

# uMotor iMC1-8

Система uMotor, ПО разработаны и производятся в Российской Федерации

## Характеристики

Количество осей управления: 1 - 3

Количество осей серводрайверов: 1 - 8

Количество энкодеров: 1-8, зависит от количества серводрайверов

Количество поддерживаемых контроллеров шаговых двигателей с управлением по STEP/DIR: 1 - 8

Частота синхронизации (PSO): 5 МГц

Частота контура регуляции: до 20 кГц

Совместимость с любыми позиционерами на основе BLDC-мотора

Ток (постоянный/пиковый): до 10/20 А

Максимальное управляющее напряжение: 200 В

Максимальная частота обработки импульсов датчика положения: 50 МГц

Поддержка 1D и 2D калибровки гальвосканера

Поддержка 3D и 5D интерполяции

Поддержка портальных систем: до 2 штук

Поддержка квадратного и SSI/BISS датчиков положения

DIO входы/выходы: до 64/64

Точность удержания позиции: 3 отсчёта датчика положения

Поддержка ОС: Linux, Windows

Наличие программного обеспечения с открытым кодом



**uMotor** - система управления движением на основе контроллера связанного многоосевого движения для специального технологического оборудования прецизионной лазерной микрообработки материалов.

Система предназначена для:

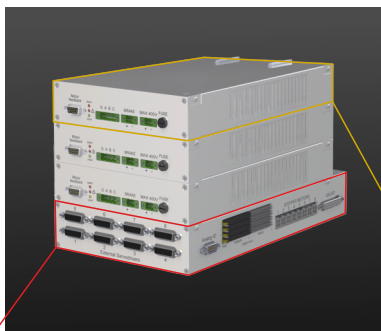
- лазерной микрообработки;
- лазерной резки;
- лазерной гравировки;
- сварки металла;
- обработки, резки кремниевых подложек;
- фрезеровки различных материалов.

**Контроллер uMotor iMC1-8** не «привязан» к оборудованию определенного производителя, позволяет работать с широким спектром серводрайверов и приводов на базе шаговых двигателей.



## Описание системы управления движением uMotor

Система управления движением **uMotor** состоит из контроллера **uMotor iMC1-8** и подключаемых к нему серводрайверов **uMotor iSC1-20A400V**. Всего серводрайверов **uMotor iSC1-20A400V** в многоосевом контроллере может быть от 0 до 3 штук. Для их соединения используются межплатные разъемы.



Контроллер **uMotor iMC1-8**



Серводрайвер **uMotor iSC1-20A400V**  
(от 0 до 3 шт.)

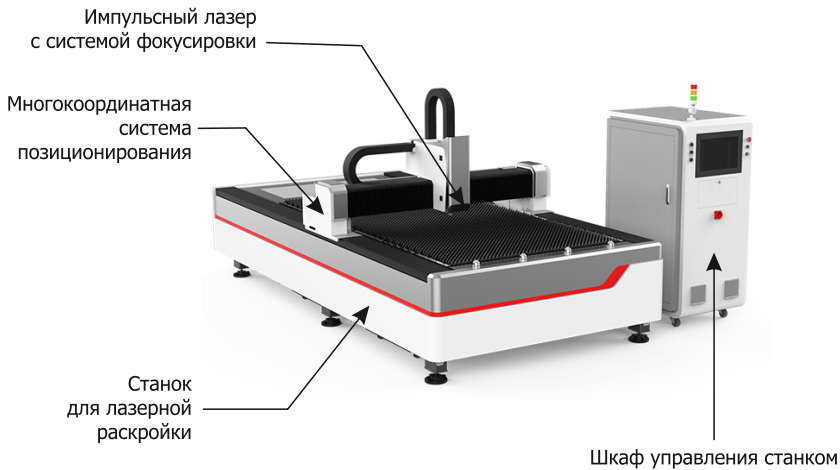
Контроллер **uMotor iMC1-8** движения выполняет функции приёма траектории и управляющих команд по сети Ethernet, раскладывает траекторию движения на перемещение отдельных осей, контролирует и компенсирует отклонение в движении позиционеров, подаёт сигнал синхронизации с импульсным лазером.

На корпусе контроллера расположены разъёмы входных и выходных сигналов для подключения внешних устройств.

Серводрайвер **uMotor iSC1-20A400V** принимает информационный сигнал управления отдельной осью с контроллера и усиливает его до требуемых характеристик по напряжению и току. Также с помощью него измеряется ток, протекающий в обмотках двигателя, и передаётся контроллеру движения. Кроме того, он обеспечивает гальваническую изоляцию сигналов управления двигателем для электробезопасности системы.

