

Цифровые вычислительные устройства и микропроцессоры приборных комплексов

Практические вопросы построения микропроцессорных систем

Соловьёв Сергей Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры 303
Некрасов Александр Витальевич, канд. техн. наук, доцент кафедры С-16
Ушаков Андрей Николаевич, ассистент кафедры 303

Практические вопросы построения микропроцессорных систем

- Особенности питания микропроцессорной системы.
Супервизоры питания
- Методы реализации функций клавиатуры и индикации
 - Контроллер клавиатуры и дисплея

Особенности питания микропроцессорной системы (1)

- Системам питания микропроцессорных узлов в преобразовательной технике предъявляются особые требования, связанные с тем, что микропроцессорам приходится работать в условиях повышенных электромагнитных помех, создаваемых силовыми преобразователями. **Особенностью микропроцессорной техники является ее склонность к невозстановливаемым сбоям.** Даже единичная помеха на шинах адреса или данных или изменение напряжения питания вне допустимых пределов могут привести к полной потере работоспособности устройства.

Особенности питания микропроцессорной системы (2)

- Поэтому необходимо применять дополнительные меры для исключения подобных ситуаций. К этим мерам относятся:
 - **экранирование микропроцессорной части системы** во избежание электромагнитных помех;
 - **гальваническая развязка и стабилизация цепей питания на плате контроллера** во избежание наводок и падения напряжения на длинных линиях кабелей питания;
 - **резервное питание от аккумуляторов** во избежание пропадания питания системы при авариях блока питания;
 - **контроль напряжений питания во время работы системы** и возможность аварийного сброса системы при пропадании питания;
 - **контроль выполнения программного алгоритма функционирования системы** и возможность аварийного сброса системы при нарушении алгоритма функционирования.

Особенности питания микропроцессорной системы (3)

- Описанные меры реализуются специальными конструкционными и схемотехническими средствами. Для реализации комплексных схемотехнических и программных мер предотвращения сбоев работы микропроцессорных систем были разработаны специальные микросхемы, называемые микропроцессорными супервизорами. Примером такого устройства может служить микросхема MAX691 фирмы Maxim или ее аналог ADM691 фирмы Analog Devices.

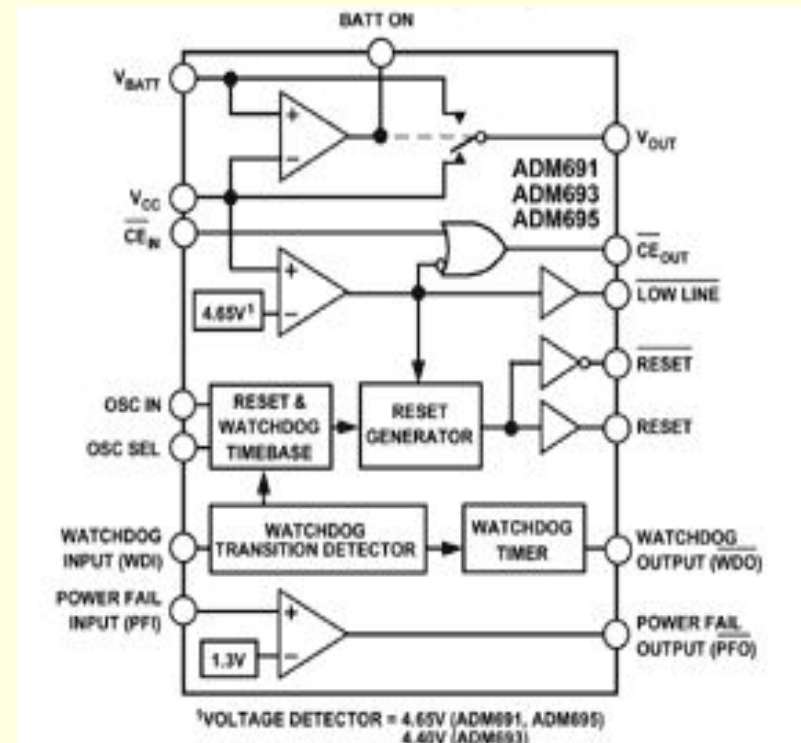


Особенности питания микропроцессорной системы (4)

- Микросхема выполняет следующие функции:
 - вырабатывает сигнал системного сброса при включении и выключении питания, а также при понижении напряжения питания ниже порогового уровня;
 - переключает питание системы на аварийное питание от аккумулятора при понижении уровня основного напряжения питания ниже порогового уровня;
 - вырабатывает сигнал системного сброса если внутренний сторожевой таймер микросхемы не был сброшен в течение определенного времени;
 - осуществляет блокировку сигнала записи в ОЗУ при понижении напряжения питания ниже порогового уровня;
 - вырабатывает сигнал запроса прерывания при понижении напряжения питания ниже номинального уровня.

Особенности питания микропроцессорной системы (5)

- Основной источник питания подключается к входу V_{CC} микросхемы. К выводу V_{BATT} подключается резервный аккумуляторный источник питания. Микросхема постоянно сравнивает уровни сигналов, подаваемых на эти входы и подключает к выводу V_{OUT} тот, напряжение на котором в данный момент выше. Переключение происходит когда напряжение на выводе V_{CC} снижается до уровня $V_{BATT} + 50$ мВ, или когда оно повышается до уровня $V_{BATT} + 70$ мВ. Гистерезис шириной в 20 мВ предусмотрен для предотвращения колебаний коммутатора в окрестностях точки переключения.

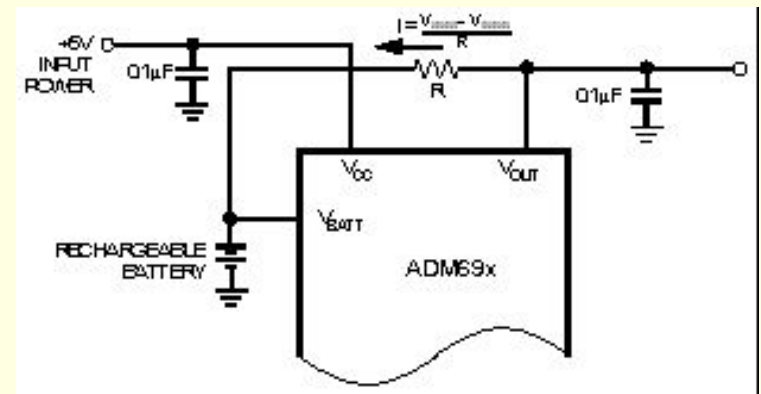
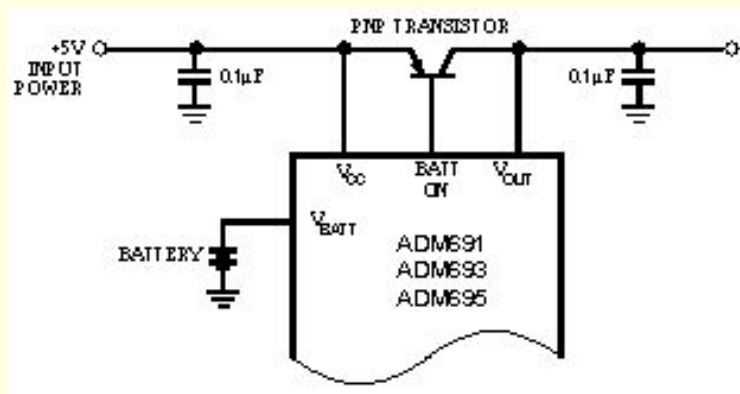


