используемых для хранения и передачи с задержкой во времени информации, представленной в виде двоичного кода, используют цепочки триггеров, соединенных между собой "выход ко входу".

### 1.3. Типы логических элементов

В первых разработках логических микросхем широко использовалась транзисторная логика с непосредственными связями (ТЛНС). Основу такой логической схемы составляют параллельно включенные транзисторы, соединенные по схеме с общим эмиттером и общей нагрузкой (рис.3). Эту схему можно использовать для осуществления логической функции ИЛИ-НЕ. Когда все транзисторы ("вентили") закрыты, то подача на один или несколько входов логической "1" приводит к изменению потенциала выхода от "1" до "0".

Основным недостатком такой логики является резкая нелинейность сопротивления входа. В данном случае при подаче сигналов логической





Р и с. 3. Электрическая схема ТЛНС

"1" на различные входы некоторые базовые токи могут оказаться чрезмерно большими, а другие транзисторы не достигают насыщения.

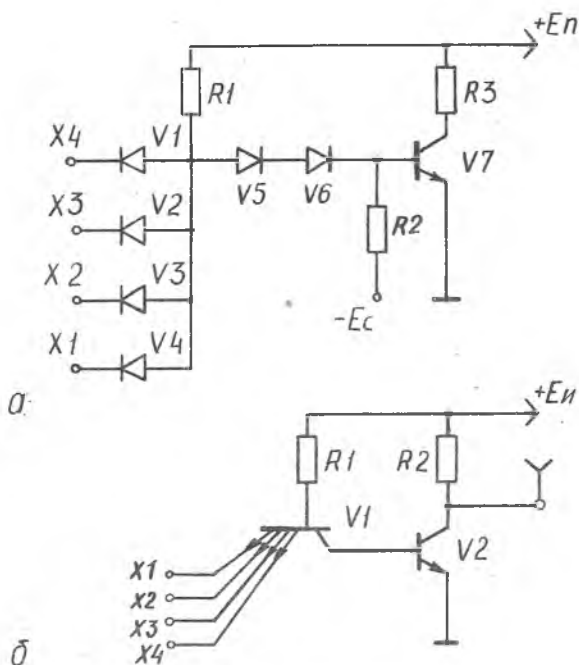
Если в цепь базы каждого транзистора включить резисторы, ограничивающие степень нелинейности, то получим транзисторную логику с резистивной связью (РТЛ). Схема РТЛ уменьшает опасность перегрузки базовых цепей. Однако такая логика имеет меньшее быстродействие. Таким образом, быстродействие этой схемы ограничивается насыщением транзисторов (при их переходе из открытого состояния в закрытое) и величиной постоянной времени в цепи базы  $\tau_{bx} (\tau_{bx} = RC \delta$ , где  $R$  - сопротивление в цепи базы, а  $C \delta$  - емкость базы транзистора).

Для повышения быстродействия используют резистивно-емкостную транзисторную логику (РЕТЛ). В этом случае параллельно резисторам в цепях базы ставят ускоряющие конденсаторы. Эти схемы достаточно экономичны.

Общим недостатком рассмотренных схем является низкая помехоустойчивость.

Высокой помехоустойчивостью обладает диодно-транзисторная логика (ДТЛ). Эта схема (рис.4,а) осуществляет логическую операцию И-НЕ.

Когда на все входы поданы логические нули (исходное состояние), прямое падение напряжения на диодах во входных цепях не превышает 0,5В. При этом потенциал базы транзистора будет ниже нуля, так как в цепи базы включены последовательно два диода. Транзистор закрыт, что соответствует логической единице. Соответствующее напряжение



Р и с. 4. Схемы ДТЛ (а) и ТТЛ (б)

