

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.382.82

К. А. ВАЛИЕВ, В. Я. КОНТАРЕВ, Б. В. ОРЛОВ, Ю. И. ЩЕТИНИН,
В. А. СИЕДИН, Б. И. ЗЛЫДНЕВ, О. Л. КРАМАРЕНКО,
С. И. НАЗАРОВ, Г. Э. ШИРО

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СХЕМЫ
ТРАНЗИСТОРНО-ТРАНЗИСТОРНОЙ ЛОГИКИ
СЕРИИ 130**

Приводится описание быстродействующих интегральных схем транзисторно-транзисторной логики серии 130. Рассматриваются особенности работы основного логического элемента серии, его статические и динамические характеристики.

Интегральные схемы серии 130 предназначены для работы на частотах до 30 МГц в температурном диапазоне от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$. Они выпускаются в плоском 14-выводном металлостеклянном корпусе типа 101МС-14-1 с планарным расположением выводов. Схемы питаются от одного источника напряжения $+5$ в $\pm 10\%$ и имеют время задержки распространения сигнала 6—7 нсек при потребляемой мощности 22 мвт на один логический элемент. Они совместимы по конструкции корпуса, расположению выводов, напряжению питания и по логическим уровням с ИС аналогичного функционального назначения серий 133 и 136 [1].

Все ИС серии 130 построены на базе основного логического элемента (ОЛЭ), выполняющего функцию И—НЕ (рис. 1). Эта схема существенно отличается от основного логического элемента, разработанного в серии 133 [1, 2]. Увеличение быстродействия основного элемента серии 130 достигнуто за счет уменьшения паразитных емкостей компонентов и уменьшения величин резисторов. В выходном каскаде схемы применена схема Дарлингтона на транзисторах T_3 и T_4 , позволяющая обеспечить большой ток для заряда емкости нагрузки при выключении, что уменьшает время задержки и фронты выходного сигнала. Кроме того, схема Дарлингтона дает возможность получить высокий выходной уровень логической «1» за счет малого падения напряжения на эмиттер-базовом переходе транзистора T_3 , а также низкий выходной импеданс для обоих логических состояний схемы. Низкие выходные импедансы схемы уменьшают динамические помехи, наводимые на линиях связи между интегральными схемами, и позволяют работать на частотах до 30 МГц при больших емкостях нагрузки.

Замена сопротивления R_4 [2] транзистором T_6 с сопротивлениями R_5 и R_6 позволила получить передаточную характеристику, близкую к прямоугольной. Эта корректирующая цепь удерживает транзистор T_2 в закрытом состоянии до входного напряжения, при котором почти одновременно начинают открываться транзисторы T_2 , T_5 и T_6 . Благодаря этому статистическая помехоустойчивость [3] схем серии 130 составляет $>0,5$ в в диапазоне температур $-60 \div +125^\circ\text{C}$ вместо 0,4 в,

