

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИСПЛЕЙНЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ИНДИКАТОРОВ

А. Н. Юдачев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Во всех системах, где требуется представить информацию в форме, удобной для визуального восприятия, применяются средства отображения информации. Средства отображения информации являются одной из наиболее быстро развивающихся отраслей современной электроники, для которой характерно широкое использование больших интегральных схем и новых типов индикаторов, основанных на различных физических принципах.

В зависимости от сложности устройства отображения информации представляют собой либо одиночные элементы индикации, либо их набор в виде информационных полей, дисплейных модулей, плоских экранов и т. д., содержащих элементы индикации определенного типа и устройства управления ими. В состав устройства отображения информации кроме самих элементов индикации входят и средства ввода информации, а также средства преобразования, хранения и обработки информации.

Разработка аппаратуры специального назначения накладывает жесткие требования к выбору элементной базы, особенно остро это касается выбора элементов индикации.

На этапах разработки макета прибора в качестве устройства отображения информации, допускается использование дисплейных модулей зарубежного производства. Наиболее популярными, по причине их ценовой доступности и простого алгоритма информационного обмена, из них являются алфавитно-цифровые жидкокристаллические модули со встроенной схемой управления на основе контроллера HD44780 [1]. Такое готовое решение удобно для отработки общего алгоритма функционирования при-

бора, создания и отработки экранных форм выводимой информации. На этапе опытного производства применять данный тип устройств нельзя, поэтому встает задача прямой замены зарубежного модуля на аналогичный отечественный, который должен отвечать следующим требованиям:

1) дисплейный модуль должен быть выполнен в виде конструктивно законченного устройства с минимальными массогабаритными характеристиками, близкими к зарубежным аналогам;

2) дисплейный модуль должен иметь интерфейс связи, унифицированный по протоколу и физическому стыку с интерфейсом алфавитно-цифровых жидкокристаллических модулей, на основе контроллера HD44780, производимых рядом зарубежных фирм, таких как Data Vision, Winstar и др.;

3) дисплейный модуль должен работать при напряжении питания 5 В;

4) входная информация для индикации должна поступать в дисплейный модуль в ASCII кодах;

5) дисплейный модуль должен разрабатываться на отечественной элементной базе, допущенной межведомственным ограничительным перечнем МОП 44;

6) дисплейный модуль должен быть работоспособным в широком диапазоне температур;

7) отображаемая информация должна быть хорошо видна при любой освещенности и при достаточно больших углах обзора;

8) разрешение (МОИ) должно составлять 80 знакомест (4 строки по 20 символов).

Структурная схема разработанного дисплейного модуля полностью удовлетворяющего всем вышеописанным требованиям приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема дисплейного модуля

Для отображения информации в дисплейном модуле используется 20 светодиодных матричных индикаторов типа ИПВ72А-4/5х7Л, внешний вид и габаритные размеры одного из них приведен на рис. 2. Эти индикаторы были конструктивно объединены в группу 4×5 (4 строки по 5 индикаторов в строке), при этом получился дисплейный модуль разрядностью 4×20 символов.

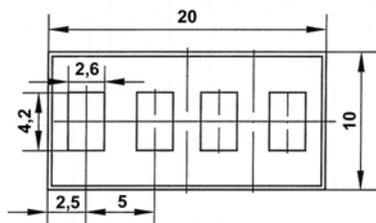


Рис. 2. Внешний вид и габаритные размеры индикатора ИПВ72А-4/5х7Л

Данный тип индикаторов предназначен для отображения буквенно-цифровой и символьной информации и позволяют отображать практически любые символы размерностью 5×7 точек. Принципиальная схема индикатора ИПВ72А-4/5х7Л представлена на рис. 3 [3].

Данный тип индикаторов идеально подходит для встраивания в переносную аппаратуру, работающую в условиях недостаточного освещения и низкой температуры, где применение жидкокристаллических индикаторов сопряжено с определенными трудностями, к тому же они разрешены к применению межведомственным ограничительным перечнем МОП 44 [2]. Индикаторы электрически совместимы

с уровнями КМОП-микросхем и представляют собой гибридную сборку в керамическом корпусе, имеют 4 знаковых разряда из четырех матриц по 5×7 элементов (140 светоизлучающих диодов) с внутренней схемой управления. Каждая матрица светоизлучающих диодов имеет 7 строк (у диодов в строке соединяются катоды) и 5 столбцов (у диодов в столбце соединяются аноды). Соответствующие выводы столбцов всех матриц соединены между собой и с соответствующими выводами индикатора. Строки матриц наружу не выводятся, и внутри индикатора соединены каждая со своим драйвером постоянного втекающего тока. Схема управления содержит 28-разрядный внутренний сдвиговый регистр с последовательным входом и выходом, параллельными выводами, управляющий драйверами постоянного втекающего тока. Последовательный выход сдвигового регистра связан с последним его разрядом и может быть подключен к входу следующего такого же индикатора, что позволяет создавать 8-ми, 12-ти, 16-ти и т. д. разрядные индикаторы. Сдвиговый регистр снабжен также входом разрешения E, нулевой сигнал на котором отключает отображение независимо от состояния сигналов на входах столбцов индикатора и содержимого регистра.