Особенности питания микропроцессорной системы (6)

- Выводы питания части системы, критичной к уровню напряжения питания должны быть подключены к выводу V_{OUT} , что обеспечит их переключение на резервный источник питания при пропадании основного напряжения питания. В нормальном состоянии микросхема способна пропустить через себя ток цепи питания системы (вывод V_{OUT}) величиной не более 100 мА. В случаях, когда питающаяся от вывода V_{OUT} система требует большего тока, необходимо подключить внешний PNP транзистор, который может управляться непосредственно от вывода BATT ON.

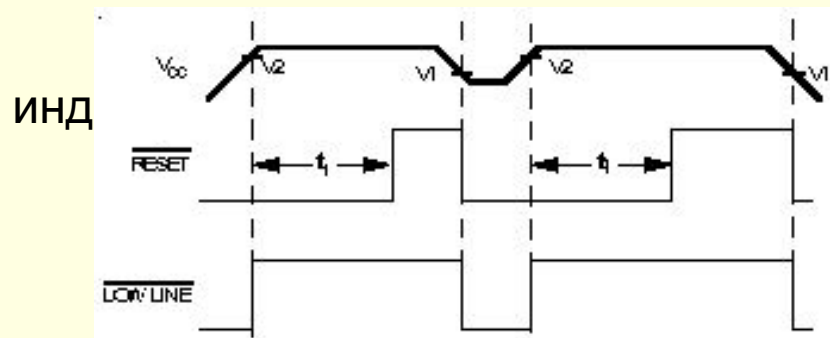
Особенности питания микропроцессорной системы (7)

- Если в качестве резервного источника питания используется конденсатор большой емкости или перезаряжаемые аккумуляторы, то необходимо обеспечить путь подзаряда накопителя энергии. Это реализуется путем подключения резистора между выводами V_{OUT} и V_{BATT} .
- Допустимое напряжение аккумулятора резервного питания может изменяться в пределах от 2 В до 4.25 В.



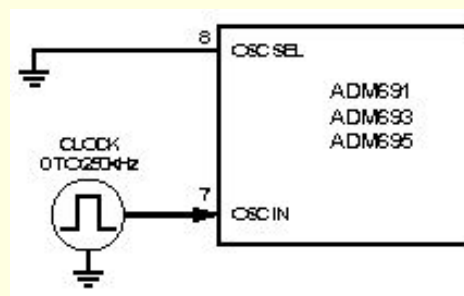
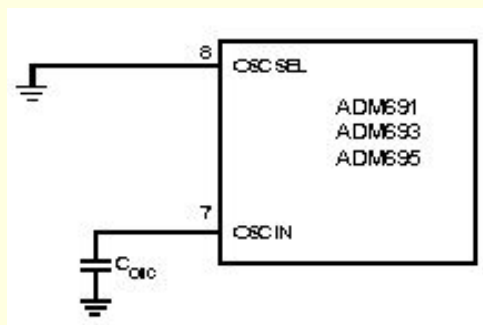
Особенности питания микропроцессорной системы (8)

- Вывод RESET микросхемы должен быть подключен ко входу системного сброса микропроцессора. На этом выходе формируется сигнал системного сброса с активным низким уровнем при понижении напряжения питания ниже порогового уровня сброса (4.65 В). После превышения напряжением питания порогового уровня сигнал на выводе RESET остается в активном состоянии еще в течение 50 мсек., что обеспечивает удержание системы в состоянии сброса до стабилизации напряжения питания. Уровень сигнала на выходе LOWLINE индицирует текущее состояние основного источника питания. Если основное напряжение питания ниже порогового уровня, то выход LOWLINE находится в нулевом состоянии.
- Этот выход может быть визуальной питанием.



Особенности питания микропроцессорной системы (9)

- Вывод WDI является входом сторожевого таймера (Watchdog Timer) микросхемы. Сторожевой таймер используется для контроля функционирования программы. Для использования сторожевого таймера в рабочей программе процессора должно быть предусмотрено периодическое инвертирование уровня сигнала, подаваемого на вход WDI. Если в течение определенного периода времени сигнал на входе WDI не будет инвертирован, будет выработан сигнал системного сброса на выводе RESET. Интервал времени, допустимый для инвертирования сигнала на входе WDI, а также длительность импульса системного сброса могут быть заданы путем комбинации сигналов на входах OSC IN и OSC SEL. На эти входы могут быть поданы сигналы единичного или нулевого уровня, внешний синхросигнал (частотой от 0 до 250 КГц), а также подключен внешний конденсатор.



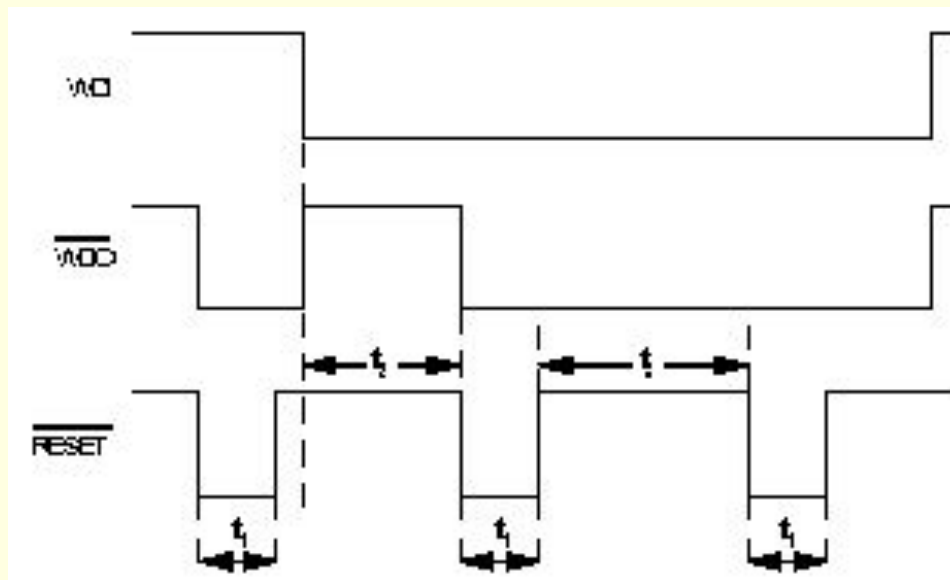
Особенности питания микропроцессорной системы (10)

- При этом длительность периода срабатывания сторожевого таймера и длительность импульса системного сброса определяются следующим образом (см. таблицу).
- Сразу после импульса системного сброса период сторожевого таймера увеличен для того, чтобы система могла нормально инициализироваться.

