

Комбинационные микросхемы выполняют более сложные функции, чем простые логические элементы. Их входы объединены в функциональные группы и не являются полностью взаимозаменяемыми. Например, любые два входа логического элемента совершенно спокойно можно поменять местами, от этого выходной сигнал никак не изменится, а для комбинационных микросхем это невозможно, так как у каждого входа — своя особая функция. Объединяет комбинационные микросхемы с логическими элементами то, что они не имеют внутренней памяти. То есть уровни их выходных сигналов всегда однозначно определяются текущими уровнями входных сигналов и никак не связаны с предыдущими значениями входных сигналов. Любое изменение входных сигналов обязательно изменяет состояние выходных сигналов. Именно поэтому логические элементы иногда также называют комбинационными микросхемами, в отличие от последовательностных микросхем, которые имеют внутреннюю память и управляются не уровнями входных сигналов, а их последовательностями. Строго говоря, все комбинационные микросхемы внутри построены из простейших логических элементов, и эта их внутренняя структура часто приводится в справочниках. Но для разработчика, тем более для пользователя, цифровой аппаратуры эта информация обычно лишняя, ему достаточно знать только таблицу истинности, только принцип преобразования входных сигналов в выходные, а также величины задержек между входами и выходами и уровни входных и выходных токов и напряжений. Внутренняя же структура важна для разработчиков микросхем, а также в тех редчайших случаях, когда надо построить новую комбинационную микросхему из микросхем простых логических элементов. Состав набора комбинационных микросхем, входящих в стандартные серии, был определен исходя из наиболее часто встречающихся задач. Требуемые для этого функции реализованы в комбинационных микросхемах наиболее оптимально, с минимальными задержками и минимальным потреблением мощности. Поэтому пытаться повторить эту уже проделанную однажды работу не стоит. Надо просто уметь грамотно применять то, что имеется. Рассмотрим наиболее часто применяемые комбинационные схемы.

Дешифраторы

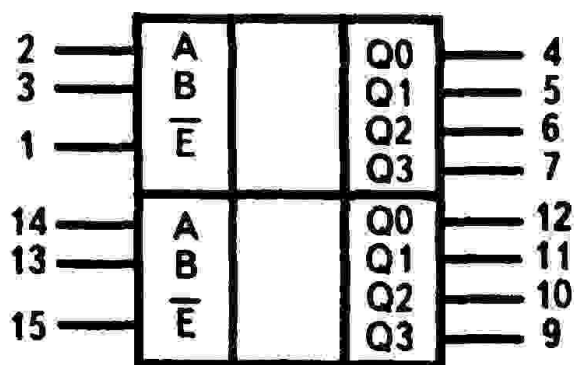
Дешифратором называется цифровая комбинационная схема с несколькими входами и выходами, преобразующая код, подаваемый на входы в сигнал на одном из выходов. На выходе дешифратора всегда присутствует только один сигнал, причем номер этого сигнала однозначно определяется входным кодом. Если дешифратор, имеющий n информационных входов, имеет 2^n выходов, то такой дешифратор называется полным. Если выходов меньше — дешифратор неполный. Условное графическое изображение (УГО) дешифратора на принципиальных схемах сопровождается буквами DC (от английского Decoder).

В стандартные серии входят дешифраторы на 4 выхода (2 разряда входного кода), на 8 выходов (3 разряда входного кода) и на 16 выходов (4 разряда входного кода). Они обозначаются соответственно как 2-4, 3-8, 4-16.

Связано это с количеством контактов ИС. Если для дешифраторов 2-4 и 3-8 вполне подходят обычные 14-ти и 16-контактные корпуса, то для реализации дешифратора 4-16 нужно уже 24 «ноги» в корпусе. А это уже – приличные габариты. Дальнейшее наращивание разрядности приведет к крупногабаритным микросхемам с единственной реализуемой функцией. Что не есть хорошо! Проще уже переходить к микроконтроллерам...

Различаются микросхемы дешифраторов входами управления (разрешения/запрета выходных сигналов), а также типом выхода: обычный выход или ОК (открытый коллектор). Выходные сигналы большинства дешифраторов имеют отрицательную полярность (активный уровень сигнала – низкий). Входы, на которые поступает входной код, зачастую называют адресными входами. Обозначают эти входы 1, 2, 4, 8, где число соответствует весу двоичного кода (1 — младший разряд, 2 — следующий разряд и т. д.), или А0, А1, А2, А3. В отечественных сериях микросхемы дешифраторов обозначаются буквами ИД.