Матричные светодиодные индикаторы работают в режиме динамической индикации с постоянной частотой смены кадров 100 Гц, поэтому необходимо непрерывно осуществлять смену кадров, если частота смены кадров будет большой, человеческих глаз не сможет отследить быструю смену состояний индикаторов, и не увидит мигание изображения. Для комфортного отображения информации микроконтроллер, с периодичностью 0,5 мс, перезагружает данные для засветки.

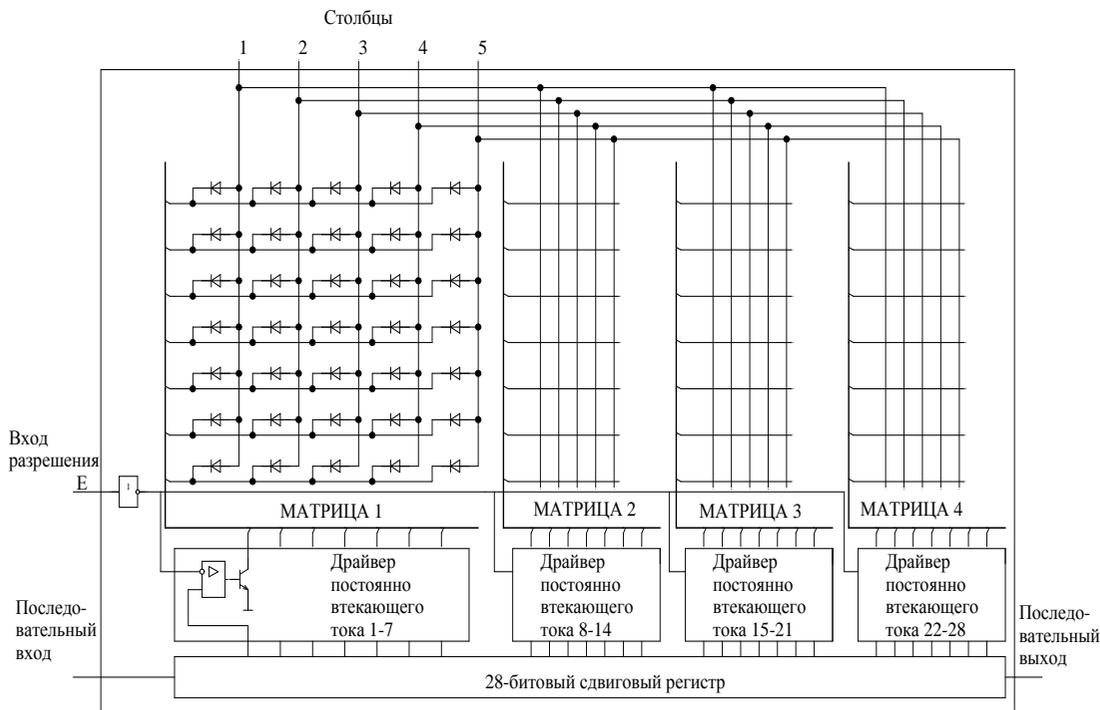


Рис. 3. Принципиальная схема индикатора ИПВ72А-4/5х7Л

Управление засветкой БИ осуществляется в два этапа.

На первом этапе микроконтроллер загружает данные для индикации. Перед началом загрузки необходимо отключить засветку горящих индикаторов. Данные для индикации предварительно считываются из ОЗУ. Для загрузки информации в сдвиговые регистры матричных светодиодных индикаторов используется стандартный интерфейс SPI, который предназначен для быстрого синхронного обмена информацией между микроконтроллером и периферийными устройствами или между двумя микроконтроллерами. Для загрузки данных используется вывод MOSI, который подключается к последовательному входу первого в строке индикатора. Пять индикаторов внутри строки соединены так, что последовательный выход предыдущего соединяется с входом следующего, такое подключение позволяет загрузить данные сразу для всей строки выбранного столбца. Запись информации в сдвиговый регистр осуществляется по тактовым импульсам сигнала SCK интерфейса SPI. Запись входной информации в последовательный сдвиговый регистр осуществляется по задним фронтам тактовых сигналов.

