

к-27

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Уральская государственная лесотехническая академия

Кафедра автоматизации производственных
процессов

В. Е. Выборнов

А. И. Бабин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Методические указания к курсовому и дипломному
проектированию

Екатеринбург 1998

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/С.В.Якубовский, П.И.Ниссельсон, В.И.Куликова и др.; - М.: Радио и связь, 1990. - 496 с.
2. Шило В.Л. Популярныe цифровые микросхемы: Справочник. 2-е изд. исправл.- Челябинск: Металлургия, Челябинское отд., 1984.- 352 с.
3. Шило В.Л. Популярныe микросхемы КМОП: Справочник - М.: Издательство "Ягуар", 1993.- 64 с.

Рассмотрено и рекомендовано кафедрой автоматизации
производственных процессов.
Протокол N 9 от 21.05.98г.

Рецензент канд. с.-х. наук, доц. Машков В.М.

Редактор РИО Антонец А.Я.

Подписано в печать 24.06.98. Формат 60x84 1/16

Плоская печать	Печ. л. 2,32	Тираж 100 экз.
Заказ N 640	Поз. 25	Цена 4,0 руб.

Редакционно-издательский отдел УГЛТА
Отдел оперативной полиграфии

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания составлены для оказания технической помощи студентам 5-го курса спец. 2102.00 при курсовом проектировании систем автоматики по дисциплинам: "Автоматизация технологических процессов", "Проектирование систем автоматизации", а также при дипломном проектировании.

Системы управления и регулирования технологическим оборудованием могут быть разработаны как на контактных, так и на бесконтактных электрорадиоизделиях (ЭРИ).

Данные методические указания посвящены проектированию бесконтактных автоматизированных устройств.

В отличие от контактных схем бесконтактные проектируются на более надежной малогабаритной с малым потреблением электрической мощности элементной базе.

Далее по тексту представлены основные типы необходимых ЭРИ, их технические характеристики, условные графические обозначения с цоколевками выводов и габаритно-установочными размерами. Кроме того, приведены основные требования по оформлению схем электрических принципиальных и перечней элементов.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСКОНТАКТНЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ

1.1. Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) проекта в части разработки бесконтактного варианта системы управления и регулирования должна содержать следующие разделы:

- 1) разработка структурной схемы и описание ее составных частей;
- 2) выбор и обоснование электрорадиоизделий;
- 3) расчетная часть;
- 4) разработка схемы электрической принципиальной и описание по ней принципа работы устройства автоматики.

1.2. В разделе "Разработка структурной схемы" необходимо выбрать основные узлы, обеспечивающие выполнение поставленной задачи по автоматическому управлению разрабатываемого устройства.

Кроме того, необходимо определить входные и выходные параметры каждого функционального узла.

Рекомендуемая для применения структурная схема представлена на рис. 1, которая содержит следующие составные части:

1) коммутационный узел входных команд с использованием различных переключающих устройств, например тумблеров или переключателей (SA), коммутационных кнопок (SB), конечных выключателей (SQ), контактов тепловых реле (KK) и т.д.;

2) узел управления триггерной схемой с использованием комбинационных интегральных микросхем с логикой "И", "И-НЕ", "ИЛИ", "ИЛИ-НЕ";

3) триггерный узел, заменяющий реле с самоблокировкой в контактных схемах устройств автоматики;

4) предварительный транзисторный усилитель, согласующий слабые выходные токи микросхем с достаточно большими входными токами мощных бесконтактных оптоэлектронных ключей;

5) узел мощных бесконтактных электронных ключей, коммутирующих мощные нагрузки постоянного или переменного тока;

6) узел стабилизированного напряжения питания, включающий в себя силовой трансформатор (TV), выпрямитель, собранный на полупроводниковых диодах (DV), сглаживающий RS или LC - фильтр и стабилизатор напряжения, выполненный на интегральной микросхеме 142 серии. В процессе проектирования источника стабилизированного напряжения питания необходимо определить величину напряжения вторичной обмотки силового трансформатора и ток, протекающий по ней.

1.3. При выборе и обосновании электрорадиоизделий необходимо привести основные характеристики не менее двух вариантов для каждого типа ЭРИ, по которым обосновать выбор одного используемого варианта.

В табл. 1-6 приведены технические характеристики рекомендуемых для применения ЭРИ соответственно:

в табл. 1 - транзисторов 2Т608А;

в табл. 2 - матриц транзисторных 1НТ251А;

в табл. 3 - тиристорных оптронов Т0125 и 2Т0132;

в табл. 4 - интегральных стабилизаторов напряжения 142ЕН5А и 142ЕН6А;

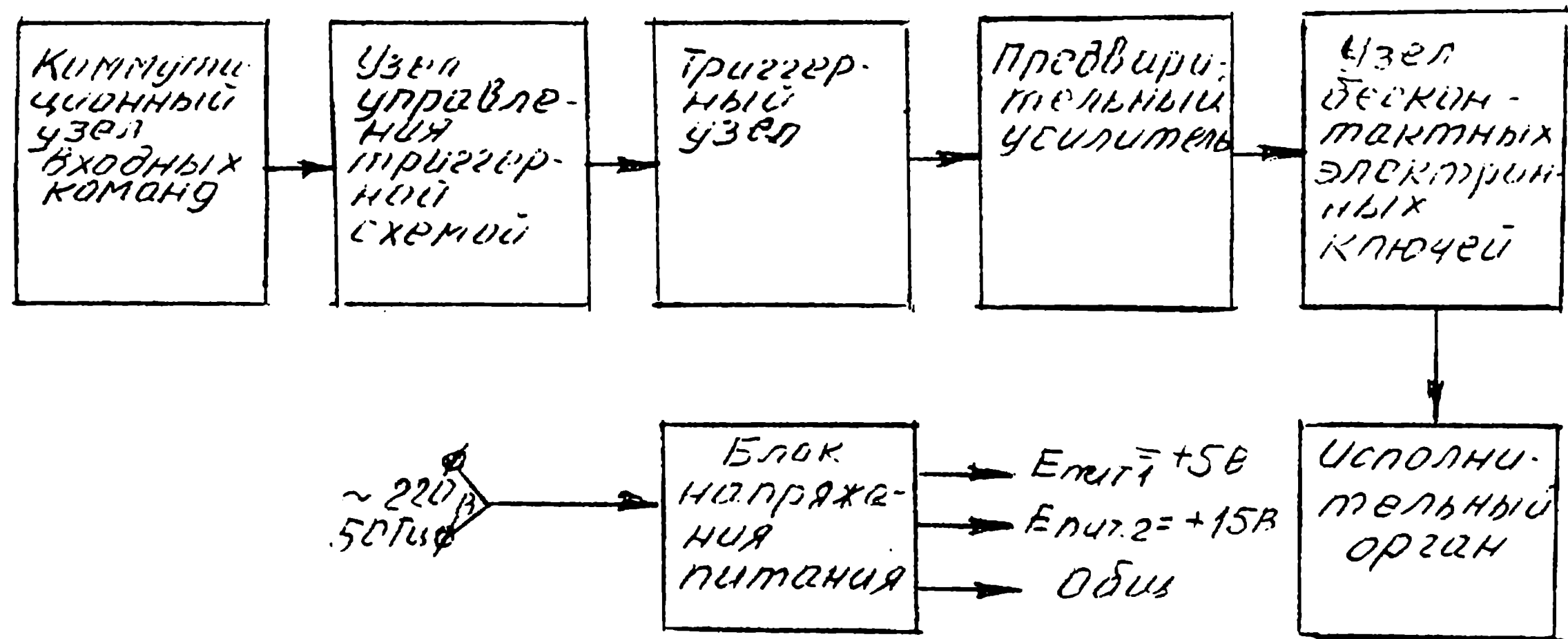


рис.1 Структурная схема устройства автоматики

в табл. 5 - резисторов постоянных непервоначальных С2-23,
2-10 и прецизионных С2-29;

в табл. 6 - комбинационных микросхем серий К155, К555,
К530(К531), КР1533, К564.

Таблица 1

Основные технические характеристики транзистора
2Т608А И93.365.013.ТУ

Наименование параметра	Букв. обозн.	Едини- цы измер.	Тип транзистора
			2Т608А
1. Обратный ток коллектора	$I_{сво}$	мкА	≤ 10
2. Статистичес- кий коэфф. усиления	β		25-80
3. Напряжение коллектор- эмиттер (насыщение)	$U_{сэ}$	В	≤ 1
4. Максимальное напряжение	$U_{кэ}$	В	60
5. Максимально допустимый ток коллек- тора	$I_{с\ max}$	мА	400
6. Максимально допустимый импульсный ток коллект.	I_c	мА	800
7. Максимально допустимая мощность коллектора	$P_{с\ max}$	Вт	0,5

Таблица 2

Основные технические характеристики матрицы
транзисторной 1НТ251 И93.456.000ТУ

Наименование параметра	Букв. обозн.	Единицы измер.	1НТ231А
1. Обратный ток коллектора	$I_{сво}$	мкА	≤ 10
2. Статистичес- кий коэффи- циент усиле- ния	β	-	30-150
3. Напряжение между кол- лектором и эмиттером в режиме насы- щения	U_{ces}	В	≤ 1
4. Напряжение между базой и эмиттером	U_{bes}	В	$\leq 1,5$
5. Максимально допустимое напряжение между кол- лектором и эмиттером	U_{cem}	В	45
6. Максимально допустимый ток коллек- тора	I_{cm}	мА	100

Таблица 3
Технические характеристики оптодиристоров

Тип оптодиристора	$I_{\text{вх.}}$ мА пост. тока	$I_{\text{вх.}}$ А перемен. ток, средний	$U_{\text{сд.}}$ В на свето- диоде	$U_{\text{вх.}}$ В (эффект.)
ТО 125 - 12,5 -6-3 ТУ 16-529-933 -32	80	12,5	2	600
ТО 125 - 10 -6-3 ТУ 16-529-933 -32	80	10	2	600
ТО 125 - 12,5 -10-3	80	12,5	2	1000
ТО 125 - 10 -10-3	80	10	2	1000
СТО 132 - 25 -6 ТУК - 432.051 34	100	25	1,75	600
СТО 132 - 25 -10	100	25	1,75	1000
СТО 132 - 40 6	100	40	1,75	600
СТО 132 - 40 -10	100	40	1,75	1000

Таблица 4
Технические характеристики интегральных
стабилизаторов напряжения 142ЕН5А и 142ЕН6А

Параметр	Норма	
	142ЕН5А	142ЕН6А
1. Входное напряжение, В	$(2-2,5) \cdot U_{\text{вых}}$	$\pm (1,5 \pm 2) U_{\text{вых}}$
2. Выходное напряжение, В	4,9 - 5,1	$\pm (14,7 \pm 15,3)$
3. Ток потребления, мА	≤ 10	≤ 18
4. Нестабильность по напряжению, %, В	0,05	0,003
5. Нестабильность по току, %, А	1,0	1,0
6. Ток нагрузки, А	1,2	0,2

Таблица 5

Технические характеристики популярных резисторов
С2-23, С2-10, С2-29В постоянных непроволочных

Тип, ТУ	Р _{доп} , Вт	R, Ом (диапазон)	Допус. откл., %	Размер.		ТКС, 1/°С
				диам.	длин.	
С2-23 ОЖО- 467- 081ТУ	0,062	10-0,511·10 ⁶	±5;	1,6	4,6	±100·10 ⁻⁶
	0,125	24-2·10 ⁶	±10	2	6	
	0,25	24-3·10 ⁶		3	7	
	0,5	24-5,1·10 ⁶		4,2	10,8	
	1,0	24-10·10 ⁶		6,6	13	
	2,0	24-10·10 ⁶		8,6	18,5	
		Промежуточные значения см. примеч. 1				
С2-10 ОЖО. 467. 072ТУ	1,125	10-9880	±0,5;	2	6	±200·10 ⁻⁶
	0,25	1-9880	±1	3	7	
	0,5	1-9880		4,2	10,8	
	1,0	1-9880		6,6	13	
	2,0	1-9880		8,6	18,5	
		Промежуточные значения см. примеч. 3				
С2-29В ОЖО. 467.	0,062	10-0,511·10 ⁶	см. примеч. 3	2,3	6,5	±25·10 ⁻⁶
	0,125	1-1·10 ⁶		3,5	8	
	0,25	1-5,11·10 ⁶		4,5	11	
	0,5	1-5,11·10 ⁶		7,5	14	
	1,0	1-8,56·10 ⁶		9,8	20	
	2,0	1-20·10 ⁶		9,8	28	
		Промежуточные значения см. примеч. 2.				

Примечания

1. Промежуточные значения сопротивления резисторов С2-23 по ГОСТ 2825-67 ряд E24

(1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 7,5; 8,2; 9,1) $\times 10^n$, где n - числа: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

2. Промежуточные значения сопротивления резисторов С2-29 по ГОСТ 2825-67 ряд E192 (в т.ч. выделены знаком *)

3. Промежуточные значения сопротивления резисторов С2-10 по ГОСТ 2825-67 соответствуют ряду E96 (см. выделенные знаком * числа из ряда E192).

100*, 101, 102*, 104, 105*, 106, 107*, 109, 110*, 111, 113*, 114, 115*, 117, 118*, 120, 121*, 123, 124*, 126, 127*, 129, 130*, 132, 133*, 135, 137*, 138, 140*, 142, 143*, 145, 147*, 149, 150*, 152, 154*, 156, 158*, 160, 162*, 164, 165*, 167, 169*, 172, 174*, 176, 178*, 180, 182*, 184, 187*, 189, 191*, 193, 196*, 198, 200*, 203, 205*, 208, 210*, 213, 215*, 218, 221*, 223, 226*, 229, 232*, 234, 237*, 240, 243*, 246, 249*, 252, 255*, 258, 261*, 264, 267*, 271, 274*, 277, 280*, 284, 287*, 291, 294*, 298, 301*, 305, 309*, 312, 316*, 320, 324*, 328, 332*, 336, 340*, 344, 348*, 352, 357*, 361, 365*, 370, 374*, 379, 383*, 388, 392*, 397, 402*, 407, 412*, 417, 422*, 427, 432*, 437, 442*, 448, 453*, 459, 464*, 470, 475*, 481, 487*, 493, 499*, 505, 511*, 517, 523*, 530, 536*, 542, 549*, 556, 562*, 569, 576*, 583, 590*, 597, 604*, 612, 619*, 626, 636*, 642, 649*, 657, 665*, 673, 681*, 690, 698*, 706, 715*, 723*, 732*, 741, 750*, 759, 768*, 777, 787*, 796, 806*, 816, 825*, 835, 845*, 856, 866*, 876, 887*, 898, 909*, 920, 931*, 942, 953*, 965, 976*, 988) $\times 10^n$, где n - -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5.