Для примера рассмотрим микросхемы КР1561ИД6 и КР1561ИД7.



1,15 - входы разрешения
2,3,13,14 - входы
4,7,9-12 - выходы
8 - общий
16 - питание

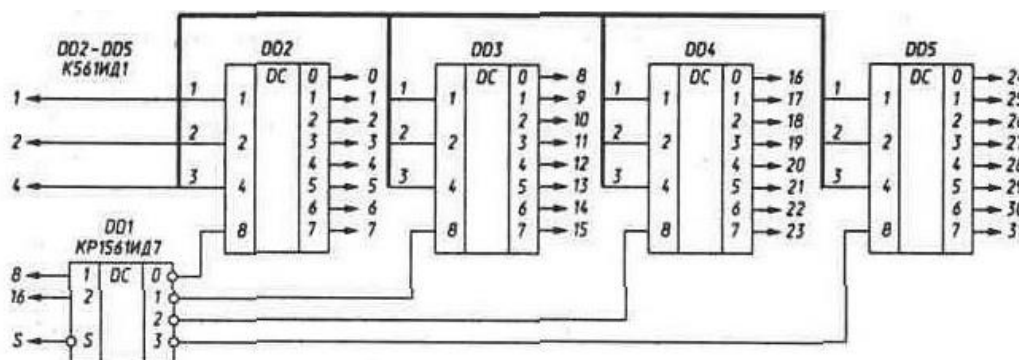
Микросхема КР1561ИД6 (14555BE) содержит два двухразрядных дешифратора-коммутатора со стробированием по входу Е. Если $E = 1$, на всех выходах Q0...Q3 окажутся нули. При наборе двоичного кода на входах А, В дешифратора КР1561ИД6 (14555BE) ($E = 0$) на выходах Q0...Q3 появляются единицы. Если вход Е используется как сигнальный, дешифраторы можно каскадировать.

Микросхема **КР1561ИД7** (14556ВЕ) имеет инвертированные по сравнению с КР1561ИД6 (14555ВЕ) выходы. Выбранный выход дешифратора КР1561ИД7 (14556ВЕ) имеет нулевой выходной уровень, а при $E = 1$ на всех выходах появляются единицы.

Таблица истинности дешифратора ИД7 выглядит следующим образом:

Таблица кодов микросхемы КР1561ИД7 (таблица истинности):						
ВХОДЫ			ВЫХОДЫ			
E	B(2 ¹)	A(2 ⁰)	Q0	Q1	Q2	Q3
0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0
1	X	X	1	1	1	1

В случае необходимости, разрядность дешифратора можно увеличить, используя каскадирование нескольких ИС меньшей разрядности. На рисунке ниже приведена схема 32-разрядного дешифратора на базе 4 «неполных» (или как их называют «десятичных») дешифраторов типа 4-10.



Шифраторы

Шифратор преобразует номер входного сигнала в выходной двоичный код (шифрует номер входного сигнала). Количество входных сигналов шифратора равно количеству возможных состояний двоичного кода (входного кода у дешифратора и выходного кода у шифратора), то есть 2^n , где n — разрядность двоичного кода. На УГО шифратора на схемах присутствуют буквы CD (от английского Coder). В отечественных сериях микросхем шифраторы можно найти по буквам ИВ в обозначении. Выполняют они функцию, обратную функции дешифратора, но шифраторы встречаются реже (функция менее востребована в схемотехнике!). Например, примеров шифраторов в сериях КМОП (561, 564, 1561) автор просто не знает. А вот в ТТЛШ серии 555 такой пример есть.