OSC SEL	OSC IN	Период сторожевого таймера		Длительность импульса сброса
		Обычно	После сброса	
0	Внешний синхросигнал	$1024 \cdot T_{clk}$	$4096 \cdot T_{clk}$	$512 \cdot T_{clk}$
0	Внешний конденсатор	$260 \text{ мс} \cdot C / 47 \text{ пФ}$	$1,04 \text{ с} \cdot C / 47 \text{ пФ}$	$130 \text{ мс} \cdot C / 47 \text{ пФ}$
1 или не подключен	0	100 мс	1,06 с	50 мс
1 или не подключен	1 или не подключен	1,06 с	1,06 с	50 мс

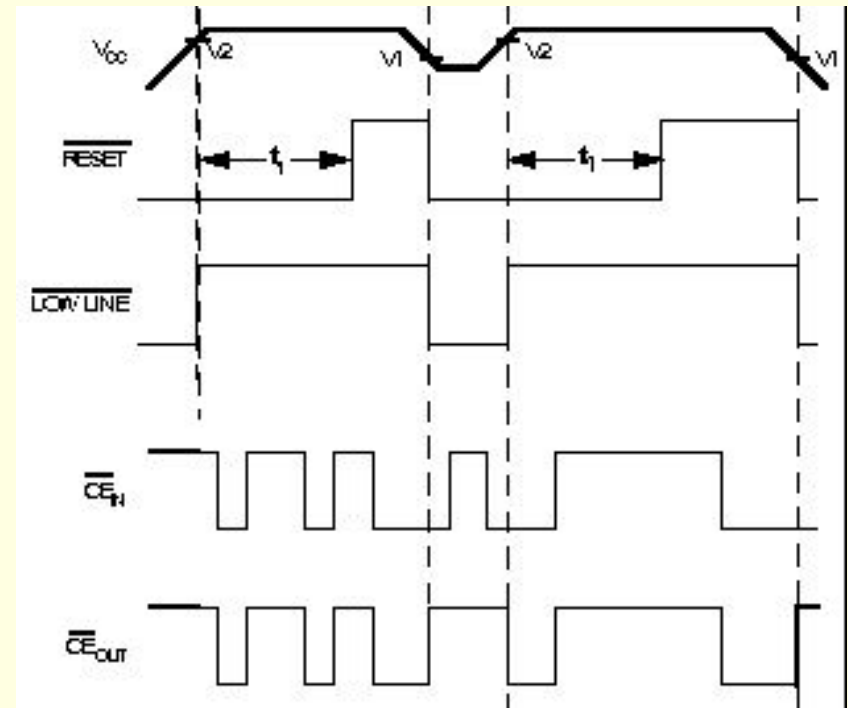
Особенности питания микропроцессорной системы (11)

- Вывод WDO может быть использован для визуальной индикации состояния сторожевого таймера. При срабатывании сторожевого таймера и вызванном этим импульсом системного сброса на выводе RESET вывод WDO переходит в нулевое состояние и удерживается в нем до инвертирования сигнала на входе WDI.



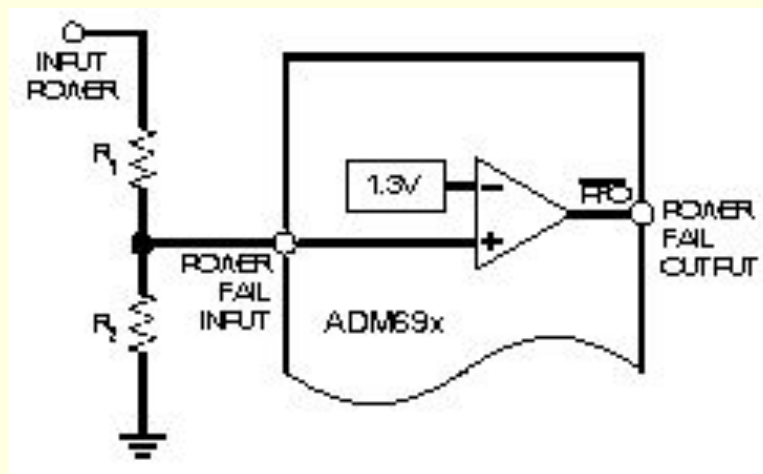
Особенности питания микропроцессорной системы (12)

- Выводы CEIN и CEOUT используются для блокировки циклов записи при ненормальном уровне напряжения питания. К выводу CEIN подключается сигнал выбора кристалла памяти или строб записи, формируемые микропроцессорной системой при осуществлении циклов записи. При нормальном уровне напряжения питания этот сигнал передается без изменения на вывод CEOUT, к которому подключается соответствующий вывод микросхем памяти. При снижении уровня напряжения на выводе Vcc ниже порогового уровня (4.65 В) или уровня на выводе VBATT, вывод CEOUT переводится в единичное состояние независимо от уровня сигнала на выводе CEIN. Тем самым предотвращается повреждение данных, записанных в памяти при снижении напряжения питания.



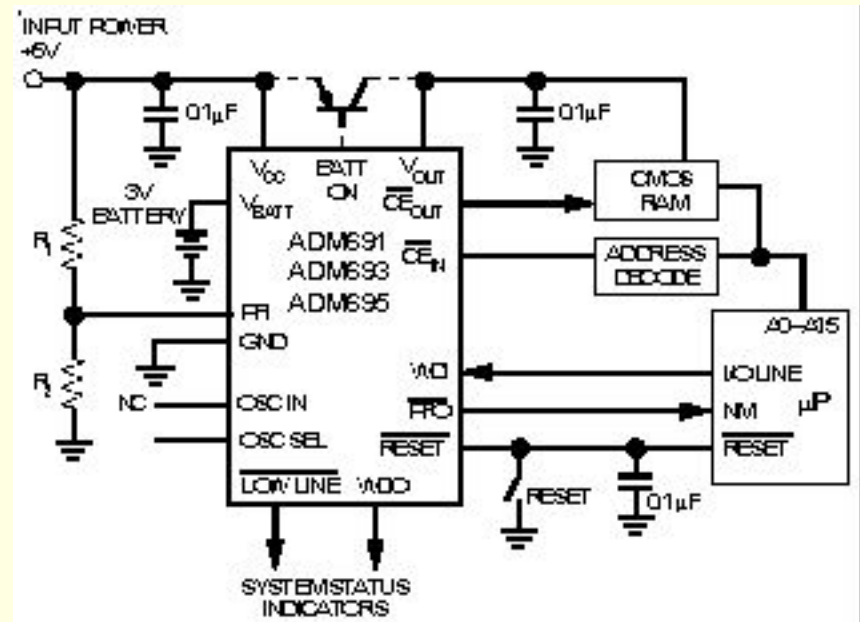
Особенности питания микропроцессорной системы (13)

