Введение в профессиональную деятельность (ЭП)
2 семестр
Основы цифровой схемотехники
Теория

Схемоте́хника — научно-техническое направление, занимающееся проектированием, созданием и отладкой (синтезом и анализом) электронных схем и устройств различного назначения.

Различают электронные схемы двух типов – аналоговые и цифровые.

Аналоговые устройства формируют и обрабатывают непрерывные во времени сигналы.

Цифровые устройства работают с дискретными сигналами, выраженными в цифровой форме в виде логических 0 и 1.

Физически электронные устройства представляют собой платы с расположенными на них электронными элементами (рис. 1), соединенными между собой дорожками согласно схеме.

Рис. 1. Внешний вид печатной платы

Главными компонентами плат являются Интегральные микроСхемы (ИС). Это электронная схема (кристалл), выполняющая определённую задачу, изготовленная на полупроводниковой подложке и помещённая в корпус.

Степень интеграции ИС – это показатель сложности микросхемы характеризующий числом содержащихся в ней элементов и компонентов, определяется по формуле:

$$k = \lg N .$$

В настоящее время степень интеграции достигла 6 (таблица 1).

Серия ИС – это совокупность типов ИС которые могут выполнять различные функции, имеют единое конструктивно технологическое исполнение и предназначены для совместного применения.

Таблица 1

Классификация ИС по степени интеграции

Степень интеграции k	Уровень интеграции		Число элементов или компонентов в одной ИС N		
	Полное название	Сокращенное название	Цифровые ИС		Аналоговые
			На МОП транзисторах	На биполярных транзисторах	
1…2	Малые интегральные схемы	МИС	<=100	<=100	<=100
2…3	Средние интегральные схемы	СИС	>100<=1000	>100<=500	>100<=500
3…4	Большие интегральные схемы	БИС	>1000<=10000	>500<=2000	>500

4…6	Сверх-большие интеграль-ные схемы	СБИС	>100000	>50000	>10000

В качестве примера возьмём МИС. Например, микросхема К155ЛА3 (рис. 2 и 3) представляет собой четыре независимых друг от друга 2-входовых элемента И-НЕ.

Даташит (**datasheet**) – **это** официальный документ производителя электронных компонентов.

Из даташит узнаём ключевую информацию:

- напряжение питания данной ИС составляет +5В;
- она выполнена по технологии ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика); уровень логического 0: от 0 до 0,4 В, логической 1 – от 2,4 до 5 В;
- корпус 201.14-1 (рис. 3).

Внутренняя логическая схема (рис. 3) в даташит обычно «привязывается» к расположению выводов корпуса ИС. Нумерация выводов («ножек», «пинов») осуществляется, начиная от «ключа» (выемка или метка на верхней поверхности корпуса) ПРОТИВ часовой стрелки. На условном графическом обозначении (УГО) выводы питания как правило не обозначаются. Буквенно-цифровое обозначение ИС на схемах – DD1, DD2 и т.д. Отдельные логические элементы, относящиеся к DD1, обозначаются как DD1.1, DD1.2, DD1.3 и DD1.4, к DD2 – DD2.1, DD2.2, DD2.3 и DD2.4 и т.д.