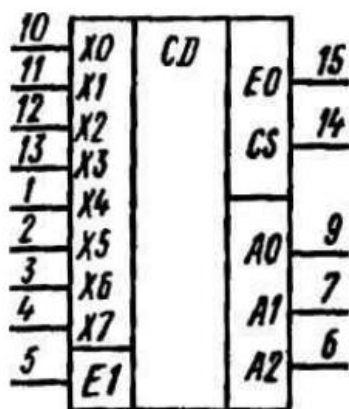


Таблица истинности

Входы										Выходы				
E1	0	1	2	3	4	5	6	7		A2	A1	A0	CS	E0
1	X	X	X	X	X	X	X	X		1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	0
0	X	X	X	X	X	X	X	0		0	0	0	0	1
0	X	X	X	X	X	X	0	1		0	0	1	0	1
0	X	X	X	X	X	0	1	1		0	1	0	0	1
0	X	X	X	X	0	1	1	1		0	1	1	0	1
0	X	X	X	0	1	1	1	1		1	0	0	0	1
0	X	X	0	1	1	1	1	1		1	0	1	0	1
0	X	0	1	1	1	1	1	1		1	1	0	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	0	1

Микросхема представляет собой приоритетный шифратор 8 каналов в 3. Содержит 237 интегральных элементов. Корпус типа 238.16-1, масса не более 1,2 г и 2103.16-9, масса не более 2,5 г. Более подробно описывать шифратор нет смысла, практически – это дешифратор «вывернутый наизнанку».

Мультиплексоры

Мультиплексором называется комбинационное цифровое устройство, предназначенное для управляемой передачи информации (цифровой, естественно, хотя есть и аналоговые мультиплексоры) с нескольких входов на один выход (в один канал передачи информации). Буквенные обозначения на УГО микросхемы мультиплексора – MUX (достаточно просто догадаться – почему). Впрочем, иногда встречается и обозначение MS. В отношении «цифровой информации» бывают и приятные исключения. Вот одно из таких исключений, как более интересное, и посмотрим.



Таблица истинности

Логические уровни входных сигналов				Открытые каналы
D	C	B	A	
0	0	0	0	YX0
0	0	0	1	YX1
0	0	1	0	YX2
0	0	1	1	YX3
0	1	0	0	YX4
0	1	0	1	YX5
0	1	1	0	YX6
0	1	1	1	YX7
1	X	X	X	Все закрыты

Микросхема 561 (564) КП 2. 8-канальный мультиплексор/демультиплексор, предназначенный для переключения цифровых и аналоговых сигналов. Состоит (функционально) из дешифратора и 8 ключей. Управление осуществляется 3-разрядным двоичным кодом. Причем микросхема – универсальна! Двоичный код просто определяет какой из выводов X подключен ключом к выводу Y. Направление информационного сигнала может быть любым! Разработчик аппаратуры получает широчайшие возможности, используя эту микросхему.

Ну, а в качестве «классического» мультиплексора, продемонстрируем микросхему К555КП15, мультиплексор цифровой, технология ТТЛШ.

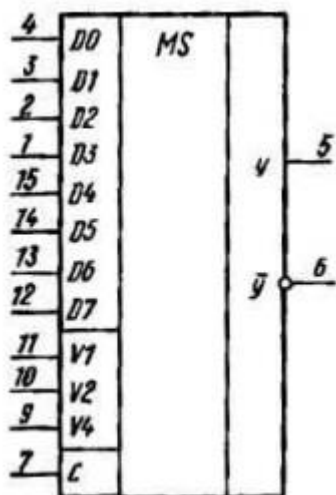


Таблица истинности

Входы				Выходы	
V4	V2	V1	C	V	\bar{Y}
X	X	X	1	Z	Z
0	0	0	0	D0	D0
0	0	1	0	D1	D1
0	1	0	0	D2	D2
0	1	1	0	D3	D3
1	0	0	0	D4	D4
1	0	1	0	D5	D5
1	1	0	0	D6	D6
1	1	1	0	D7	D7

Особенностью этого 8-канального мультиплексора является наличие прямого и инверсного выхода. Высокий уровень на входе разрешения C переводит оба выхода в третье состояние, отключая их от нагрузки.

Демультимплексоры

Мы уже видели микросхему, вполне справляющуюся с функцией демультимплексора, но, для «целостности видения мира», все-таки остановимся на этом виде комбинационных схем. Демультимплексор — это логическое устройство, предназначенное для переключения сигнала с одного информационного входа на один из информационных выходов. Таким образом, демультимплексор в функциональном отношении противоположен мультиплексору.. Обозначение функции на УГО – DMS (опять же, автору попадались обозначения DMX и даже DMUX). А вот микросхем ИМЕННО демультимплексоров, автору «не попадалось».