- Выводы PFI и используются для предварительного предупреждения микропроцессора о понижении напряжения питания. Напряжения на входе PFI постоянно сравнивается с внутренним источником напряжения 1.3 В. При снижении напряжения на входе PFI ниже уровня 1.3 В вывод переводится в нулевое состояние. Вывод подсоединяется к входу запроса прерывания микропроцессора. По этому прерыванию микропроцессор должен сохранить все оперативные данные и перейти в режим ожидания восстановления напряжения питания. Вход PFI, как правило подключается к делителю напряжения, рассчитанному таким образом, чтобы при снижении напряжения питания до определенного уровня, выше 4.65 В, напряжения на входе PFI достигало уровня 1.3 В.



Особенности питания микропроцессорной системы (14)

- Т.о., микросхема супервизора питания ADM691 способна реализовать полный спектр схемотехнических мер контроля и резервирования напряжения питания микропроцессорной системы, а также контролировать ситуации сбоев программы функционирования.
- Типичная конфигурация системы с использованием супервизора питания ADM691 выглядит следующим образом.



- Вывод RESET имеет внутренний токоограничительный резистор. Поэтому он может быть объединен с другими цепями сброса, имеющими выходные цепи с открытым коллектором (в данном случае - кнопка сброса) и подключен непосредственно на вход сброса микропроцессора. Вывод RESET выполняет те же функции, что и RESET, однако имеет активный единичный уровень. Он предназначен для использования микросхемы с микропроцессорами, имеющими вход системного сброса с активным единичным уровнем.

Методы реализации функций клавиатуры и индикации (1)

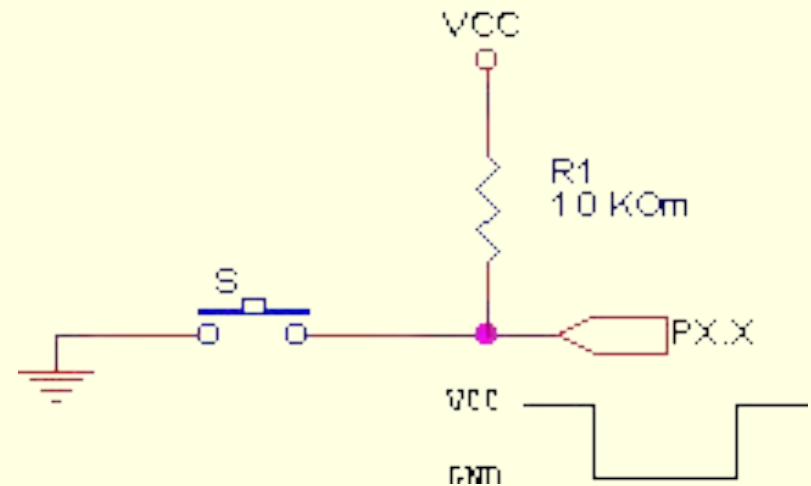
- Во многих современных цифровых системах управления необходим интерфейс с оператором для задания необходимых режимов работы и визуального оперативного контроля текущего состояния системы. Эти функции реализуются с помощью систем клавиатуры и индикации соответственно.
- В различных по сложности и назначению системах для ввода информации используются разнообразные клавиатуры:
 - простейшие, состоящие из нескольких клавиш управления типа ПУСК, СТОП и т.д.;
 - матричные, состоящие из большего числа клавиш (как правило больше чем 8-10), предназначенные для ввода цифровой информации о требуемых параметрах и режимах работы системы;
 - интеллектуальные, представляющие сами по себе микропроцессорное устройство, связанное с системой индикации, предназначенные для ввода, предварительной обработки и передачи в систему управления различной информации, связанной с работой системы.

Методы реализации функций клавиатуры и индикации (2)

- Для реализации простейших функций могут быть использованы механические кнопки или тумблеры различных конструкций (герконовые, магнитные, пружинные и т.д.), подключенные к портам ввода микроконтроллера или входам запроса на прерывание.
- Функция кнопки, независимо от ее конструкции, заключается в замыкании и размыкании электрического контакта при ее нажатии и отпускании соответственно (или наоборот). Т.о., кнопка способна осуществлять коммутацию электрического сигнала, подаваемого на порт ввода микроконтроллера.

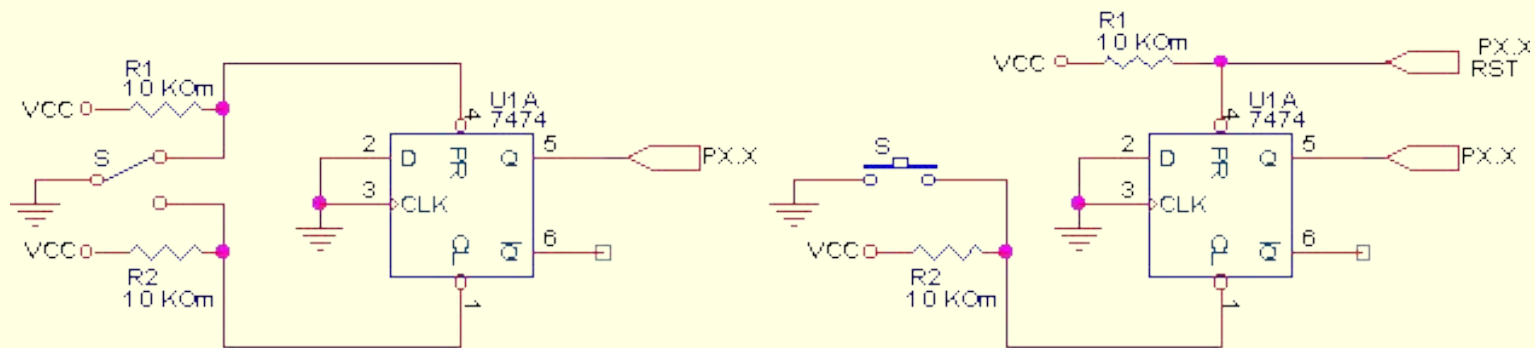
Методы реализации функций клавиатуры и индикации (3)

- Вывод данного порта может быть опрошен программно либо по прерыванию (если это вход запроса прерывания) для обнаружения нажатия кнопки и выполнения требуемых операций.



