

Схемотехника универсальных технологических контроллеров: устройства ввода/вывода и расширения

Настоящая статья продолжает цикл публикаций, посвященных схемотехнике универсальных технологических контроллеров. В статье детализированы критерии выбора схем устройств ввода/вывода: интерфейсов RS-232C и RS-485, регистров, оптронов, интерфейса LCD-индикаторов, диспетчеров памяти (устройств расширения адресной шины), а также приведен обзор микросхем, выпускаемых наиболее известными производителями мира, и описаны микросхемы, наиболее удовлетворяющие выработанным критериям.

Последовательные интерфейсы технологических контроллеров

Современные технологические контроллеры, как правило, оснащаются одним или несколькими последовательными интерфейсами. Эти интерфейсы могут использоваться для связи контроллеров с другим оборудованием: измерительными приборами, исполнительными механизмами, персональными компьютерами. Однако наиболее часто современные технологические контроллеры используются в составе командно-информационных сетей CI LAN (Command-Informational LAN) [1-3], локальных сетей, состоящих только из одного персонального компьютера (PC) и нескольких технологических контроллеров, называемых в этом случае периферийными станциями PS (Peripheral Stations) или просто станциями.

Напомним, что основным принципом CI LAN является то, что единственный в сети PC играет роль генератора команд для всех технологических контроллеров, а также получателя всей информации от

них. При этом на PC как на наиболее мощный и оснащенный периферией элемент сети возлагаются задачи по вторичной обработке и сохранению данных, их интерпретации и визуализации.

Основными последовательными интерфейсами, используемыми в технологических контроллерах, являются интерфейсы RS-232C и RS-485. Узлы связи технологических контроллеров в CI LAN называют сетевыми диспетчерами. Наиболее простые сетевые диспетчеры CI LAN описаны в литературе [3]. В более сложных универсальных технологических контроллерах обычно используют комбинированные сетевые диспетчеры, в состав которых включают и RS-232, и RS-485, а иногда и другие интерфейсы. Наличие в составе сетевого диспетчера нескольких интерфейсов значительно повышает гибкость систем за счет возможности подключения к CI LAN дополнительного оборудования или создания многоуровневых CI LAN.

На рис.1 показана принципиальная схема одного из вариантов комбинированного сетевого диспетче-

ра универсального технологического контроллера.

Принципиальная схема комбинированного сетевого диспетчера содержит следующие узлы: интерфейс RS-232C (D1), интерфейс RS-485 (D4), настраиваемый узел оптической развязки (D5-D7), узел коммутации (D2, D3).

Интерфейсы RS-232C, интерфейс RS-485 и узел коммутации подробно описаны в литературе [3]. Диспетчер имеет независимые линии управления приема и передачи каждого интерфейса, что позволяет, например, принимать одновременно сигналы по одному или двум каналам (разумеется, с обнаружением конфликтов) и передавать данные в любой из интерфейсов или в оба сразу.

Настраиваемый узел оптической развязки (D5-D7) с помощью переключателя JP3 можно модифицировать либо на работу в качестве оптически развязанных входов внешних прерываний, либо в качестве оптически изолированного интерфейса сети SISNET [3].

Штыревые разъемы (типа PLD) JP1-JP3 используются для подключения с помощью гибкого кабеля к разъемам DB9, которые обычно устанавливаются на корпусе станции, а также для обеспечения необходимой коммутации сигналов и «земли». Переключатель JP4 используется в сети RS-485 только тогда, когда станция подключена к концу шины (шлейфа). Переключатели JP5-JP10 предназначены для настройки конфигурации диспетчера.

Следует также отметить, что кроме показанных на рис. 1 интерфейсов в последнее время практически во всех контроллерах станций устанавливаются дополнительные разъемы PLD для подключения к линиям интерфейса SPI (Serial Peripheral Interface), который в ранних контроллерах реализуется программно, а в более старших —