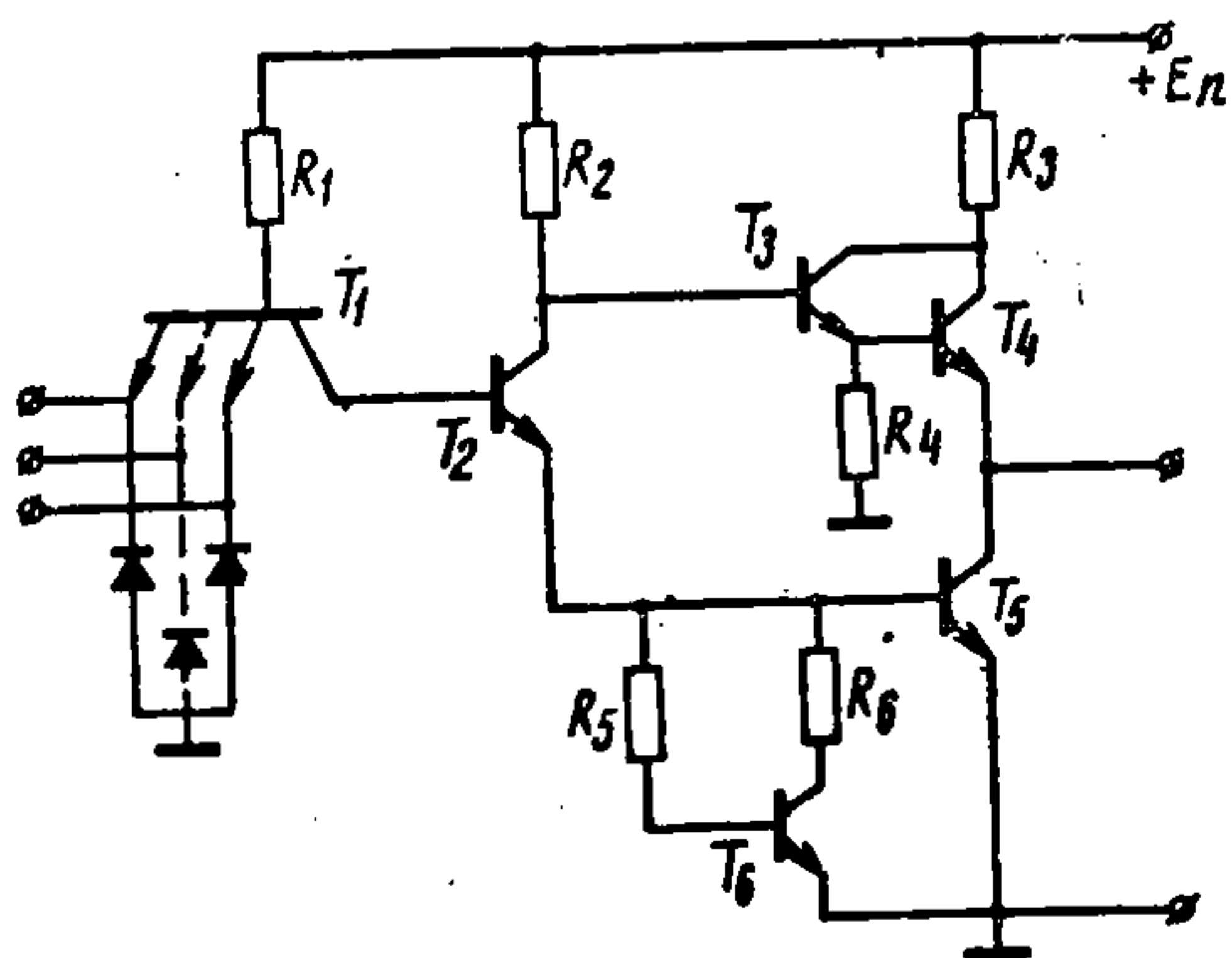


Рис. 1. Электрическая схема основного логического элемента серии 130.

как в других ИС типа ТТЛ [1, 2]. Сравнение импедансов корректирующей цепи и резистора R_4 в диапазоне температур выявило меньшую зависимость импеданса корректирующей цепи от температуры, обеспечивая тем самым следующие дополнительные преимущества. Во-первых, более низкое сопротивление для тока рассасывания выходного транзистора при температуре $+125^\circ\text{C}$ приводит к более быстрому выключению схемы. При этом уменьшается импульсный ток короткого замыкания (когда транзисторы T_4 и T_5 одновременно открыты), что, в свою очередь, приводит к уменьшению мощности, потребляемой схемой в динамическом режиме. Во-вторых, при пониженных температурах импеданс корректирующей цепи уменьшается меньше, чем сопротивление R_4 , поэтому увеличивается ток включения транзистора T_5 и, следовательно, уменьшается время включения схемы.

Высокая помехоустойчивость ИС типа ТТЛ и малые выходные импедансы для обоих логических состояний значительно облегчают согласование линий связи между ИС при конструировании аппаратуры.

Для исключения ложных срабатываний в схемах серии 130 к каждому входу подключен так называемый антизвонный диод D_1 . В нормальных рабочих режимах диод D_1 всегда закрыт и дополнительно вносит только незначительную емкость на вход схемы (<1 пф). При отрицательном импульсе напряжения диод D_1 открывается и ограничивает амплитуду импульса на уровне 0,8 в. Последующий положительный импульс напряжения становится значительно меньше 0,8 в, и колебательный процесс быстро затухает.

Серия 130 содержит 17 типов ИС, функция, тип и основные параметры которых приведены в табл. 1. Функции схем приведены для положительной логики, когда логическая «1» соответствует высокому уровню напряжения, а логический «0» — низкому. Функциональные схемы, расположение выводов ИС серии 130 приведены на рис. 2. Электрическая схема одного логического элемента, из которых состоят ИС типа 1ЛБ301 ÷ 1ЛБ3010 приведена на рис. 1. Схема в зависимости от типа имеет от 2 до 8 входов. Резисторы в схеме 1ЛБ306 имеют