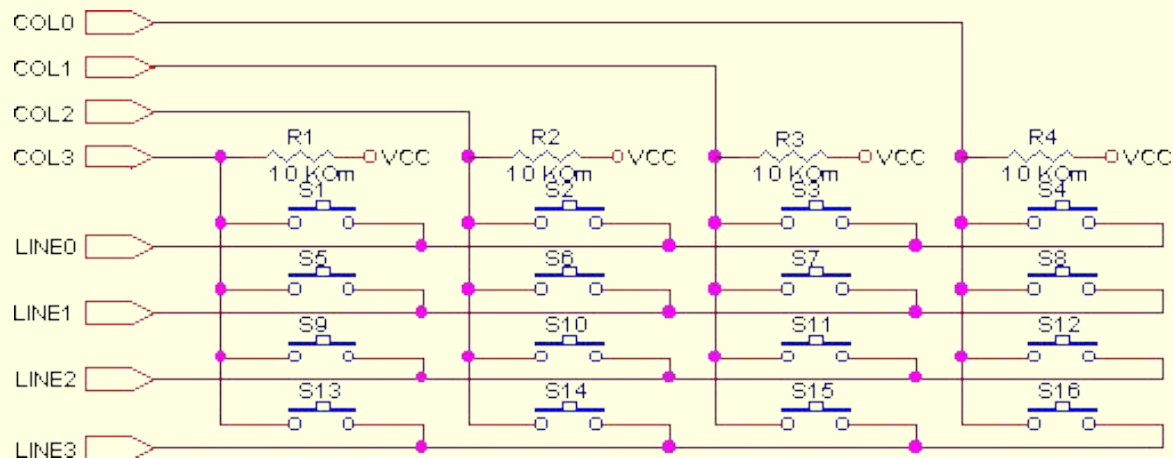
Методы реализации функций клавиатуры и индикации (4)

- **Кнопки и тумблеры из-за своей механической природы имеют недостаток, называемый "дребезгом контактов"**. Это выражается в наличии помех на фронтах импульсов, формируемых ими. Эти помехи могут быть восприняты системой как ложные нажатия. Для устранения этого недостатка необходимо применять специальные схемотехнические меры. В частности, для этих целей широко используются схемы на триггерах, фиксирующие состояние переключателя по первому спаду формируемого им импульса. В случае двухпозиционного переключателя триггер таким образом фиксирует оба стабильных положения. В случае кнопки триггер фиксирует первый спад импульса, формируемого при ее нажатии. Для возврата триггера в исходное состояние необходим специальный вывод сброса.



Методы реализации функций клавиатуры и индикации (5)

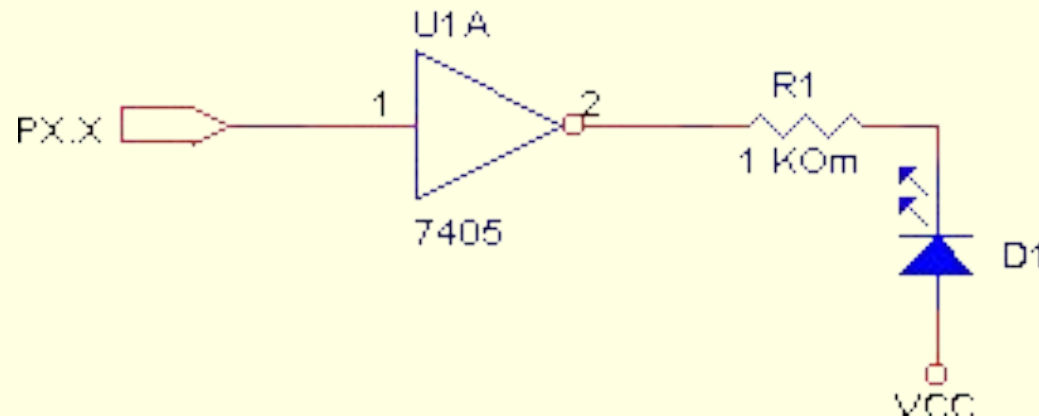
- При увеличении количества кнопок (как правило больше 8) появляется дефицит портов ввода для их обслуживания. Для уменьшения количества портов, обслуживающих кнопки ввода данных используют матричную клавиатуру.
- Она представляет собой набор кнопок, объединенных в прямоугольную матрицу. Линии, соответствующие строкам и столбцам матрицы подключаются к портам ввода-вывода.



Методы реализации функций клавиатуры и индикации (6)

- Для обслуживания матричной клавиатуры используется динамический метод опроса кнопок. Поочередно на линии, соответствующие строкам матрицы (LINE0-LINE3 на рисунке) подается уровень логического нуля (в каждый момент времени только на одну строку). Если в этот момент какая либо кнопка, находящаяся в данной строке была нажата, то в соответствующем столбце установится уровень логического нуля. Читая линии, соответствующие столбцам матрицы каждый раз после активизации новой строки, можно определить номер нажатой кнопки. Т.о., на представленной схеме с помощью 8 портов ввода-вывода могут быть обслужены 16 кнопок. Однако, обслуживание такой клавиатуры требует достаточно большой загрузки процессора, который должен периодически активизировать очередную строку и опрашивать столбцы матрицы. Поэтому в ряде случаев такую клавиатуру реализуют на отдельном микроконтроллере.

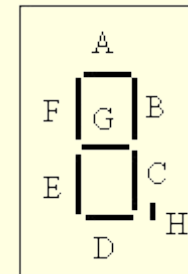
- Реализация системы индикации также зависит от сложности задач, стоящих перед ней. **Простейший индикатор может быть реализован с помощью светодиода, подключенного к порту вывода.**



- Светодиод светится при протекании через него тока. Средняя яркость свечения светодиода определяется средним током, протекающим через него.
- В ряде случаев светодиод может быть непосредственно подключен к порту микроконтроллера. Однако, в случаях, когда требуется повышенная яркость свечения и, вследствие этого повышенный ток светодиода, необходимо использовать промежуточный буфер с повышенной нагрузочной способностью.

