



MSC-4ES

**4-осевой Ethernet/USB/UART/Bluetooth контроллер станка с ЧПУ с функцией
автоматического выравнивания оси Y**

Руководство по эксплуатации, подключению и настройке

Версия документа: 1.1

Январь 2025

Содержание

1. Обзор контроллера.....	2
2. Эксплуатационные характеристики.....	5
3. Поддерживаемые G-коды.....	6
4. Аппаратные возможности контроллера.....	7
5. Описание контроллера.....	9
5.1 Структурная схема контроллера.....	10
5.2 Световая индикация.....	11
5.3 Назначение выводов.....	12
5.4 Схема подключения контроллера.....	24
6. Конфигурация контроллера.....	26
7. Подключение к станку и первоначальная настройка контроллера.....	50
8. Подключение по Bluetooth.....	51
9. Автоматическое выравнивание портала станка.....	52
10. Обновление программного обеспечения контроллера.....	54
10.1 Обновление в Windows.....	54

1. Обзор контроллера

Плата контроллера спроектирована для управления станком с числовым программным управлением (ЧПУ). Контроллер работает под управлением программного обеспечения на базе системы GrblHAL версии 1.1f и поддерживает до 4-ти осей (X, Y, Z, A) с одновременной интерполяцией по всем осям. Для оси Y встроена функция автоматического выравнивания по двум концевым датчикам. Опционально можно изменить прошивку контроллера на версию с автоматическим выравниванием оси X.

Контроллер оснащен портами RJ-45 (Ethernet) и USB TypeB для подключения к компьютеру или ноутбуку соответственно по сети или USB, на котором запускается управляющая программа с графическим интерфейсом (визуализатор). В качестве визуализатора для работы с контроллером рекомендуется использовать программу Inectra CNC Visualizer версии 4.1.350 и выше.

Ethernet-порт поддерживает стандарты 10BASE-T/100BASE-TX. Контроллер поддерживает функции статического и динамического (DHCP) выделения IP-адреса. Для связи с программой управления на ПК используется протокол TCP.

Порт USB Type B работает по спецификации USB 2.0 Full Speed. Для операционных систем Windows 7/8 требуется установка драйвера виртуального COM-порта¹. На Linux, Windows10 и выше драйвер устанавливается системой автоматически.

Контроллер оснащен разъёмом UART для подключения Bluetooth-модулей (JDY-31, HC-06), что позволяет управлять станком по беспроводному интерфейсу с помощью мобильного приложения для Android (Inectra CNC).

Контроллер осуществляет управление шаговыми двигателями по стандартному протоколу Step-Dir. Максимальная частота сигнала Step составляет 500кГц и не зависит от количества одновременно интерполируемых осей.

Минимальные требования к аппаратному и программному обеспечению компьютера для запуска визуализатора Inectra CNC Visualizer:

- 2.2 GHz CPU (или быстрее) с набором команд SSE2
- 8GB RAM
- 500MB свободного места на жестком диске
- USB 2.0 порт или
- Видеокарта с поддержкой OpenGL 2.0
- Windows 7 и выше, Ubuntu 18.04 и выше или Fedora 28 и выше
- Установленный драйвер STM32 Virtual COM Port¹ (только для Windows 7/8)

На рис.1 представлен внешний вид контроллера MSC-4ES, на рис.2 — упрощенная схема подключения.

¹ Драйвер для Windows можно скачать [здесь](#).

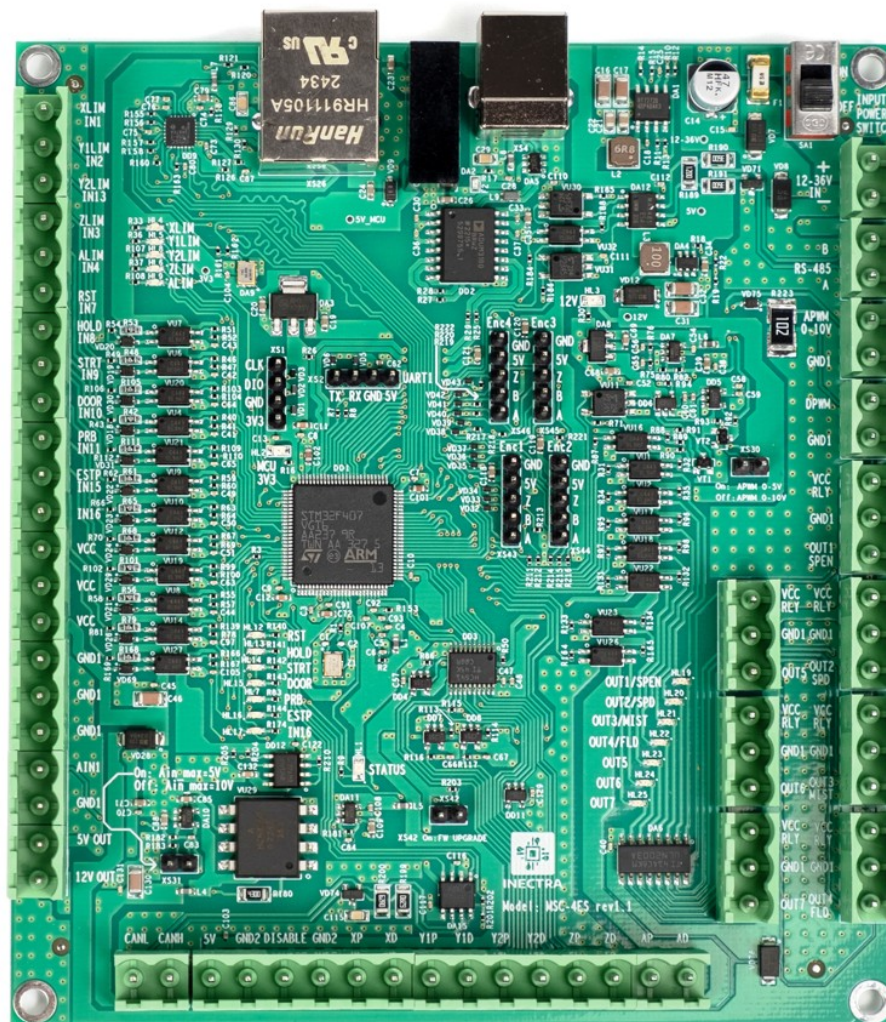


Рисунок 1: Внешний вид контроллера MSC-4ES

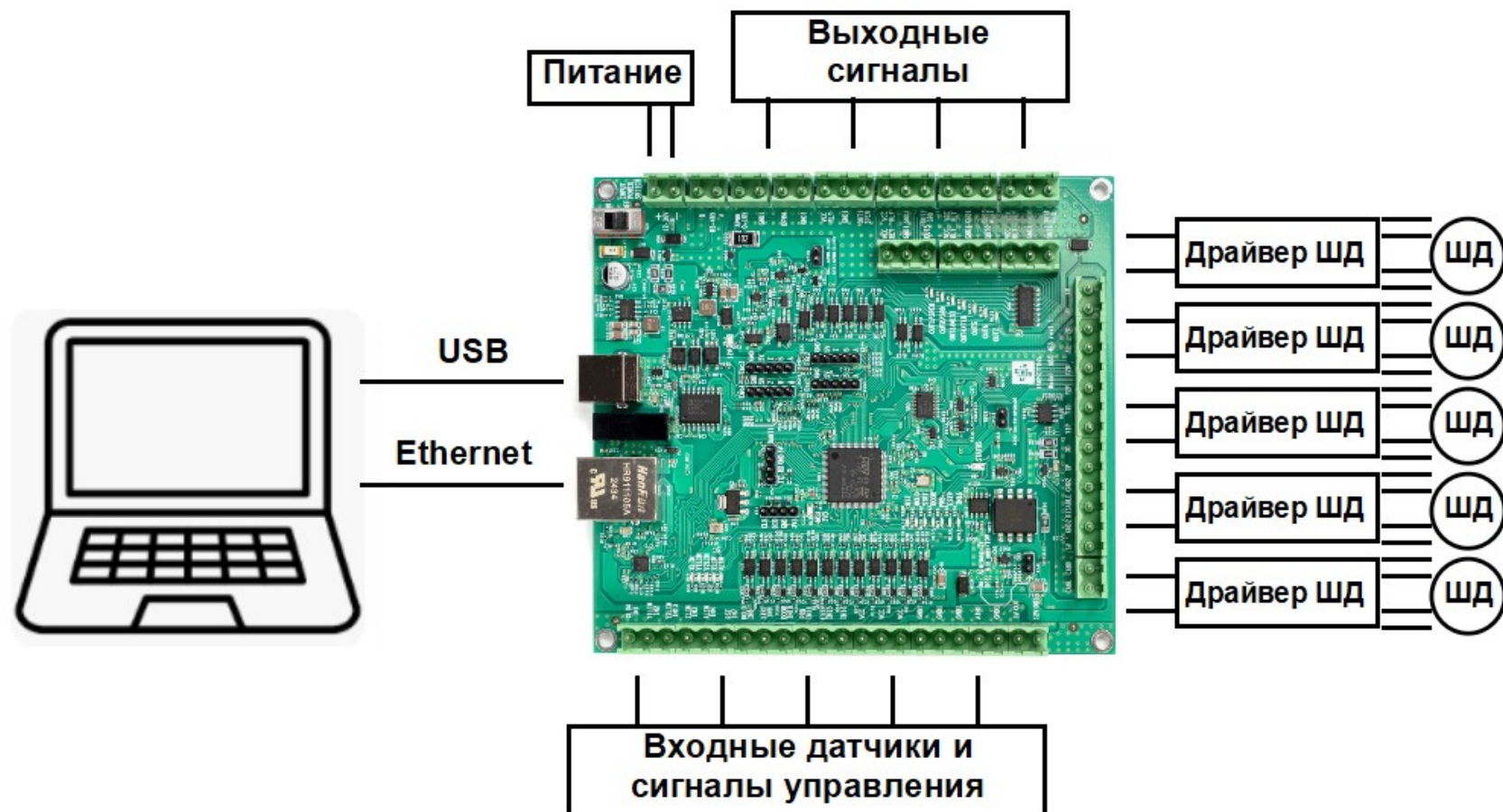
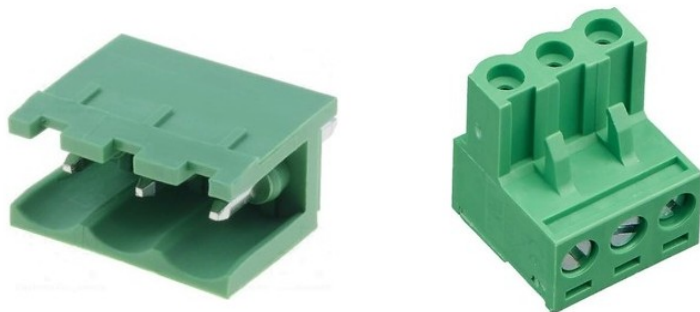


Рисунок 2: Упрощенная схема подключения контроллера MSC-4ES

2. Эксплуатационные характеристики

- Температура хранения: -55...+120°C.
- Рабочая температура: -20...+70°C.
- Размер платы по габаритам: 122x136 мм,
- Расстояние между центрами крепежных отверстий: X: 115.1мм, Y: 129.1мм.
- Крепёжные отверстия под винты М3.
- Минимальное напряжение питания: 12В.
- Максимальное напряжение питания: 36В.
- Потребляемый ток: 2А.
- Разъёмы (для подключения датчиков, питания, драйверов ШД, шпинделя и др.): штепсельный блок (вилка) с ответной частью в виде углового разъёмного клеммного блока (розетка), диаметр провода 0.5-3.3 мм²



3. Поддерживаемые G-коды

- Немодальные команды: G4, G10L2, G10L20, G28, G30, G28.1, G30.1, G53, G92, G92.1
- Дополнительные немодальные команды: G10L1, G10L10, G10L11
- Режимы перемещения: G0, G1, G2, G3, G5, G38.2, G38.3, G38.4, G38.5, G80, G33
- Постоянные циклы: G73, G81, G82, G83, G85, G86, G89, G98, G99
- Цикл автоматического нарезания резьбы: G76
- Установка режима подачи: G93, G94, G95, G96, G97
- Выбор единиц измерения: G20, G21
- Масштабирование: G50, G51
- Режимы позиционирования по прямой: G90, G91
- Режимы позиционирования по дуге: G90.1, G91.1
- Выбор плоскости: G17, G18, G19
- Компенсация длины инструмента: G43, G43.1, G43.2, G49
- Отмена автоматической коррекции радиуса инструмента: G40
- Стандартные рабочие системы координат: G54, G55, G56, G57, G58, G59, G59.1, G59.2, G59.3
- Режим точного останова: G61
- Поворот системы координат: G68, G69
- Управление дискретными выходами: M64, M65
- Управление ходом выполнения программы: M0, M1, M2, M30, M60
- Управление шпинделем: M3, M4, M5
- Допустимые некомандные слова: A, B, C, F, H, I, J, K, L, N, P, Q, R, S, T, X, Y, Z

4. Аппаратные возможности контроллера

- Максимальное количество осей — 4.
- Порт RJ-45 для работы по интерфейсу Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX.
- Порт USB TypeB для работы по интерфейсу USB 2.0 Full Speed.
- Разъем UART для подключения Bluetooth-модуля или Offline-контроллера.
- Интерфейс RS-485 для управления частотными преобразователями по протоколу Modbus RTU.
- Возможность подключения до 4-х квадратурных ABZ-энкодеров или оптических линеек.
- Интерфейс CAN (2.0B Active).
- 1 аналоговый вход 0-10В с возможностью изменения диапазона на 0-5В.
- 12 дискретных входов NPN-типа.
- 7 дискретных релейных выходов.
- Функция автовыравнивания оси Y (опционально сменой прошивки можно переключить автовыравнивание на ось X).
- Управление драйверами шаговых двигателей по стандартному протоколу Step-Dir.
- Максимальная частота сигнала Step драйвера шагового двигателя: 500кГц.¹
- Оптоизолированные входные цепи подключения концевых датчиков и сигналов управления.
- Оптоизолированные выходные цепи управления шпинделем/частотным преобразователем, различными пневмомеханизмами и другими устройствами.
- Входные цепи датчиков и сигналов управления выполнены с повышенной помехозащищенностью: RC-цепочка для фильтрации коротких помех, срабатывание датчиков (сигналов управления) происходит по достижении определенного порогового уровня сигнала.
- Аналоговый выход 0-10В (сглаженный ШИМ-сигнал) для управления частотой вращения шпинделя.
- ШИМ-сигнал TTL-уровня (5В) для управления мощностью LED-лазера.
- Схема формирования ШИМ сигнала выполнена с опторазвязкой — для защиты управляющего микроконтроллера от возможных электромагнитных помех, наводимых частотным преобразователем.
- ESD-защита, подавление синфазной помехи и оптоизоляция USB-интерфейса для максимальной помехоустойчивости.
- Устройство имеет клеммные разъёмы для подключения всей необходимой периферии (драйверы шаговых двигателей, концевые датчики, питание, сигналы управления шпинделем и лазером).
- Шумные цепи (цепи, подверженные влиянию внешних электромагнитных помех - концевые датчики и сигналы управления, цепи управления шпинделем) гальванически изолированы от «тихих» цепей (управляющий

¹ Обратите внимание, что не все драйверы шаговых двигателей (и сами двигатели) способны работать на высоких частотах. При настройке параметров сигнала Step его частота не должна превышать максимально допустимую частоту драйвера.

