



ГОУ ВПО
«**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ
НОЦ «ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ООО «ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА»

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ СТЕНД «КЛАССИК-1»

для проведения лабораторных работ

по микропроцессорной технике

ПАСПОРТ

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

г. Новосибирск 2011 г.

Содержание

	Стр.
1 Паспорт.....	5
1.1 Назначение	5
1.2 Список тем лабораторных работ.....	5
1.3 Условия эксплуатации комплекса	7
1.4 Технические данные.....	7
1.5 Комплект поставки.....	8
1.6 Свидетельство о приёмке	9
1.7 Гарантийные обязательства.....	9
1.8 Учет неисправностей при эксплуатации.....	10
2 Руководство по эксплуатации микропроцессорного стенда «Классик-1».....	11
2.1 Функциональная схема микропроцессорного стенда «Классик-1»	11
2.2 Выбор режима работы стенда	15
2.3 Блок микропроцессора.....	16
2.3 Клавиатура стенда	18
2.4 Светодиодная индикация.....	23
2.5 Жидкокристаллический индикатор	25
2.6 Разделяемые внешние устройства	26
2.6.1 DIP переключатель	27
2.6.2 Выходы логического 0 и 1	28
2.6.3 Кнопки общего назначения	28
2.6.4 Линейка светодиодов	29
2.6.5 Линейка семисегментных индикаторов	30
2.7 Блок синхронного порта	30
2.8 Блок асинхронных портов	31
2.9 Блок контроллера ПДП	32
2.10 Блок таймеров	33
2.11 Блок программируемого контроллера прерываний.....	34
2.12 Serial Peripheral Interface	35

2.13 FRAM.....	37
2.14 DataFlash.....	37
2.15 SD/MMC.....	38
2.16 Энкодер.....	38
2.17 Цифровой потенциометр.....	39
2.18 Блок элементарной периферии микроконтроллера.....	40
2.19 Интерфейсы RS-232 и RS-485.....	40
2.20 Работа с шаговым двигателем.....	42
2.21 Дополнительные возможности.....	44
2.21.2 Плата расширения для изучения микроконтроллера Atmega128.....	44
2.21.2 Плата расширения для изучения акселерометра AXEL.....	45
Приложение А (Обязательное) Схема электрическая принципиальная «Системная ПЛИС №1».....	48
Приложение Б (Обязательное) Схема электрическая принципиальная «Системная ПЛИС № 2».....	49
Приложение В (Обязательное) Схема электрическая принципиальная модуля микропроцессора.....	50
Приложение Г (Обязательное) Схема электрическая принципиальная подключения клавиатуры.....	51
Приложение Д (Обязательное) Схема электрическая принципиальная светодиодной индикации.....	52
Приложение Е (Обязательное) Схема электрическая принципиальная ЖКИ и преобразователей напряжения.....	53
Приложение Ж (Обязательное) Схема электрическая принципиальная разделяемых внешних устройств.....	54
Приложение З (Обязательное) Схема электрическая принципиальная модуля системного микроконтроллера.....	55
Приложение И (Обязательное) Схема электрическая принципиальная модуля периферии МП.....	56
Приложение К (Обязательное) Схема электрическая принципиальная модуля изучаемого микроконтроллера.....	57

Приложение Л (Обязательное) Схема электрическая принципиальная модуля изучаемой ПЛИС	58
Приложение М (Обязательное) Схема электрическая принципиальная модуля CPLD JTAG	59
Приложение Н (Обязательное) Схема электрическая принципиальная драйверов шагового двигателя и последовательных каналов связи	60

1 Паспорт

1.1 Назначение

1.1. Микропроцессорный стенд «Классик-1» (в дальнейшем по тексту «стенд») предназначен для проведения лабораторного практикума в высших учебных заведениях по разделам микропроцессорная техника, применение микроконтроллеров, программируемые логические интегральные схемы.

1.2 Список тем лабораторных работ

Комплекс позволяет проводить лабораторные работы по темам:

1.1.1. Цикл лабораторных работ по основам микропроцессорной техники:

1.1.1.1. Знакомство со стендом. Изучение простых команд и методов адресации.

1.1.1.2. Команды управления переходами. Подпрограммы и стек.

1.1.1.3. Арифметические действия.

1.1.1.4. Работа с внешними устройствами.

1.1.2. Цикл лабораторных работ по применению микроконтроллеров:

1.1.2.1. Изучение системы команд и основных принципов программирования микроконтроллеров.

1.1.2.2. Работа с внешними устройствами.

1.1.2.3. Работа с таймерами и системой прерываний.

1.1.2.4. Работа с клавиатурой и семисегментными индикаторами.

1.1.3. Цикл лабораторных работ по изучению программируемых логических матриц:

1.1.3.1 Знакомство с САПР Quartus II. Комбинационная логика.

1.1.3.2 Последовательностная логика.

1.1.3.3 Ввод-вывод данных посредством одной шины.

1.1.3.4 Программирование ПЛИС на языке VHDL.

- 1.1.4. Цикл лабораторных работ по микропроцессорным системам на базе 80386:
- 1.1.4.1 Синхронный и асинхронный ввод-вывод.
 - 1.1.4.2 Трёхканальный программируемый счётчик-таймер (i8254).
 - 1.1.4.3 Программируемый контроллер приоритетных прерываний (i8259).
 - 1.1.4.4 Программируемый контроллер прямого доступа к памяти (i8237).
- 1.1.5. Цикл лабораторных работ по распространённым интерфейсам:
- 1.1.5.1 Изучение интерфейса SPI.
 - 1.1.5.2 Изучение интерфейса I²C.
 - 1.1.5.3 Изучение интерфейса RS-232.
 - 1.1.5.4 Изучение интерфейса RS-485.
 - 1.1.5.5 Работа с интерфейсом USB.
- 1.1.6. Цикл лабораторных работ по системам управления и сбора данных:
- 1.1.6.1 Измерение температуры, давления и влажности¹.
 - 1.1.6.2 Измерение ускорения.²
 - 1.1.6.3 Исследование работы 4-х канального цифрового потенциометра.
 - 1.1.6.4 Работа с энкодером.
 - 1.1.6.5 Исследование работы системы управления шаговым двигателем.
 - 1.1.6.6 Работа с алфавитно-цифровым жидко-кристаллическим индикатором 16*2.
 - 1.1.6.7 Работа со встроенным АЦП.
 - 1.1.6.8 Работа с SD/MMC картой.
 - 1.1.6.9 Работа с внешним сторожевым таймером.
 - 1.1.6.10 Работа с памятью FRAM.
 - 1.1.6.11 Работа с Data Flash.

¹ При заказе дополнительной платы.

² При заказе платы акселерометра.

1.3 Условия эксплуатации комплекса

Комплекс может эксплуатироваться при следующих условиях:

- Температура окружающей среды от 283 до 308 К (от +10 до +35 °С);
- Относительная влажность до 80% при температуре 298 К (+25 °С);
- Атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм рт. ст.);
- Напряжение питающей сети $220 \text{ В} \pm 20 \text{ В}$ с частотой 50 Гц.

1.4 Технические данные

Стенд «Классик-1» имеет следующие технические данные:

- Потребляемая стендом мощность не превышает 15 Вт;
- Стенд допускает непрерывную работу в течение 8 часов при сохранении технических характеристик;
- Габаритные размеры стенда не более $200*260*50 \text{ мм}^3$;
- Масса стенда не более 1 кг.

1.5 Комплект поставки

Микропроцессорный стенд «Классик-1»	1 шт.
Сетевой адаптер	1 шт.
Программатор изучаемого микроконтроллера	
Silicon Laboratories USB Debug Adapter	1 шт.
Программатор для изучаемой ПЛИС ByteBlasterMV	1 шт.
USB кабель А-В	1 шт.
Соединительные проводники	10 шт.
Джампер MJ-C-8.0	5 шт.
Запасной комплект наклеек на клавиатуру	1 шт.
Разъем HU03F с контактами	1 шт.
Разъем HU04F с контактами	1 шт.
Разъем HU08F с контактами	1 шт.
Светодиод KP-2012YD желтый 2x1,2x1,1 мм 8мКд Kingbright	1 шт.
Светодиод KP-2012ID красный 2x1,2x1,1 мм 12мКд Kingbright	2 шт.
Светодиод KP-2012SGD зеленый 2x1,2x1,1 мм 12мКд Kingbright	1 шт.
Светодиод KPT-2012PBC синий	1 шт.
Кнопка SWT -9	2 шт.
Паспорт, совмещённый с Руководством пользователя	1 шт.
Методические указания к лабораторным работам по основам микропроцессорной техники	1 шт.
Методические указания к лабораторным работам по применению микроконтроллеров	1 шт.
Методические указания к лабораторным работам по изучению программируемых логических матриц	1 шт.
Диск с документацией и программным обеспечением	1 DVD-ROM.

1.6 Свидетельство о приёмке

Микропроцессорный стенд номер

по результатам испытаний признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска « ____ » _____ 201 ____ г

Приёмщик _____ М. П.

1.7 Гарантийные обязательства

1.7.1 Изготовитель гарантирует соответствие стенда вышеизложенным параметрам.

1.7.2 Изготовитель гарантирует в течение 12 месяцев со дня продажи стенда безвозмездную замену или ремонт при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации в соответствии с требованиями инструкции изготовителя и отсутствии механических повреждений.

1.7.3 По истечении гарантийного срока ремонт изделия предприятие производит за счёт потребителя по отдельному договору.

1.7.4 Без предъявления паспорта с датой выпуска и штампом продавца, либо договора на поставку, претензии к качеству работы комплекса не принимаются и гарантийный ремонт не производится.

1.7.5 По вопросам ремонта и эксплуатации следует обращаться на предприятие-изготовитель:

ООО «Электронные приборы и устройства»

630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

т. 8-909-532-4979, факс 8 (383) 346-06-75

E-mail: makukha@epu.ref.nstu.ru

2 Руководство по эксплуатации микропроцессорного стенда «Классик-1»

2.1 Функциональная схема микропроцессорного стенда «Классик-1»

Обобщенная функциональная блок-схема учебного лабораторного стенда представлена на рисунке 2.1. Основными элементами стенда являются: блок микропроцессора (МП) 1, блок микроконтроллера (МК) 2, блок программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) 3, блок системы управления и контроля 4, блок внешних (периферийных) устройств 5, системная шина 6.

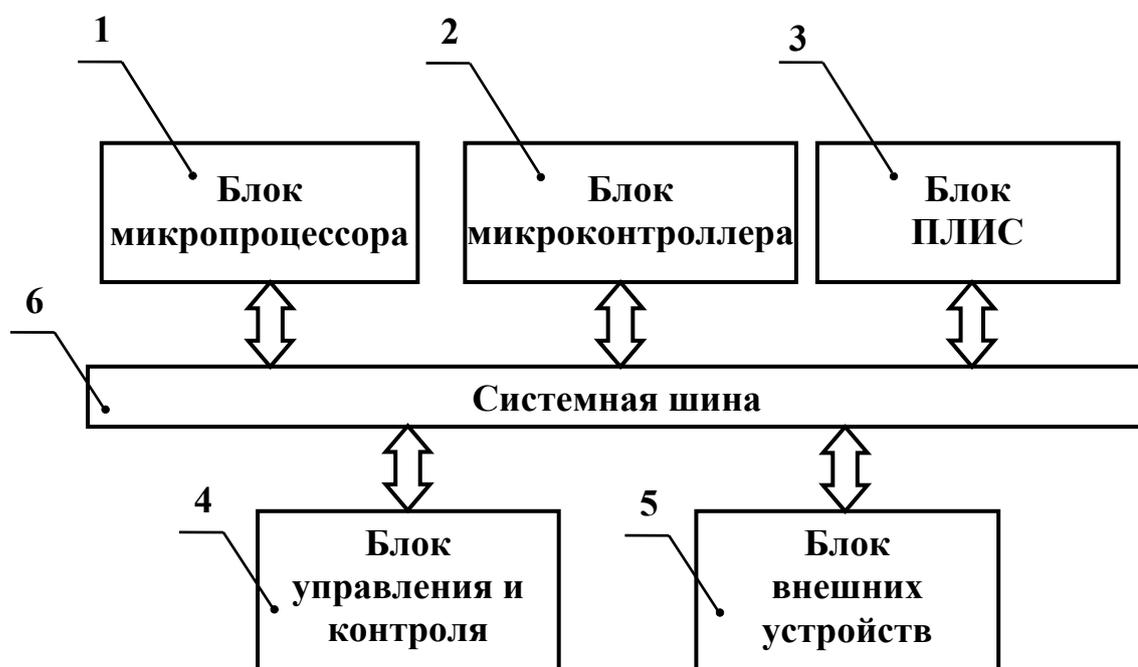


Рисунок 2.1 — Обобщенная функциональная блок-схема учебного лабораторного стенда

Блок МП, блок МК и блок ПЛИС представляют собой объекты изучения (МП, МК, ПЛИС), связанные с установленными на плате внешними устройствами. Блок управления и контроля представляет собой узел, выполненный на системном микроконтроллере, а также на двух системных ПЛИС. Блок внешних устройств содержит достаточное количество внешних устройств и обеспечивает изучение современных интерфейсов.

Детализированная функциональная схема стенда показана на рисунке 2.2.

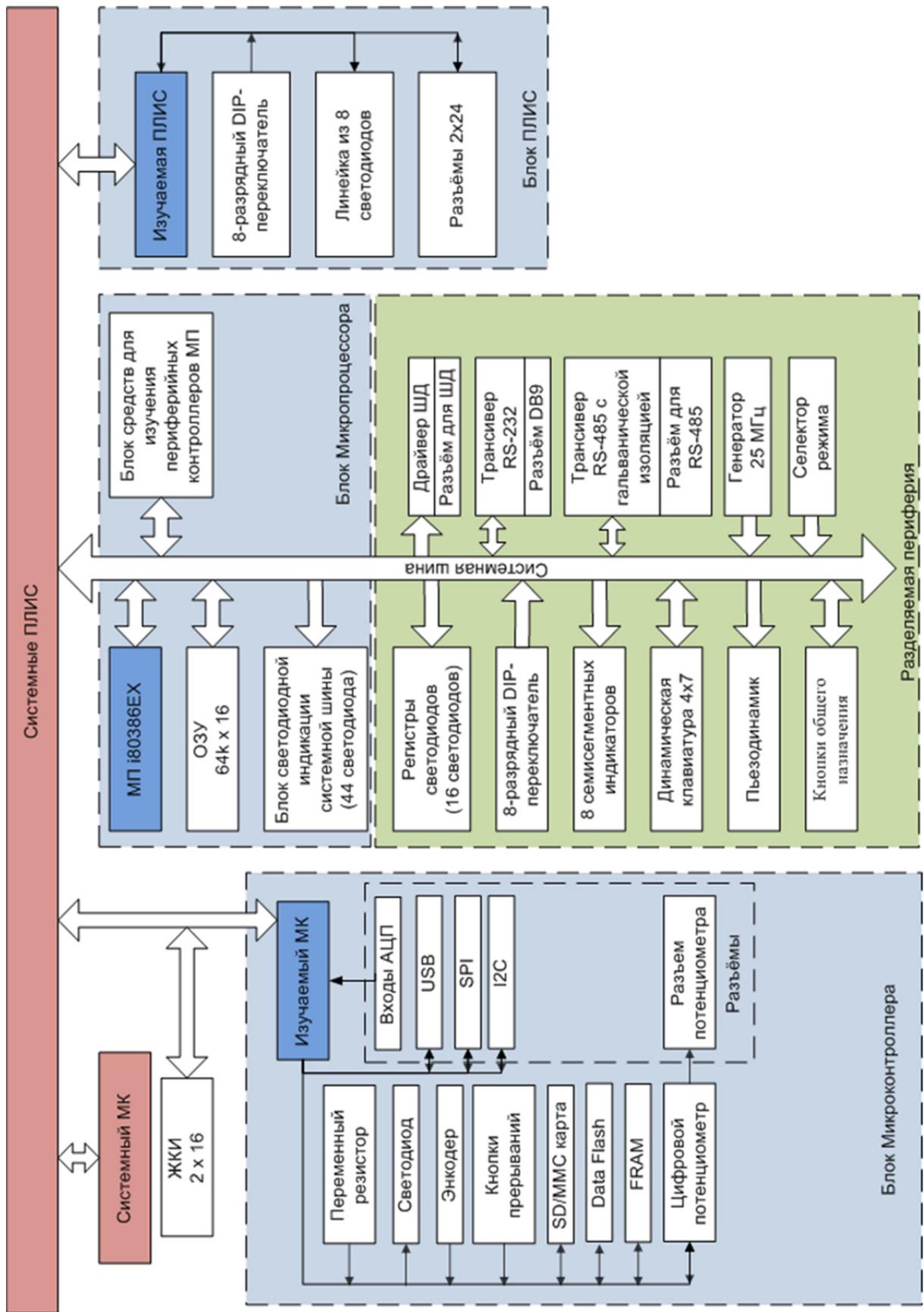


Рисунок 2.2 — Детализированная функциональная схема учебного микропроцессорного стенда

Учебный лабораторный комплекс построен по шинной архитектуре, которая содержит три шины: шину адреса, шину данных, шину управления. Эти шины составляют системную шину учебного лабораторного комплекса. Блок разделяемой периферии коммутируется с другими блоками посредством этой системной шины.

Ниже приводятся пояснения, обосновывающие выбор именно такой структурной схемы.

На первом этапе выполнения лабораторных работ, где предусмотрено изучение микропроцессора, должна быть заложена возможность выполнения команд по машинным тактам, машинным циклам, командам и программ в целом, необходимы различные средства индикации состояния выводов микропроцессора и содержимого его регистров. Для исследования выполнения команд по машинным тактам и циклам нужен непосредственный доступ к выводам шины управления, адреса и данных. Наиболее логично это обеспечить путём подсоединения СИД напрямую к определённым выводам микропроцессора (блок светодиодной индикации на рисунке 2.2). При анализе работы в режиме выполнения команд и программ наиболее естественным выглядит применение дисплея на семисегментных индикаторах (блок ЖКИ на рисунке 2.2). Поскольку ЖКИ будет полезен и при выполнении лабораторных работ с микроконтроллером (и как средство отображения данных, и как объект изучения), то его нужно рассматривать как разделяемый ресурс, и дисплей не может быть подключен напрямую к выводам микропроцессора.

