

**Методические указания
к выполнению курсового проекта
по проектированию топологии
биполярных ИМС**

Москва 2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)
КАФЕДРА МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Методические указания
к выполнению курсового проекта
по проектированию топологии
биполярных ИМС

Москва 2008

УДК 621.382.049.77(07)

ББК 32.852я7

М 54

Методические указания к выполнению курсового проекта по проектированию топологии биполярных ИМС / Сост. Г.Ф. Белова, В.Д. Попов. – М.: МИФИ, 2008. – 24 с.

Данные указания по курсу «Проектирование ИМС» помогают студентам в изучении проектирования биполярных ИМС и являются продолжением методических указаний (изданных в МИФИ в 2000 г.), посвященных проектированию ИМС по КМОП-технологии.

Предназначены для студентов МИФИ дневного и вечернего обучения, специализирующихся в области микроэлектроники.

Утверждено на заседании кафедры микро- и нанотехнологий

© Московский инженерно-физический институт
(государственный университет), 2008

Оригинал-макет изготовлен С.В. Тялиной

Подписано в печать 22.05.2008. Формат 60×84 1/16.

Печ. л. 1,5. Тираж 150 экз. Изд. № 025-1

Заказ № 144

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)

Типография МИФИ

115409, Москва, Каширское ш., 31

Предисловие

Цель курсового проекта – закрепление студентами знаний, полученных в курсах «Основы микроэлектроники», «Технология ИМС», «Проектирование ИМС».

Курсовой проект (КП) состоит из двух основных частей и приложения. Первая часть должна содержать расчет активных и пассивных элементов, составляющих данную ИМС. Вторая часть – разработку эскиза ИМС, проектирование оптимального варианта топологии ИМС и выбор корпуса для данной ИМС. Приложение содержит 25 заданий на КП, представляющих собой разного рода принципиальные электрические схемы на биполярных транзисторах, включая диоды и транзисторы Шоттки.

Проанализировав заданную схему с точки зрения ее функциональности, потребляемой мощности, номиналов пассивных элементов, допусков на номиналы и т.д., студент должен выбрать способ изготовления ИМС, вид изоляции элементов, топологию элементов и создать топологический чертеж ИМС.

Основным требованием для проектирования всех ИМС является использование минимальных размеров элементов ИМС, расстояний между ними; возможное уменьшение длин проводников, числа их изгибов и пересечений.

Методические указания предусматривают проектирование простых ИМС, содержащих до тридцати элементов. Поэтому издание построено на примере проектирования такой схемы, а именно: проектирование кремниевой ИМС по планарно-эпитаксиальной технологии с изоляцией элементов обратнo-смещенным p - n переходом.

Основные этапы выполнения КП

1. Анализ электрической схемы с точки зрения возможности ее изготовления по планарно-эпитаксиальной или другой базовой технологии.
2. Обоснование выбранного метода изоляции элементов.
3. Анализ электрической схемы с целью определения максимальных токов, текущих через транзисторы и диоды, и максимальных мощностей, рассеиваемых резисторами.
4. Определение числа изолированных областей.

5. Выбор базового технологического процесса: характеристик подложки и диффузионных слоев; поверхностной концентрации примеси (N_S); удельного сопротивления (ρ) или удельного поверхностного сопротивления (R_S); глубин залегания диффузионных слоев.

6. Выбор типа корпуса.

7. Выбор технологических операций изготовления ИМС.

8. Выбор топологии и расчет геометрических размеров активных элементов.

9. Выбор топологии и расчет геометрических размеров пассивных элементов.

10. Разработка эскиза топологии.

11. Корректировка топологий элементов.

12. Разработка оптимизированного варианта топологии ИМС.

Оформление и содержание пояснительной записки

Кафедра микро- и нанотехнологии	
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к курсовому проектированию по курсу «Проектирование ИМС»	
Выполнил студент гр. _____	
Руководитель _____	
Подписи членов комиссии:	Оценка
Москва	

Рис. 1

Пояснительная записка оформляется на стандартных листах (формат 203×288 мм) и должна содержать 10–15 страниц текста и все необходимые чертежи и рисунки.

Образец титульного листа представлен на рис. 1.

В пояснительную записку должны входить нижеперечисленные разделы.

1. Задание на КП.

2. Электрическая схема принципиальная. (Пример приведен на рис. 2.)*

3. Краткое описание работы схемы.

* Схемы, используемые в качестве заданий на КП приведены в приложении.

4. Перечень технологических операций изготовления ИМС.
5. Перечень изолированных областей.
6. Табл. 1 с характеристиками диффузионных слоев, обеспечивающих необходимые параметры активных элементов схемы ($B = 60 - 80$; $f_2 = 100$ мГц).

Таблица 1

Исходные данные

Область	Тип проводимости	Удельное сопротивление ρ , Ом · см	N_s , см ⁻³	Толщина области, мкм
Исходная	p	1	$1,4 \cdot 10^{15}$	200
Коллекторная (эпитаксиальная)	n	–	10^{16}	5
Базовая	p	–	$5 \cdot 10^{18}$	2,4
Эмиттерная	n^+	–	$5 \cdot 10^{20}$	1,7
Скрытая	n^+	–	10^{20}	5

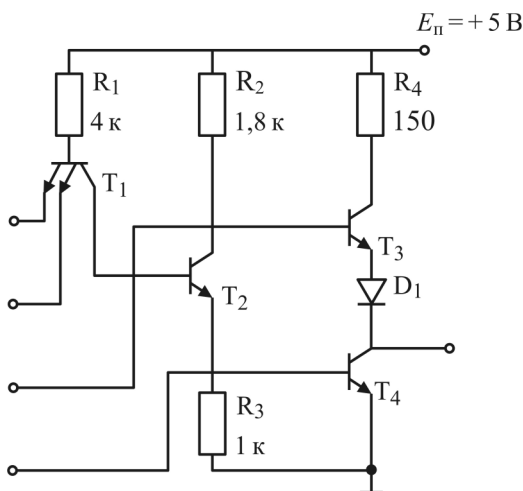


Рис. 2

7. Расчет топологий резисторов и конденсаторов (длины и ширины резисторов; площади верхних обкладок конденсаторов).

При расчете топологии диффузионных резисторов следует учесть влияние контактных площадок (рис. 3) в зависимости от вида контактных площадок и их размеров по сравнению с шириной резистора (b). Коэффициент K определяется по соответствующим графикам.