микроконтроллер, цепи управления драйверами шаговых двигателей), что защищает микроконтроллер от воздействия внешних электромагнитных наводок.

- Электропитание устройства осуществляется от единственного внешнего источника 12-36В. Питание управляющего микроконтроллера осуществляется через преобразователь с гальванической развязкой.
- Устройство имеет стабилизированные выходы напряжения 5 и 12В.
- В качестве рабочего инструмента возможно подключение как шпинделя, LED-лазера, тангенциального ножа и других инструментов.
- Защита от неправильной полярности и короткого замыкания цепи источника питания.

5. Описание контроллера

На рис. 3 представлен внешний вид контроллера.

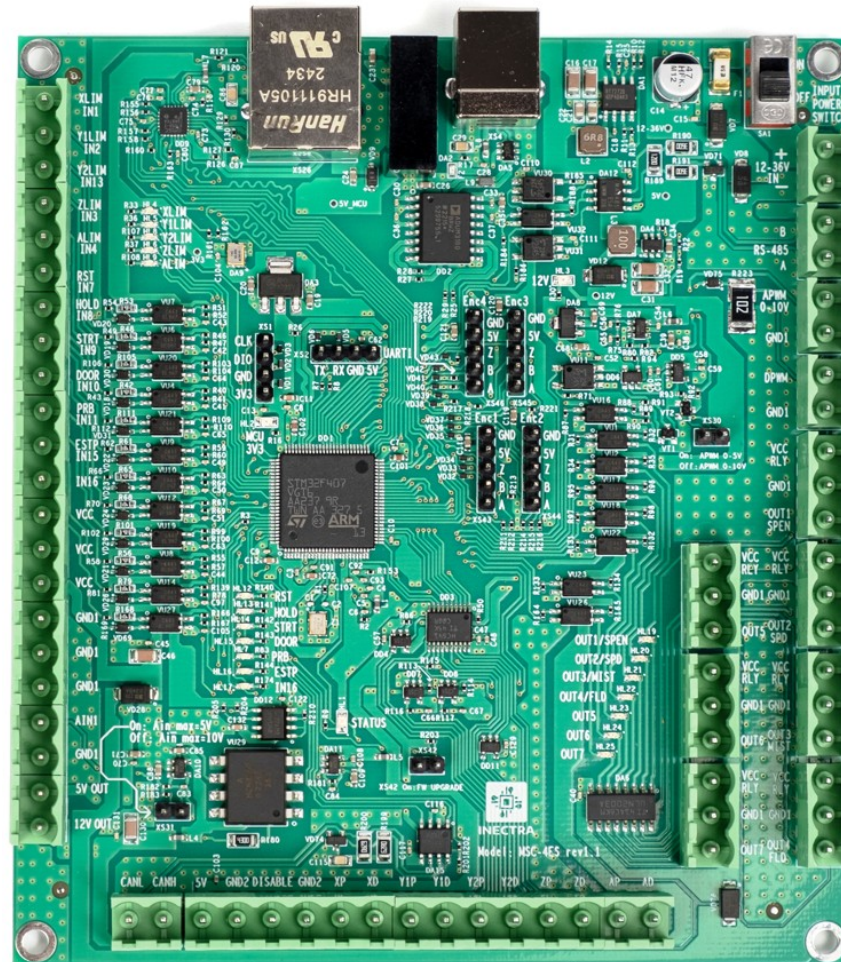


Рисунок 3: Внешний вид платы контроллера MSC-4ES

5.1 Структурная схема контроллера

На рис. 4 представлена структурная схема контроллера MSC-4ES.

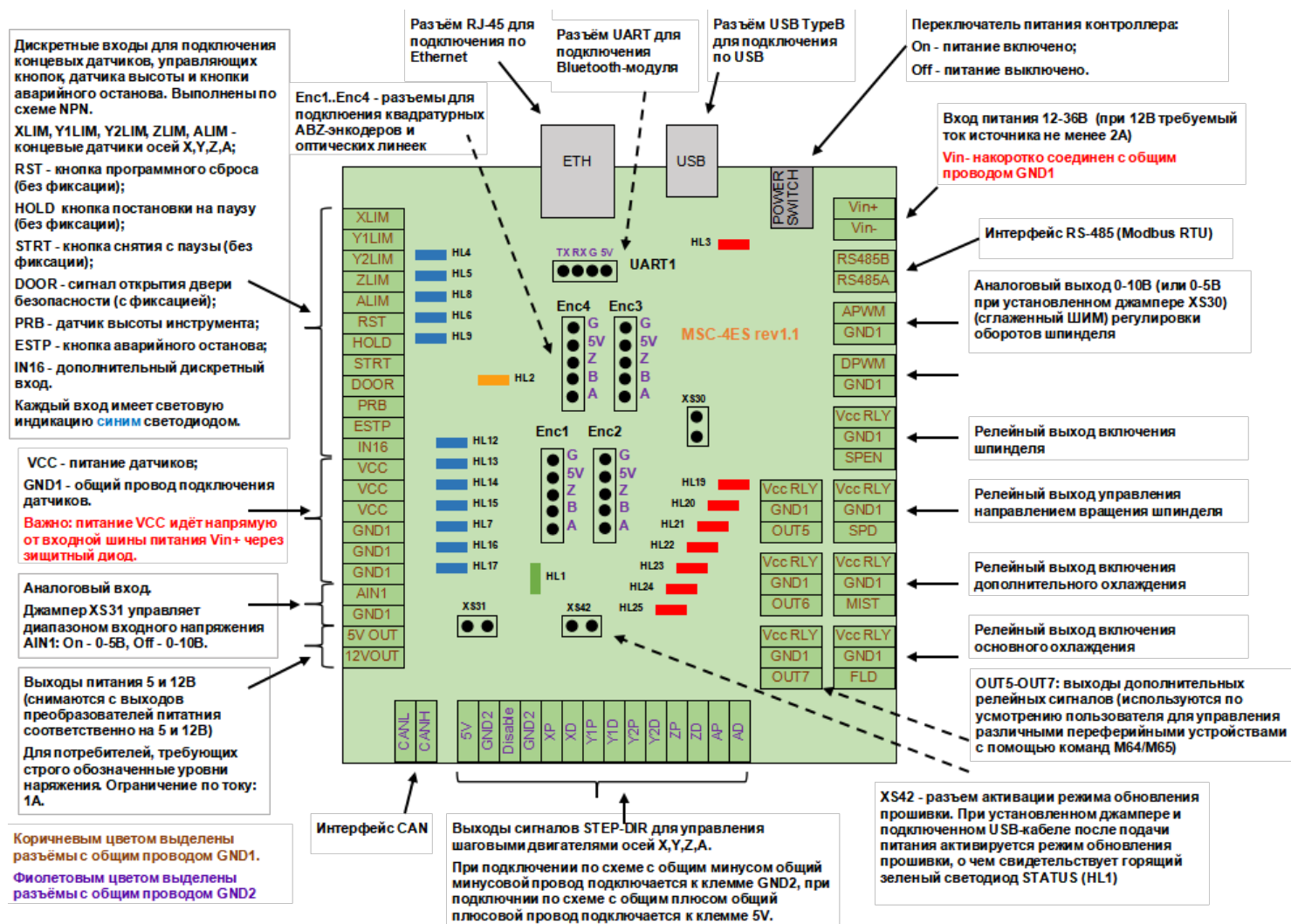


Рисунок 4: Структурная схема контроллера MSC-4ES

5.2 Световая индикация

Контроллер в своем составе имеет следующую индикацию:

Светодиод HL4 (синий) — **X_LIMIT** — индикатор срабатывания концевого датчика оси X¹

Светодиод HL5 (синий) — **Y1_LIMIT** — индикатор срабатывания первого концевого датчика оси Y¹

Светодиод HL8 (синий) — **Y2_LIMIT** — индикатор срабатывания второго концевого датчика оси Y¹

Светодиод HL6 (синий) — **Z_LIMIT** — индикатор срабатывания концевого датчика оси Z¹

Светодиод HL9 (синий) — **A_LIMIT** — индикатор срабатывания концевого датчика оси A¹

Светодиод HL12 (синий) — **RST** — индикатор срабатывания кнопки RESET¹

Светодиод HL13 (синий) — **HOLD** — индикатор срабатывания кнопки HOLD¹

Светодиод HL14 (синий) — **STRT** — индикатор срабатывания кнопки START¹

Светодиод HL15 (синий) — **DOOR** — индикатор срабатывания кнопки DOOR¹

Светодиод HL7 (синий) — **PRB** — индикатор срабатывания Z-щупа (датчика высоты инструмента)¹

Светодиод HL16 (синий) — **ESTP** — индикатор срабатывания кнопки E-STOP¹

Светодиод HL17 (синий) — **IN16** — индикатор срабатывания кнопки IN16¹

Светодиод HL3 (красный) — **12V** — индикация наличия питания 12В для периферии — горит красным цветом при наличии напряжения 12В.

Светодиод HL2 (желтый) — **MCU 3V3** — индикация наличия питания 3.3В для управляющего микроконтроллера — горит желтым цветом при наличии питающего напряжения 3.3В.

Светодиод HL1 (зелёный) — **STATUS** — при нормальной работе устройства не горит. Используется в качестве индикации загрузки контроллера в режиме обновления ПО (см. главу 10).

Светодиоды HL19..HL25 (красные) — **OUT1..OUT7** — индикация активности соответствующего выходного дискретного сигнала.

¹ Индикатор загорается при замыкании соответствующего вывода на общий провод GND1. Таким образом, если к выводу подключен нормально разомкнутый датчик, индикатор в обычном состоянии не горит, а при срабатывании концевого датчика (или щупа) загорается. Если к выводу подключен нормально замкнутый датчик, индикатор в обычном состоянии горит, а при срабатывании концевого датчика (или щупа) гаснет.

5.3 Назначение выводов

5.3.1 Питание

12-36V IN (Vin+, Vin-) — вход питания платы — допустимый уровень напряжения 12-36В, ток 2А (при напряжении 12В).

5V OUT — постоянное выходное напряжение 5В с выхода встроенного преобразователя питания. Максимальный ток 1А.

12V OUT — постоянное выходное напряжение 12В с выхода встроенного преобразователя питания. Максимальный ток 1А.

GND1 — общий провод цепей питания, сигналов управления и концевых датчиков, аналоговых входов.

VCC — выход питания индуктивных датчиков и другой периферии (например, 3D-щуп). Питание на шину *VCC* подаётся напрямую от входной шины *Vin+* через защитный диод. Соответственно уровень напряжения на линии *VCC* равен входному напряжению питания контроллера. В связи с этим при выборе источника питания контроллера нужно учитывать запас по току, необходимый для запитывания всех датчиков.

На рис. 5 представлена структурная схема цепей питания контроллера.

