В помощь радиолюбителю

Бирюков С. А.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ СЕРИЙ ТТЛ И КМОП

ДМК издательство
Москва

Бирюков С. А.
Б 64 Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП. —
М.: ДМК Пресс. — 240 с.: ил. (В помощь радиолюбителю).

ISBN 5-89818-049-4

В книге описаны принципы использования интегральных микросхем серий ТТЛ К155, К555, КР1533, КР531 и КМОП К176, К561, КР1554, КР1561, 564. Приведены данные по входным и выходным токам, потребляемой мощности, быстродействию. Рассмотрены схемы соединения микросхем для увеличения разрядности, фрагменты схем цифровых устройств с использованием некоторых микросхем, приведены описания формирователей и генераторов импульсов, квазисенсорных переключателей.

Книга рассчитана на широкие круги радиолюбителей и специалистов.

ISBN 5-89818-049-4

© ДМКПресс
© Бирюков С. А.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

Главный редактор Захаров И. М.
Научный редактор Стариков Е. П.
Ответственный редактор Гриф А. Я.
Литературный редактор Космачева Н. А.
Верстка Волнов Ю. А., Крапчатов А. И.
Дизайн обложки Антонов А. И.

Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15. Тираж 5000. Зак. №

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов
в типографии №9, Волочаевская, 40.

Содержание

Предисловие 4

1 Микросхемы серий ТТЛ 5
1.1. Общие сведения 6
1.2. Микросхемы комбинационного типа малой степени интеграции 20
1.3. Микросхемы последовательностного типа 33
1.3.1. Триггеры 34
1.3.2. Счетчики 42
1.3.3. Регистры 57
1.4. Микросхемы комбинационного типа средней степени интеграции 76
1.4.1. Дешифраторы и шифраторы 76
1.4.2. Мультиплексоры 86
1.4.3. Преобразователи кодов 90
1.4.4. Сумматоры и другие элементы 108
1.5. Ждущие мультивибраторы и генераторы 115

2 Микросхемы серий КМОП 123
2.1. Общие сведения 124
2.2. Микросхемы комбинационного типа малой степени интеграции 128
2.3. Микросхемы последовательностного типа 138
2.3.1. Триггеры 138
2.3.2. Счетчики 141
2.3.3. Регистры 177
2.4. Микросхемы комбинационного типа 183
2.4.1. Дешифраторы и преобразователи кодов 183
2.4.2. Ключи и мультиплексоры 193
2.4.3. Сумматоры и другие элементы 199
2.5. Ждущие мультивибраторы 205
2.6. Микросхемы серии КР1554 207

3 Формирователи и генераторы импульсов 213

Заключение 320

Предисловие

Широкое внедрение цифровой техники в радиолюбительское творчество связано с появлением интегральных микросхем. Цифровые устройства, собранные на дискретных транзисторах и диодах, имели значительные габариты и массу, ненадежно работали из-за большого количества элементов и особенно паяных соединений. Интегральные микросхемы, содержащие в своем составе десятки, сотни, тысячи, а в последнее время многие десятки и сотни тысяч и даже миллионы компонентов, позволили по-новому подойти к проектированию и изготовлению цифровых устройств. Надежность отдельной микросхемы мало зависит от количества элементов и близка к надежности одиночного транзистора, а потребляемая мощность в пересчете на отдельный компонент резко уменьшается по мере повышения степени интеграции.

В результате на интегральных микросхемах стало возможным собирать сложнейшие устройства, изготовить которые в радиолюбительских условиях без применения микросхем было бы совершенно невозможно.

Книга написана на основании большого опыта автора по изучению и применению микросхем серий ТТЛ К155, К555, КР531, КР1533, серий КМОП К176, К561, КР1554, КР1561, 564 и содержит материал, частично нашедший отражение в его статьях, опубликованных в журнале «Радио» в 1982–1998 гг.*, и книгах автора. В настоящем издании описаны общие принципы функционирования комбинационных, последовательностных микросхем, ждущих мультивибраторов и генераторов, приведены схемы соединения микросхем для увеличения разрядности, фрагменты принципиальных схем цифровых устройств с применением различных описываемых микросхем, приведены описания формирователей и генераторов импульсов, квазисенсорных переключателей.

