



# MSC-4US

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

**Руководство по эксплуатации, подключению и настройке**

Версия документа: 1.2

Ноябрь 2024

## Содержание

1. Обзор контроллера.....	2
2. Эксплуатационные характеристики.....	4
3. Поддерживаемые G-коды.....	5
4. Аппаратные возможности контроллера.....	6
5. Описание контроллера.....	7
5.1 Структурная схема контроллера.....	8
5.2 Световая индикация.....	9
5.3 Назначение выводов.....	10
5.4 Схема подключения контроллера.....	21
6. Конфигурация контроллера.....	22
7. Подключение по USB и первоначальная настройка контроллера.....	45
8. Подключение по Bluetooth.....	46
9. Автоматическое выравнивание портала станка.....	47
10. Обновление программного обеспечения.....	50
10.1 Обновление в Windows.....	50
10.2 Обновление в Linux.....	51
11. Выбор интерфейса управления: USB или Bluetooth.....	52

## 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-х осей (X, Y, Z, A). 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 портом USB Type B для подключения к компьютеру или ноутбуку, на котором запускается управляющая программа с графическим интерфейсом (визуализатор). В качестве визуализатора для работы с контроллером необходимо использовать программу Inectra CNC Visualizer версии 4.1.350 и выше.

Порт USB Type B работает по спецификации USB 2.0 Full Speed. Для операционных систем Windows 7/8 требуется установка драйвера виртуального COM-порта<sup>1</sup>. На Linux, Windows10 и выше драйвер устанавливается системой автоматически.

Контроллер оснащен разъемом 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 170кГц 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 2.0/3.0 порт
- 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 Port<sup>1</sup>

На рис. 1 представлена упрощенная схема подключения контроллера

---

<sup>1</sup> Драйвер для Windows можно скачать [здесь](#).

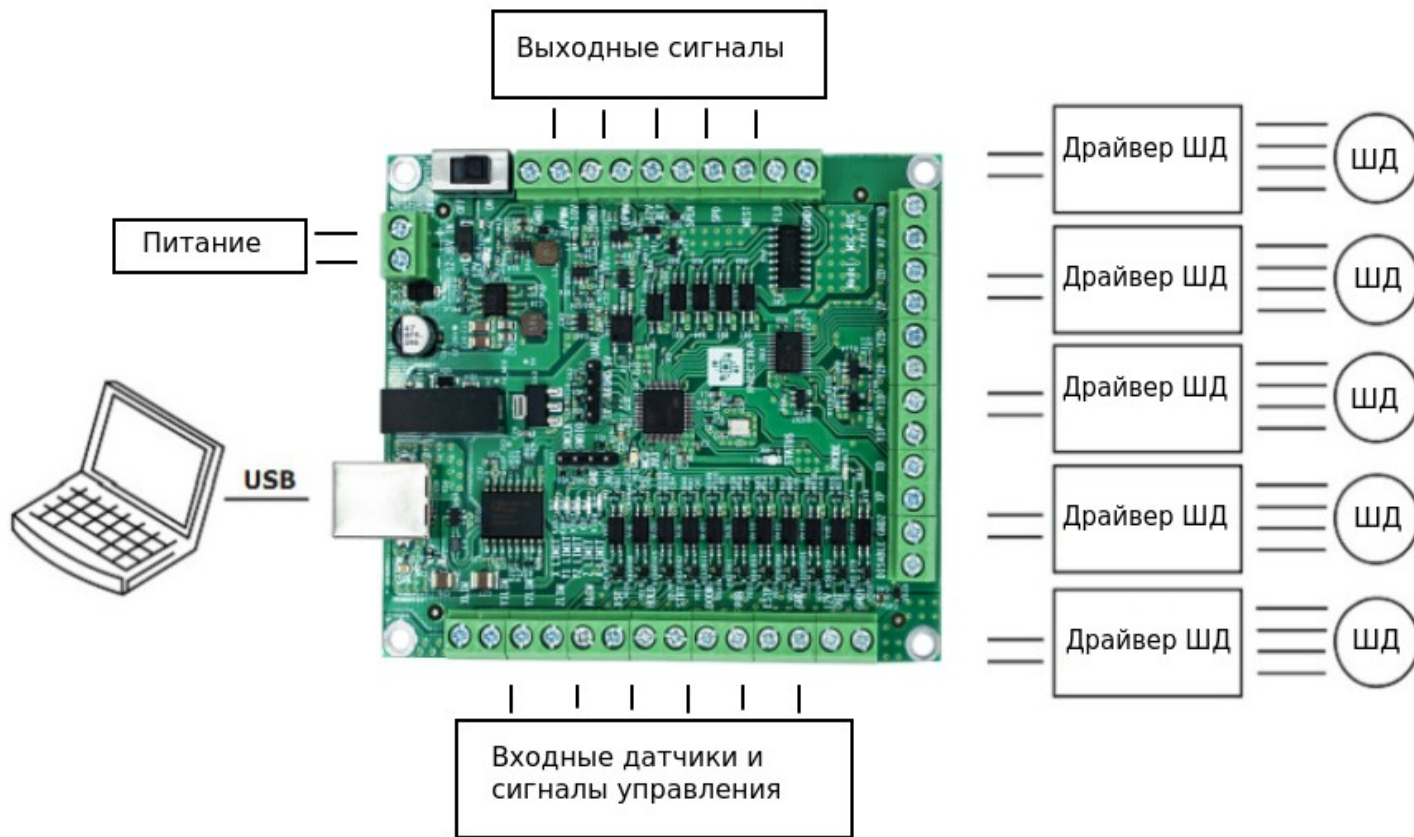


Рисунок 1: Упрощенная схема подключения контроллера MSC-4US

## 2. Эксплуатационные характеристики

- Температура хранения: -55...+120°C.
- Рабочая температура: -20...+70°C.
- Размеры по габаритам платы: 80x93 мм.
- Расстояние между центрами крепежных отверстий: X: 73.1мм, Y: 86.1мм.
- Крепёжные отверстия под винты М3.
- Минимальное напряжение питания: 12В.
- Максимальное напряжение питания: 36В.
- Потребляемый ток: 1А при напряжении питания 12В.
- Разъёмы (для подключения датчиков, питания, драйверов ШД, шпинделя и др.): винтовой клеммный блок с защитой провода, сечение провода 0.5-2.5 мм<sup>2</sup>

### 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, F, H, I, J, K, L, N, P, Q, R, S, T, X, Y, Z

## 4. Аппаратные возможности контроллера

- Максимальное количество осей — 4.
- Управлением станком через USB, Bluetooth и UART.
- Функция автовыравнивания оси Y (опционально сменой прошивки можно переключить автовыравнивание на ось X).
- Управление драйверами шаговых двигателей по стандартному протоколу Step-Dir.
- Оптоизолированные входные цепи подключения концевых датчиков и сигналов управления.
- Оптоизолированные выходные цепи управления шпинделем/частотным преобразователем.
- 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 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 снабжено выходами 5В и 12В для питания индуктивных концевых датчиков.
- В качестве рабочего инструмента возможно подключение как шпинделя, так и LED-лазера.
- Максимальная частота сигнала Step драйвера шагового двигателя: 170кГц.<sup>1</sup>
- Защита от неправильной полярности и короткого замыкания цепи источника питания.

---

<sup>1</sup> 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.

## 5. Описание контроллера

На рис. 2 представлен внешний вид контроллера.