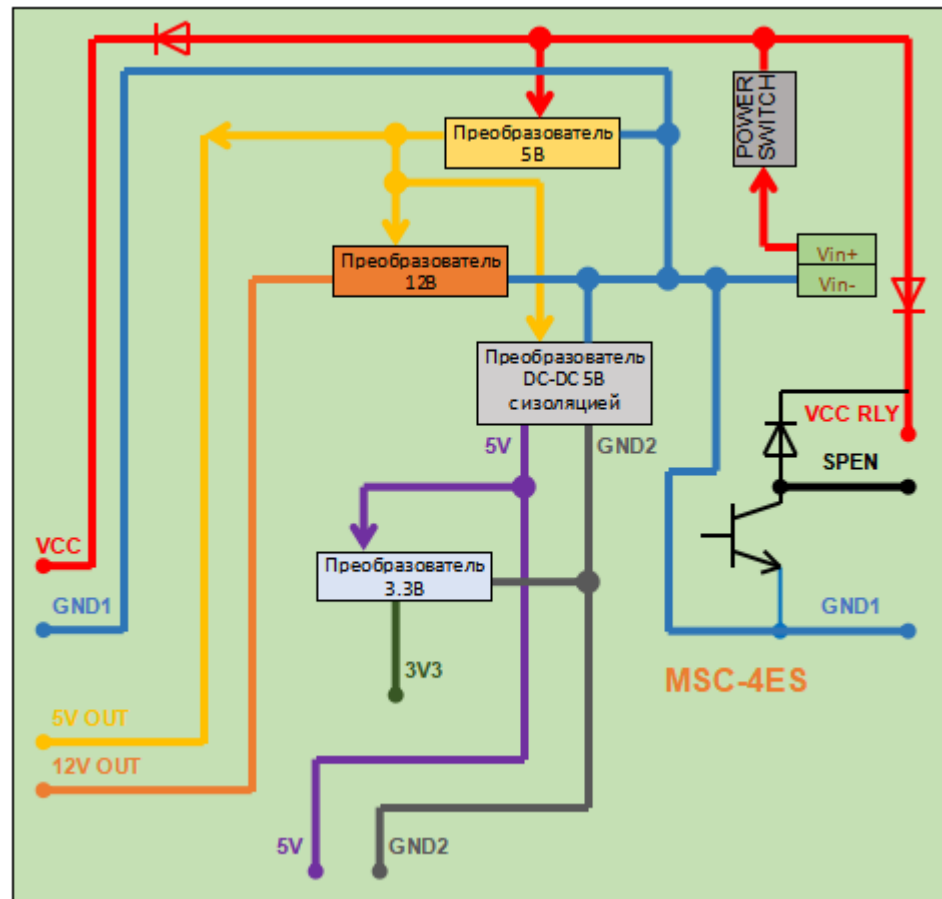


Рисунок 5: Схема цепей питания контроллера MSC-4ES

5.3.2 Дискретные входы

ВАЖНО. Входные цепи всех дискретных сигнальных входов построены таким образом, что работают только с датчиками **NPN** типа. При этом возможно подключение как индуктивных (магнитных), так и механических датчиков. Механический датчик подключается одним концом к сигнальному входу, а другим к GND1 (рис.6). Подключение индуктивных датчиков см. на схеме рис.6.

XLIM — вход для подключения концевых датчиков оси X. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND¹

Y1LIM — вход для подключения первого² концевой датчик оси Y. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND¹

Y2LIM — вход для подключения второго² концевой датчик оси Y. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND¹

ZLIM — вход для подключения концевых датчиков оси Z. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND¹

ALIM — вход для подключения концевой датчик оси A. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND¹

RST — вход сигнала прерывания выполняемой программы контроллера. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND³. Необходимо использовать кнопку без фиксации.

HOLD — вход сигнала Feed Hold — постановка выполняемой программы на паузу. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND³. Необходимо использовать кнопку без фиксации.

STRT — вход сигнала Cycle Start — возобновление (снятие с паузы) выполняемой программы. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND³. Необходимо использовать кнопку без фиксации.

DOOR — вход сигнала Safety Door — открытие дверцы безопасности. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND³. Необходимо использовать кнопку с фиксацией.

PRB — вход сигнала Z-щуп для определения уровня стола станка. Срабатывание щупа определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND⁴

¹ Возможно подключение как нормально разомкнутого (NO - Normally Opened), так и нормально замкнутого (NC - Normally Closed) датчика. В зависимости от типа подключенного датчика необходимо правильным образом установить значение конфигурационного параметра \$5 (см. раздел 6 Конфигурация контроллера)

² Для корректной работы функции автовыравнивания, концевые датчики разных краев портала (оси Y) должны быть подключены к разным входам Y1LIM, Y2LIM. Если функция автовыравнивания не используется, все датчики оси Y можно подключить к одному входу.

³ Событие, по которому формируется сигнал (разрыв цепи или замыкание провода на GND1), определяется значением конфигурационного параметра \$14 (см. раздел 6 Конфигурация контроллера)

ESTP — вход сигнала E-Stop (emergency stop) — аварийный сброс контроллера — сигнал останова формируется посредством замыкания или размыкания данного вывода на общий провод GND1³. Необходимо использовать кнопку с фиксацией.

VCC — каждый входной сигнал для удобства подключения индуктивных датчиков снабжен отдельным выводом питания.
ВАЖНО. Питание на датчики подается напрямую от входной шины *Vin+* через защитный диод (см. рис.5). Соответственно уровень напряжения на линии *VCC* равен входному напряжению питания контроллера. В связи с этим при выборе источника питания контроллера нужно учитывать запас по току, необходимый для запитывания всех датчиков.

ВАЖНО. Обратите внимание, что входные цепи управляющих сигналов *XLIM*, *Y1LIM*, *Y2LIM*, *ZLIM*, *ALIM*, *RST*, *HOLD*, *START*, *DOOR*, *PROBE*, *ESTP*, *IN16* спроектированы таким образом, что детектируется только 2 события:

- вывод замкнут накоротко на землю GND1;
- вывод разомкнут относительно земли GND1 (весит в воздухе).

То есть все дискретные входы работают по схеме NPN!

При этом к плате можно подключать датчики (кнопки) разных типов: как индуктивные, так и простые механические. На рис.6 приведены возможные варианты подключения датчиков.



Рисунок 6: Подключения датчиков к контроллеру MSC-4ES

⁴ Событие, по которому формируется сигнал срабатывания щупа (разрыв цепи или замыкание провода на GND1), определяется значением конфигурационного параметра \$6 (см. раздел 6 Конфигурация контроллера)

5.3.3 Аналоговые входы

AIN1 — аналоговый вход. Диапазон входного напряжения определяется джампером XS31: если джампер не установлен, диапазон составляет 0-10В, если джампер установлен — 0-5В. Уровень определяется относительно общего провода GND1.

5.3.4 ШИМ — управление оборотами шпинделем/мощностью лазера

APWM 0-10V — аналоговое постоянное напряжение (с выхода фильтра нижних частот — сглаженный ШИМ-сигнал) — от 0 до 10В для управления скоростью вращения шпинделя (управление скоростью вращения с помощью напряжения). Установкой джампера XS30 диапазон аналогового напряжения меняется на 0-5В. На рис.7 представлены схемы подключения некоторых популярных моделей частотных преобразователей, а также приведены значения их конфигурационных параметров, на которые следует обратить внимание при настройке.

DPWM — нефильтрованный ШИМ-сигнал TTL-уровня (прямоугольные импульсы с амплитудой 5В) — в основном используется для управления мощностью LED-лазера. На рис.8 представлены возможные варианты подключения лазера к контроллеру: с общим или отдельным питанием, по 3- или 4-проводной схеме.

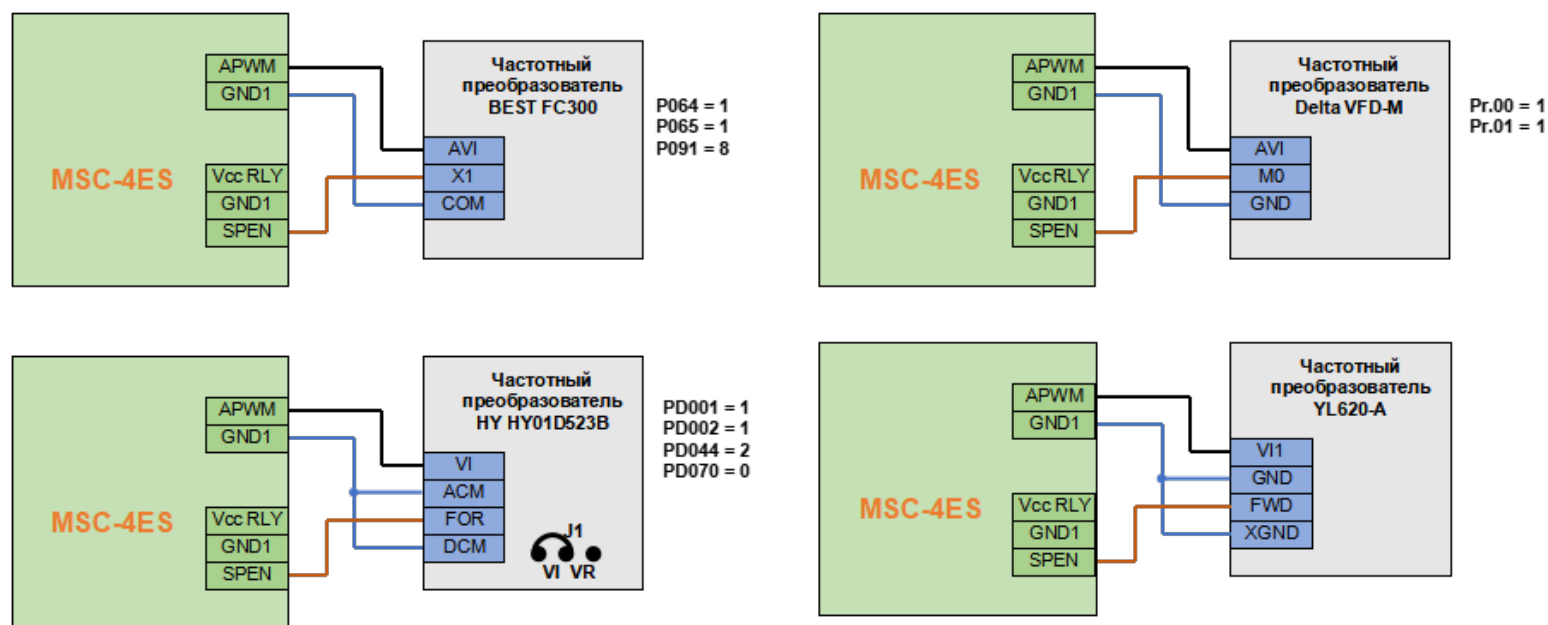


Рисунок 7: Схемы подключения популярных моделей частотных преобразователей

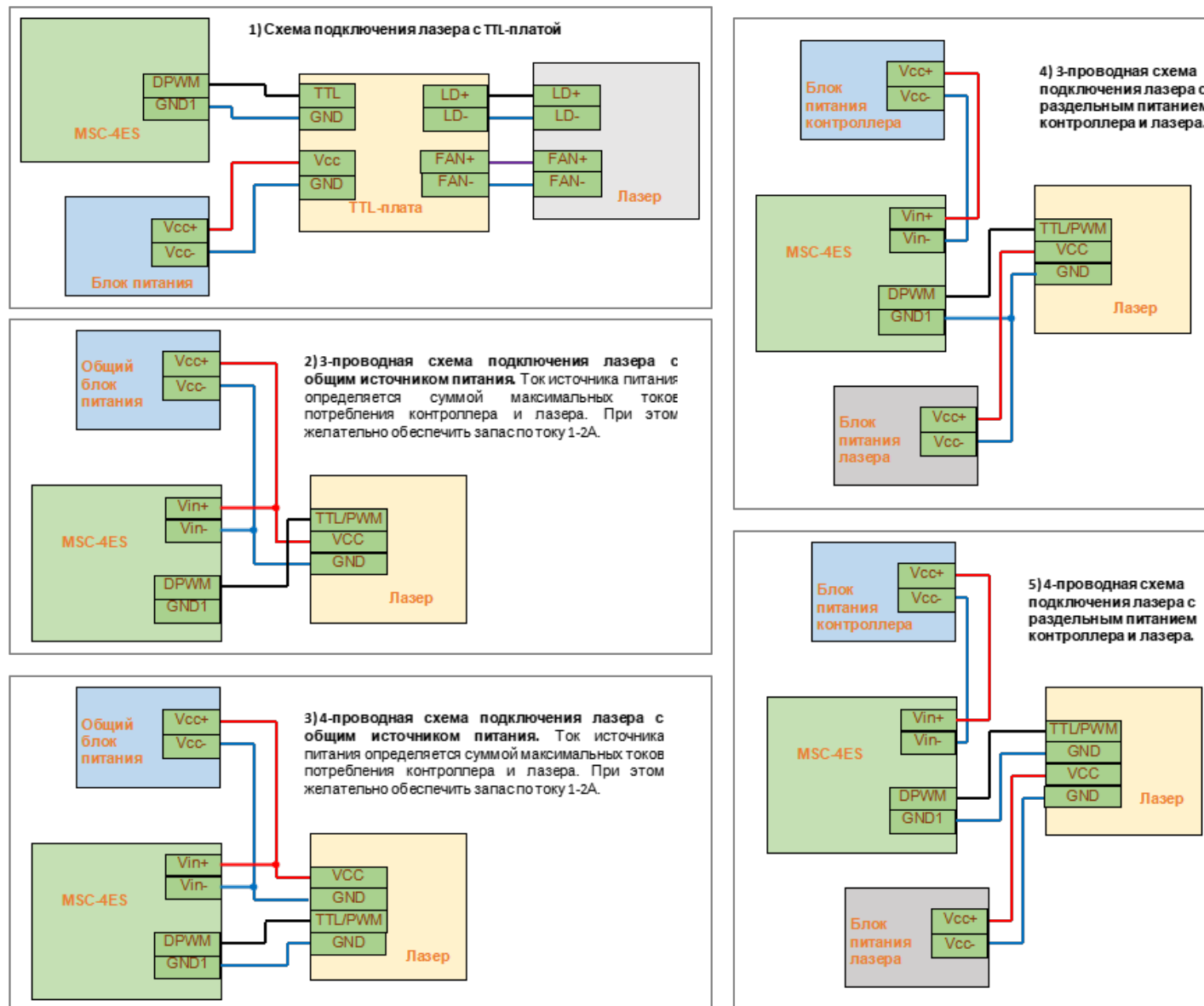


Рисунок 8: Схемы подключения лазера к контроллеру MSC-4ES

5.3.5 Дискретные (релейные) выходы

Контроллер имеет семь дискретных релейных выходов. Для каждого выхода на плате имеется 3 контакта: питание реле (*VCC RLY*), управляющий сигнал (*SPEN*, *SPD* и т.д.) и общий провод *GND1*. Обратите внимание, что питание реле берется напрямую от входной шины питания через защитный диод, благодаря чему можно легко изменить напряжение питания для реле путём изменения напряжения питания контроллера. На рис.9 представлена структурная схема релейного выхода контроллера на примере сигнала *SPEN*. На рис.10 представлена схема подключения «голого» реле без обвязки на примере выхода *SPEN*. На рис.11 приведён пример подключения реле на плате с обвязкой.