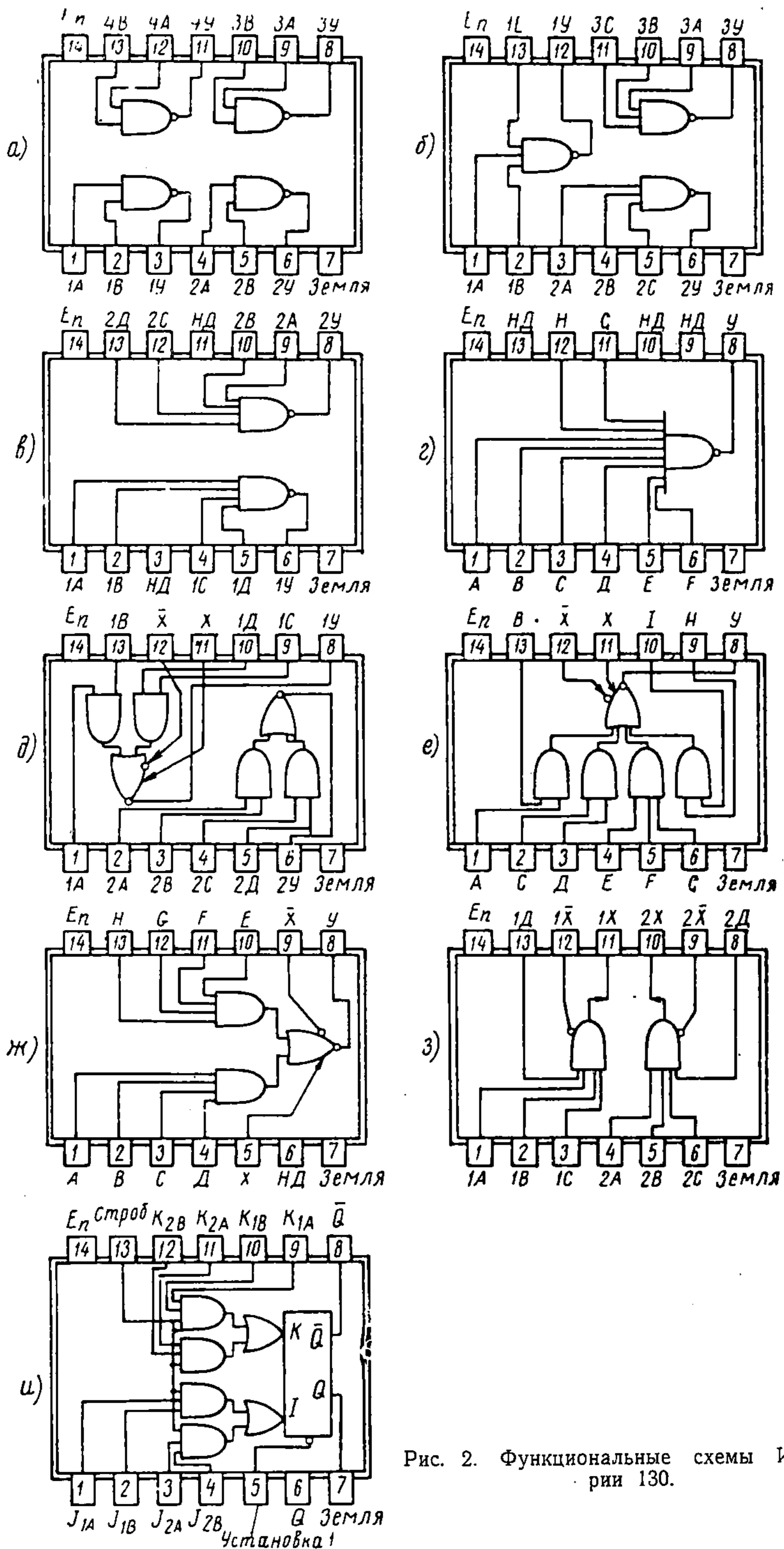


Рис. 2. Функциональные схемы ИС серии 130.

меньшие значения, чем в остальных схемах. Схемы типа 1ЛР301—1ЛР307 могут расширять функцию ИЛИ до 8 путем подключения к соответствующим выводам четырехвходовых схем расширителей типа 1ЛП301. Таким образом, схемы типа 1ЛР301, 1ЛР304, 1ЛР305, 1ЛР307 допускают подключение до 6 четырехвходовых расширителей (3 схемы типа 1ЛП301), а схемы 1ЛР303 и 1ЛР306 — 4 расширителя (2 схемы 1ЛП301).

Таблица 1

Функция	Тип	Нагрузочная способность	Время задержки, нсек	Потребляемая мощность, мв	Функциональная схема, рис. 2
2 четырехвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ301	10	7	46	в
Восьмивходовая схема И—НЕ	1ЛБ302	10	8	23	г
4 двухвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ303	10	7	92	а
3 трехвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ304	10	7	69	б
2 четырехвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ306	20	8	—	в
2 четырехвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ307	5	7	46	в
Восьмивходовая схема И—НЕ	1ЛБ308	5	8	23	г
4 двухвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ309	5	7	92	а
3 трехвходовые схемы И—НЕ	1ЛБ3010	5	7	69	б
Две 2И—2ИЛИ—НЕ схемы, 1 с расширением по ИЛИ	1ЛР301	10	8	—	д
2—2—2—3И—ИЛИ—НЕ схема, с расширением по ИЛИ	1ЛР303	10	9	—	е
4И—2ИЛИ—НЕ схема, с расширением по ИЛИ	1ЛР304	10	8	—	ж
Две 2И—2ИЛИ—НЕ схемы, одна с расширением по ИЛИ	1ЛР305	5	8	—	д
2—2—2—3И—ИЛИ—НЕ схемы, с расширением по ИЛИ	1ЛР306	5	9	—	е
4И—2ИЛИ—НЕ схема, с расширением по ИЛИ	1ЛР307	5	8	—	ж
2 схемы четырехвходового расширителя по ИЛИ для схем И—ИЛИ—НЕ	1ЛП301	2	—	—	з
3Ж—3К—И триггер	1ТК301	10	$F=30\text{МГц}$	—	и

Благодаря совместимости ИС серий 130, 133 и 136 по логическим уровням схемы различных серий могут работать друг на друга в любых сочетаниях. Но поскольку входные токи неодинаковы для различных серий схем, то коэффициенты разветвления по выходу будут разными. В табл. 2 приведены нагрузочные коэффициенты для ИС всех трех серий.