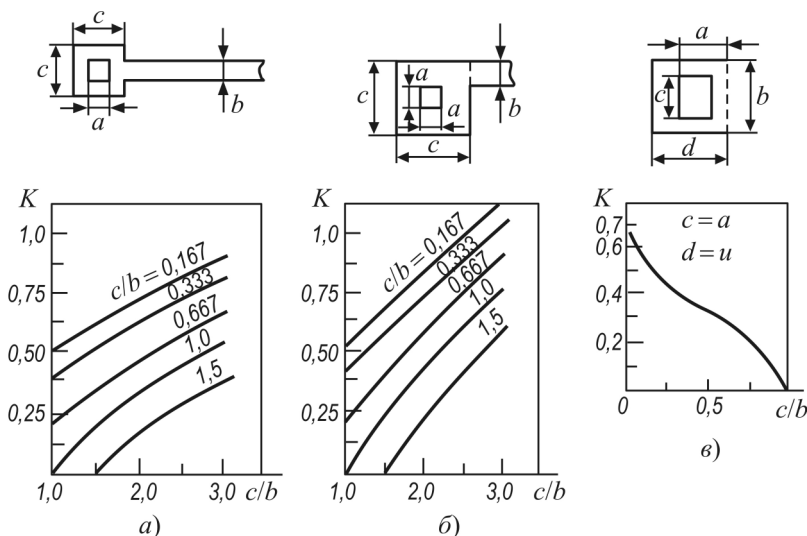


Рис. 3

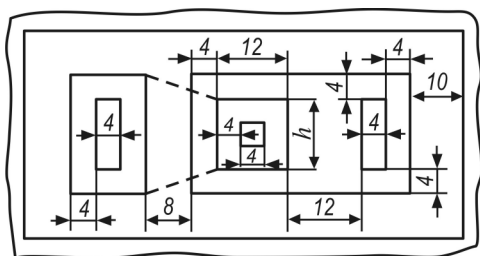


Рис. 4

8. Расчет топологий диодов и транзисторов, который заключается в вычислении ширины эмиттерной области (h); остальные размеры показаны на рис. 4. Расчет длины и ширины «шейки» МЭТ проводится в сокращенном виде.

Остальные минимальные размеры ИМС приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Минимальные значения геометрических параметров
полупроводниковых микросхем**

Параметр	Значение, мкм
Погрешность изготовления линейных размеров	0,3
Систематическое увеличение линейных размеров (растравление окисной пленки)	0,6
Размер контактных площадок	50×50
Ширина металлизированных дорожек и расстояние между ними	5
Расстояние от границы кристалла до металлизации или диффузионной области	50
Перекрытие контактного окна металлизаций	2
Ширина окна под изолирующую диффузию	5

Примечание. Эти значения ориентировочны, так как с развитием технологии изготовления микросхем они уменьшаются.

9. Эскиз топологии ИМС (рис. 5).

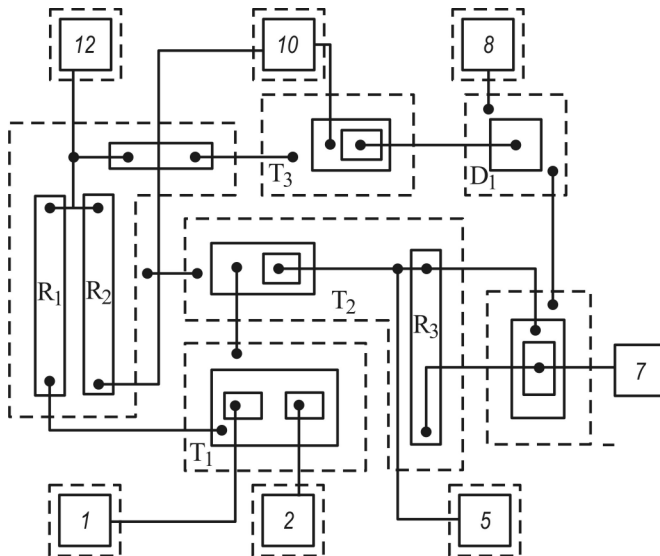


Рис. 5

10. Топология ИМС (пример показан на рис. 6). Если топология прорисована в одном цвете, то необходимо привести все послойные чертежи (чертежи фотошаблонов), выполненные на отдельных листах в масштабе чертежа топологии ИМС.

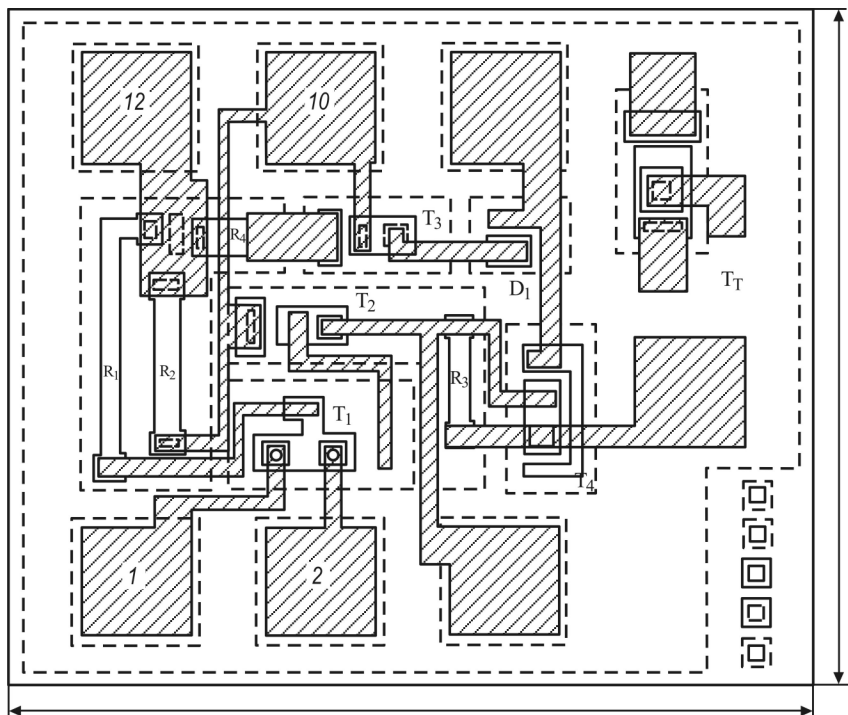


Рис. 6

Пример послойного чертежа приведен на рис. 7.

На чертежах топологии и послойных чертежах должны присутствовать элементы совмещения.

Обычно элементы совмещения представляют собой квадратики двух размеров, вписываемые друг в друга при совмещении фотошаблонов.

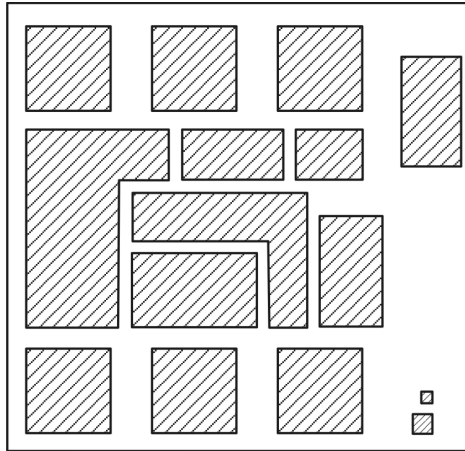


Рис. 7

Приведем пример использования элементов совмещения при фотолитографии с помощью позитивного фоторезистора:

I фотошаблон – □

II фотошаблон – □ □

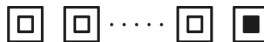
III фотошаблон – □ □

.....

(N – 1) — // — // — □ □

N — // — // — ■ (фотолитография по Al)

На топологическом чертеже элементы совмещения будут выглядеть следующим образом:



Внешние контактные площадки располагаются по периферии ИМС и нумеруются снизу против часовой стрелки. Аналогичная нумерация должна присутствовать на рисунке электрической схемы.