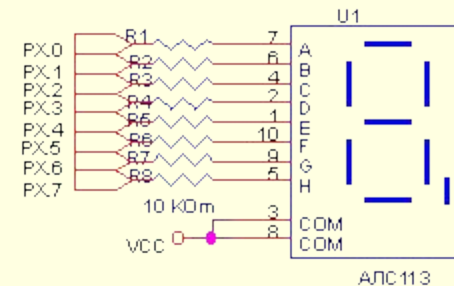
Методы реализации функций клавиатуры и индикации (9)

- Описанный индикатор может отображать лишь простейшую информацию типа "включено-выключено" или "1-0". Для отображения более сложной цифровой или буквенной информации необходимо применять более сложные индикаторы. Примером таких устройств могут служить семисегментные индикаторы.
- Такой индикатор представляет собой сборку из семи (или восьми в случае наличия точки) светодиодов, каждый из которых является одним из сегментов знакоместа. Подавая отпирающую комбинацию сигналов на определенные сегменты, можно обеспечить высвечивание различных цифр или букв.



Методы реализации функций клавиатуры и индикации (10)

- Чтобы высветить, например цифру 3 необходимо зажечь сегменты А, В, С, D и G. На входах этих сегментов необходимо установить уровень 0, а на входах остальных сегментов - уровень 1. Это означает, что для высвечивания цифры 3 необходимо записать в порт РХ число 0B0H.

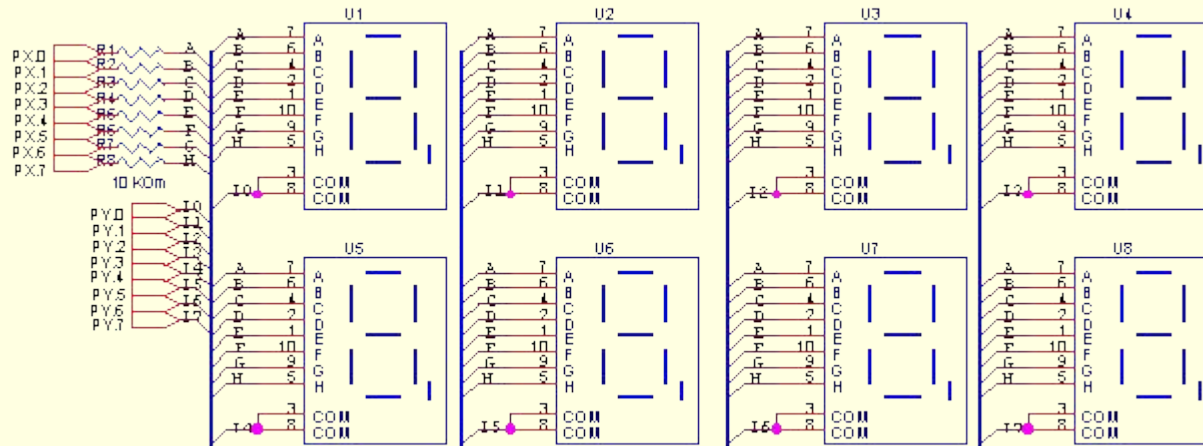


Методы реализации функций клавиатуры и индикации (11)

- Такой способ управления называется статическим. Он предписывает наличие отдельного 8-разрядного порта вывода или регистра для каждого индикатора. При большом количестве индикаторов это приводит к значительному увеличению микросхем в системе.
- Поэтому при большом количестве индикаторов используется динамическое управление ими. При динамическом управлении выводы соответствующих сегментов всех индикаторов объединены. В каждый момент времени подается отпирающее напряжение на общий вывод лишь одного индикатора. В этот момент времени на выводы сегментов подается комбинация, соответствующая данному индикатору. Через определенное время включается следующий индикатор и на выводы сегментов подается его текущая комбинация сигналов.
- Таким образом включение каждого индикатора чередуется в порядке их расположения. **Каждый индикатор на самом деле горит лишь в период его включения.**

- Однако при достаточно большой частоте сканирования индикаторов (25 Гц и выше) из-за инерции зрения создается впечатление непрерывного горения всех индикаторов.
- При наличии N индикаторов, каждый индикатор горит лишь часть периода сканирования. Средний ток, протекающий через его сегменты в N раз меньше чем при статическом способе управления. Поэтому яркость свечения индикаторов тоже в N раз меньше при той же нагрузке на сегмент.

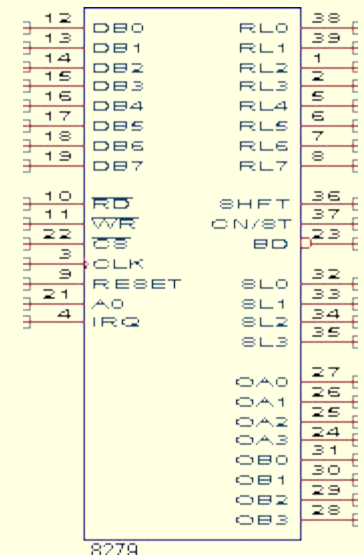
Методы реализации функций клавиатуры и индикации (13)



- На представленной схеме с помощью двух 8-разрядных портов управляются 8 семисегментных индикаторов. Если ток свечения индикатора превышает нагрузочную способность порта, то между портом и индикатором необходимо поставить повторитель с повышенной нагрузочной способностью.

Контроллер клавиатуры и дисплея (1)

- Как видно из вышеизложенного, для обслуживания клавиатуры и индикаторов с достаточно сложной конфигурацией требуется довольно большая загрузка процессора. В случаях, когда такая загрузка недопустима, необходимо использовать специальные микросхемы для обслуживания клавиатуры и дисплея. Примером такой микросхемы может служить контроллер клавиатуры и дисплея КР580ВВ79 (или его аналог 82С79 фирмы Intel).
- Эта микросхема представляет собой универсальное программируемое устройство сопряжения с клавиатурой и дисплеем на основе семисегментных светодиодных индикаторов.



Контроллер клавиатуры и дисплея (2)

- Клавиатурная часть обеспечивает работу с клавиатурой размером $8 \times 8 + 2$ клавиши или с матрицей 8×8 датчиков. Обеспечиваются различные дисциплины распознавания нажатых клавиш, антидребезговый контроль. Имеется память нажатых клавиш на 8 байт, организованная в виде очереди FIFO. При занесении в эту память более 8 кодов устанавливается признак переполнения. Нажатие клавиши вызывает сигнал на линии запроса прерывания IRQ.
- Дисплейная часть обеспечивает работу с дисплеем на семисегментных индикаторах размером до 32 символов. Имеется память дисплея на 16 байт, организованная в виде двух массивов 16×4 бита. Память дисплея может быть загружена из процессора и прочитана им. И в том, и в другом случае возможно автоинкрементирование адреса в памяти дисплея.
- Таким образом, эта микросхема освобождает процессор от задач постоянного сканирования клавиатуры и поддержания изображения на дисплее.

Контроллер клавиатуры и дисплея (3)

- Микросхема производит обмен данными с процессором через двунаправленную шину данных DB0-DB7 под управлением сигналов \overline{CS} , \overline{RD} , \overline{WR} и A0. Тип цикла обмена определяется следующим образом.