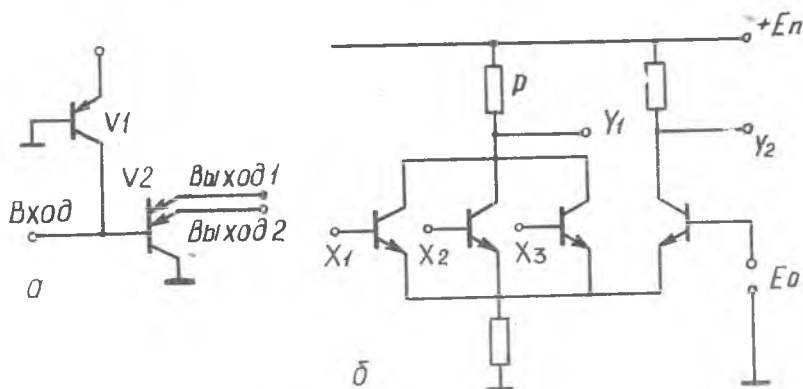
сохранится и в случае подачи на часть входов логической единицы. Состояние логического "0" на выходе схемы устанавливается лишь тогда, когда на все входы будут поданы сигналы логической "1". В этом случае потенциал базы повышается и транзистор открывается.

Для выполнения логической функции И-ИЛИ-НЕ используют более сложные схемы ДТЛ.

Дальнейшим развитием схем ДТЛ является транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ). Эти схемы выполняются на основе многоэмиттерных транзисторов (рис.4,б). Каждый из таких транзисторов имеет от двух до восьми эмиттеров, что соответствует логическим элементам И-НЕ с числом входов от двух до восьми. Схемы ТТЛ имеют более высокое быстродействие и более экономичны по сравнению с ДТЛ схемами.

Весьма перспективной для построения БИС и МП является логика

И<sup>2</sup>Л (интегрально-инжекционная логика). В этом случае коллекторная область инжекционной части схемы (транзистора 1) совмещена с базовой областью переключающего транзистора 2, а базы инжекционной части — с эмиттерами переключающей части схемы (рис.5,а). Оба транзистора могут быть изготовлены на участке кристалла, равном площади, занимаемой одним многоэмиттерным транзистором.



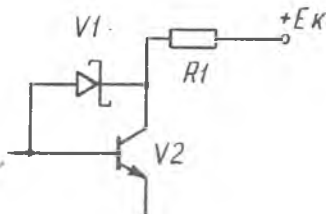
Р и с. 5. Схемы И<sup>2</sup>Л (а) и ЭСЛ (б)

Схемы И<sup>2</sup>Л выполняют операцию НЕ. При соединении двух или нескольких логических элементов осуществляется функция И-НЕ (ИЛИ-НЕ).

Если связь между транзисторами реализовать через эмиттерные цепи (в этом случае обеспечивается работа транзисторов в ненасыщенном режиме), то получим логическую схему с эмиттерными связями (ЭСЛ) (рис.5,б). Ненасыщенный режим работы транзисторов и малое значение перепада между логическим "0" и "1" обеспечивают высокое быстродействие.

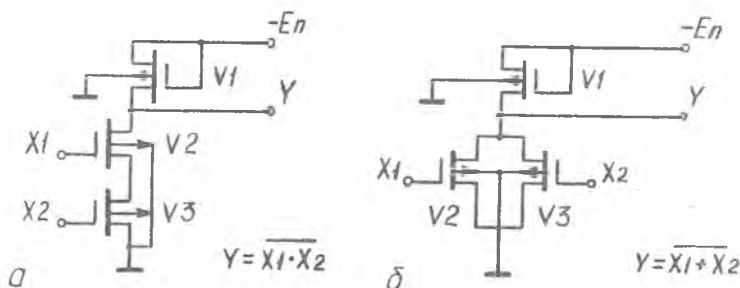
Высокое быстродействие обеспечивается также транзисторно-транзисторной логикой с диодами Шоттки (ТТЛШ). Подключение параллельно переходу база-коллектор транзистора диода с малым падением напряжения (рис.6) позволяет избежать насыщения транзистора, исключить режим двойной инжекции и накопление избыточного заряда.