4. Пределы отклонения сопротивления от номинального значения резисторов С2-29В зависят от номинального значения величины сопротивления:

для R = 1 - 10 Ом отклонения составляют $\pm 0,5$ и $\pm 1\%$;

10 < R < 100 Ом - $\pm 0,25$; $\pm 0,5$ и $\pm 1\%$;

100 < R < 100 кОм - $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $0,5$ и $\pm 1\%$;

100 кОм < R < 1 МОм - $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1\%$;

1 МОм < R - $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1\%$.

Таблица 6

Основные технические характеристики комбинационных микросхем

Параметр, характеристика	Стандартные ИМС К155	Маломощные с диодами Шотки К555	Быстродействующие с диодами Шотки К530, К531	Маломощные усовершенствованные с диодами Шотки КР1533	КМОП, К564
1	2	3	4	5	6
$I_{вх}^0$ (входной ток низкого уровня), мА	$\leq 1,6$	$\leq 0,4$	≤ 2	$\leq 0,1$	$\leq 0,05$ мкА
$I_{вх}^1$ (входной ток высокого уровня), мА	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	$\leq 0,05$	$\leq 0,02$	$\leq 0,05$ мкА
$I_{вых}^0$ (выходной ток низкого уровня), мА	≤ 16	≤ 4	≤ 20	≤ 4	$\leq 0,25$
$I_{вых}^1$ (выходной ток высокого уровня), мА	$\geq 0,4$	$\geq 0,4$	≥ 1	$\geq 0,4$	$\geq 0,25$
Нагрузочная способность микросхем аналогичного типа, шт.	10	10	10	10	40
$U_{вх}$ (входное напряжение низкого уровня), В	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$	$\leq 0,5$	$\leq 0,4$	$\leq 0,95$ при $E_n=5В$

Продолжение табл. 6

				5	6
$U_{вх}$ (входное напряжение высокого уровня), В	2,4	2,5	2,5	2,5	2,9 при $E_n=5В$ 27,2 при $E_n=10В$
$U_{вых}$ (выходное напряжение низкого уровня), В	0,4	0,4	0,5	0,4	0,95 при $E_n=5В$ 2,9 при $E_n=10В$
$U_{вых}$ (выходное напряжение высокого уровня), В	2,4	2,5	2,5	2,5	28,6 при $E_n=5В$ 27,2 при $E_n=10В$
T_z - задержки (время задержки), нс	18,5	20	25	14	160
$T_{пер}$ - переключения, МГц	15	25	75	30	-
E_n (напряжение питания), В	5±5%	5±5%	5±5%	5±5%	от 3 до 15 для К564, К561 и 3 для К176
$I_{пот}$ (ток потребляемый, максимальный), мА	15	8	25	1,91	0,17

Примечание. Величина тока потребления $I_{пот}$ дана на один базовый элемент комбинационных микросхем К155, К555, К530(К531), КР 1533, К564.

В прил. 1 на рис. 1-10 приведены цоколевки микросхем соответственно:

на рис. 1 КМОП технологии логики ЭИ, ЭИ, ЭИ с отдельным инвертором;

на рис. 2 - ТТЛ технологии логики ЭИ, ЭИ, 4И;

на рис. 3 - ТТЛШ технологии логики ЭИ, ЭИ, 4И;

на рис. 4 - КМОП технологии логики ЭИ-НЕ, ЭИ-НЕ, 4И-НЕ, ЭИ-НЕ;

на рис. 5 - ТТЛ технологии логики ЭИ-НЕ, ЭИ-НЕ, 4И-НЕ, ЭИ-НЕ;

на рис. 6 - ТТЛШ технологии логики ЭИ-НЕ, ЭИ-НЕ, 4И-НЕ, ЭИ-НЕ;

на рис. 7 - КМОП технологии логики ЭИЛИ-НЕ, ЭИЛИ-НЕ с отдельным инвертором, 4ИЛИ-НЕ

на рис. 8 - ТТЛ технологии логики ЭИЛИ-НЕ, ЭИЛИ-НЕ, 4ИЛИ-НЕ;

на рис. 9 - ТТЛШ технологии логики ЭИЛИ-НЕ, ЭИЛИ-НЕ;

на рис. 10, а - ТТЛ технологии логики 2ИЛИ;

на рис. 10, б - ТТЛШ технологии логики 2ИЛИ.

В прил. 2 на рис. 1 и 2 приведены цоколевки RS-триггеров соответственно типов К555ТР2 и К561ТР2, а в табл. 1 и 2 указанного приложения приведены таблицы истинности этих триггеров. На рис. 1 прил. 3 приведено условное графическое обозначение, а на рис. 2 указанного приложения приведены габаритные размеры кремниевого транзистора n-p-n проводимости типа 2Т608А ИЭ3.365.013 ТУ.

На рис. 3 прил. 3 приведено условное графическое обозначение, а на рис. 4 указанного приложения - габаритные размеры матрицы транзисторной типа 1НТ251А ИЭ3.455.000 ТУ.

На рис. 1 и 2 прил. 4 приведены соответственно габаритные размеры тиристорных оптронов Т0125 и 2Т0132.

На рис. 1 и 2 прил. 5 приведены соответственно схемы включения и условные графические обозначения интегральных стабилизаторов напряжения 142ЕН5А и 142ЕН6А.

1.4. В расчетной части РПЗ должны быть приведены расчеты электрических параметров ЭРИ, на которые имеются предельно допустимые ограничения как в максимальную, так и в минимальную стороны, и по этим параметрам рассчитать величины сопротивлений, обеспечивающие требуемые режимы работы. При проектировании схемы управления с использованием интеграль-

ных микросхем следует учитывать, что у микросхем бывают как стандартные нагрузки (оговариваемые в технических условиях или паспортах), так и нестандартные (неоговариваемые в технических условиях и паспортах). Однако величины входных токов нестандартных нагрузок не должны превышать величины входных токов стандартных нагрузок. К стандартным нагрузкам интегральных микросхем относятся входы других микросхем аналогичных серий. При этом необходимо выполнять следующие требования:

1) на каждый выход ТТЛ, ТТЛШ микросхем допускается подключать не более 10 входов микросхем аналогичных серий;

2) на выход КМОП микросхемы - более 20 входов таких же микросхем;

3) не рекомендуется оставлять незадействованными входы микросхем ТТЛ(ТТЛШ) технологии, их необходимо подключать к шине +5В через резистор с величиной сопротивления 1 кОм.;

4) запрещается оставлять незадействованными входы микросхем КМОП технологии, их следует подключать к плюсовой шине питания через резистор с величиной сопротивления 10 кОм.

К нестандартным нагрузкам интегральных микросхем относятся, например входы транзисторных усилителей с использованием, как правило, транзисторов с п-р-п проводимостью. На рис. 2 приведена схема подключения базовой цепи транзистора к выходу микросхемы.

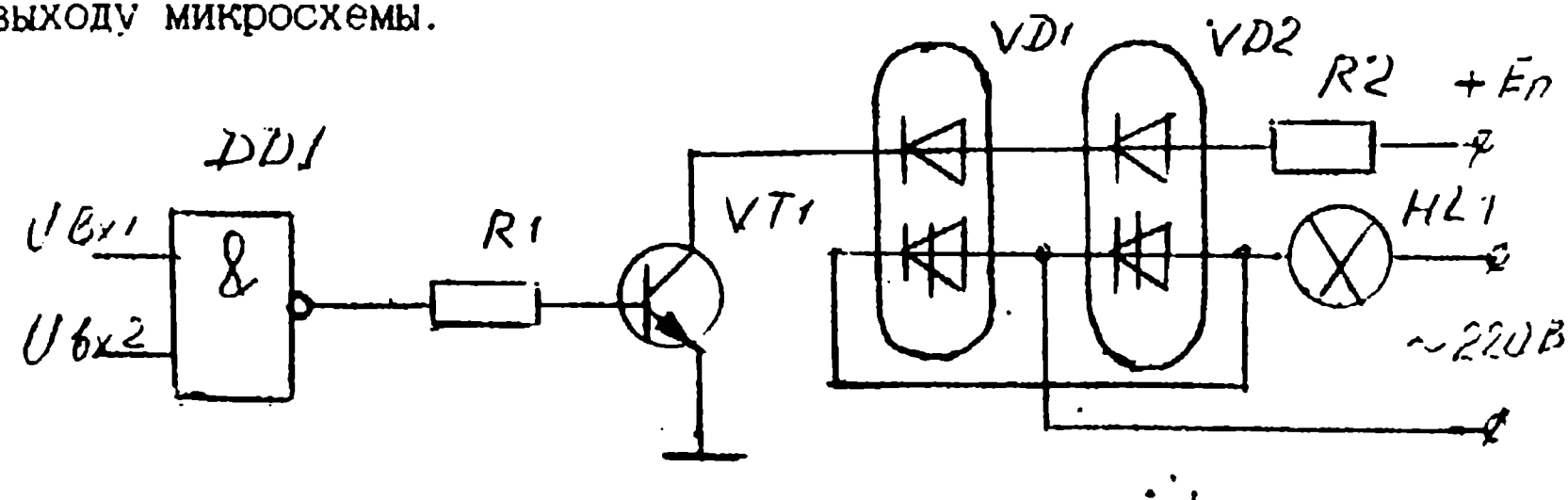


Рис. 2. Схема подключения транзистора к выходу микросхемы

Электронный архив УГПТУ

Транзистор VT1 будет открыт, когда на выходе микросхемы DD1 установится сигнал $U_{\text{вых}}$ (уровня логической "1"). Коэффициент усиления по току в транзисторного усилителя с общим

эмиттером равен $\beta = \frac{I_{\text{к}}}{I_{\text{б}}}$, при этом необходимо учитывать, что

ток базы транзистора должен быть достаточной величины для полного его насыщения (открывания) и в то же время он не должен превышать максимально допустимой величины выходного тока $I_{\text{вых}}$ микросхемы (при $U_{\text{вых}}$). Необходимая величина тока базы обеспечивается резистором R1, сопротивление которого определяется выражением

$$R1 = \frac{U_{\text{вых}} - U_{\text{бэ}}}{I_{\text{б}}},$$

где $U_{\text{бэ}}$ - напряжение участка база-эмиттер кремниевого транзистора величиной 0,7В.

Достаточность тока базы транзисторного усилителя для обеспечения насыщения транзистора VT1 определяется выражениями:

$$I_{\text{б}} \geq \frac{I_{\text{к нас}}}{\beta_{\text{min}}}, \quad \text{где } I_{\text{к нас}} = \frac{E_{\text{пит}} - 2U_{\text{сд}} - U_{\text{кэ нас}}}{R2},$$

где $I_{\text{к нас}}$ - ток коллектора в режиме насыщения. Этот ток не должен быть больше максимально допустимой величины $I_{\text{к max}}$ для выбранного типа транзистора);

β_{min} - минимальная величина коэффициента усиления (по току) выбранного типа транзистора;

$U_{\text{кэ нас}}$ - напряжение между коллектором и эмиттером открытого транзистора (величина такого напряжения для кремниевых транзисторов составляет от 0,5 до 1В;

R2 - сопротивление нагрузки в цепи коллектора. Это сопротивление определяет величину тока $I_{\text{к нас}}$, значит определяет необходимую величину тока светодиодов элементов VD1, VD2.

Бвиду того что выходные токи $I_{\text{вых}}$ у микросхем имеют небольшие величины (табл. 6), для полного насыщения

(открывания) транзистора порой не хватает его коэффициента усиления β_{min} . Для обеспечения достаточной величины коэффициента усиления β используют так называемый "составной транзистор", когда вместо одного транзистора подключают к выходу микросхемы два транзистора. Общий коэффициент усиления "составного транзистора" будет определяться приблизительно произведением двух транзисторов $\beta_{сост} = \beta_1 \cdot \beta_2$. На рис. 3 приведена схема с общим эмиттером с использованием "составного транзистора" обозначенного пунктирной линией.

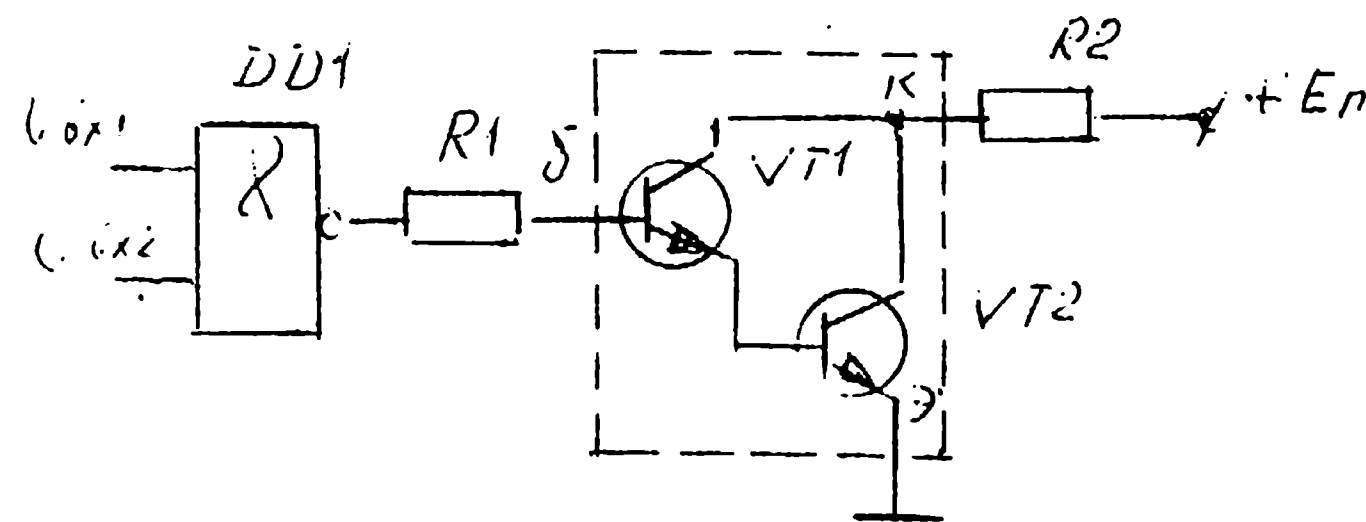


Рис. 3. Схема усиления с использованием "составного транзистора"

1.5. При разработке схемы электрической принципиальной устройства автоматики следует учитывать, что узел управления с использованием комбинационных микросхем проектируется либо на КМОП, либо на ТТЛ (ТТЛШ) технологии. Предпочтение обычно отдается КМОП технологии ввиду малого потребления тока $I_{потр}$ (см. табл. 6). Допускается также и смешанное использование КМОП и ТТЛ (ТТЛШ) микросхем, но при этом необходимо обеспечить согласование перехода от КМОП к ТТЛ (ТТЛШ) микросхемам и наоборот с помощью специальных микросхем, называемых преобразователями уровней. Например, микросхема типа К176 ПУЗ согласовывает уровни сигналов КМОП с ТТЛ (ТТЛШ), а микросхема К564 ПУБ согласовывает уровни сигналов ТТЛ (ТТЛШ) с КМОП.