11. Чертежи структур одного активного и одного пассивного элемента ИМС, выполненные в разрезе без соблюдения масштаба. На чертежах указать толщину слоев.

12. Эскиз сборочного чертежа ИМС в корпусе (вид сверху с указанием основных размеров). Пример сборочного чертежа показан на рис. 8а.

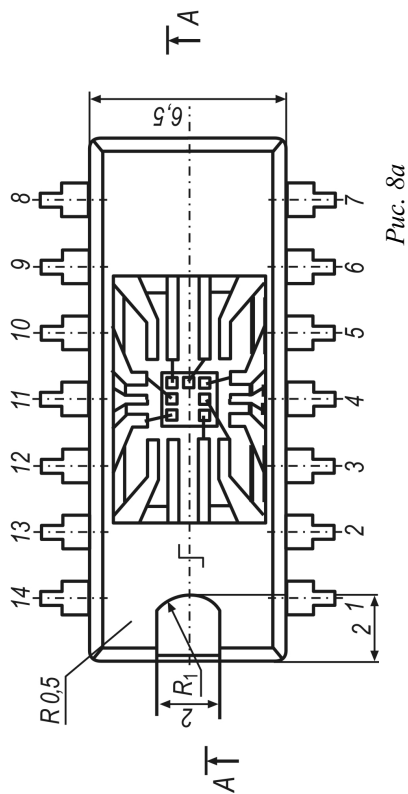
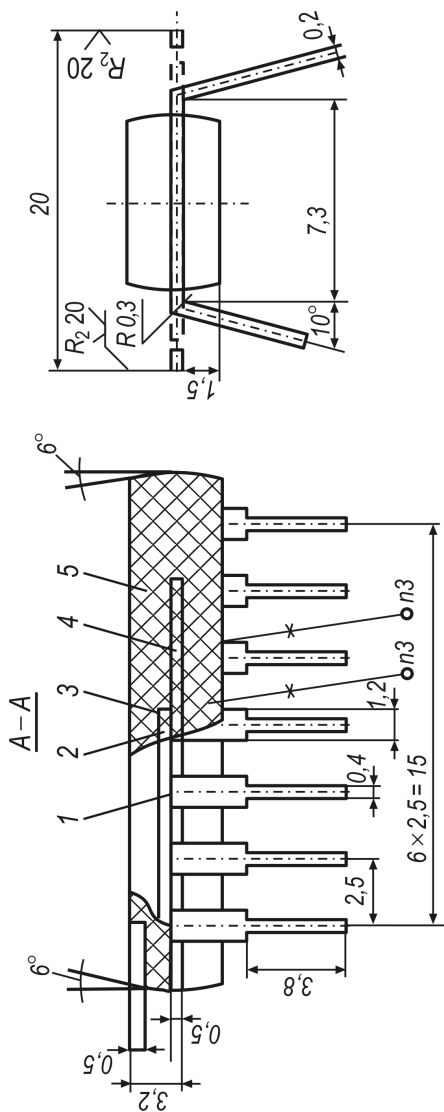


Рис. 8а

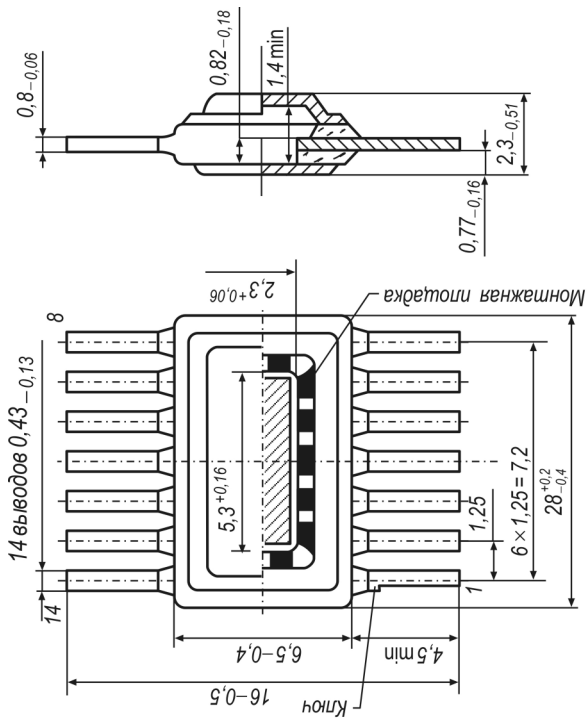


Рис. 86

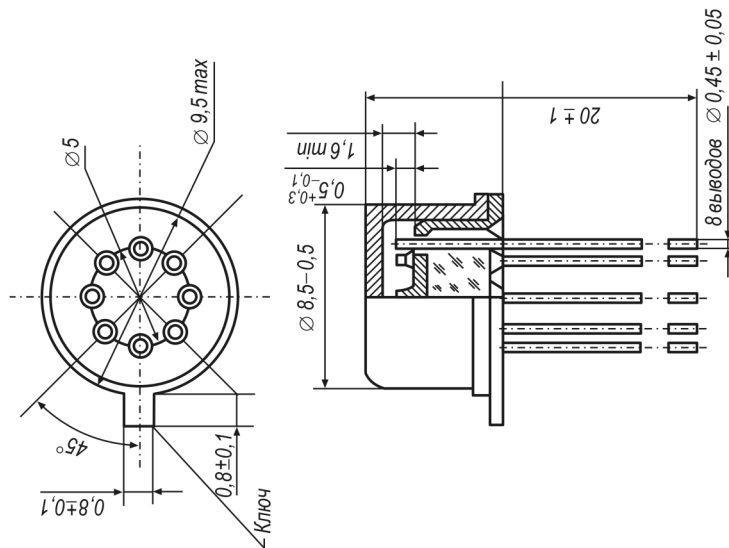


Рис. 86

Конструктивно-технологические характеристики трех типов корпусов, используемых для полупроводниковых ИМС, приведены в табл. 3. Примеры этих трех типов корпусов показаны на рис. 8а (корпус типа 2 (2102.14-6)), 8б (корпус типа 3 (302.8-1)) и 8в (корпус типа 4 (401.14-4)).