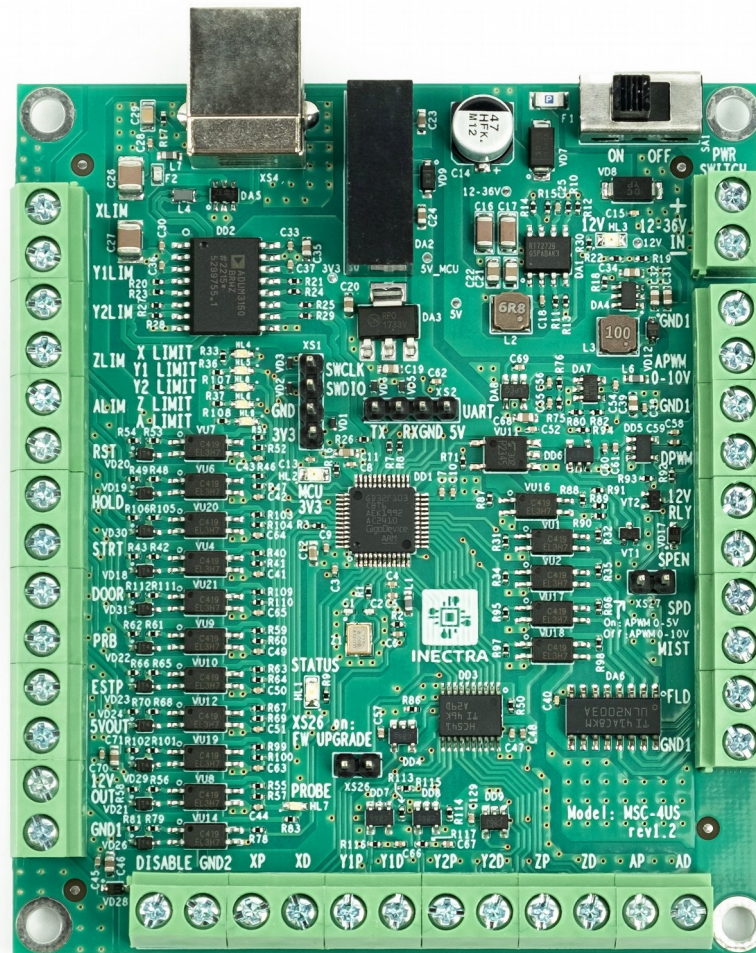


Рисунок 2: Внешний вид платы контроллера MSC-4US



## 5.1 Структурная схема контроллера

На рис. 3 представлена структурная схема контроллера MSC-4US.

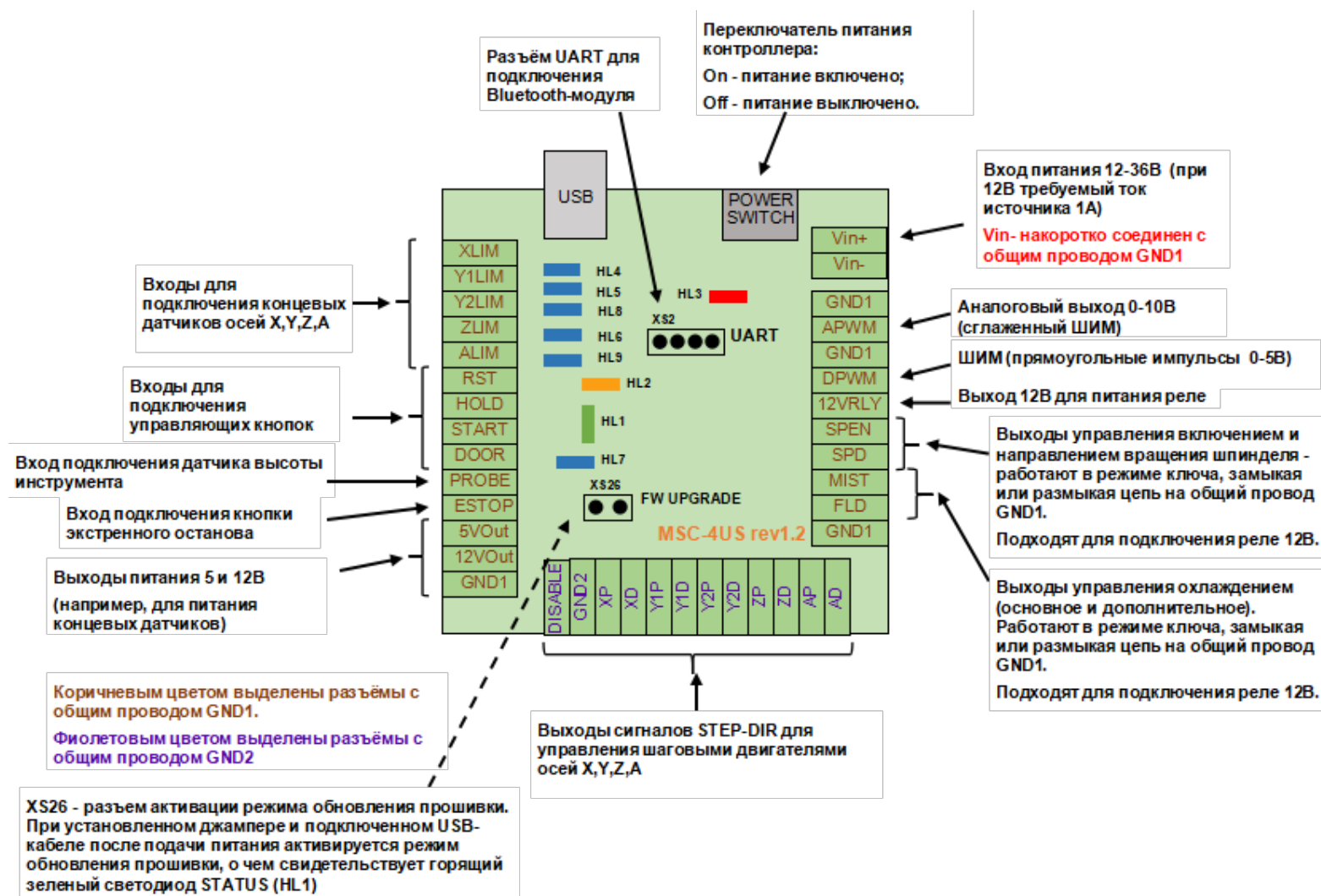


Рисунок 3: Структурная схема контроллера MSC-4US

## 5.2 Световая индикация

Контроллер в своем составе имеет следующую индикацию:

Светодиод HL4 (синий) — **X\_LIMIT** — индикатор срабатывания концевого датчика оси X<sup>1</sup>

Светодиод HL5 (синий) — **Y1\_LIMIT** — индикатор срабатывания первого концевого датчика оси Y<sup>1</sup>

Светодиод HL8 (синий) — **Y2\_LIMIT** — индикатор срабатывания второго концевого датчика оси Y<sup>1</sup>

Светодиод HL6 (синий) — **Z\_LIMIT** — индикатор срабатывания концевого датчика оси Z<sup>1</sup>

Светодиод HL9 (синий) — **A\_LIMIT** — индикатор срабатывания концевого датчика оси A<sup>1</sup>

Светодиод HL7 (синий) — **PROBE** — индикатор срабатывания Z-щупа (датчика высоты инструмента)<sup>1</sup>

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).

---

<sup>1</sup> 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

### Питание

*12-36V IN (Vin+, Vin-)* — разъём для подключения питания платы - допустимый уровень напряжения 12-36В, ток 1А (при напряжении 12В).

### Входные датчики и сигналы управления

**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 (кнопок). Пример подключения индуктивного и механического датчика представлен на рис.4.

*XLIM* — вход для подключения концевых датчиков оси X. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND<sup>1</sup>

*Y1LIM* — вход для подключения первого<sup>2</sup> концевого датчика оси Y. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND<sup>1</sup>

*Y2LIM* — вход для подключения второго<sup>2</sup> концевого датчика оси Y. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND<sup>1</sup>

*ZLIM* — вход для подключения концевых датчиков оси Z. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND<sup>1</sup>

*ALIM* — вход для подключения первого концевого датчика оси A. Срабатывание датчика определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND<sup>1</sup>

*RST* — вход сигнала прерывания выполняемой программы контроллера. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND<sup>3</sup>. Необходимо использовать кнопку без фиксации.

---

<sup>1</sup> 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)

<sup>2</sup> Для корректной работы функции автовыравнивания, концевые датчики разных краев портала (оси Y) должны быть подключены к разным входам Y1LIM, Y2LIM — см. раздел 9. Если функция автовыравнивания не используется, все датчики оси Y можно подключить к одному входу.

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

*HOLD* — вход сигнала Feed Hold — постановка выполняемой программы на паузу. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND1<sup>3</sup>. 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 GND1<sup>3</sup>. Необходимо использовать кнопку без фиксации.

*DOOR* — вход сигнала Safety Door — открытие дверцы безопасности. Сигнал формируется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND1<sup>3</sup>. 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 GND1<sup>1</sup>

*ESTOP* — вход сигнала E-Stop (emergency stop) — аварийный сброс контроллера — сигнал останова подаётся посредством замыкания данного вывода на общий провод GND1. При этом на управляющий микроконтроллер поступает сигнал сброса, и его работа полностью блокируется. Для возобновления работы контроллера требуется перезапуск по питанию. Используйте этот сигнал только в экстренных случаях, когда программным способом остановить работу станка не удаётся. **К данному входу нужно подключать нормально разомкнутую кнопку!**

*5V OUT* — постоянное выходное напряжение с преобразователя 5В для питания концевых датчиков.