В прил. 6 приведены условные графические обозначения указанных микросхем с цоколевками выводов.

При использовании преобразователей уровней К176ПУЗ, К564 ПУБ следует учитывать, что они требуют два источника питания. Как уже упоминалось при описании структурной схемы, для управления работой триггерного узла используются комбинационные микросхемы логики "И", "ИЛИ", "И-НЕ", "ИЛИ-НЕ". Триггерный узел проектируется, как правило, на RS-триггерах. на "S" - входы (входы установки) подаются сигналы, обеспечивающие включение триггера. Учитывая, что сигналы управления работой RS-триггера могут быть импульсными, возникает необходимость в использовании преобразователей потенциальных сигналов, получаемых от срабатывания, например конечного выключателя (SQ), в импульсные. Для этой цели имеются специальные микросхемы, выполняющие функцию одновибраторов как в КМОП, так и в ТТЛ микросхемах. На рис. 4 приведено условное графическое обозначение и цоколевка выводов одновибратора КМОП типа К561 АГ1. В корпусе этой микросхемы имеются два независимых одновибратора с общим источником питания. Каждый одновибратор формирует на своем прямом выходе Q одиночный импульс уровня логической "1", а на инверсном выходе $\bar{Q}$ - инверсный одиночный импульс. Длительность этих выходных импульсов $\tau_{\text{ц}}$ одинаковая и зависит от величины внешних RC-элементов в соотношении $\tau_{\text{ц}} = 0,5 \cdot R \cdot C$.

Микросхема К561 АГ1 имеет входы +TR и -TR. Вход +TR принимает только нарастающий перепад напряжения от состояния логического "0" к логической "1", а вход -TR принимает только спадающий перепад с уровня логической "1" на уровень логической "0". При этом неиспользуемые входы +TR соединяют с общей шиной питания, а -TR - с шиной питания +E_{пит} через резистор с величиной сопротивления (5-10)кОм. У микросхемы имеется вход R, который используют для записи микросхемы в момент включения питания, исключающего несанкционированное формирование выходного импульса. На рис. 5 приведена схема формирования задержанного импульса с использованием одновибраторов одной микросхемы К564 АГ1. На рис. 6 приведены временные диаграммы формирования выходного импульса от воздействия нарастающего перепада на входе +TR1 и спадающего перепада на входе -TR2.

В бесконтактных схемах автоматики в качестве мощных

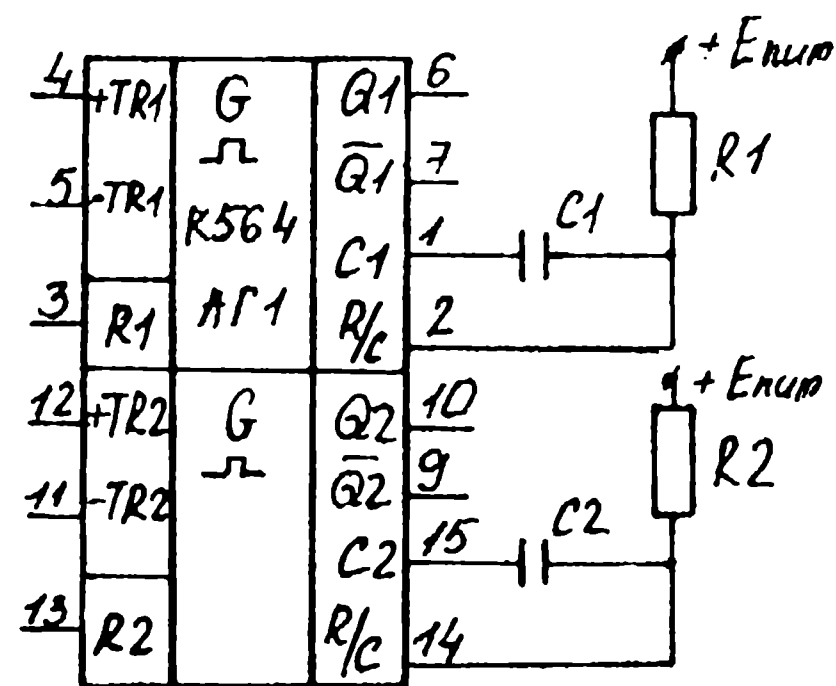


Рис. 4 Цоколевка мультивибратора КМОП микросхемы типа К564АГ1

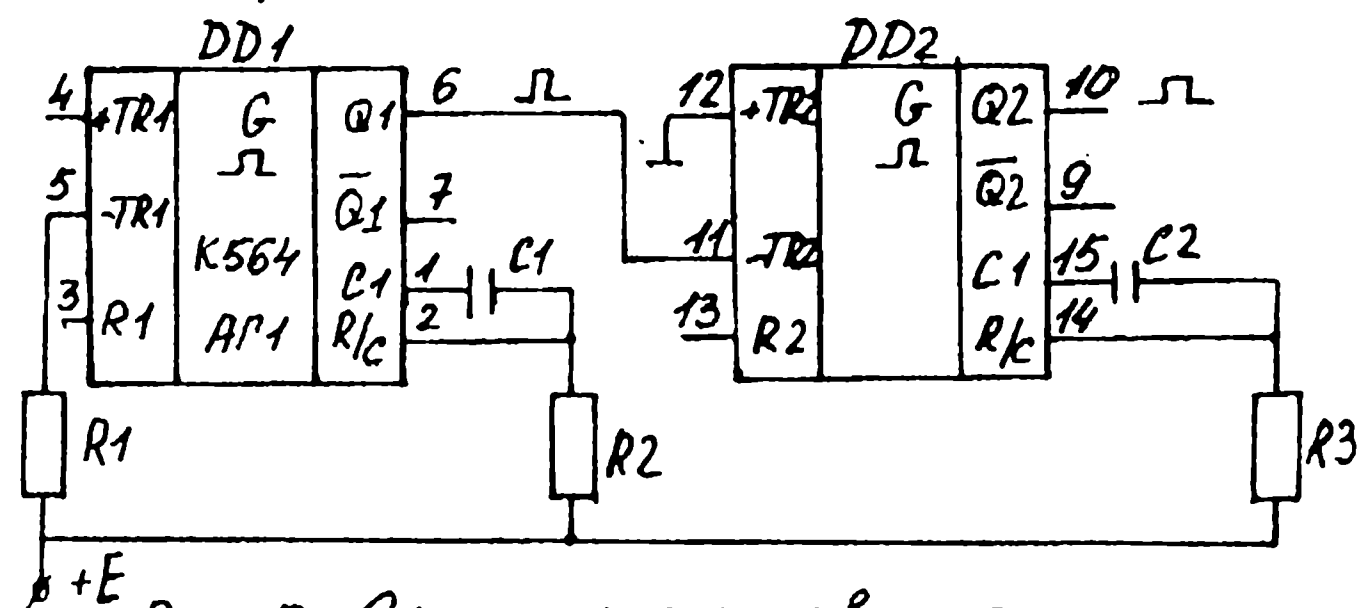


Рис. 5 Схема формирования задержанного импульса

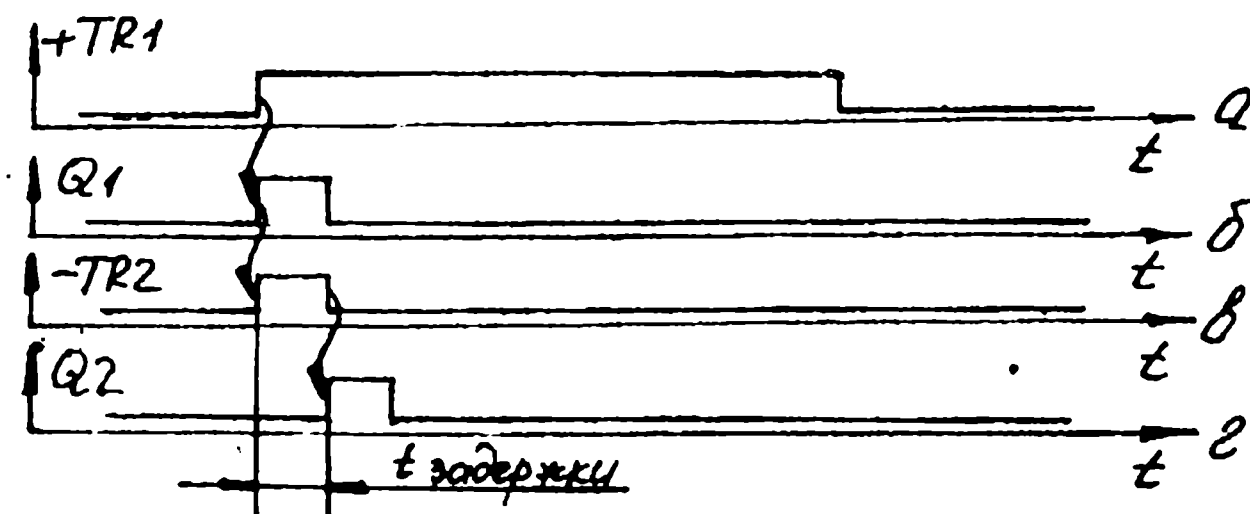


Рис. 6 Временные диаграммы формирования задержанного импульса схемой.

коммутационных элементов используются опто-тиристорные ключи, например типов ТО-125 и 2ТО-132, у которых входной сигнал (постоянный ток управления) составляет 80 - 100 мА, а величины выходных коммутируемых токов десятки ампер при напряжении до 1000 В переменного тока, позволяющие коммутировать электромагниты, 3-фазные электродвигатели т.д.

Указанные тиристорные оптроны обеспечивают кроме включения мощных нагрузок переменного тока еще гальваническую развязку дискретной части устройства автоматики от мощных силовых цепей.

В качестве излучающих элементов в них применены светодиоды, а в качестве фотоприемников - фототиристоры.

Условное графическое обозначение тиристорных оптронов VD приведено на рис. 2, а технические характеристики см. табл. 3.

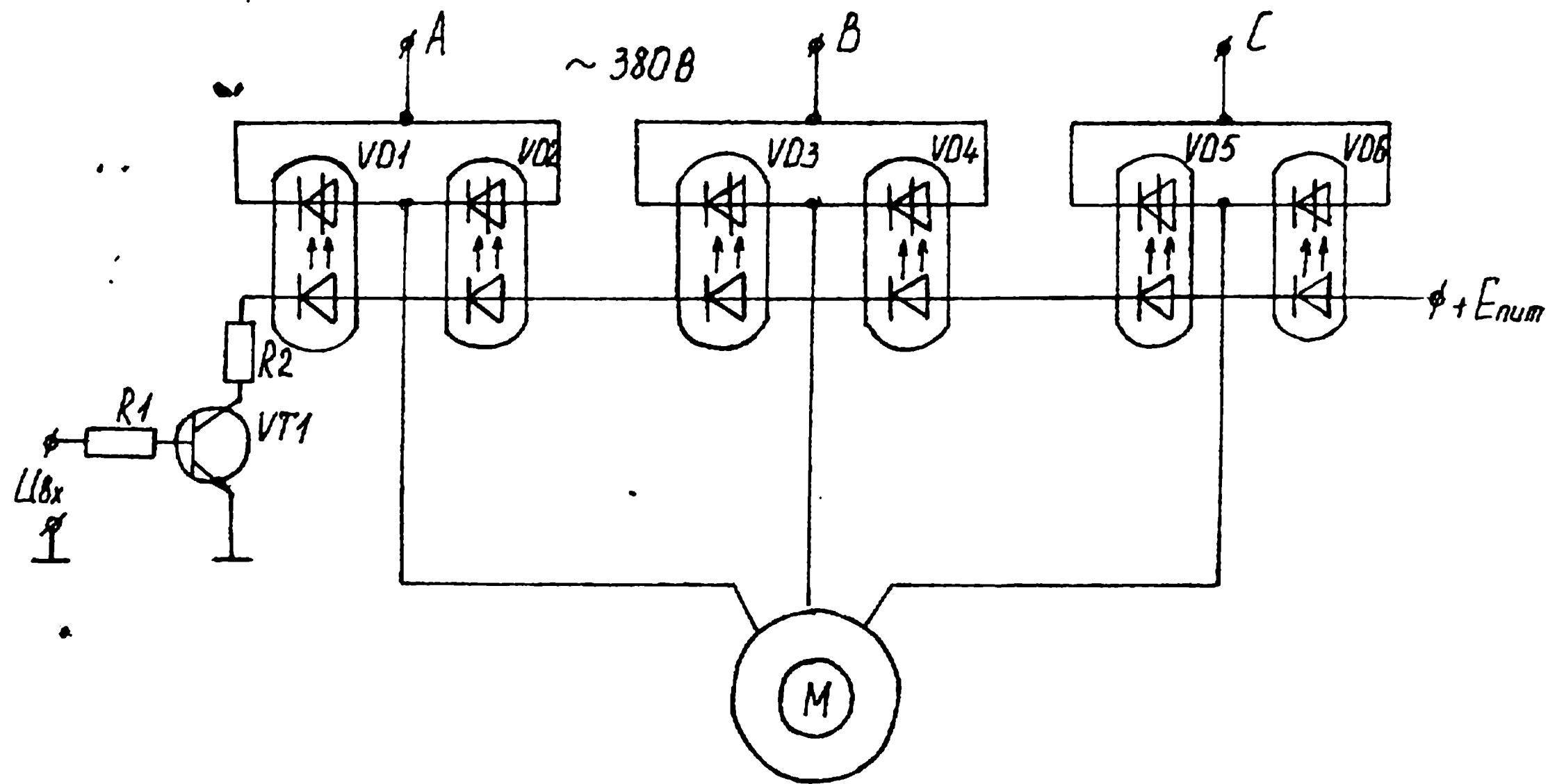
При протекании постоянного входного тока управления $I_{вх} = (80-100) \text{ мА}$ через светодиод, последний освещает фототиристор, который открывает путь для протекания переменного тока через нагрузку только одной полуволны выходного коммутируемого напряжения.

Для обеспечения протекания обеих полуволн необходимо использовать два тиристорных оптрона, светодиоды которых соединяют последовательно друг с другом и с токозадающим резистором в коллекторной цепи транзисторного усилителя см. рис. 2. Фототиристоры включают встречно-параллельно, как показано на рис. 2.

Для коммутации статорных обмоток 3-фазных электродвигателей необходимо использовать три пары тиристорных оптронов, как показано на рис. 7.

Оптотиристорные переключатели переменного тока по сравнению с контактными элементами, например, магнитными пускателями, имеют явные преимущества, такие как:

- 1) высокая надежность в эксплуатации;
- 2) большой гарантированный ресурс (более 12 лет непрерывной работы);
- 3) малые габариты;
- 4) малая мощность управляющего сигнала по сравнению с весьма большой мощностью выходной нагрузки;



21

Рис. 7 Схема включения 3-фазного двигателя с использованием оптоэлектронных ключей

$$R_1 = \frac{U_{BX} - U_{CE}}{I_{\delta}}, \quad R_2 = \frac{E_{num} - 6 \cdot U_{CE} - U_{CE}}{I_{\kappa}}, \quad \text{где } I_{\kappa} = I_{\text{сд}} = 80 \text{ мА}, \quad I_{\delta} = \frac{I_{\kappa}}{\beta_{\text{мин}}}$$

- 5) высокое быстродействие;
- 6) высокая устойчивость к механическим нагрузкам;
- 7) малая мощность потерь электроэнергии.

2. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСКОНТАКТНЫХ СХЕМ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ

2.1. В процессе проектирования графическая часть должна состоять из схемы электрической принципиальной, выполненной на ватмане формата А1 и топологии печатной платы формата А2.

По принятой в Российской Федерации системе обозначения схемной, конструкторской и текстовой документации должны состоять из 13 буквенно-цифровых знаков. Пример условного обозначения документации устройства автоматики в целом и его составных частей приведены на рис. 8.

2.2. Правила оформления схемы электрической принципиальной.

Согласно требованию ГОСТ 2.701-84 (п. 2.4.2.) условные графические обозначения ЭРИ изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения.

Графические обозначения ЭРИ на схеме изображают линиями той же толщины, что и линии связи.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и пересечений. Рекомендуемая толщина линий связи от 0,3 до 0,4 мм, расстояние между соседними линиями должно быть не менее 3 мм.

Все элементы схемы должны иметь позиционные обозначения. Порядковые номера позиционных обозначений ЭРИ должны быть присвоены сверху вниз в направлении слева направо, как показано на рис. 8.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов сверху или с правой стороны (см. рис. 8).

Двухбуквенные и однобуквенные коды позиционных обозначений ЭРИ приведены в табл. 7.

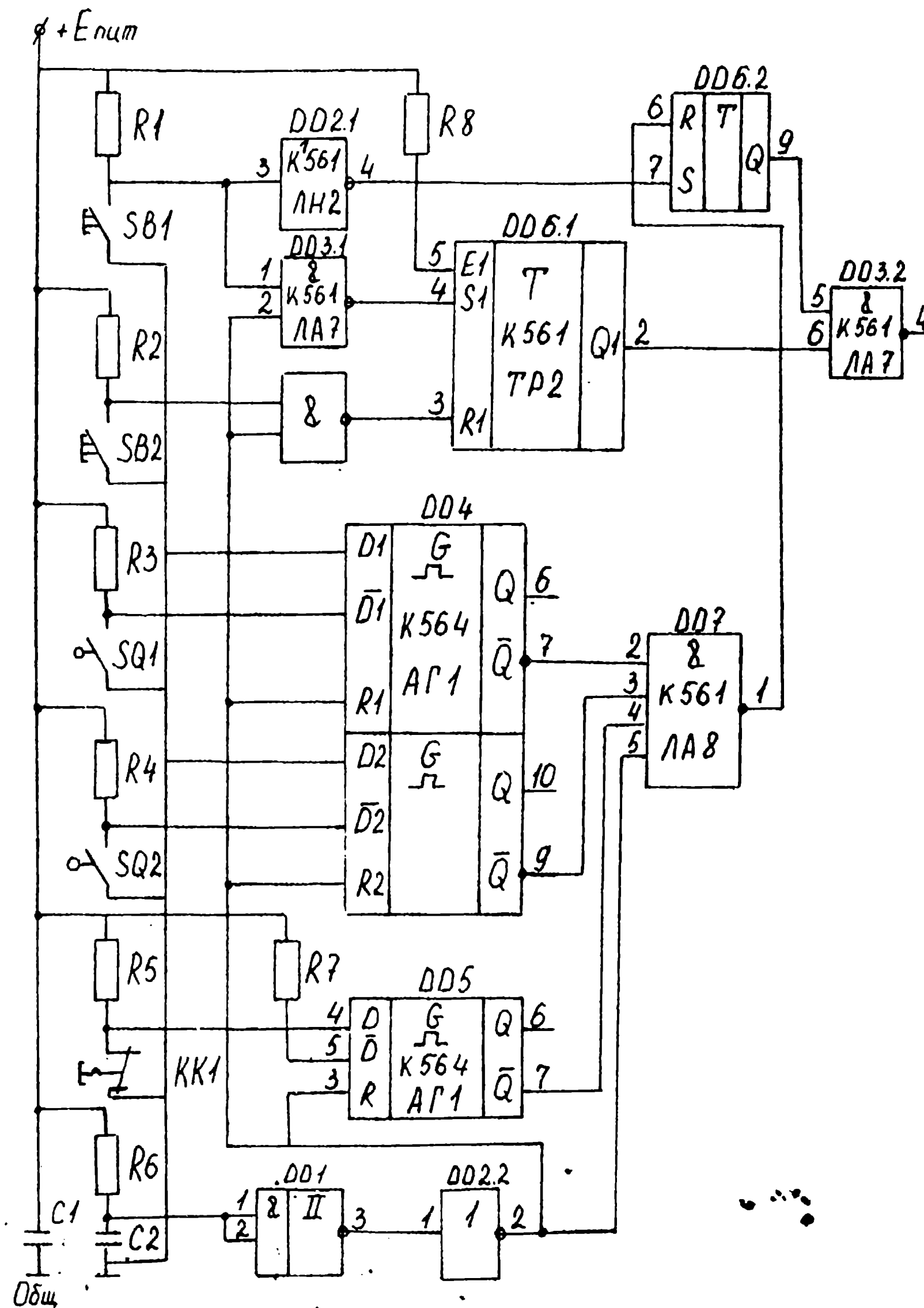


Рис. 8 Образец оформления схемы электрической принципиальной

Условные графические обозначения микросхем имеют прямоугольную форму. Комбинационные микросхемы логики "И", "И-НЕ", "ИЛИ", "ИЛИ-НЕ" имеют соотношения сторон 2 к 3 (2 части - ширина, 3 - высота). Входы наносятся слева, выходы - справа, как показано на рис. 8. Условные графические обозначения микросхем допускается изображать повернутыми по часовой стрелке на 90° .

Выводы микросхем изображают на расстоянии 5 мм от края прямоугольника. Между выводами расстояние должно быть кратным 5, т.е. 5;10;15 мм и т.д.

Микросхемы с большей степенью интеграции, например, счетчики, одновибраторы и т.д. также имеют прямоугольную форму графического изображения (см. рис. 8).

Прямоугольник может состоять из трех полей (два крайних - дополнительные, центральное поле - основное). Ширина основного (центрального) и дополнительных полей определяются количеством буквенно-цифровых знаков, наносимых в этих полях. Левое дополнительное поле предназначено для обозначения входов микросхем, правое - для выходов.

Все входы и выходы микросхем должны быть пронумерованы (см. рис. 8).

Основное (центральное) поле предназначено для нанесения знака выполняемой функции и типа микросхемы (см. рис. 8).

2.3. Правила оформления перечня элементов

Перечень элементов оформляется в РПЭ на специальных формах, но допускается вносить перечень элементов в схему электрическую принципиальную на свободном месте над основной надписью (штампом) также в виде таблицы.

Образец перечня элементов приведен в табл. 8.

Таблица 7

Обозначения буквенно-цифровые в схемах электрических
(см. ГОСТ 710-81)

A	Устройство, имеющее свою схемную документацию
BE	Сельсин-приемник
BC	Сельсин-датчик
BP	Датчик давления
BR	Датчик частоты вращения
BV	Датчик скорости
C	Конденсаторы
DA	Аналоговая микросхема
DD	Цифровая микросхема
EK	Нагревательный элемент
FU	Вставка плавкая
GB	Батарея
HA	Звуковой сигнализатор
HG	Индикатор символьный
HL	Индикатор световой
KA	Реле токовое
KK	Реле электротепловое
KM	Магнитный пускатель
KT	Реле времени
KV	Реле напряжения
L	Катушка индуктивности
PA	Амперметр
PC	Счетчик импульсов
PF	Частотомер
PR	Омметр
PS	Регистрирующий прибор
PT	Измеритель времени
PV	Вольтметр
PW	Ваттметр
QF	Выключатель автоматический
R	Резистор
RK	Терморезистор
RP	Потенциометр
SA	Выключатель или переключатель

Продолжение табл. 7

SB	Выключатель кнопочный
SQ	Выключатель, срабатывающий от положения (путевой)
SR	Выключатель, срабатывающий от частоты вращения
TA	Трансформатор тока
TV	Трансформатор напряжения
VD	Диод, стабилитрон
VT	Транзистор
VS	Тиристор
XP	Штырь
XS	Гнездо
XT	Соединение разборное
YA	Электромагнит
M	Электродвигатель

В графах таблицы перечня указывают следующие данные:

- 1) в графе "Поз.обозначение" - двухбуквенные позиционные обозначения ЭРИ в алфавитном порядке (латинского алфавита, см. табл. 7);
- 2) в графе "Наименование" - наименование ЭРИ.

При составлении перечня элементов в виде самостоятельного документа (при курсовом проектировании в РПЗ) в основной надписи указывают сначала наименование проектируемого изделия, например "Агрегат распиловки плит", а затем - "Перечень элементов" (см. табл. 8).

Если в схеме электрической принципиальной устройство поделено на модули (отдельные печатные платы), им присваивают позиционные обозначения символами А1, А2 и т.д., при этом запись ЭРИ в перечень, входящих в каждый модуль, начинают с наименования модуля, например. "Модуль управления 1", которое записывают в графе "Наименование" перечня и подчеркивают. Ниже наименования модуля перечисляют позиционные обозначения ЭРИ, входящие в данный модуль. Использование одинаковых модулей упрощает проектирование топологии печатной платы.

Таблица 8

Образец перечня элементов

Поз. обозн.	Наименование	Кол	Примеч.
AR1, AR2	Блок Б19М1-1-2кОм $\pm 10\%$ ОЖО.205.018 ТУ	2	
AV1	Двухная матрица 2ДБ27А ДрЗ.454.000 ТУ	1	
AVE	Матрица транзисторная 1НТ251А	1	
C1...C3	Конденсатор КМ-6А-Н90-1,0мкФ3 ОЖО.460.061 ТУ		
C4	Конденсатор К50-6-50-2000	1	
DA1	Микросхема 140УД20А БК0.347.004 ТУ	1	
DD1...	Микросхема 564ЛА7		
DD4	БК0.347.064 ТУ	4	
FU1	Вставка плавкая	1	
M1	электродвигатель	1	
QF1	Выключатель автома- тический	1	
Лакп.000.001.121 пэз.			
Узм.	лист	Лист	Лист
Разраб.	Петров	8	1098
Провер.	Иванов	11	3.098
Н.ком.	Войков	11	3.098
Утв.	Бабин		
Агрегат распи- ловки плит		Лит	Лист
Перечень эле- ментов		1	2
		К.з.федра Апп. УГЛТА	

Продолжение табл. 8

[illegible]

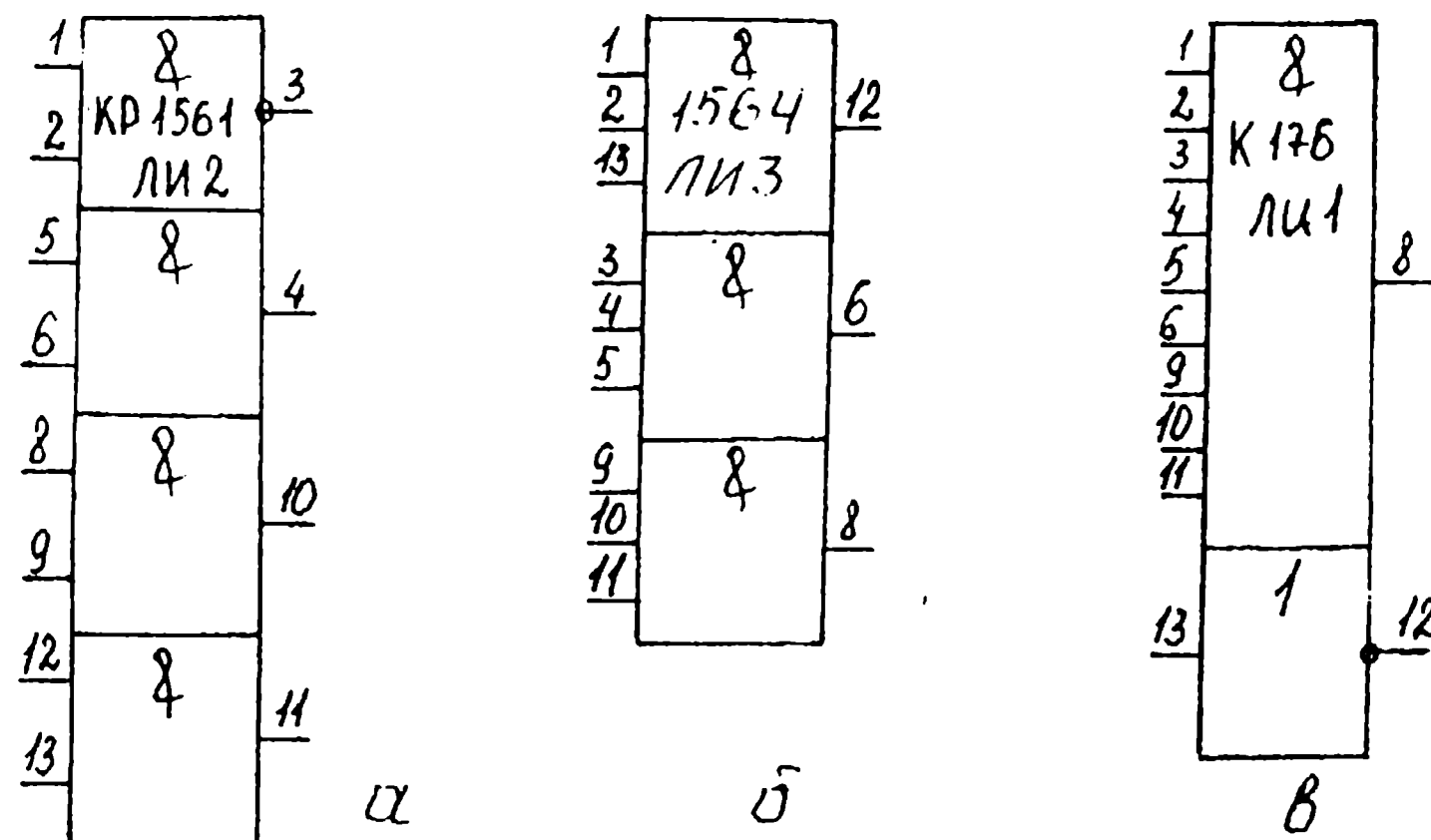


Рис. 1 Цоколевки микросхем КМОП-технологии
(+Епит - 14, общ - 7 выводы)
а) 3-2ц, 2ц-нв; б) 3-3ц; в) 9ц, нв