Широкое распространение получили логические элементы на МДП-транзисторах (рис.7). Используя последовательное и параллельное включение транзисторов, можно осуществить логические функции И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Затворы нагруженных резисторов соединяют с источником отно-



Р и с. 6. Транзистор с диодом Шоттки

сительно высокого напряжения отрицательного смещения или с отрицательным полюсом общего источника питания. Кристалл р-канальных МДП-транзисторов соединяется с нулевым потенциалом. Полярность сигналов соответствует отрицательной логике (уровень логической "1" близок к отрицательному напряжению источника питания,



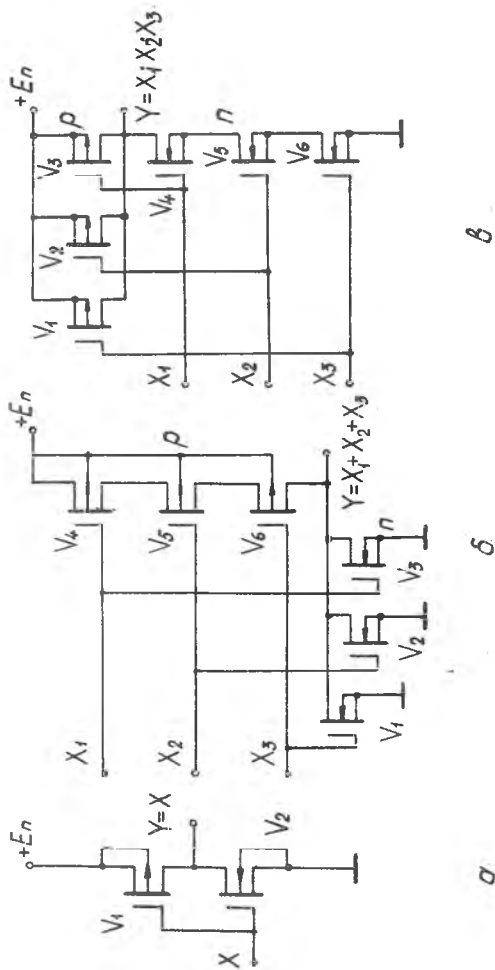
Р и с. 7. Логические схемы на р-МДП транзисторах: а - схема И-НЕ; б - схема ИЛИ-НЕ

уровень "0" равен нулевому потенциалу).

Логические элементы на основе МДП-транзисторов с каналами  $n$ -типа строятся аналогично. Они более экономичны и занимают меньшую площадь. Такие схемы питаются от источников положительного напряжения и относятся к положительной логике.

Высокой помехоустойчивостью и экономичностью обладают логические схемы на комплементарных МДП-транзисторах (КМДП или КМОП-логика). Основным элементом таких схем является **и н в е р т о р** (рис.8,а). Р и  $n$ -канальные транзисторы соединяются последовательно. На их основе можно реализовать логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ (рис.8,б,в).

Наиболее существенными параметрами логических элементов, используемыми для сравнительных оценок, являются следующие: средняя потребляемая мощность  $P_{\text{пот.ср}}$ ; среднее время задержки распространения



Р и с. 8. Логические элементы на КМДП-транзисторах: а - инвертор; б - схема ИЛИ-НЕ;  
в - схема И-НЕ

сигнала  $t_{зд.ср}$ ; средняя работа переключения  $A_{ср}$ ; статическая помехоустойчивость  $U_{пер}$ ; коэффициент объединения по входу  $K_{об}$ ; коэффициент разветвления по выходу  $K_{раз}$ .

Типичные параметры логических элементов приведены в табл.2

Т а б л и ц а 2

Тип логики	$P_{пот.ср}$ , мВт	$t_{зд.ср}$ , нс	$A_{ср}$ , пДж	$U_{пер}$ , В	$K_{об}$	$K_{раз}$
ТТЛ	1-20	5-20	50-100	0,8-1	2-5	10
ТТЛДШ	1-20	2-10	20-50	0,5-0,8	2-5	10
ТЛЭС	20-50	0,7-3	20-50	0,2-0,3	2-5	10-20
И <sup>2</sup> Л	0,01-0,1	10-100	0,2-2	0,02-0,05	1	3-5
МОП	1-10	20-200	50-200	2-3	2-5	100-200
КМОП	0,01-0,1	50-100	0,5-5	1-2	2-5	100-200

#### 1.4. Состав МПК

Каждый микропроцессорный комплект выполнен по определенной технологии и имеет определенное функциональное назначение. Так, например, МПК серии К536 выполнен по р-МДП технологии и содержит 12 интегральных микросхем различной степени интеграции и функциональной сложности. Этот комплект предназначен для построения микроЭВМ семейства "Электроника-С5", которые используются для сбора и обработки информации при построении систем управления технологическими процессами, контрольно-измерительных и коммутационных систем связи.

