



# **HBC-3U**

**USB/Bluetooth контроллер станка с числовым программным управлением**

**Руководство по эксплуатации, подключению и настройке**

Версия документа: 1.0

Май 2022

## Содержание

<a href="#">1. Обзор контроллера.....</a>	<a href="#">2</a>
<a href="#">2. Эксплуатационные характеристики.....</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">3. Поддерживаемые G-коды.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">4. Аппаратные особенности контроллера.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">5. Описание контроллера.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">5.1 Структурная схема контроллера.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">5.2 Световая индикация.....</a>	<a href="#">9</a>
<a href="#">5.3 Назначение выводов.....</a>	<a href="#">10</a>
<a href="#">5.4 Схема подключения контроллера.....</a>	<a href="#">12</a>
<a href="#">6. Описание параметров GRBL.....</a>	<a href="#">13</a>
<a href="#">7. Подключение по USB и первоначальная настройка контроллера.....</a>	<a href="#">34</a>
<a href="#">8. Подключение по Bluetooth.....</a>	<a href="#">35</a>
<a href="#">9. Подключение и настройка драйвера шаговых двигателей DRV8825.....</a>	<a href="#">36</a>
<a href="#">9.1 Настройка ограничения тока.....</a>	<a href="#">37</a>
<a href="#">9.2 Настройка режима микрошага.....</a>	<a href="#">37</a>
<a href="#">10. Подключение и настройка драйвера шаговых двигателей A4988.....</a>	<a href="#">39</a>
<a href="#">10.1 Настройка ограничения тока.....</a>	<a href="#">40</a>
<a href="#">10.2 Настройка режима микрошага.....</a>	<a href="#">40</a>
<a href="#">11. Подключение реле управления шпинделем.....</a>	<a href="#">42</a>
<a href="#">12. Обновление программного обеспечения.....</a>	<a href="#">44</a>
<a href="#">13. Выбор интерфейса управления: USB или Bluetooth.....</a>	<a href="#">45</a>

## 1. Обзор контроллера

Плата контроллера серии Hobby спроектирована для управления станком с числовым программным управлением (ЧПУ) начального уровня. Контроллер работает под управлением программного обеспечения GRBL версии 1.1f и поддерживает до 3-х осей (X, Y, Z).

Контроллер не имеет гальванической изоляции шумных цепей и оснащён слотами для подключения популярных и недорогих драйверов шаговых двигателей DRV8825 и A4988<sup>1</sup>, предназначенных для управления маломощными двигателями NEMA 17, что значительно снижает стоимость всей системы.

Контроллер оснащён 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 рекомендуется использовать программу Inectra GRBL Visualizer.

Контроллер оснащён разъёмом для подключения Bluetooth-модуля HC-06, что позволяет управлять станком по беспроводному интерфейсу с помощью мобильного приложения для Android (Inectra GRBL).

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

- 2.2 GHz CPU (или быстрее) с набором команд SSE2
- 4GB RAM
- 500MB свободного места на жестком диске
- USB 2.0 порт
- Видеокарта с поддержкой OpenGL 2.0
- Windows 7 SP3
- Установленный драйвер STM32 Virtual COM Port<sup>2</sup>

На рис. 1 представлена упрощенная схема подключения контроллера.

---

<sup>1</sup> Контроллеры ревизии 1.1 поддерживают только драйверы DRV8825.

<sup>2</sup> Драйвер можно скачать с официального сайта ST Microelectronics — пакет STSW-STM32102.