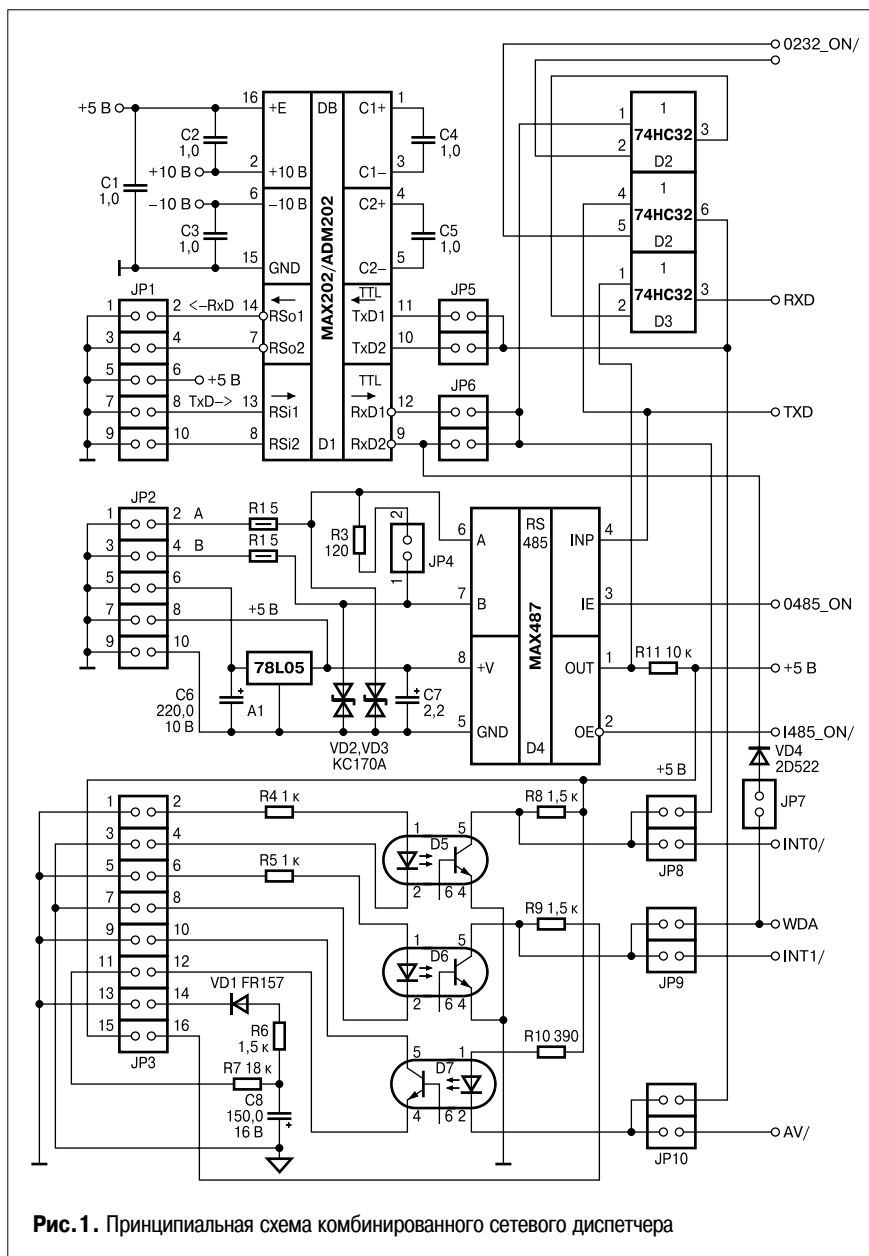


Рис. 1. Принципиальная схема комбинированного сетевого диспетчера

аппаратно. Для совместимости с аппаратно реализованным интерфейсом рекомендуется выводить линии SS/ (линия P14), MOSI (P15), MISO (P16), SCK (P17).

Регистры ввода/вывода технологических контроллеров

Узлы ввода/вывода технологических контроллеров чаще всего выполняются на основе регистров и шинных формирователей. В настоящее время производится достаточно большой ассортимент таких микросхем с различным потреблением и быстродействием.

Отметим основные требования к регистрам и шинным формирователям:

- очевидными требованиями являются малое энергопотребление и достаточно высокое быстродействие;
- поскольку технологические контроллеры оперируют в основном байтовыми величинами, регистры и шинные формирователи также должны иметь байтовую организацию (разрядность 8);
- желательно, чтобы разводка выводов входов и выходов имела последовательное расположение, так как это значительно упрощает разводку печатной платы, позволяет снизить количество переходных отверстий, уменьшить площадь и, соответственно, стоимость платы, а также увеличивает надежность;

• выбранные регистры и шинные формирователи должны иметь одинаковую разводку линий ввода/вывода и питания, так как это повышает гибкость технологических контроллеров за счет возможности при необходимости простой замены регистров на шинные формирователи и наоборот;

• желательно, чтобы выпускались микросхемы регистров и шинных формирователей с прямыми и инверсными выходами, что также повышает гибкость.