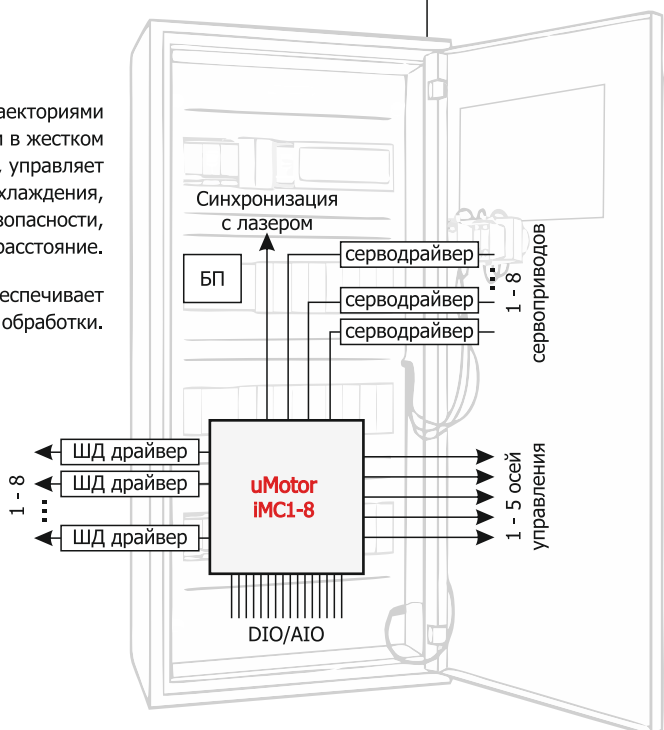
На корпусе серводрайвера расположены разъёмы входных и выходных сигналов для подключения двигателя.

## Место uMotor iMC1-8 в системе лазерной обработки



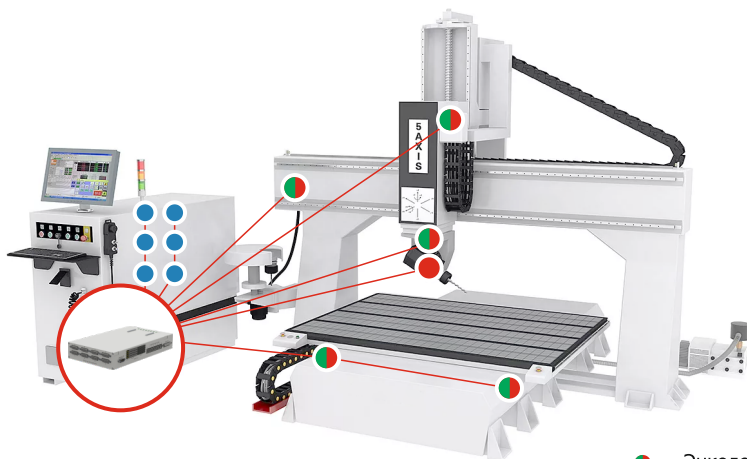
Контроллер управляет траекториями всех осей и лазером в жестком реальном времени, управляет клапанами газового охлаждения, датчиками безопасности, отслеживает фокусное расстояние.

Точность uMotor iMC1-8 обеспечивает качество обработки.



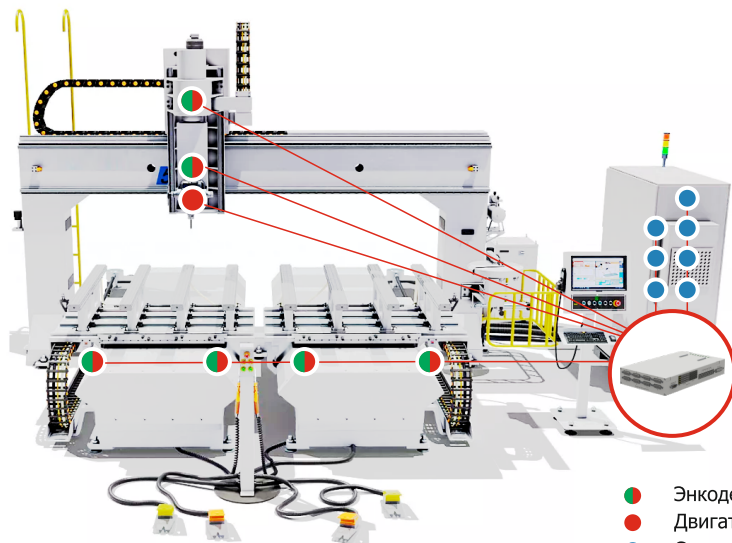
## Примеры подключения uMotor iMC1-8 к станкам

Пятиосевой обрабатывающий центр для изготовления крупногабаритных прототипов, а также обработки композитных материалов, пластиков:



- Энкодер, двигатель
- Двигатель
- Серводрайвер

Пятиосевой обрабатывающий центр для работы с крупногабаритными изделиями на высоких режимах резания:



- Энкодер, двигатель
- Двигатель
- Серводрайвер

## Варианты комплектации uMotor



### Контроллер uMotor iMC1-4 (базовая версия)

Поддержка до 4 внешних серводрайверов,  
до 4 шаговых двигателей, до 5 режимов PSO.