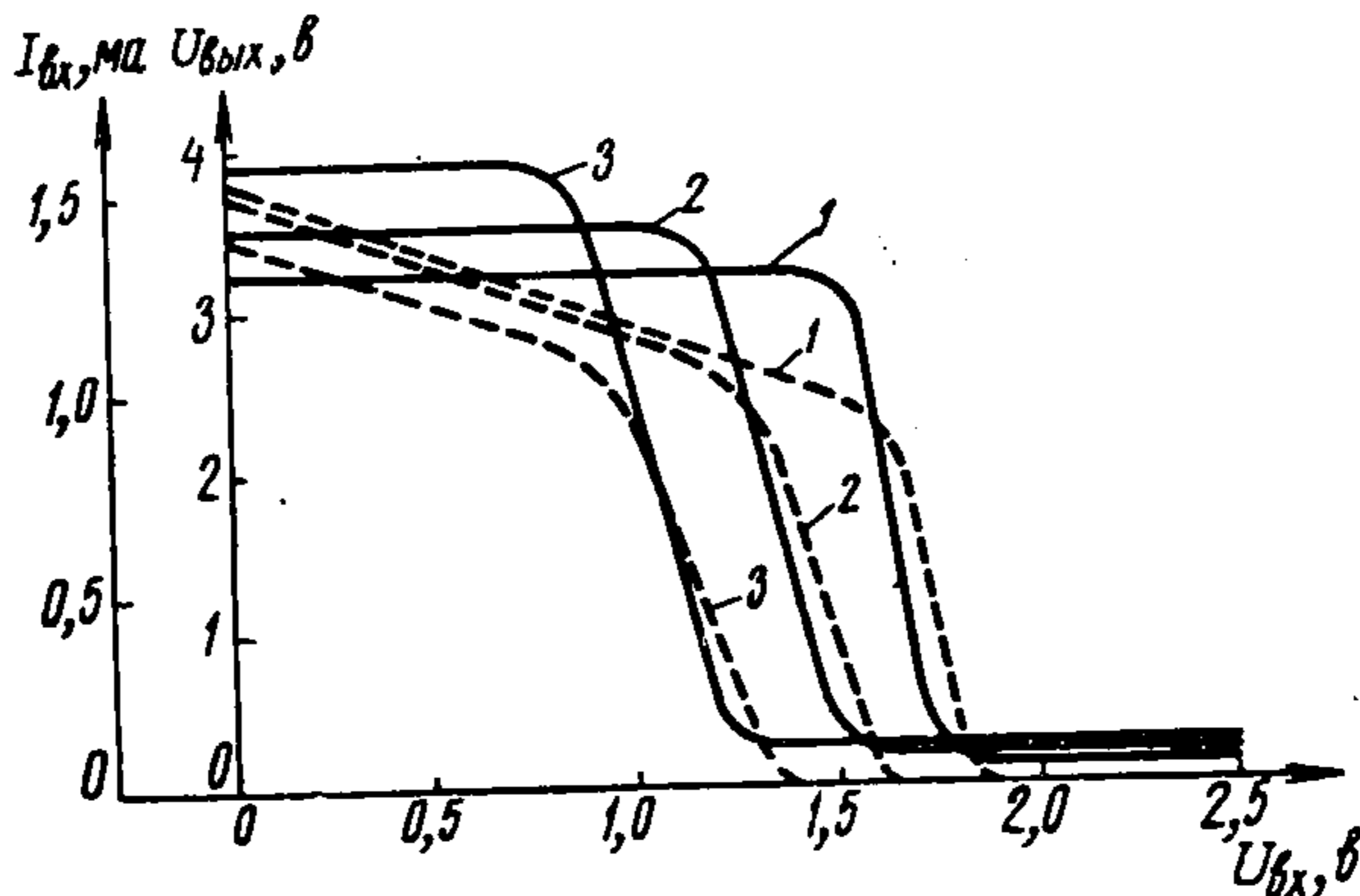


Рис. 3. Типовые статические характеристики ОЛЭ серии 130.

	Нагрузочные схемы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	1ЛБ301÷ 1ЛБ304, 1ЛР301÷ 1ЛР304	1ЛБ306	1ЛП301	1ЛБ331÷ 1ЛБ334, 1ЛР331÷ 1ЛР334	1ЛП331	1ЛБ336	1ЛБ361÷ 1ЛБ364	1ЛБ366	
Управляющие схемы	1	10	8	10	10	10	10	25	25
	2	20	16	20	20	20	20	50	50
	3	2	2	2	3	3	3	—	—
	4	7	6	7	10	10	10	25	25
	5	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	20	19	20	30	30	30	75	75
	7	2	1	2	2	2	2	10	10
	8	6	4	6	7	7	7	30	30