Всем перечисленным требованиям, кроме малого энергопотребления и высокого быстродействия, отвечают широко известные регистры KP580IP82/83 и шинные формирователи KP580BA86/87. Однако потребление только одной такой микросхемы часто превышает потребление всех остальных микросхем технологического контроллера и может достигать у отдельных экземпляров 100 мА. Существуют аналогичные микросхемы с низким потреблением (i82C82/83, i82C86/87), однако они получили малое распространение и практически недоступны.

Среди современных развивающихся серий микросхем наиболее широкий ассортимент имеет серия 74. Микросхемы этой серии 74НС и 74НСТ имеют очень низкое среднее энергопотребление и достаточно высокое быстродействие.

Приведем таблицу с наиболее распространенными микросхемами 8-разрядных регистров и шинных формирователей этой серии (табл. 1).

Ознакомившись с техническими данными этих микросхем можно на сайтах фирм Texas Instruments [4], Philips [5], Toshiba [6], IDT [7], Pericom [8], Hitachi [9]. Полная номенклатура серии 74 с вариантами замены на отечественные микросхемы приведена в Интернете [10].

Анализ приведенных в табл. 1 микросхем позволил выявить наиболее удачный комплект микросхем регистров и шинных формирователей (рис. 2).

К сожалению, не удалось подобрать комплект микросхем с полным совпадением номеров выводов входов и выходов (как это сделано в серии KP580IP82/83 и KP580BA86/87). Однако эти мик-

Таблица 1. Наиболее распространенные микросхемы регистров и шинных формирователей

№	Наименование	Адрес
74HC240	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с инверсией и тремя состояниями	АП3
74HC241	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с тремя состояниями	АП4
74HC244	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с тремя состояниями	АП5
74HC245	Восьмиразрядный приемник шины	АП6
74HC273	Восьмиразрядный D регистр со сбросом и срабатыванием по положительному фронту	ИР35
74HC373	Восьмиразрядный D регистр-защелка с третьим состоянием	ИР22
74HC374	Восьмиразрядный D регистр со срабатыванием по положительному фронту	ИР23
74HC377	Восьмиразрядный D регистр с разрешением данных	ИР27
74HC465	Восьмиразрядный буфер с тремя состояниями	АП14
74HC534	Восьмиразрядный D регистр со срабатыванием по положительному фронту, с инверсией и тремя состояниями	ИР41
74HC540	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с инверсией и тремя состояниями	АП12
74HC541	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с тремя состояниями	АП13
74HC543	Восьмиразрядный регистровый передатчик	
74HC563	Восьмиразрядный D регистр-защелка с третьим состоянием и инверсией	
74HC573	Восьмиразрядный D регистр-защелка с третьим состоянием	ИР33
74HC574	Восьмиразрядный D регистр с третьим состоянием и срабатыванием по положительному фронту	ИР37
74HC580	Восьмиразрядный D регистр-защелка с инверсией	
74HC640	Восьмиразрядный шинный передатчик с инверсией и тремя состояниями	АП9
74HC641	Восьмиразрядный шинный передатчик	АП7
74HC645	Восьмиразрядный шинный передатчик	АП8
74HC646	Восьмиразрядный шинный передатчик/регистр с тремя состояниями	ВА1
74HC652	Восьмиразрядный шинный передатчик/регистр с тремя состояниями	АП24

росхемы наиболее удовлетворяют всем остальным требованиям.

В универсальных технологических контроллерах, оснащенных сетевыми диспетчерами, обязатель-

но должен присутствовать модификатор адреса — узел, позволяющий установить уникальный индивидуальный адрес контроллера (станции) в сети. Существует достаточно много различных вариантов исполнения модификаторов.

В некоторых случаях с целью экономии места на печатной плате уникальный адрес прошивается во Flash-памяти микроконтроллера. Недостаток такой реализации модификатора очевиден — необходимо для каждой станции иметь уникальную прошивку.

Модификатор может быть выполнен в виде программно-доступного регистра, входы которого подтянуты резисторами к питанию, и к этим же входам подключены перемычки (рис. 3). Вместо перемычек может быть использован переключатель типа ВДМ или аналогичный.