Таким образом, в стенде присутствуют некие системные ресурсы (входящие в блок управления и контроля), которые обеспечили бы доступ к разделяемым ресурсам.

В качестве разделяемых ресурсов используются внешние устройства, стандартные для периферийных систем — регистр светодиодов, 8-разрядный DIP-переключатель, восемь 7-сегментных светодиодных индикаторов, клавиатура с динамическим сканированием, пьезоизлучатель. Использование этих устройств в качестве разделяемых позволяет студенту изучить обращение к ним с помощью микропроцессора, микроконтроллера и ПЛИС, и провести сравнительный анализ, выявив преимущества и недостатки того и другого подхода. Поэтому доступ к ним производится через блок управления и контроля в «прозрачном» для пользователя

режиме. На рисунке 2.2 приведены соответствующие блоки. При изучении функционирования ПЛИС используются отдельные регистр светодиодов и DIP-переключатели (блоки «DIP-переключатель» и «Светодиоды» находятся слева от блока изучаемой ПЛИС на рисунке 2.2), что позволило упростить конструкцию.

Другие же внешние устройства, характерные только для определённых объектов изучения, подсоединяются непосредственно к этим объектам. Для микропроцессора i80386EX такими специфическими периферийными устройствами являются контакты разъёмов, переключки и кнопки, объединённые в блок для изучения встроенных интерфейсных контроллеров МП (расположен справа от блока микропроцессоров на рисунке 2.2). Эти ресурсы необходимы для изучения функционирования модулей последовательного порта, программируемого контроллера приоритетных прерываний, программируемого таймера и контроллера прямого доступа к памяти, входящих в состав микропроцессора.

В настоящее время подключение достаточно большого количества периферийных устройств к микроконтроллерам производится с помощью специализированных интерфейсов. Наиболее используемыми являются интерфейсы UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter — универсальный асинхронный приёмопередатчик), SPI (Serial Peripheral Interface — последовательный периферийный интерфейс), I²C (Inter-Integrated Circuit — интерфейс связи между микросхемами) и USB Device (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина). С целью предоставления студентам возможности изучения способов подключения и программирования этих интерфейсов в учебном лабораторном стенде предусмотрены как разъёмы, к которым можно подключать соответствующие устройства пользователя, так и некоторые стандартные устройства (флэш-память, цифровой потенциометр), расположенные на плате стенда (показаны справа от блока микроконтроллера на рисунке 2.2).

Также на стенде расположены переменный резистор, обычно применяемый при изучении работы аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), драйвер шагового двигателя и энкодер (рисунок 2.2). На отдельный разъём выведены 3 канала АЦП микроконтроллера, для подключения внешних устройств с аналоговым выходом.

2.2 Выбор режима работы стенда

Лабораторный стенд имеет три режима работы: режим МП (микропроцессора), МК (микроконтроллера), ПЛИС. При выборе соответствующего режима задействуются объект изучения, расположенные в этом блоке устройства ввода-вывода и разделяемые ресурсы. Разделение стенда на блоки иллюстрируется рисунком 2.3.

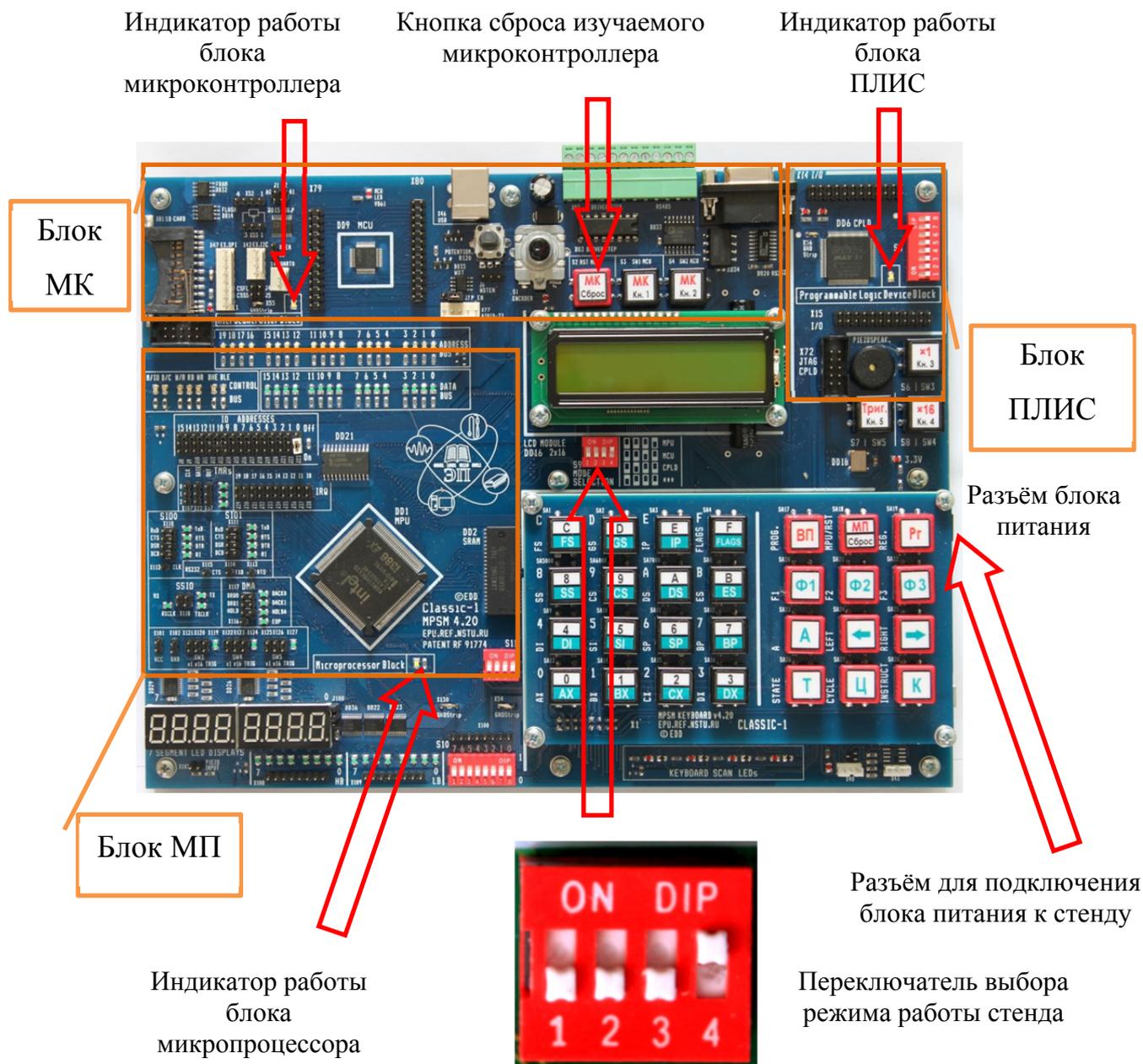


Рисунок 2.3 — Общий вид стенда

При выборе определённого блока загорается светоизлучающий диод (СИД) белого цвета, обозначенный на рисунке 2.3 как «Индикатор работы», расположенный в соответствующем блоке рядом с надписью, идентифицирующей блок.

Выбор режима производится 4-х движковым переключателем выбора режима работы стенда (рисунок 2.3) S2 (Приложение А). На печатной плате, справа от S2 приведена таблица, поясняющая связь между положением движков переключателя и режимом работы.

Общая коммутация сигналов осуществляется двумя системными ПЛИС, схемы подключения которых приведены в Приложении А и Приложении Б.

2.3 Блок микропроцессора

Схема электрическая принципиальная модуля микропроцессора приведена в Приложении А.

В состав блока входит микропроцессор i80386EX (DD1), микросхема статического ОЗУ K6R1016V1D-J110, объёмом 64Кx16 (DD2) и дешифратор внешних устройств 74HC154 (DD21).

Следует обратить внимание, что младший разряд шины адреса AB0 соответствует разряду A1 шины адреса микропроцессора.

Выводы шины управления микропроцессора M/IO# (27DD1), D/C# (29DD1), W/R# (30DD1), RD# (34DD1), WR# (35DD1), VHE# (39DD1) и BLE# (37DD1) (символ # означает, что функция активна при низком уровне напряжения) подсоединены к светоизлучающим диодам (СИД) синего цвета. Традиционно на шине управления действует негативная логика, поэтому свечение СИД говорит об активном уровне сигнала, который в данном случае является низким. Например, свечение светодиода M/IO# говорит о том, что активна функция ввода-вывода IO.

Состояние процессора определяется в соответствии с таблицей 2.1 [1]:

Таблица 2.1 — Определение состояния шин

M/IO#	D/C#	W/R#	Refresh#	Тип цикла шины
0	0	0	1	Цикл подтверждения прерывания
0	0	1	1	Недопустимое состояния
0	1	0	1	Чтение данных из внешних устройств
0	1	1	1	Запись данных во внешние устройства
1	0	0	1	Чтение кодов из памяти
1	0	1	1	Останов или отключение
1	1	0	0	Цикл регенерации памяти
1	1	0	1	Чтение данных из памяти
1	1	1	1	Запись данных в память

Микропроцессор DD1 может работать в следующих режимах:

1. Потактовый;
2. Поцикловый;
3. Покомандный;
4. Автоматический.

Выбор режима задаётся с управляющей клавиатуры и осуществляется системным микроконтроллером.

В первых двух режимах роль управляющего микроконтроллера сводится к подаче тактовых импульсов на микропроцессор. Наблюдение за поведением микропроцессором ведётся с помощью светодиодов, отображающих состояние шины адреса, данных и управления. В последних двух режимах системный микроконтроллер обеспечивает возможность просмотра содержимого регистров микропроцессора и ячеек памяти.

Дешифратор DD21 служит для выбора внешних устройств микропроцессором. Поскольку микропроцессор i80386EX обладает совместимостью со стандартной архитектурой компьютеров PC/AT [1], то в младшие 4 КБ адресов пространства ввода-вывода включены адреса, закреплённые за стандартными устройствами DOS. Поэтому в качестве адресов устройств ввода-вывода, используемых на стенде, следует выбирать адреса, не перекрывающиеся со стандартными адресами устройств ввода-вывода DOS. Например, известно, что адреса ввода-вывода в диапазоне 000 h-01f h закреплены за контроллером прямого

доступа к памяти № 1, адреса 020 h-021 h — за контроллером приоритетных прерываний № 1 и так далее.

Поэтому в качестве базового адреса устройств ввода-вывода выбран адрес 0B0 h.

2.3 Клавиатура стенда

Клавиатура выполнена на отдельной плате. Внешний вид клавиатуры без кнопок показан на рисунке 2.4 а), а в собранном виде — на рисунке 2.4 б). На слое шелкографии (справа от клавиш) продублированы надписи, сделанные на колпачках, что позволяет использовать клавиатуру и без колпачков.

Принцип подключения клавиатуры иллюстрируется рисунком 2.5, а схема подключения электрическая принципиальная приведена в Приложении Г.

При изучении микропроцессора (режим МП), сканирование клавиатуры ведёт системный МК, который, регистрируя нажатие кнопки, выдаёт на пьезоэлектрический звуковой излучатель лабораторного стенда меандр различной частоты и продолжительности (в зависимости от функционального назначения кнопки и длительности её нажатия). Поэтому нажатие кнопок с разным функциональным назначением сопровождается характерным звуковым сигналом. При нажатии кнопок следует различать так называемые «короткое» и «продолжительное» нажатия. Продолжительным является нажатие длительностью более чем примерно 0.5 с, до появления характерного звукового сигнала.

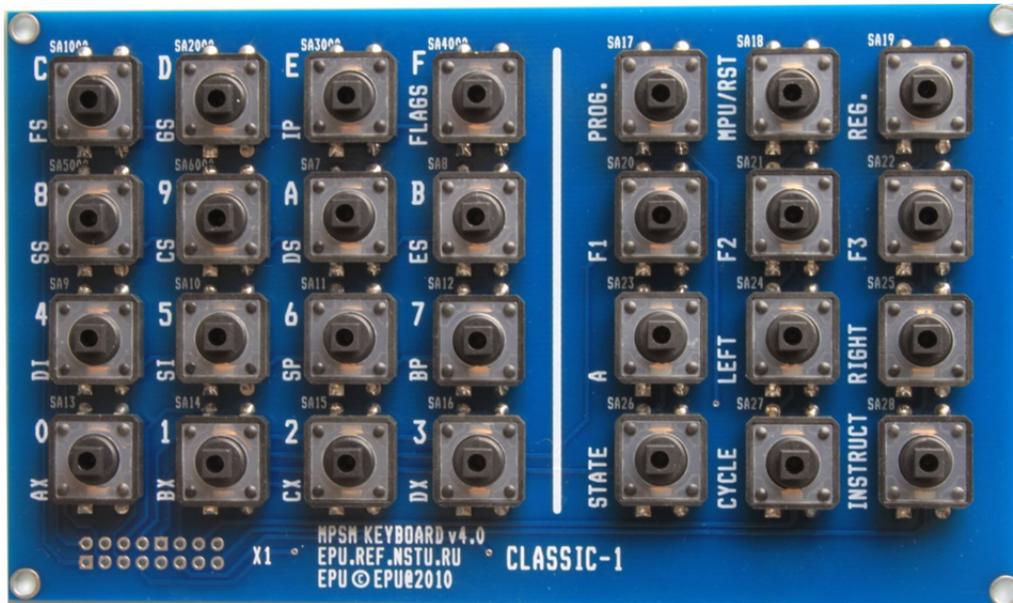
Клавиатура учебного лабораторного стенда, показанная на рисунке 2.4, состоит из блока цифровых клавиш (цифровая клавиатура — 16 клавишей, расположенных слева) и блока управляющих клавиш (управляющая клавиатура — 12 клавиш, расположенных справа).

Рассмотрим назначение клавиш в различных режимах работы.

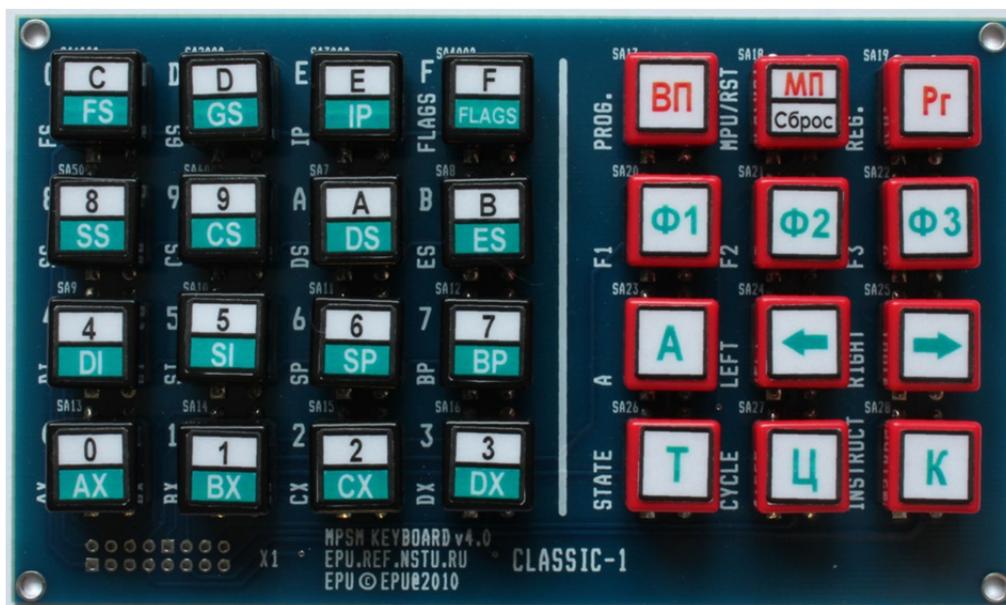
Управляющая клавиатура. Описание клавиш клавиатуры.

«ВП» — переход в режим ввода программы для МП (Ввод Программы в ОЗУ).

«МП/Сброс» — выполняет две функции: переход в режим выполнения программы микропроцессором и сброс микропроцессора. Сброс МП выполняется при продолжительном нажатии клавиши «МП/Сброс».



а)



б)

Рисунок 2.4 — Вид клавиатуры с кнопками без колпачков (а) и в собранном виде (б)

«Pr» — обеспечивает переход в режим просмотра содержимого регистров микропроцессора.