На втором этапе МК на выбранной строке на короткое время включает засветку загруженного столбца, путем подачи на вход столбца и на объединенные входы E выбранной строки высокого логического уровня. Для адресного управления свечением светодиодных индикаторов в дисплейном модуле все одноименные входы столбцов 1–5 во всех строчках объединены и подключаются к коммутатору столбцов, также объединены входы разрешения E в каждой строке в сигналы управления строками. Такая реализация позволяет значительно снизить общее энергопотребление индикатора, т. к. одновременно засвечивается только один столбец одной строки.

Спустя время засветки происходит аналогичный процесс записи данных и включения светодиодов для того же столбца, но следующей строки и т. д., затем все повторяется для следующего столбца. Когда будут засвечены все строчки и все столбцы будет сформирован кадр.

Основным элементом в блоке контроля и обработки информации является микроконтроллер, выполняющий функции вычислительного ядра для реализации управляющих алгоритмов. Программно-аппаратное управление осуществляется с помощью микропроцессорного элемента на базе микро-ЭВМ 1882BE53У в корпусе 5133.48-3 [4].

КМОП микроконтроллер 1882BE53У оснащен Flash ПЗУ, которое может быть загружено непосредственно в систему через последовательный SPI интерфейс и совместим по системе команд и по функциональному назначению выводов с аналогичными приборами семейства 80C51. Микроконтроллер содержит 12 Кбайт Flash ПЗУ, 2 Кбайт ЭСППЗУ, 256 байт ОЗУ, два указателя данных, 32 программируемых линии

вывода-вывода, три 16-разрядных таймера/счетчика событий, универсальный асинхронный приемопередатчик (UART), программируемый сторожевой таймер, контроллер прерываний с четырьмя уровнями приоритетов и встроенный тактовый генератор. Содержимое Flash памяти программ может быть защищено от несанкционированной записи/считывания.

Дисплейный модуль по отношению к внешнему устройству является ведомым устройством, и имеет простой и удобный интерфейс для обмена данными. Управление дисплейным модулем и загрузка данных осуществляется через параллельный интерфейс, унифицированный по протоколу и физическому стыку с интерфейсом алфавитно-цифровых жидкокристаллических модулей, на основе контроллера HD44780. Физический стык реализован внутри блока согласования с внешним устройством. Для приема и передачи байтов используется шина данных DP0-DP7, и два сигнала управления RS и RW и синхросигнал E. Сигнал управления RS, используется для определения типов данных (символ ASCII/команда), сигнал RW для определения направления передачи данных (чтение/запись), для стробирования сигналов используется сигнал E. Формат всех команд, используемых для информационного обмена дисплейного модуля и внешнего устройства, представлен в таблице [1].

Перед началом процесса передачи данных для индикации или команды управления внешнему устройству необходимо, используя одну из комбинаций сигналов управления RS, R/W, сделать опрос флага занятости BF. Если модуль в настоящий момент не может принять входные данные, то флаг занятости равен 1. Если флаг занятости равен 0, то внешнее устройство с помощью сигналов управления RS, R/W посылает в дисплейный модуль, либо команду управления, либо символ для отображения в ASCII коде.

На первом этапе микроконтроллеру необходимо получить визуальное представление для каждого принятого символа в виде массива данных для отображения. Для этого используется встроенная таблица символов, где каждому символу ASCII кода соответствует пять байт данных точек (по одному байту на каждый столбец), которые соответствуют изображению, символа на матрице 5×7 точек.

На втором этапе микроконтроллеру необходимо из полученного массива 5×8 получить массив 5×7, путем удаления лишнего бита, сгруппировать их в непрерывную последовательность в соответствии с размещением символов в строке и сохранить полученный результат. Для своевременного отображения данных на матричном светодиодном индикаторе микроконтроллер должен постоянно хранить все точки для отображения для каждой строки и каждого столбца, объем которых занимает 360 байт. Такое количество информации невозможно хранить во внутренней памяти микроконтроллера, поэтому необходимо использовать внешнее ОЗУ.