*12V OUT* — постоянное выходное напряжение с преобразователя 12В для питания концевых датчиков.

*GND1* — общий провод цепей питания, сигналов управления и концевых датчиков

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

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

---

<sup>1</sup> Событие, по которому формируется сигнал срабатывания щупа (разрыв цепи или замыкание провода на GND1), определяется значением конфигурационного параметра 6 (см. раздел 6 Конфигурация контроллера)

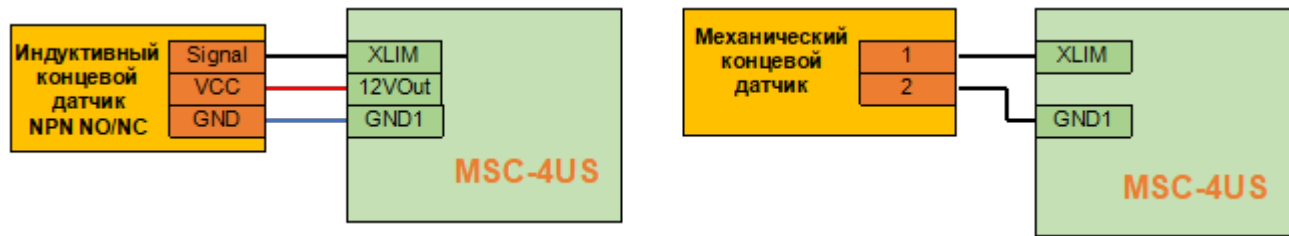


Рисунок 4: Подключение индуктивных и механических датчиков к контроллеру MSC-4US

### Управление шпинделем/лазером

**APWM 0-10V** — аналоговое постоянное напряжение (с выхода фильтра нижних частот — сглаженный ШИМ-сигнал) — от 0 до 10V для управления скоростью вращения шпинделя (управление скоростью вращения с помощью напряжения). Установкой джампера XS27 диапазон аналогового напряжения меняется на 0-5V. На рис.5 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 5V) — в основном используется для управления мощностью LED-лазера. На рис.6 представлены возможные варианты подключения лазера к контроллеру: с общим или раздельным питанием, по 3- или 4-проводной схеме.