В табл.3 приведено функциональное назначение каждой из микросхем этого комплекта, даны их условные обозначения, тип корпуса, число выводов корпуса и его габаритные размеры.

Т а б л и ц а 3

Обозначение микросхем	Наименование микросхем	Характеристика корпуса		
		обозначение	число выводов	длина, мм ширина, мм
К536ИК9	Арифметико-логическое устройство	413.48-I	48	37,8 28
К536ИК8	Микропрограммное устройство	413.48-I	48	37,8 28
К536ИР1	Буферные регистры	413.48-I	48	37,8 28
К536ИК5	Устройство ввода-вывода (таймер)	413.48-I	48	37,8 28

Обозначение микросхем	Наименование микросхем	Характеристика корпуса			
		обозначение	число выводов	длина, мм	ширина, мм
К536ГГ1	Генератор-распределитель синхроимпульсов	244.48-8	48	31,2	25
К536УИ2	Буферное устройство (шинный усилитель с запоминанием)	460.24-I	24	31,5	31,5
К536УИ1	Буферное устройство (усилитель мощности)	460.24-I	24	31,5	31,5
К536ИК3	Устройство управления ввода-вывода	413.48-I	48	37,8	28
К536ИК4	Устройство ввода-вывода (адаптер)	413.48-I	48	37,8	28
К536ИК7	Управление устройством селекторного канала	413.48-I	48	37,8	28
К536ИВ1	Клавиатурный шифратор	413.48-I	48	37,8	28
К536ИК6	Схема управления преобразователем напряжение-код	413.48-I	48	37,8	28

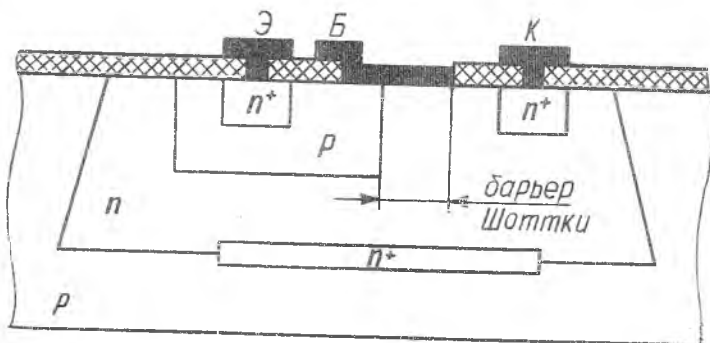
## 2. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МПК

### 2.1. ТТДШ - технология

Структура кристалла транзистора с диодом Шоттки показана на рис.9.

Для реализации структуры кристалла транзистора с диодом Шоттки используется биполярная технология. Схема технологического процесса изготовления ТТДШ - схемы показана на рис.10. В качестве исходной заготовки используют кремниевую пластину р-типа, отполированную до 14-го класса чистоты. В данном случае  $n-p-n$  транзистор выполнен со скрытым  $n^+$  слоем. Это позволяет уменьшить сопротивление коллекторного слоя примерно на порядок.

Для первой диффузии используют мышьяк, который имеет меньшее значение коэффициента диффузии по сравнению с фосфором. Это облегчает проведение последующих операций эпитаксии, диффузии и окисления, которые сопровождаются нагревом кристалла до высоких температур.



Р и с. 9. Структура кристалла ТТЛДШ

После травления и образования требуемого рисунка контактов и межсоединений производят вжигание алюминия в кремний.