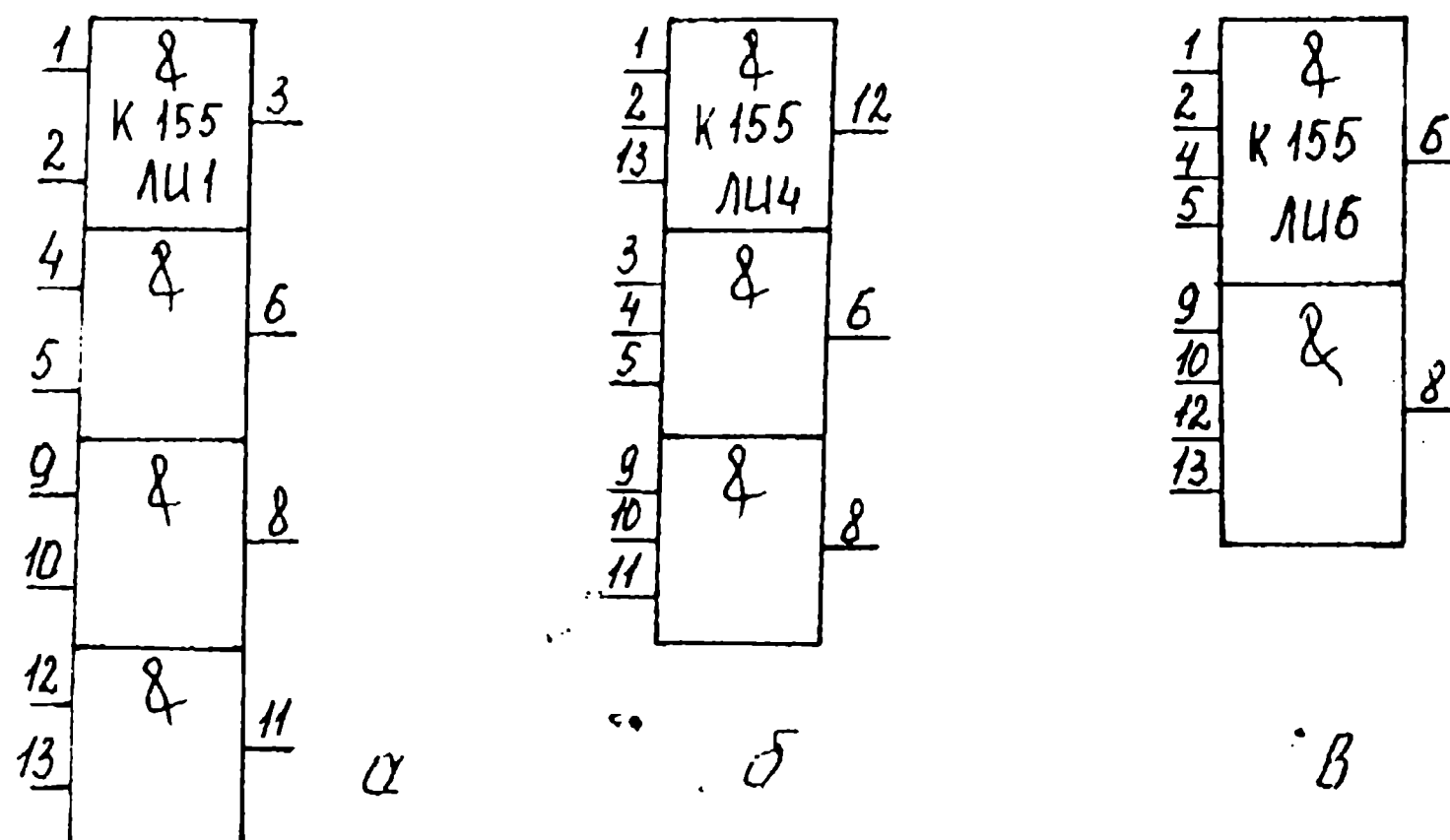


Рис. 2 Цоколевки микросхем ТТЛ-технологии (+Епит - 14, общ - 7 выводы)
а) 4-2ц; б) 3-3ц; в) 2-4ц

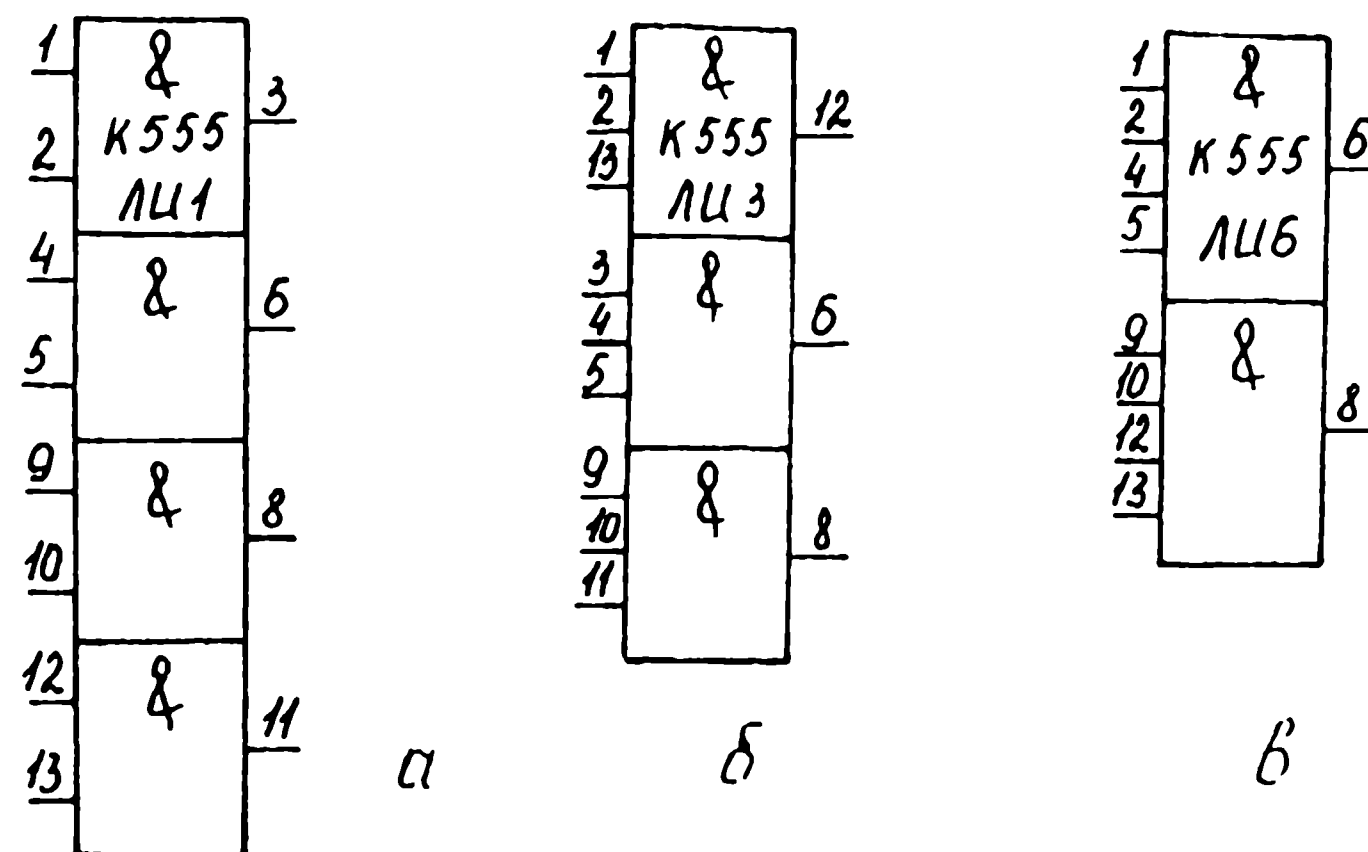


Рис. 3 Цоколевки микросхем ТТЛШ-технологии
(+ Епит. - 14, общ. - 7 выводы)
а) 4-2U; б) 3-3U; в) 2-4U

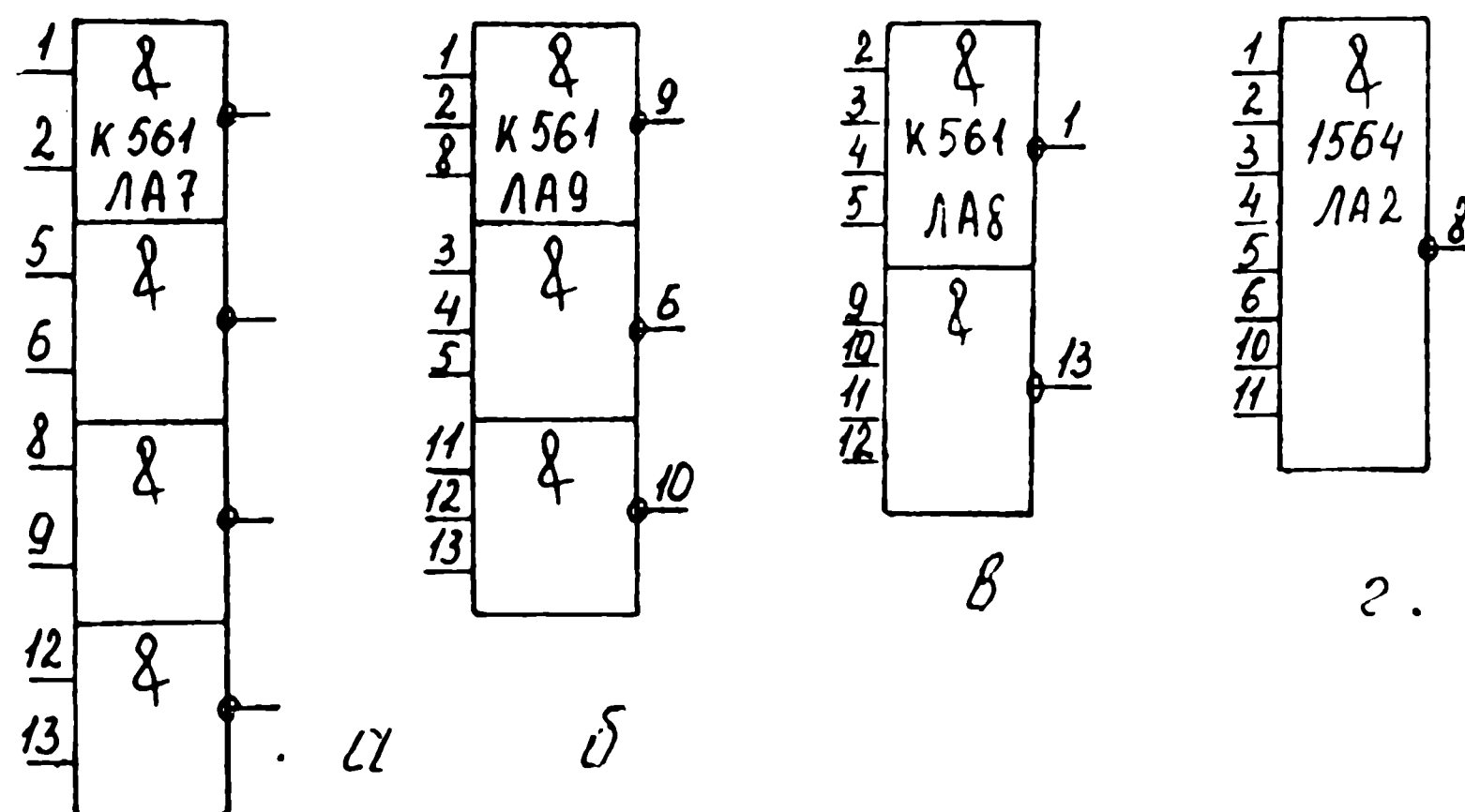


Рис. 4 Цоколевки микросхем КМОП-технологии
(+ Епит. - 14, общ. - 7 выводы)
а) 4-2U-HE; б) 3-3U-HE; в) 2-4U-HE; г) 8U-HE

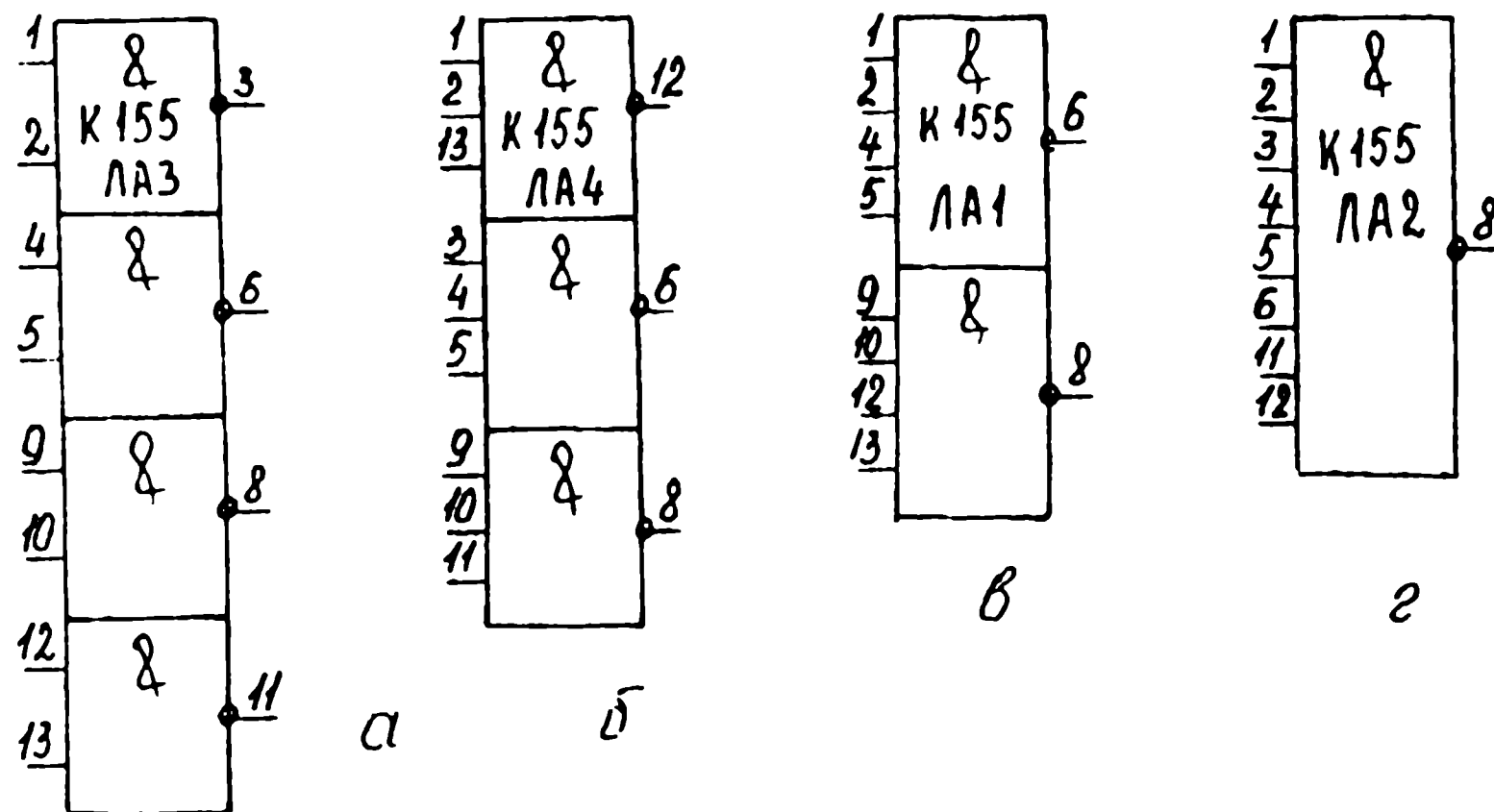


Рис. 5 Цоколевки микросхем ТТЛ-технологии
(+Епит - 14, общ - 7 выводы)
а) 4-2U-HE; б) 3-3U-HE; в) 2-4U-HE; г) 8U-HE