В принципе, понятно, что цифровой демультимплексор можно «на коленке» изготовить и из дешифратора, используя его вход разрешения в качестве информационного... Достаточно посмотреть на схему и диаграмму направленности рассмотренной выше микросхемы 1561ИД7. Именно так разработчики и поступают. Более того, весьма часто микросхемы типа ИД так и называются «дешифратор/демультимплексор».

Преобразователи кодов.

Еще один «частный случай», точнее даже «более общий случай». Рассматривая шифраторы, мы рассматривали именно «двоичные шифраторы», переводившие код «один из» в двоичный код. Та же ситуация рассматривалась и для дешифраторов. Но кто сказал, что это единственные виды кодов?!

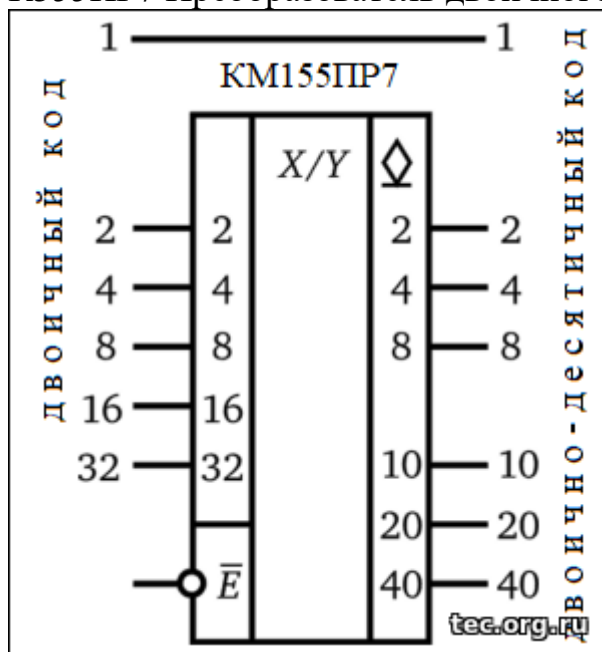
Достаточно очевидно, что комбинационная схема может задавать ЛЮБУЮ связь НАБОРА входных и выходных сигналов. Конечно же, промышленный выпуск преобразователей «какого угодно» кода в «какой угодно» экономически неэффективен, но для наиболее распространенных кодов микросхемы выпускаются. Такими распространенными кодами

являются двоичный, двоично-десятичный и семисегментный. В состав серий интегральных микросхем входят преобразователи кодов:

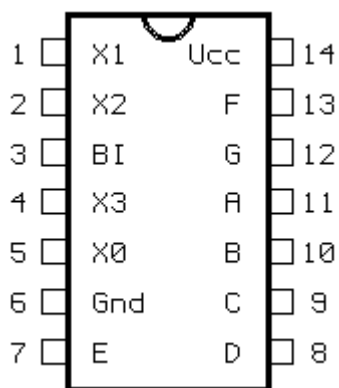
К155ПП5 Преобразователь логических сигналов из двоичного кода 8-4-2-1 в семисегментный