В последнее время в особо ответственные изделия стали встраивать новый тип модификаторов, получивший название iButton. Это гибридный полупроводниковый прибор, выполненный в корпусе из нержавеющей стали, внешне очень похожем на литиевую батарейку. Приборы выпускаются в двух типах корпусов — F5 и F3. Диаметр обоих корпусов около 17 мм, а толщина соответственно 6 и 3 мм. Такой корпус обеспечивает высокую механическую прочность и время жизни изделия. Чашка корпуса является общим выводом, а электрически изолированная

Модификаторы адреса

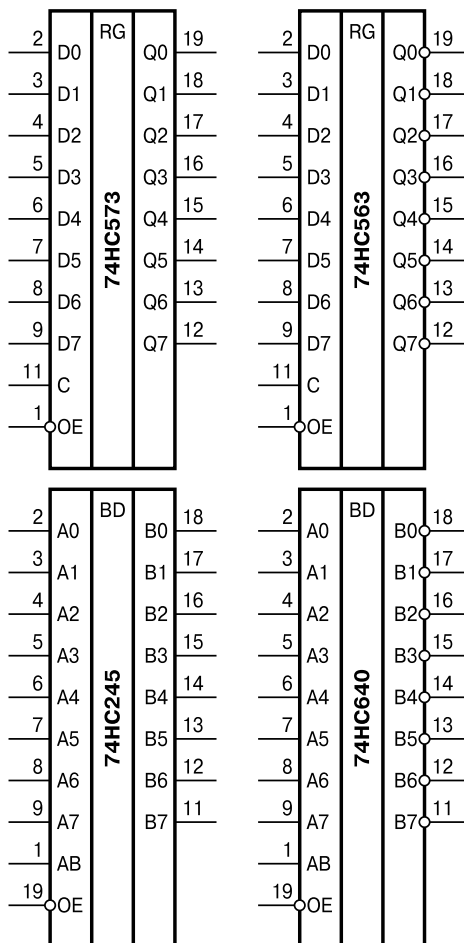
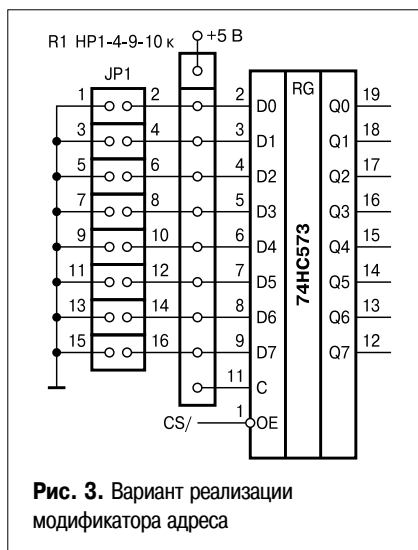


Рис. 2. Комплект микросхем регистров и шинных формирователей, оптимальный для применения в технологических контроллерах



крышка — сигнальным электро-
дом. Прибор содержит внутри ли-
тиевую батарейку и целый набор
функциональных узлов. Батарейка
обеспечивает непрерывное функ-
ционирование прибора в течение
не менее 10 лет.

ние ПЗУ осуществляется по сигнальной линии, что экономит емкость батарейки и обеспечивает независимость считывания. В некоторых приборах имеется оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), которое питается от встроенной батарейки и может хранить информацию не менее 10 лет. ОЗУ имеет страничную организацию по 32 байта и может содержать от 4 до 16 страниц у различных моделей. Прибор имеет буфер данных для верификации записанной в нем информации перед записью в основное ОЗУ. В еще более сложных приборах имеется паролирование данных записи в ОЗУ. Кроме того, некоторые из этих приборов имеют встроенные таймеры реального времени с отображением данных времени и календаря в дополнительную страницу памяти. Более подробно ознакомиться с характеристиками и номенклатурой этих приборов можно в Интернет [11].

Использование этого прибора влечет за собой необходимость использования специального контактного устройства и микросхемы считывания, что значительно увеличивает стоимость изделия, снижает быстродействие и увеличивает площадь печатной платы. Использование iButton в любой аппаратуре должно быть очень серьезно обосновано и аргументировано.

По мнению автора, реализация модификатора адреса станции с перемычками, устанавливаемыми на двухрядный разъем PLD, является наиболее удачной, поскольку незадействованные входы регистра при необходимости могут быть использованы как входные линии. Кроме того, такая реализация дешевле варианта с переключателем и занимает меньше места на печатной плате.