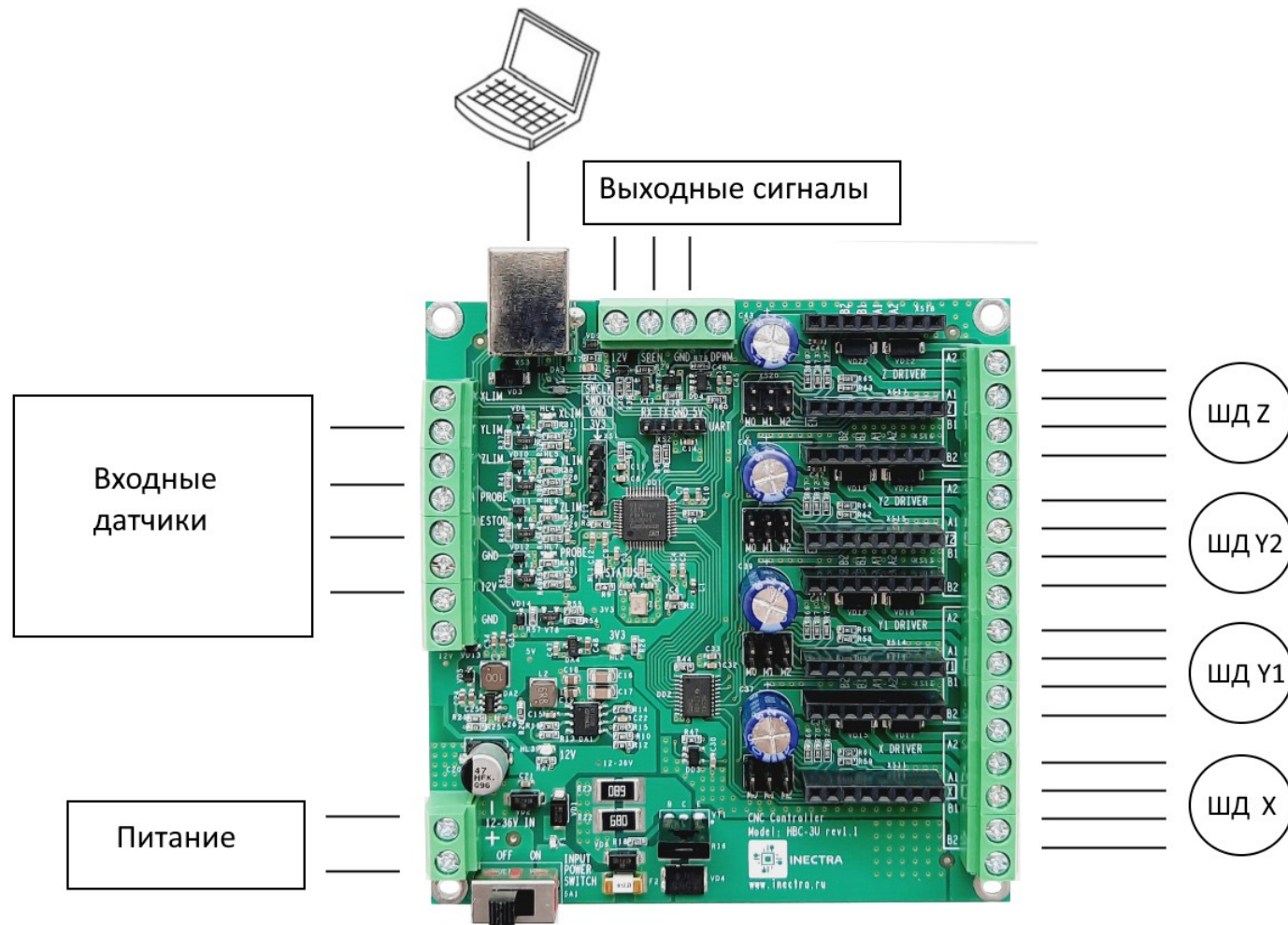


Рисунок 1: Упрощенная схема подключения контроллера HBC-3U

## 2. Эксплуатационные характеристики

- Температура хранения: -55...+120°C.
- Рабочая температура: -40...+85°C.
- Размеры: 90x95 мм.
- Минимальное напряжение питания: 12В.
- Максимальное напряжение питания: 36В.
- Потребляемый ток: рассчитывается, исходя из нагрузки на двигатель. Если принять, что двигатель NEMA17 потребляет максимально 1.7А, то с небольшим запасом на 4 двигателя потребляемый ток будет 8А. К этой величине необходимо прибавить небольшой собственный потребляемый устройством ток (около 0.5А при напряжении 12В). Итого, требуется источник 12В 10А.
- Разъёмы (для подключения датчиков, питания, шаговых двигателей): винтовой клеммный блок с защитой провода, диаметр 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
- 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 особенности контроллера

- Максимальное количество осей — 3.
- Управлением станком через USB (с помощью программы для компьютера Inectra GRBL Visualiser) или Bluetooth с помощью мобильного приложения для Android.
- RC-цепочка в цепях сигналов от входных датчиков для фильтрации коротких помех.
- ШИМ-сигнал TTL-уровня (5В) для управления мощностью LED-лазера.
- Слоты для подключения недорогих и популярных драйверов шаговых двигателей DRV8825 и A4988.
- Схема ограничения и подавления обратной ЭДС от шаговых двигателей.
- Электропитание устройства от единственного внешнего источника 12-36В.
- Устройство снабжено выходом 12В для питания индукционных концевых датчиков.
- В качестве рабочего инструмента возможно подключение как шпинделя, так и LED-лазера.
- Защита от неправильной полярности и короткого замыкания цепи источника питания.

## 5. Описание контроллера

На рис. 2 представлен внешний вид контроллера.

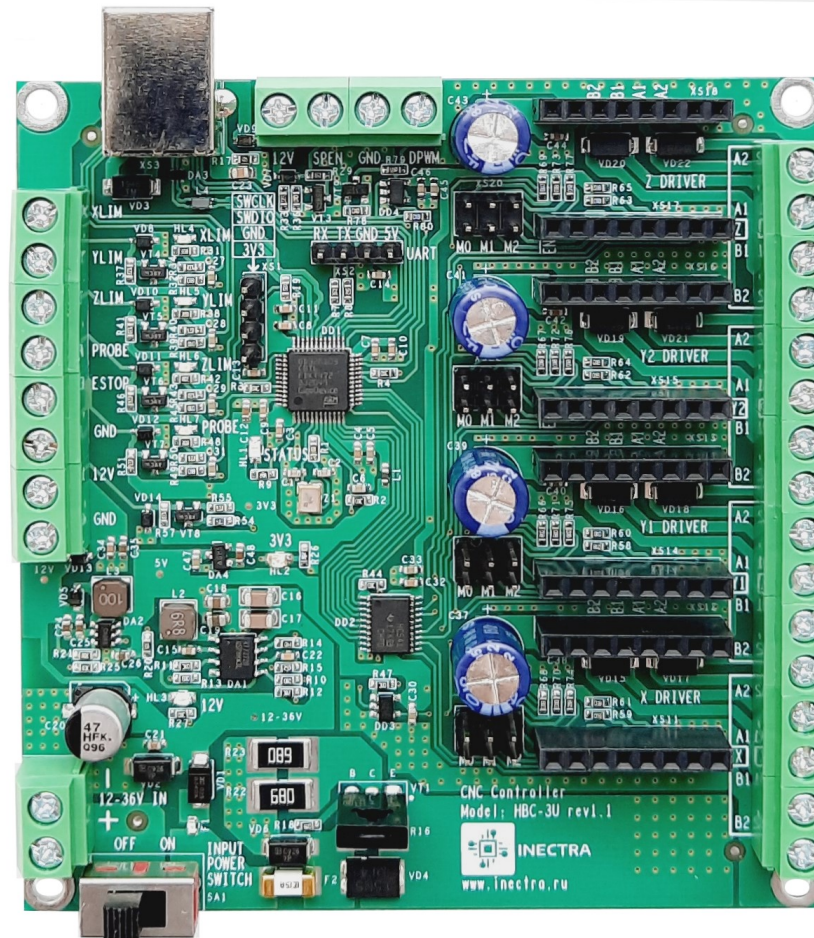


Рисунок 2: Внешний вид контроллера HBC-3U



## 5.1 Структурная схема контроллера

На рис. 3 представлена структурная схема контроллер HBC-3U.