SPEN/OUT1 — сигнал включения/выключения шпинделя. Сигнал активируется командой *M03*, деактивируется командой *M05*. Опционально функция этого выхода может быть изменена на сервисный сигнал *OUT1* (бит0 в параметре \$375: \$375=1), управляемый командами *M64/M65*: *M64P1* — активация сигнала, *M65P1* — деактивация.

SPD/OUT2 — направление вращения шпинделя. Сигнал активируется командой *M04*, деактивируется командой *M03*. Опционально функция этого выхода может быть изменена на сервисный сигнал *OUT2* (бит1 в параметре \$375: \$375=2), управляемый командами *M64/M65*: *M64P2* — активация сигнала, *M65P2* — деактивация.

MIST/OUT3 — сигнал включения/выключения охлаждения инструмента (обычно масляным туманом). Это дополнительное охлаждение: сигнал активируется командой *M07*, деактивируется командой *M09*. Опционально функция этого выхода может быть изменена на сервисный сигнал *OUT3* (бит2 в параметре \$375: \$375=4), управляемый командами *M64/M65*: *M64P4* — активация сигнала, *M65P4* — деактивация.

FLD/OUT4 — сигнал включения/выключения охлаждения шпинделя (обычно охлаждающей жидкостью). Это основное охлаждение: сигнал активируется командой *M08*, деактивируется командой *M09*. Опционально функция этого выхода может быть изменена на сервисный сигнал *OUT4* (бит3 в параметре \$375: \$375=8), управляемый командами *M64/M65*: *M64P8* — активация сигнала, *M65P8* — деактивация.

ВАЖНО. Переключение стандартной функции на сервисную рекомендуется выполнять через меню *Станок-Конфигурация-Входы/выходы* визуализатора Inectra CNC Visualizer.

OUT5, *OUT6*, *OUT7* — дополнительные релейные выходы, которые можно использовать для управления (включения-выключения) различной периферией: пневмомеханизмы, электрические устройства, аспирация, управление автосменой инструмента и т.д. Управление этими выходами осуществляется командами *M64/M65*. Примеры: *M64P16* — активация *OUT5*, *M65P16* — деактивация *OUT5*, *M64P32* — активация *OUT6*, *M65P32* — деактивация *OUT6*, *M64P64* — активация *OUT7*, *M65P64* — деактивация *OUT7*, *M64P112* — активация одновременно *OUT5/OUT6/OUT7*, *M65P112* — деактивация одновременно *OUT5/OUT6/OUT7*.

ПОЛЕЗНО. Таким образом, командами M64/M65 можно управлять одновременно несколькими выходами: M64 активирует выходы, заданные битовой маской параметра P, M65 деактивирует выходы, заданные битовой маской P. Выходу OUT1 соответствует бит0 параметра P, выходу OUT2 — бит1, ..., выходу OUT7 — бит6. Следовательно, если нам нужно активировать выходы, например, OUT2, OUT5, OUT7, то в двоичном виде параметр P будет иметь значение (нумерация бит справа налево) 1010010, что соответствует десятичному числу 82. Тогда для активации нам нужно отправить в контроллер команду M64P82, а для деактивации — M65P82.

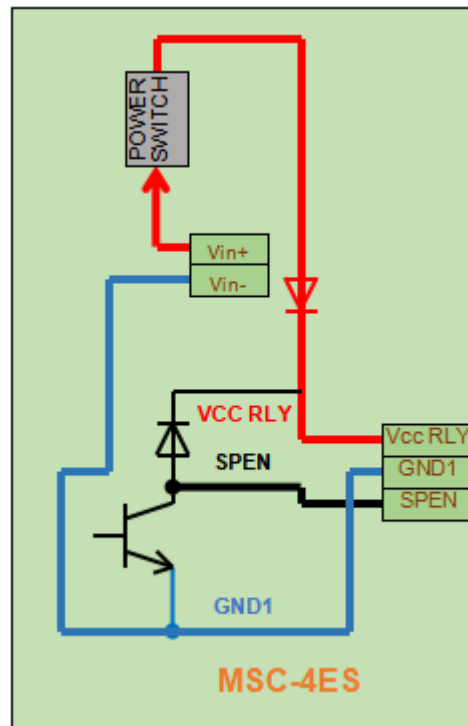


Рисунок 9: Схема релейного выхода

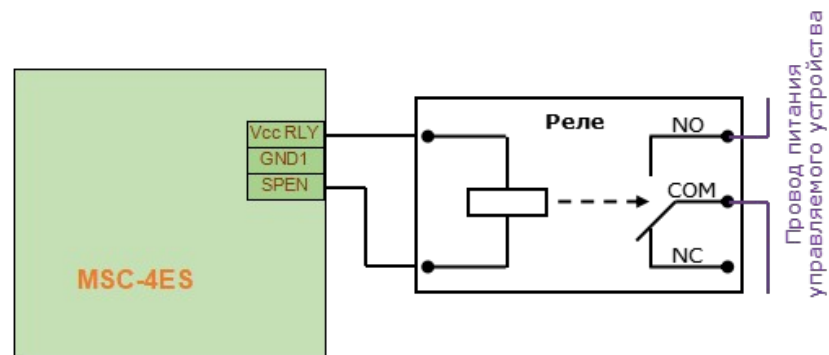


Рисунок 10: Подключение реле без обвязки

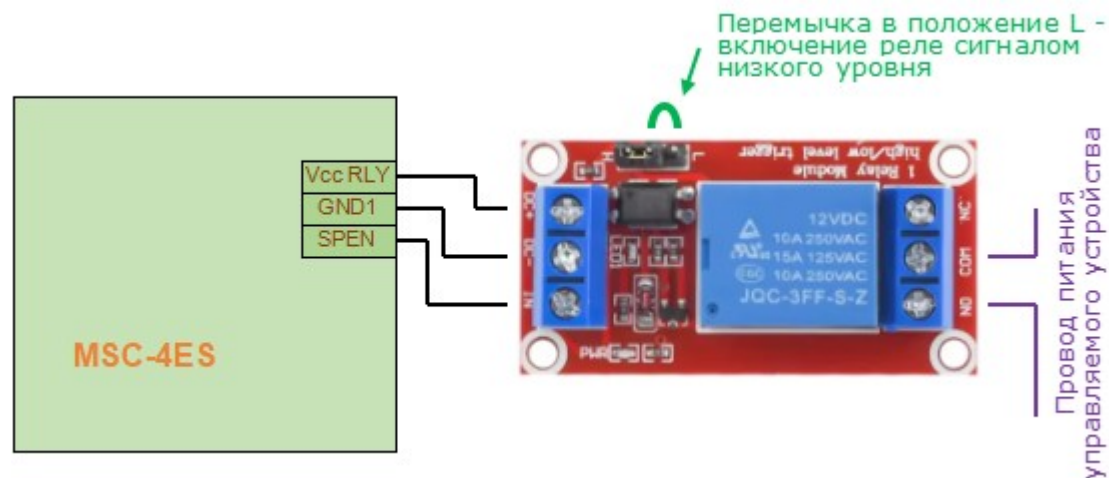


Рисунок 11: Подключение реле на плате с обвязкой

5.3.6 Управление шаговыми двигателями

DISABLE — сигнал отключения шаговых двигателей — при высоком уровне все выходы STEP/DIR переходят в высокоимпедансное состояние (блокируются).

XP, Y1P, Y2P, ZP, AP — сигнал STEP на шаговый двигатель соответствующей оси. Максимальная частота — 500кГц, не зависит от количества одновременно интерполируемых осей.

XD, Y1D, Y2D, ZD, AD — сигнал DIR на шаговый двигатель соответствующей оси.

GND2 — общий (минусовой) провод цепей управления шаговыми двигателями — используется как общий провод при подключении драйвера по схеме с общим минусом. Гальванически изолирован от общего провода *GND1*. На рис.12 представлена типовая схема подключения драйверов по схеме с общим минусом.

5V — общий (плюсовой) провод цепей управления шаговыми двигателями — используется как общий провод при подключении драйвера по схеме с общим плюсом. На рис.13 представлена типовая схема подключения драйверов по схеме с общим плюсом.

ВАЖНО. Обратите внимание, что для корректной работы двигателей по этой схеме необходимо установить галочки «Инвертировать сигнал шаговых импульсов» для соответствующих осей через меню *Станок→Конфигурация→Шаговые двигатели* визуализатора Inectra CNC Visualizer.