Автор надеется, что данная книга поможет многим радиолюбителям и радиоспециалистам творчески подойти к самостоятельной разработке и изготовлению многих полезных цифровых устройств.

---

* Под псевдонимом С. Алексеев.

ГЛАВА СТРАНИЦА

1 Микросхемы серий ТТЛ

Общие сведения **6**

Микросхемы комбинационного типа малой степени интеграции **20**

Микросхемы последовательностного типа **33**

Микросхемы комбинационного типа средней степени интеграции **76**

Ждущие мультивибраторы и генераторы **115**

2	Микросхемы серий КМОП	123
3	Формирователи и генераторы импульсов	213

1.1. Общие сведения

У нас в стране обширна номенклатура выпускаемых интегральных микросхем. Для построения устройств автоматики и вычислительной техники широкое применение находят цифровые микросхемы серии К155, которые изготавливают по стандартной технологии биполярных микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Имеется свыше 100 наименований микросхем серии К155. При всех своих преимуществах – высоком быстродействии, обширной номенклатуре, хорошей помехоустойчивости – эти микросхемы обладают большой потребляемой мощностью. Поэтому им на смену выпускают микросхемы серии К555, принципиальное отличие которых – использование транзисторов с коллекторными переходами, зашунтированными диодами Шоттки. В результате транзисторы микросхем серии К555 не входят в насыщение, что существенно уменьшает задержку выключения транзисторов. К тому же они значительно меньших размеров, что уменьшает емкости их p-n-переходов. В результате при сохранении быстродействия микросхем серии К555 на уровне серии К155 удалось уменьшить ее потребляемую мощность примерно в 4...5 раз.

Дальнейшее развитие микросхем серий ТТЛ – разработка микросхем серии КР1533. Основное эксплуатационное отличие их от схем серии К555 – в 1,5...2 раза меньше потребляемая мощность при сохранении и повышении быстродействия.

Средняя задержка распространения элементов микросхем серии К155, К555, КР1533 примерно 15...20 нс. В случаях, когда требуется более высокое быстродействие, используют микросхемы серии КР531. Для сравнения основных параметров в табл. 1 приведены значения средней потребляемой мощности $P_{ср}$ и средней задержки $t_{з.ср}$ распространения микросхем ТТЛ указанных серий, а также стандартные значения входных $I_{вх}$ и выходных $I_{вых}$ токов и нагрузочной способности N указанных серий микросхем. Некоторые микросхемы допускают большие выходные токи и имеют большую нагрузочную способность, чем указано в табл. 1. Часть микросхем (особенно серии КР531) также имеют отличные от стандартных входные токи. Эти отличия специально указаны далее.

Стандартные выходные уровни лог. 1 составляют 2,4...2,7 В, лог. 0 – 0,36...0,5 В.

Напряжение питания микросхем серий ТТЛ 5 В ±5%, для серии КР1533 допуск на напряжение питания ±10%.

Микросхемы выпускают в пластмассовых корпусах с 8, 14, 16, 20, 24, 28 выводами, температурный диапазон их работоспособности:

Таблица 1

Параметр	Серия микросхем			
	К155	К555	КР1533	КР531
$P_{ср}$, мВт	10	2	1,2	19
$t_{з.\,ср}$, нс	20	18	14	5
$I^0_{вх}$, мА	1,6	0,4	0,2	2
$I^1_{вх}$, мА	0,04	0,02	0,01	0,05
$I^0_{вых}$, мА	16	8	8	20
$I^1_{вых}$, мА	0,4	0,4	0,4	1
N	10	20	40	10

–10...+70 °С. Часть микросхем серий К155 и К555 выпускают в керамических корпусах (их обозначение КМ155 и КМ555), температурный диапазон работоспособности таких микросхем –45...+85 °С.