Оптически развязанные узлы

Многие задачи, которые приходится решать универсальным технологическим контроллерам, требуют гальванической развязки входов или выходов контроллера от всевозможных исполнительных устройств, каналов ввода и датчиков. Наиболее часто для этих целей используются оптические элементы развязки — транзисторные оптопары (Optocouplers). Как правило, современные транзисторные оптопары изготавливаются в корпусах DIP6 и DIP8. Очевидно, что корпус

DIP6 более удобен для применения в технологических контроллерах, поскольку позволяет создавать более компактные (по площади печатной платы) изделия.

Отметим также, что при выборе оптопар для создания технологических контроллеров в первую очередь обращается внимание на следующие параметры:

- максимальное быстродействие (время включения T_{on} , время выключения T_{off}) оптронов;
- максимальное допустимое напряжение коллектор-эмиттер закрытого транзистора U_{ce} ;
- максимальное допустимое напряжение база-эмиттер закрытого транзистора U_{be} ;
- минимальное напряжение насыщения открытого транзистора $U_{ce.sat}$;
- максимальное напряжение развязки U_{oi} ;
- максимальное отношение тока коллектора открытого транзистора I_c к току светодиода I_f ;
- доступность оптопар.

Справочные данные наиболее подходящих по приведенным выше критериям импортных оптронов в корпусе DIP6 приведены в табл. 2. С полным перечнем выпускаемых импортных оптронов в корпусах DIP6 и DIP8 и их характеристиками можно ознакомиться, например в Интернет [10]. Довольно полные справочные данные на некоторые отечественные оптроны приведены в [12].

В табл. 2 включены только те оптроны, время включения/выключения которых менее 10 мкс (за исключением широко распространенных оптронов серии 4N).

Разводка выводов оптопар в корпусе DIP6: 1 — положительный вывод светодиода (анод); 2 — отрицательный вывод светодиода (катод); 3 — не используется; 4 — эмиттер транзистора; 5 — коллектор транзистора; 6 — база транзистора (используется в некоторых типах оптронов).

Как видно из табл. 1, широко распространенные оптроны 4N35 не являются лучшими в плане быстродействия.

При включении оптронов в качестве входных обычно последовательно

с плюсовым выводом светодиода включается резистор, величина которого выбирается из расчета величины тока 10 мА при рабочем напряжении (за исключением специальных случаев, например, когда ток источника сигнала лимитирован). Иногда встречно-параллельно светодиоду включается защитный диод (обычно КД522). При этом, по возможности, не следует объединять все входные минусовые линии вместе, так как это снижает возможность более гибкого использования оптронов. Выходные схемы включения оптронов могут выполняться с общим эмиттером и коллектором, в зависимости от требований к выходным сигналам.

При включении оптронов в качестве выходных, обычно выводят свободные коллекторы и эмиттеры, которые также можно защитить встречно-параллельным

включением диодов и последовательным резистором, включенным в коллектор.

Обычно в технологических контроллерах с оптической изоляцией реализуют реакцию на сигналы от внешних источников прерываний, в некоторых случаях оптически развязывают последовательные интерфейсы, а также делают один-два оптически развязанных выхода для подключения различной сигнализации или других исполнительных устройств. С целью экономии площади печатной платы и снижения стоимости изделия входные и выходные байтовые шины на самом контроллере выполняют достаточно редко, так как значительно удобнее изготовить маленькую дополнительную плату развязки и при необходимости соединять ее плоским кабелем с универсальным контроллером.

Интерфейс LCD-индикаторов

В последнее время в состав практически любого серьезного универсального технологического контроллера включается интерфейс с жидкокристаллическими интеллектуальными символьными индикаторами (LCD). Интерфейс в этом случае — понятие достаточно условное, так как никаких дополнительных микросхем для подключения LCD не требуется. Достаточно на плате установить PLD разъем 2x17. Схема подключения LCD-индикатора показана на рис. 4.

Схема настолько простая, что требуется всего несколько дополнительных замечаний. Рекомендуется использовать указанные на схеме линии портов ввода/вывода для обеспечения совместимости с другими узлами универсальных технологических контроллеров. Кроме то-

Таблица 2. Характеристики наиболее распространенных транзисторных оптопар в корпусе