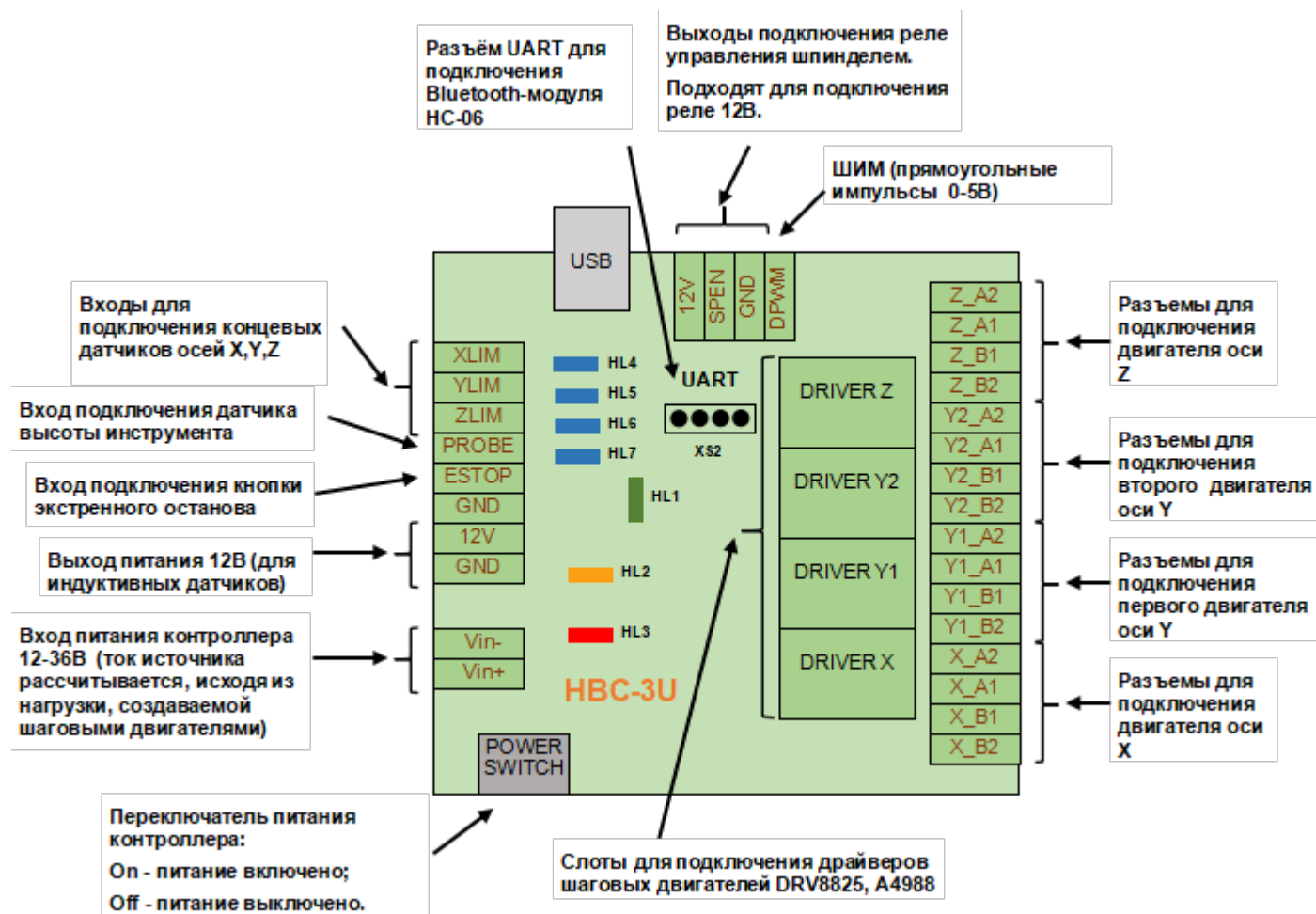


Рисунок 3: Структурная схема контроллера HBC-3U

## 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) - Y\_LIMIT — индикатор срабатывания концевого датчика оси Y <sup>1</sup>

Светодиод HL6 (синий) - Z\_LIMIT — индикатор срабатывания концевого датчика оси Z <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 POWER — 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 12).

---

<sup>1</sup> Индикатор загорается при замыкании соответствующего вывода на общий провод GND. 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 рассчитывается, исходя из нагрузки на двигатель. Если принять, что двигатель NEMA17 потребляет максимально 1.7А, то с небольшим запасом на 4 двигателя потребляемый ток будет 8А. К этой величине необходимо прибавить небольшой собственный потребляемый устройством ток (около 0.5А при напряжении 12В). Итого, требуется источник 12В 10А.

### Входные датчики

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

*YLIM* — вход для подключения концевых датчиков 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>

*PROBE* — вход сигнала Z-щуп для определения уровня стола станка. Срабатывание щупа определяется замыканием или размыканием данного вывода на общий провод GND.<sup>2</sup>

*ESTOP* — вход сигнала E-Stop (emergency stop) — аварийный сброс контроллера — сигнал останова подаётся посредством замыкания данного вывода на общий провод GND. 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.

*12V* — постоянное выходное напряжение 12В для питания концевых датчиков (индуктивных).

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

---

<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 GRBL параметра 5 (см. раздел 6 Описание параметров GRBL)

<sup>2</sup> Событие, по которому формируется сигнал срабатывания щупа (разрыв цепи или замыкание провода на GND), определяется значением GRBL параметра 6 (см. раздел 6 Описание параметров GRBL)

**ВАЖНО.** Обратите внимание, что входные цепи управляющих сигналов *XLIM*, *YLIM*, *ZLIM*, *PROBE*, *ESTOP* спроектированы таким образом, что детектируется только 2 события:

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

#### Управление шпинделем/лазером

*DPWM* — нефильтрованный ШИМ-сигнал TTL-уровня (прямоугольные импульсы с амплитудой 5В) — в основном используется для управления мощностью LED-лазера.

*SPEN* — сигнал включения/выключения шпинделя — выход может находиться в двух состояниях: а) замыкается на землю (сопротивление между выводом и общим проводом GND близко к 0 Ом); б) разрывает землю (сопротивление между выводом и общим проводом GND очень большое). К выводу может быть подключено реле включения шпинделя (2-ой управляющий контакт реле подключается к выходу *12V*) — подробнее см. раздел 11.

*12V* — вывод питания 12В для подключения управляющего реле.

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

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

*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.

## 5.4 Схема подключения контроллера

Типовая схема подключения контроллера к станку представлена на рис. 4.