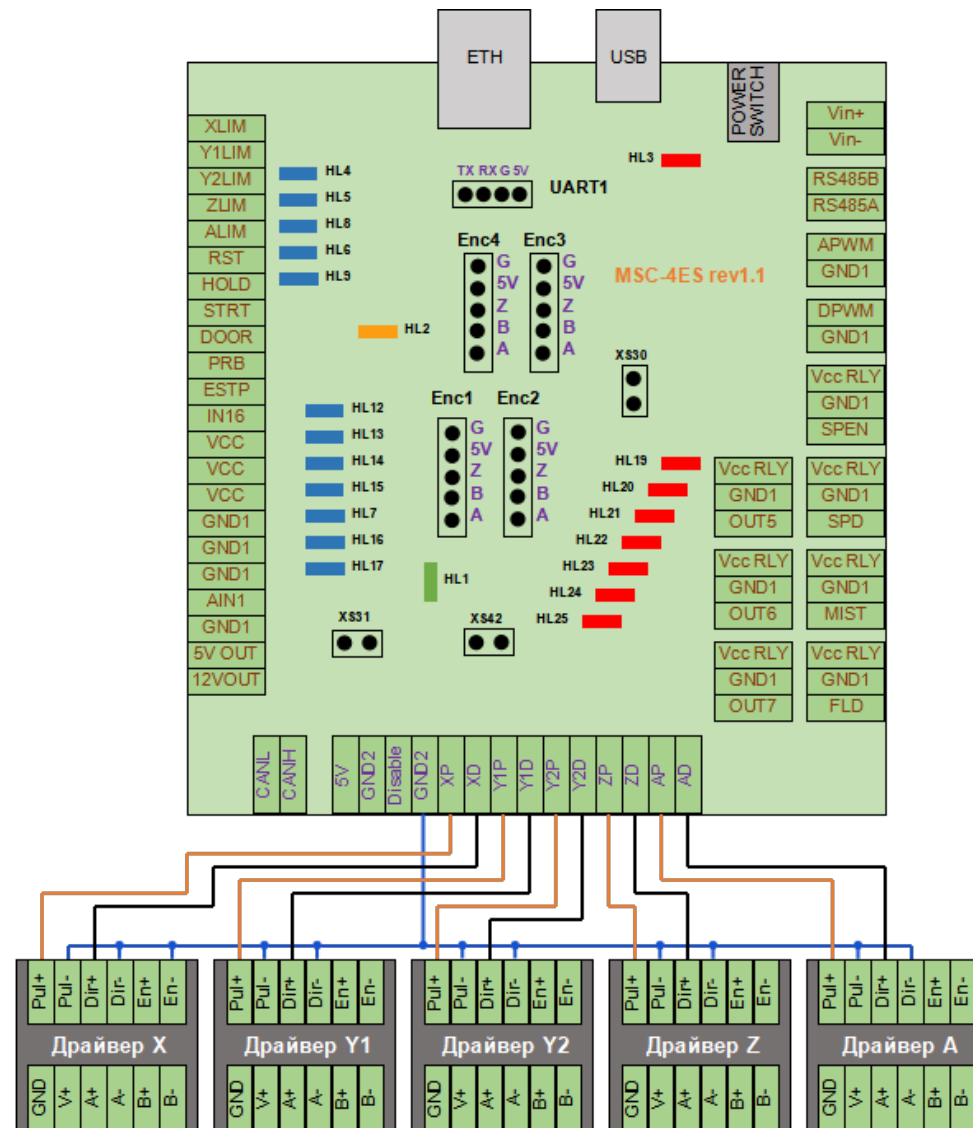


Рисунок 12: Подключение драйверов шаговых двигателей по схеме с общим минусом

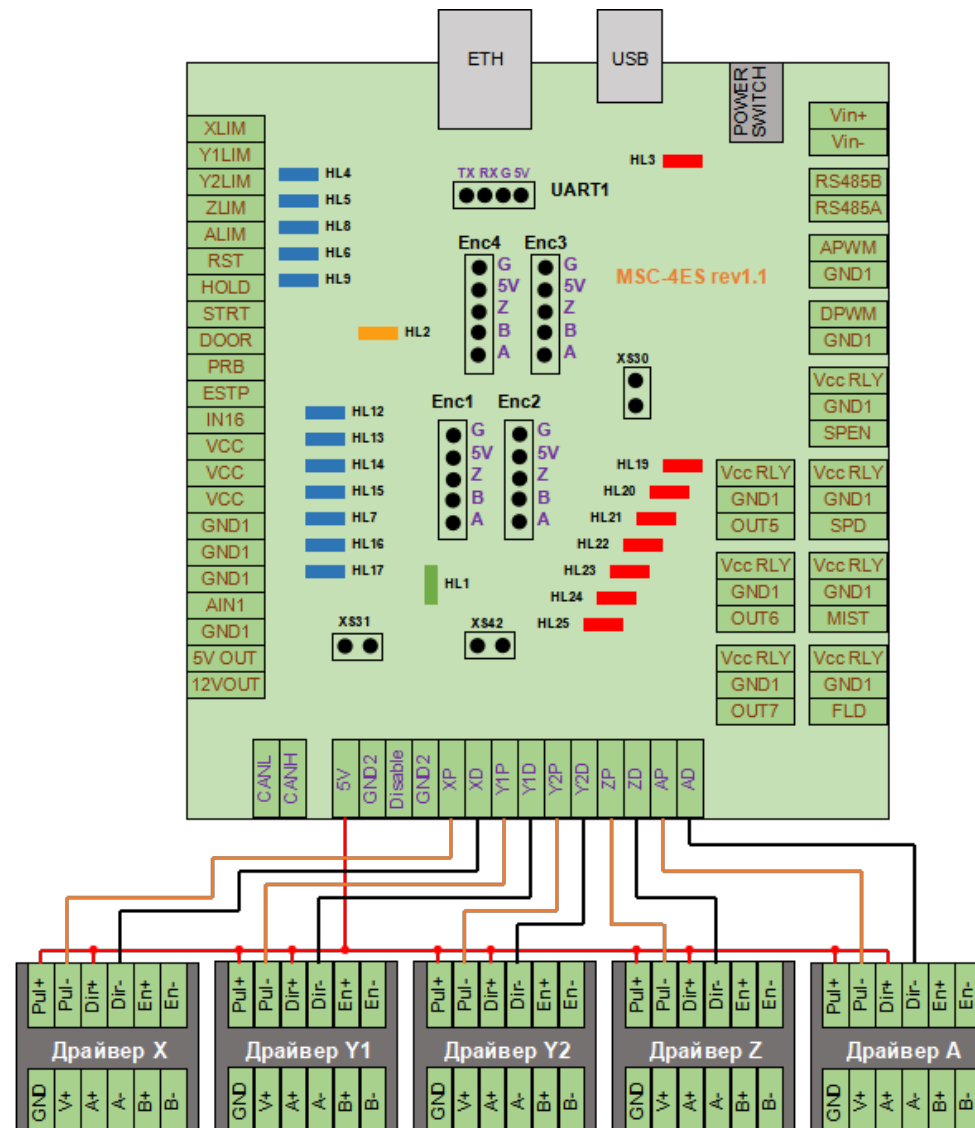


Рисунок 13: Подключение драйверов шаговых двигателей по схеме с общим плюсом

5.3.7 Интерфейс CAN

CANL, CANH — разъем интерфейса CAN, спецификация 2.0B Active.

5.3.8 Разъем UART1 (XS2)

Разъем UART1 предназначен для подключения Bluetooth-модуля (JDY-31, HC-06) или offline-контроллера.

5V — выход питания 5В — подключать к выводу *VCC* Bluetooth-модуля.

GND — общий провод — подключать к выводу *GND* Bluetooth-модуля.

TX — передача данных — подключать к выводу *RXD* Bluetooth-модуля.

RX — приём данных — подключать к выводу *TXD* Bluetooth-модуля.

5.3.9 Интерфейс RS-485

RS-485 A,B — разъем для подключения периферийных устройств по RS-485 — прежде всего частотных преобразователей для управления ими по протоколу Modbus RTU.

ВАЖНО. Земли GND1 и GND2 гальванически изолированы друг от друга! Общий провод GND1 является «шумной» землей, т.к. по ней могут «гулять» электромагнитные помехи, наводимые на длинные провода концевых датчиков, помехи частотного преобразователя, электромагнитных реле и т.п. Земля GND2 является «тихой». Во избежание нестабильной работы устройства, не соединяйте земли GND1 и GND2 друг с другом!

ВАЖНО. Общий провод питания Vin- и земля GND1 соединены накоротко.

5.4 Схема подключения контроллера

Базовая схема подключения контроллера к станку представлена на рис. 14.

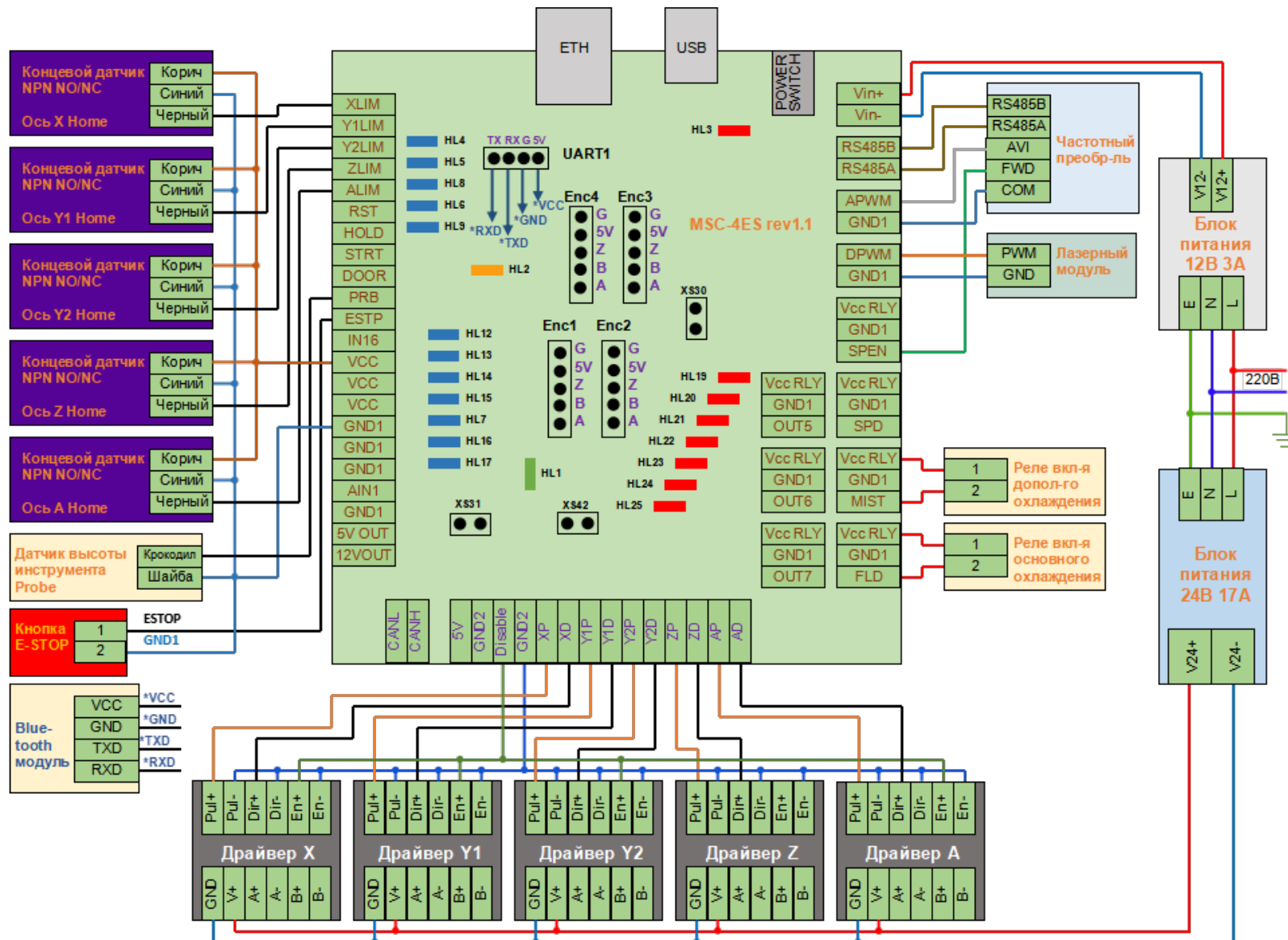


Рисунок 14: Базовая схема подключения контроллера MSC-4ES

6. Конфигурация контроллера

Конфигурация контроллера записана в энергонезависимую память (сохраняется при отключении питания) и хранится в виде списка параметров, которые содержат все основные настройки станка (а также ряд других сервисных настроек): размеры стола, скорость подачи, ускорение, детектирование сигналов концевых датчиков и сигналов управления, параметры сигналов Step-Dir управления шаговыми двигателями и др.

ВАЖНО. При использовании контроллеров Инектра совместно с управляющей программой Inectra CNC Visualizer нет необходимости в прямом редактировании конфигурационных параметров: все основные настройки станка выведены в удобное графическое меню *Станок→Конфигурация*. Тем не менее полный список параметров доступен по команде «\$\$» из меню *Сервис→Консоль*. Описание всех настроек см. в таблице ниже.

Помимо удобной настройки, меню *Станок→Конфигурация* имеет функции сохранения и восстановления конфигурации из резервной копии.

За более подробной информацией обращайтесь к [инструкции](#) на программу Inectra CNC Visualizer

В таблице ниже для справки приведены основные конфигурационные параметры и их краткое описание.

ID	Название	Единицы измерения	Описание
0	Step pulse time Время длительности шагового импульса	Микросекунды	Устанавливает длительность импульса сигнала Step. Минимальное значение - 2 мкс. Значение по умолчанию — 10 мкс — необходимо уменьшить, если частота сигнала Step превышает 80 кГц. Формула для вычисления частоты Step: $F = R * V$ (Гц), где R — разрешение оси в шаг/мм, V — скорость перемещения в мм/сек. Например, если разрешение оси равно 80 шаг/мм, а скорость G0 равно 12000 мм/мин = 200 мм/сек, то частота step равна $80 * 200 = 16$ кГц. Драйверы шаговых двигателей имеют ограничение на минимальную длительность шагового импульса. Уточните нужное значение в документации/ Желательно использовать максимально короткие импульсы, которые драйвер способен надежно распознавать. Если импульсы будут

			слишком длинные, вы можете столкнуться с проблемами при высоких скоростях подачи и большой частоте импульсов, возникающими из-за того, что идущие подряд импульсы начнут перекрывать друг друга.
1	Step idle delay Задержка отключения двигателей	Миллисекунды	Каждый раз, когда шаговые двигатели заканчивают движение и останавливаются, контроллер делает задержку на указанный интервал времени перед отключением питания двигателей. Время задержки отключения — это интервал перед отключением двигателей, в течении которого контроллер будет держать двигатели в состоянии удержания текущего положения. В зависимости от системы, вы можете установить значение этого параметра в ноль и отключить задержку. В других случаях может потребоваться использовать значение 25-50 миллисекунд, чтобы оси успели полностью остановиться перед отключением двигателей. Отключение призвано помочь для тех типов двигателей, которые не следует держать включенными в течении долгого периода времени без какой-либо работы. И еще, имейте в виду, что в процессе отключения некоторые драйверы шаговых двигателей не запоминают на каком микрошаге они остановились, что может привести к пропуску шагов. В этом случае лучше держать двигатели всегда включенными установкой соответствующего значения в параметр 37.
2	Step pulse invert Инверсия сигнала шагового импульса	Битовая маска ¹	Этот параметр управляет инверсией сигнала шаговых импульсов. По умолчанию, сигнал шагового импульса начинается в нормально-низком состоянии и переключается в высокое на период импульса. По истечении времени, заданного параметром \$0, вывод переключается обратно в низкое состояние, вплоть до следующего импульса. В режиме инверсии, шаговый импульс переключается из нормально-высокого в низкое на период импульса, а потом возвращается обратно в высокое состояние. Большинству пользователей не требуется менять значение этого параметра, но это может оказаться полезным, если конкретные драйверы ШД этого требуют. Например, инверсией вывода шагового импульса может быть обеспечена искусственная задержка между изменением состояния вывода направления

¹ Расшифровку значений битовой маски см. ниже после таблицы с описанием конфигурационных параметров.