На рис. 1 приведены зависимости выходного напряжения от входного для инвертирующих логических элементов упомянутых серий микросхем при температуре +20 °С. Поскольку за порог переключения принимается входное напряжение, при котором выходное равно ему, его нетрудно найти по приведенным зависимостям как точку пересечения с прямой $U_{вых} = U_{вх}$. Из рисунка видно, что микросхемы серии КР1533 имеют наибольший порог переключения – 1,52 В и, как следствие, наибольшую помехоустойчивость.

Рассматриваемые серии имеют в своем составе однотипные микросхемы с совпадающими после номера серии цифробуквенными обозначениями. Логика работы однотипных микросхем, за редким исключением, отмеченным далее, совпадает. Микросхемы серии КР531 ранее не имели в обозначении буквы «Р», а имели в конце обозначения букву «П», например К531ЛАЗП.

В табл. 2 приведены обозначение большинства рассматриваемых микросхем, функциональное назначение, число выводов корпуса, средняя потребляемая мощность, средняя задержка распространения сигнала и номер рисунка, на котором приведено графическое обозначение микросхемы.

В функциональном назначении буквы означают: ОК – микросхемы

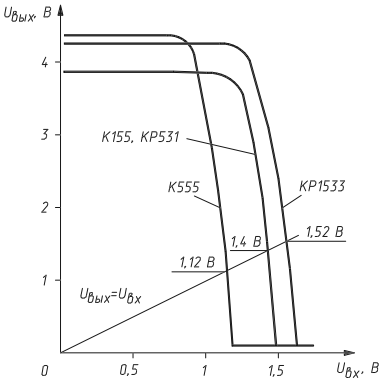


Рис. 1. Зависимость выходного напряжения от входного для инверторов серий ТТЛ

имеют выход с открытым коллектором, ОЭ – с открытым эмиттером, Z – выходы могут переводиться в высокоимпедансное состояние.

При разработке принципиальных схем различных устройств всегда возникает вопрос: что делать с неиспользуемыми входами интегральных микросхем. Если по логике работы на вход необходимо подать лог. 0, то его соединяют с общим проводом, если лог. 1 – возможны варианты. Во-первых, неиспользуемые входы микросхем серии К155 можно никуда не подключать, то есть подпаивать к контактной площадке минимальных размеров, к которой (это важно) не подключены никакие проводники. Но при этом несколько уменьшается быстродействие микросхем. Для микросхем серий К555, КР531, КР1533 оставлять входы неподключенными не допускается. Во-вторых, возможно подключение неиспользуемых входов к используемым входам того же элемента, но это увеличивает нагрузку на микросхему-источник сигнала, что также снижает быстродействие. В-третьих, можно подключать неиспользуемые входы микросхем серий К155 и КР531 к выходу инвертирующего элемента, входы которого при этом надо соединить с общим проводом. Наконец, можно объединять неиспользуемые входы микросхем этих серий и подключать их к источнику питания +5 В через резистор сопротивлением 1 кОм (до 20 входов к одному резистору). Входы микросхем серий К555 и КР1533 можно подключать к источнику питания +5 В непосредственно.

Недопустимо подключать ко входу микросхемы проводник, который во время работы может оказаться неподключенным к выходу источника сигнала, например при управлении от кнопки или переключателя, так как это резко снижает помехоустойчивость устройства. Такие проводники следует подключать к источнику +5 В через резистор сопротивлением 1 кОм (до 20 входов к одному резистору). Входы микросхем серий К555 и КР1533 можно подключать к источнику питания +5 В непосредственно.

На печатных платах с использованием микросхем серий К155, К555, КР1533 необходима установка блокировочных конденсаторов между цепью +5 В и общим проводом. Их число определяется одним-двумя конденсаторами емкостью 0,033...0,15 мкВ на каждые пять микросхем. Конденсаторы следует располагать на плате по возможности равномерно. Их следует также установить рядом со всеми микросхемами с мощным выходом (например, К155ЛА6) или с потребляемой мощностью более 0,5 Вт.