Таблица 3

Условное обозначение корпуса по ГОСТ 17467-79	Число выводов	Вариант исполнения	Габаритные размеры корпуса, мм	Размеры монтажной площади, мм	Метод герметизации	Метод крепления кристалла в корпусе	
						эвтектическая пайка	посадка на клей
<u>Корпуса типа 2</u>							
201.8-1	8	МК	19,2×7,3×5	5×3	Сварка	+	+
201.14-10	14	МК	19,2×7,3×5	5×3	Сварка	+	—
201.16-8	16	К	19×7,3×5	5×3	Сварка	+	+
201.16-13	16	К	19×7,2×5,15	4,4×2,2	Сварка	+	+
2102.14-3	14	СК	19,5×6,7×5,6	3×2	Пайка	+	—
201.14-9	14	СК	19,5×6,5×5,5	3,5×2,5	Пайка	+	—
2103.16-14	16	СК	19,5×6,7×5,88	7,5×3,1	Пайка	+	—
<u>Корпуса типа 3</u>							
301.8-2	8	МС	∅ 9,5 4,6×13,5	∅ 3	Сварка	+	—
302.8-1	8	МС	∅ 9,5 6,5×13,5	∅ 3	Сварка	+	—
301.14-3	14	МС	39×25×7,5	∅ 8	Сварка	+	—
<u>Корпуса типа 4</u>							
4105.14-2	14	СК	9,8×6,5×2,2	3,2×2,2	Пайка	+	—
401.14-5	14	МС	10×6,7×1,97	4,9×2	Сварка	+	—
4112.16-13	16	МК	12×9,5×2,95	3×3	Сварка	+	+
402.16-21	16	МК	11,5×9,3×2,5	5,13,1×	Сварка	+	—
402.16-32	16	МК	11,5×9,3×2,5	4×3,2	Сварка	+	—
4153.20-01	20	МК	18,0×12×2,99	7,0×5	Сварка	+	—
411.6-18-3	18	СК	9,8×9,8×2,5	4,1×4,1	Пайка	+	—

Список литературы

1. Березин А.С., Белова Г.Ф. Сборник задач по курсу «Конструирование интегральных микросхем». – М.: МИФИ, 1986.
2. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. – М.: Радио и связь, 1992.

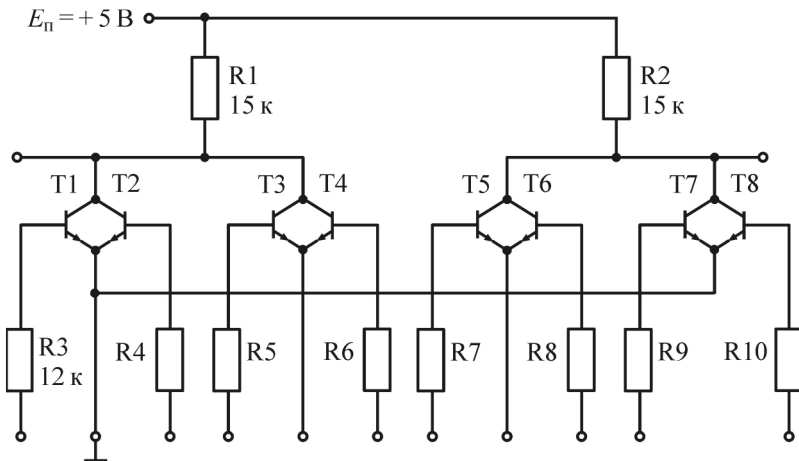


Рис. П1. Схема электрическая принципиальная двух четырехвходовых логических схем «ИЛИ-НЕ»
($I_{R1} = I_{R2} = 0,26 \text{ мА}$; $I_{R3} = \dots I_{R10} = 0,024 \text{ мА}$)

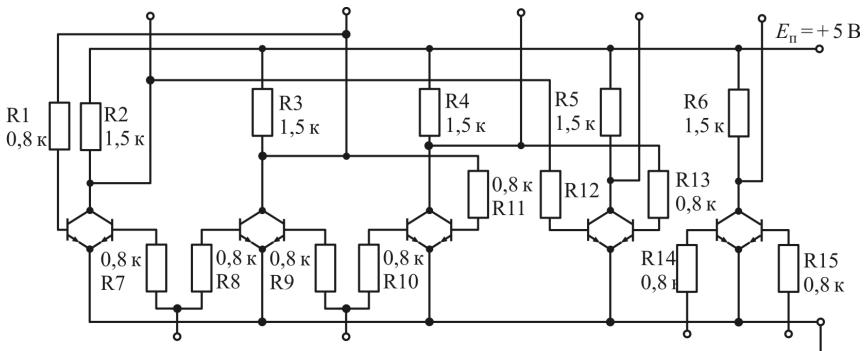


Рис. П2. Схема электрическая принципиальная полусумматора с инверсией и двухвходовая логическая схема «ИЛИ-НЕ»

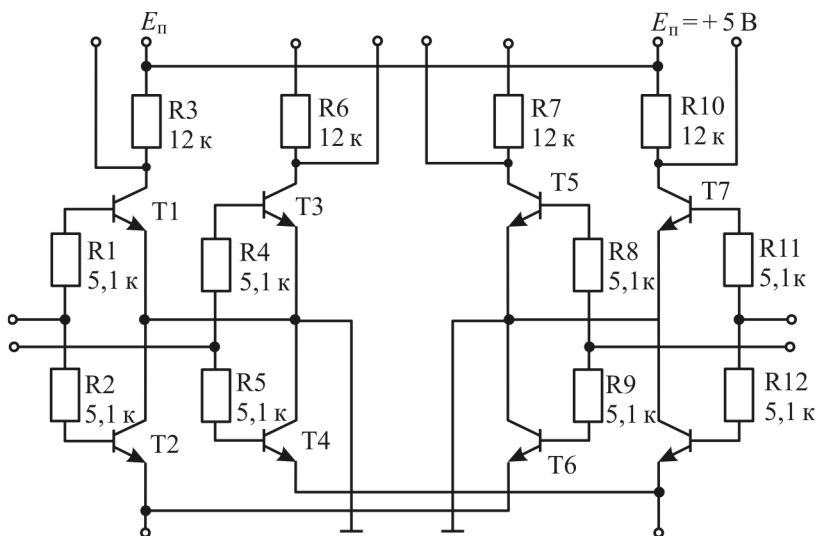


Рис. ПЗ. Схема электрическая принципиальная
четырёх инверторов ПТЛ

($I_{R1, R2, R4, R5, R8, R9, R11, R12} = 0,7 \text{ mA}$; $I_{R3, R6, R7} = 0,4 \text{ mA}$)

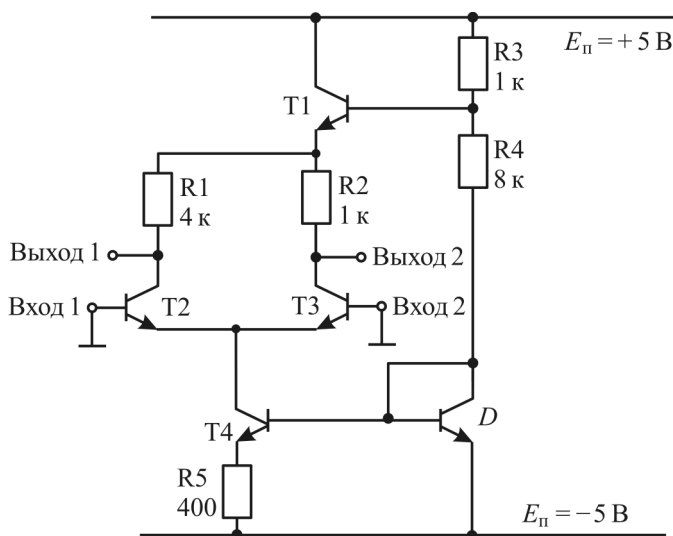


Рис. П4. Схема электрическая принципиальная усилителя

($I_{R5} = 200 \text{ mA}$; $I_{R4} = 1 \text{ mA}$)