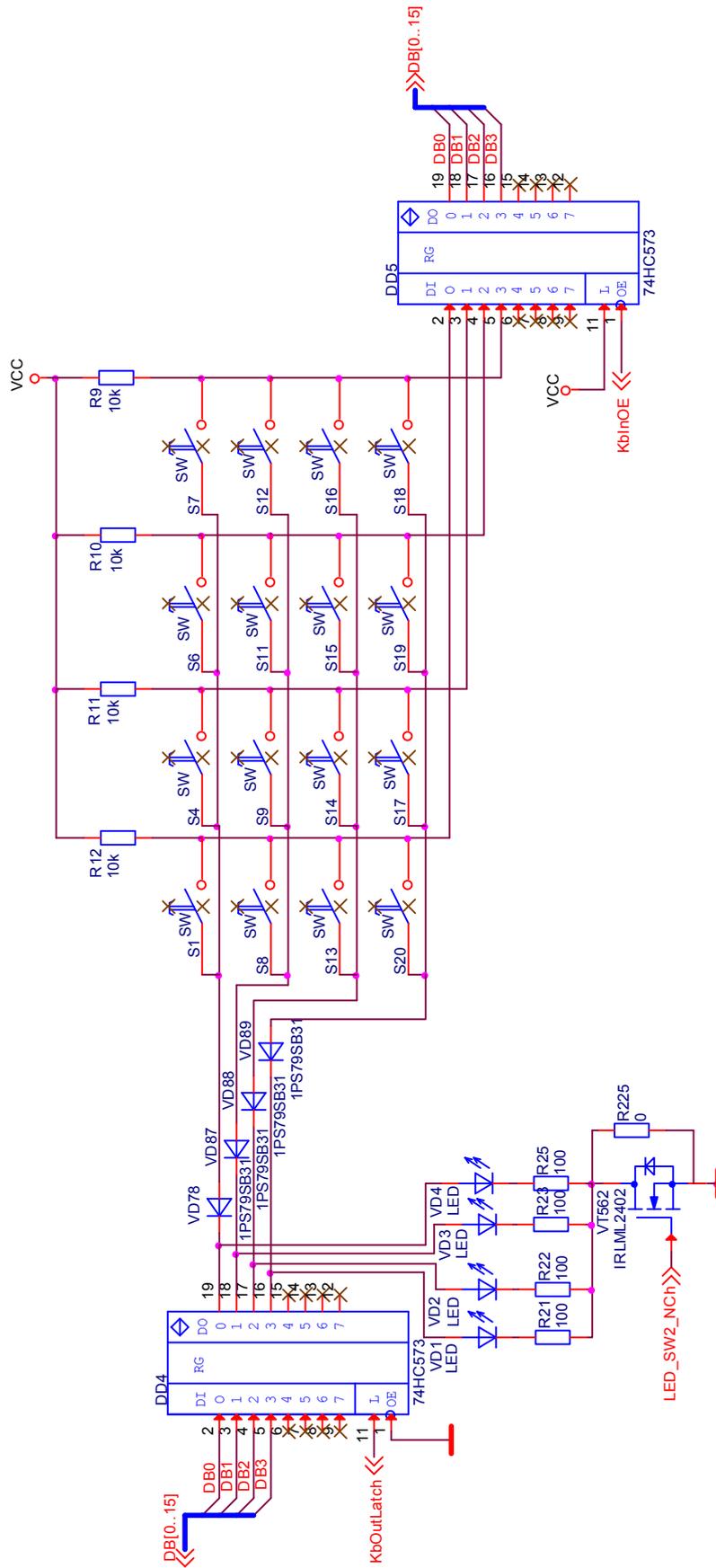


Рисунок 2.5 — Схема подключения клавиатуры

«Ф1», «Ф2» и «Ф3» — три функциональные клавиши. Клавиша «Ф1» предназначена для включения/выключения звука, сопровождающего нажатие клавиш. Продолжительное нажатие «Ф1» отключает звук при нажатии клавиш, следующее продолжительное нажатие кнопки «Ф1» — включает.

Клавиша «Ф2» служит для восстановления содержимого системной области памяти. Дело в том, что при автоматическом тактировании микропроцессора (и неверной программе пользователя), процессор, выходя за пределы программы пользователя и выполняя случайный код, может затереть системные программы, находящиеся в ОЗУ (см. карту памяти: обработчики TF, INT3, NMI, программа BIOS). Простой сброс процессора не приведет к восстановлению работы стенда. В этом случае правильная работа стенда в режиме МП не гарантируется, особенно при выполнении программы по командам, при переходе в другие режимы выполнения программы, при сбросе микропроцессора (так как в этих случаях МП использует приведенные выше обработчики и BIOS). Может наблюдаться неадекватная реакция стенда при нажатии клавиш «А», «Т», «Ц», «К», «сброс». Для восстановления работоспособности стенда в режиме выполнения программы МП необходимо восстановить системные программы в ОЗУ (выполнить регенерацию ОЗУ). Для того чтобы выполнить регенерацию ОЗУ не осуществляя сброс всего стенда, и не выключая питания, необходимо произвести продолжительное нажатие кнопки «Ф2». Пользователю также требуется проверить свою программу, которая может оказаться поврежденной.

Клавиша «Ф3» зарезервирована для будущего применения.

«А» — клавиша имеет двойную функцию. При коротком нажатии происходит запуск программы на автоматическое выполнение («А» — автомат). В этом случае микропроцессор постоянно тактируется внешним генератором. Автоматическое выполнение программы прекращается, если в программе встречается код 0CCh (int 3).

При продолжительном нажатии клавиши «А» происходит переход курсора в позицию адреса программы («А» — адрес). Адрес программы расположен в левой части верхней строчки ЖКИ. В этом состоянии можно задать стартовый адрес программы. Последующее продолжительное нажатие клавиши «А» возвращает

курсор в позицию адреса данных в нижней строке ЖКИ, и предоставляет возможность выполнения программы в каком-либо режиме.

«Т», «Ц», «К» — клавиши выбирают режим выполнения программы.

При нажатии клавиши «Т» (Такт) микропроцессор выполняет один такт. При нажатии клавиши «Ц» (Цикл) микропроцессор выполняет машинный цикл. При нажатии клавиши «К» (Команда) происходит выполнение микропроцессором одной команды.

В режиме ввода программы (ВП) в ОЗУ, переход в который производится нажатием клавиши ВП, используются следующие функции управляющих клавиш.

«А» — перейти к вводу адреса программы или данных в памяти. Продолжительное нажатие клавиши «А» переводит курсор в верхнюю левую часть ЖКИ, где располагается адрес ввода программ. Здесь с помощью цифровых клавиш можно изменить адрес, с которого начнётся выполнение программы в режиме МП. Следующее продолжительное нажатие клавиши «А» перемещает курсор на нижнюю строку, где можно вводить, просматривать и редактировать данные.

Короткое нажатие клавиши «А» переводит курсор в правую часть верхней строки. Здесь можно задать адрес данных, которые будут отображаться в режиме выполнения программ в нижней строке ЖКИ.

«←»/«→» — эти клавиши функционируют только в режиме ввода данных, и позволяют получить доступ к предыдущей/следующей тетраде данных (адреса). Продолжительное нажатие клавиши со стрелкой вызывает перемещение на 5 байт в адресном пространстве в соответствующем направлении.

Цифровая клавиатура. С помощью цифровой клавиатуры можно вводить шестнадцатеричные цифры (двоичные тетрады), и выбирать регистры микропроцессора (*ax, bx, cx, dx, di, si, sp, bp, ss, cs, ds, es, fs, gs, ip, flags*) для отображения их содержимого на экране ЖКИ.

В режиме ввода программы в ОЗУ, который выбирается нажатием клавиши «ВП», цифровая клавиатура используется для ввода соответствующих шестнадцатеричных цифр. При нажатии клавиши вводится цифра, указанная на кнопке сверху.

В режиме просмотра регистров МП, вызываемого нажатием управляющей клавиши Pg, цифровая клавиатура используется для выбора регистра, состояние которого необходимо отобразить на ЖКИ. При нажатии кнопки выбирается регистр, имя которого указано на клавише снизу.

В этом режиме продолжительное нажатие клавиши, соответствующей выбранному регистру ax, bx, c, dx, di, si, sp bp, переводит стенд в режим редактирования содержимого регистра. Нажимая на цифровые клавиши можно изменить содержимое указанных регистров. Выход из режима редактирования содержимого регистров происходит при повторном продолжительном нажатии клавиши, соответствующей выбранному регистру.

2.4 Светодиодная индикация

Блок светодиодной индикации служит для отображения состояния системных шин лабораторного стенда. Системные шины — это шины, связывающие между собой микропроцессор, ОЗУ, устройства ввода-вывода. Системными шинами являются шина адреса, шина данных и шина управления. В первом ряду сверху располагается линейка светодиодов шины адреса. На них отображается состояние девятнадцати разрядов шины адреса. Процессор не имеет вывода A0, поэтому в качестве A0 отображается инверсия сигнала #BLE (чтения/запись младшего байта ОЗУ). Линейка светодиодов шины адреса представлена на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 — Линейка светодиодов шины адреса

Во втором ряду располагаются светодиоды, отображающие состояние шины данных. Линейка светодиодов шины данных представлена на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 — Линейка светодиодов шины данных

Применительно к шине адреса и данных состояние светодиода означает следующее. Если светодиод светится, то на шине выставлен сигнал высокого уровня, если не светится — низкого.

Левее индикаторов шины данных располагаются светодиоды, отображающие состояние сигналов управления МП. Последовательность сигналов управления МП, представлена на рисунке 2.8. Шина управления работает в инверсной (негативной) логике. Поэтому если на линии выставлен сигнал низкого уровня, то светодиод светится, а если присутствует высокий уровень напряжения, то светодиод не светится. Т. е. светящийся светодиод отображает активность сигнала управления низкого уровня.

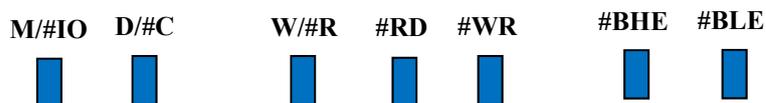


Рисунок 2.8 — Линейка светодиодов шины управления

В шину управления входят следующие сигналы:

M/#IO — показывает, что процессор в данный момент обращается к памяти (Memory — высокий уровень) или к внешним устройствам (IO — низкий уровень);

D/#C — показывает, что процессор работает с данными (Data — высокий уровень) или с командами (Control — низкий уровень);

W/#R — показывает, является ли текущий шинный цикл циклом записи (Write — высокий уровень) или чтения (Read — низкий уровень);

#RD — показывает, что процессор осуществляет чтение;

#WR — показывает, что процессор осуществляет запись;

#BHE — показывает, что осуществляется передача старшего байта данных (Byte High Enable);

#BLE — показывает, что осуществляется передача младшего байта данных (Byte Low Enable).

Традиционно на шине управления действует негативная логика, поэтому свечение СИД говорит об активном уровне сигнала. Например, свечение светодиода M/IO# говорит о том, что активна функция ввода-вывода IO.

Схема электрическая принципиальная модуля светодиодной индикации приведена в Приложении Д. Транзисторы VT566 и VT567 заложены для дальнейшего развития — обеспечения программной установки яркости свечения СИД. В данной версии программного обеспечения стенда это не реализовано.

2.5 Жидкокристаллический индикатор

На стенде, рядом с клавиатурой (рисунок 2.3), установлен двухстрочный символьный жидкокристаллический дисплей со встроенным контроллером (жидкокристаллический индикатор — ЖКИ) WH1602B или аналогичный (рисунок 2.9).

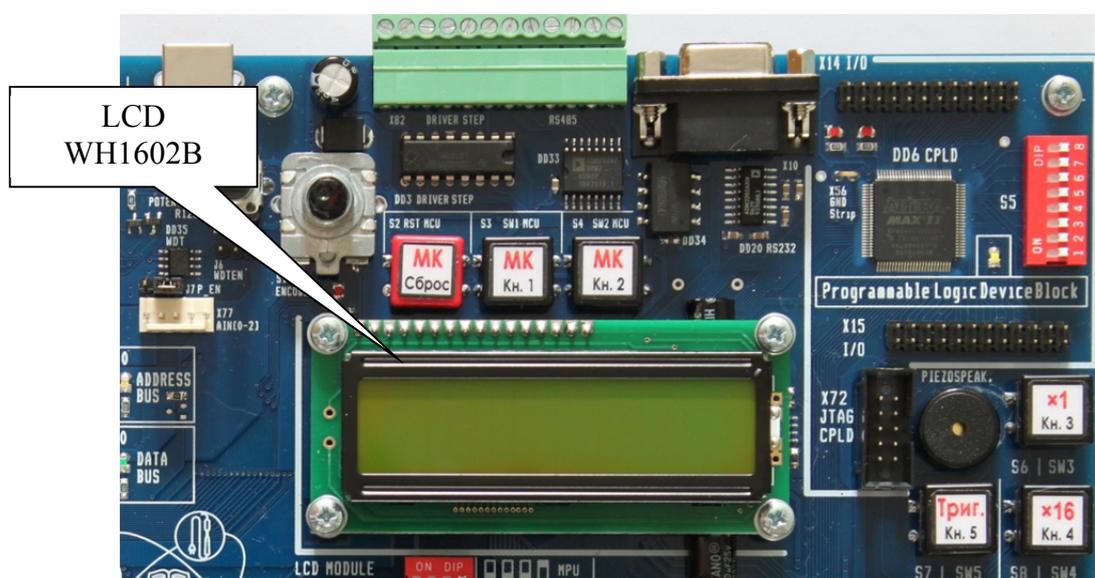


Рисунок 2.9 — Символьный жидкокристаллический дисплей

Жидкокристаллические индикаторы данного типа получили широкое распространение благодаря своей функциональности и простоте управления. Дисплей позволяет отображать не только цифры, но и буквы, а также имеет возможность загрузки пользовательских символов. Контроллер дисплея является полным аналогом HD44780 фирмы Hitachi, который можно считать фактически

промышленным стандартом. Подключение дисплея осуществляется посредством параллельной восьми- или четырехпроводной линии данных и трех линий управления: E - стробирование, RS – выбор регистра, R/W – выбор записи-чтения. Линии данных подключены к порту P4 лабораторного микроконтроллера DD9, линии управления: E – P2.7; RS – P2.6; R/W – P2.5. Для предотвращения выведения из строя выходных буферов дисплея при подаче сигнала чтения с настроенными на выход линиями порта P4, в линии данных включены токоограничивающие резисторы номиналом 2 кОм. При работе с дисплеем следует учитывать, что порт P4 DD9 также используется как шина данных, и все источники сигнала на ней должны быть переведены в неактивное состояние. Стенд позволяет осваивать как четырех-, так и восьмипроводный интерфейс, при этом для реализации четырехпроводного интерфейса используются только старшие линии порта P4.

Схема электрическая принципиальная подключения ЖКИ приведена в Приложении Е.

При работе в режиме микропроцессора, в режиме ввода программы и в режиме редактирования на ЖКИ отображаются вводимые пользователем адреса и данные. В режиме выполнения программы на ЖКИ отображается содержимое регистра IP и расположенные по соответствующему адресу машинные коды, а также область данных, адрес которой был выбран заранее. В режиме просмотра регистров МП ЖКИ отображает текущее содержимое регистров.

2.6 Разделяемые внешние устройства

К разделяемым ресурсам внешних устройств относятся 8 DIP-переключателей S10, разъём X100, переключатель J100, линейка семисегментных индикаторов (Приложение Ж), пьезоизлучатель (Приложение З) и ряд других, приведённых в приложениях И – М.

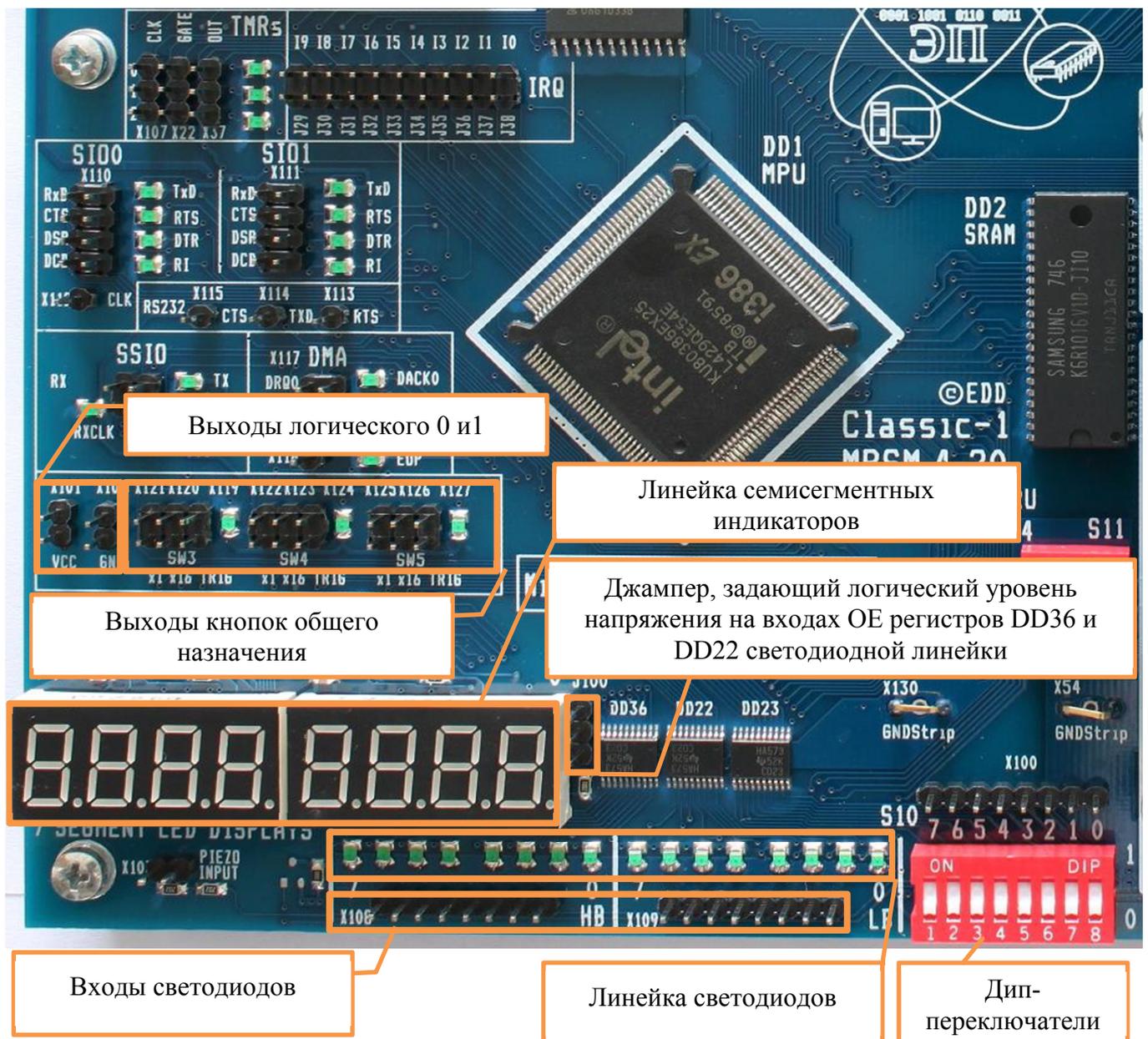


Рисунок 2.10 — Разделяемые внешние устройства

2.6.1 DIP переключатель

S10 – Восемь DIP-переключателей, справа младший разряд - слева старший. Является входным устройством для микропроцессора по адресу 0xB0h. Чтобы прочитать состояние переключателей микроконт`роллером, необходимо вывести строб чтения в P3.5 DD9, а полученную информацию считать с шины данных через P4. Не забываем после этого снять строб чтения с P3.5.

К выходам переключателей также подключены соответственно восемь PIN-выходов (разъём X100) для получения восьми цифровых выходов общего

пользования при необходимости подачи 1 и 0 в любую часть стенда посредством коммутационных проводников, входящих в комплект поставки. Также в качестве источников 1 и 0 могут служить выводы X101, X102 соответственно.