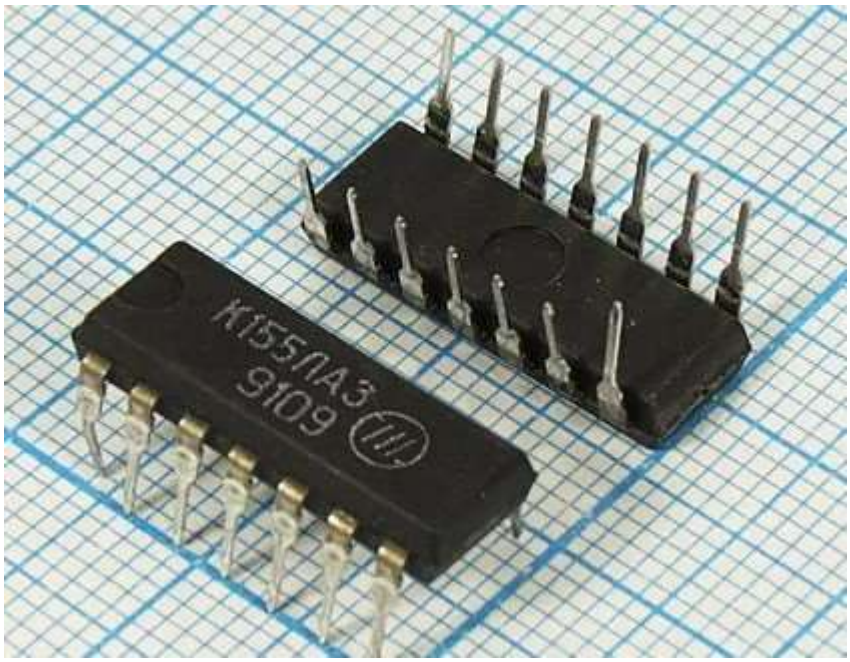


Рис. 2. Внешний вид ИС К155ЛА3

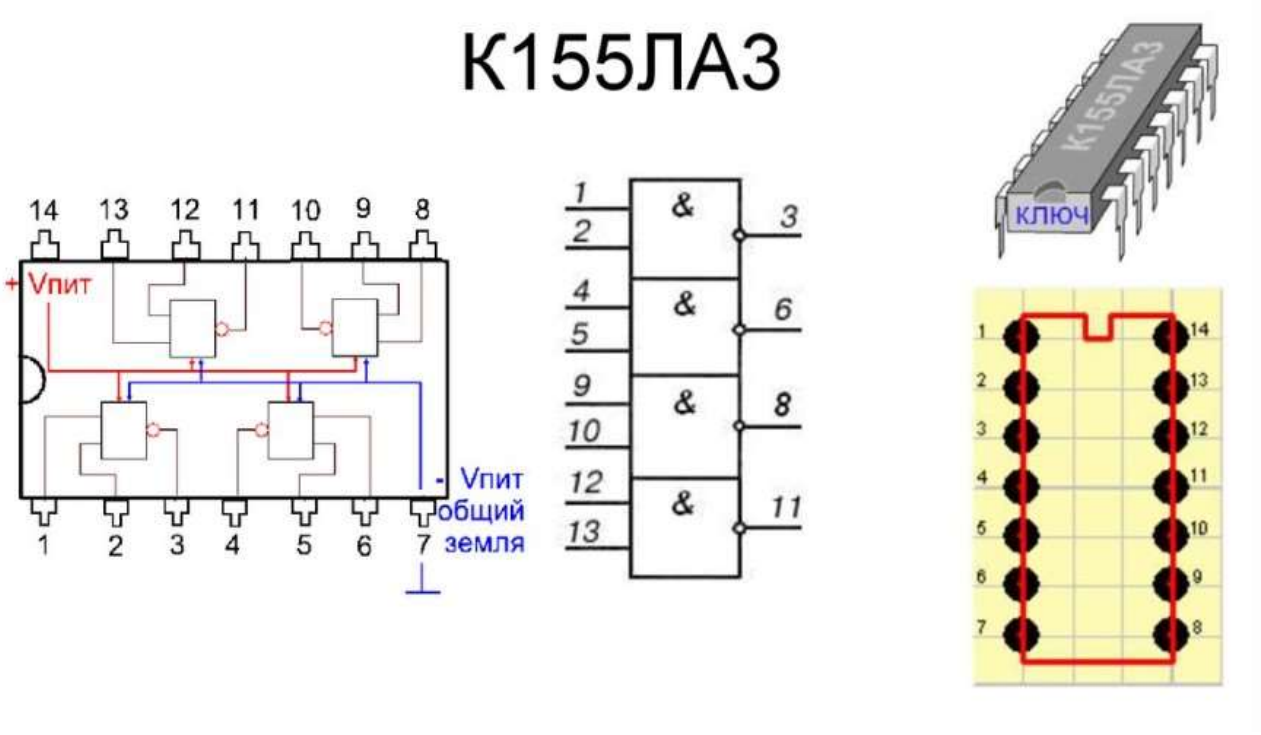


Рис. 3. Даташит ИС К155ЛА3

На рис. 4, 5 и 6 приведены общедоступные примеры принципиальных схем электронных устройств на основе ИС К155ЛА3 [13, 14].