На рис. 3 приведены типовые передаточные характеристики (сплошные линии) основного логического элемента, измеренные при напряжении питания $+5$ в, при температурах -60 , $+20$, $+125^\circ\text{C}$ (кривые 1—3). Характеристики измерялись при токах нагрузки, соответствующих коэффициенту разветвления $N=10$. Характеристики наглядно показывают изменение статической помехоустойчивости схемы с изменением рабочей температуры. Если принять логический уровень «1» $U_{\text{вых}}^1 = 2,6$ в, а уровень логического «0» $U_{\text{вых}}^0 = 0,25$ в, то типовая амплитуда напряжения статической помехи по входу [3] для состояния логического «0» и логической «1» равна 1,1 в. На этом рисунке приведены типовые входные характеристики (пунктирные линии). Наклон части характеристики, которая пересекает ось токов, соответствует сопротивлению R_1 (рис. 1). Входные токи отрицательной полярности $I_{\text{вх}}^1$ являются втекающими в схему по входным выводам токами, величина которых определяется инверсным коэффициентом усиления транзистора T_1 [2]. Типовая величина тока $I_{\text{вх}}^1 = 15$ мка при $T = +20^\circ\text{C}$. На рис. 4 показаны типовые выходные характеристики схемы, измеренные при $E = 5$ в, $U_{\text{вх}} = 2,4$ в, $T = -60$, $+20$, $+125^\circ\text{C}$. Наклон характеристики соответствует сопротивлению насыщения выходного транзистора T_5 (рис. 1), которое определяет выходное напряжение логического «0».

Типовое среднее время задержки распространения сигнала для каждой ИС серии 130 приведено в табл. 1. Измерение производилось при $E = +5$ в, $T = +20^\circ\text{C}$, $C_{\text{н}} = 30$ пф, $N_{\text{мах}}$. На рис. 5 приведены типовые зависимости времени задержки распространения сигнала при включении и выключении от изменения емкости нагрузки. При измерении неиспользуемые входы ИС подключаются к источнику напряжения $E = +4$ в.

При подключении схем расширителей 1ЛП301 к схемам типа 1ЛР301—1ЛР307 время задержки распространения увеличивается на 1 нсек при подключении каждого расширителя. Следует отметить, что такое увеличение имеет место и при подключении паразитной емкости к коллекторному выводу схемы (1 нсек на 1 пф подключаемой емкости).