2.6.2 Выходы логического 0 и 1

X101, X102 сдвоенные выводы логической единицы и логического нуля (рисунок 2.10).

2.6.3 Кнопки общего назначения

На стенде присутствуют три кнопки общего назначения SW3(S6), SW4(S8), SW5(S7) (рисунок 2.11). Сигнал с каждой кнопки обрабатывается системными ПЛИС и выводится на три двухвыводных разъёма.

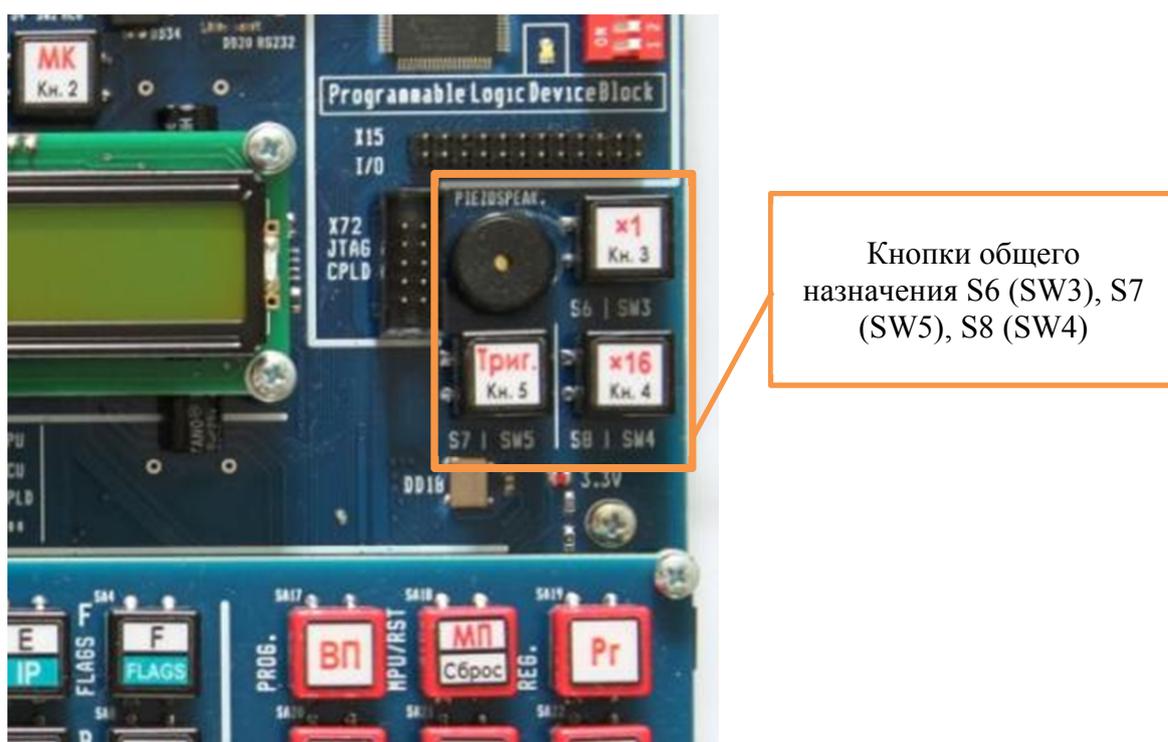


Рисунок 2.11 — Общий вид стенда

Так X121, X120, X119 - три выхода кнопки общего пользования SW3(S6). Все выводы спаренные – верхний и нижний выводы разъемов замкнуты между собой для подачи сигнала на два входа стенда одновременно (например на входы CLK двух таймеров). X121 – выход x1 («нефиксируемая кнопка») формирующий

уровень «1» при нажатии на кнопку. X120 – выход x16 («пачка импульсов»). На выходе формируется пачка из 16 импульсов. Удобно использовать для тактирования асинхронных портов, в которых каждый бит передается минимум за 16 тактов на входе CLK. X119 – выход TRIG («переключатель»). Работает в режиме «фиксируемая кнопка». Каждое нажатие кнопки приводит к инверсии сигнала на выходе, состояние которого отображается на рядом расположенном светодиоде. Все кнопки имеют подавление дребезга контактов.

X122, X123, X124 - три выхода кнопки общего пользования SW4(S8). Описание действия полностью соответствует вышеописанной кнопке SW3.

X125, X126, X127 - три выхода кнопки общего пользования SW5(S7). Описание действия полностью соответствует вышеописанной кнопке SW3.

2.6.4 Линейка светодиодов

DD22 – регистр-защёлка, подключен к младшему байту шины данных, с адресом 0xB0h. К DD22 подключены восемь светодиодов. Справа отображается младший разряд - слева старший. Для обращения к этому регистру из микроконтроллера необходимо восьмиразрядные данные вывести на порт 4 DD9, который подключен к шине данных, а стробирующий сигнал записи (лог. «1») вывести на P3.0 DD9.

DD36 – регистр-защёлка подключен к старшему байту шины данных, с адресом 0xB0h. К DD36 также подключены восемь светодиодов. Справа отображается младший разряд - слева старший. Для микроконтроллера этот регистр недоступен.

J100 — переключатель, задающая логический уровень напряжения на входах OE регистров DD36 и DD22 светодиодной линейки. При замыкании среднего вывода с верхним выходы DD36 и DD22 становятся активными, и светодиодная линейка отображает содержимое этих регистров. При замыкании среднего вывода с нижним выходы регистров DD36 и DD22 переходят в Z-состояние. В этом режиме на светодиоды можно подавать сигналы через PLS-разъёмы X108, X109 для отображения состояния различных сигналов стенда.

2.6.5 Линейка семисегментных индикаторов

На стенде расположены восемь семисегментных индикаторов с динамическим режимом вывода. Регистр сегментов доступен микропроцессору по адресу 0x202. Регистр разрядов по адресу 0x200. Информация на регистры подается в инверсном виде. Чтобы включить соответствующий разряд необходимо записать «0» в соответствующий разряд по адресу 0x200. Аналогичен вывод и в регистр сегментов. Для вывода на эти индикаторы информации из микроконтроллера необходимо выставить информацию на P4 DD9 (шину данных) и сформировать строб записи на P3.1, для записи в регистр сканирования разрядов, а в P3.2 для вывода в регистр сегментов.

2.7 Блок синхронного порта

Блоки, описываемые в разделах 2.7 — 2.11 представлены на схеме электрической принципиальной в Приложении И («Схема электрическая принципиальная модуля периферии МП»).

X118 – разъём для работы с синхронным портом микропроцессора (рисунок 2.12). На разъём выведены 4 сигнала: Rx, Tx, RxCLK, TxCLK. Все выводы, кроме Rx, подключены к светодиодным индикаторам расположенным рядом с соответствующими выводами.



Рисунок 2.12 — Блок синхронного порта

2.8 Блок асинхронных портов

X111 - на этот разъём выводятся сигналы микропроцессора для работы с асинхронным последовательным портом SIO1 (рисунок 2.13). Светодиоды, расположенные справа, отображают состояние соответствующих выходов.

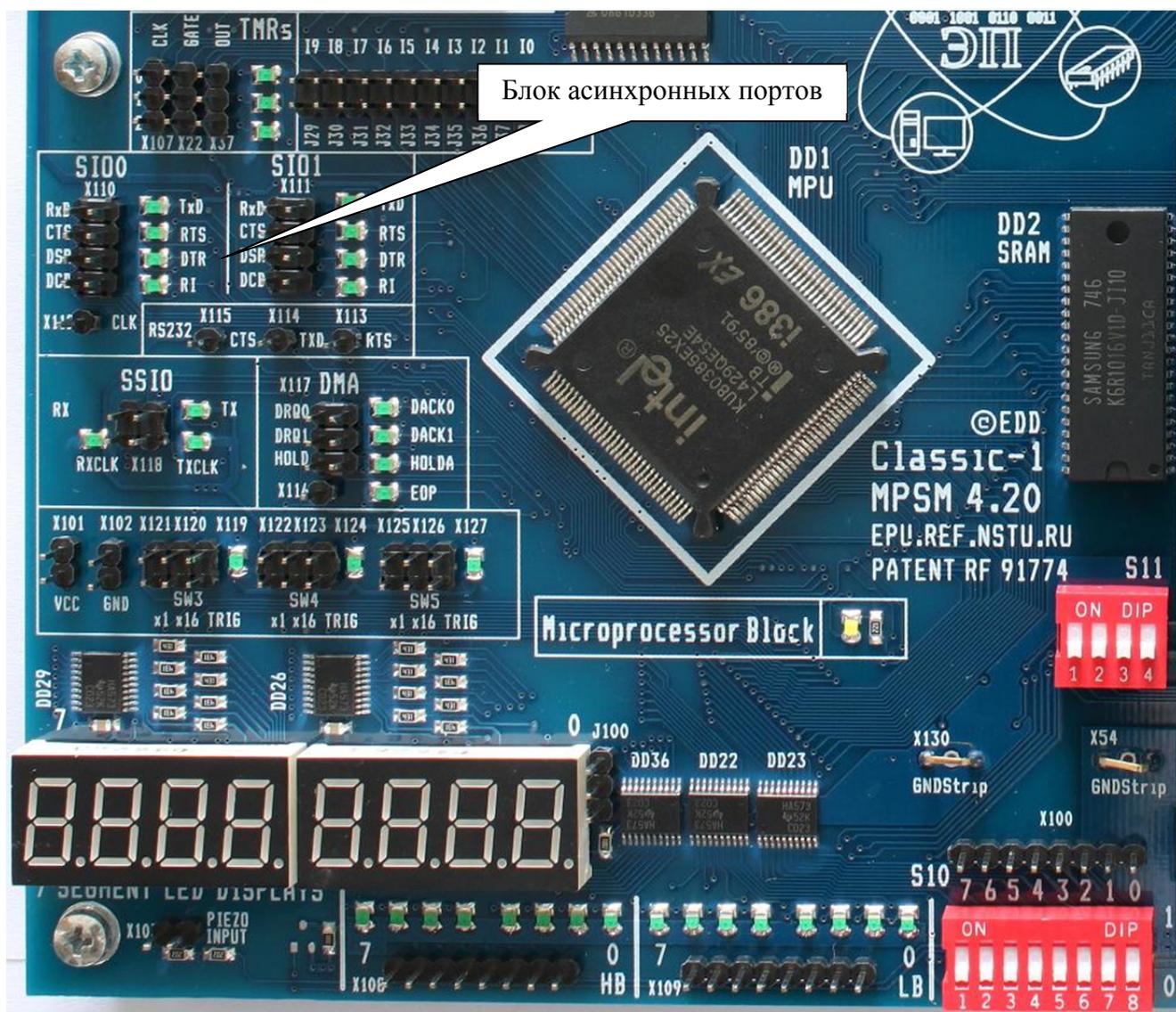


Рисунок 2.13 — Блок асинхронных портов

X112 — вход тактирующего сигнала для обоих асинхронных последовательных портов.

X113, X114, X115 – разъёмы, подключённые к выводам преобразователя уровней DD20. Эти выводы надо коммутировать с соответствующими сигналами

последовательных портов для обмена информацией с внешним устройством (например ПК) через интерфейс RS-232.

2.9 Блок контроллера ПДП

X117, X116 - разъёмы для работы с контроллером ПДП (рисунок 2.14). На разъём X117 выведены входы контроллера ПДП DRQ0, DRQ1, HOLD. На разъём X116 вход EOP. Справа от разъёмов находятся светодиоды, на которых отображаются состояния выходов DACK0, DACK1, HOLDA, EOP.

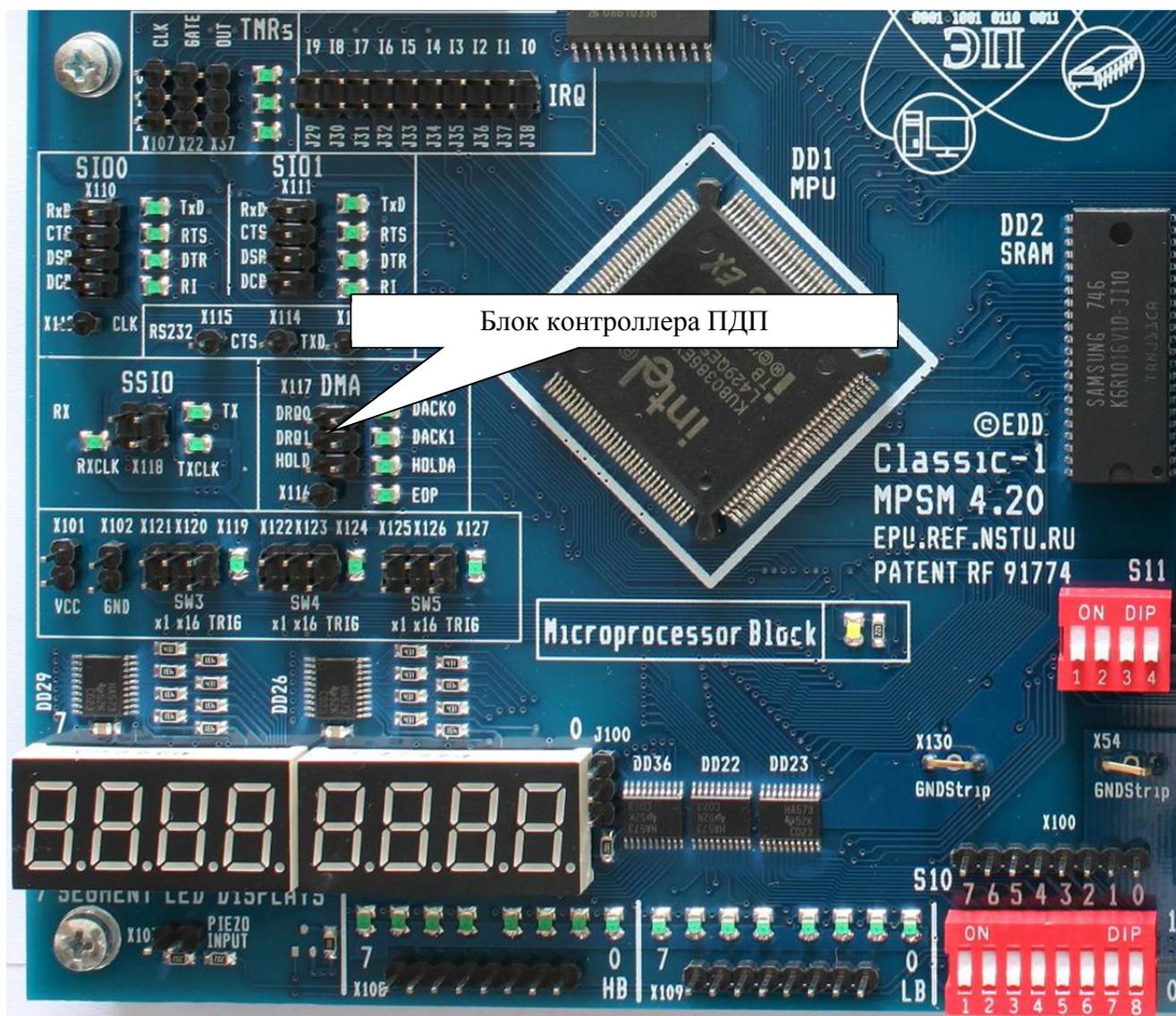


Рисунок 2.14 — Блок ПДП

2.10 Блок таймеров

К блоку таймеров относятся разъёмы X107, X22 и X37 (рисунок 2.15).

X107 – Тактовые входы таймеров. Сверху вниз 0-1-2.

X22 – входы GATE таймеров. Сверху вниз 0-1-2.

X37 – Выходы таймеров. Сверху вниз 0-1-2. Справа от выходов светодиоды отображающие состояние соответствующих выходов.

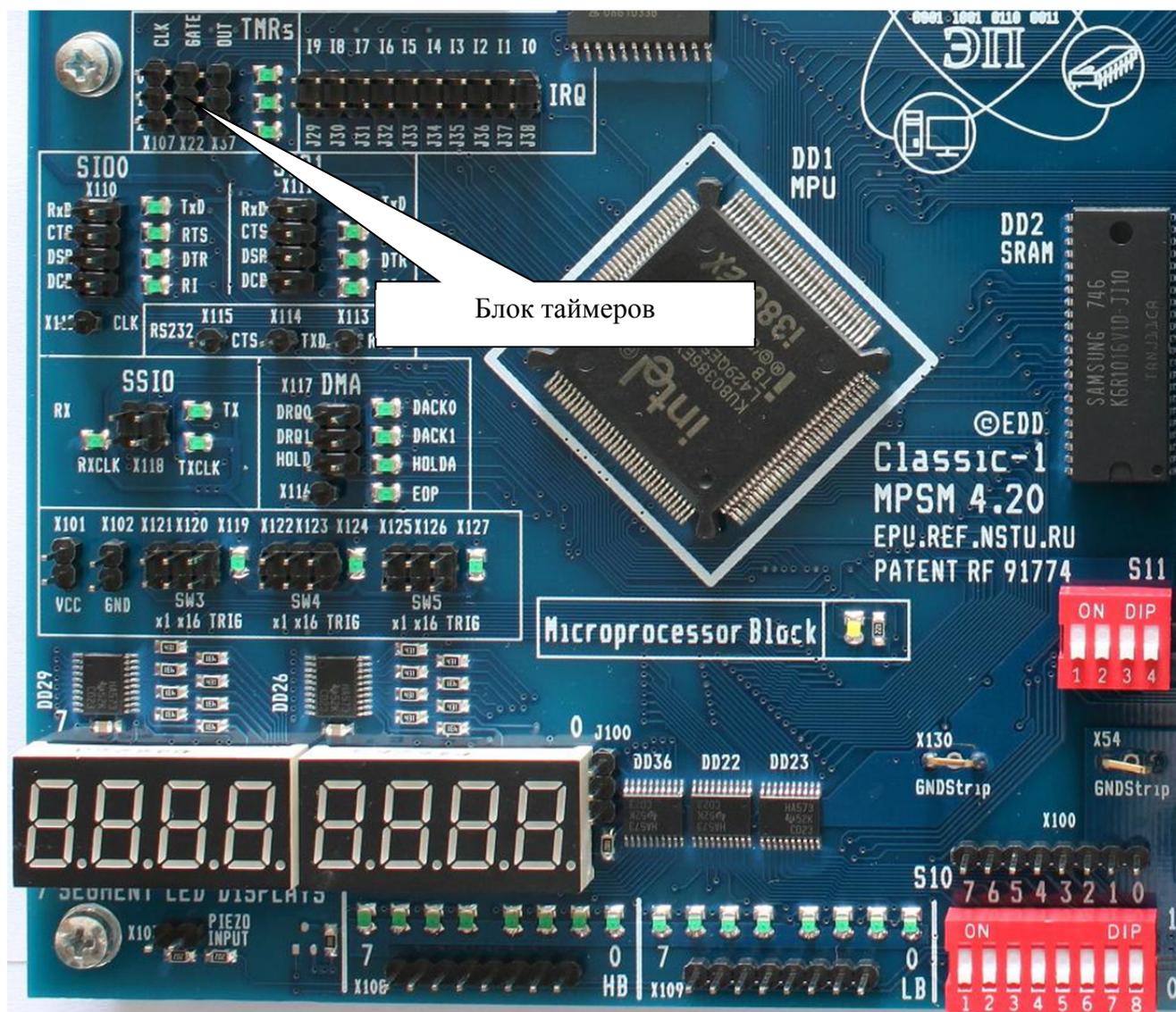


Рисунок 2.15 — Блок таймеров

2.11 Блок программируемого контроллера прерываний

J29-J38 — входы запросов прерываний (рисунок 2.16). Верхние выводы подключены к соответствующим входам запросов прерываний микропроцессора. Нижние выводы все объединены и на них подан уровень логической 1. В разомкнутом состоянии на входах запросов логический 0. При замыкании соответствующей перемычки на вход подаётся «1».