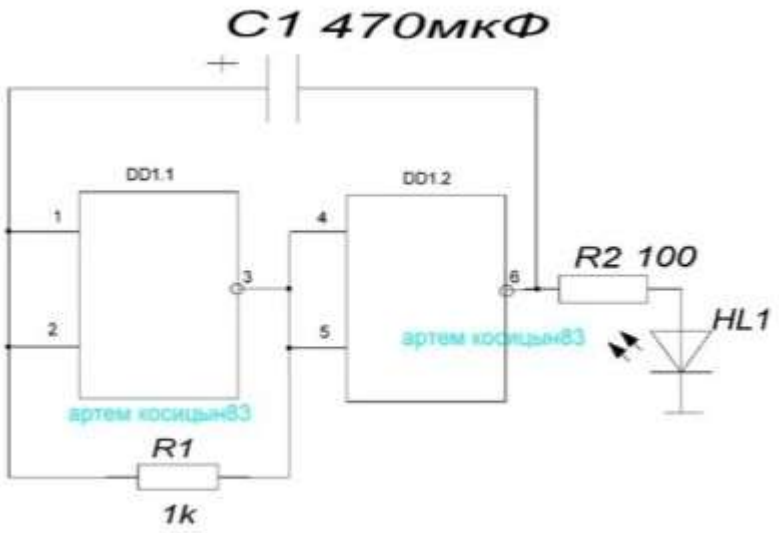


Рис. 4. Мигалка

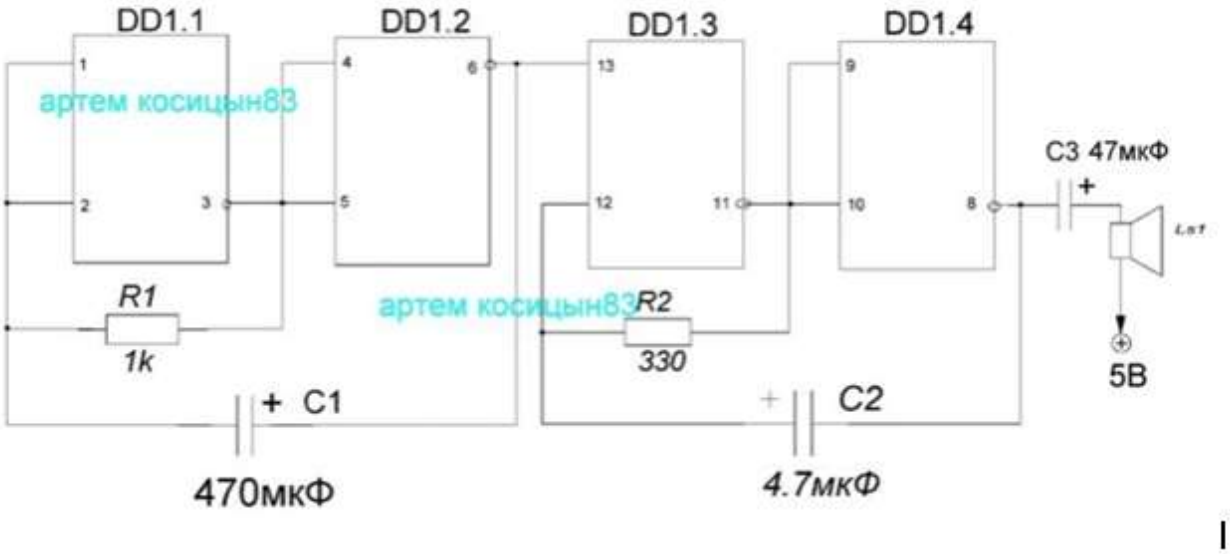


Рис. 5. Прерывистый звуковой генератор

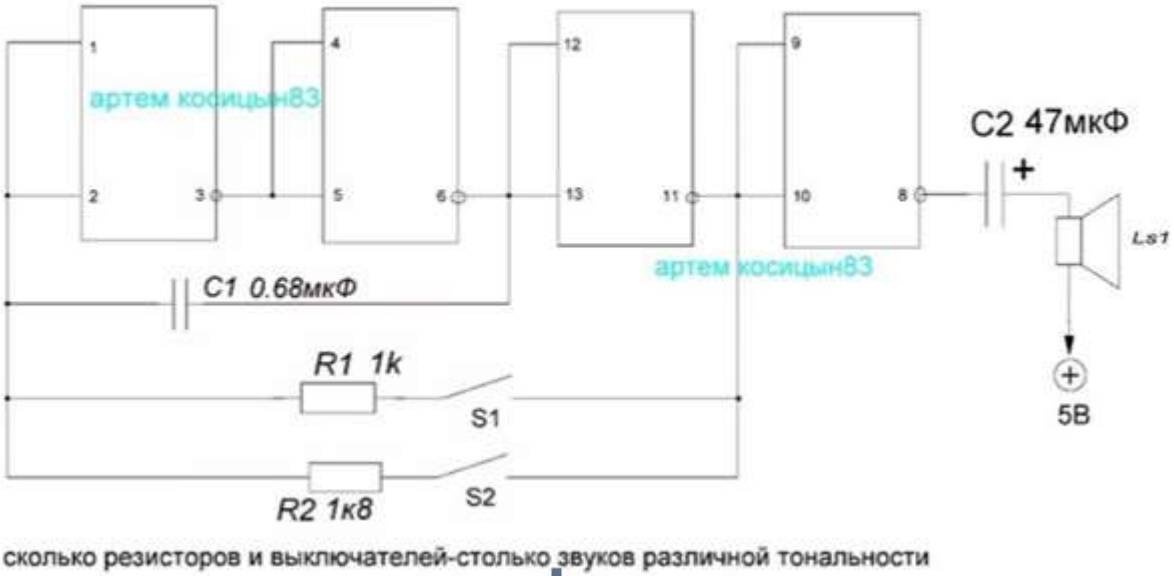


Рис. 6. Музыкальная игрушка

На двух элементах И-НЕ можно собрать простой генератор прямоугольных импульсов, или «мигалку» (рис. 4). При подаче питания на выводе 3 будет логическая 1, а на выводе 6 будет логический 0. Конденсатор C1 начнет заряжаться через резистор R1. Как только напряжение на конденсаторе достигнет пороговой величины, элемент DD1.1 инвертирует сигнал, на выводе 3 теперь будет ноль, а на выводе 6 будет единица. Конденсатор начнет разряжаться: и вновь на выводе 3 появится единица и все будет повторяться. Светодиод будет мигать, частота вспышек зависит от емкости C1 и резистора R1.

Прерывистый звуковой генератор можно собрать на четырех элементах (рис. 5).На элементах DD1.3-DD1.4 собран звуковой генератор, на DD1.1-DD1.2 собран включатель-выключатель этого генератора.

На рис. 6 представлена простейшая музыкальная игрушка, представляющая собой звуковой генератор, тональность которого можно изменять резисторами разного сопротивления. Нажимая кнопку, подключаем резистор, и генератор издает сигнал определенной частоты, на другую кнопку - сигнал другой частоты. На основе этой схемы можно сделать простейший музыкальный синтезатор – например, первой октавы. Для этого необходимо подобрать резисторы таким образом, чтобы частота соответствовала звукам первой октавы (рис. 7 –

из статьи Википедии «Октавная система»).

Рис. 7. Таблица частот звуков первой октавы

Корпуса и выводы интегральных микросхем

Корпус ИС (в англо-язычной литературе ("chip package", "chip container" или "chip carrier") выполняют из материалов, имеющих близкие к полупроводникам коэффициенты температурного расширения (пластик или керамика). Это связано с большими температурными перепадами при переключении из 0 в 1 и обратно. Если схема и корпус расширяются при нагреве в одинаковой степени, снижается риск механического повреждения полупроводникового кристалла или отслоения контактов выводов.

Наиболее распространенной формой корпуса интегральной микросхемы являются корпуса типа DIL (DIP – от англ. **Dual In-line Package**), с двумя линиями выводов (рис. 8 и 9). Именно такой корпус рассматривался выше. Корпус прямоугольной формы с двумя рядами pin-выводов по длинным узким сторонам для монтажа микросхемы в отверстия. В обозначении корпуса указывается число выводов: DIP8, DIP14, DIP16 и т.д. Часто на платы вместо ИС впаиваются клеммные колодки с тем же количеством выводов, в которые вставляются сами ИС.