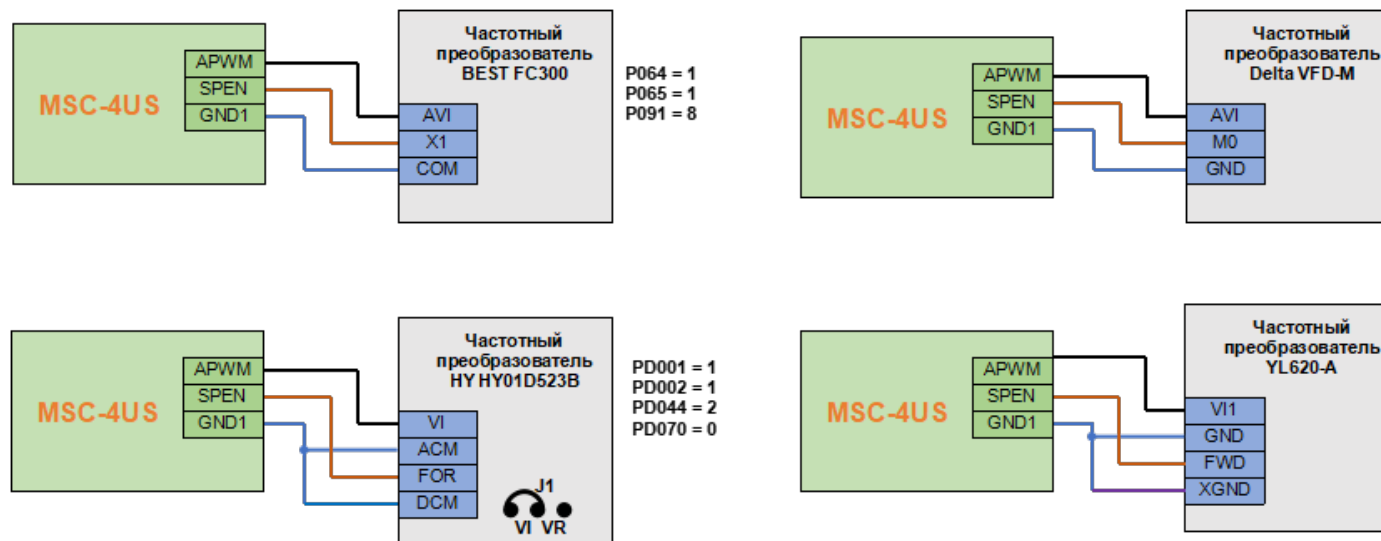


Рисунок 5: Схемы подключения популярных моделей частотных преобразователей

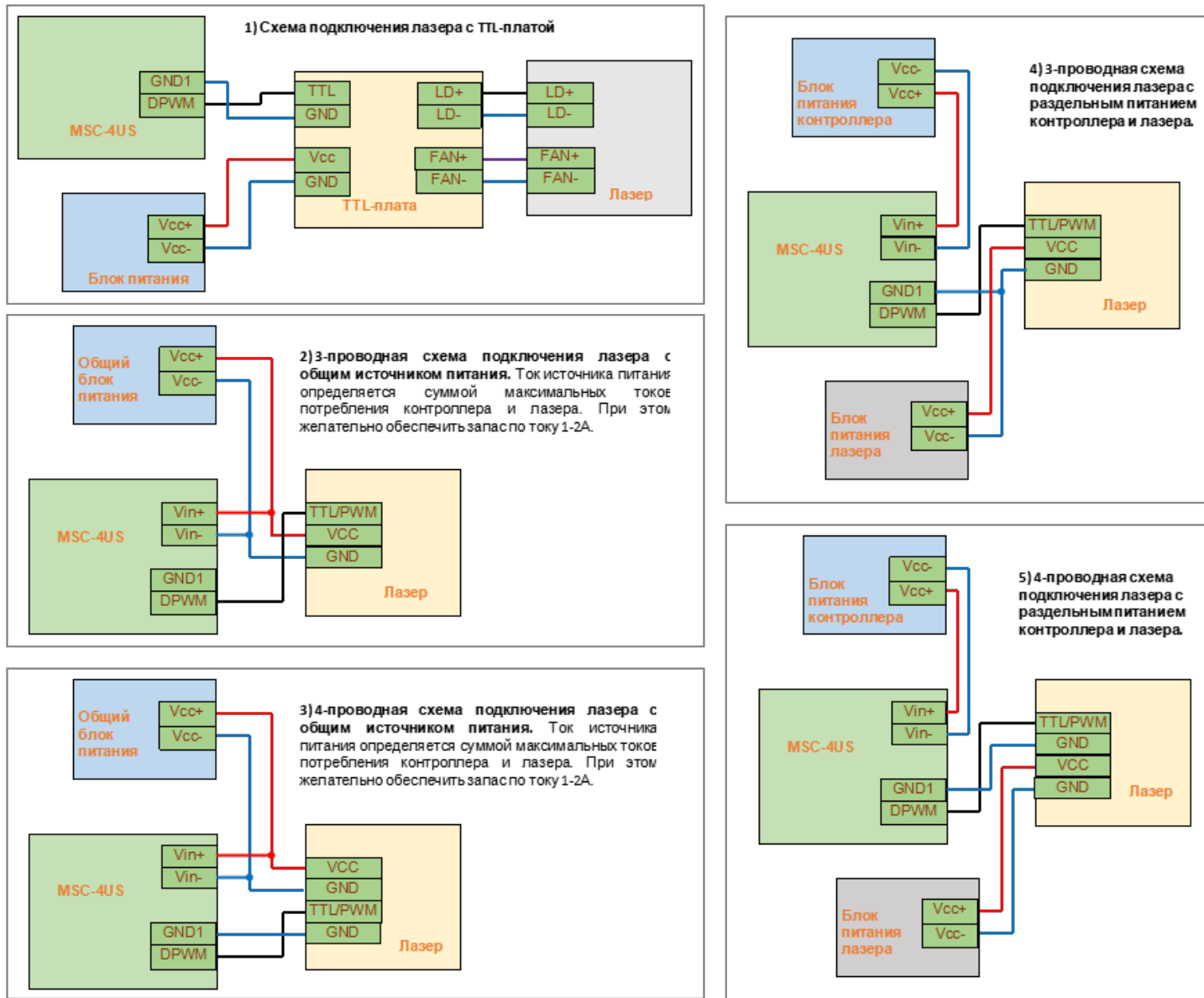


Рисунок 6: Схемы подключения лазера к контроллеру

*SPEN* — сигнал включения/выключения шпинделя — выход может находиться в двух состояниях: а) замыкается на землю (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 близко к 0 Ом); б) разрывает землю (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 очень большое). К выводу может быть подключено реле включения коллекторного шпинделя (2-ой управляющий контакт реле подключается к выводу питания *12V RLY*) — см. рис. 7. 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* — направление вращения шпинделя — выход может находиться в двух состояниях: а) замыкается на землю (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 близко к 0 Ом); б) разрывает землю (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 очень большое). 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* — сигнал включения/выключения охлаждения инструмента (обычно масляным туманом). Выход может находиться в двух состояниях: а) замыкается на землю при включении охлаждения (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 близко к 0 Ом); б) разрывает землю при выключении (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 очень большое). К выводу может быть подключено реле включения охлаждения (2-ой управляющий контакт реле подключается к выводу *12V RLY*) — см. рис. 7. 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* — сигнал включения/выключения охлаждения шпинделя (обычно охлаждающей жидкостью). Выход может находиться в двух состояниях: а) замыкается на землю при включении охлаждения (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 близко к 0 Ом); б) разрывает землю при выключении (сопротивление между выводом и общим проводом GND1 очень большое). К выводу может быть подключено реле включения охлаждения (2-ой управляющий контакт реле подключается к выводу *12V RLY*) — см. рис. 7. 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 Inetra CNC Visualizer.

*12V RLY* — вывод питания 12В для подключения управляющих реле. Имеет встроенный защитный диод для работы на индуктивную нагрузку.

*GND1* — общий провод (земля) — соединен накоротко с общим проводом входных цепей датчиков и сигналов управления.

**ПОЛЕЗНО.** 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 OUT4 — бит3. Следовательно, если нам нужно активировать выходы, например, OUT1,OUT3,OUT4, то в двоичном виде параметр P будет иметь значение (нумерация бит справа налево) 1101, что соответствует десятичному числу 13. Тогда для активации нам нужно отправить в контроллер команду M64P13, а для деактивации — M65P13.

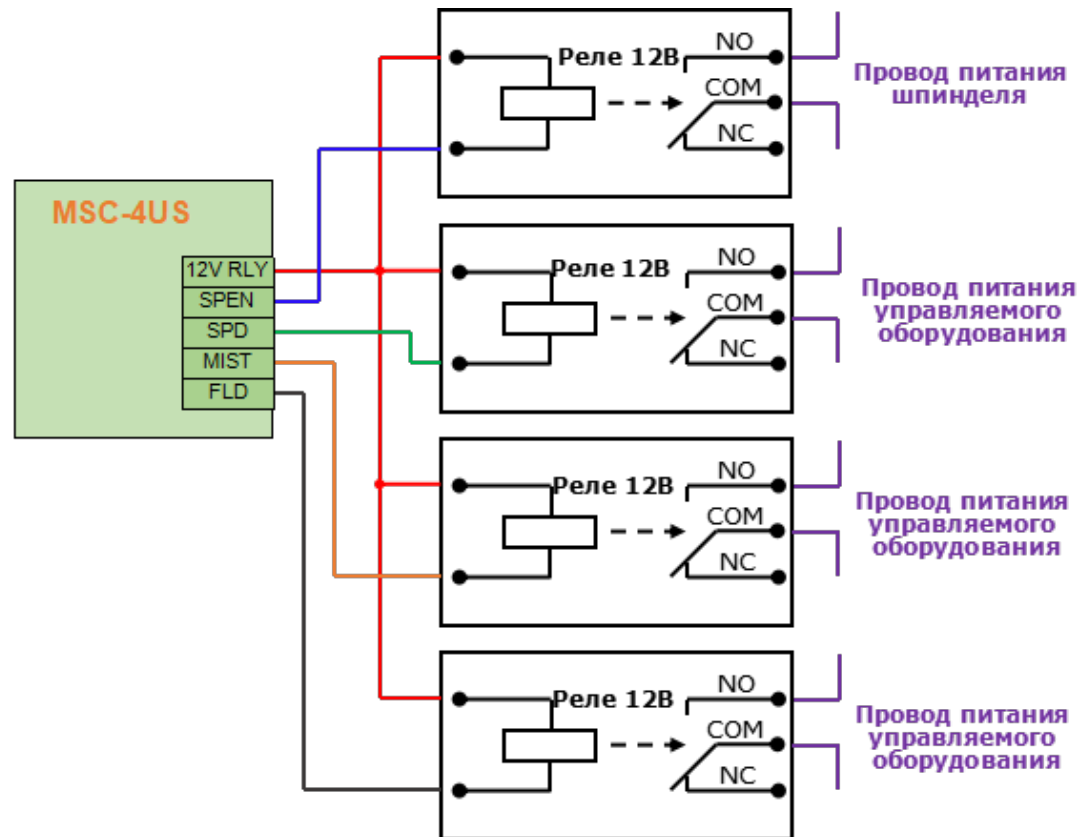


Рисунок 7: Подключение реле к контроллеру MSC-4US



**ВАЖНО.** Нагрузочная способность выходов *SPEN*, *SPD*, *FLD*, *MIST* составляет 500 мА, что позволяет подключать реле без дополнительных цепей ограничения тока — т. к. типичное сопротивление управляющей обмотки реле на 12В составляет 400 Ом, максимальный ток через неё будет равен  $12 \text{ В} / 400 \text{ Ом} = 30 \text{ мА}$ , что значительно ниже предельного значения. Кроме этого, выходные цепи сигналов *SPEN*, *FLD*, *MIST*, *SPD* содержат защитный диод, обеспечивая безопасную работу на индуктивную нагрузку.

Если Вы используете релейные модули с дополнительной логикой в цепи управляющей обмотки, как на рис. 8, соблюдайте правильное подключение. Обычно такие модули позволяют с помощью джампера устанавливать управляющий уровень сигнала. Контроллеры Инектра осуществляют включение реле сигналом низкого уровня!



Рисунок 8: Подключение релейного модуля

## 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 — 170кГц, не зависит от количества одновременно интерполируемых осей.

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

*GND2* — общий 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.11 представлена типовая схема подключения драйверов по схеме с общим минусом. На рис. 9 и 10 представлены два возможных варианта подключения драйверов по схеме с общим плюсом.

**ВАЖНО.** Обратите внимание, что для корректной работы по схеме с общим плюсом необходимо установить галочки «Инверсия направления движения» для соответствующих осей через меню *Станок→Конфигурация→Шаговые двигатели* визуализатора Inectra CNC Visualizer.