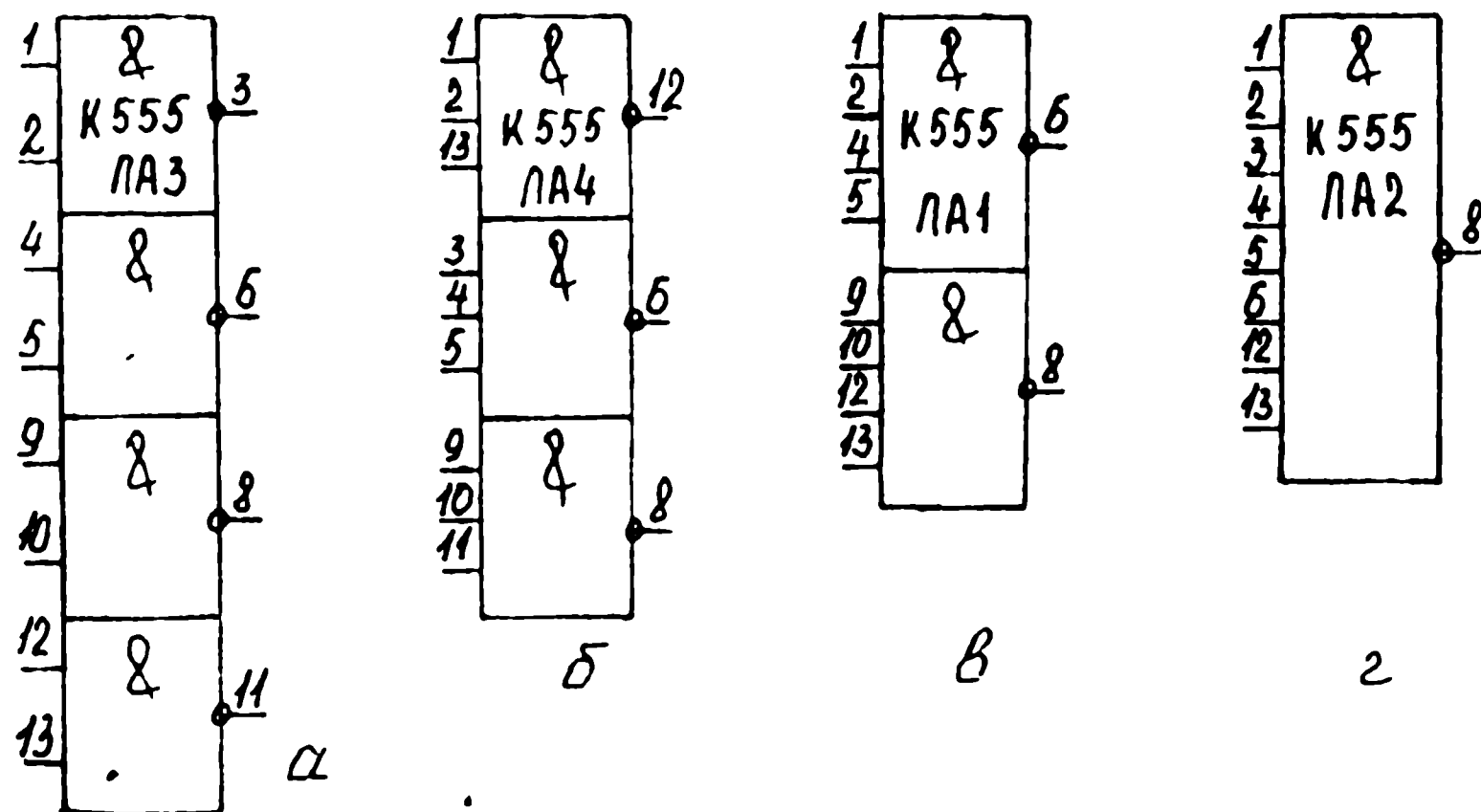


Рис. 6 Цоколевки микросхем ТТЛШ-технологии
(+Епит - 14, общ - 7 выводы)
а) 4-2U-HE; б) 3-3U-HE; в) 2-4U-HE; г) 8U-HE

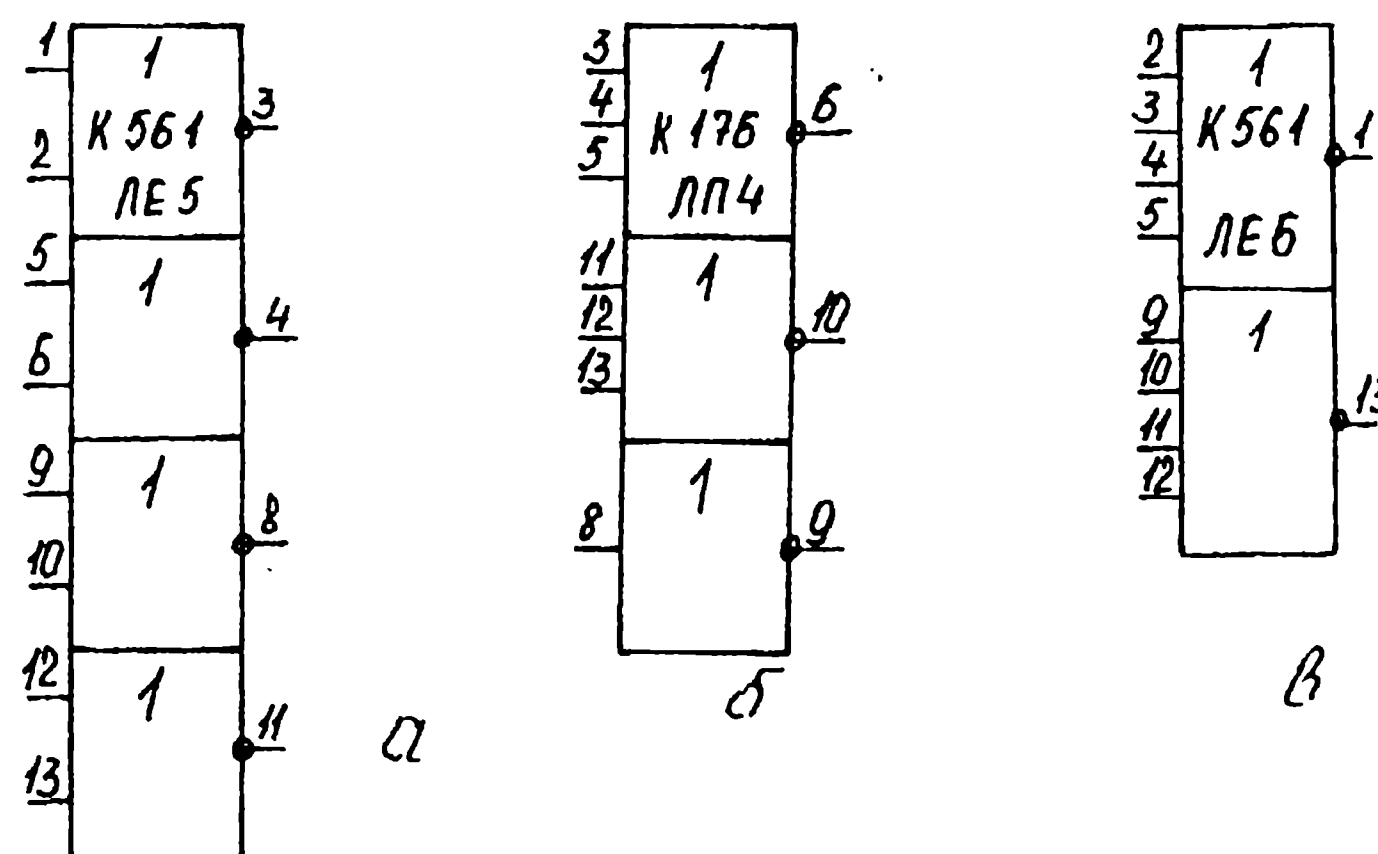


Рис. 7 Цоколевки микросхем КМОП-технологии
(+Епит - 14, общ - 7 выходы)
а) 4-2или-не; б) 2-3или-не, не; в) 2-4или-не

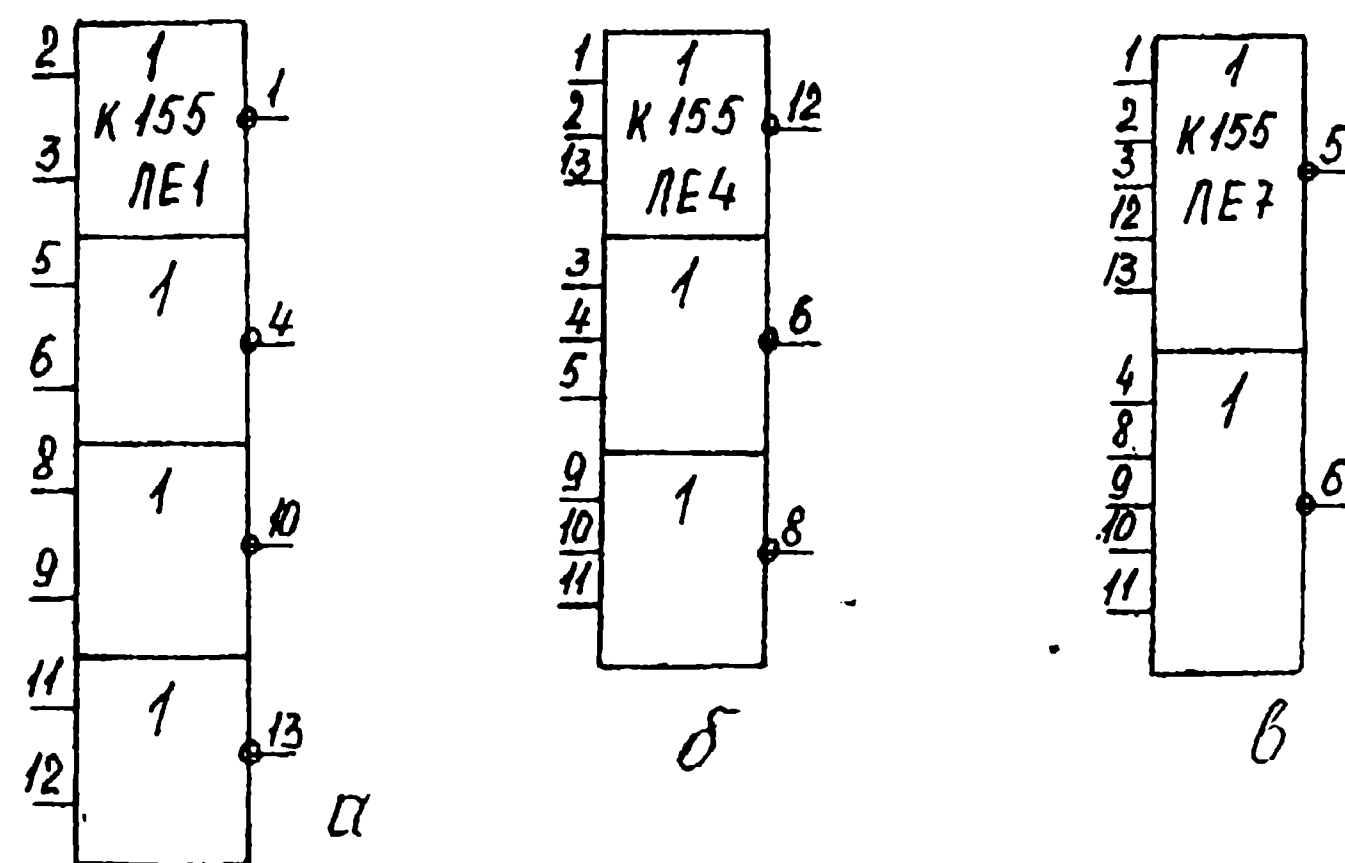


Рис. 8 Цоколевки микросхем ТТЛ-технологии
(+Епит - 14, общ - 7 выходы)
а) 4-2или-не; б) 3-3или-не; в) 5или-не

- 33 -

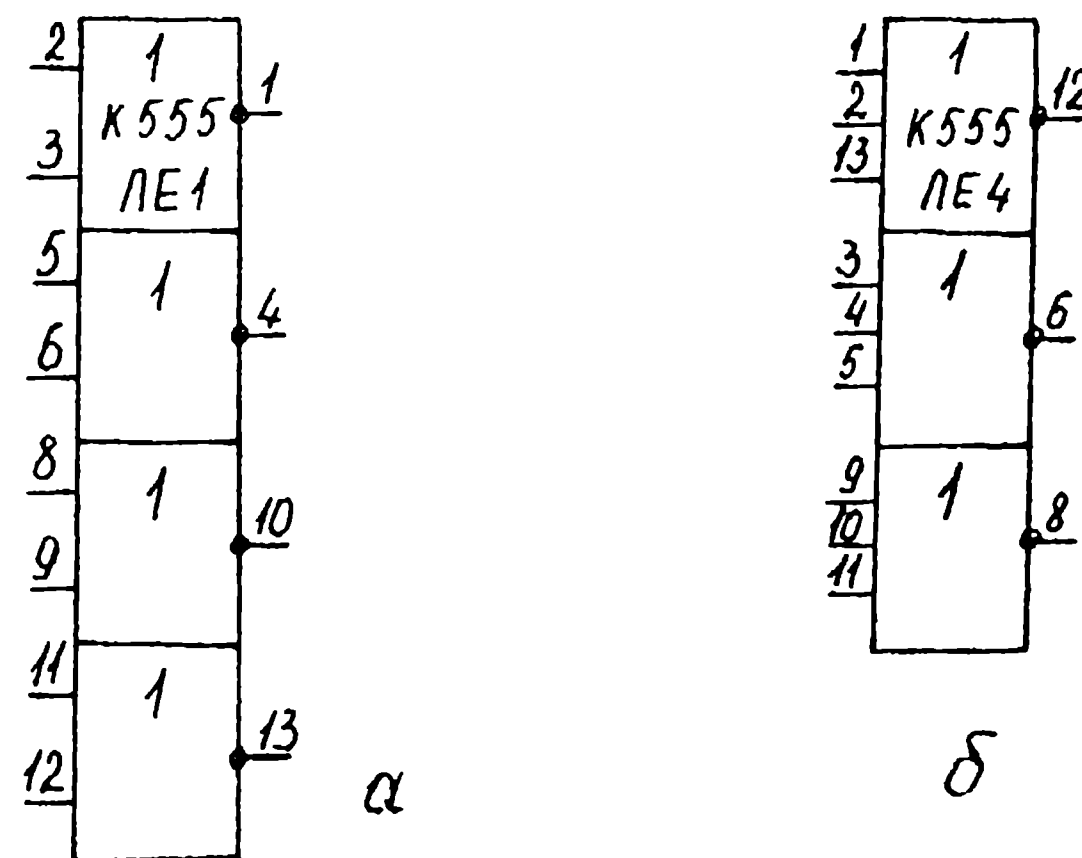


Рис. 9 Цоколевки микросхем ТТЛШ-технологии (+Епит. - 14, общ. - 7 выводы)
а) 4-2 или-не; б) 3-3 или-не