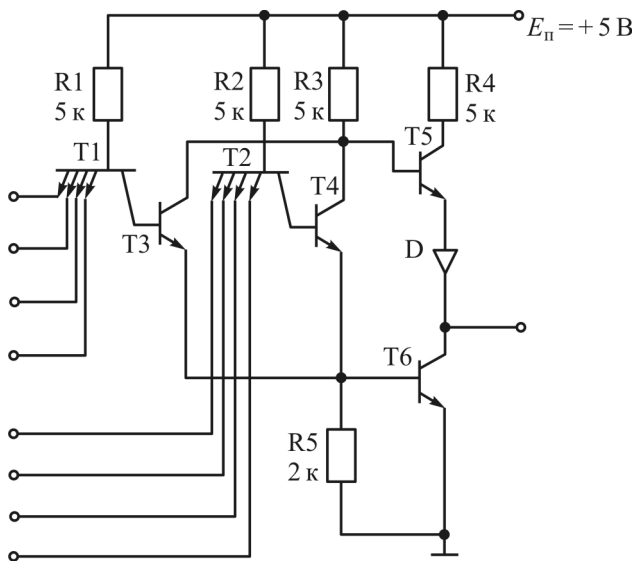


Рис. П5. Схема электрическая принципиальная «4И-2 ИЛИ-НЕ»
 $(I_{\text{Э1}} = I_{\text{Э2}} = 8 \text{ мА}; I_{\text{Э3}} = I_{\text{Э4}} = 2,4 \text{ мА}; I_{\text{Э5}} = I_{\text{Д}} = 3 \text{ мА};$
 $I_{\text{Э6}} = 2 \text{ мА}; I_{\text{R1}} = I_{\text{R2}} = 1,2 \text{ мА}; I_{\text{R3}} = I_{\text{R5}} = 2,4 \text{ мА}; I_{\text{R4}} = 3,7 \text{ мА})$

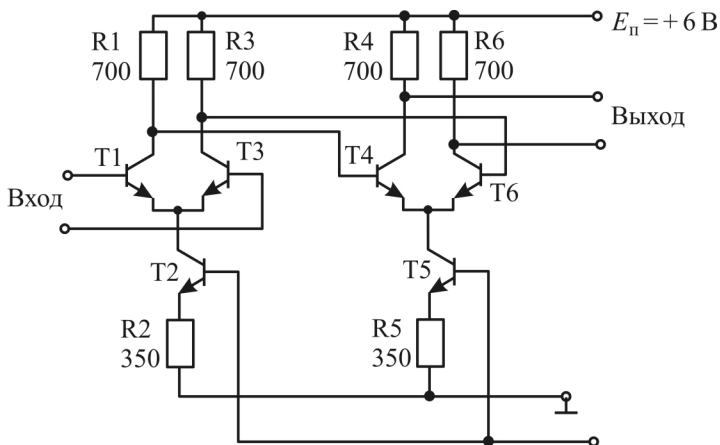


Рис. П6. Схема электрическая принципиальная
 усилителя-ограничителя

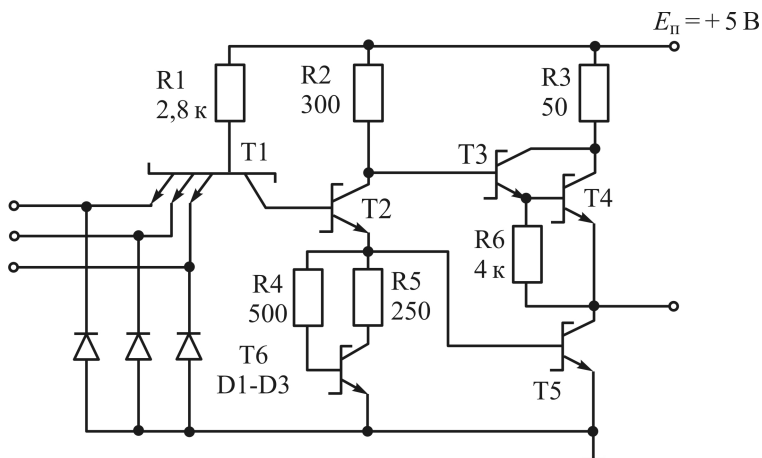


Рис. П7. Схема электрическая принципиальная логического элемента с переходом Шотки ТТЛШ

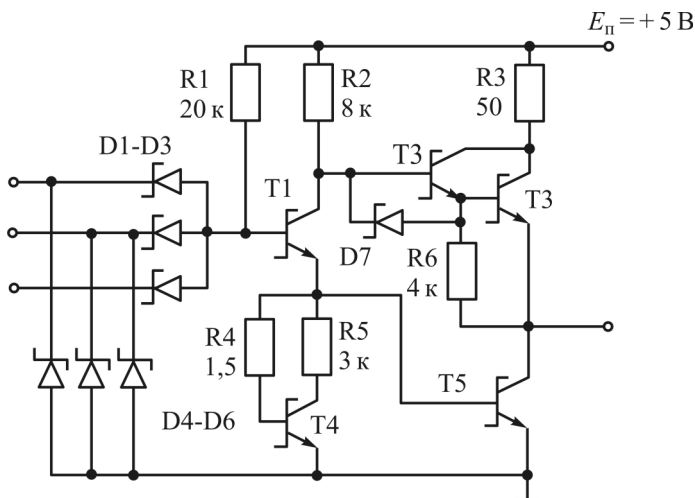


Рис. П8. Схема электрическая принципиальная логического элемента ТТЛШ

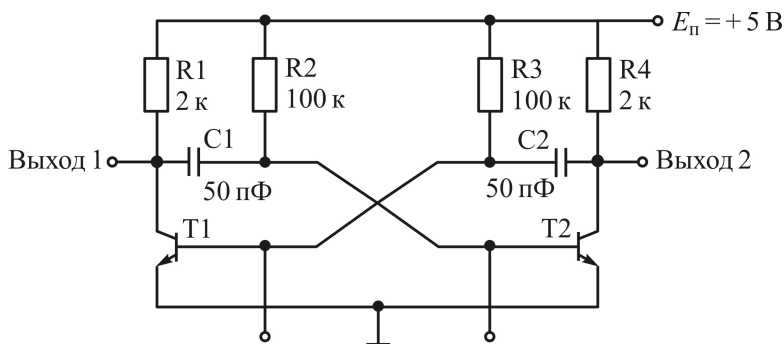


Рис. П9. Схема электрическая принципиальная бистабильной ячейки

($I_{Э1} = I_{Э2} = 5 \text{ мА}$; $I_{R1} = I_{R3} = 5 \text{ мА}$; $I_{R2} = I_{R4} = 0,1 \text{ мА}$)