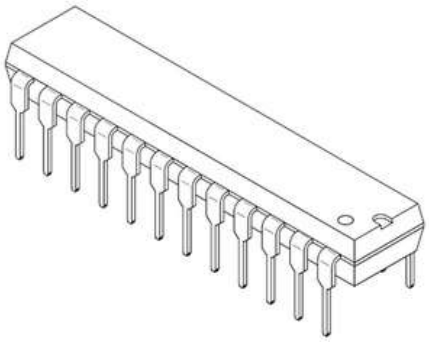


Рис. 8. Корпус DIP24

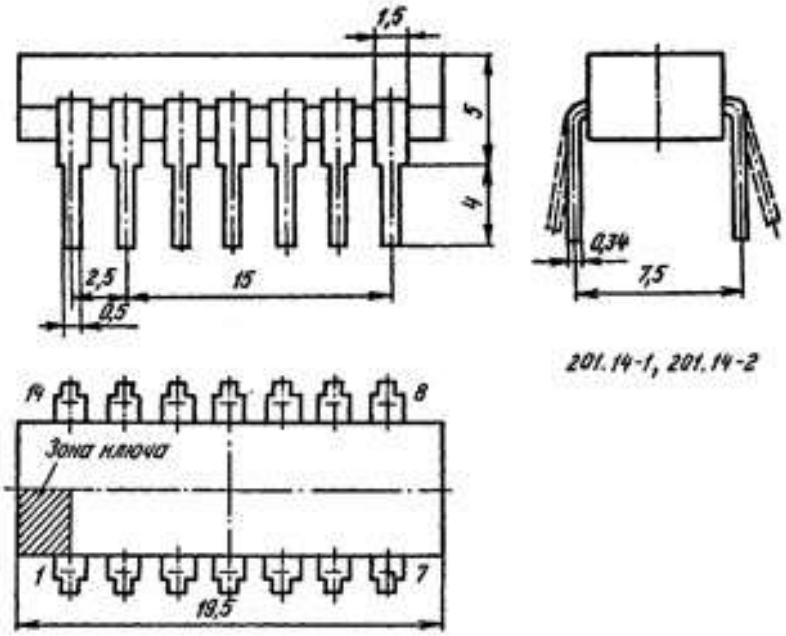


Рис. 9. Габаритные размеры корпуса DIP14

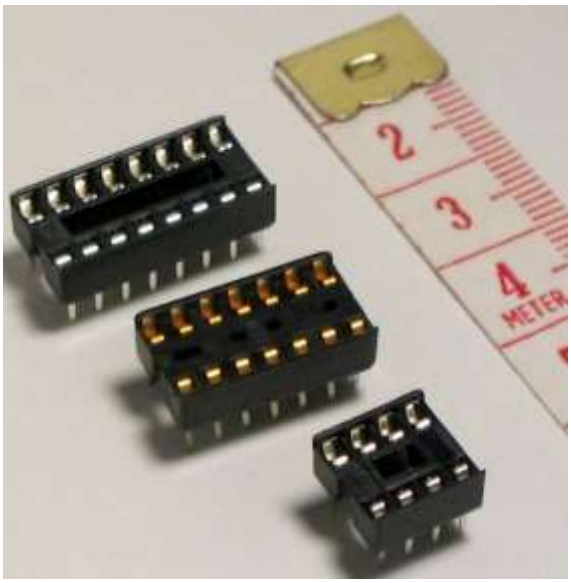
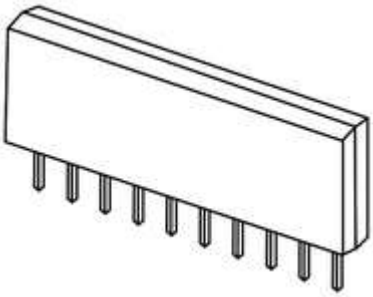


Рис. 10. Клеммные колодки для ИС с корпусами DIP16, DIP14, DIP8

Корпуса импортных интегральных микросхем для монтажа в отверстия

Корпус микросхемы SIP или SIL (Single In-line Package) - плоский прямоугольный корпус для вертикального монтажа в отверстия печатной платы, с одним рядом pin-выводов по длинной узкой стороне (рис. 11). В обозначении корпуса указывается число выводов: SIP7, SIP8, SIP9 и т.д. Этот корпус позво-

ляет располагать интегральные микросхемы достаточно компактно на печатной



плате.