К555ПР6 Преобразователь двоично-десятичного кода в двоичный

К555ПР7 Преобразователь двоичного кода в двоично-десятичный

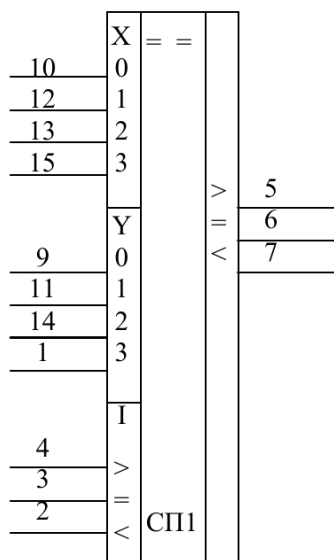


Преобразователи кодов на УГО микросхем обозначаются как X/Y, в отечественных сериях микросхем ПР (иногда ПП). Но здесь – все неоднозначно! Дело в том, что «по большому счету» шифраторы, дешифраторы и преобразователи кодов, по сути своей, – одно и то же. Более того, в качестве преобразователей кодов частенько используются постоянные запоминающие устройства (ПЗУ, мы до них еще доберемся!) и программируемые логические матрицы (ПЛМ, аналогично!). Но и те и другие также являются комбинационными схемами. Именно по этой причине в «сообществе» преобразователей кода (в англоязычной литературе – converter) можно встретить и микросхемы 514ИД1, 514ИД2 и 155РЕ4. Первые два, согласно техническому описанию, «дешифратор для семисегментного полупроводникового индикатора», практически – преобразователь двоично-десятичного кода в семисегментный код управления этими самыми индикаторами. Третья микросхема – ПЗУ, «генератор алфавитно-цифровых символов по коду КОИ 8. Так что: «есть многое на свете, друг Горацио»...



Компараторы кодов

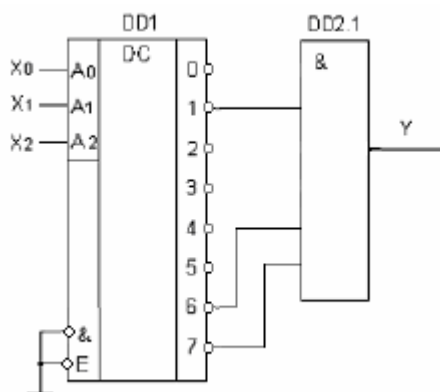
Компараторы кодов (цифровые компараторы) производят сравнение двух двоичных кодов, подаваемых на вход микросхемы. Результатом сравнения становится появление уровня логической единицы на одном из трех выходов (больше, равно, меньше).



Типичный пример – К555СП1. Конечно, при современном уровне развития микропроцессорной техники – весьма экзотичная схема... Равно как и другие примеры комбинационных микросхем типа сумматоров или схем формирования и контроля паритета, на которых мы останавливаться не будем.

Применение сложных комбинационных схем

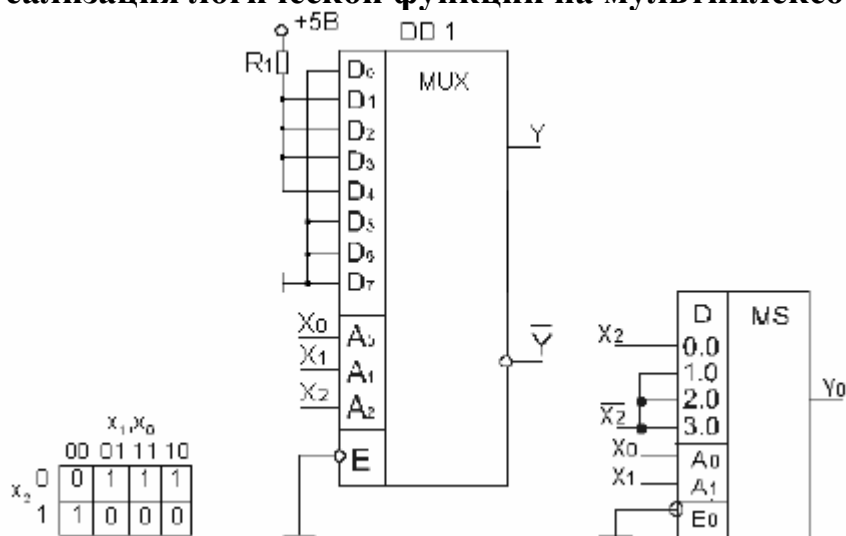
Реализация логической функции на дешифраторе



Все достаточно очевидно, входные величины подаются на адресные входы дешифратора. Выходы дешифратора, соответствующие единице на выходе заданной логической функции (согласно ее таблице истинности) объединяются элементом И. Возможны самые разные варианты схемотехники – для прямых и инверсных выходов дешифратора, для объединения «нулей» или «единиц» функции, с элементами И или ИЛИ на выходе...

Указанный пример реализует функцию $X_0 \# X_1 \# X_2 + \# X_0 X_1 X_2 + X_0 X_1 X_2$ (значок # означает инверсию соответствующей переменной).