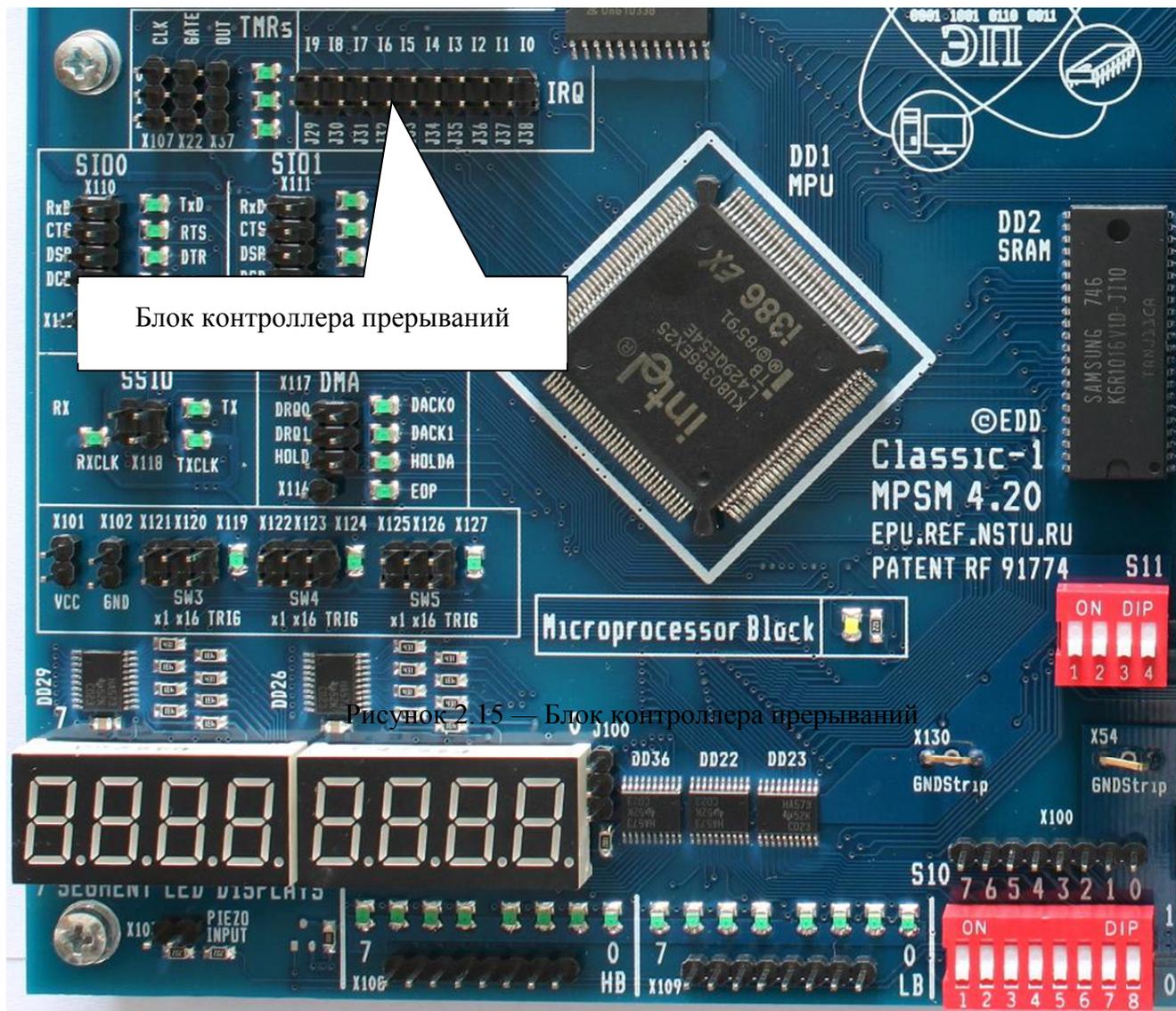


Рисунок 2.15 — Блок контроллера прерываний

Рисунок 2.16 — Блок программируемого контроллера прерываний

2.12 Serial Peripheral Interface

Serial Peripheral Interface (SPI) – один из стандартных синхронных последовательных интерфейсов, широко используемых производителями электронных компонентов. Передача данных происходит между двумя устройствами, один из которых является ведущим, а другой – ведомым. Как правило, роль ведущего устройства выполняет микроконтроллер. К одному SPI интерфейсу может быть подключено несколько ведомых устройств. Поскольку интерфейс разрабатывался как высокоскоростной, в нем не предусмотрена адресация, выбор активного ведомого устройства осуществляется аппаратно при помощи выделенных сигналов. Иногда эти сигналы также используются для синхронизации передачи кадров. Активным является то устройство, на линию выбора которого подан логический ноль. Кроме сигнала выбора ведомого устройства, отдельного для каждого из ведомых на шине, интерфейс имеет линии передачи данных: от ведущего к ведомому (MOSI), от ведомого к ведущему (MISO) и сигнал синхронизации передачи (SCK). Таким образом, если на шине имеется три ведомых устройства, для организации интерфейса SPI понадобится шесть линий: MOSI, MISO, SCK и три линии выбора ведомого.

При передаче данных ведущее и ведомое устройства образуют распределенный сдвиговый регистр. Ведущее устройство формирует на линии синхронизации тактирующий сигнал, по которому происходит последовательный сдвиг выходного регистра данных ведущего во входной регистр данных ведомого и выходного регистра данных ведомого во входной регистр данных ведущего. Таким образом, для получения данных от ведомого устройства ведущим, ведущее устройство должно начать передачу данных ведомому. Полярность сигнала тактирования и фронт, по которому осуществляется считывание состояния линий передачи в сдвиговые регистры, может различаться и должна быть оговорена заранее. Сведения о синхронизации передачи данных могут быть получены из документации на ведомое устройство.

Изучаемый микроконтроллер имеет один интерфейс SPI, который может работать как в режиме ведущего, так и ведомого устройства. Для изучения интерфейса на стенде имеются (рисунок 2.17):

1. DataFlash AT45DB161D;
2. FRAM FM25L256B;
3. разъем для подключения карт памяти SD/MMC;
4. разъем расширения для подключения других устройств X47.

Линии интерфейса подключены к портам:

- P0.0 – SCK;
- P0.1 – MISO;
- P0.2 – MOSI;
- P2.0 – выбор FRAM;
- P0.3 – выбор DataFlash, SD/MMC и выбор микроконтроллера в режиме ведомого.

Порт P0.3 имеет несколько функций, которые выбираются при помощи перемычек J4 и J5 (рисунок 2.17).

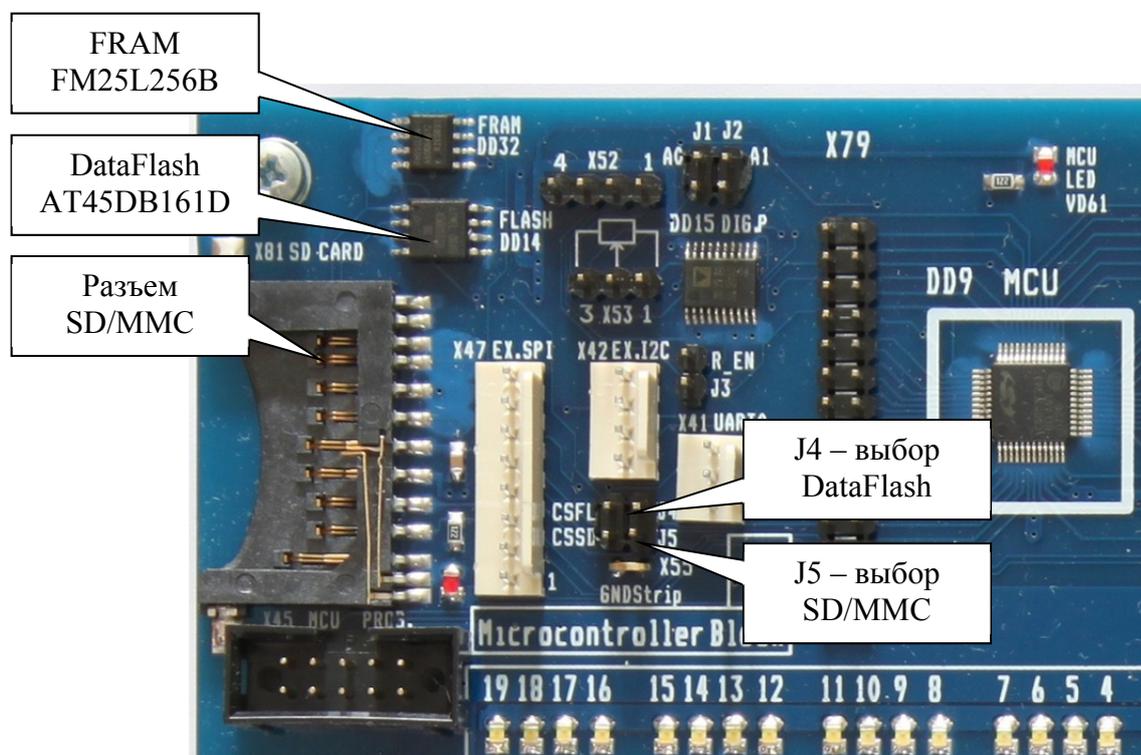


Рисунок 2.17 — Интерфейс SPI

При установленной перемычке J4 (CSFL) P0.3 является выбором ведомого DataFlash, при установленной перемычке J5 (CSSD) – SD/MMC. Одновременно может быть установлена только одна из перемычек J4, J5. Для использования SPI интерфейса микроконтроллера в качестве ведомого при подключении к ведущему устройству через разъем расширения X47 (EX.SPI) обе перемычки необходимо снять.

Все линии выбора ведомого имеют подтягивающие резисторы номиналом 2 кОм, обеспечивающие лог. 1 в пассивном состоянии ведомых устройств при разомкнутых перемычках J4, J5.

Схема электрическая принципиальная, соответствующая разделам 2.12 — 2.18 приведена в Приложении К.

2.13 FRAM

FRAM — это тип энергонезависимой памяти, отличающийся тем, что количество циклов записи-стирания для нее не ограничено; запись происходит без задержек, что характерно для EEPROM и Flash-памяти. На стенде установлена FRAM производства Ramtron - FM25L256B или аналогичная. Доступ к ней осуществляется по шине SPI, в качестве линии выбора устройства используется порт микроконтроллера P2.0. Для корректной работы шины SPI при подаче логического нуля на порт P2.0, на порт P0.3 должен выводиться логическая единица, или перемычки J4, J5 должны быть сняты (рисунок 2.17).

2.14 DataFlash

На стенде установлена микросхема последовательной Flash-памяти AT45DB161D или аналогичная. Подключение AT45DB161D осуществляется по интерфейсу SPI. Для выбора Flash-памяти в качестве ведомого устройства на шине используется порт микроконтроллера P0.3, при этом должна быть установлена перемычка J4 и снята перемычка J5 (рисунок 2.17).

2.15 SD/MMC

Карты памяти формата SD и MMC получили широкое распространение в различных электронных устройствах. На стенде имеется разъем для подключения как SD, так и MMC карт. Оба типа карт, кроме собственного интерфейса, поддерживают интерфейс SPI. Таким образом, для работы с ними может использоваться аппаратный SPI интерфейс микроконтроллера. Для работы с SD/MMC необходимо установить перемычку J5 и снять перемычку J4 (рисунок 2.17). Выбор в качестве ведомого устройства карты SD или MMC осуществляется линией P0.3.

2.16 Энкодер

Энкодеры широко используются в современной электронике. Область их применения лежит от систем контроля перемещения, скорости и направления вращения электродвигателей до устройств управления бытовыми приборами, такими как стиральные машины и микроволновые печи. В последнем случае наибольшее распространение получили механические энкодеры. Один из таких энкодеров установлен на стенде (рисунок 2.18).

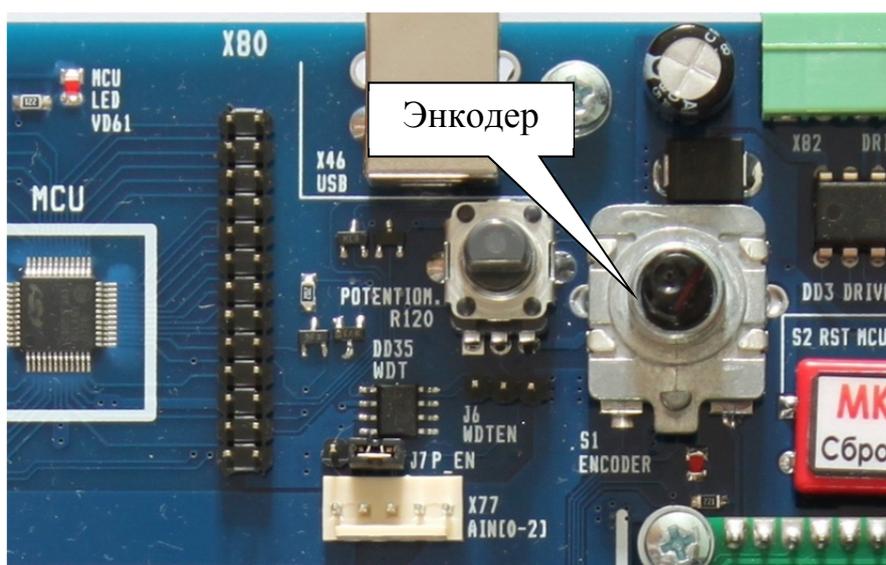


Рисунок 2.18— Энкодер

Механический энкодер имеет два замыкающихся при вращении на общий провод контакта. Последовательность, в которой происходит замыкание контактов,

зависит от направления вращения. На полный оборот вала установленного на стенде энкодера приходится по двенадцать замыканий каждого из контактов. Выходы энкодера подключены к портам P1.4, P1.5 и имеют подтягивающие резисторы номиналом 2 кОм, обеспечивающие логическую единицу на входах микроконтроллера при разомкнутых контактах. Следует учитывать, что при вращении вала энкодера может наблюдаться дребезг контактов.

2.17 Цифровой потенциометр

Цифровые потенциометры играют в электронных схемах ту же роль, что и обычные переменные или подстроечные резисторы. Их также можно рассматривать как цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) с памятью.

Установленный на стенде (рисунок 2.19) цифровой потенциометр AD5254BRUZ100 (DD15, Приложение К) является энергонезависимым четырёхканальным 8-битным потенциометром, с диапазоном изменения сопротивлений от 0 до 100 кОм.

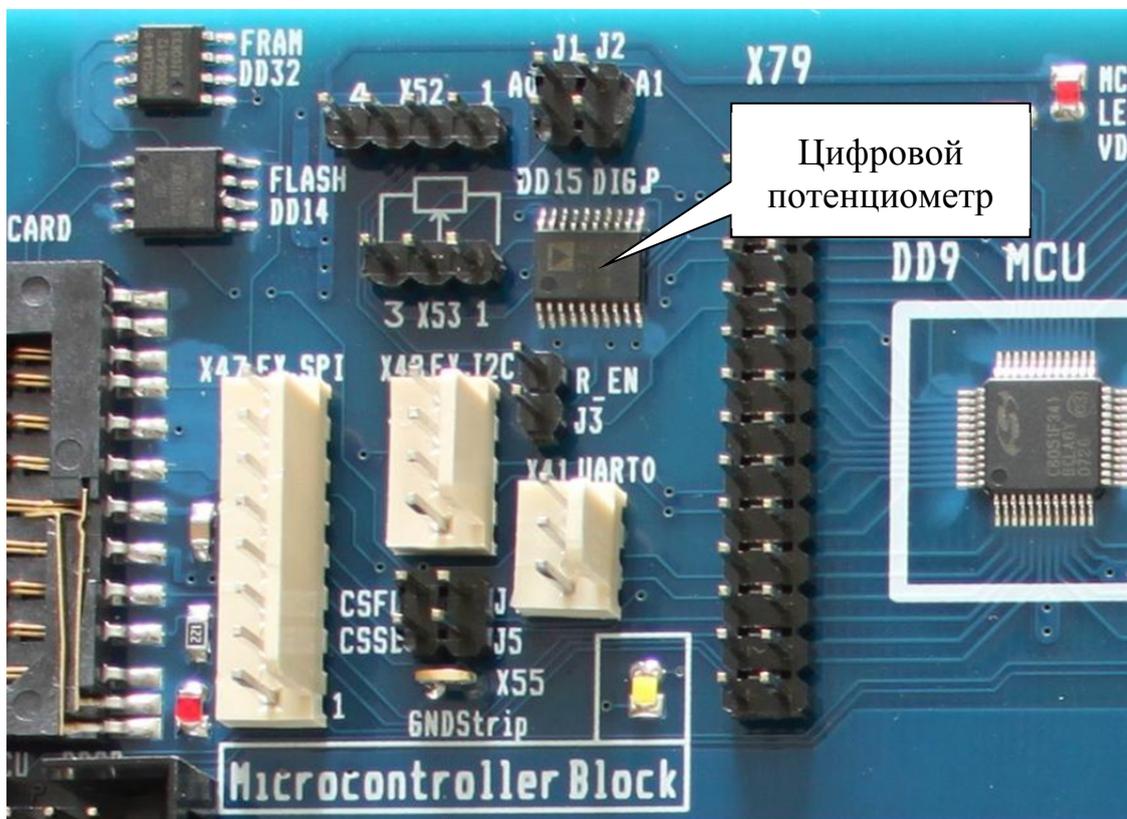


Рисунок 2.19— Цифровой потенциометр

Связь с управляющим контроллером осуществляется с помощью интерфейса I²C. Перемычки, помещаемые на контакты J1, J2, позволяют аппаратно задавать адрес цифрового потенциометра в диапазоне от 0 (если установлены обе перемычки) до 3 (если обе перемычки сняты).