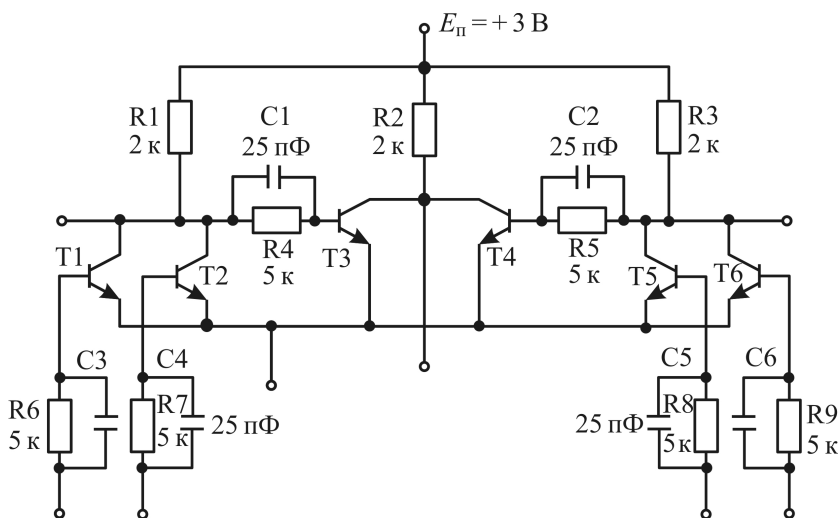


Рис. П10. Схема электрическая принципиальная полусумматора
($U_{\text{вых. max}} = 2,4 \text{ В}$)

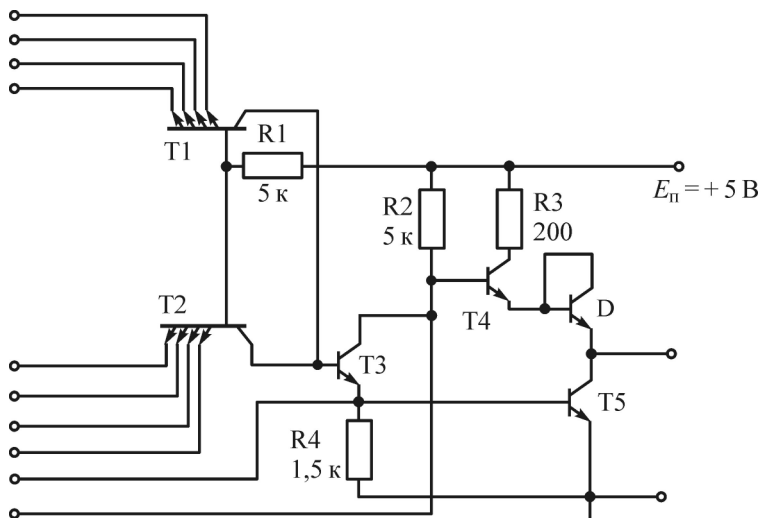


Рис. III.1. Схема электрическая принципиальная логического элемента «8И-НЕ» с расширением по «ИЛИ»
 $(I_{R1} = I_{R2} = 1,2\text{ мА}; I_{R3} = 2,4\text{ мА}; I_{R4} = 3,7\text{ мА}; I_{\text{Э}1} = I_{\text{Э}2} = 1\text{ мА};$
 $I_{\text{Э}3} = 2\text{ мА}; I_{\text{Э}4} = I_{\text{Э}5} = I_{\text{Э}6} = 3\text{ мА})$

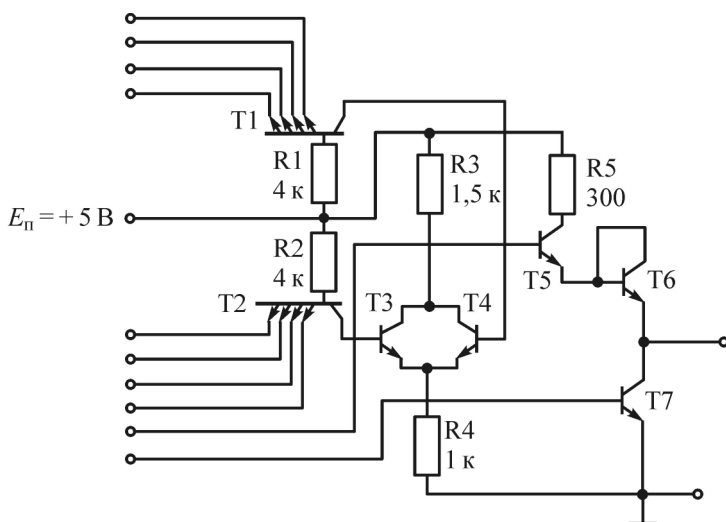


Рис. III.2. Схема электрическая принципиальная логического элемента «8И-2ИЛИ-НЕ», расширяемого по «ИЛИ»

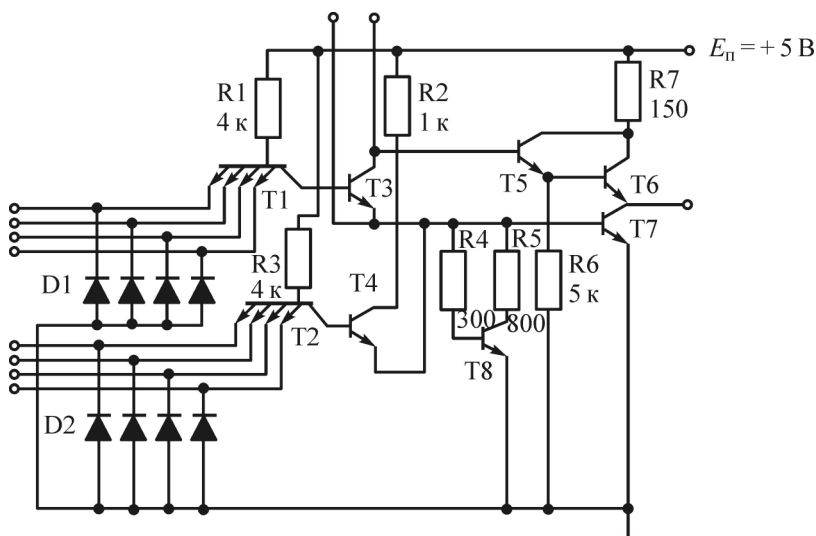


Рис. П13. Схема электрическая принципиальная логического элемента «4И-2ИЛИ-НЕ» с возможностью расширения по «ИЛИ»
 $(I_{Э1,2,5,8} = 1 \text{ мА}; I_{Э3,4} = 4 \text{ мА}; I_{Э6} = 3 \text{ мА}; I_{Э7} = 10 \text{ мА};$
 $I_{D1,2} = 1 \text{ мА})$