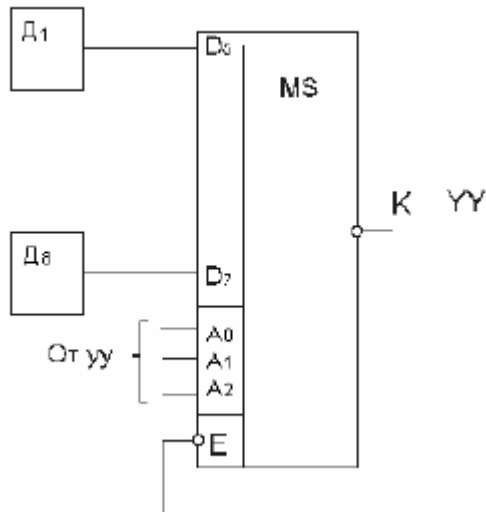
Реализация логической функции на мультиплексоре



Та же задача, что и выше, но на «противоположной» технической базе.

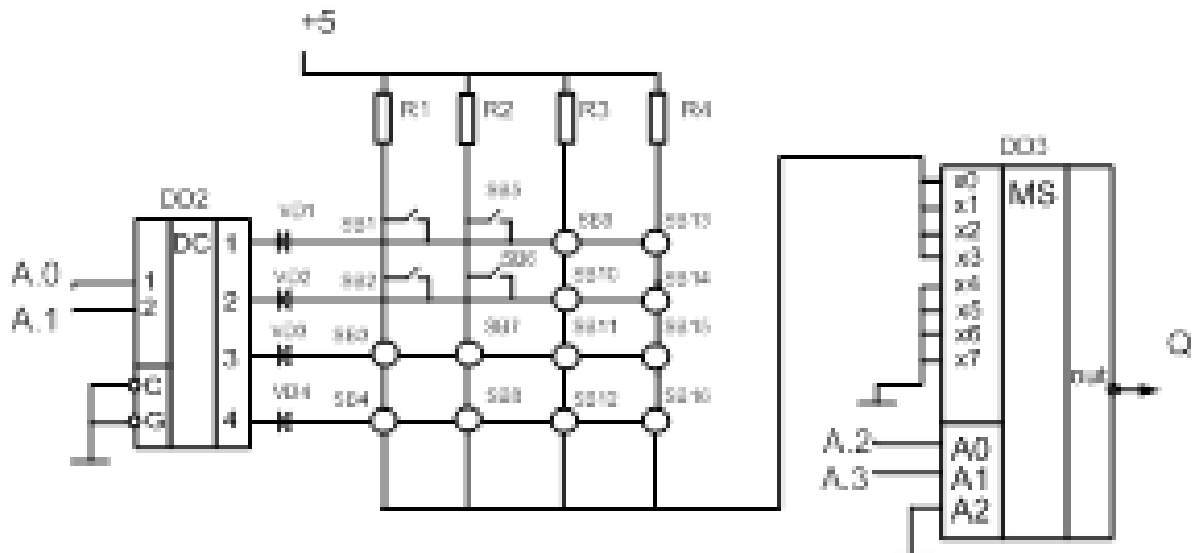
В данном случае не объединяются выходы дешифратора, а нужная комбинация связей входных функций, соответствующих логической функции, набирается на входе мультиплексора. В соответствии с этим, на выходе мультиплексора образуются нули или единицы, соответствующие таблице истинности.

Схема выбора датчиков



Практически, основное назначение аналоговых и универсальных мультиплексоров. В соответствии с адресным кодом нужный датчик (информационный канал, и т.д.) подключается к общему каналу передачи информации. Можно опрашивать последовательно, можно вручную остановиться на нужном канале...