			и шаговым импульсом. Этот параметр хранит настройки инверсии осей в виде битовой маски. Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Например, чтобы инвертировать оси Y и Z, отправьте \$2=6.
3	Step direction invert Инверсия сигнала направления шагового двигателя	Битовая маска ¹	Этот параметр инвертирует сигнал направления для каждой из осей. По умолчанию, контроллер предполагает, что ось движется в положительном направлении, когда уровень сигнала направления низкий, и в отрицательном - когда высокий. Эта маска работает точно так, как и инверсия шаговых импульсов. Для настройки нужно просто отправить значение, указывающее какие оси инвертировать. Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Например, чтобы инвертировать направление только по оси Y, нужно отправить команду \$3=2.
4	Invert step enable pin Инверсия сигнала включения шаговых двигателей	Битовая маска ¹	По умолчанию, низкий уровень соответствует выключению, а высокий - включению шаговых двигателей. В контроллерах Инектра включению двигателей соответствует низкий уровень, поэтому сигнал необходимо инвертировать, отправив \$4=7 (или \$4=1, т.к. все шаговые двигатели управляются одним сигналом включения). Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Если все шаговые двигатели управляются одним и тем же сигналом включения, используется только бит оси X.
5	Invert limit pins Инверсия сигналов концевых датчиков	Битовая маска ¹	По умолчанию, высокий уровень сигнала на соответствующей ножке микроконтроллера соответствует срабатываю концевой датчика. Контроллеры Инектра спроектированы таким образом, что при разомкнутой цепи датчика сигнал на соответствующей ножке микроконтроллера резистором подтягивается к высокому уровню. При замыкании выводов XLIM, YLIM, ZLIM на общий провод GND1, соответствующая ножка микроконтроллера подтягивается к низкому уровню. Таким образом, при подключении нормально разомкнутого (Normally Opened, NO) датчика, соответствующий бит параметра 5 необходимо установить в 1. При подключении нормально

			замкнутого (Normally Closed, NC) датчика, инверсия не требуется. Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Например, для инверсии лимитов всех осей необходимо отправить \$5=7.
6	Invert probe pin Инверсия сигнала датчика высоты инструмента	Логический	По аналогии с сигналами концевых датчиков (см. описание параметра 5), параметр 6 необходимо установить в 1 при подключении нормально разомкнутого датчика высоты инструмента (Z-щупа), отправив \$6=1.
10	Status report options Настройка статусных репортов	Битовая маска ¹	Параметр определяет, какие данные отправлять в отчеты реального времени, которые используются графическим визуализатором (в частности, Inectra CNC Visualizer) для отображения текущего состояния системы. Для корректной работы визуализатора рекомендуется установить значение параметра \$10=511. Расшифровка битовой маски: Бит0 - машинные координаты, бит1 - состояние буфера, бит2 - номера строк, бит3 - скорость подачи и скорость вращения шпинделя, бит4 - состояние контрольных сигналов, бит5 - рабочие координаты, бит6 - переопределения, бит7 - координаты датчика высоты инструмента, бит8 - синхронизация буфера при изменении рабочих координат, бит9 - подстатусы аварий, бит10 - состояние парсера. Большая часть данных скрывается и выводится только тогда, когда их значение меняется. Это существенно увеличивает производительность по

			сравнению со старым способом и позволяет значительно быстрее получать обновленные данные о станке, причем в большем объеме.
11	Junction deviation Отклонение на стыках	Миллиметры	Заданная величина отклонения на стыках, используется модулем управления ускорением для определения как быстро можно перемещаться через стыки отрезков запрограммированного в G-коде пути. Например, если путь в G-коде содержит острый выступ с углом в 10 градусов, и станок двигается к нему на полной скорости, данный параметр поможет определить насколько нужно притормозить, чтобы выполнить поворот без потери шагов. Вычисление делается довольно сложным образом, но в целом, более высокие значения дают более высокую скорость прохождения углов, повышая риск потерять шаги и сбить позиционирование. Меньшие значения делают модуль управления более аккуратным и приводят к более аккуратной и медленной обработке углов. Так что, если вдруг столкнетесь с проблемой слишком быстрой обработки углов, уменьшите значение параметра, чтобы заставить станок притормаживать перед прохождением углов.
12	Arc tolerance Отклонение от дуги	Миллиметры	Контроллер выполняет операции круговой интерполяции G2/G3 (круги, спирали, дуги), разбивая их на множество крошечных отрезков таким образом, чтобы погрешность отклонения от дуги не превышала значения данного параметра. Значение по умолчанию - 0.002мм. Если вы обнаружили, что ваши окружности слишком угловатые или прохождение по дуге выполняется слишком уж медленно, откорректируйте значение этого параметра. Меньшие значения дают лучшую точность, но могут снизить производительность из-за перегрузки контроллера огромным количеством мелких линий. И наоборот, более высокие значения приводят к меньшей точности обработки, но повышают скорость, поскольку дуга разбивается на меньшее количество отрезков. Стоит уточнить, что отклонение от дуги определяется как максимальная длина перпендикуляра, проведенного от отрезка, соединяющего концы дуги (хорды) до пересечения с точкой дуги. Используя основы геометрии,

			происходит вычисление, на отрезки какой длины нужно разбить дугу, чтобы погрешность не превышала заданное значение.
13	Report in inches Отчет в дюймах	Логический	Контроллер в реальном времени выводит координаты текущей позиции, чтобы пользователь всегда имел представление, где в данный момент находится станок, а также параметры смещения начала координат, скорость подачи и данные измерения (probing). По-умолчанию вывод идет в мм, но командой \$13=1 можно изменить значение параметра и переключить вывод на дюймы. \$13=0 возвращает вывод в мм.
14	Invert control pins Инверсия сигналов управления	Битовая маска ¹	По умолчанию, высокий уровень сигнала на соответствующей ножке микроконтроллера соответствует нажатию кнопки (поступлению управляющего сигнала). Контроллеры Инектра спроектированы таким образом, что при разомкнутой цепи сигнал на соответствующей ножке микроконтроллера резистором подтягивается к высокому уровню. При замыкании выводов RESET, HOLD, START, Safety Door на общий провод GND1, соответствующая ножка микроконтроллера подтягивается к низкому уровню. Таким образом, если по нажатию кнопки соответствующий вывод замыкается на общий провод, соответствующий бит параметра 14 необходимо установить в 1. Инверсия не требуется, если вывод замкнут на общий провод при ненажатой кнопке. Расшифровка битовой маски: бит0 - RESET бит1 - HOLD бит2 - START бит3 - Safety Door Рекомендуемое значение \$14=15.
15	Invert coolant pins Инверсия сигналов управления	Битовая маска ¹	По умолчанию включение охлаждения осуществляется установкой высокого уровня на соответствующей ножке микроконтроллера. Контроллеры Инектра спроектированы в соответствии с этим утверждением, поэтому инверсия сигналов охлаждения не требуется: \$15=0.

	охлаждением		Расшифровка маски: бит0 - основное охлаждение (Flood) бит1 - дополнительное охлаждение (Mist)
16	Invert spindle signals Инверсия сигналов управления шпинделем	Битовая маска ¹	Расшифровка битовой маски: бит0 - Spindle Enable бит1 - Spindle Direction бит2 - PWM (ШИМ) По умолчанию активному уровню сигнала соответствует высокий уровень на ножке микроконтроллера. Контроллеры Инектра спроектированы в соответствии с этим утверждением, поэтому инверсия сигналов управления шпинделем не требуется: \$16=0
17	Pullup disable control pins Подтяжка сигналов управления к питанию отключена	Битовая маска ¹	Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так как входные цепи сигналов управления содержат подтягивающие к питанию (pull-up) резисторы. Значение параметра должно быть равно \$17=0 Для расшифровки битовой маски см. параметр 14.
18	Pullup disable limit pins Подтяжка сигналов концевых датчиков к питанию отключена	Битовая маска ¹	Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так как входные цепи сигналов концевых датчиков содержат подтягивающие к питанию (pull-up) резисторы. Значение параметра должно быть равно \$18=0 Для расшифровки битовой маски см. параметр 5.
19	Pullup disable probe	Логический	Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так

	pin Подтяжка сигнала Z-щупа к питанию отключена		как входная цепь сигнала датчика высоты инструмента содержит подтягивающий к питанию (pull-up) резистор. Значение параметра должно быть равно \$19=0
20	Soft limits enable Включение программных лимитов	Логический	Включение программных лимитов - это настройка безопасности, призванная помочь избежать перемещения инструмента за пределы рабочей области, которое может повлечь за собой поломку или разрушение дорогостоящих предметов. Она работает за счет информации о текущем положении и пределах допустимого перемещения по каждой из осей. Каждый раз, когда контроллер получает G-код движения, он проверяет не произойдет ли выход за пределы допустимой области. И в случае, если происходит нарушение границ, контроллер немедленно выполняет команду приостановки подачи, останавливает шпиндель и охлаждение, а затем выставляет сигнал аварии для индикации проблемы. Текущее положение при этом не сбрасывается, поскольку останов происходит не в результате аварийного принудительного останова, как в случае с жесткими границами. ЗАМЕЧАНИЕ: программные лимиты требуют включения поддержки процедуры поиска домашнего положения и аккуратной настройки максимальных границ для перемещения (параметры 130, 131, 132), поскольку контроллеру нужно знать, где находятся допустимые границы. Отправьте \$20=1 для включения, и \$20=0 для отключения программных лимитов.
21	Hard limits enable Включение жестких границ - поддержка концевых датчиков в аппаратной конфигурации станка	Логический	Жесткие границы в общих чертах работают также как и мягкие, но используют аппаратные выключатели. Как правило, концевые выключатели (механические, магнитные или оптические) устанавливаются в конце каждой из осей или в тех точках, достижение которых в процессе перемещения может привести к проблемам. Когда срабатывает выключатель, он приводит к немедленной остановке любого перемещения, останову охлаждения и шпинделя (если подключен), и переходу в

			аварийный режим, требующий от вас проверить станок и выполнить сброс контроллера. Имейте в виду, что срабатывание жестких границ рассматривается как исключительное событие, выполняющее немедленный останов, и может приводить к потере шагов. Контроллер не имеет обратной связи от станка о текущем положении, так что он не может гарантировать, что имеет представление о том где реально находится. Так что, если произошло нарушение жестких границ, контроллер перейдет в бесконечный цикл режима АВАРИЯ, выход из которого потребует выполнения процедуры поиска домашнего положения (Homing). Отправьте \$21=1 для включения, и \$20=0 для отключения жестких границ.
22	Homing cycle Поиск домашнего положения	Битовая маска ¹	Процедура поиска домашнего положения используется для аккуратного и точного поиска заранее известной точки станка каждый раз после включения контроллера между сеансами работы - так называемый машинный ноль, используемый как точка отсчета координат станка. По-умолчанию, процедура поиска начальной позиции контроллера сначала выполняет перемещение по оси Z в положительном направлении, чтобы освободить рабочую область, а затем выполняет перемещение по осям X и Y в положительном направлении. Для настройки точного поведения процедуры поиска домашнего положения имеется несколько параметров настройки, описанные ниже. Также следует отметить, что при активированной процедуре поиска домашнего положения контроллер блокирует выполнение команд перемещения и G-кода до завершения процедуры.
23	Homing direction invert Инвертирование направления поиска домашнего	Битовая маска ¹	По-умолчанию, контроллер предполагает, что концевые выключатели начальной точки (домашнего положения) находятся в положительном направлении. Он выполняет сначала перемещение в положительном направлении по оси Z, затем в положительном направлении по осям X-Y, перед тем как точно определить начальную точку, медленно перемещаясь

	положения		назад и вперед около концевого выключателя. Если в вашей конфигурации концевые датчики находятся в другом направлении по отношению к положительному направлению движения по заданной оси, установите соответствующий бит в 1: бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z. Например, для инвертирования направления поиска по осям Y и Z, отправьте \$23=6.
26	Homing switch debounce delay Подавлениедребезга при поиске домашнего положения	Миллисекунды	При срабатывании концевых датчиков, некоторые из них в течении нескольких миллисекунд могут издавать электрический/механический шум (так называемый дребезг контакта), приводящий к быстрому переключению сигнала между высоким и низким уровнями, прежде чем его значение зафиксировано. Для решения данной проблемы вводится программная задержка на время дребезга. Контроллер будет делать короткую задержку, но только при поиске начальной точки на этапе ее точного определения. Установите значение задержки достаточное, чтобы выключатели обеспечивали устойчивое срабатывание. Для большинства случаев подойдет значение в пределах 5-25 миллисекунд.
28	G73 retract distance Расстояние втягивания G73	Миллиметры	Расстояние втягивания инструмента в цикле высокоскоростного сверления командой G.73
29	Pulse delay Задержка шагового импульса	Микросекунды	Обычно изменение этого параметра не требуется, оставьте его значение в 0.
30	Maximum spindle speed	об/мин	Задаёт скорость вращения шпинделя, соответствующую максимальной скважности ШИМ-сигнала (1). Скважности 1 соответствует постоянный

	Максимальная скорость вращения шпинделя		уровень 5В на выходе DPWM и уровень 10В на аналоговом выходе APWM. Таким образом, если, скажем, \$30=24000, то команда M3 S12000 приведет к генерации ШИМ сигнала на выходе DPWM в виде периодических прямоугольных импульсов скважностью 0.5, что будет соответствовать аналоговому уровню 5В на выходе APWM. Замечание: контроллер ревизии 2.1 формирует сигнал только на одном из выходов DPWM/APWM - в зависимости от значения параметра 32 (см. описание ниже)
31	Minimum spindle speed Минимальная скорость вращения шпинделя	об/мин	Задаёт скорость вращения шпинделя, соответствующую минимальной скважности ШИМ-сигнала (0.004). Скважности 0.004 соответствуют очень короткие периодические импульсы (длительность зависит от частоты, определяемой параметром 33) на выходе DPWM, и постоянное напряжение 0.04В на аналоговом выходе APWM. Значение \$31=0 соответствует отключению шпинделя, и выходы ШИМ всегда равны 0В. Замечание: контроллер ревизии 2.1 формирует сигнал только на одном из выходов DPWM/APWM - в зависимости от значения параметра 32 (см. описание ниже)
32	Mode of operation Режим работы	Целое	0 — Режим фрезерного станка 1 — Режим лазера 2 — Режим токарного станка 3 — Режим тангенциального ножа Отличие режима лазера от режима фрезера состоит в том, что при работе в режиме лазера, когда обороты шпинделя (мощность лазера) меняются командой S, станок будет продолжать движение от точки к точке в соответствии с заданной последовательностью команд G1, G2, или G3. Значение скважности ШИМ, отвечающего за управление оборотами шпинделя, будет меняться в процессе движения сразу же, без выполнения