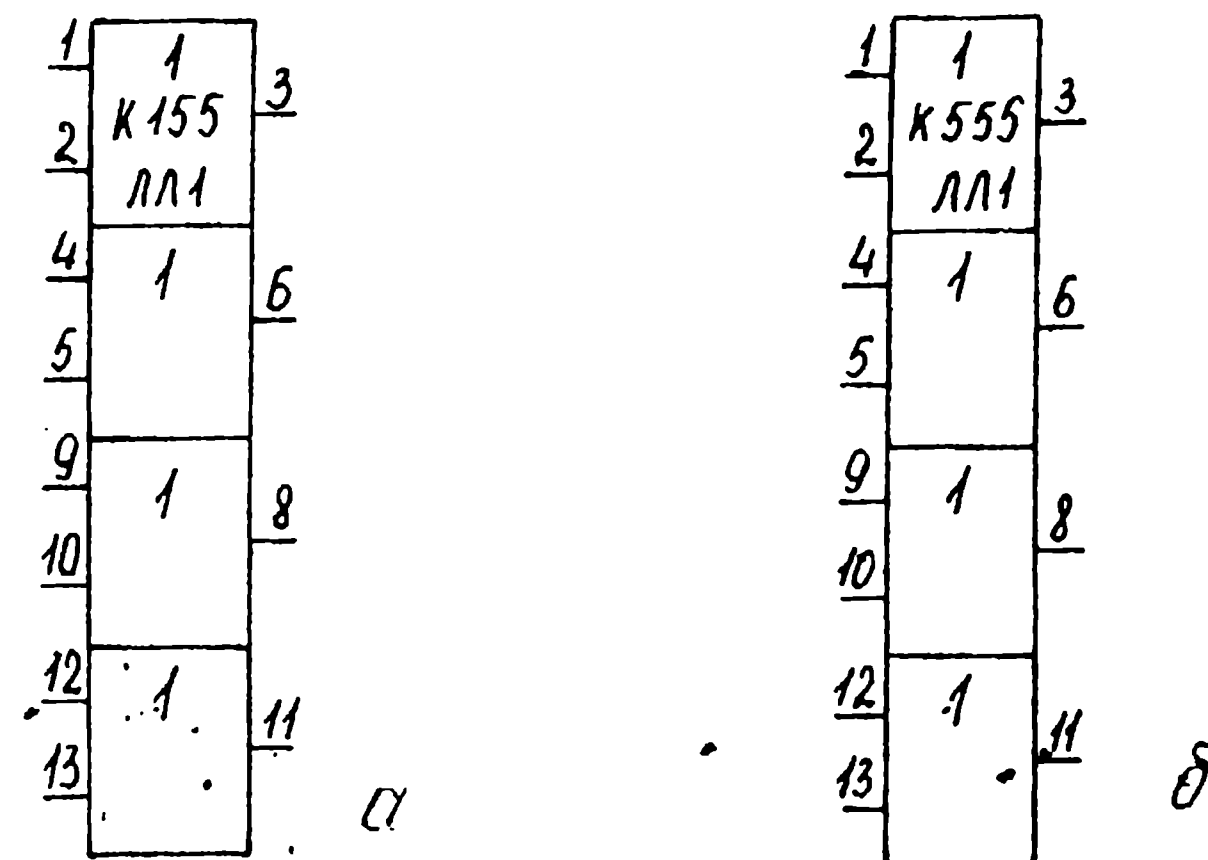


Рис. 10 Цоколевки микросхем
а) ТЛЛ-технологии 4-2 или;
б) ТТЛШ-технологии 4-2 или
(+Епит - 14, общ. - 7 выводы)

1	$\bar{R}1$	T	
2	$\bar{S}1.1$	K555	Q_1 4
3	$\bar{S}1.2$	TP2	
5	$\bar{R}2$	T	
6	$\bar{S}2$		Q_2 7
10	$\bar{R}3$	T	
11	$\bar{S}3.1$		Q_3 9
12	$\bar{S}3.2$		
14	$\bar{R}4$	T	
15	$\bar{S}4$		Q_4 13

Рис. 1 Цоколевка
RS-триггера K555TP2
(+ E_{пит.} - 16, общ. - 8 вывод)

4	S1	T	Δ
3	R1	K561	Q_1 2
5	E1	TP2	
6	S2	T	
7	R2		Q_2 9
12	S3	T	
11	R3		Q_3 10
14	S4	T	
15	R4		Q_4 1

Рис. 2 Цоколевка
RS-триггера K561TP2
(+ E_{пит.} - 16, общ. - 8 вывод)

Окончание прил. 2

Таблица 1
Таблица истинности К555ТР2

Входы			Выходы	Режим работы
$\bar{S}_1$	$\bar{S}_2$	$\bar{R}$	Q	
1	1	1	Q ₀	хранение
X	0	1	1	запись 1
0	X	1	1	запись 1
1	1	0	0	запись 0

Таблица 2
Таблица истинности К561ТР2

Входы			Выходы	Режим работы
E _i	S _i	R _i	Q	
0	X	X	Z	Z-но состояние
1	1	0	1	запись 1
1	0	1	0	запись 0
1	0	0	Q	хранение
1	1	1	Запрещенное состояние	

Приложение 3

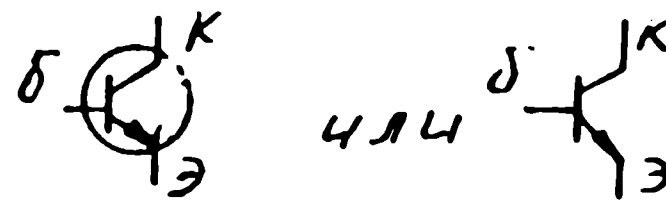


Рис.1. Транзистор 2Т608А
Ц.93.365.013ТУ кремниевый п-р-п
средней мощности
Условное графическое обозначение

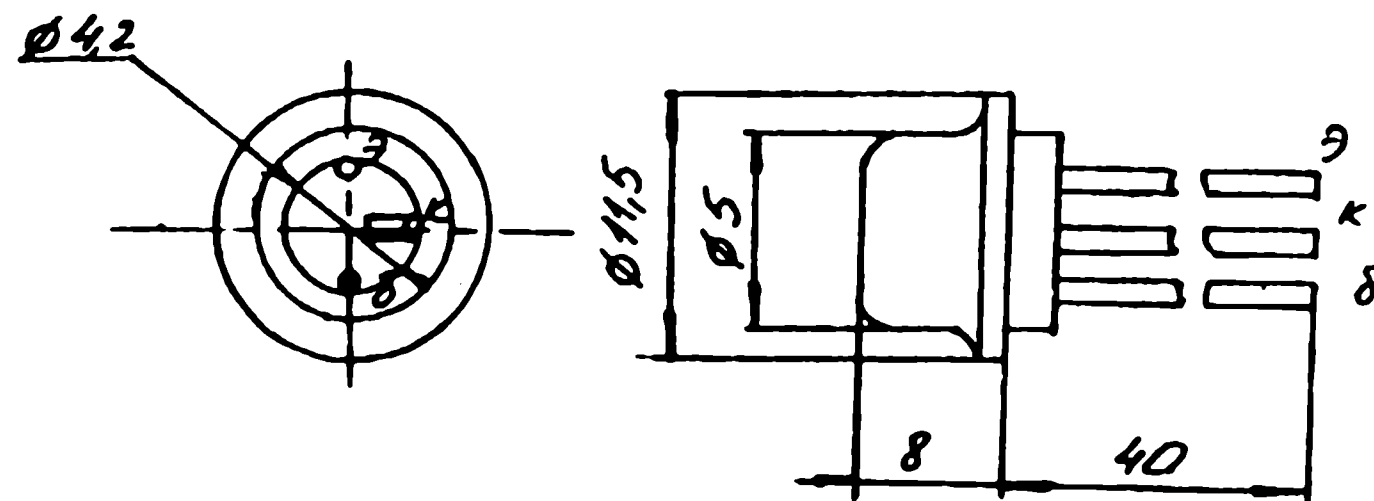


Рис.2. Габаритные размеры
транзистора 2Т608А

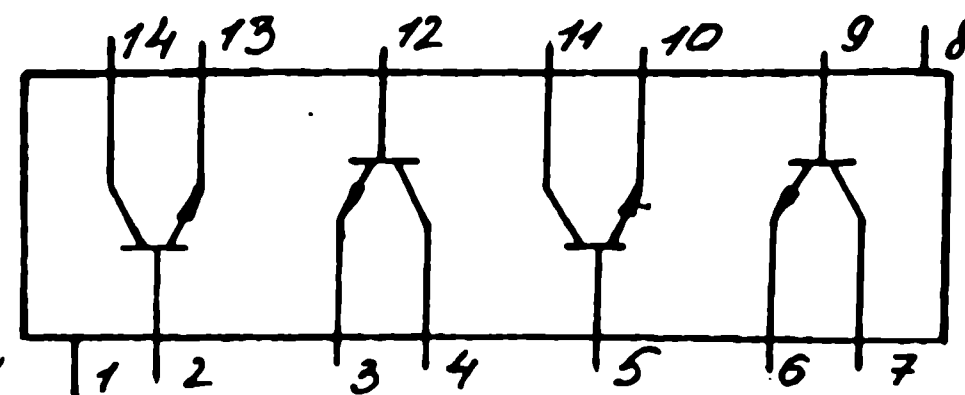


Рис.3. Матрица транзисторная
1НТ251 Ц.93.456.000ТУ
Условное графическое обозначение