Б	I _c /I _F , Б IF>10 А, %		U _{ce} , max, В	U _{be} , В	U _{ce.sat} , В	T _{on} / T _{off} , Max, мкс	U _d , В	β Б Б
	min	max						
4N25	20	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N26	20	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N27	10	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N28	10	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N35	100	—	30	70	0,3	10/10	5,3	+
4N36	100	—	30	70	0,3	10-10	5,3	+
4N37	100	—	30	70	0,3	10-10	5,3	+
CNX83A	40	—	50	70	0,4	3/3	5,3	+
IL74	12,5	—	20	70	0,3	3/3	5,3	
MCT2	20	—	30	70	0,4	1,2/1,3	5,3	
MCT271	45	90	30	70	0,4	7/7	5,3	
MCT276	15	60	30	70	0,4	3,5/3,5	5,3	
MCT2E	20	—	30	70	0,4	1,2/1,3	5,3	
PC111L	50	—	35	70	0,2	4/3	5	
PC112L	40	—	70	70	0,2	4/3	5	
PS2601	80	600	50	—	—	3,5	5	
PS2651	50	400	50	—	—	3,5	5	
SFH600-0	40	80	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH600-1	63	125	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH600-2	100	200	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH600-3	160	320	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH601-0	40	80	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH601-1	63	125	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH601-2	100	200	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH601-3	160	320	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH608-2	63	125	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH608-3	100	200	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH608-4	160	320	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH608-5	250	500	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH640-1	40	80	300	300	0,4	5/6	7,5	
SFH640-2	63	125	300	300	0,4	5/6	7,5	
SFH640-3	100	200	300	300	0,4	5/6	7,5	
TIL111	8	—	30	70	0,4	5/5	1,5	
TIL112	2	—	20	70	0,5	2/2	1,5	
TIL117	50	—	30	70	0,4	5/5	2,5	
TIL126	50	—	30	70	0,4	2/2	1,5	

го, рекомендуется устанавливать ограничивающий резистор R1 для увеличения срока службы светодиодов подсветки. Резистор R2 необходим для настройки контрастности при различных исполнениях LCD. При этом в качестве отрицательного источника питания можно либо использовать соответствующий выход микросхемы MAX232 (или аналогов) или специальную микросхему для получения отрицательного напряжения, либо усложнять источник питания (что нецелесообразно).

Диспетчеры памяти технологических контроллеров

Лишь в некоторых очень сложных универсальных технологических контроллерах используются диспетчеры памяти — узлы управления внешней памятью с расширением адресного пространства. Современные микроконтроллеры имеют 64 К адресного пространства (обычно называют «кубом памяти»). Как правило, этого хватает для большинства применений, так как это адресное пространство используется только для организации дополнительной RAM и подсистемы ввода/вывода. Однако в некоторых слу-

чаях условия эксплуатации системы требуют наличия в технологических контроллерах встроенных узлов формирования телевизионных изображений. Другие типы индикаторов, в том числе и графические LCD, не подходят либо по быстродействию, либо по другим условиям эксплуатации. В этих случаях в состав технологического контроллера включается дополнительная память изображений на один или несколько кадров (чаще два). Формат изображения при этом обычно составляет

256×256 точек. На кодирование цвета точки отводится 1 байт. Нетрудно подсчитать, что на один такой кадр необходимо как раз 64 К памяти, а на три (два кадра и подсистема ввода/вывода) необходимо соответственно 192 К. Вот в этих-то случаях без диспетчера памяти не обойтись. Идея диспетчера памяти достаточно проста: включить в состав контроллера дополнительный программно доступный регистр, выходной байт которого сделать старшим байтом адреса (ADDR16-ADDR23) [13]. В этот регистр можно заранее записать адрес необходимого куба (например, одного из кубов кадров изображения), а при обращении к

внешней памяти (при выработке сигналов RD/ и WR/) открывать выход регистра на время обмена с памятью. Таким образом, с помощью одного регистра адресное пространство микроконтроллера можно увеличить с 64 К до 16 М.

Олег Николайчук
onic@ch.moldpac.md

Литература

1. Nicolaiciuc O., Gutuleac E., Cheibas V. The Main Principles of Small System Development for Manufacturing and Research Automation // Computer Sciences Journal of Moldova, 1999, vol. 7, № 2 (20), p. 237–246.
2. Nicolaiciuc O. A PC and Local Microcontroller Network Interface // Instruments And Experimental Technique, Consultants Bureau, New York, Vol. 43, № 3, 2000, p. 318–320.
3. Николайчук О. Командно-информационные сети — что это такое? // Схемотехника, 2001, № 6, с. 26–30; № 7, с. 37–41.
4. <http://www.ti.com>
5. [http://www.philips.com/Information Center/](http://www.philips.com/InformationCenter/)
6. <http://www.toshiba.com/>
7. <http://www.idt.com>
8. <http://www.pericom.com>
9. <http://www.hitachi.com>