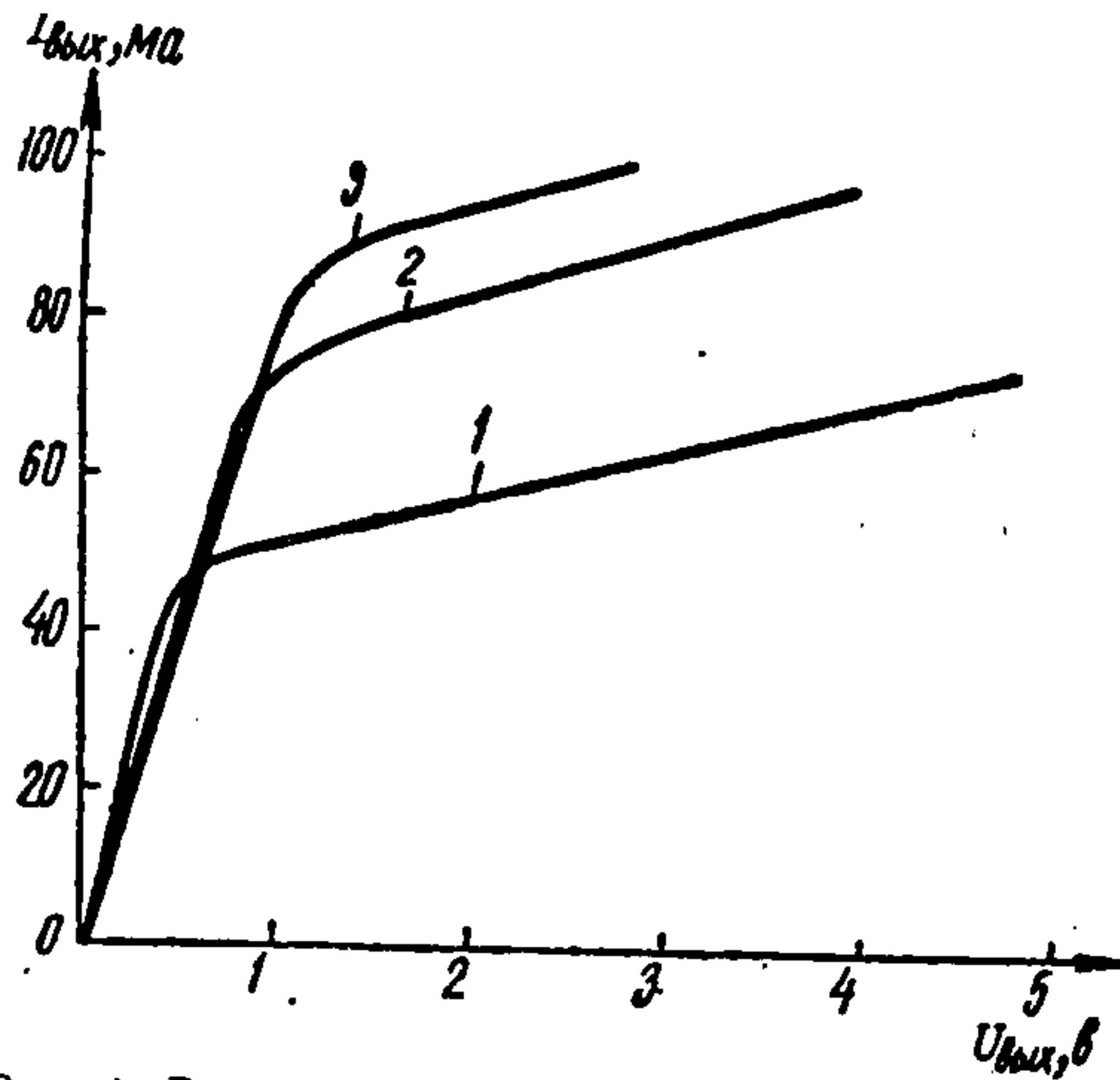


Рис. 4. Выходные характеристики ОЛЭ серии 130.
Условия измерения: $E_{\text{п}} = 5$ в, $U_{\text{вх}} = 2$ в, $T = -60; +20; +125$ °С
(кривые 1—3).

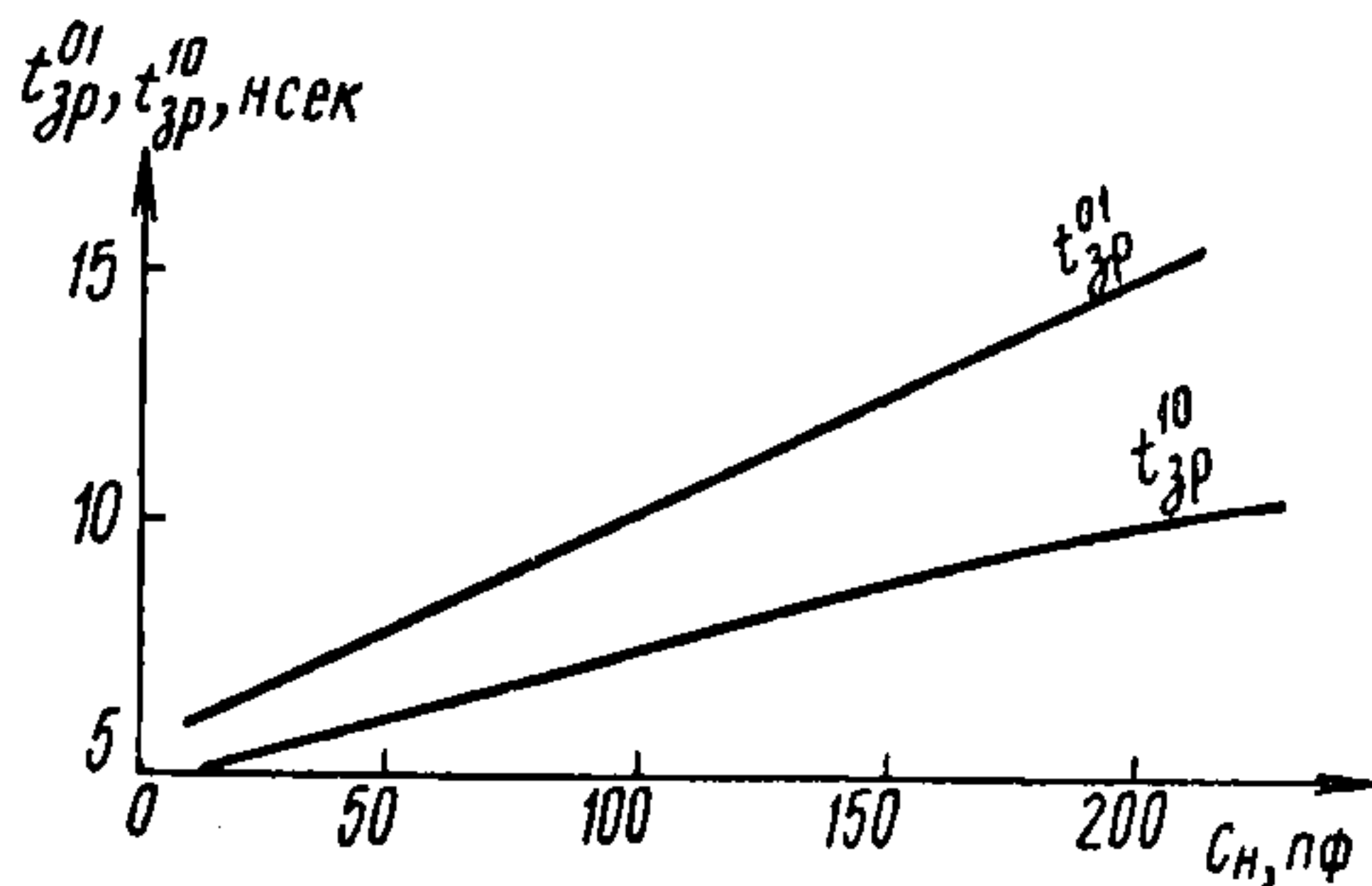


Рис. 5. Зависимость $t_{\text{зр}}^{01}$, $t_{\text{зр}}^{10}$ от емкости нагрузки.
 $E_{\text{п}} = 5$ в; $T = 20$ °С; $N = 10$.