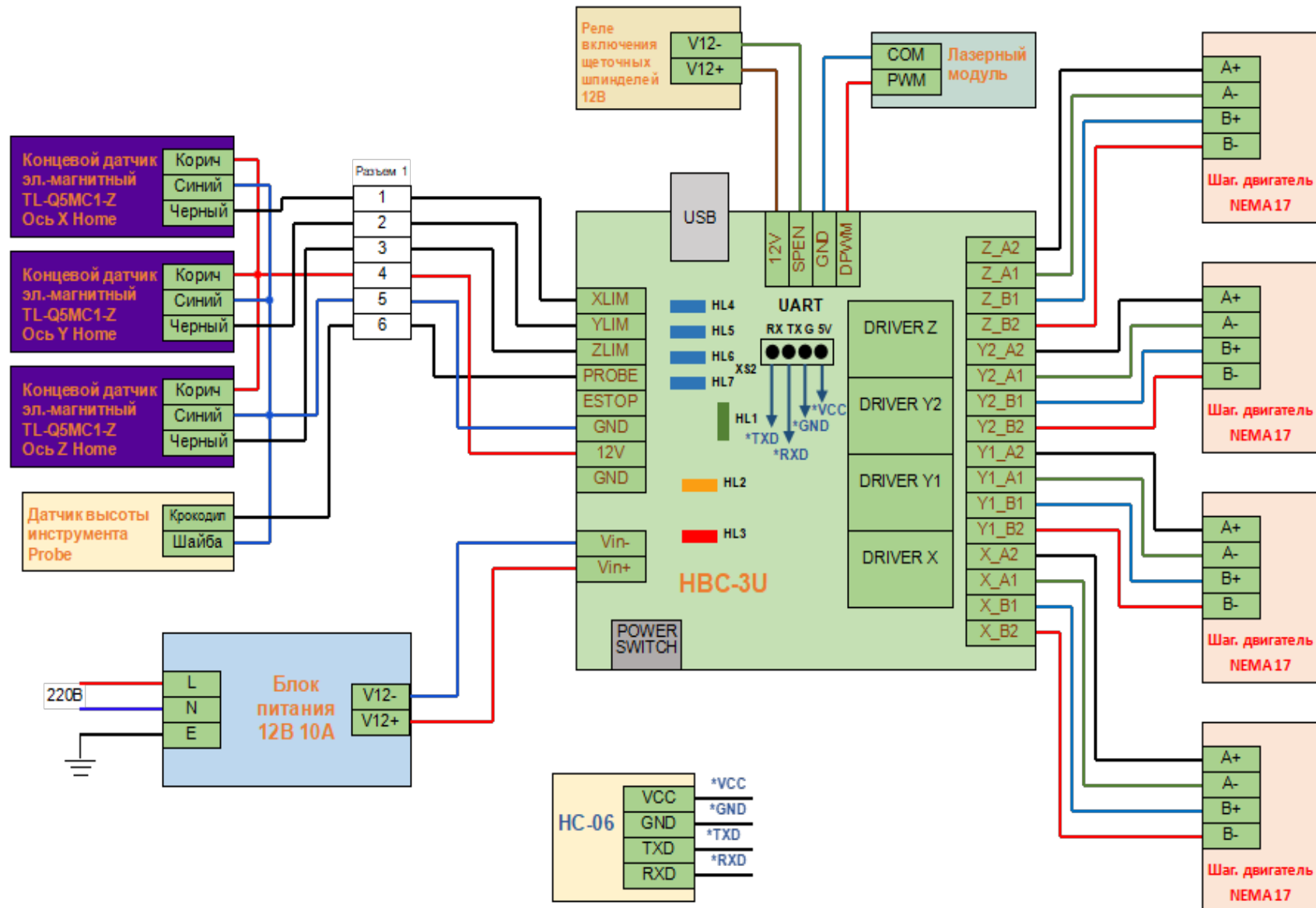


Рисунок 4: Схема подключения контроллера HBC-3U

## 6. Описание параметров GRBL

GRBL-параметры — это переменные, записанные в энергонезависимую память контроллера, и хранящие все основные настройки станка (а также ряд других сервисных настроек): размеры стола, скорость подачи, ускорение, детектирование сигналов концевых датчиков, параметры сигналов Step-Dir управления шаговыми двигателями и др. GRBL-параметры сохраняют своё значение после выключения питания.

**ВАЖНО.** При использовании контроллеров Инектра совместно с управляющей программой Inectra GRBL Visualizer нет необходимости в прямом редактировании GRBL-параметров: все основные настройки станка выведены в удобное графическое меню *Станок→Конфигурация*.

Помимо удобной настройки, меню *Станок→Конфигурация* имеет функции сохранения и восстановления конфигурации из резервной копии, а также функцию групповой загрузки GRBL-параметров (если требуется быстро загрузить несколько параметров из простого текстового файла).

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

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

ID	Название	Единицы измерения	Описание
0	Step pulse time Время длительности шагового импульса	Микросекунды	<p>Устанавливает длительность импульса сигнала Step. Минимальное значение - 2 мкс. Значение по умолчанию — 10 мкс — необходимо уменьшить, если частота сигнала Step превышает 80 кГц.</p> <p>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.</p>
1	Step idle delay Задержка отключения двигателей	Миллисекунды	<p>Каждый раз, когда шаговые двигатели заканчивают движение и останавливаются, Grbl делает задержку на указанный интервал времени перед отключением питания двигателей.</p> <p>Время задержки отключения — это интервал перед отключением двигателей, в течении которого Grbl 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	Битовая маска <sup>1</sup>	Этот параметр управляет инверсией сигнала шаговых импульсов. По

	Инверсия сигнала шагового импульса		<p>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 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	Step direction invert Инверсия сигнала направления шагового двигателя	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>Этот параметр инвертирует сигнал направления для каждой из осей. По умолчанию, Grbl 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	Invert step enable pin Инверсия сигнала включения шаговых двигателей	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</p>

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



			же сигналом включения, используется только бит оси X.
5	Invert limit pins Инверсия сигналов концевых датчиков	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>По умолчанию, высокий уровень сигнала на соответствующей ножке микроконтроллера соответствует срабатываю концевого 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 GND, 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.</p>
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 GRBL Visualizer) для отображения текущего состояния системы. Для корректной работы визуализатора рекомендуется установить значение параметра \$10=511.</p> <p>Расшифровка битовой маски:</p> <p>Бит0 - машинные координаты, бит1 - состояние буфера, бит2 - номера строк, бит3 - скорость подачи и скорость вращения шпинделя,</p>

			<p>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.</p> <p>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.</p>
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 обработки углов, уменьшите значение параметра, чтобы заставить станок притормаживать перед прохождением углов.</p>
12	Arc tolerance	Миллиметры	<p>Grb1 выполняет операции круговой интерполяции G2/G3 (круги, спирали, дуги), разбивая их на множество крошечных отрезков таким образом, чтобы</p>

	Отклонение от дуги		<p>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 Grbl 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, происходит вычисление, на отрезки какой длины нужно разбить дугу, чтобы погрешность не превышала заданное значение.</p>
13	Report in inches Отчет в дюймах	Логический	Grbl 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>	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 на общий провод GND, 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>Расшифровка битовой маски:</p> <p>бит0 - RESET</p> <p>бит1 - HOLD</p> <p>бит2 - START</p> <p>бит3 - Safety Door</p> <p>Значение по умолчанию \$14=15.</p> <p><b>На плате НВС-3U данные сигналы отсутствуют.</b></p>
15	<p>Invert coolant pins</p> <p>Инверсия сигналов управления охлаждением</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>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.</p> <p>Расшифровка маски:</p> <p>бит0 - основное охлаждение (Flood)</p> <p>бит1 - дополнительное охлаждение (Mist)</p> <p><b>На плате НВС-3U данные сигналы отсутствуют.</b></p>
16	<p>Invert spindle signals</p> <p>Инверсия сигналов управления шпинделем</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>Расшифровка битовой маски:</p> <p>бит0 - Spindle Enable</p> <p>бит1 - Spindle Direction (отсутствует на плате НВС-3U)</p> <p>бит2 - PWM (ШИМ)</p> <p>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</p>
17	<p>Pullup disable control pins</p>	Битовая маска <sup>1</sup>	<p>Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так как входные цепи сигналов управления содержат подтягивающие к</p>