Рис. 11. Корпус SIP10

Корпус микросхемы ZIP (Zigzag-In-line Package) - плоский корпус для вертикального монтажа в отверстия печатной платы с pin-выводами, расположенными зигзагообразно двумя рядами в шахматном порядке (рис. 12). В них обычно упакованы микросхемы памяти.

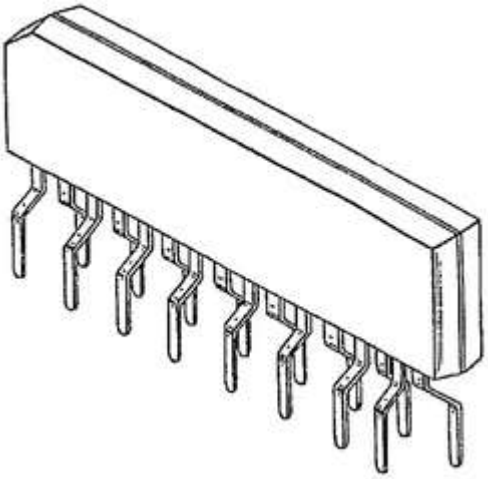


Рис. 12. ZIP16

Корпуса импортных интегральных микросхем для поверхностного монтажа

При сборке радиоэлектронного оборудования часто используется технология поверхностного монтажа SMT (Surface Mount Technology). Электронные компоненты, которые изготовлены для поверхностного монтажа, называют SMD-компонентами (Surface Mounted Device). Ниже приведены наиболее распространенные серии корпусов импортных интегральных микросхем, предназначенные для поверхностного монтажа.

Корпус микросхемы SOIC или SO (Small-Outline Integrated Circuit), он же SOP (Small-Outline Package) имеет выводы, изогнутые наружу (рис. 13). Они

расположены по двум длинным сторонам и припаиваются с той же стороны печатной платы, где располагается корпус. В обозначении корпуса указывается число выводов. Корпус микросхем имеет достаточно тонкую прямоугольную форму, напоминающую корпус DIP, но предназначен для поверхностного монтажа.

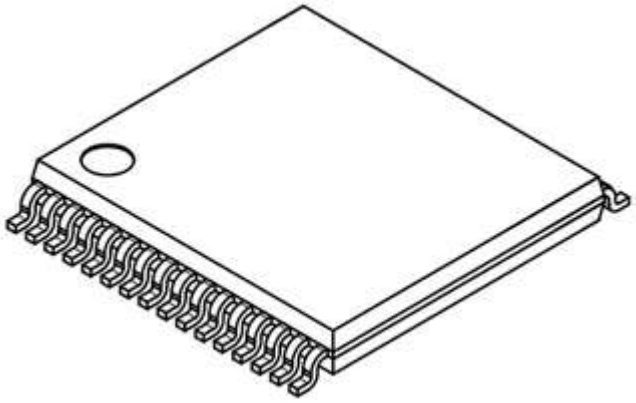


Рис. 13. Корпус SOP16

Корпус микросхемы QFP (Quad Flat Package) - квадратный плоский корпус с четырьмя рядами выводов по узким сторонам, они изогнуты наружу (рис. 14).

Рис. 14. Корпус QFP

Корпус микросхемы LCC (Leadless Chip Carrier) - Низкопрофильный квадратный керамический корпус с расположенными на его нижней части контактами (рис. 15), предназначенный для поверхностного монтажа. В обозначении корпуса указывают количество контактов, например: LCC16, LCC32 и т.д.