Микросхемы серий КР531 требуют особого внимания при разводке цепей питания и общего провода. При изготовлении промышленных

Таблица 2

Обозначение микросхемы	Функциональное назначение	Число выводов корпуса	$P_{ср}$, мВт	$t_{з\,ср}$, нс	Номер рис.
К155АГ1	Одновибратор	14	125	70	146
К155АГ3 К555АГ3 КР1533АГ3	2 одновибратора с перезапуском	16	330 110 100	30 41 36	149
К555АГ4	2 одновибратора	16	55	20	149
КР531АП2	4 двунаправленных буферных элемента (ОК)	16	650	40	10
К555АП3 КР1533АП3 КР531АП3	8 инвертирующих буферных элементов (Z)	20	180 125 850	20 13,5 20	10
К555АП4 КР1533АП4 КР531АП4	8 буферных элементов (Z)	20	180 150 450	20 15,5 20	10
К555АП5 КР1533АП5	8 буферных элементов (Z)	20	180 135	20 15	10
К555АП6 КР1533АП6	8 двунаправленных буферных элементов	20	450 275	35 10	10
КР1533АП9	8 инвертирующих двунаправленных буферных элементов	20	188	22,5	10
КР1533АП14	8 буферных элементов (Z)	20	128	24,6	10
КР1533АП15	8 инвертирующих буферных элементов (Z)	20	102	22,5	10
КР1533АП16	8 двунаправленных буферных элементов	20	213	24,8	10
КР531ГГ1	2 генератора	16	750	–	157
К155ИВ1 К555ИВ1	Шифратор 8–3	16	300 102	25 16	99
К555ИВ3	Шифратор 10–4	16	45	33	102
К155ИД1	Дешифратор 4–10	16	132	–	87
К155ИД3 КР1533ИД3	Дешифратор 4–16	24	250 75	32 33	79
К155ИД4 К555ИД4 КР1533ИД4	2 дешифратора 2–4	16	210 55 35	27 25,8 30	83
К555ИД5	2 дешифратора 2–4 (ОК)	16	55	40	83
К555ИД6	Дешифратор 4–10	16	71,5	30	91
К555ИД7 КР1533ИД7 КР531ИД7	Дешифратор 3–8	16	55 50 370	33 19,5 11	92

Таблица 2 (продолжение)

Обозначение микросхемы	Функциональное назначение	Число выводов корпуса	$P_{ср}$, мВт	$t_{з\,ср}$, нс	Номер рис.
КМ155ИД8А КМ155ИД8Б КМ155ИД9	Преобразователи кода для неполного матричного индикатора	24 24 24	325 325 325	100 100 100	113 113 114
К155ИД10 К555ИД10	Дешифратор 4–10 (ОК)	16	350 72,5	50 50	94
КМ155ИД11	Преобразователь для управления шкалой в «столбик»	16	850	50	117
КМ155ИД12	Дешифратор 3–8 (ОЭ)	16	300	50	117
КМ155ИД13	Преобразователь для управления шкалой в «две точки»	16	350	50	117
КР1533ИД14 КР531ИД14	2 дешифратора 2–4	16	65 450	14,7 11	97
К555ИД18	Преобразователь кода для семисегментного индикатора	16	65	100	120
К155ИЕ1	Делитель частоты на 10	14	150	30	24
К155ИЕ2 К555ИЕ2 КР1533ИЕ2	Десятичный счетчик	14	265 45 65	100 50 32,4	25
К155ИЕ4	Счетчик по модулю 12	14	255	100	25
К155ИЕ5 К555ИЕ5 КР1533ИЕ5	Двоичный счетчик	14	265 45 65	135 70 37,4	25
К155ИЕ6 К555ИЕ6 КР1533ИЕ6	Десятичный реверсивный счетчик	16	510 170 110	30 43,5 23	28
К155ИЕ7 К555ИЕ7 КР1533ИЕ7	Двоичный реверсивный счетчик	16	510 170 110	30 43,5 23,5	28
К155ИЕ8	Делитель частоты с переменным коэффициентом деления	16	600	25	30
К155ИЕ9 К555ИЕ9 КР1533ИЕ9 КР531ИЕ9	Десятичный синхронный счетчик	16	505 176 105 635	25 31 20,5 15	33
К555ИЕ10 КР1533ИЕ10 КР531ИЕ10	Двоичный синхронный счетчик	16	176 105 635	35 20,5 15	38