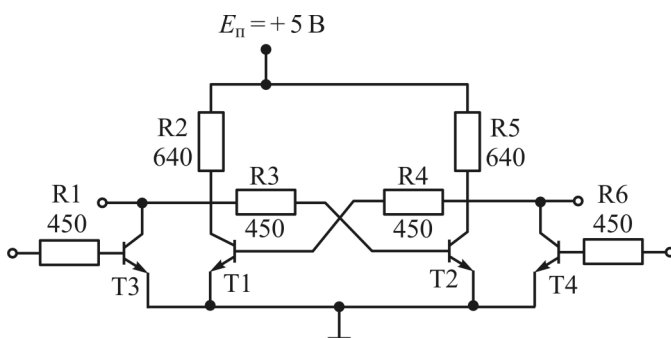


Рис. П14. Схема электрическая принципиальная
 RS-триггеры

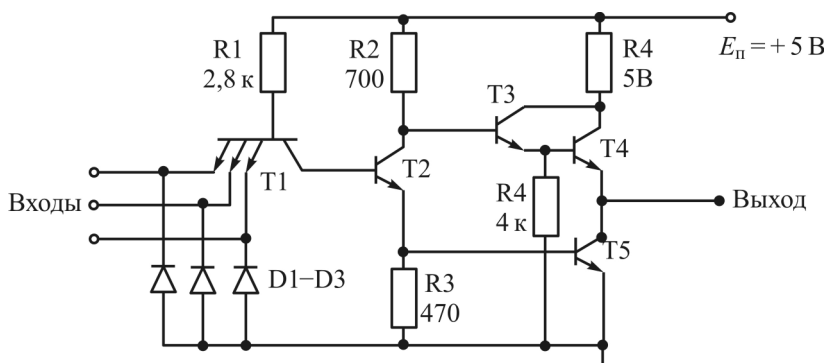


Рис. III5. Схема электрическая принципиальная ТТЛ

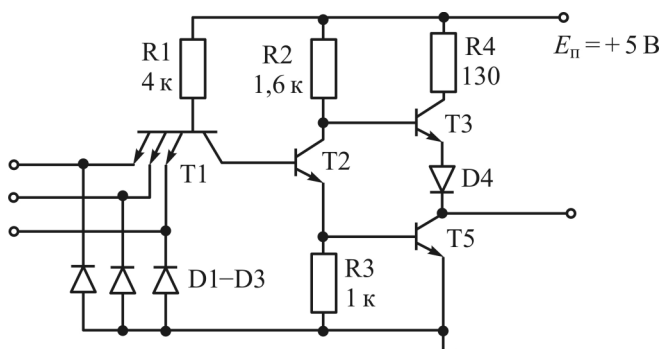


Рис. III6. Схема электрическая принципиальная ТТЛ

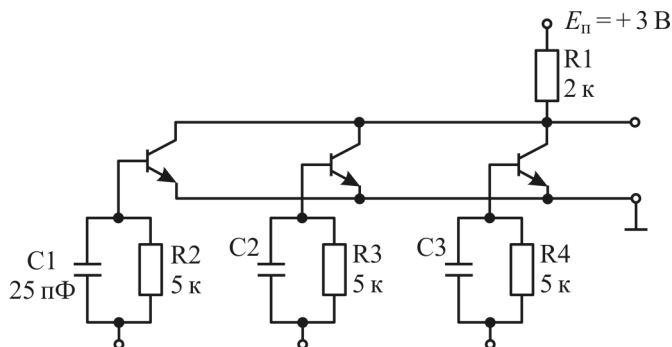


Рис. III7. Схема электрическая принципиальная
«НЕ-ИЛИ» («НЕ-И»)

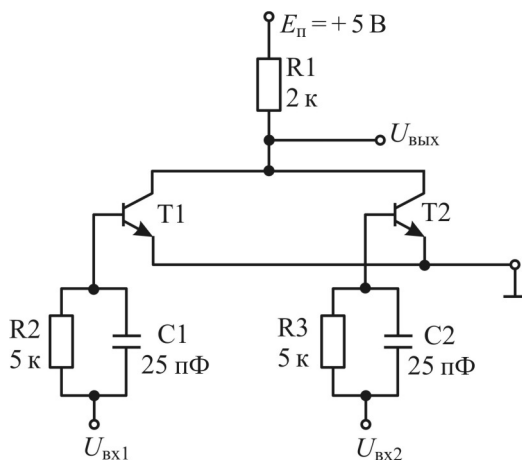


Рис. П18. Схема электрическая принципиальная логического элемента «2ИЛИ-НЕ»
 $(I_{Э1} = I_{Э2} = 2 \text{ мА}; I_{R1} = 4 \text{ мА}; I_{R2} = I_{R3} = 3 \text{ мА})$

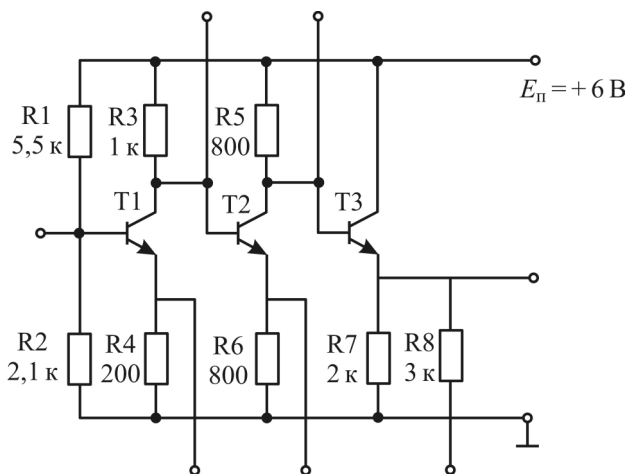


Рис. П19. Схема электрическая принципиальная широкополостного неинвертирующего усилителя
 $(I_{Э1} = 6,6 \text{ мА}; I_{Э2} = 4 \text{ мА}; I_{Э3} = 3,1 \text{ мА}; I_{R1} = I_{R2} = 0,83 \text{ мА};$
 $I_{R3} = 5 \text{ мА}; I_{R4} = 6,6 \text{ мА}; I_{R5} = I_{R6} = 4 \text{ мА}; I_{R7} = 3,1 \text{ мА};$
 $I_{R8} = 1,7 \text{ мА})$

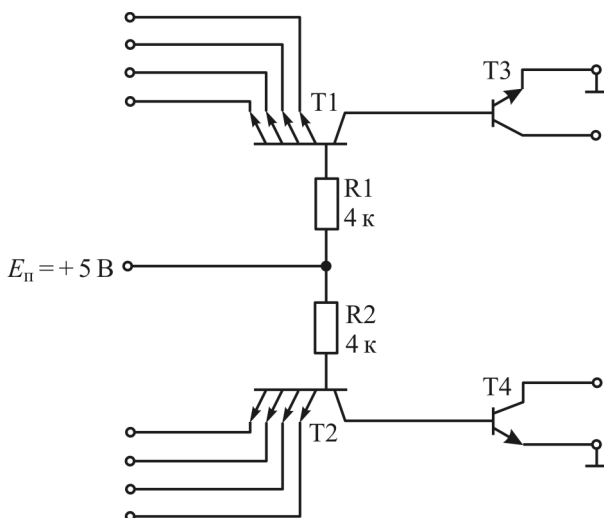


Рис. П20. Схема электрическая принципиальная двух четырехвходовых расширителей по «ИЛИ»