В каналах 0 — 2 «верхние» контакты подсоединены к источнику питания +3.3 В, а «нижние» — к земле. «Движковые» контакты этих каналов выведены на разъём X52. В канале № 3 цифрового потенциометра все выводы подсоединены к контактам разъёма X53.

Замкнув перемычкой контакты разъёма J3 можно контакт «движка» нулевого канала подключить к входу ADC3 АЦП изучаемого микроконтроллера. При этом следует снять перемычку с разъёма J7, чтобы отключить от входа АЦП выход аналогового переменного резистора.

Программирование позволяет изменять сопротивление канала с дискретностью в один шаг (1/256) или на + 6 дБ (– 6 дБ).

2.18 Блок элементарной периферии микроконтроллера

VD61 – светодиод, подключённый к выводу P2.4 микроконтроллера.

S2 - кнопка сброса изучаемого микроконтроллера.

S3, S4 – кнопки, подключённые к портам P0.6, P0.7 учебного микроконтроллера.

2.19 Интерфейсы RS-232 и RS-485

Стенд позволяет изучать интерфейсы RS-232 и RS-485, при этом интерфейс RS-485 гальванически изолирован от основного питания стенда. RS-232 выведен на стандартный разъём DB9 (X10) (подключение по стандарту RS-232). RS-485 выведен на разъёмную клеммную колодку X82 (7X82 – А, 8X82 – В, 9X82 – Z, 10X82 – Y) (рисунок 2.20, Приложение Н).

Когда стенд работает в режиме МК, UART0 изучаемого микроконтроллера DD9 (P0.4 – TxD, P0.5 – RxD) может быть скоммутирован либо с трансивером

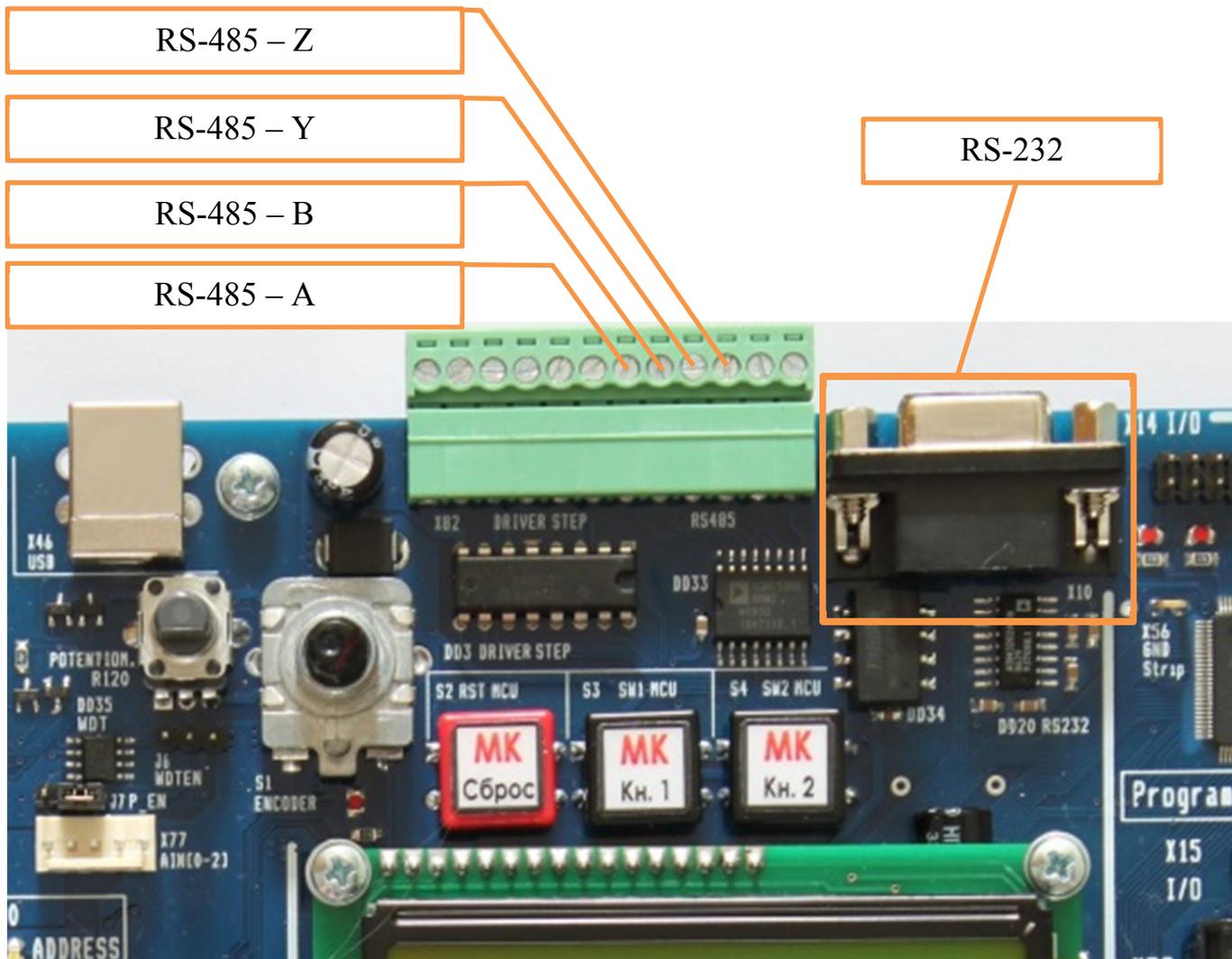


Рисунок 2.20— Разъёмы RS – 232 и RS – 485

RS-232 либо с трансивером RS-485. Если на P1.7 DD9 — низкий логический уровень, то UART0 подключен к трансиверу RS-232. Если на P1.7 DD9 присутствует высокий логический уровень, то UART0 подключен к трансиверу RS-485.

2.20 Работа с шаговым двигателем

На стенде присутствует классический драйвер шагового двигателя L293 (DD3). Выходы драйвера шагового двигателя подключены к разъёму X82 (рисунок 2.21). Схема подключения драйвера шагового двигателя приведена в приложении Н.

В режиме МК Р3.6 управляет выходом драйвера №1, Р1.3 управляет выходом драйвера №2, Р1.6 управляет выходом драйвера №3, Р3.7 управляет выходом драйвера №4.

На стенде драйвер питается от отдельного стабилизированного источника 5 В, 1.5 А. Если пользователю необходимо работать с более высоковольтными (более мощными) шаговыми двигателями то через разъём X82 предусмотрено подключение внешнего источника питания драйвера шагового двигателя (рисунок 2.20).

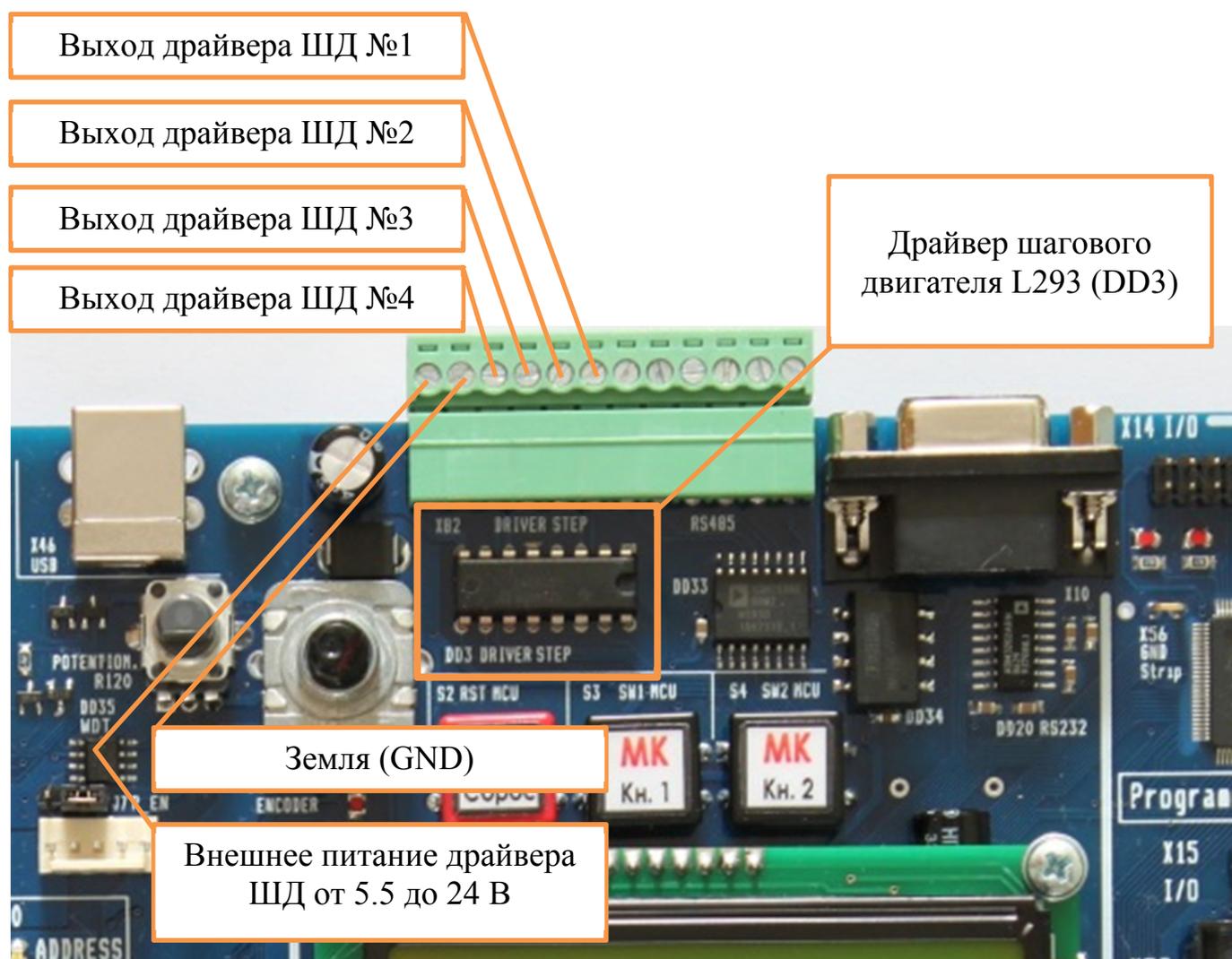


Рисунок 2.21— Разъёмы RS – 232 и RS – 485

Напряжение внешнего источника должно быть в пределах 24 В. Драйвер будет получать питание от внешнего источника, если его напряжение больше 5.5 В (см. схему подключения в приложении Н).

2.21 Дополнительные возможности

2.21.2 Плата расширения для изучения микроконтроллера Atmega128

Микропроцессорный стенд может использоваться для изучения различных микроконтроллеров и не ограничивается установленным на стенде микроконтроллером C8051F341. Плата расширения с микроконтроллером ATmega128 (рисунок 2.22) устанавливается над основным микроконтроллером, для чего предназначены разъемы X79, X80 (рисунок 2.23), при этом C8051F341 переводится в неактивное состояние и все ресурсы стенда становятся доступны ATmega128. На плате расширения, помимо микроконтроллера, имеется (Рис. 2.22):

- разъем для внутрисхемного программирования (X5);
- разъем для внутрисхемной отладки и программирования (X2);
- разъем USART1 (X3);
- кнопка сброса микроконтроллера;
- основной кварцевый резонатор для тактирования микроконтроллера;
- часовой кварцевый резонатор для тактирования асинхронного таймера.

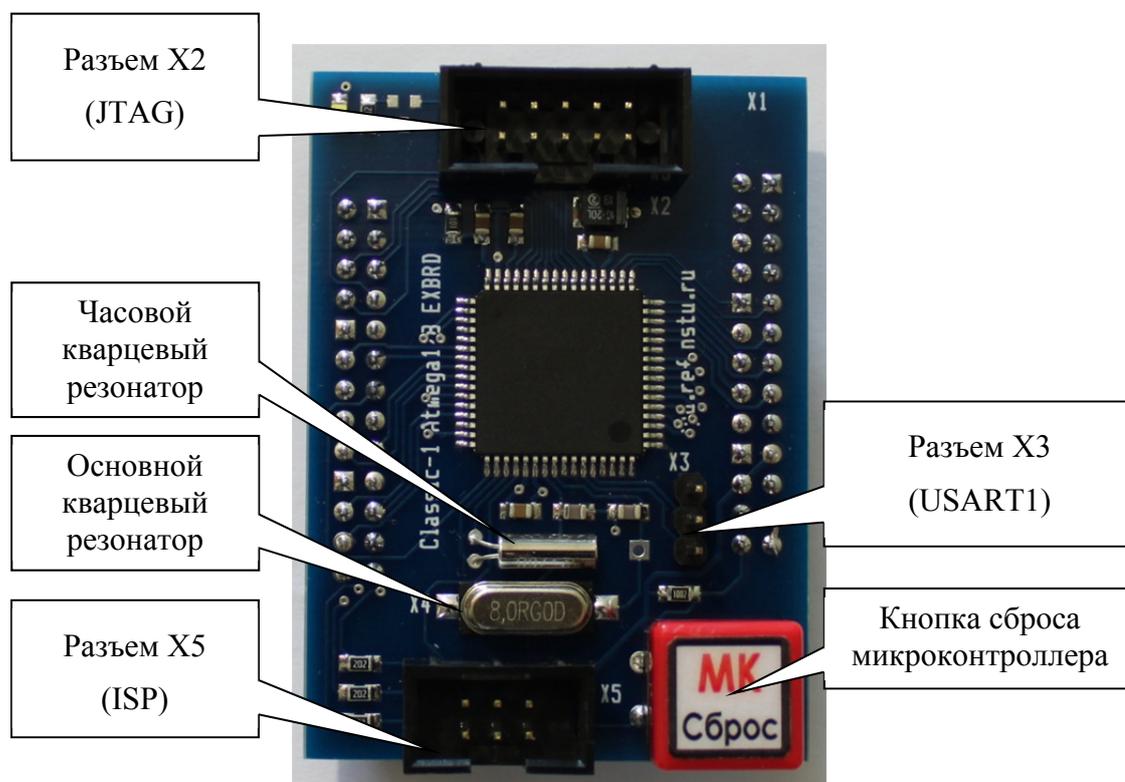


Рисунок 2.22 — Плата расширения для изучения микроконтроллера ATmega128.

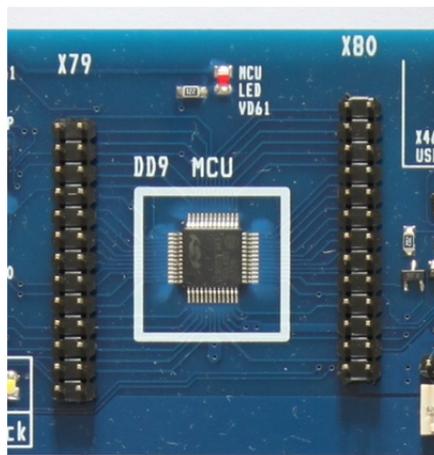


Рисунок 2.23 — Разъемы для подключения микроконтроллерной платы расширения.

2.21.2 Плата расширения для изучения акселерометра AXEL

К стенду может быть подключена плата расширения для изучения акселерометра AXEL (рисунок 2.24). На плате расположен трёх-осевой акселерометр ADXL327 с аналоговыми выходами. Диапазон измеряемого ускорения $\pm 2g$. Более подробные технические характеристики и принцип работы акселерометра следует смотреть в документации на сайте производителя [2].

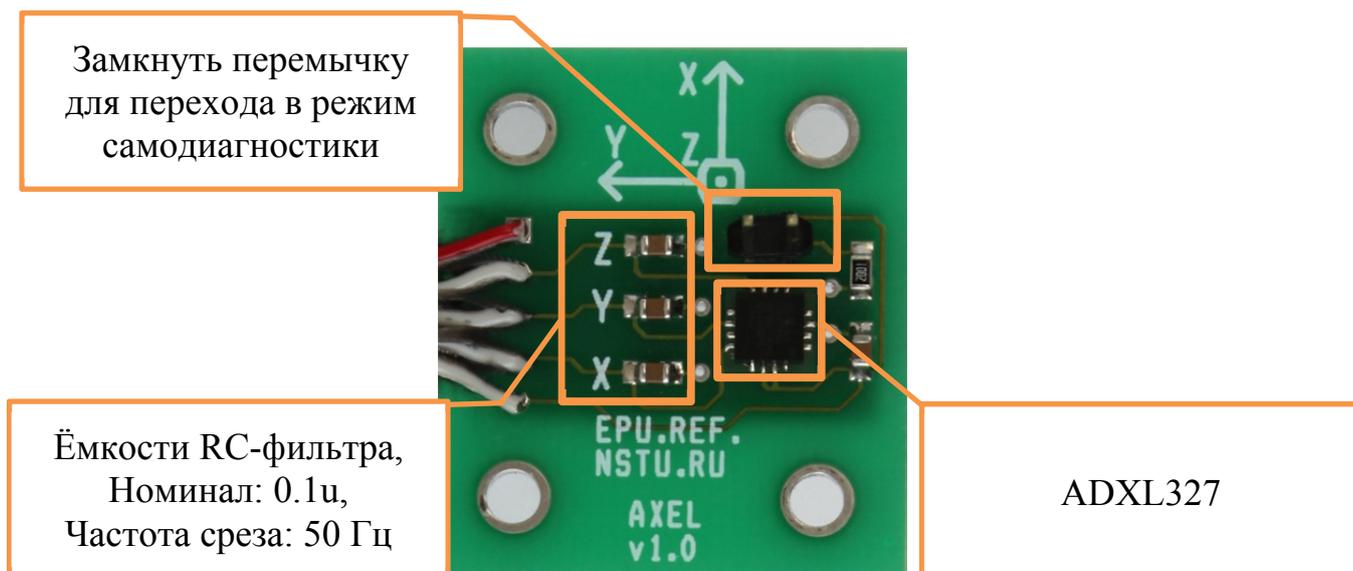


Рисунок 2.24 — Плата расширения для изучения акселерометра AXEL

Плата расширения подключается к разъёму X77 (AIN[0-2]), при этом переключатель на джампере J7 (P_EN) должна быть установлена в крайнее левое положение, либо отсутствовать (рисунок 2.25).