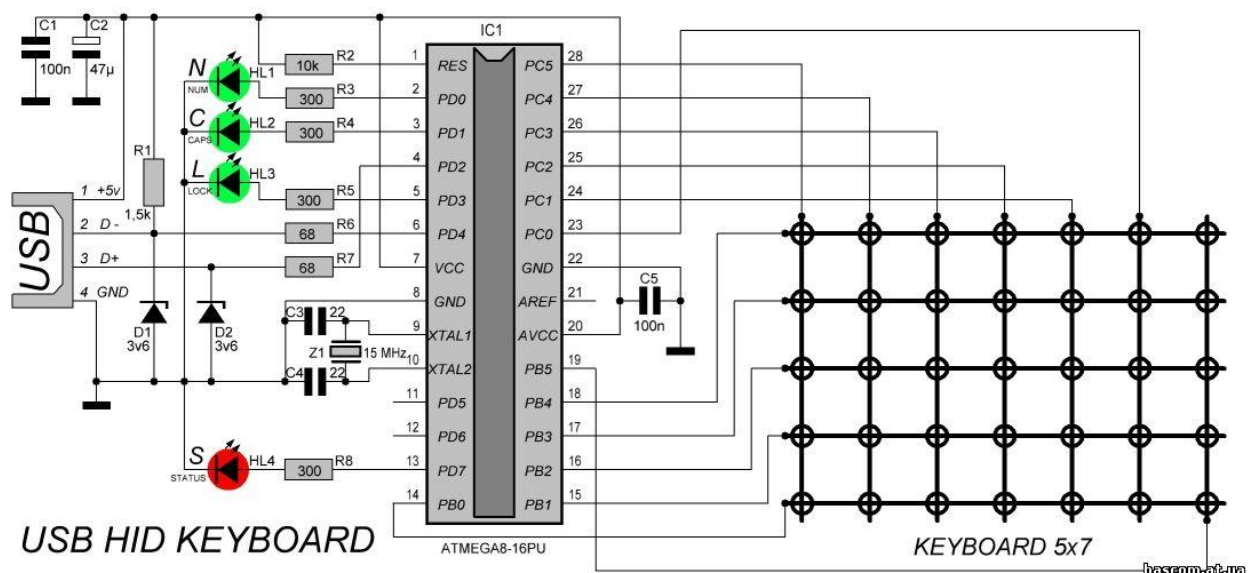
Миниклавиатура



Показана часть миниклавиатуры на 16 клавиш, которая состоит из дешифратора и мультиплексора. Нужен генератор импульсов и счетчик, перебирающий 16 комбинаций. Младшие разряды счетчика, с помощью дешифратора, организуют перебор 4 строу в матрице клавиатуры. Старшие разряды, с помощью мультиплексора, опрашивают состояние столбцов матрицы. При отсутствии нажатой клавиши состояние всех столбцов, а, следовательно, и мультиплексора – логическая единица. Перебор происходит

непрерывно. При нажатии любой клавиши, логический ноль с выхода дешифратора, соответствующего строке, в которой эта клавиша находится, попадает на соответствующий вход мультиплексора. И, при опросе соответствующего столбца, этот ноль появляется на выходе компаратора. Схема управления клавиатурой должна обеспечить остановку счетчика с фиксацией его текущего выходного кода. Этот код и будет так называемым «скан-кодом» нажатой клавиши.

Конечно, в настоящее время наивно строить клавиатуру компьютера с использованием показанной схемотехники. Но! Во-первых, принцип работы современных клавиатур тот же, только для решения этой специализированной задачи давно выпускаются специализированные микросхемы (см. рисунок ниже)



Хотя, можно использовать и универсальные микроконтроллеры и микропроцессоры. Сейчас уже мало кто «помнит», что первые ПК и микроЭВМ (так назывались ПК в СССР) НЕПРЕРЫВНО опрашивали (или использовали систему прерывания с использованием специальных контроллеров или просто детекторов нажатия любой клавиши) клавиатуры, тратя на это изрядную часть своих ресурсов!

Но и в настоящее время столь примитивная схемотехника может с успехом применяться. Например, для систем кнопочного управления технологическим оборудованием (там сотни клавиш не нужно!). Можно даже «врукопашную» создать систему «предэкранного ввода». Для этого лишь нужно несколько усложнить схему, обеспечив И перебор И опрос как по горизонтали, так и по вертикали. Затем, на выход ы элементов перебора поставить светодиоды, а на входы опроса – фотодиоды. Можно и лампочки с

фотоэлементами, при желании. И теперь, можно выделять зоны на экране монитора, просто «тыкая в него пальцем»! Даже в рабочей перчатке или варежке! Разрешающая способность, конечно, далека от современных «пиксельных стандартов»... Но и 16 вариантов выбора, при известной доле фантазии программиста, может хватить на очень и очень многое!