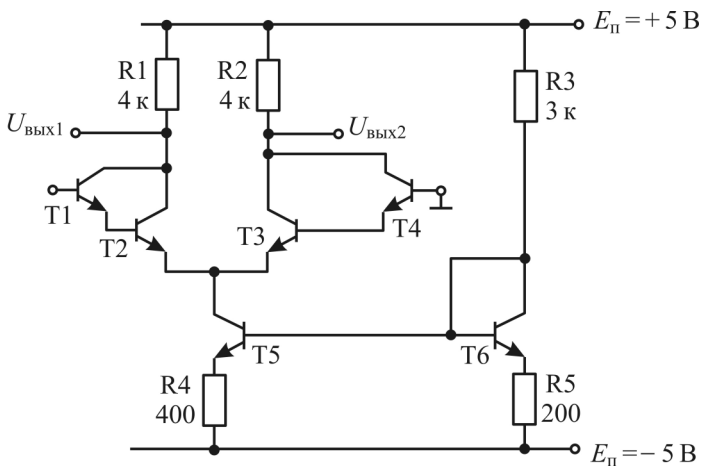


Рис. П21. Схема электрическая принципиальная усилителя ($I_{\mathcal{C}1} = 0,75 \text{ мА}$; $I_{\mathcal{C}1} = I_{\mathcal{C}3} = 0,7 \text{ мА}$; $I_{\mathcal{C}5} = 1,5 \text{ мА}$; $I_{R3} = 3 \text{ мА}$)

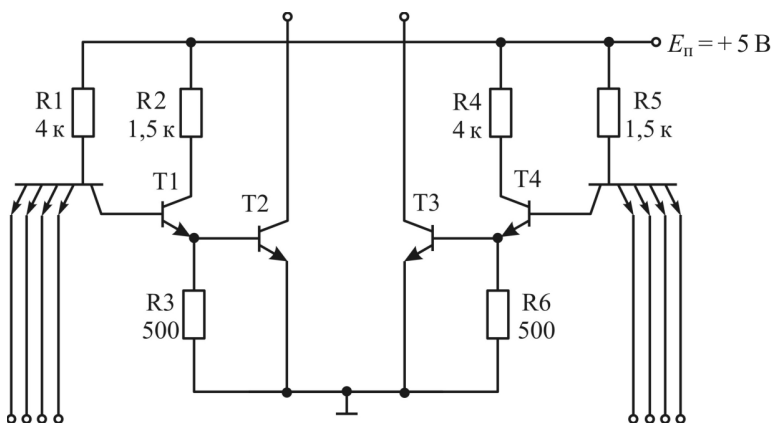


Рис. П22. Схема электрическая принципиальная двух четырехвходовых схем «И-НЕ» с открытым коллекторным выходом и повышенной нагрузочной способностью

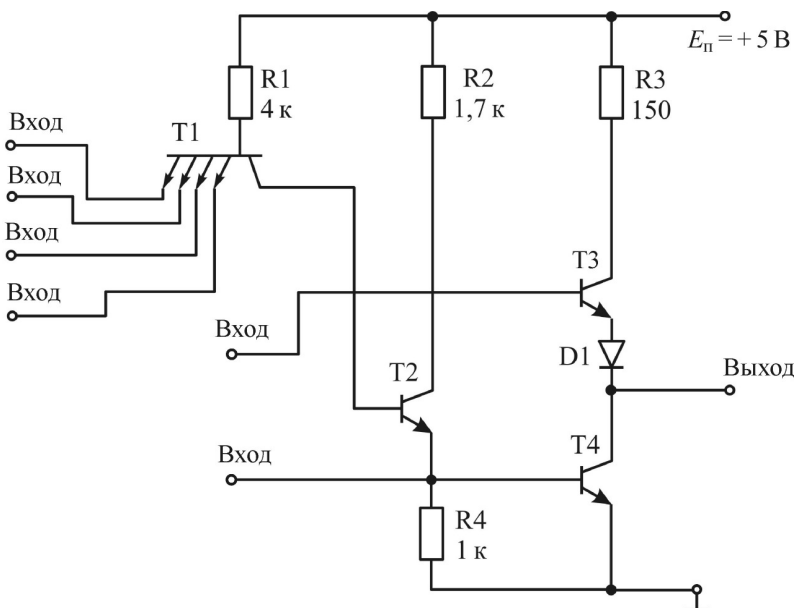


Рис. П23. Схема электрическая принципиальная «4И-НЕ».
 $(I_{Э1} = 0,7 \text{ мА}; I_{R41, R2, Э2} = 2,2 \text{ мА}; I_{Э2, D} = 2,8 \text{ мА}; I_{Э4} = 1,8 \text{ мА};$
 $I_{R1} = 1,1 \text{ мА}; I_{R3} = 3,5 \text{ мА})$

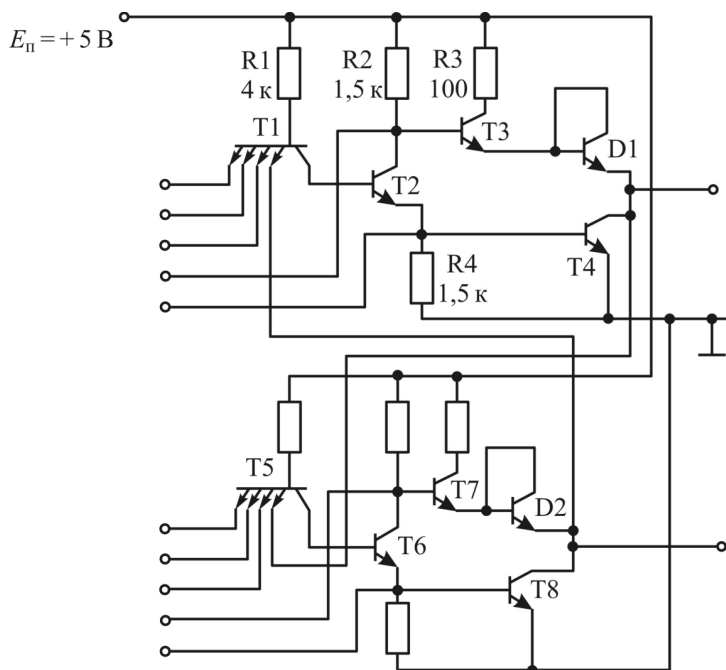


Рис. П24. Схема электрическая принципиальная триггера с раздельными входами с логическими элементами на входе «ЗИ-НЕ» расширяемых по «ИЛИ»

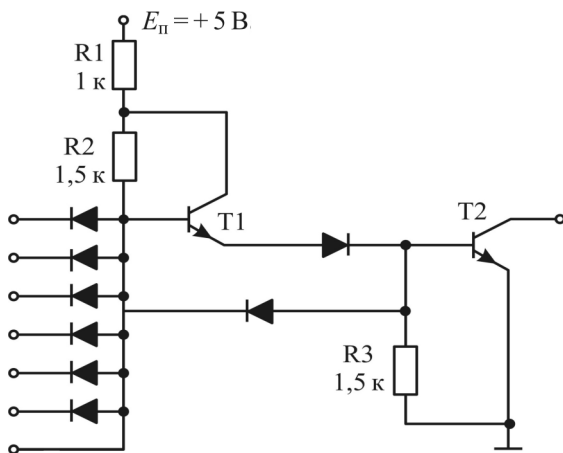


Рис. П25. Схема электрическая принципиальная логического элемента «6И-НЕ»