\overline{CS}	A0	\overline{RD}	\overline{WR}	Операция
1	X	X	X	Нет операции
0	0	0	1	Чтение данных из памяти клавиатуры или дисплея
0	0	1	0	Запись данных в память дисплея
0	1	0	1	Чтение байта состояния
0	1	1	0	Запись управляющего слова

Контроллер клавиатуры и дисплея (4)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	DD		KK		S

- Сканирование дисплея и клавиатуры осуществляется совместно с помощью выводов SL0-SL3 (см. рисунок ИМС). Режим сканирования определяется при записи управляющего слова инициализации клавиатуры и дисплея, которое имеет следующий формат (см. выше).
- Если поле S равно 0, то осуществляется сканирование в режиме 4-битного двоичного счетчика. При этом на выходы SL0-SL3 выдаются по очереди двоичные коды от 0 до 15 (0000, 0001, 0010, 0011, и т.д. до 1111, затем снова 0000).
- Если поле S равно 1, то осуществляется сканирование в режиме инверсного дешифратора на 4 выхода. При этом каждый из выводов SL0-SL3 по очереди устанавливается в 0 при единичных уровнях на остальных выводах (0111, 1011, 1101, 1110, 0111 и т.д.).

Контроллер клавиатуры и дисплея (5)

- В этом режиме дисплей не может быть больше, чем на 4 символа, а матрица клавиатуры может иметь не больше, чем 4 столбца. Зато, при таком методе сканирования выходы SL0-SL3 можно непосредственно подключать к общим выводам индикаторов дисплея и к столбцам клавиатуры, тогда как, при сканировании в режиме счетчика необходим промежуточный дешифратор, преобразующий номер индикатора или столбца клавиатуры в соответствующий позиционный код.
- Поля DD и KK определяют режим работы дисплея и клавиатуры соответственно.
- После сброса регистр устанавливается в состояние 00001000.

DD	Режим дисплея	KK	Режим клавиатуры
00	Дисплей на 8 выводов с вводом слева	00	Режим одиночного нажатия клавиш
01	Дисплей на 16 символов с вводом слева	01	Режим N-клавишного нажатия
10	Дисплей на 8 символов с вводом справа	10	Сканирование матрицы датчиков
11	Дисплей на 16 символов с вводом справа	11	Режим стробирующего ввода

Контроллер клавиатуры и дисплея (6)

- Частота сканирования определяется частотой внешнего синхросигнала, подаваемого на вход CLK и записью управляющего слова инициализации опорной частоты. Это управляющее слово определяет коэффициент деления частоты внешнего синхросигнала для получения внутреннего опорного сигнала с частотой на выше 100 КГц.
- После сброса устанавливается максимальный коэффициент деления 31. При частоте внутреннего опорного синхросигнала 100 КГц один полный цикл сканирования занимает около 10.2 мс. При сканировании в режиме счетчика цикл опроса клавиатуры укладывается в восемь состояний счетчика от 0000 до 0111 и от 1000 до 1111. Т.о., в этом режиме опрос клавиатуры происходит дважды в каждом цикле полного пересчета счетчика SL0-SL3. Поэтому для сканирования клавиатуры используются только три младшие линии SL0-SL2.
- Работа клавиатурной части микросхемы организована через выходы RL0-RL7. Они подключаются к строкам матрицы клавиатуры и принимают информацию о нажатых клавишах в текущем активном столбце.

Контроллер клавиатуры и дисплея (7)

- В режиме одиночного нажатия клавиши дисциплина опознавания нажатых клавиш такова: если обнаружено нажатие одной клавиши (т.е. при определенном активном столбце матрицы клавиатуры обнаружен нулевой уровень на одном из выводов RL0-RL7), то в течение следующих двух циклов сканирования клавиатуры будет производиться проверка нажатия других клавиш. Если таких клавиш не будет, то нажатая клавиша признается единственной и ее код записывается в память клавиатуры. Если в течение этих двух циклов будет обнаружено нажатие других клавиш, то в память клавиатуры не заносится код ни одной клавиши до тех пор, пока не будут освобождены все клавиши кроме одной. После того, как все кроме одной клавиши будут освобождены и не будут нажаты новые в течение двух циклов сканирования, код этой клавиши будет занесен в память клавиатуры. Код клавиши заносится в память клавиатуры только один раз на каждое нажатие.

Контроллер клавиатуры и дисплея (8)

- В режиме N-клавишного нажатия каждая клавиша фиксируется независимо от других. Когда клавиша нажата, пропускаются два цикла опроса клавиатуры, а затем проверяется, осталась ли данная клавиша нажата. Если да, то ее код заносится в память клавиатуры. При одновременном нажатии распознавание клавиш производится в порядке их опроса в цикле сканирования. Код клавиши вносится в память один раз на каждое нажатие.
- В режимах клавиатуры байт, записываемый в память клавиатуры отражает положение клавиши на клавиатуре, а также состояние входов SHIFT и CNTL (CN/ST). Формат данных имеет следующий вид.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CNTL	SHIFT	SL2	SL1	SL0	R2	R1	R0

- Здесь SL0-SL2 - двоичный код столбца, в котором находится клавиша, R0-R2 - двоичный код строки, в которой находится клавиша (номер линии RL, на которую поступил нулевой сигнал), CNTL и SHIFT- состояние соответственно входов CN/ST и SHIFT. При наличии информации в памяти клавиатуры устанавливается запрос на прерывание на выводе IRQ.

Контроллер клавиатуры и дисплея (9)

- Память клавиатуры может быть считана с помощью соответствующего цикла чтения. Ему должна предшествовать запись управляющего слова чтения памяти клавиатуры. Оно имеет следующий формат.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	1	0	1	X	AAA		

- Поле AAA устанавливает адрес байта памяти, который должен быть считан. Если установлен бит I, то каждый цикл чтения памяти клавиатуры будет вызывать автоматическое инкрементирование адреса. При этом последующие команды чтения будут читать следующие байты памяти без необходимости каждый раз записывать новое управляющее слово. В режимах клавиатуры поле адреса роли не играет и коды нажатых клавиш будут считываться в порядке из поступления.
- Запрос на прерывание IRQ снимается после того, как все имеющиеся данные в памяти клавиатуры будут прочитаны.