## 2.2. Другие типы технологий

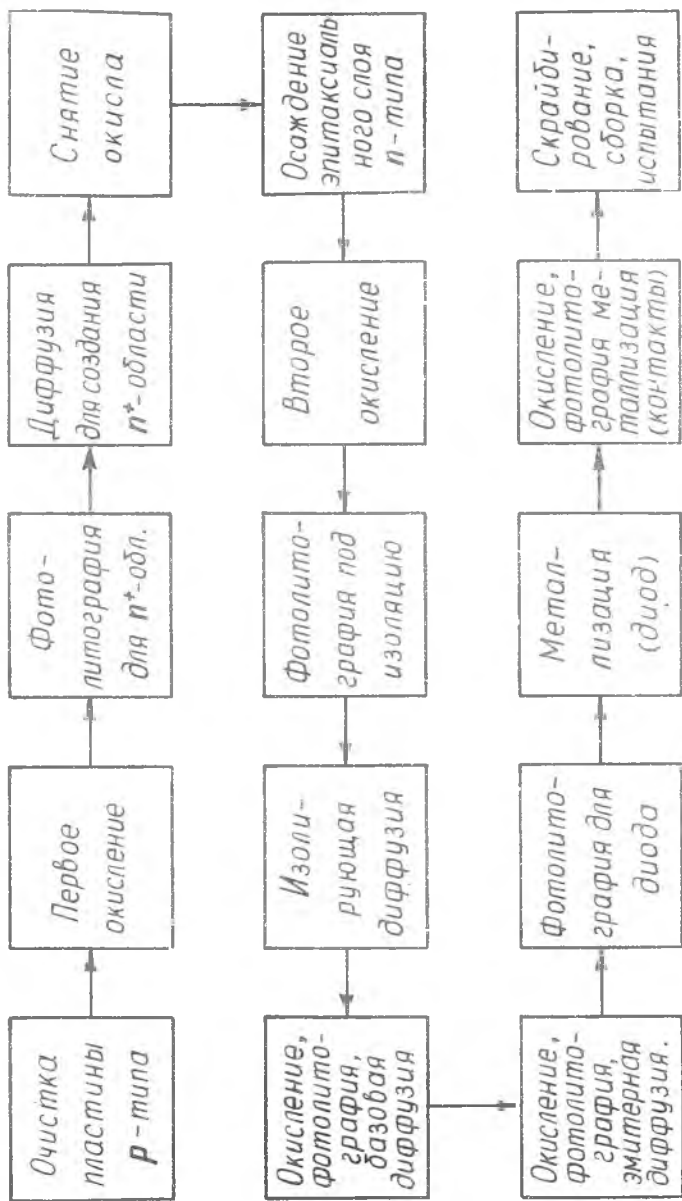
Технология получения МОП и КМОП – структур описана в лабораторной работе "Анализ конструкций полупроводниковых интегральных микросхем". Схема технологического процесса изготовления И<sup>2</sup>Л – структур дана в лабораторной работе "Изучение принципов структурной интеграции, реализуемых в БИС".

ДТЛ, ТТЛ, ТЛНС, ЭСЛ – схемы выполняются по биполярной технологии.

## 2.3. Сравнительная оценка технологий

Технологии ТТЛДШ и ЭСЛ обеспечивают получение быстродействующих и сверхбыстродействующих приборов, что достигается за счет высокого и сверхвысокого энергопотребления, которое приводит к трудностям теплоотвода в аппаратуре, а также снижению степени интеграции БИС. Применение И-МДП-технологии позволяет получить самую высокую степень интеграции БИС, выполненных по МДП-технологии, но ограничивает диапазон рабочих температур, что затрудняет их применение, например в автомобильной и сельскохозяйственной электронной аппаратуре. Приборы, построенные на основе КМДП-технологии, обладают рекордно низким





Р и с. 10. Схема технологического процесса изготовления TLDIII-схемы

энергопотреблением, что делает их незаменимыми, например, в часах или калькуляторах, но не обеспечивают высокого быстродействия. Приборы, выполненные по р-МДП-технологии, являются самыми дешевыми, однако обладают самым малым быстродействием. И<sup>2</sup>Л технология обеспечивает средние параметры БИС по всем основным характеристикам. Это делает эффективным их применение в тех областях народного хозяйства, где не предъявляются особые требования к отдельным характеристикам аппаратуры, например при построении модулей управления периферийными устройствами средств вычислительной техники.