			остановки. Второе отличие состоит в том, что при выполнении ускоренного перемещения по команде G0, происходит отключение сигнала ШИМ, чтобы лазер не прожег рабочую поверхность во время холостого хода. Если параметр отключен (значение 0), станок будет вести себя как обычно, прерывая движение каждый раз, когда встречает команду изменения оборотов шпинделя S. Это стандартное поведение для фрезерных станков, формирующее некоторую паузу, чтобы шпиндель успел изменить скорость своего вращения. На холостом ходу (по команде G0) отключать ШИМ (шпиндель) не требуется. В контроллерах ревизии 2.1 и выше реализована отдельная подача ШИМ на выводы APWM и DPWM. В режиме фрезера (\$32=0) присутствует только аналоговый сигнал 0-10V на выходе APWM для регулировки оборотов шпинделя. На выходе DPWM сигнал при этом отсутствует (0 V). В режиме лазера (\$32=1) присутствует только импульсный ШИМ на выходе DPWM для регулировки мощности лазера. На выходе APWM при этом сигнал отсутствует (0 V). Исходя из сказанного выше, шпиндель необходимо подключать только к выводу APWM, а лазер - к выводу DPWM.
33	Spindle PWM frequency Частота ШИМ-сигнала управления скоростью вращения шпинделя	Гц	Частота ШИМ-сигнала управления скоростью вращения шпинделя/мощностью лазера. Чем выше частота ШИМ, тем более гладкий (меньше шума) будет аналоговый сигнал на выходе APWM.
34	Spindle PWM off value	%	Рекомендуемое значение: \$34=0

35	Spindle PWM min value Минимальный уровень ШИМ- сигнала	%	Рекомендуемое значение: \$35=0
36	Spindle PWM max value Максимальный уровень ШИМ- сигнала	%	Рекомендуемое значение: \$36=100
37	Steppers deenergize Отключение двигателей	Битовая маска ¹	Параметр определяет, шаговые двигатели каких осей необходимо оставлять включенными после остановки. Если соответствующий бит установлен в 1, то после остановки двигателя сигнал Step Enable соответствующей оси остается активным, благодаря чему двигатель находится в состоянии удержания своего положения. В процессе работы станка рекомендуется оставлять двигатели включенными (\$37=7), т.к. при неактивном сигнале Step Enable двигатель не удерживает позицию, и его можно легко сдвинуть с места, нарушив координаты. Расшифровка маски: бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.
39	Enable legacy RT commands Разрешить устаревшие команды реального времени	Логический	Рекомендуемое значение параметра: \$39=1

40	Limit jog commands Ограничить команды перемещения	Логический	Параметр активирует ограничение команд перемещения по машинным лимитам для осей при выполнении процедуры поиска домашнего положения.
41	Parking cycle Цикл парковки	Логический	При \$41=1 разрешено выполнить процедуру парковки по оси, задаваемой параметром 42 . Предварительно требуется выполнить процедуру поиска домашнего положения.
42	Parking axis Настройка оси для выполнения парковки	Целое	Определяет, по какой оси выполнять парковку: 0 - ось X, 1 - ось Y, 2 - ось Z.
43	Homing passes Количество циклов поиска домашнего положения	Целое	Определяет, какое количество циклов требуется выполнить при выполнении процедуры поиска домашнего положения. Диапазон значений от 1 до 128.
44	Axis homing, first pass Первая ось при поиске домашнего положения	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или несколькими сразу) выполнять поиск домашнего положения за первый проход. Расшифровка маски: бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.
45	Axis homing, second pass Вторая ось при поиске домашнего положения	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или несколькими сразу) выполнять поиск домашнего положения за второй проход. Расшифровка маски аналогично параметру 44.

46	Axis homing, third pass Третья ось при поиске домашнего положения	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или нескольким сразу) выполнять поиск домашнего положения за третий проход. Расшифровка маски аналогично параметру 44.
56	Parking pull-out distance Дистанция извлечения инструмента	Миллиметры	Расстояние (относительное), на которое происходит извлечение инструмента из заготовки перед выполнением парковки по заданной оси.
57	Parking pull-out rate Скорость извлечения инструмента	мм/мин	Скорость, с которой инструмент извлекается из заготовки перед выполнением парковки. Для безопасности, эта скорость должна быть небольшой.
58	Parking target Машинная координата позиции парковки	Миллиметры	Машинная координата заданной оси, в которую осуществляется парковка инструмента.
59	Parking fast rate Скорость парковки	мм/мин	Скорость, с которой инструмент перемещается на позицию парковки после извлечения из заготовки.
60	Restore overrides Восстановить переопределенные	Логический	При выполнении кодов конца программы M2 или M30, большинство состояний G-кодов сбрасывается в значения по умолчанию. Данная опция включает восстановление дефолтных значений для скоростей подачи и скорости вращения шпинделя (мощности лазера).

	настройки в значения по умолчанию		Для активации отправьте \$60=1.
61	Ignore door when idle Игнорировать защитную дверцу в режиме простоя	Логический	Отправьте \$61=1, если конфигурация станка требует, чтобы в режиме простоя защитная дверца была открыта (например, для последующего исполнения команд движения).
62	Sleep enable Разрешить режим сна	Логический	Отправьте \$62=1, чтобы разрешить переход в режим сна.
63	Feed hold actions Действия по сигналу паузы	Битовая маска ¹	Параметр определяет, какие действия необходимо предпринять при постановке программы на паузу и снятии с паузы. Расшифровка маски: бит0 — отключить лазер при постановке на паузу, бит1 — восстановить состояния шпинделя и охлаждения по снятию с паузы, бит2 — парковаться на паузе.
64	Force init alarm Принудительный старт в аварийном режиме	Логический	При \$64=1 контроллер запускается в режиме аварии после холодного сброса.
65	Probing feed override Коррекция скорости подачи при поиске датчика высоты инструмента	Логический	Отправьте \$65=1, чтобы разрешить коррекцию скорости подачи для поиска датчика высоты инструмента.
100-103	Axis travel resolution Разрешение оси:	шаг/мм	Системе нужно знать на какое расстояние каждый шаг двигателя в реальности перемещает инструмент. Для калибровки соотношения шаг/мм

	100 — X, 101 — Y, ..., 103 — A.		необходимо знать следующее: 1. Перемещение в мм, соответствующее одному обороту двигателя. Это зависит от размера шестерней ременной передачи или шага винта. 2. Количество полных шагов на один оборот двигателя (обычно 200). 3. Количество микрошагов на один шаг для контроллера двигателя (обычно 1, 2, 4, 8, или 16). <i>Совет: Использование больших значений микрошага (например, 16) может уменьшить крутящий момент двигателя, так что используйте минимальное значение, обеспечивающее нужную точность перемещения по осям и удобные эксплуатационные характеристики.</i> После этого значение шаг/мм может быть вычислено по формуле: шагов_на_мм = (шагов_на_оборот * микрошагов)/мм_на_оборот <i>Совет: используйте процедуру калибровки (функция Станок→Калибровка в графическом визуализаторе Inectra CNC Visualizer) для точного определения разрешения оси.</i>
110-113	Axis maximum rate Максимальная скорость перемещения по оси: 110 — X, 111 — Y, ..., 113 — A.	мм/мин	Параметр задает максимальную скорость (G0), с которой можно перемещаться по оси. Используется как скорость подачи для выполнения команды холостого перемещения G0.
120-123	Axis acceleration Ускорение по оси: 120 — X, 121 — Y, ..., 125 — A.	мм/с ²	Параметр задаёт величину ускорения (замедления) движения по оси X. Попросту говоря, меньшее значение делает станок более плавным в движении, в то время как большее приводит к более резким движениям и достижению требуемой скорости подачи гораздо быстрее.
130-133	Axis maximum travel Размер рабочего	мм	Этот параметр задает максимальную дистанцию перемещения в мм от одного конца оси X до другого. Он имеет смысл только при включении

	поля: 130 — по X, 131 — по Y, ..., 133 — по A.		программных лимитов и поиске начальной точки, поскольку используются модулем проверки программных лимитов для определения выхода за пределы допустимой области в процессе перемещения.
160-163	Backlash compensation Компенсация люфта: 160 — по X, 161 — по Y, ..., 163 — по A.	мм	Этот параметр задает величину холостого перемещения при смене направления по каждой оси в целях компенсации имеющегося люфта.
170-173	Homing search seek rate Скорость быстрого поиска домашнего положения: 170 — по X, 171 — по Y, ..., 173 — по A.	мм/мин	Этот параметр задает скорость быстрого (или грубого) поиска датчика по каждой оси. Это первый этап процедуры поиска домашнего положения, который выполняется с более высокой скоростью.
180-183	Homing locate feed rate Скорость точного поиска домашнего положения: 180 — по X, 181 — по Y, ..., 185 — по A.	мм/мин	Этот параметр задает скорость точного поиска датчика по каждой оси. Это второй этап процедуры поиска домашнего положения и характеризуется малой скоростью поиска для более точного определения позиции датчика.
190-193	Homing pulloff Расстояние отката от датчика при поиске домашнего положения:	мм	После того, как концевой выключатель домашнего положения найден, контроллер отъезжает от него на небольшое расстояние. Делается это для того, чтобы в домашнем положении датчики не находились в «засвеченном» состоянии, а также чтобы избежать непреднамеренного срабатывания датчиков в процессе работы станка.

	190 — по X, 191 — по Y, ..., 193 — по A.		Обычно значение 2-3 мм вполне достаточно.
200-203	Homing pulloff B Расстояние отката от датчика спаренной оси при автовыравнивании 200 — по X, 201 — по Y, ..., 203 — по A.	мм	После того, как концевой выключатель домашнего положения найден, контроллер отъезжает от него на небольшое расстояние. Делается это для того, чтобы в домашнем положении датчики не находились в «засвеченном» состоянии, а также чтобы избежать непреднамеренного срабатывания датчиков в процессе работы станка. Обычно значение 2-3 мм вполне достаточно.
210-213	Homing position Машинная координата в домашнем положении: 210 — по X, 211 — по Y, ..., 213 — по A.	мм	Эти параметры задают значения машинной координаты на концевом датчике для каждой оси после выполнения процедуры поиска домашнего положения. По умолчанию — 0. Данные параметры применяются только в том случае, если установлен бит3 конфигурационного параметра \$22.
300	IP mode Режим получения IP-адреса	Целое	Режим получения IP-адреса контроллером: 0 — статический, 1 — по протоколу DHCP. По умолчанию статический.
301-304	IP address IP-адрес устройства	Целое	IP-адрес устройства представляет собой последовательность из 4-х байт, каждый из которых принимает значения от 0 до 255. 301 — первый байт (старший), 304 — последний (младший). По умолчанию 192.168.1.10.
305-308	Subnet mask Маска подсети	Целое	305 — старший байт маски подсети, 308 — младший. По умолчанию 255.255.255.0.
309-312	Default gateway Шлюз по умолчанию	Целое	Шлюз по умолчанию представляет собой последовательность из 4-х байт (IP-адрес), каждый из которых принимает значения от 0 до 255. 309 — первый байт (старший), 312 — последний (младший). По умолчанию

			192.168.1.1.
317	TCP port TCP-порт	Целое	TCP-порт, на который контроллер принимает входящее подключение от визуализатора. По умолчанию 1030. Диапазон значений от 1024 до 65535.
341	Tool change mode Режим смены инструмента	Целое	Параметр определяет режим смены инструмента. Возможны значения: 0 — Нормальный режим (функция отключена) — перемещение на позицию и смена инструмента осуществляются вручную. 1 — Ручная смена — инструмент автоматически перемещается в домашнее положение, а для зондирования (определение уровня инструмента) используются либо команды ручного перемещения (jogging), либо команда \$TPW 2 — Ручная смена с использованием команды G59.3 — инструмент автоматически перемещается в домашнее положение, затем на позицию G59.3 для смены. Для зондирования используются либо команды ручного перемещения (jogging), либо команда \$TPW 3 — Полуавтоматическая смена инструмента — инструмент автоматически перемещается в домашнее положение, затем на позицию G59.3 для смены, после чего выполняется автоматическое зондирование. 4 — Игнорировать команды смены инструмента Все режимы кроме нормального возвращают инструмент в исходное положение после смены.
342	Tool change probing distance Расстояние зондирования при смене инструмента	мм	Максимальное расстояние зондирования при полуавтоматической смене инструмента или по команде \$TPW.
343	Tool change locate feed rate	мм/мин	Скорость подачи для точного определения смещения длины инструмента (скорость приближения к датчику пробы)

	Скорость подачи при точном определении смещения длины инструмента		
344	Tool change search seek rate Скорость подачи при поиске датчика пробы	мм/мин	Скорость поиска датчика пробы перед медленной фазой точного определения смещения длины инструмента.
372	Invert out signals Инверсия выходных сигналов	Битовая маска ¹	Определяет тип соответствующего выходного сигнала: нормально открытый (NO) или нормально закрытый (NC). Бит0 — тип выхода SPEN (OUT1), бит1 — тип выхода SPD (OUT2) и т.д.
374	Input signals override Переопределение входных сигналов	Битовая маска ¹	Переопределяет стандартную функцию входа на сервисный сигнал: бит0 — переопределяет LimitX на I1 бит1 — переопределяет LimitY1 на I2 бит2 — переопределяет LimitZ на I3 бит3 — переопределяет LimitA на I4 бит6 — переопределяет Reset на I7 бит7 — переопределяет Hold на I8 бит8 — переопределяет Start на I9 бит9 — переопределяет Door на I10 бит10 — переопределяет Probe на I11 бит11 — переопределяет LimitX2 на I12 бит12 — переопределяет LimitY2 на I13 бит14 — переопределяет EStop на I15