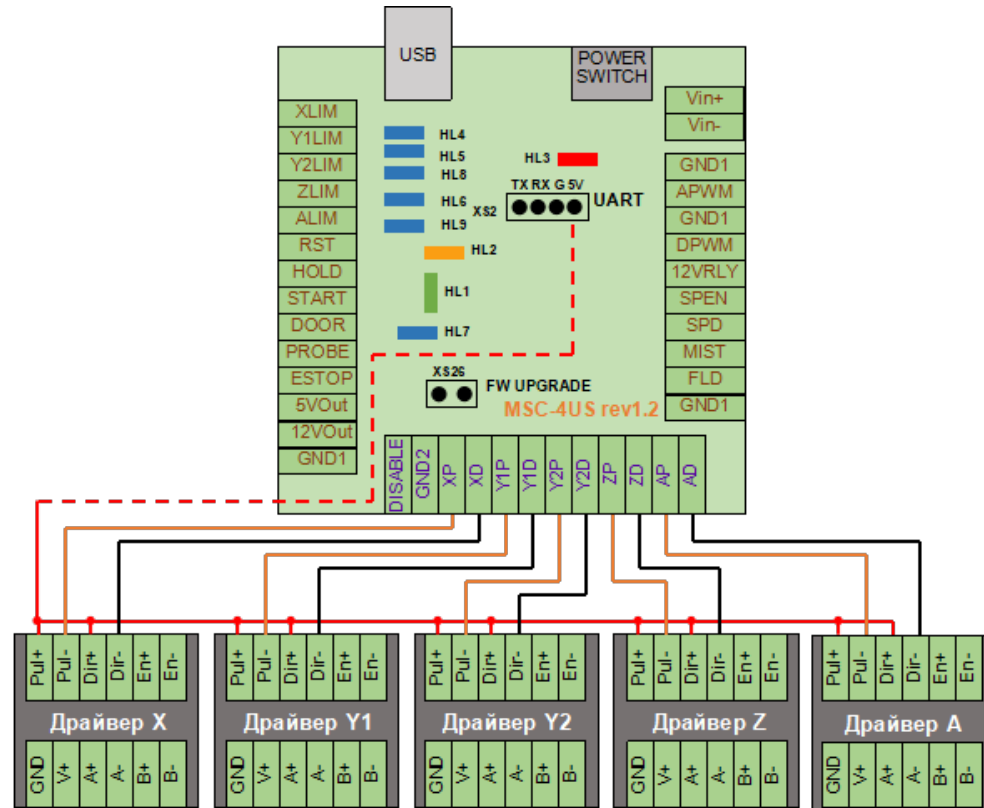


Рисунок 9: Подключение драйвером с общим плюсом и 5В от разъема UART

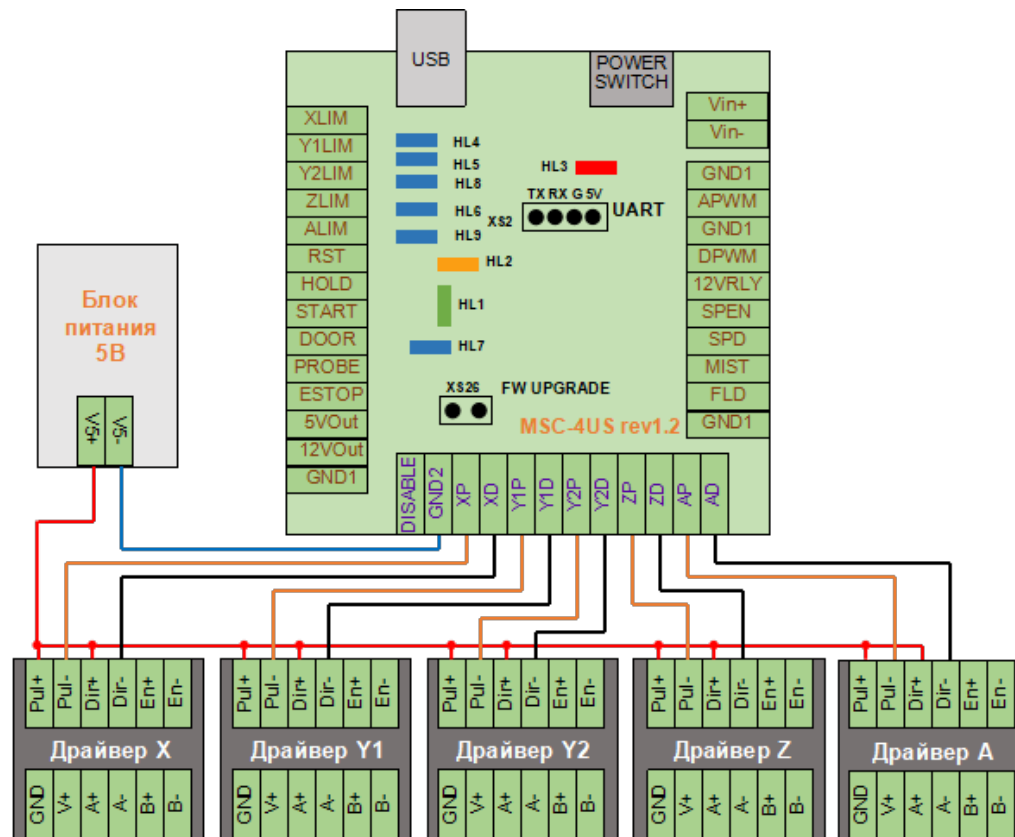


Рисунок 10: Подключение драйверов с общим плюсом и 5В от отдельного БП

### Подключение Bluetooth-модуля к разъёму UART (XS2)

Разъём UART 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.

**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

Типовая схема подключения контроллера к станку представлена на рис. 11.

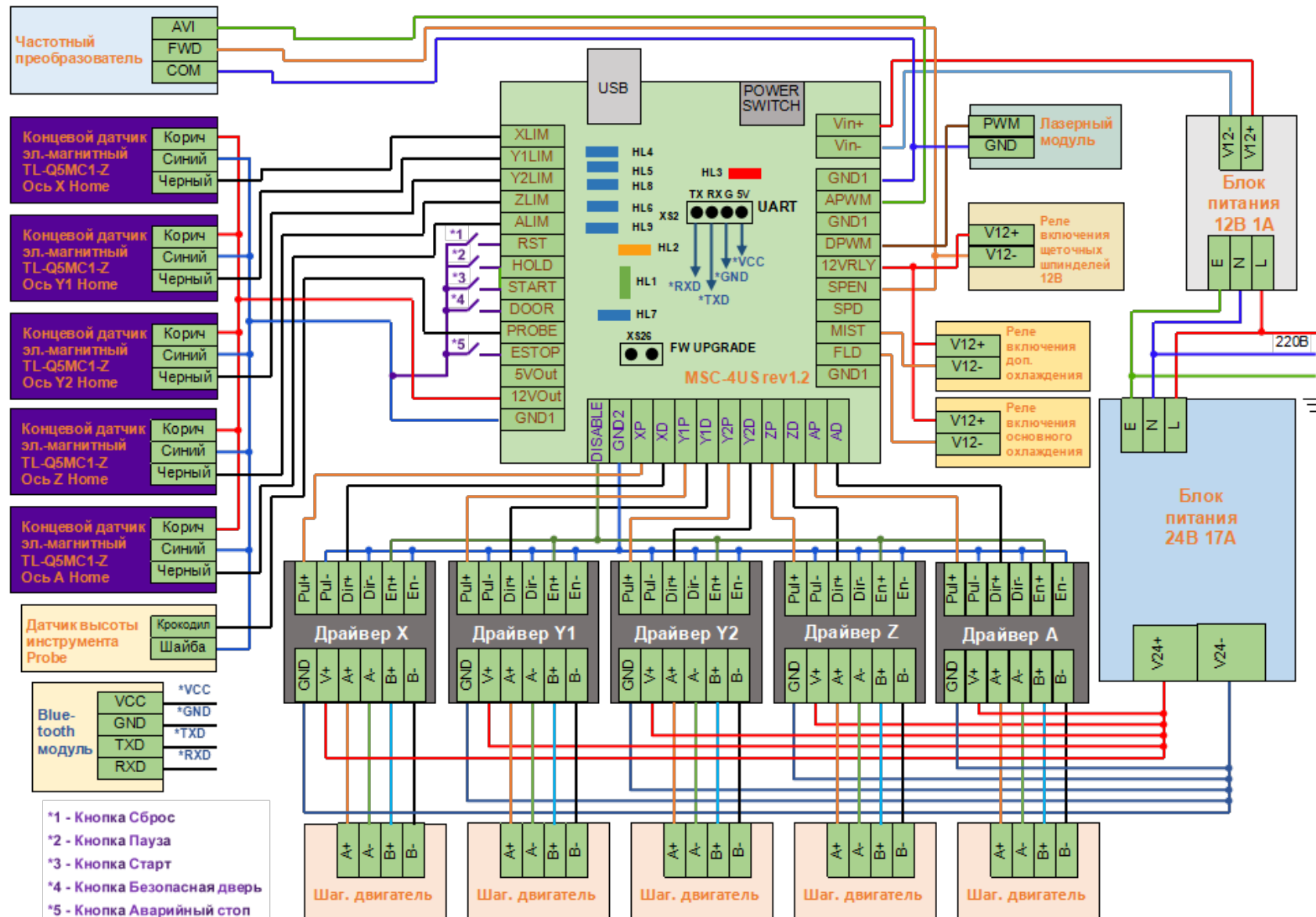


Рисунок 11: Схема подключения контроллера MSC-4US к станку

## 6. Конфигурация контроллера

Конфигурация контроллера записывается в энергонезависимую память (сохраняется при отключении питания) и хранится в виде списка конфигурационных 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	<p>Каждый раз, когда шаговые двигатели заканчивают движение и останавливаются, контроллер делает задержку на указанный интервал времени перед отключением питания двигателей.</p> <p>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.</p>
2	Step pulse invert Инверсия сигнала шагового импульса	Битовая маска <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup> Расшифровку значений битовой маски см. ниже после таблицы с описанием конфигурационных параметров.