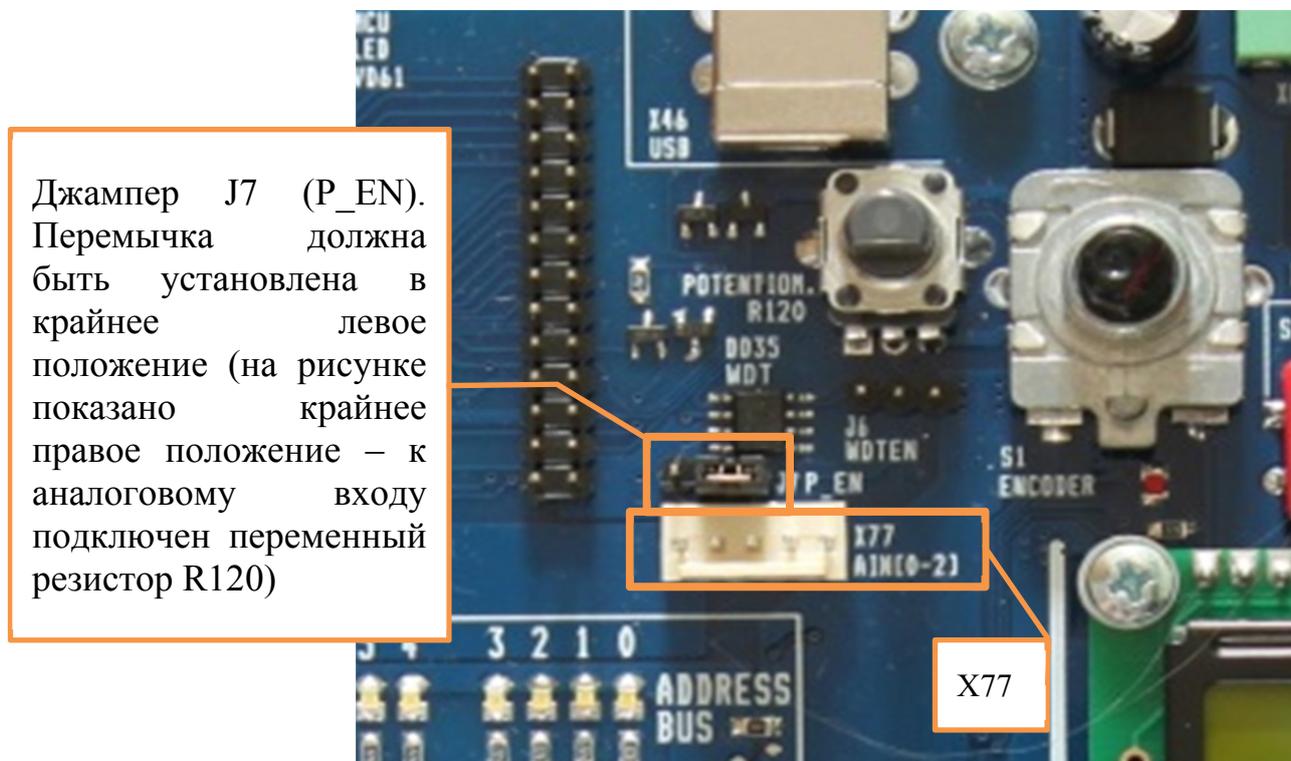


Рисунок 2.25 — Разъём для подключения платы AXEL

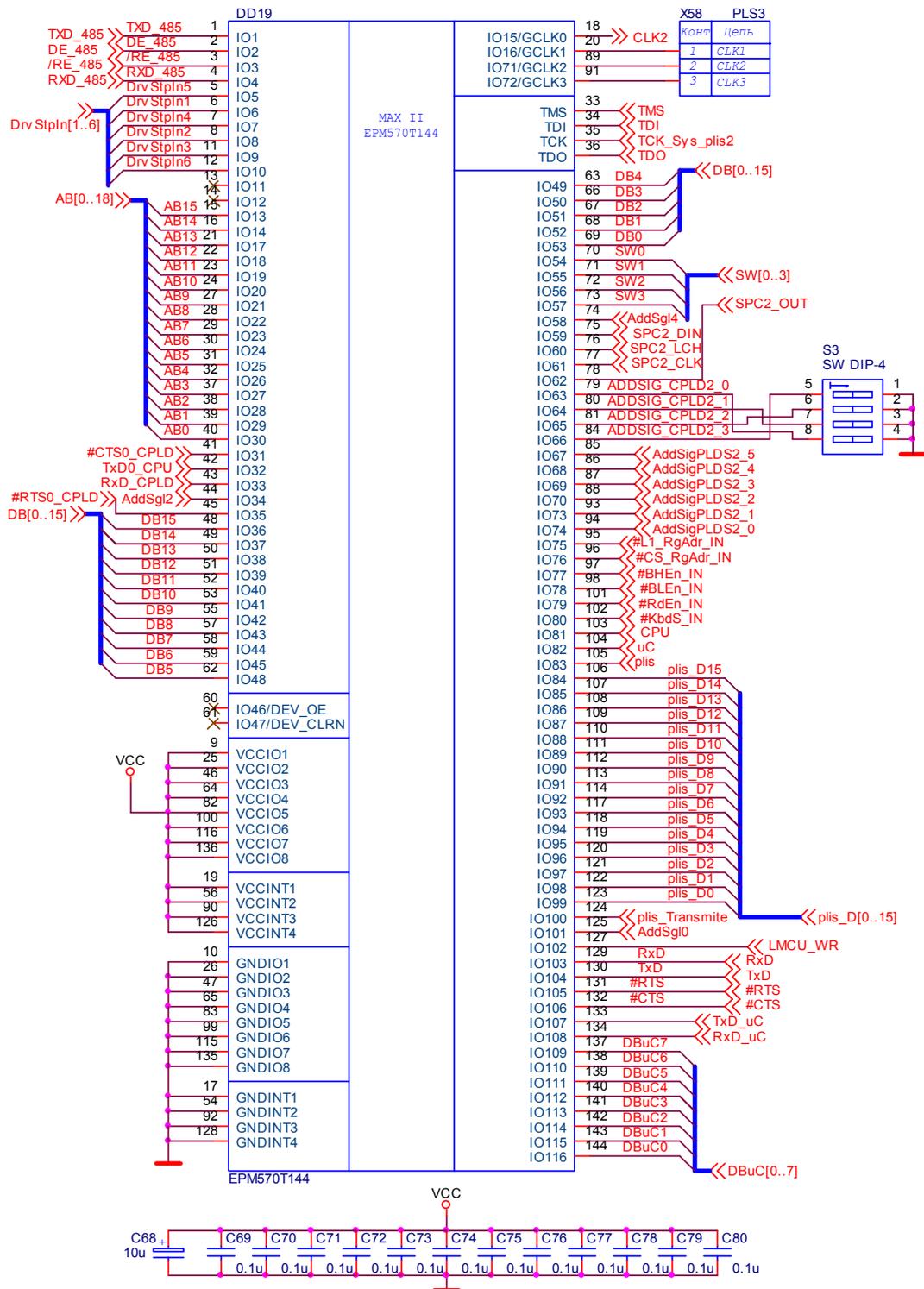
При подключении платы AXEL выходы ADXL327 соединяются с P2.1, P2.2, P2.3 изучаемого микроконтроллера DD9. P2.1, P2.2, P2.3 микроконтроллера DD9 должны быть настроены как аналоговые входы.

Список литературы

1. Intel386 EX Embedded Microprocessor User's Manual. — [Электронный документ], 1996 Order Number: 272485-002. — На диске: \Microprocessor\Docs\27248502.pdf].
2. Small, Low Power, 3-Axis ± 2 g Accelerometer — [электронный документ]. — URL: [http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL327.pdf].
(просмотрено 19.02.11)

Приложение Б (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная «Системная ПЛИС № 2»



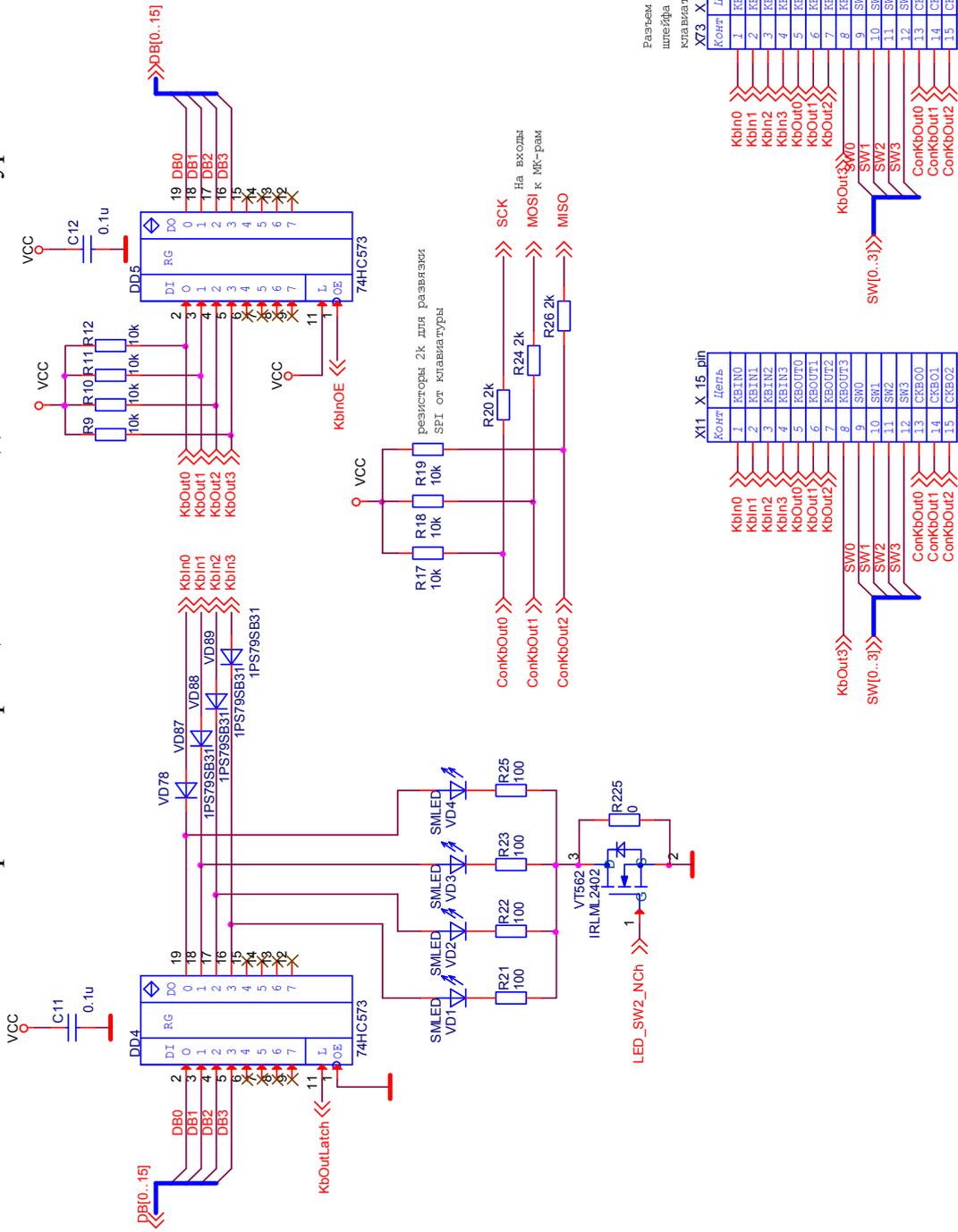
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Лист
02-13

Приложение Г (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная подключения клавиатуры



Лист	04-13
------	-------

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

Ивл. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ивл. инв. №	Ивл. № дубл.	Подп. дата

Приложение Д (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная светодиодной индикации



Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. дата
-------------	--------------	--------------	-------------	------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

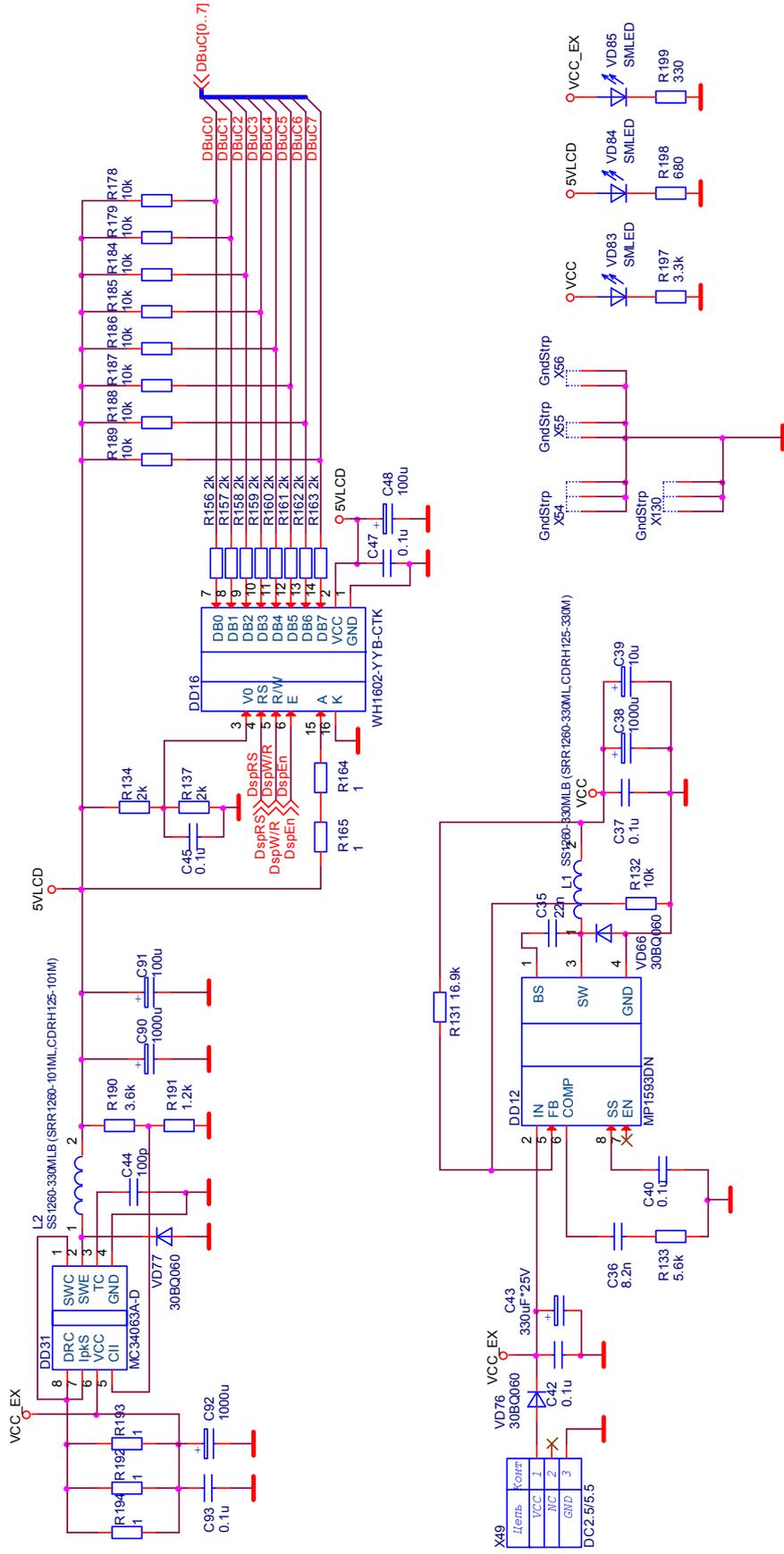
Копировал

Формат А4

Лист	05-13
------	-------

Приложение Е (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная ЖКИ и преобразователей напряжения