Контроллер клавиатуры и дисплея (10)

- В режиме матрицы датчиков информация с выводов RL0-RL7 непосредственно записывается в память клавиатуры в ячейку, адрес которой соответствует номеру сканируемого в данный момент столбца датчиков. Состояние входов SHIFT и CNTL игнорируются.
- Если в цикле сканирования было обнаружено изменение состояния хотя бы одного датчика, возникает запрос на прерывание IRQ. Он сбрасывается при первой же операции чтения, если не был установлен указатель автоинкрементирования.
- Если указатель автоинкрементирования был установлен, то запрос прерывания можно снять, записав управляющее слово сброса прерывания.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	1	E	X	X	X	X

Контроллер клавиатуры и дисплея (11)

- В режиме сканирования клавиатуры с N-клавишным нажатием установка бита E запускает специальный режим ошибки. Он заключается в том, что если в течение одного цикла сканирования будут нажаты две клавиши, это трактуется как ошибка и устанавливается бит ошибки в байте состояния. Этот флаг запрещает дальнейшую запись в память клавиатуры и устанавливает запрос прерывания.
- В режиме стробируемого ввода данные записываемые в память клавиатуры так же соответствуют состояниям входов RL0-RL7. Однако стробирование записи осуществляется не внутренним синхросигналом, а фронтом сигнала на выводе CN/ST.
- Цикл сканирования клавиатуры постоянен, не зависит от размера дисплея и соответствует максимальной конфигурации клавиатуры 8*8 при сканировании в режиме счетчика и 4*8 при сканировании в режиме дешифратора.

Контроллер клавиатуры и дисплея (12)

- Работа дисплейной части микросхемы обеспечивается выводами OA0-OA3, OB0-OB3. Они подключаются к выводам сегментов индикаторов либо непосредственно, либо через промежуточный дешифратор. Синхронно со сменой состояния на выводах сканирования SL0-SL3 на выводы OA0-OA3, OB0-OB3 выдается код, подлежащий выводу на соответствующий индикатор. Эти выводы могут интерпретироваться как два независимых 4-битных блока OA0-OA3 и OB0-OB3, либо как один 8-битный блок. В первом случае к микросхеме можно подключить в 2 раза больше индикаторов (до 32), но необходимы промежуточные дешифраторы 4×8 , преобразующие 4-разрядный код в 8-разрядный код для сегментов индикаторов. Сканирование обеих половин дисплея происходит одновременно. Во втором случае индикаторы могут быть подключены непосредственно к выводам микросхемы, однако их может быть не больше 16.

Контроллер клавиатуры и дисплея (13)

- Вывод информации на дисплей осуществляется путем её записи в память дисплея. Ей должна предшествовать запись управляющего слова записи в память дисплея. Оно имеет следующий формат.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	1	AAAA			

- Бит 1 в единичном состоянии включает автоматическое инкрементирование после очередного цикла записи в память дисплея. Поле AAAA определяет адрес ячейки памяти дисплея, в которую необходимо произвести запись. Память дисплея может быть прочитана аналогично памяти клавиатуры для контроля информации, выводимой на дисплей. Перед чтением необходимо записать управляющее слово чтения памяти дисплея. Оно имеет следующий формат.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	1	1	1	AAAA			

- Значения полей 1 и AAAA аналогичны предыдущему управляющему слову.

Контроллер клавиатуры и дисплея (14)

- В режиме ввода слева каждой позиции дисплея однозначно соответствует байт в памяти дисплея. Нулевой адрес памяти дисплея соответствует самому левому индикатору дисплея, адрес 15 (7 - для 8-позиционного дисплея) - самому правому. При переходе за 15 (8) позиций следующие символы будут опять выводиться слева с нулевой позиции. Включение автоинкрементирования означает, что каждый следующий записываемый символ будет выводиться в следующей позиции дисплея. При отсутствии автоинкрементирования вывод будет производиться в одну и ту же позицию.
- Режим ввода справа используется в калькуляторах. Первый вводимый символ заносится в крайнюю правую позицию. Следующие символы заносятся также в крайнюю правую позицию, но после того, как все символы на дисплее сдвинутся на одну позицию влево. Самый левый символ при этом теряется. Попытка записи данных с автоинкрементированием может привести к непредсказуемым результатам, т.к. в этом режиме нет постоянного соответствия позиции на дисплее и адреса ячейки памяти.

Контроллер клавиатуры и дисплея (15)

- С помощью управляющего слова запрета записи в память дисплея и бланкирования дисплея можно сконфигурировать отдельные части памяти дисплея. Это управляющее слово имеет формат.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	1	X	IWA	IWB	BLA	BLB

- Биты IWA и IWB - указатели запрета записи тетрады A и B соответственно. Если дисплей используется как двойной 4-битный, то удобно запретить запись в одну из тетрад, чтобы работа с одной тетрадой не отражалась на другой. Указатели BLA и BLB используются для бланкирования отдельных половин дисплея. Если он установлен, то на выводах OA и/или OB устанавливается специальный бланкирующий код. Содержимое памяти дисплея при этом не изменяется. Если дисплей используется как единый 8-битный, то для его бланкирования необходимо установить оба указателя.

Контроллер клавиатуры и дисплея (16)

- Инициализацию работы памяти дисплея можно осуществить записью управляющего слова сброса памяти дисплея. Оно имеет следующий формат.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	CD	BB		CF	CA

- Поле BB определяет код бланкирования следующим образом.

BB	Код бланкирования
0X	Все нули (00H)
10	20H (в ASCII – код пробела)
11	Все единицы (0FFH)

- При установке бита CD происходит сброс памяти дисплея. При этом она полностью заполняется кодами бланкирования. Продолжительность этой процедуры около 160 мкс. В это время память дисплея недоступна. После системного сброса бланкирующий код устанавливается равным 00H.

- Бит CF в установленном состоянии сбрасывает байт состояния, сигнал запроса прерывания и устанавливает указатель памяти клавиатуры на адрес 00H. Бит CA в установленном состоянии работает как биты CD и CF в совокупности, а также сбрасывает схему внутренней синхронизации.
- Если используется режим 8-позиционного дисплея, то время цикла сканирования дисплея в 2 раза меньше, чем для 16-позиционного дисплея и следовательно яркость свечения индикаторов в 2 раза выше при прочих равных условиях.

Контроллер клавиатуры и дисплея (18)

- Байт состояния микросхемы имеет следующий формат.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DU	S/E	O	U	F	NNN		

- Бит DU ("дисплей не доступен") устанавливается в 1 в период очистки памяти дисплея.
- Бит S/E в режиме сканирования датчиков указывает на то, что был замкнут хотя бы один датчик, а в режиме N-клавишного нажатия указывает, что произошла ошибка многократного нажатия если был включен специальный режим ошибки.
- Бит O указывает, что произошла ошибка переполнения, т.е. была произведена попытка записи в заполненную память клавиатуры.
- Бит U указывает, что произошла ошибка переопустошения, т.е. была произведена попытка чтения из пустой памяти клавиатуры.
- Бит F указывает на то, что память клавиатуры заполнена.
- Поле NNN определяет количество символов в памяти клавиатуры.