	Подтяжка сигналов управления к питанию отключена		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 pin Подтяжка сигнала Z-щупа к питанию отключена	Логический	Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так 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 Grbl получает G-код движения, он проверяет не произойдет ли выход за пределы допустимой области. И в случае, если происходит нарушение границ, Grbl немедленно выполняет команду приостанова подачи, останавливает шпиндель и охлаждение, а затем выставляет сигнал аварии для индикации проблемы. Текущее положение при этом не сбрасывается,

			<p>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 Grbl нужно знать, где находятся допустимые границы.</p> <p>Отправьте \$20=1 для включения, и \$20=0 для отключения программных лимитов.</p>
21	<p>Hard limits enable</p> <p>Включение жестких границ - поддержка концевых датчиков в аппаратной конфигурации станка</p>	Логический	<p>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.</p> <p>Имейте в виду, что срабатывание жестких границ рассматривается как исключительное событие, выполняющее немедленный останов, и может приводить к потере шагов. Grbl не имеет никакой 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, Grbl 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 Grbl между сеансами работы - так называемый машинный ноль,</p>

			<p>используемый как точка отсчета координат станка.</p> <p>По-умолчанию, процедура поиска начальной позиции Grbl 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 Grbl блокирует выполнение команд перемещения G-кода до завершения процедуры.</p>
23	<p>Homing direction invert</p> <p>Инвертирование направления поиска домашнего положения</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 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>
24	<p>Homing locate feed rate</p> <p>Скорость подачи при точном определении</p>	мм/мин	<p>Процедура поиска начальной точки сначала ищет концевые выключатели с повышенной скоростью, а после того как их обнаружит, двигается в начальную точку с пониженной скоростью для точного определения ее положения - эта пониженная скорость и задается параметром 24. Установите ее в некоторое значение, обеспечивающее повторяемое и</p>

	домашнего положения		точное определение местоположения начальной точки.
25	Homing search seek rate Скорость подачи при поиске домашнего положения	мм/мин	Данный параметр определяет начальную (повышенную) скорость, с которой контроллер пытается найти концевые выключатели домашнего положения. Откорректируйте это значение, позволяющее переместиться к начальной точке за достаточно малое время без столкновения с концевыми выключателями из-за слишком быстрого к ним перемещения.
26	Homing switch debounce delay Подавление дребезга 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 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.  Установите значение задержки достаточное, чтобы выключатели обеспечивали устойчивое срабатывание. Для большинства случаев подойдет значение в пределах 5-25 миллисекунд.
27	Homing switch pull-off distance Отъезд от начальной точки	Миллиметры	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.
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 Максимальная скорость вращения шпинделя	об/мин	<p>Задаёт скорость вращения шпинделя, соответствующую максимальной скважности ШИМ-сигнала (1). Скважности 1 соответствует постоянный уровень 5В на выходе DPWM и уровень 10В на аналоговом выходе APWM.</p> <p>Таким образом, если, скажем, <math>\\$30=24000</math>, 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 <math>\\$31=0</math> 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</p> <p>1 - Режим лазера</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 остановки. Второе отличие состоит в том, что при выполнении ускоренного</p>

			<p>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 нескольким 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 нескольким 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	Миллиметры	
57	Parking pull-out rate	мм/мин	
58	Parking target	Миллиметры	
59	Parking fast rate	мм/мин	
60	Restore overrides  Восстановить переопределенные настройки в значения по умолчанию	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).  Для активации отправьте \$60=1.
61	Ignore door when idle Игнорировать	Логический	Отправьте \$61=1, если конфигурация станка требует, чтобы в режиме простоя защитная дверца была открыта (например, для последующего

	защитную дверцу в режиме простоя		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.</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	X-axis travel resolution Разрешение перемещения по оси X	шаг/мм	<p>Grb1 нужно знать на какое расстояние каждый шаг двигателя в реальности перемещает инструмент. Для калибровки соотношения шаг/мм 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</i></li> </ol>

			<p>микрошага (например, 16) может уменьшить крутящий момент двигателя, так что используйте минимальное значение, обеспечивающее нужную точность перемещения по осям и удобные эксплуатационные характеристики.</p> <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>Совет: используйте процедуру калибровки (функция Станок→Калибровка в графическом визуализаторе Inectra GRBL Visualizer) для точного определения разрешения оси.</p>
101	Y-axis travel resolution Разрешение перемещения по оси Y	шаг/мм	См. описание параметра 100
102	Z-axis travel resolution Разрешение перемещения по оси Z	шаг/мм	См. описание параметра 100
110	X-axis maximum rate Максимальная скорость подачи по оси X	мм/мин	Параметр задает максимальную скорость, с которой можно перемещаться по оси X. Используется как скорость подачи для выполнения команды холостого перемещения G0.
111	Y-axis maximum rate Максимальная скорость подачи по оси Y	мм/мин	См. описание параметра 110
112	Z-axis maximum rate Максимальная	мм/мин	См. описание параметра 110

	скорость подачи по оси Z		
120	X-axis acceleration Ускорение по оси X	мм/с <sup>2</sup>	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.
121	Y-axis acceleration Ускорение по оси Y	мм/с <sup>2</sup>	См. описание параметра 120
122	Z-axis acceleration Ускорение по оси Z	мм/с <sup>2</sup>	См. описание параметра 120
130	X-axis maximum travel Размер рабочего поля по оси X	мм	Этот параметр задает максимальную дистанцию перемещения в мм от одного конца оси X до другого. Он имеет смысл только при включении программных лимитов и поиске начальной точки, поскольку используются модулем проверки программных лимитов для определения выхода за пределы допустимой области в процессе перемещения.
131	Y-axis maximum travel Размер рабочего поля по оси Y	мм	См. описание параметра 130
132	Z-axis maximum travel Размер рабочего поля по оси Z	мм	См. описание параметра 130
341	Tool change mode Режим смены инструмента	Целое	Параметр определяет режим смены инструмента. Возможны значения: 0 - Нормальный режим - перемещение на позицию и смена инструмента осуществляются вручную. 1 - Ручное зондирование - откат оси инструмента в домашнее положение для смены инструмента, использование команд перемещения или \$PTW (Probe Tool Workpiece) для определения касания.