Основные конструктивно-технологические характеристики логических элементов, выполненных по различным технологиям, приведены в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Параметр*	Т и п л о г и к и						
	р-МДП	п-МДП	КМДП	И <sup>2</sup> Л	ТМ	ТТЛДП	ЭСЛ
Площадь, занимаемая на кристалле, мм <sup>2</sup>	0,0040	0,0023	0,0052	0,0016	0,01	0,013	0,02
Число операций маскирования	4	7	6	4	7	7	7
Число операций диффузии или ионного легирования	1	3	3	2	4	4	4
Плотность упаковки, мм <sup>2</sup>	150	200	100	300	100	50	40

\* за основу принят трехходовый логический элемент.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с заданием. Получить у преподавателя номер варианта (серия МК).
2. Дать краткую характеристику МК, указать функциональное назначение входящих в него микросхем.
3. По справочнику ознакомиться с условиями эксплуатации микросхем данной серии МК.
4. Воспроизвести топологию и структуру типовых элементов МК.

5. Ознакомиться с электрическими параметрами микросхем МПК.
6. Ознакомиться с основными параметрами типовых логических элементов микросхем изученного МПК. Провести сравнение с другими типами элементов.
7. Зарисовать принципиальную схему типового логического элемента.
8. Ознакомиться с конструктивным исполнением МПК. Определить тип корпуса, дать его условное обозначение по ГОСТ I7467-79.
9. Сделать выводы о преимуществах и недостатках технологии изготовления и характеристиках МПК.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание состава МПК.
3. Условия эксплуатации микросхем МПК.
4. Электрические параметры микропроцессорных микросхем.
5. Топология и структура типовых элементов.
6. Параметры типовых элементов изученных микросхем.
7. Принципиальная схема логического элемента.
8. Эскиз корпуса и его условное обозначение.
9. Выводы.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое МПК?
2. Что такое микропроцессор и микропроцессорная микросхема?
3. Какие технологии используются для изготовления микропроцессорных микросхем?
4. Преимущества и недостатки используемых технологий?
5. Преимущества и недостатки МПК, выполненных по различным технологиям.
6. Нарисовать схему технологического процесса изготовления типовых элементов для следующих базовых технологий: а)  $n$ -МДП; б) р-МДП; в) КМДП; г) ТТЛДШ; д) ЭСЛ; е) И<sup>2</sup>Л.
7. Нарисовать топологию и структуру кристалла типового элемента, полученного по следующей технологии: а) р-МДП; б)  $n$ -МДП; в) КМДП; г) ТТЛДШ; д) ЭСЛ; е) И<sup>2</sup>Л.
8. По каким критериям осуществляется выбор МПК для конкретных применений?

## Л и т е р а т у р а

Микропроцессорные комплекты интегральных схем: Состав и структура: Справочник / В.С.Борисов, А.А.Васенков, Б.М.Малашевич и др. Под ред. А.А.Васенкова, В.А.Шахнова.-М.: Радио и связь, 1982.-192 с.

Микроэлектроника/ Б.Г.Бондарь, В.А.Письменецкий, В.А.Хорунжий. Киев:Вища школа. Головное изд-во, 1981.-256с.

Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учеб.пособие для вузов.- М.:Сов.радио, 1980. - 424 с.

Агаханян Т.М. Интегральные микросхемы: Учеб.пособие для вузов.-М.: Энергоатомиздат, 1983.-464с.

## С о д е р ж а н и е

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ .....	3
1.1. Общие сведения о микропроцессорах .....	3
1.2. Структура микропроцессора .....	5
1.3. Типы логических элементов .....	8
1.4. Состав МКК .....	14
2. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МКК .....	15
2.1. ТТЛДШ-технология .....	15
2.2. Другие типы технологий .....	16
2.3. Сравнительная оценка технологий .....	16
3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	18
4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА .....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	19
ЛИТЕРАТУРА .....	20