Мощность, потребляемая ИС типа ТТЛ в динамическом режиме, увеличивается с ростом частоты переключения схемы. Благодаря временным задержкам в цепях схемы оба выходных транзистора (T_4 и T_5) оказываются одновременно открытыми некоторое время при переключении схемы из состояния логического «0» в «1» и обратно. Низкое сопротивление открытых транзисторов вызывает дополнительное потребление тока «короткого» замыкания ($I_{\text{кз}}$) от источника питания. При постоянном источнике питания и внешней нагрузке $I_{\text{кз}}$ имеет постоянную амплитуду и время действия. Чем больше частота переключения, тем больше импульсов тока $I_{\text{кз}}$ в единицу времени и, следовательно, больше средняя мощность, потребляемая схемой. При подключении емкости нагрузки необходим дополнительный ток для ее заряда, который потребляется через транзистор T_4 при переходе схемы из состояния ло-

гического «0» в «1». Поэтому при увеличении емкости нагрузки мощность, потребляемая схемой при переключении, увеличивается.

Типовое приращение мощности, потребляемой схемой типа 1ЛБ301 от частоты при $T = +20^\circ\text{C}$, $E = 5\text{ в}$, $C_n = 15\text{ пф}$, равно $0,9\text{ мвт/Мгц}$, а при $C = 60\text{ пф}$ равно $1,4\text{ мвт/Мгц}$. Частотные свойства ИС серии 130 ограничиваются предельной рабочей температурой кристалла (p - n перехода), равной 150°C . Поэтому при выборе рабочей частоты схемы необходимо учитывать вид охлаждения микросхем в аппаратуре. При заданной рабочей частоте можно предъявить требования к виду охлаждения, т. е. к тепловому сопротивлению корпус микросхемы — окружающая среда $R_{T(k-c)}$, используя следующее выражение:

$$R_{T(k-c)} = \frac{T_p - T_c - R_{T(p-k)} F \Delta P_d}{F \Delta P_d},$$

где T_p — предельная температура p - n перехода на кристалле, $^\circ\text{C}$; T_c — температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$; $R_{T(p-k)}$ — тепловое сопротивление p - n переход — корпус, $^\circ\text{C/мвт}$; F — рабочая частота, Мгц ; ΔP_d — удельная динамическая мощность, мвт/Мгц .

Для ИС серии 130 в корпусах 101 МС-14-1 значение $T_{(p-k)} = 0,05$ — $0,1\text{ }^\circ\text{C/мвт}$.

Работоспособность ИС серии 130 оценивается по следующему комплексу измеряемых и режимных параметров:

- $U_{\text{вых}}^0$ — максимальное выходное напряжение логического «0»;
- $U_{\text{вых}}^1$ — минимальное выходное напряжение логической «1»;
- $U_{\text{вх}}^0$ — напряжение логического «0» на входе при измерении тока $I_{\text{вх}}^0$;
- $U_{\text{вх}}^1$ — напряжение логической «1» на входе при измерении тока $I_{\text{вх}}^1$;
- $U_{\text{пор}}^0$ — пороговое напряжение логического «0» на входе при измерении $U_{\text{вых}}^1$;
- $U_{\text{пор}}^1$ — пороговое напряжение логической «1» на входе при измерении $U_{\text{вых}}^0$;
- $U_{\text{вх проб}}$ — минимальное входное пробивное напряжение;
- $U_{\text{вх н}}$ — входное напряжение на неиспользуемых входных выводах;
- $I_{\text{вх}}^0$ — максимальный входной вытекающий из схемы ток при напряжении на входе $U_{\text{вх}}^0$;
- $I_{\text{вх}}^1$ — максимальный входной втекающий в схему ток при напряжении на входе $U_{\text{вх}}^1$;
- $I_{\text{вых}}^0$ — максимальный выходной втекающий ток нагрузки при измерении $U_{\text{вых}}^0$;
- $I_{\text{вых}}^1$ — максимальный выходной вытекающий ток нагрузки при измерении $U_{\text{вых}}^1$;
- $I_{\text{п}}^1$ — ток, потребляемый схемой от источника питания при напряжении логической «1» на выходе;
- $I_{\text{п}}^0$ — ток, потребляемый схемой от источника питания при напряжении логического «0» на выходе;
- $I_{\text{кз}}$ — выходной вытекающий ток короткого замыкания при $U_{\text{вых}} = 0$;
- $I_{\text{вх проб}}$ — максимальный втекающий входной ток при измерении $U_{\text{вх проб}}$;