			<p>2 - Ручное зондирование, G59.3 - откат оси инструмента в домашнее положение, затем отступ по команде G59.3 для смены инструмента. Для зондирования используются команды перемещения или \$PTW.</p> <p>3 - Автоматическое зондирование, G59.3 - откат оси инструмента в домашнее положение для смены инструмента, затем отступ по команде G59.3 для автоматического зондирования.</p> <p>Все режимы кроме нормального возвращают инструмент в исходное положение после смены.</p>
342	<p>Tool change probing distance</p> <p>Расстояние поиска позиции смены инструмента</p>	мм	Максимальное расстояние для автоматического поиска позиции смены инструмента или по команде \$TPW.
343	<p>Tool change locate feed rate</p> <p>Скорость подачи при точном определении позиции смены инструмента</p>	мм/мин	Скорость подачи для точного позиционирования датчика смены инструмента, чтобы точно определить отступ.
344	<p>Tool change search seek rate</p> <p>Скорость подачи при поиске позиции смены инструмента</p>	мм/мин	Скорость поиска датчика смены инструмента перед медленной фазой точного позиционирования.
450	<p>Spindle spin up delay</p> <p>Задержка на разгон шпинделя</p>	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.
--	--	--	---

**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 рис. 4.
- 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).
- Запустите графический визуализатор Inectra GRBL 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 GRBL 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 GRBL Visualizer).
  - Включение/отключение программных и аппаратных лимитов, ограничение перемещений 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. 4.
- Подключите Bluetooth-модуль HC-06 (рис. 5) 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 ***HBC-3U\_<цифры серийного номера>***, серийный номер указан на этикетке платы).
- За дальнейшими инструкциями по управлению станком из мобильного приложения обращайтесь к руководству пользователя<sup>1</sup>.

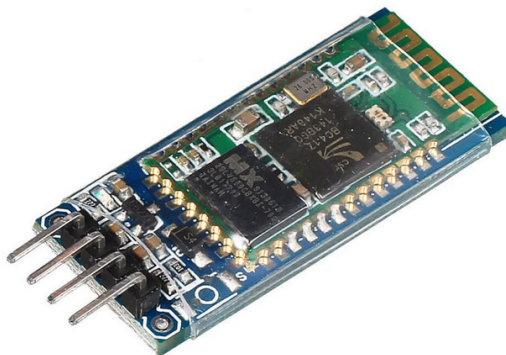


Рисунок 5: Bluetooth-модуль HC-06

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

## 9. Подключение и настройка драйвера шаговых двигателей DRV8825

На рис. 6 представлено правильное подключение драйверов шаговых двигателей DRV8825. Во избежание ошибки на плате контроллера для каждого слота помечен вывод EN, который необходимо совместить с выводом EN драйвера.

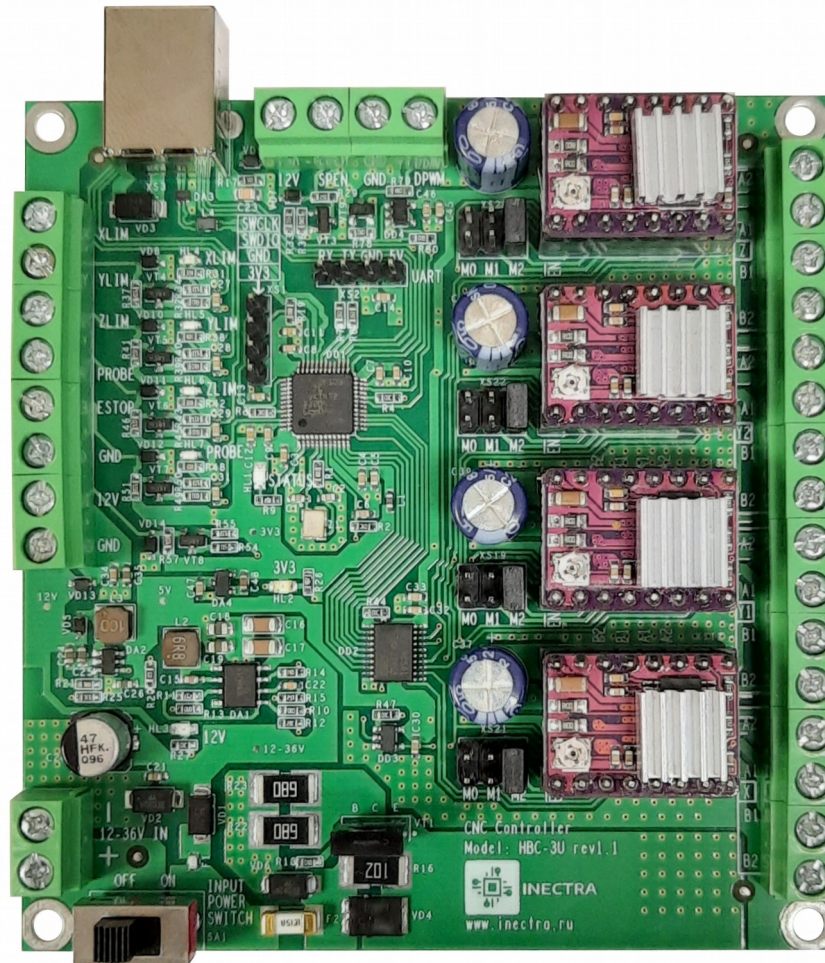


Рисунок 6: Подключение драйверов DRV8825

После установки драйверов на посадочные места необходимо отрегулировать ограничение тока и выставить режим микрошага.

## 9.1 Настройка ограничения тока

Регулировка потребляемого тока производится вращением винта потенциометра на драйвере. При этом максимальная величина тока пропорциональна напряжению на регулировочном винте и определяется выражением:

$I_{LIM} = V_{REF} * 2$ , где  $V_{REF}$  — напряжение на регулировочном винте потенциометра.

Так как обычно известен максимальный потребляемый ток двигателя, то удобно рассчитывать величину  $V_{REF}$ . Из формулы выше определяем:

$$V_{REF} = I_{LIM} / 2$$

Например, для двигателя 17HS4401 максимальный потребляемый ток равен 1.7А. Тогда  $V_{REF} = 1.7 / 2 = 0.85В$

Проверка величины  $V_{REF}$  осуществляется установкой одного щупа вольтметра на винт потенциометра, второго на вывод *GND* контроллера (при включенном питании). Далее вращая винт по или против часовой стрелке, добейтесь нужного значения напряжения.

**ВАЖНО.** Обычно величину  $V_{REF}$  ставят ниже для снижения температуры нагрева шагового двигателя.

## 9.2 Настройка режима микрошага

Настройка режима микрошага осуществляется установкой переключателей M0..M2 для каждого драйвера. Размер микрошага для двигателя DRV8825 определяется по таблице ниже:

M0	M1	M2	Режим микрошага
Не стоит	Не стоит	Не стоит	Полный
Стоит	Не стоит	Стоит	1/2
Не стоит	Стоит	Не стоит	1/4
Стоит	Стоит	Не стоит	1/8
Не стоит	Не стоит	Стоит	1/16

Стоит	Не стоит	Стоит	1/32
Не стоит	Стоит	Стоит	1/32
Стоит	Стоит	Стоит	1/32

**Примечание.** На рис. 6 для всех драйверов выставлен режим микрошага 1/16.



## 10. Подключение и настройка драйвера шаговых двигателей A4988

На рис. 7 представлено правильное подключение драйверов шаговых двигателей A4988. Во избежание ошибки на плате контроллера для каждого слота помечен вывод EN, который необходимо совместить с выводом EN драйвера.