Команды											Описание	
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Очистить дисплей										1		Очистка дисплея и установка курсора в начало
Курсор в начало									1	*		Возврат курсора в начало.
Режим ввода								1	I/D	S		Установка движения курсора и экрана.
Вкл/выкл дисплея							1	D	C	B		D – вкл/выкл дисплея C – курсора B – мигание символа над курсором
Сдвиг дисп/курсор					1	S/C	R/L	*	*			Перемещение экр/курсор без смены изображения
Установка адреса курсора			1	Адрес курсора								Данные могут быть записаны или считаны только после этой команды
Чтение флага занятости и адреса	0	1	B F	Адрес курсора								Чтение флага занятости и адреса курсора
Запись данных	1	0	ASCII код символа								Запись ASCII кода символа в ОЗУ дисплейного модуля	
Чтение данных	1	1	ASCII код символа								Чтение ASCII кода символа внешним устройством из ОЗУ дисплейного модуля	

Данная реализация дисплейного модуля имеет ряд недостатков:

- необходимость использования внешнего ОЗУ, что приводит к усложнению и удорожанию схемы дисплейного модуля,

- необходимость загрузки новой информации для каждого столбца выбранной строки перед каждой засветкой. Суммарное значение времени загрузки и засветки является фиксированной величиной и равно 0,5 мс. Загрузка информации занимает значительное время, что в конечном итоге приводит к уменьшению времени засветки. Уменьшение времени засветки приводит к уменьшению общей яркости дисплея.

Для того чтобы уменьшить общее время загрузки информации, необходимо изменить способ загрузки информации так чтобы информация столбца для отображения загружалась сразу во все строки дисплейного модуля. Один из способов это соединение всех матричных индикаторов последовательно друг за другом и использование для загрузки стандартного интерфейса SPI. Для исследования данного способа загрузки был разработан макет дисплейного модуля. При проведении исследований было учтено, что данный тип матричных светодиодных индикаторов имеет ограничение по частоте загрузки в 5 МГц, а также замечено, что при загрузке большого количества информации происходит рассинхронизация данных на выходе сдвигового регистра и тактовых импульсов сигнала SCK интерфейса SPI. Таким образом, для уменьшения рассинхронизации необходимо уменьшать частоту загрузки данных, при этом увеличивая общее время загрузки. Поэтому данный способ загрузки был признан неэффективным.

Особенностью данной работы, является оптимизация существующей схемы дисплейного модуля аппаратной в части использование для загрузки информации шины данных микроконтроллера, а в качестве сигнала синхронизации строб записи во внешнюю память WR. Для этого к каждой информационной линии шины данных контроллера подключено необходимое количество, соединенных последовательно, матричных индикаторов. Такая реализация позволила уменьшить общее время загрузки данных, т. к. данные одновременно загружаются по восьми линиям связи для всех строк выбранного столбца. Время загрузки данных одного столбца в параллельном режиме примерно равно времени загрузки информации через интерфейс SPI для одной строки.

Оптимизировалось также и программное обеспечение. Удалось добиться того, что микроконтроллер, за время пока происходит засветка информации текущего столбца, успевает подготовить данные отображения для следующего столбца. При этом данные для отображения каждого столбца попеременно занимают общую область памяти. Так, для того чтобы хранить 80 ASCII кодов символов необходимо 70 байт для хранения точек отображения. Очевидное преимущество данного способа, это отсутствие необходимости использования внешнего ОЗУ, все данные для отображения можно полностью хранить во внутренней памяти контроллера 1882BE53У, полностью задействовав внутренние аппаратные ресурсы микроконтроллера. Таким образом, улучшаются массогабаритные показатели дисплейного модуля, уменьшается количество требуемых микросхем, удешевляется производство. Структурная схема обновленного дисплейного модуля представлена на рис. 4.

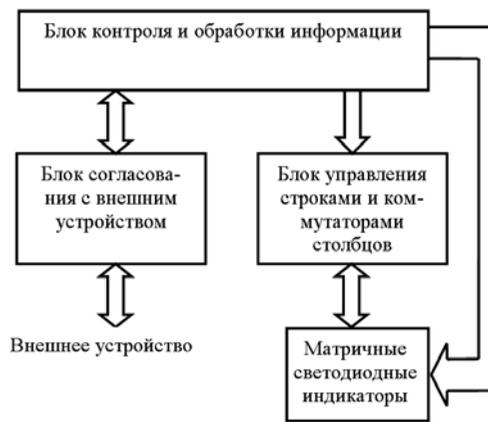


Рис. 4. Структурная схема обновленного дисплейного модуля

Таким образом, проведенная оптимизация позволила избавиться от недостатков предыдущей версии дисплейного модуля, сохранив при этом все достоинства, позволив построить модуль в виде конструктивно законченного устройства с минимальными массогабаритными характеристиками и с оптимальными электрическими и временными показателями.

Литература

1. Библиотека электронных компонентов: Журнал № 8. – М: Додека, 1999.
2. Перечень МОП 44 001.02-2013.
3. АЕЯР.432220.232 ТУ.
4. АЕЯР.431280.286-02 ТУ.