			<p>и шаговым импульсом.</p> <p>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.</p>
3	<p>Step direction invert</p> <p>Инверсия сигнала направления шагового двигателя</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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.</p> <p>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.</p>
4	<p>Invert step enable pin</p> <p>Инверсия сигнала включения шаговых двигателей</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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.</p>
5	<p>Invert limit pins</p> <p>Инверсия сигналов концевых датчиков</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>По умолчанию, высокий уровень сигнала на соответствующей ножке микроконтроллера соответствует срабатываю концевому датчика. Контроллеры Инектра спроектированы таким образом, что при разомкнутой цепи датчика</p> <p>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</p>

			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 <sup>1</sup>	<p>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.</p> <p>Расшифровка битовой маски:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Бит0 - машинные координаты,</li> <li>бит1 - состояние буфера,</li> <li>бит2 - номера строк,</li> <li>бит3 - скорость подачи и скорость вращения шпинделя,</li> <li>бит4 - состояние контрольных сигналов,</li> <li>бит5 - рабочие координаты,</li> <li>бит6 - переопределения,</li> <li>бит7 - координаты датчика высоты инструмента,</li> <li>бит8 - синхронизация буфера при изменении рабочих координат,</li> <li>бит9 - подстатусы аварий,</li> <li>бит10 - состояние парсера.</li> </ul> <p>Большая часть данных скрывается и выводится только тогда, когда их значение меняется. Это существенно увеличивает производительность по</p>

			сравнению со старым способом и позволяет значительно быстрее получать обновленные данные о станке, причем в большем объеме.
11	Junction deviation Отклонение на стыках	Миллиметры	<p>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.</p> <p>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 обработкой углов, уменьшите значение параметра, чтобы заставить станок притормаживать перед прохождением углов.</p>
12	Arc tolerance Отклонение от дуги	Миллиметры	<p>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.</p> <p>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,</p>

			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 <sup>1</sup>	<p>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.</p> <p>Расшифровка битовой маски:</p> <p>бит0 - RESET</p> <p>бит1 - HOLD</p> <p>бит2 - START</p> <p>бит3 - Safety Door</p> <p>Рекомендуемое значение \$14=15.</p>
15	Invert coolant pins Инверсия сигналов управления	Битовая маска <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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	<p>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 приостанова 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.</p> <p>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.</p> <p>Отправьте \$20=1 для включения, и \$20=0 для отключения программных лимитов.</p>
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

			<p>аварийный режим, требующий от вас проверить станок и выполнить сброс контроллера.</p> <p>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).</p> <p>Отправьте \$21=1 для включения, и \$20=0 для отключения жестких границ.</p>
22	<p>Homing cycle</p> <p>Поиск домашнего положения</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Также следует отметить, что при активированной процедуре поиска домашнего положения контроллер блокирует выполнение команд перемещения и G-кода до завершения процедуры.</p>
23	<p>Homing direction invert</p> <p>Инвертирование направления поиска домашнего</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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</p>

	положения		<p>назад и вперед около концевого выключателя.</p> <p>Если в вашей конфигурации концевые датчики находятся в другом направлении по отношению к положительному направлению движения по заданной оси, установите соответствующий бит в 1:</p> <p>бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.</p> <p>Например, для инвертирования направления поиска по осям Y и Z, отправьте \$23=6.</p>
26	<p>Homing switch debounce delay</p> <p>Подавление дребезга при поиске домашнего положения</p>	Миллисекунды	<p>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 зафиксируется. 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.</p> <p>Установите значение задержки достаточное, чтобы выключатели обеспечивали устойчивое срабатывание. Для большинства случаев подойдет значение в пределах 5-25 миллисекунд.</p>
28	<p>G73 retract distance</p> <p>Расстояние втягивания G73</p>	Миллиметры	Расстояние втягивания инструмента в цикле высокоскоростного сверления командой G.73
29	<p>Pulse delay</p> <p>Задержка шагового импульса</p>	Микросекунды	Обычно изменение этого параметра не требуется, оставьте его значение в 0.
30	<p>Maximum spindle speed</p>	об/мин	Задаёт скорость вращения шпинделя, соответствующую максимальной скважности ШИМ-сигнала (1). Скважности 1 соответствует постоянный



	Максимальная скорость вращения шпинделя		<p>уровень 5В на выходе DPWM и уровень 10В на аналоговом выходе APWM.</p> <p>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.</p> <p>Замечание: контроллер ревизии 2.1 формирует сигнал только на одном из выходов DPWM/APWM - в зависимости от значения параметра 32 (см. описание ниже)</p>
31	Minimum spindle speed Минимальная скорость вращения шпинделя	об/мин	<p>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.</p> <p>Значение \$31=0 соответствует отключению шпинделя, и выходы ШИМ всегда равны 0В.</p> <p>Замечание: контроллер ревизии 2.1 формирует сигнал только на одном из выходов DPWM/APWM - в зависимости от значения параметра 32 (см. описание ниже)</p>
32	Mode of operation Режим работы	Целое	<p>0 — Режим фрезерного станка 1 — Режим лазера 2 — Режим токарного станка 3 — Режим тангенциального ножа</p> <p>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</p>

			<p>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.</p> <p>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.</p> <p>В контроллерах ревизии 2.1 и выше реализована отдельная подача ШИМ на выходы APWM и DPWM.</p> <p>В режиме фрезера (\$32=0) присутствует только аналоговый сигнал 0-10В на выходе APWM для регулировки оборотов шпинделя. На выходе DPWM сигнал при этом отсутствует (0 В).</p> <p>В режиме лазера (\$32=1) присутствует только импульсный ШИМ на выходе DPWM для регулировки мощности лазера. На выходе APWM при этом сигнал отсутствует (0 В).</p> <p>Исходя из сказанного выше, шпиндель необходимо подключать только к выводу APWM, а лазер - к выводу DPWM.</p>
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 <sup>1</sup>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Расшифровка маски:</p> <p>бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.</p>
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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	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 <sup>1</sup>	<p>Параметр определяет, какие действия необходимо предпринять при постановке программы на паузу и снятии с паузы.</p> <p>Расшифровка маски:</p> <p>бит0 — отключить лазер при постановке на паузу, бит1 — восстановить состояния шпинделя и охлаждения по снятию с паузы, бит2 — парковаться на паузе.</p>
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.
100-105	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, ..., 105 — C.		<p>необходимо знать следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перемещение в мм, соответствующее одному обороту двигателя. Это зависит от размера шестерней ременной передачи или шага винта.</li> <li>2. Количество полных шагов на один оборот двигателя (обычно 200).</li> <li>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></li> </ol> <p>После этого значение шаг/мм может быть вычислено по формуле:</p> <p><b>шагов_на_мм = (шагов_на_оборот * микрошагов)/мм_на_оборот</b></p> <p><i>Совет: используйте процедуру калибровки (функция Станок→Калибровка в графическом визуализаторе Inetra CNC Visualizer) для точного определения разрешения оси.</i></p>
110-115	<p>Axis maximum rate</p> <p>Максимальная скорость перемещения по оси:</p> <p>110 — X, 111 — Y, ..., 115 — C.</p>	мм/мин	<p>Параметр задает максимальную скорость (G0), с которой можно перемещаться по оси. Используется как скорость подачи для выполнения команды холостого перемещения G0.</p>
120-125	<p>Axis acceleration</p> <p>Ускорение по оси:</p> <p>120 — X, 121 — Y, ..., 125 — C.</p>	мм/с <sup>2</sup>	<p>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.</p>
130-135	<p>Axis maximum travel</p> <p>Размер рабочего</p>	мм	<p>Этот параметр задает максимальную дистанцию перемещения в мм от одного конца оси X до другого. Он имеет смысл только при включении</p>

	поля: 130 — по X, 131 — по Y, ..., 135 — по C.		программных лимитов и поиске начальной точки, поскольку используются модулем проверки программных лимитов для определения выхода за пределы допустимой области в процессе перемещения.
160-165	Backlash compensation Компенсация люфта: 160 — по X, 161 — по Y, ..., 165 — по C.	мм	Этот параметр задает величину холостого перемещения при смене направления по каждой оси в целях компенсации имеющегося люфта.
170-175	Homing search seek rate Скорость быстрого поиска домашнего положения: 170 — по X, 171 — по Y, ..., 175 — по C.	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.
180-185	Homing locate feed rate Скорость точного поиска домашнего положения: 180 — по X, 181 — по Y, ..., 185 — по C.	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.
190-195	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, ..., 195 — по C.		Обычно значение 2-3 мм вполне достаточно.
200-205	Homing pulloff B Расстояние отката от датчика спаренной оси при автовывравнивании 200 — по X, 201 — по Y, ..., 205 — по C.	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.
210-215	Homing position Машинная координата в домашнем положении: 210 — по X, 211 — по Y, ..., 215 — по C.	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.
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