375	Output signals override Переопределение выходных сигналов	Битовая маска ¹	Переопределяет стандартную функцию выхода на сервисный сигнал: бит0 — переопределяет SPEN на O1 бит1 — переопределяет SPD на O2 бит2 — переопределяет MIST на O3 бит3 — переопределяет FLD на O4 После переопределения выходных сигналов на сервисные, управление ими осуществляется командами M64/M65 (см. главу 5.3.5)
376	Rotary axis mask Маска поворотных осей	Битовая маска ¹	Определяет список поворотных осей на станке. Бит0 — ось X, бит1 — ось Y, ..., бит5 — ось C.
377	Tangential blade rotary axis mask Список поворотных осей тангенциального ножа	Битовая маска ¹	Определяет, какие оси используются в качестве осей поворота тангенциального ножа. Бит0 — ось X, бит1 — ось Y, ..., бит5 — ось C. Параметр имеет силу, только когда контроллер находится в режиме Тангенциальный нож (\$32=3). Используется для корректной работы команд круговой интерполяции, чтобы при движении по дуге нож плавно поворачивался вдоль направления движения. Например: <i>G03 X41.584015 Y14.657209 Z-0.125000 I-19.978636 J-25.572808 A161.861866</i>
450	Spindle spin up delay Задержка на разгон шпинделя	Секунды	При всяком изменении скорости вращения шпинделя (командой S) или включении шпинделя командами M3/M4 контроллер выдерживает заданный интервал времени, чтобы дать возможность фрезе раскрутиться и не повредить её перед началом движения.
451	Autosquaring enable Включить автовыравнивание оси	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или нескольким сразу) выполнять процедуру автоматического выравнивания по двум концевым датчикам. Функция работает только во время процедуру поиска домашнего положения. Расшифровка маски: бит0 — ось X,

			бит1 — ось Y, бит2 — ось Z, бит3 — ось A.
452	Main input channel Основной канал управления	Целое	Параметр задает основной канал управления, через который разрешено отправлять весь перечень команд (запрос статуса, конфигурации, программа G-кода и т.д.) 0 — основной канал USB 1 — основной канал UART 2 — основной канал Ethernet Через дополнительный канал возможно только чтение статусной информации и конфигурации.
453	UART device type Тип устройства UART	Целое	Тип устройства, подключенного к порту UART. 0 — Bluetooth-модуль HC-06 1 — Offline-контроллер UART 2 — Bluetooth-модуль JDY-31 Если параметр имеет значения 0 или 2, то при старте контроллера автоматически запускается процедура настройки Bluetooth-модуля с помощью AT-команд. Если значение равно 1, никаких дополнительных настроек UART-интерфейса не выполняется.
454	Ignore limits at work Игнорировать концевой датчик оси вращения во время работы	Логический	Параметр оказывает влияние на работу только оси вращения: 1 — концевой датчик оси вращения игнорируется во время работы контроллера. Датчик используется только во время процедуры поиска домашнего положения. 0 — концевой датчик работает всегда.
456	Backup input channel		Через дополнительный канал возможно только чтение статусной информации и конфигурации.

	Дополнительный канал управления		0 — резервный канал USB 1 — резервный канал UART 2 — резервный канал Ethernet
--	---------------------------------	--	---

Расшифровка битовой маски

Десятичное число	Бит10	Бит9	Бит8	Бит7	Бит6	Бит5	Бит4	Бит3	Бит2	Бит1	Бит0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2047	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

7. Подключение к станку и первоначальная настройка контроллера

- Перед выполнением каких-либо работ, убедитесь, что питание контроллера выключено. Для большей безопасности, переведите переключатель питания на плате в положение OFF.
- Подключите контроллер к станку используя схему на рисунке 14.
- Компьютер подключается к контроллеру по Ethernet- или USB-интерфейсу. В заводской конфигурации основной канал управления контроллера настроен на Ethernet. Для подключения по Ethernet соедините контроллер LAN-кабелем напрямую с компьютером или коммутатором и подайте питание. IP-адрес по умолчанию 192.168.1.10, порт 1030. Для подключения к контроллеру на компьютере должен быть установлен IP-адрес из подсети 192.168.1.0/24 (например, 192.168.1.11). Запустите графический визуализатор Inetra CNC Visualizer. В меню *Сервис→Настройки→Соединение* задайте следующие параметры и нажмите *ОК*:
 - *Протокол подключения: TCP*
 - *IP-адрес: 192.168.1.10*
 - *TCP-порт: 1030*
- Для подключения по USB подсоедините контроллер к USB-порту компьютера и подайте питание — компьютер должен определить его как виртуальный COM-порт (USB Serial Device). Если компьютер не может автоматически определить устройство, установите драйвер STM32 Virtual COM Port (STSW-STM32102) — драйвер для Windows можно скачать [здесь](#). Установка драйвера требуется на Windows7/8, на Windows10 и выше драйвер ставится автоматически. Запустите графический визуализатор Inetra CNC Visualizer. В меню *Сервис→Настройки→Соединение* задайте следующие параметры и нажмите *ОК*:
 - *Протокол подключения: Serial*
 - *Порт* — выберите идентификатор COM-порта контроллера (в Windows идентификатор порта можно узнать через *Диспетчер устройств — Порты (COM и LPT)*)
 - *Скорость* — оставьте значение *115200*.
- Визуализатор должен подключиться к контроллеру, разблокировав свои функции и отобразив статус *Готов*. За более детальной информацией по работе с визуализатором обращайтесь к [инструкции](#). Если Вы подключаетесь по USB из заводской конфигурации, то для возможности полноценной настройки устройства необходимо сначала изменить основной канал управления на USB через меню *Станок→Конфигурация→Каналы управления*.
- При необходимости произведите корректировку необходимых параметров станка. В частности, Вам, скорее всего потребуется редактирование следующих настроек:
 - *Размеры стола (рабочего поля) станка* — меню *Станок → Конфигурация → Рабочее поле*.

- Разрешение осей (количество шагов двигателя на 1 мм перемещения по оси) — меню *Станок* → *Конфигурация* → *Шаговые двигатели*. Для более точной настройки этих параметров рекомендуется воспользоваться функцией автоматической калибровки осей в программе Inectra CNC Visualizer (меню *Станок* → *Калибровка осей*).
- Ускорение (замедление) движения по осям (определяет, насколько плавно станок будет разгоняться и замедляться для достижения нужной скорости подачи) — меню *Станок* → *Конфигурация* → *Шаговые двигатели*.
- Скорость подачи холостого хода (для команды G0) — меню *Станок* → *Конфигурация* → *Шаговые двигатели*.
Изменение направления движения по каждой оси — меню *Станок* → *Конфигурация* → *Шаговые двигатели*.
- Настройка процедуры поиска домашнего положения — *Станок* → *Конфигурация* → *Поиск домашнего положения*.
- Максимальная скорость вращения шпинделя — меню *Станок* → *Конфигурация* → *ШИМ* (должна соответствовать настройке максимальной скорости вращения шпинделя в программе Inectra CNC Visualizer).
- Включение/отключение программных и аппаратных лимитов, ограничение команд перемещения по датчикам — меню *Станок* → *Конфигурация* → *Концевые датчики*.

8. Подключение по Bluetooth

- Перед выполнением каких-либо работ, убедитесь, что питание контроллера выключено. Для большей безопасности, переведите переключатель питания на плате в положение OFF.
- Подключите контроллер к станку, используя схему на рис. 14.
- Подключите Bluetooth-модуль к разъему UART1 XS2 контроллера следующим образом:
 - 5V — выход питания 5В — подключить к выводу VCC Bluetooth-модуля.
 - GND — общий провод — подключить к выводу GND Bluetooth-модуля.
 - TX — передача данных — подключить к выводу RXD Bluetooth-модуля.
 - RX — приём данных — подключить к выводу TXD Bluetooth-модуля.
- Подайте питание на контроллер. Инициализация и настройка Bluetooth-модуля занимает 6-7 секунд.

- Откройте мобильное Android-приложение и выполните подключение¹ к соответствующему Bluetooth-устройству контроллера: имя устройства определяется как **MSC-4ES_<цифры серийного номера>** (серийный номер указан на этикетке платы), PIN-код — последние 4 цифры серийного номера.
- За дальнейшими инструкциями по управлению станком из мобильного приложения обращайтесь к руководству пользователя¹.

9. Автоматическое выравнивание портала станка

Если Ваш станок portalного типа, то Вам будет полезна функция автоматического выравнивания портала — устранение перекаса поперечной оси по двум концевым датчикам. В прошивке контроллера MSC-4ES уже реализована процедура автовыравнивания оси Y, поэтому никаких дополнительных устройств не нужно: достаточно лишь подключить каждый драйвер поперечной оси в отдельные выходы сигналов Step-Dir (см. рис. 14 подключение драйверов Y1 и Y2) и в настройках контроллера в меню *Станок* → *Конфигурация* → *Концевые датчики* выставить галочку *Автовыравнивание оси Y*. Упрощенная схема подключения драйверов и концевых датчиков для автовыравнивания оси Y представлена на рис.15.

ВАЖНО. При подключении датчиков и драйверов необходимо соблюдать правило: концевой датчик, подключенный ко входу Y1LIM должен находиться на той же стороне портала, которая приводится в движение двигателем, управляемым сигналами Y1P/Y1D. Соответственно с другой стороны портала концевой датчик должен быть подключен к Y2LIM, а двигатель управляться сигналами Y2P/Y2D.

Для тех, у кого портал приводится в движение осью X, можно также настроить автовыравнивание этой оси. Предварительно необходимо обновить программное обеспечение контроллера на соответствующую версию. Упрощенная схема подключения драйверов и концевых датчиков для автовыравнивания оси X представлена на рис.16. При этом необходимо также соблюдать правило, чтобы концевой датчик и драйвер одной стороны портала были подключены к сигналам контроллера с одинаковым индексом.

ВАЖНО. Функция автовыравнивания работает только во время процедуры поиска домашнего положения. При обычной работе станка сигнал Limit Y (Limit X при автовыравнивании по X) срабатывает по одному из датчиков.

¹ Руководство пользователя на мобильное Android-приложение доступно по [ссылке](#)

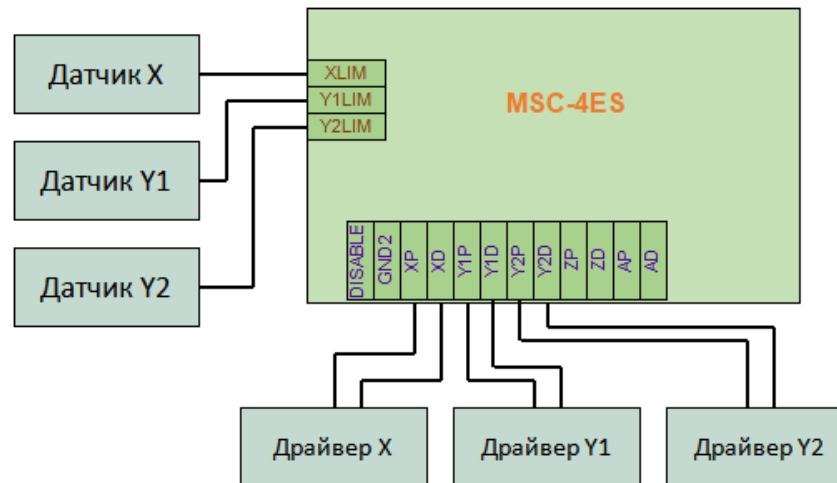


Рисунок 15: Автовыравнивание оси Y

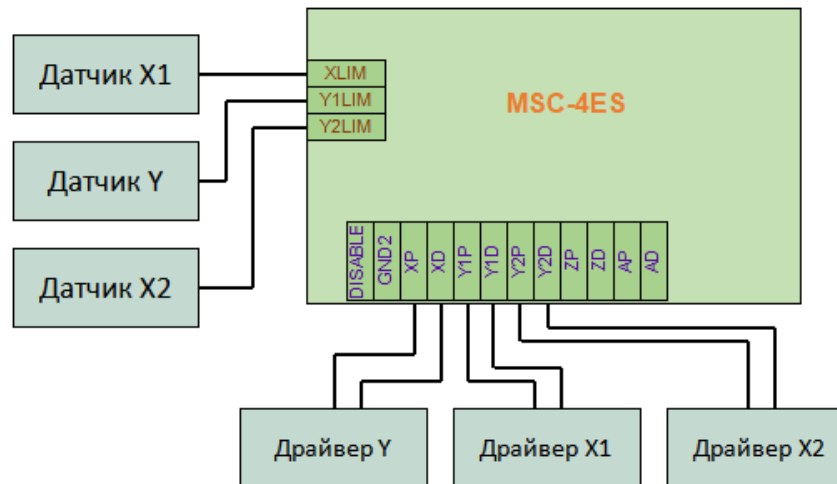


Рисунок 16: Автовыравнивание оси X

10. Обновление программного обеспечения контроллера

Для обновления программного обеспечения контроллера никаких дополнительных программ не требуется. Следуйте инструкциям ниже.

10.1 Обновление в Windows

- Используя визуализатор Inectra CNC Visualizer, подключитесь к ЧПУ-контроллеру и сделайте резервную копию конфигурации через меню *Станок → Конфигурация → Управление конфигурацией → Сделать резервную копию*.
- Отключите питание контроллера.
- Подключите контроллер USB-кабелем к компьютеру.
- Установите джампер на штыревой разъём XS42 (FW UPGRADE) на плате (можно просто замкнуть его контакты пинцетом).
- Подайте питание на контроллер.
- Дождитесь, пока на контроллере загорится зеленый индикатор **Status**, сигнализирующий об успешном запуске контроллера в режиме обновления ПО и инициализации USB-интерфейса. После этого можно снять джампер с разъёма XS42.
- Компьютер должен обнаружить контроллер и определить его как съёмный USB-носитель.
- Через проводник Windows откройте каталог съёмного диска и скопируйте в него новый файл прошивки.
- Закройте каталог и перезапустите контроллер по питанию — контроллер запустится с обновлённой прошивкой.
- Подключитесь к контроллеру и восстановите созданный ранее бэкап конфигурации через *Станок → Конфигурация → Управление конфигурацией → Восстановить из файла*.
- Перезагрузите контроллер по питанию еще раз для полноценного применения всех настроек.