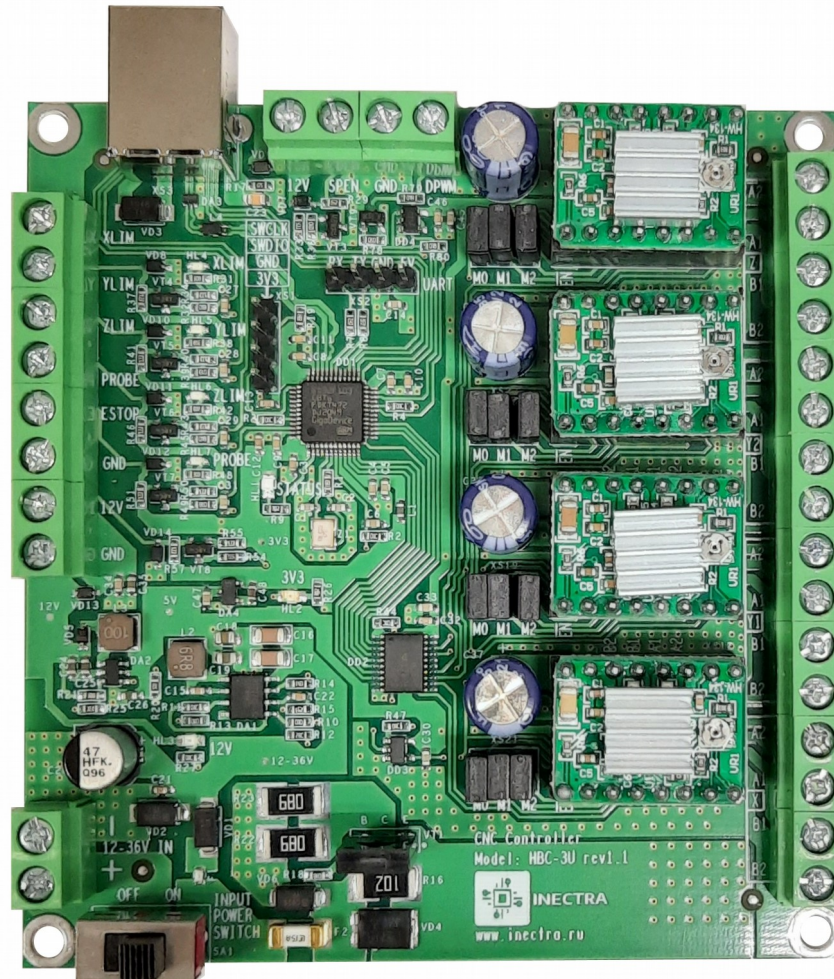


Рисунок 7: Подключение драйверов A4988



После установки драйверов на посадочные места необходимо отрегулировать ограничение тока и выставить режим микрошага.

**ВАЖНО.** В плате контроллера ревизии rev1.1 драйвер A4988 не поддерживается.

## 10.1 Настройка ограничения тока

Регулировка потребляемого тока производится вращением винта потенциометра на драйвере. При этом максимальная величина тока пропорциональна напряжению на регулировочном винте и определяется выражением:

$I_{LIM} = V_{REF} * 1.25$ , где  $V_{REF}$  — напряжение на регулировочном винте потенциометра.

Так как обычно известен максимальный потребляемый ток двигателя, то удобно рассчитывать величину  $V_{REF}$ . Из формулы выше определяем:

$$V_{REF} = I_{LIM} / 1.25$$

Например, для двигателя 17HS4401 максимальный потребляемый ток равен 1.7А. Тогда  $V_{REF} = 1.7 / 1.25 = 1.36В$

Проверка величины  $V_{REF}$  осуществляется установкой одного щупа вольтметра на винт потенциометра, второго на вывод *GND* контроллера (при включенном питании). Далее вращая винт по или против часовой стрелке, добейтесь нужного значения напряжения.

**ВАЖНО.** Обычно величину  $V_{REF}$  ставят ниже для снижения температуры нагрева шагового двигателя.

## 10.2 Настройка режима микрошага

Настройка режима микрошага осуществляется установкой переключателей M0..M2 для каждого драйвера. Размер микрошага для двигателя DRV8825 определяется по таблице ниже:

M0	M1	M2	Режим микрошага
Не стоит	Не стоит	Не стоит	Полный
Стоит	Не стоит	Не стоит	1/2
Не стоит	Стоит	Не стоит	1/4

Стоит	Стоит	Не стоит	1/8
Стоит	Стоит	Стоит	1/16

**Примечание.** На рис. 7 для всех драйверов выставлен режим микрошага 1/16.

## 11. Подключение реле управления шпинделем

Чтобы подключить реле управления включением/выключением шпинделя, нужно один конец управляющей обмотки реле (полярность значения не имеет) подсоединить к выводу **12V**, а второй к соответствующему выходному сигналу контроллера **SPEN**. Выход **SPEN** работает таким образом, что по соответствующему сигналу от управляющей программы (запуск шпинделя по командам M3 или M4) он оказывается замкнут на общий провод **GND**, создавая путь току от источника питания **12V** через обмотку реле, включая его. Если сигнала включения нет, выход **SPEN** размыкает путь тока на общий провод **GND**, выключая реле. На рис. 8 представлена упрощенная схема подключения реле к контроллеру.

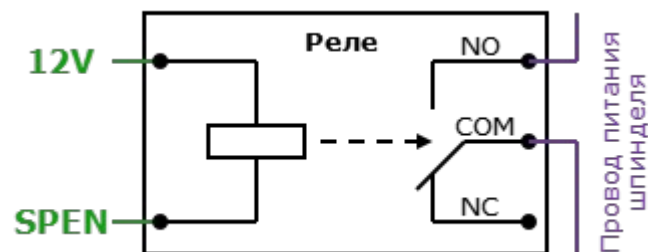


Рисунок 8: Подключение реле управления шпинделем

**ВАЖНО.** Нагрузочная способность выхода **SPEN** составляет 450 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, выходная цепь сигнала **SPEN** содержит защитный диод, обеспечивая безопасную работу на индуктивную нагрузку.