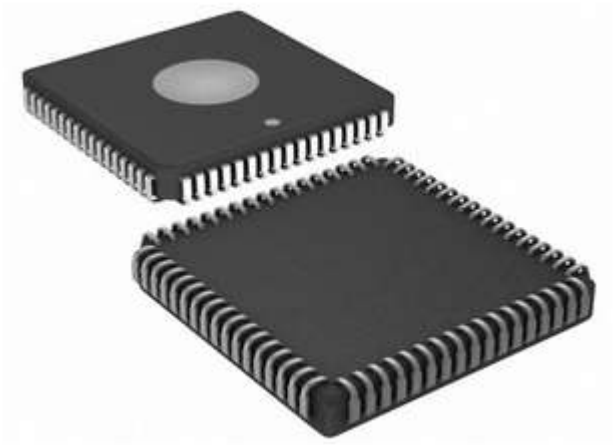


Рис. 15. Корпус LCC68

При заказе и покупке микросхем необходимо обращать внимание на тип корпуса, так как производители зачастую выпускают одну и ту же микросхему в различных типах корпусов.

Маркировка отечественых интегральных схем

Значения маркировки приведены на рис. 16 на примере рассмотренной ранее МИС К155ЛА3.

Рис. 16. Пример маркировки микросхемы

Буквенные обозначения:

- Первая буква «К» — микросхема широкого применения (гражданский вариант), отсутствие буквы — специальная (военная) приемка.

Второй символ в названии, определяет тип корпуса:

М - металлокерамический.

Н - миниатюрный металлокерамический.

Р - пластмассовый DIP.

А,Ф - миниатюрный пластмассовый.

Б - бескорпусной.

Е - металлополимерный DIP.

- Перед или после названия микросхем могут дополнительно наноситься буквенные обозначения
  - «Э» — обозначает экспортный вариант (шаг выводов 2,54 и 1,27 мм, вместо стандартных метрических 2,5 и 1,25 мм)
  - «О» — встречается крайне редко и может обозначать «опытную» партию.

Третий символ - цифра, означающая группу по конструктивно - техническому оформлению.

1, 5, 6, 7 - полупроводниковые микросхемы.

1, 4, 8 - гибридные микросхемы.

3 - прочие (пленочные).

Далее, идет порядковый номер серии (возможно обозначение двумя цифрами). После порядкового номера серии идет буквенный код функционального назначения. В таблице 1 приведены группы устройств и более подробно - актуальные для данной дисциплины буквенные коды.

Таблица 1

Буквенные обозначения функционала микросхем

Обозначение	**Функциональное назначение**
А	**Формирователи**
Б	**Схемы задержки**
В	**Схемы вычислительных средств**

Г	**Генераторы**
Д	**Детекторы**
Е	**Источники вторичного питания**
И	**Цифровое устройство**
ИА	Арифметическо-логическое устройство
ИВ	Шифратор
ИД	Дешифратор
ИЕ	Счетчик
ИК	Комбинированное цифровое устройство
ИЛ	Полусумматор
ИМ	Сумматор
ИП	Прочее цифровое устройство
ИР	Регистр
К	**Коммутаторы и ключи**
Л	**Логические элементы**
ЛА	Элемент И-НЕ
ЛБ	Элемент И-НЕ/ИЛИ-НЕ
ЛЕ	Элемент ИЛИ-НЕ
ЛИ	Элемент И
ЛК	Элемент И-ИЛИ-НЕ/И-ИЛИ
ЛЛ	Элемент ИЛИ
ЛМ	Элемент ИЛИ-НЕ/ИЛИ
ЛН	Элемент НЕ
ЛР	Элемент И-ИЛИ-НЕ

ЛС	Элемент И-ИЛИ
М	**Модуляторы**
Н	**Наборы элементов**
НД	Диодная сборка
НЕ	Конденсаторная сборка
НК	Комбинированная сборка
НП	Прочий набор элементов
НР	Резисторная сборка
НТ	Транзисторная сборка
НФ	Функциональная сборка (в том числе матрицы резисторов типа R-2R)
П	**Преобразователи сигналов**
ПА	Цифро-аналоговый преобразователь
ПВ	Аналого-цифровой преобразователь
Р	**Запоминающие устройства**
РЕ	Постоянное запоминающее устройство (масочное)
РМ	Матрица оперативных запоминающих устройств
РП	Прочее запоминающее устройство
РР	Постоянное запоминающее устройство с возможностью многократного электрического перепрограммирования
РТ	Постоянное запоминающее устройство с возможностью однократного программирования
РУ	Оперативное запоминающее устройство
РФ	Постоянное запоминающее устройство с ультрафиолетовым стиранием и электрической записью информации

С	**Схемы сравнения**
Т	**Триггеры**
ТВ	Универсальный триггер (типа JK)
ТД	Динамический триггер
ТК	Комбинированный триггер (типов DT, RST т. п.)
ТЛ	Триггер Шмитта
ТМ	Триггер с задержкой (типа D)
ТП	Прочий триггер
ТР	Триггер с раздельным запуском (типа RS)
ТТ	Счетный триггер (типа T)
У	**Усилители**
Ф	**Фильтры**
Х	**Многофункциональные схемы**
Ц	**Фоточувствительные схемы с зарядовой связью**

Далее, следует порядковый номер разработки (возможно обозначение одной цифрой.)