Окончание прил. 3

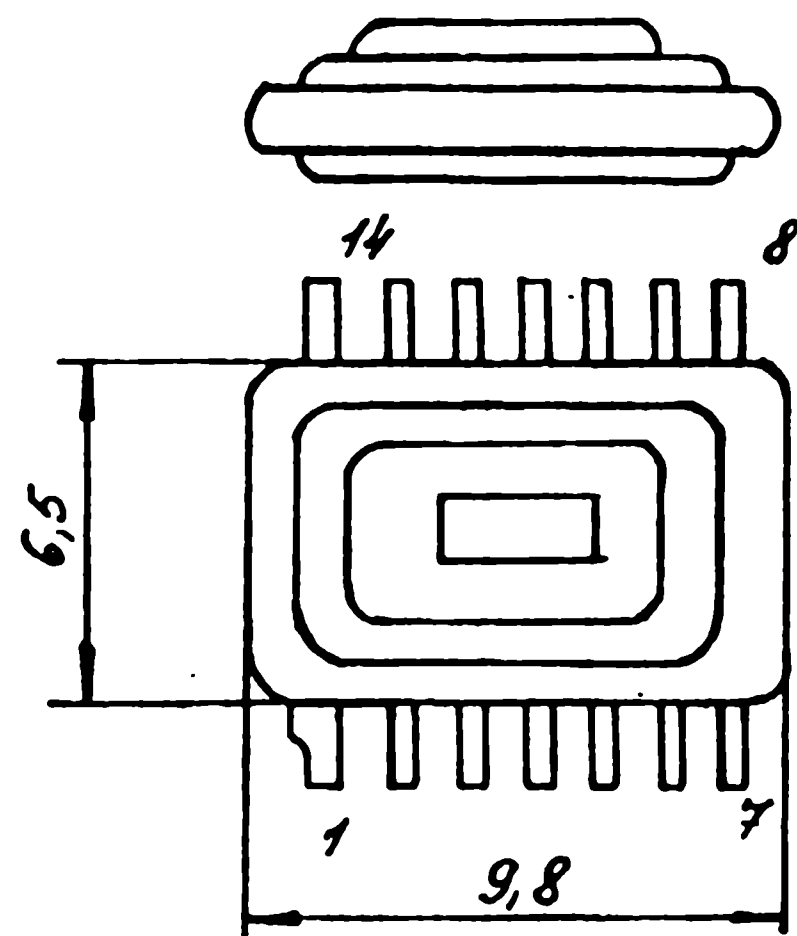


Рис. 4 Габаритные размеры IHТ251

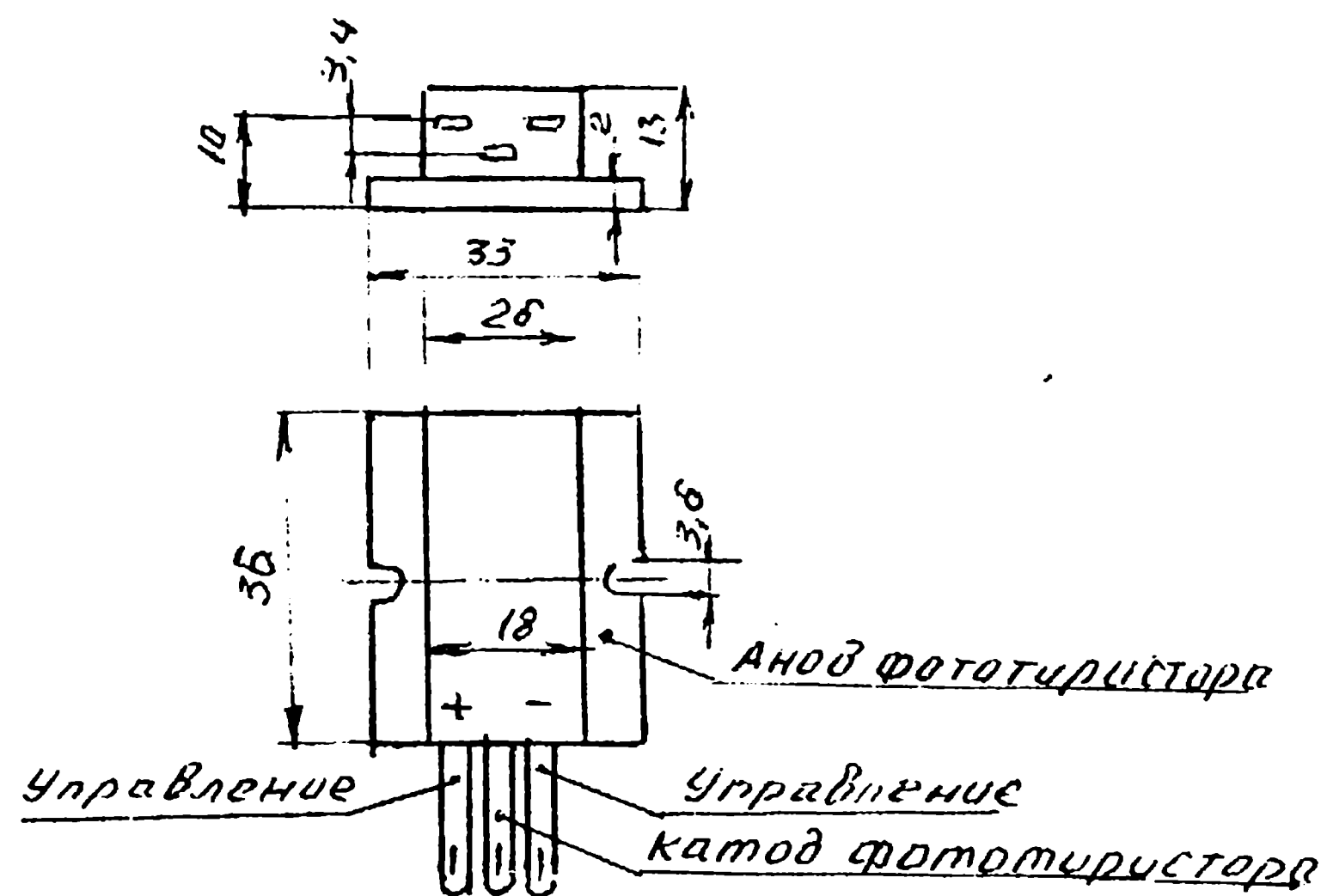


Рис.1 Тиристорная оптопара ТУ-125

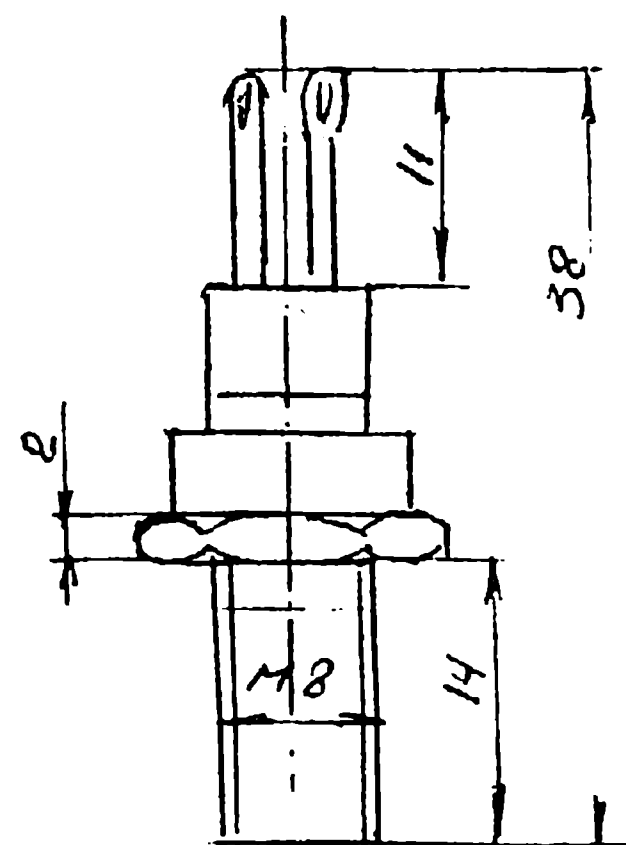


Рис.2 Тиристорная оптопара 2Т0132

Приложение 5

Интегральные стабилизаторы напряжения и их основные
схемы включения

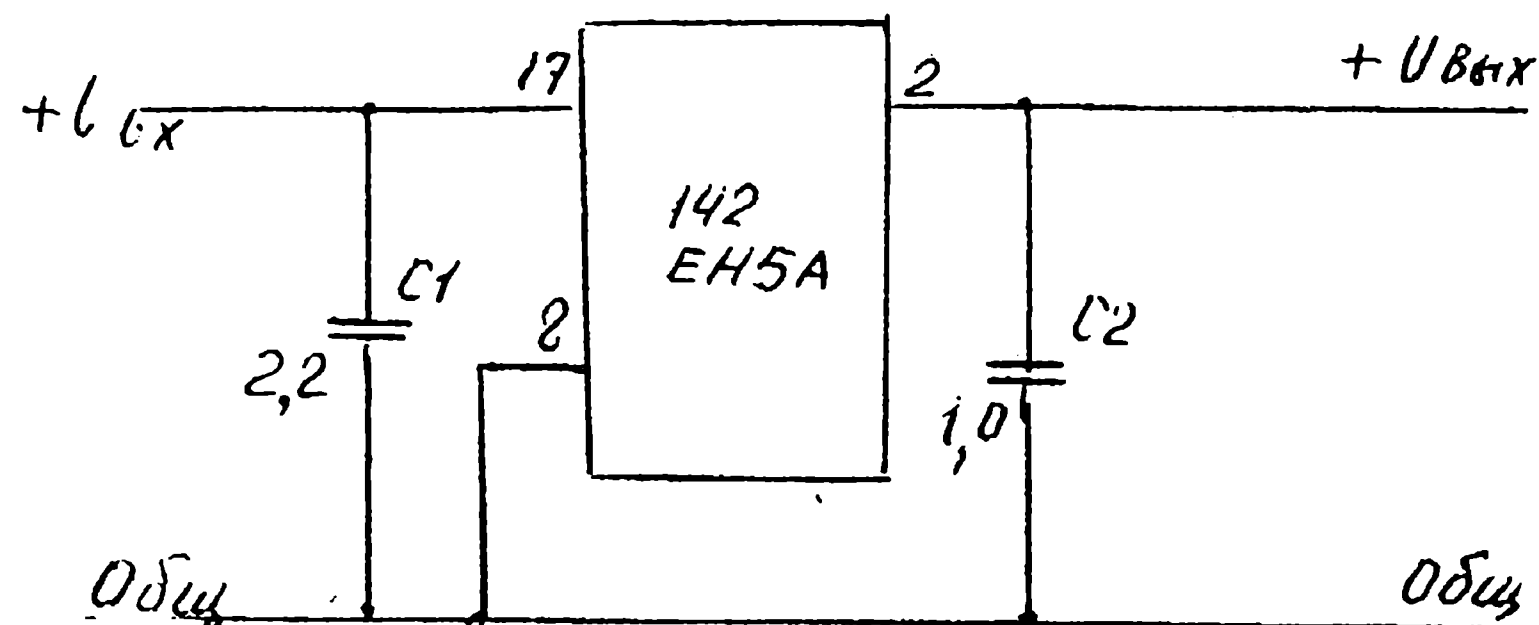


Рис. 1. Схема включения интегрального стабилизатора
142EH5A, обеспечивающего фиксированным
напряжением 5В при токе нагрузки 1,2А

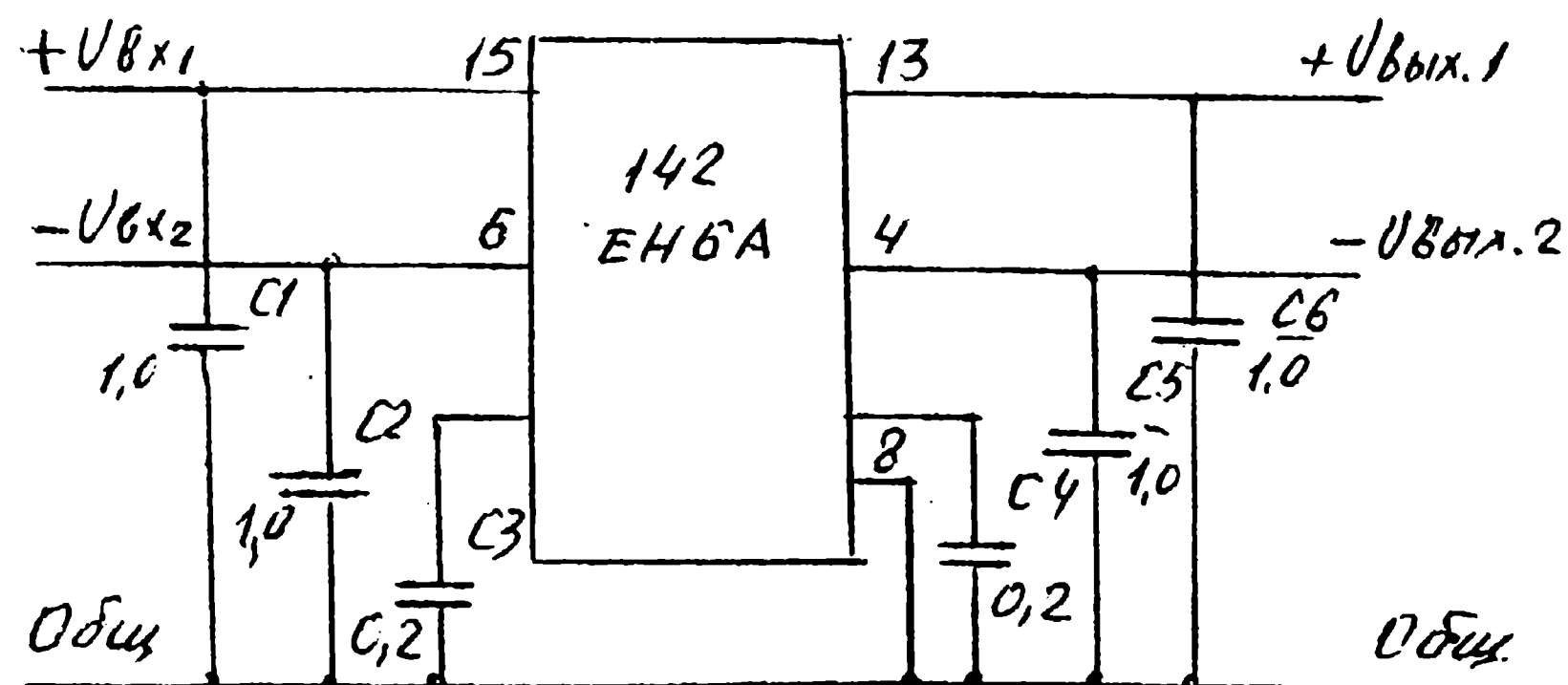


Рис. 2. Схема включения интегрального стабилизатора
142EH6A, с двумя фиксированными выходными
напряжениями +15В и -15В при токе нагрузки
по 200 мА

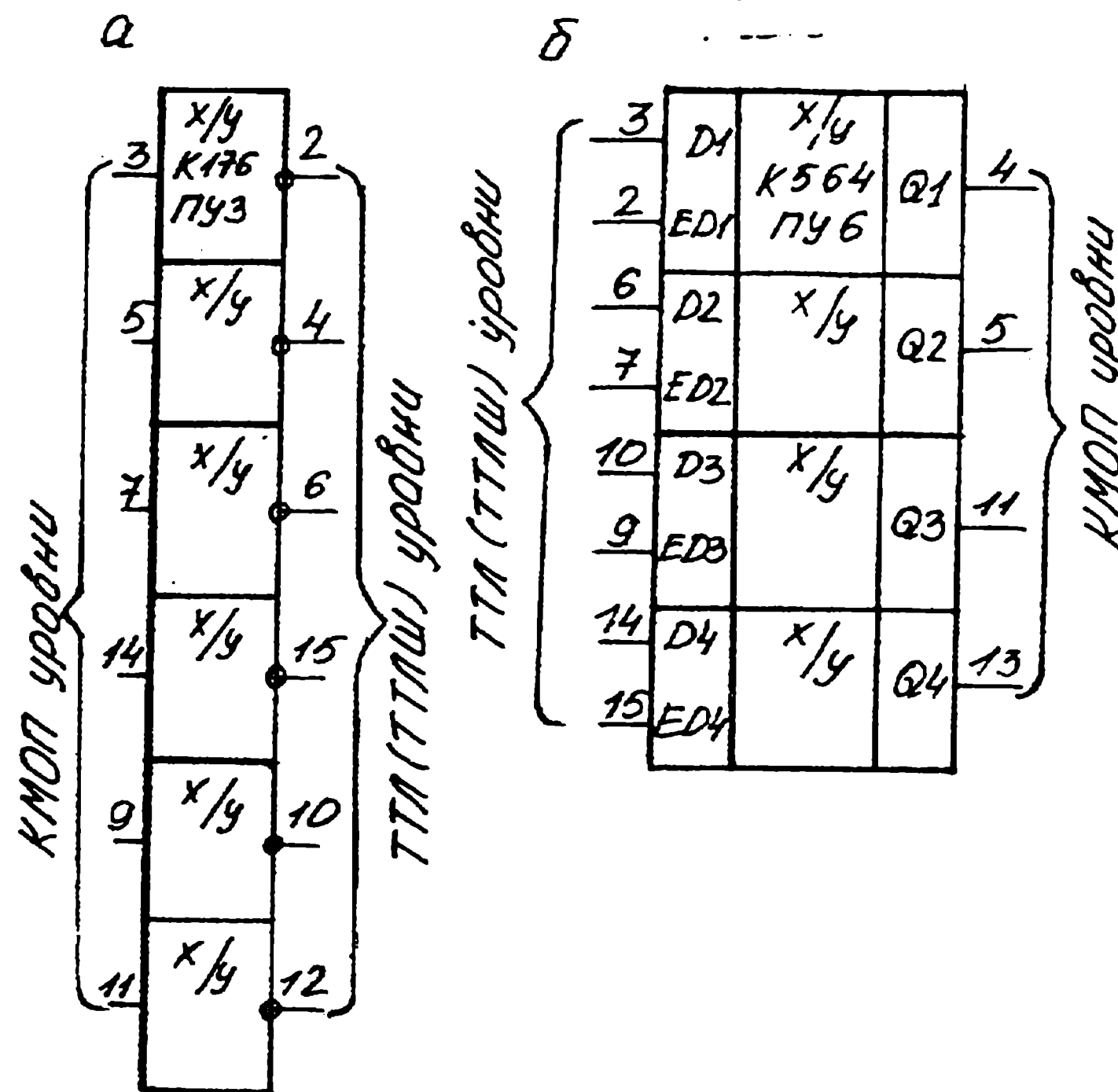


Рис.1 Цоколевки микросхем КМОП-технологии

а - преобразователь сигналов КМОП уровней в сигналы ТТЛ (ТТЛШ) уровней;

б - преобразователь сигналов ТТЛ (ТТЛШ) уровней в сигналы КМОП уровней