Если Вы используете релейные модули с дополнительной логикой в цепи управляющей обмотки, как на рис. 9, соблюдайте правильное подключение. Обычно такие модули позволяют с помощью переключки устанавливать управляющий уровень сигнала. Контроллеры Инектра осуществляют включение реле сигналом низкого уровня!



Рисунок 9: Подключение релейного модуля

## 12. Обновление программного обеспечения

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**.
- Отключите питание контроллера. Замкните вывод *Probe* на землю *GND* и вновь подайте питание.
- Оставляйте вывод *Probe* замкнутым на *GND* до тех пор, пока на контроллере не загорится зеленый индикатор **Status**, сигнализирующий об успешном запуске контроллера в режиме обновления ПО и инициализации USB-интерфейса.
- 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 выпадающем списке *Device* укажите соответствующий Вашему контроллеру идентификатор устройства (рис. 10).
- Нажмите кнопку *Write*, примите предупреждение и дождитесь завершения обновления ПО.
- Для запуска контроллера с новой версией ПО просто перезагрузите его по питанию.

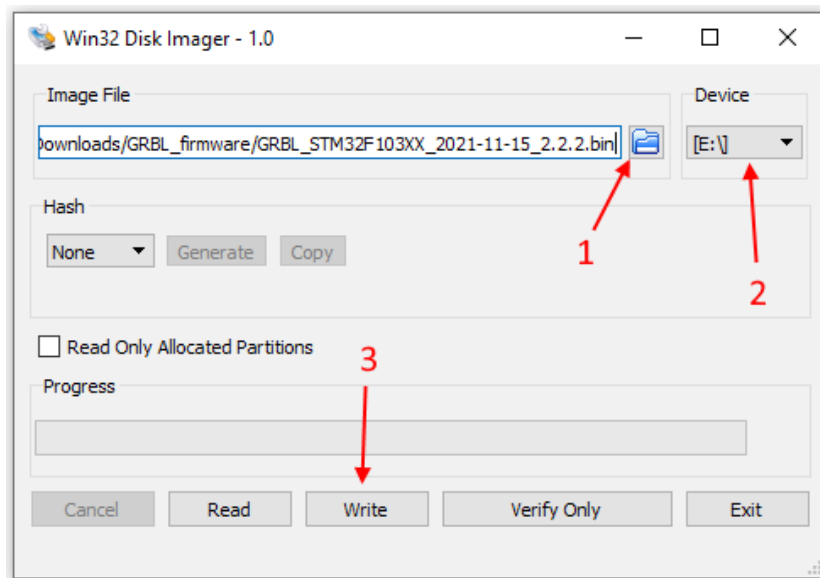


Рисунок 10: Обновление прошивки в Win32DiskImager

### 13. Выбор интерфейса управления: USB или Bluetooth

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

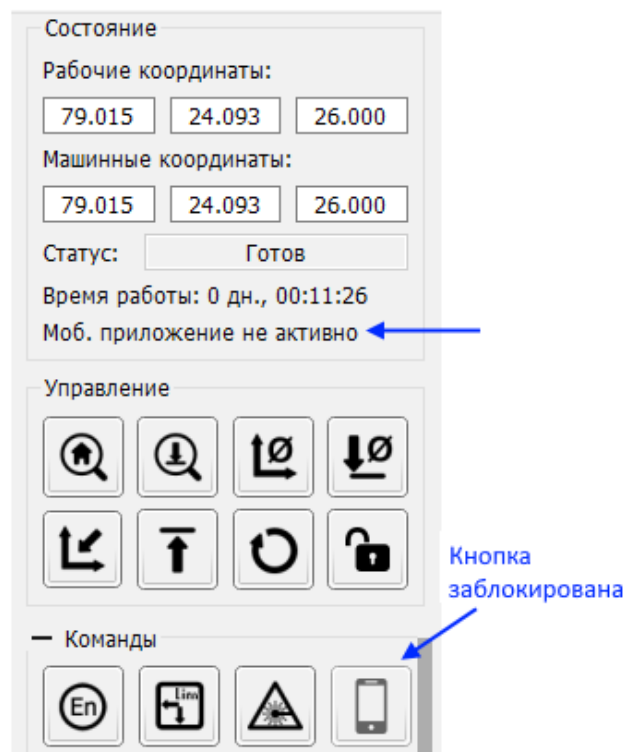
Для управления через USB-интерфейс рекомендуется использовать программу *Inectra GRBL Visualizer*, она доступна для скачивания на нашем сайте.

Для управления через Bluetooth необходимо на мобильном устройстве скачать и установить из Play Market наше мобильное приложение *Inectra GRBL*.

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 в этом режиме вводятся понятия активного и пассивного интерфейса. Активный интерфейс — это тот интерфейс, через который в данный момент времени разрешены приём и выполнение 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.
- На рис. 11 показана индикация в программе *Inectra GRBL Visualizer* при включенном и выключенном режиме пульта.

1) Мобильное приложение (пульт)  
не активно



2) Мобильное приложение (пульт)  
активно

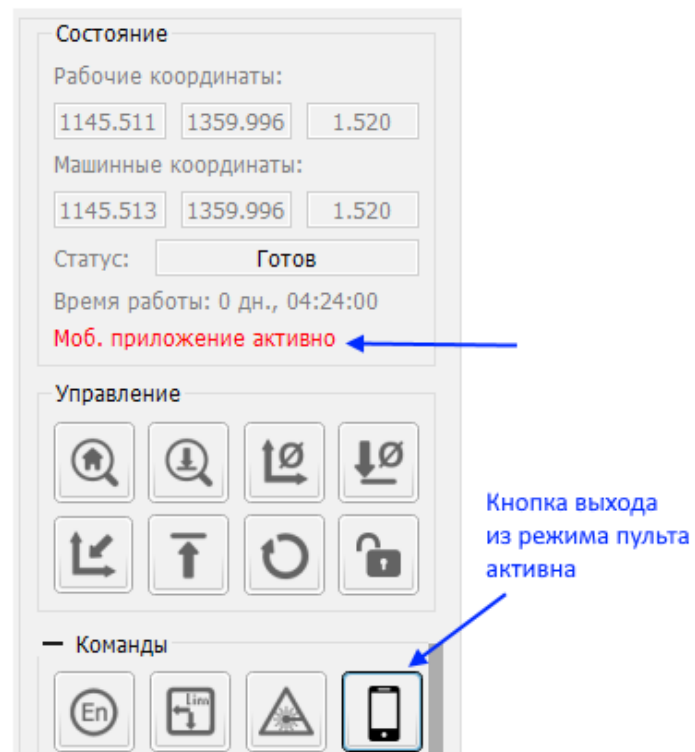


Рисунок 11: Индикация режима пульта в Inetra GRBL Visualizer