Последним символом может быть буква (от А до Я)означающая какие либо отличия в электрических параметрах.

Европейская система маркировки микросхем

Состоит из трех букв, за которыми следуют три или четыре знака, обозначающих номер серии, а также тип корпуса. Первая буква обозначает класс, к которому относится интегральная схема:

S - цифровая схема, T - аналоговая, U - аналогово-цифровая.

Вторая буква - серия (H обозначает гибридные микросхемы.)

Третья буква - рабочий диапазон температур:

A - диапазон не определен.

B от 0 до +70 C

C от -55 до +125 C

D от -25 до +70 C

E от -25 до +85 C

F от - 40 до +85 C

Последняя буква определяет тип корпуса:

B - DIL

C - цилиндрический корпус.

D - DIL

F - плоский корпус.

P - DIP

Q - QIL

U - бескорпусная микросхема.

Библиографический список

1. Проектирование печатных плат [Текст]: метод. указ. к практическим занятиям по дисциплине «Схемотехника дискретных устройств» / И.В. Музылева, В.В. Пикалов - Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2015. – 12 с.
2. Печатная плата – изготовление в домашних условиях. [Электронный ресурс]: https://ydoma.info/tehnologii-remonta/tehnologii-izgotovlenie-pechatnyh-plat.html#tekhnologiya-ruchnogo-naneseniya-risunka
3. Переключатель KCD1-102 http://asenergi.com/catalog/pereklyuchateli/klavishnye-kcd1-5.html
4. Расчёт сопротивления для светодиода – он-лайн калькулятор http://cxem.net/calc/ledcalc.php
5. Основы электроники. Урок 4. Расчет резистора для светодиода http://www.joyta.ru/7692-osnovy-elektroniki-urok-4-raschet-rezistora-dlya-svetodioda/

6. Музылева, И. В. Разработка печатной платы для исследования интегральной микросхемы [Текст]: метод. указ. к практическим занятиям по дисциплине «Элементы систем автоматики» / И.В. Музылева, В.В. Пикалов, Е.С. Числаш. - Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2016. – 16 с.
7. https://www.youtube.com/watch?time_continue=278&v=tmMNLH-3g5k&feature=emb_logo видео, где показано моделирование лог схем
8. https://www.youtube.com/watch?time_continue=68&v=amVJ7wamKPc&feature=emb_logo популярно про микросхемы. Есть история
9. https://www.youtube.com/watch?v=JigGeGoJA5E очень хорошо про цоколевку, корпуса, серии, маркировки.
10. https://zen.yandex.ru/media/asutpp.ru/izuchite-elektroniku-s-pomosciu-etih-10-prostyh-shagov-5d49217df73d9d00ad77f856 10 шагов изучения практической электроники
11. К155ЛА3, КМ155ЛА3 (7400) [Электронный ресурс] https://www.microshemca.ru/LA3/
12. **Корпуса отечественных микросхем** [Электронный ресурс] https://chipinfo.pro/package/russianchip.shtml
13. Микросхема К155ЛА3 и электронные самоделки на ней [Электронный ресурс] https://zen.yandex.com/media/elektroradio/mikroshema-k155la3-i-elektronnye-samodelki-na-nei-5e0625d1e6e8ef00ad167ae9
14. Электронные самоделки на микросхеме К155ЛА3.Как она работает,что такое 2И-НЕ [Электронный ресурс] https://www.youtube.com/watch?time_continue=21&v=eVVyD-CzFIk&feature=emb_logo
15. Типы корпусов микросхем. [Электронный ресурс] https://t-way.ru/articles/type-packages
16. https://ru.wikipedia.org/wiki/Советские_микросхемы