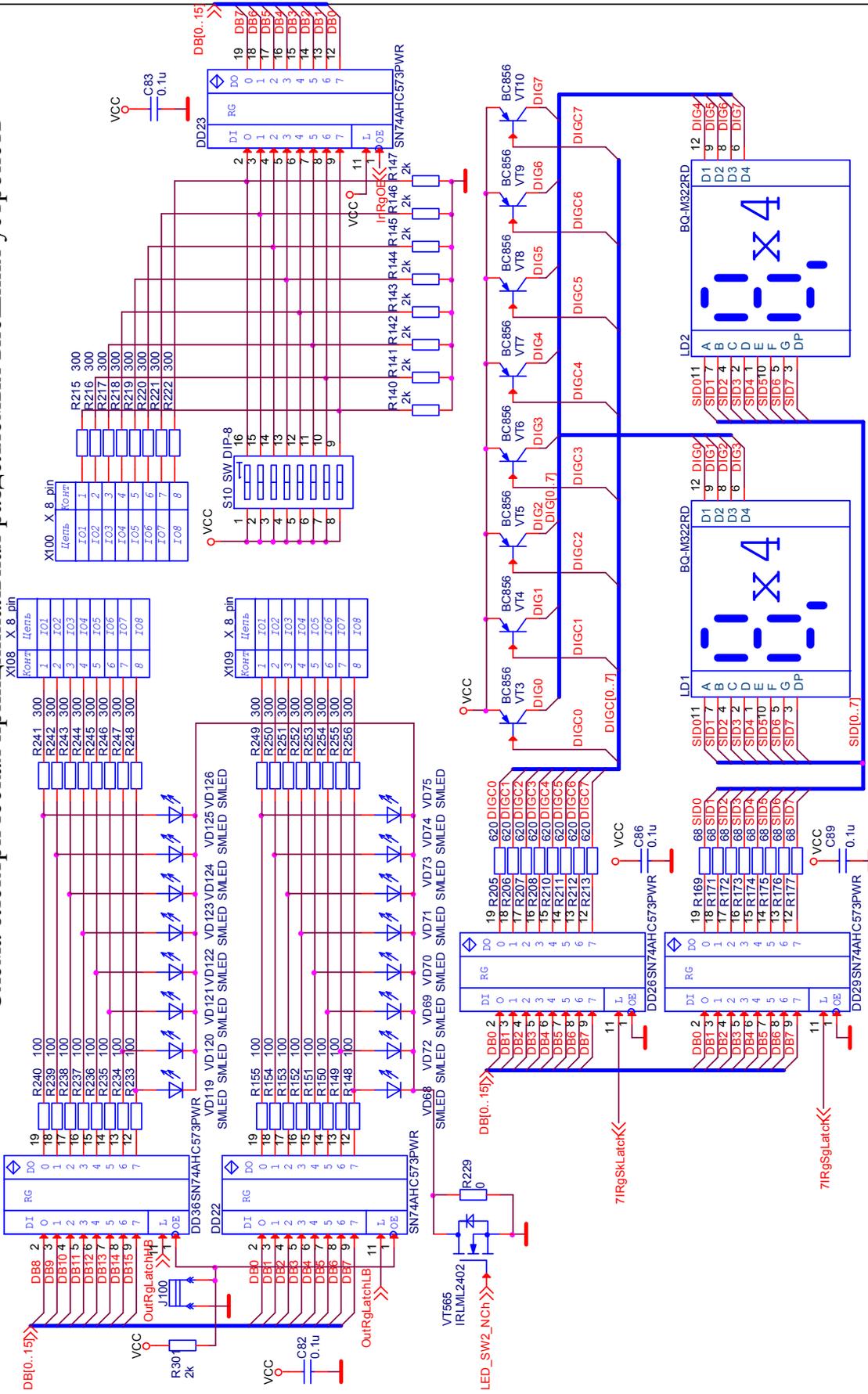


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Приложение Ж (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная разделяемых внешних устройств



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инва. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. дата

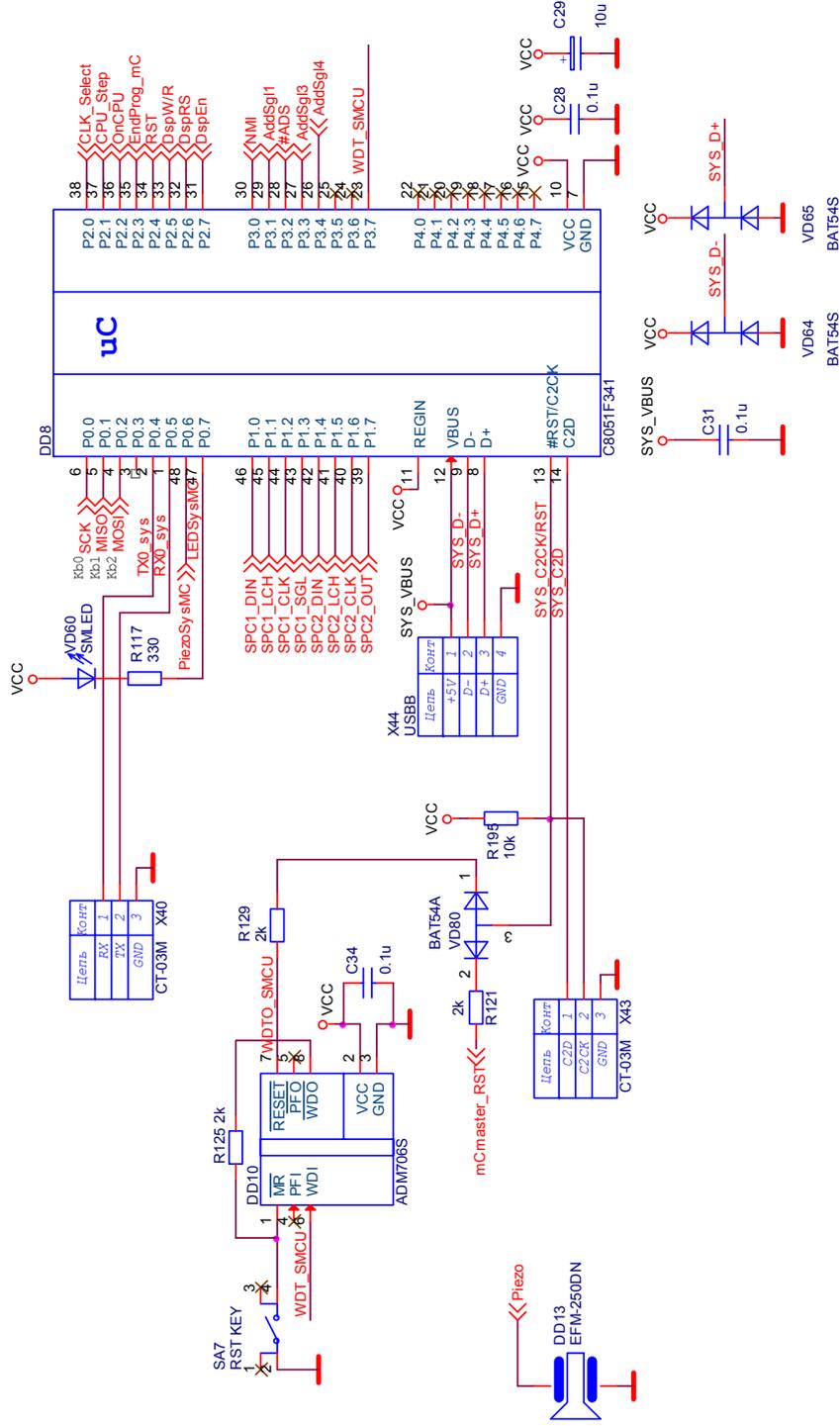
Лист 07-13

Копировал

Формат А4

Приложение 3 (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная модуля системного микроконтроллера



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

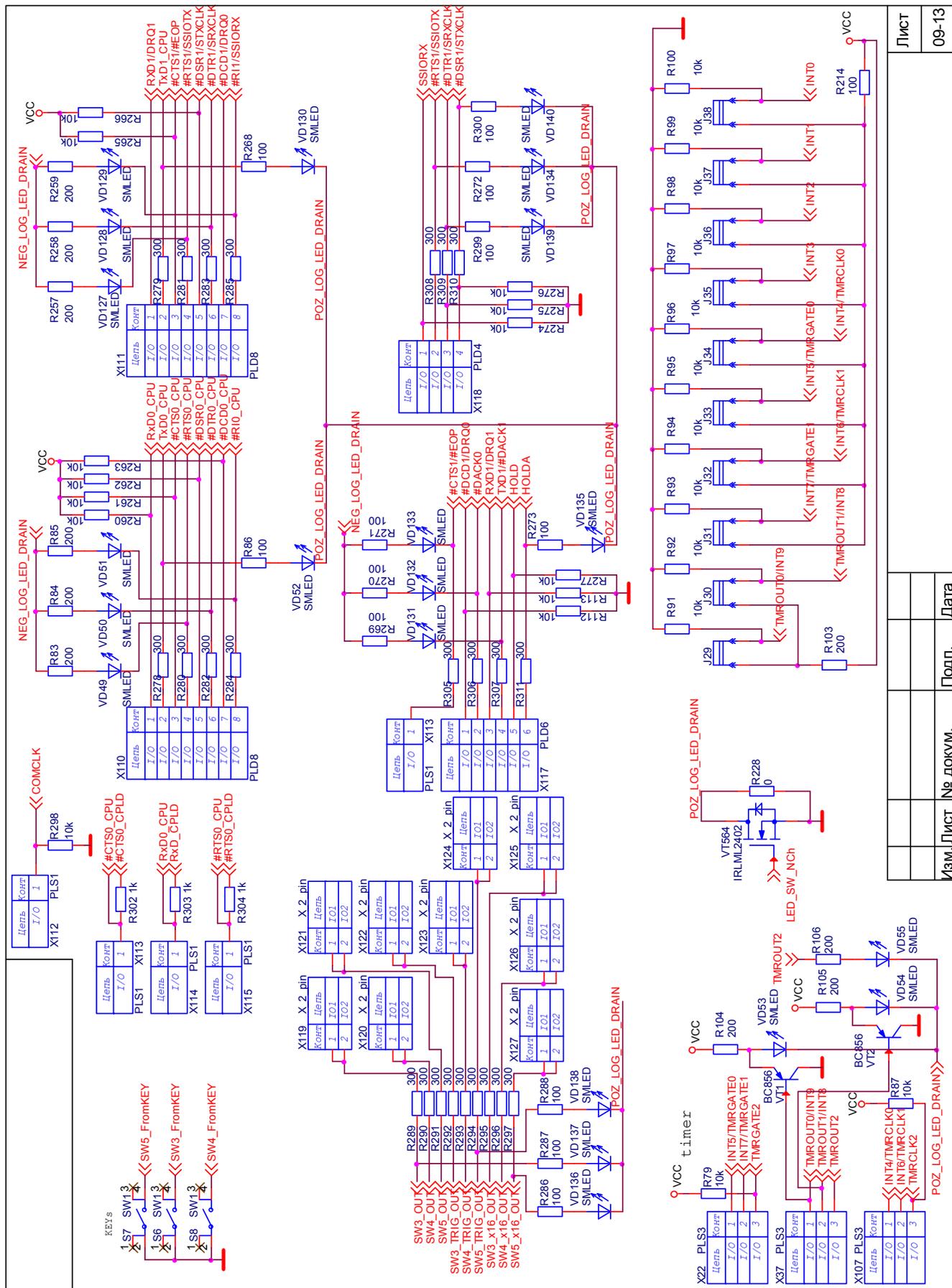
Лист	08-13
------	-------

Копировал

Формат А4

Приложение И (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная модуля периферии МП



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

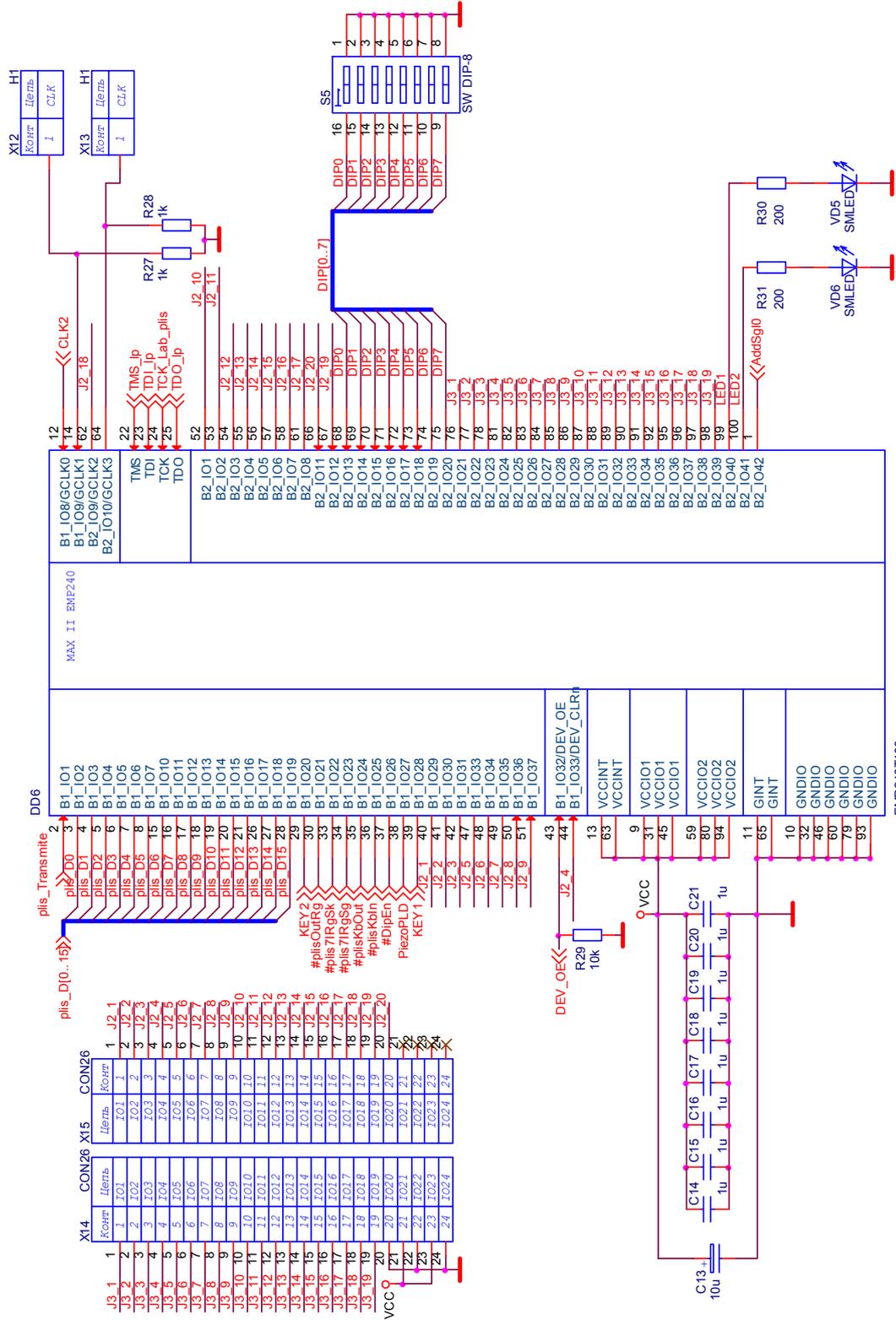
Изм. № подл. Подп. и дата

Изм. № подл. Подп. и дата

Изм. № подл. Подп. и дата

Приложение Л (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная модуля изучаемой ПЛИС



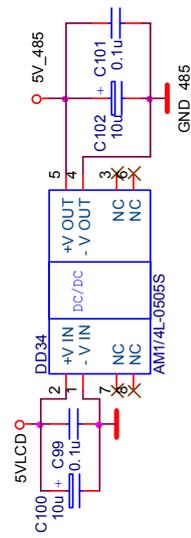
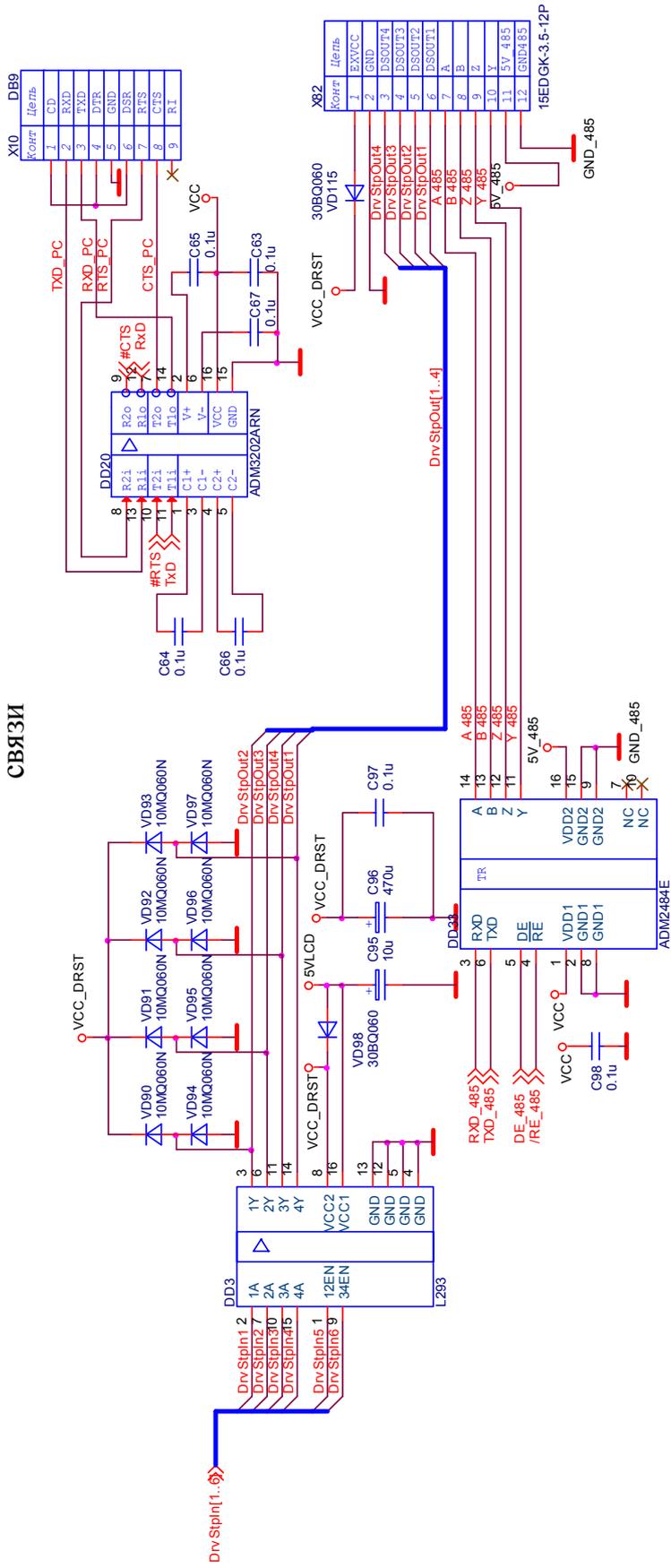
Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	11-13

Копировал Формат А4

Приложение Н (Обязательное)

Схема электрическая принципиальная драйверов шагового двигателя и последовательных каналов СВЯЗИ

СВЯЗИ



Изм. № подл.	Дата	Изм. № дубл.	Подп. дата

Изм. Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Марков		
Пров.			
Т.КОНТР.			
Н.КОНТР.			
УТВ.			
Лит.	Масса	Масштаб	
Лист 13	Листов 13		

Копировал

Формат А4