			<p>перемещается в домашнее положение, затем на позицию G59.3 для смены, после чего выполняется автоматическое зондирование.</p> <p>4 — Игнорировать команды смены инструмента</p> <p>Все режимы кроме нормального возвращают инструмент в исходное положение после смены.</p>
342	<p>Tool change probing distance</p> <p>Расстояние зондирования при смене инструмента</p>	мм	Максимальное расстояние зондирования при полуавтоматической смене инструмента или по команде \$TPW.
343	<p>Tool change locate feed rate</p> <p>Скорость подачи при точном определении смещения длины инструмента</p>	мм/мин	Скорость подачи для точного определения смещения длины инструмента (скорость приближения к датчику пробы)
344	<p>Tool change search seek rate</p> <p>Скорость подачи при поиске датчика пробы</p>	мм/мин	Скорость поиска датчика пробы перед медленной фазой точного определения смещения длины инструмента.
372	<p>Invert out signals</p> <p>Инверсия выходных сигналов</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	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	<p>Input signals override</p> <p>Переопределение входных сигналов</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>Переопределяет стандартную функцию входа на сервисный сигнал:</p> <p>бит0 — переопределяет LimitX на I1</p> <p>бит1 — переопределяет LimitY1 на I2</p>

			<p>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</p>
375	<p>Output signals override  Переопределение выходных сигналов</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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.</p>
376	<p>Rotary axis mask  Маска поворотных осей</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>Определяет список поворотных осей на станке. Бит0 — ось X, бит1 — ось Y, ..., бит5 — ось C.</p>
377	<p>Tangential blade rotary axis mask  Список поворотных осей тангенциального ножа</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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:</p>

			<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 <sup>1</sup>	<p>Определяет, по какой оси (или нескольким сразу) выполнять процедуру автоматического выравнивания по двум концевым датчикам. Функция работает только во время процедуру поиска домашнего положения.</p> <p>Расшифровка маски:</p> <p>бит0 — ось X, бит1 — ось Y, бит2 — ось Z, бит3 — ось A.</p>
452	Main input channel Основной канал управления	Целое	<p>Параметр задает основной канал управления, через который разрешено отправлять весь перечень команд (запрос статуса, конфигурации, программа G-кода и т.д.)</p> <p>0 — основной канал USB 1 — основной канал UART</p> <p>Через дополнительный канал возможно только чтение статусной информации и конфигурации.</p>
453	UART device type Тип устройства UART	Целое	<p>Тип устройства, подключенного к порту UART.</p> <p>0 — Bluetooth-модуль HC-06 1 — Offline-контроллер UART 2 — Bluetooth-модуль JDY-31</p> <p>Если параметр имеет значения 0 или 2, то при старте контроллера автоматически запускается процедура настройки Bluetooth-модуля с</p>

			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	<p>Параметр оказывает влияние на работу только оси вращения:</p> <p>1 — концевой датчик оси вращения игнорируется во время работы контроллера. Датчик используется только во время процедуры поиска домашнего положения.</p> <p>0 — концевой датчик работает всегда.</p>

### 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 по USB 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 11.
- Подключите 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](#).
- Запустите графический визуализатор Inectra CNC Visualizer. В меню *Сервис-Настройки* в поле *Порт* выберите идентификатор COM-порта контроллера (в Windows идентификатор порта можно узнать через *Диспетчер устройств — Порты (COM и LPT)*) и нажмите *OK*. Визуализатор должен подключиться к контроллеру, разблокировав свои функции и отобразив статус *Готов*. За более детальной информацией по работе с визуализатором обращайтесь к [инструкции](#).
- 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. 11.
- Подключите Bluetooth-модуль к разъему UART (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 подключение<sup>1</sup> к соответствующему Bluetooth-устройству контроллера: имя устройства определяется как ***MSC-4US\_<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 пользователя<sup>1</sup>.

---

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

## 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-4US 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.11) 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.12.