1ЛБ301, 1ЛБ302, 1ЛБ303, 1ЛБ304, 1ЛБ307, 1ЛБ308, 1ЛБ309, 1ЛБ3010

Параметр	Нормы		Тип схемы	Условия измерения								Примечание	
	мин.	макс.		$U_{вх}^0$, в	$U_{вх}^1$, в	$U_{пор}^0$, в	$U_{пор}^1$, в	$U_{вхн}$, в	E , в	$I_{вых}^0$, ма	$I_{вых}^1$, ма		$I_{вх\ проб}$, ма
$I_{п}^1$, мка	—	10	1ЛБ301, 1ЛБ307										Для всех схем в корпусе
	—	5	1ЛБ302, 1ЛБ308					0	5,5				
	—	20	1ЛБ303, 1ЛБ309										
	—	15	1ЛБ304, 1ЛБ3010										
$I_{кз}$, ма	36	95	Для всех типов схем	—	—	—	—	0	5	—	—	—	Выходной измеряемый вы- вод заземляется
$t_{зр}^{10}$, нсек	—	12	1ЛБ302, 1ЛБ308	$N = 10; C = 30\ нф$				4	5	$T = +20^\circ C$			Для 1ЛБ307—1ЛБ3010, $N=5$
	—	10	Для остальных типов										
$t_{зр}^{01}$, нсек	—	12	Для всех типов схем	$N = 10; C = 30\ нф$				4	5				

1ЛБ306

Параметр	Нормы		Условия измерения											Примечание
	мин.	макс.	$U_{вх}^0$, в	$U_{вх}^1$, в	$U_{пор}^0$, в	$U_{пор}^1$, в	$U_{вх н}$, в	Е, в	$I_{вых}^0$, ма	$I_{вых}^1$, ма	$I_{вх проб}$, ма			
$U_{вых}^0$, в	—	0,4	—	—	—	2	—	—	4,5	40	—	—		
$U_{вых}^1$, в	2,5	—	—	—	0,9	—	Своб.	4,5	—	—	2	—		
$U_{вх проб}$, в	5,5	—	—	—	—	—	0	5,5	—	—	—	1		
$I_{вх}^0$, ма	—	2,5	0,4	—	—	—	4	5,5	—	—	—	—		
$I_{вх}^1$, ма	—	100	—	2,4	—	—	0	5,5	—	—	—	—		
$I_{п}^0$, ма	—	32	—	—	—	—	Своб.	5,5	—	—	—	—	Для всех схем в корпусе	
$I_{п}^1$, ма	—	12	—	—	—	—	0	5,5	—	—	—	—		
$I_{кз}$, ма	40	125	—	—	—	—	0	5,5	—	—	—	—	Выходной измеряемый вывод заземляется	
$t_{зр}^{10}$, нсек	—	16	N = 20; C = 30 пф		4		5	T = +20°C						
$t_{зр}^{01}$, нсек	—	15	N = 20; C = 30 пф		4		5							

1ЛР301, 1ЛР303, 1ЛР304, 1ЛР305; 1ЛР306, 1ЛР307

Параметр	Нормы		Тип схемы	Условия измерения								Примечание		
	мин.	макс.		$U_0^{вх}, в$	$U_1^{пор}, в$	$U_{нх}, в$	$U_{ли}, в$	$E, в$	$I_0^{вх}, ма$	$I_1^{вх}, ма$	$I_{вх\ пров}, ма$			
$I_{п}^1, ма$	—	13	1ЛР301, 1ЛР305											
	—	11	1ЛР303, 1ЛР306			0	0	5,5						
	—	6,5	1ЛР304, 1ЛР307											
$I_{кз}, ма$	35	95	—	—	—	0	0	5						
$t_{зр}^{10}, нсек$	—	12	—	$N = 10; C = 30 нф$	4	0	5		$T = +20^{\circ}C$			Для 1ЛР305, 1ЛР306, 1ЛР307, $N=5$		
	—	15	—	$N = 10; C = 30 нф$	4	0	5							

- $t_{зр}^{01}$ — время задержки распространения сигнала при переключении схемы из состояния логического «0» в «1»;
- $t_{зр}^{10}$ — время задержки распространения сигнала при переключении схемы из состояния логической «1» в «0».

В табл. 3—5 приведены нормы на статические и динамические измеряемые параметры и условия измерения, гарантирующие работоспособность ИС в диапазоне температур.

Статья поступила 16 марта 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валиев К. А. и др. Комплекс логических полупроводниковых интегральных микросхем типа ТТЛ. «Электронная техника», сер. VI, Микроэлектроника, 1969, вып. 3.
2. Казеннов Г. Г. и др. Применение метода граничных испытаний к расчету интегральных транзисторно-транзисторных логических схем. В сб. «Микроэлектроника», под ред. Ф. В. Лукина, вып. 3. Изд-во «Сов. радио», 1969.
3. «Анализ и расчет интегральных схем», ч. 2, под ред. Д. Линна и др. (пер. с англ.). Изд-во «Мир», 1969, стр. 160.