**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.13. 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.



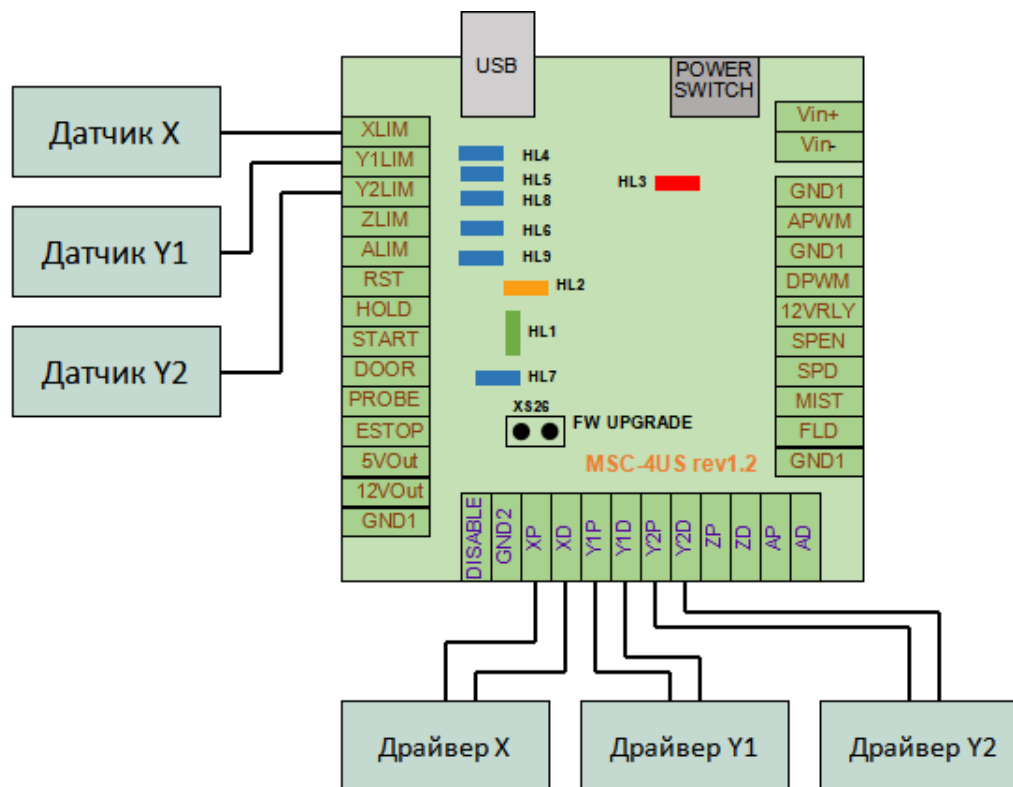


Рисунок 12: Схема подключения с автовыравниванием по Y

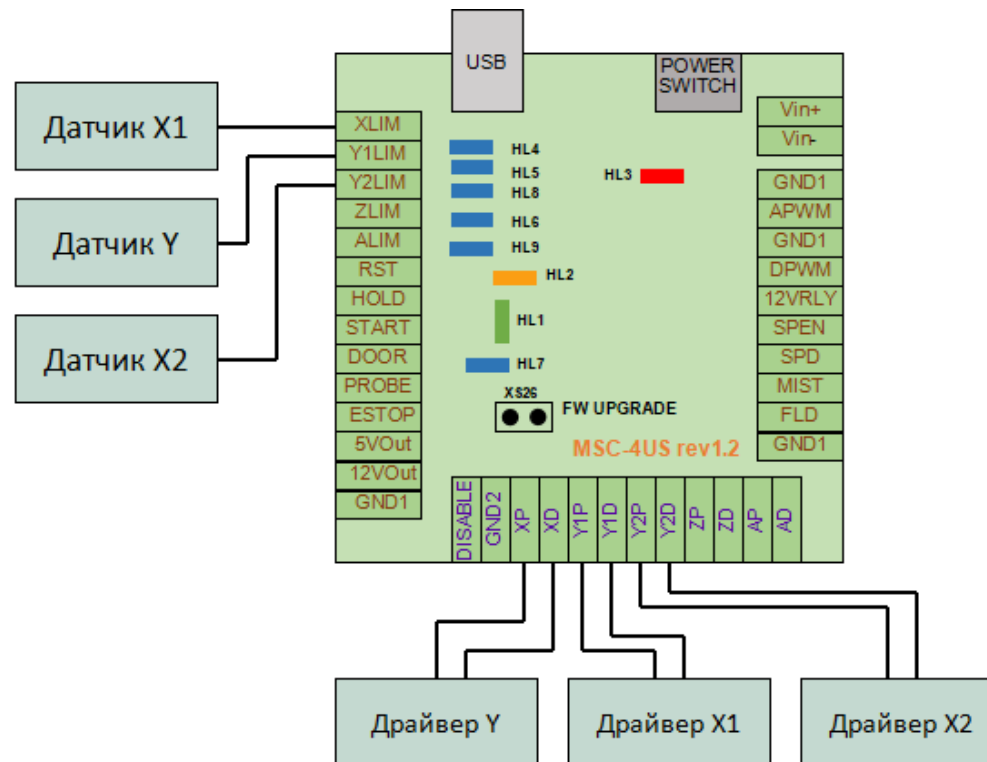


Рисунок 13: Схема подключения с автовыравниванием по X

## 10. Обновление программного обеспечения

### 10.1 Обновление в Windows

Для обновления программного обеспечения Вам понадобится программа [Win32DiskImager](#) (или аналогичная программа [RosalImageWriter](#)). Используйте инструкцию ниже, чтобы установить новую версию прошивки на контроллер.

- Предварительно скачайте и установите на свой компьютер программу **Win32DiskImager**.
- Используя визуализатор Inectra CNC Visualizer, подключитесь к ЧПУ-контроллеру и сделайте резервную копию конфигурации через меню *Станок* → *Конфигурация* → *Управление конфигурацией* → *Сделать резервную копию*.
- В визуализаторе откройте меню *Станок* → *Контроллер* и запомните модель устройства и серийный номер — после обновления прошивки они могут сброситься, и их необходимо будет восстановить. Если по какой-либо причине в этом меню информация о модели и серийном номере отсутствует, используйте данные с этикетки устройства.
- Отключите питание контроллера. Подключите USB-кабель. Если на Вашем контроллере нет 2-контактного штыревого разъема *FW UPGRADE (XS26)*, замкните вывод *Probe* на землю *GND1*, иначе установите джампер на разъем *FW UPGRADE* (или замкните его выводы пинцетом) и вновь подайте питание на контроллер.
- После того, как на контроллере загорится зеленый индикатор **Status**, сигнализирующий об успешном запуске контроллера в режиме обновления ПО и инициализации USB-интерфейса, можно разомкнуть вывод *Probe* или снять джампер с разъема *FW UPGRADE*.
- Компьютер должен обнаружить контроллер и определить его как съёмный USB-носитель (проигнорируйте предложение отформатировать устройство, делать это не нужно).
- Запустите программу Win32DiskImager. В поле *Image File* укажите путь к bin-файлу новой прошивки контроллера, в выплывающем списке *Device* укажите соответствующий Вашему контроллеру идентификатор устройства (рис. 14).
- Нажмите кнопку *Write*, примите предупреждение и дождитесь завершения обновления ПО.
- Для запуска контроллера с новой версией ПО просто перезагрузите его по питанию.

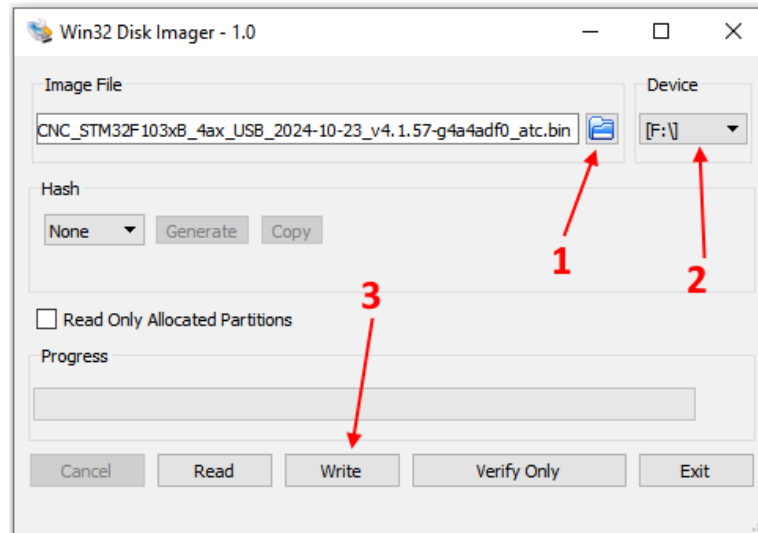


Рисунок 14: Обновление прошивки в Win32DiskImager

## 10.2 Обновление в Linux

- 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. Замкните вывод *Probe* на землю *GND1* и вновь подайте питание.
- Оставляйте вывод *Probe* замкнутым на *GND1* до тех пор, пока на контроллере не загорится зеленый индикатор **Status**, сигнализирующий об успешном запуске контроллера в режиме обновления ПО и инициализации USB-интерфейса.
- Система должна определить контроллер как устройство хранения данных. Используя команду *dmesg*, определите, какой файл назначен этому устройству. Для примера, */dev/sda*.
- Используя утилиту *dd*, выполните запись новой прошивки в память контроллера:  
`dd if=./CNC_STM32F103xB_4ax_USB_2024-11-05_v4.1.59-gdc0d8c9_atc.bin of=/dev/sda`
- Для запуска контроллера с новой версией ПО просто перезагрузите его по питанию.

**После загрузки контроллера подключитесь к нему по USB с помощью визуализатора Inectra CNC Visualizer и выполните действия ниже.**

- Откройте меню *Станок* → *Контроллер* и проверьте модель устройства и серийный номер. Если имя устройства имеет значение *NOT\_INITIALIZED*, а серийный номер *NOT\_SET*, их необходимо восстановить, выполнив команды в консоли (чтобы открыть консоль, нажмите *Сервис* → *Консоль*):

\$458=<цифры серийного номера>

\$459=<код модели устройства>

где <код модели устройства> для MSC-4US имеет значение 4.

Например, для устройства MSC-4US с серийным номером MA00000001, необходимо выполнить команды:

\$458=00000001

\$459=4

**Внимание!** Вводите команды \$458 и \$459 внимательно. Повторная перезапись их невозможна без полного стирания памяти устройства!

- Откройте меню *Станок* → *Конфигурация* и через пункт *Управление конфигурацией* → *Восстановить из файла* выберите ранее созданный файл резервной копии и нажмите *Восстановить*.

## **11. Выбор интерфейса управления: USB или Bluetooth**

Как уже было отмечено ранее, управлять контроллером можно либо по проводному USB-, либо беспроводному Bluetooth-интерфейсу.

Для управления через USB-интерфейс рекомендуется использовать программу *Inectra CNC Visualizer*, она доступна для скачивания на нашем сайте.

Для управления через Bluetooth необходимо скачать с нашего сайта по [ссылке](#) и установить на мобильном устройстве Android-приложение *Inectra CNC*.

Выбор интерфейса управления определяется Вашими требованиями к удобству и финальной стоимости станка. Однако нужно иметь в виду следующие особенности.

- Возможно одновременное подключение к станку как компьютера через USB, так и мобильного устройства через Bluetooth.
- При одновременном подключении в качестве основного интерфейса используется USB, а мобильное приложение является «беспроводным пультом».
- Обработка команд в каждый момент времени возможна только с одного устройства, поэтому вводятся понятия активного и пассивного интерфейса. Активный интерфейс — это тот интерфейс, через который в данный момент времени разрешены приём и выполнение всех команд. Ввод команд с пассивного интерфейса запрещен — ему разрешено только запрашивать и получать статусную информации для регулярного обновления состояния станка.
- Какой интерфейс является активным, а какой пассивным — определяется режимом работы контроллера. Контроллер может работать в двух состояниях: режим пульта выключен (активный интерфейс USB) и режим пульта включен (активный интерфейс Bluetooth).
- Переход в режим пульта возможен только с помощью отправки соответствующей команды из мобильного приложения.
- Выйти из режима пульта можно с помощью отправки соответствующей команды как из мобильного приложения, так и основного визуализатора.
- **ВАЖНО.** Смена режима работы контроллера возможна только в состояниях Готов и Авария.