### Контроллер uMotor iMC1-8 (полная версия)

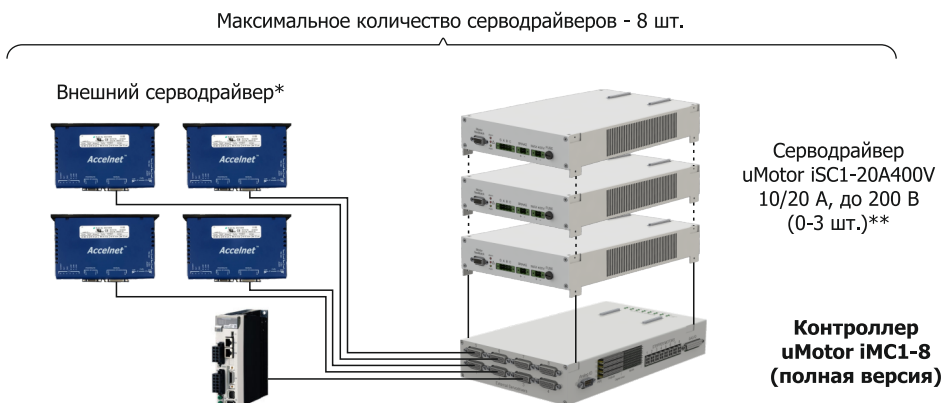
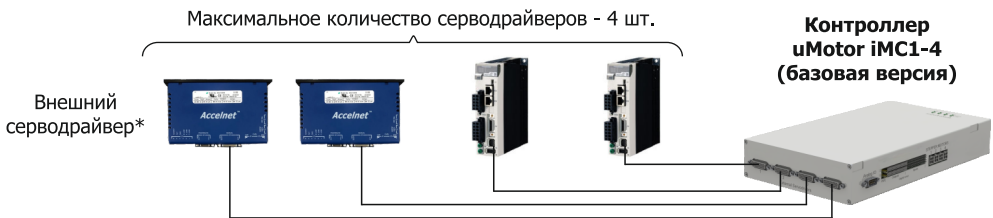
Поддержка до 11 серводрайверов,  
до 8 шаговых двигателей, GALVO,  
калибровка 1D и 2D, до 5 режимов PSO.



### Серводрайвер uMotor iSC1-20A400V

Подключение к контроллеру uMotor iMC1-8,  
10/20 А, 200 В

## Схемы подключения серводрайвера



\* Например, Copley Accelnet AEP / ASP, Panasonic MINAS A-series, FUJI Alpha 5 Smart, Servotronic CDHD и другие серводрайверы с аналоговым выходом управления по скорости.

\*\* Количество серводрайверов может быть увеличено до 5, но данная комплектация обсуждается индивидуально.

## Программное обеспечение

Программное обеспечение позволяет настраивать контроллер и управлять движением путем передачи G-кодов и дополнительных команд. Некоторые команды могут выполняться асинхронно. Управление осуществляется по сети.

Устройство имеет открытый протокол управления. Это позволяет управлять контроллером из стороннего программного обеспечения.

uMotor может управлять серводвигателями и гальвосканером. Есть поддержка порталных систем и управления инструментами с сервоприводом. Возможно асинхронное управление шаговыми двигателями с использованием внешних драйверов с интерфейсом step-dir. В качестве датчика позиции используются инкрементальные энкодеры.

Программное обеспечение для управления станком прецизионной лазерной микрообработки на базе контроллера uMotor имеет открытый исходный код. Это позволяет адаптировать его для нужд проекта.

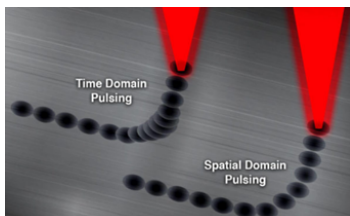
Основные реализованные функции:

- Движение от точки к точке
- Ограничение ускорения
- Скоординированное движение
- Семисегментное ускорение
- Быстрый захват позиции
- Высокоскоростная регистрация
- Портальный режим
- Аналоговое управление мощностью
- Калибровка оси
- Квадратурный энкодер
- Настройка PID регуляторов
- Безопасные зоны
- Подключение концевиков
- Управление шпинделем
- Технология Position Synchronized Output (PSO)

### Технология Position Synchronized Output

Контроллер обеспечивает быстрое непрерывное движение по 3D траектории с поддержанием постоянной скорости вдоль траектории за счет математических алгоритмов, учитывающих кинематику элементов обрабатывающего станка и положение во времени каждого импульса обрабатывающего лазера. Данная технология называется Position Synchronized Output (PSO).

Благодаря этому при сложной траектории движения расстояния между импульсами лазера не меняются, так как зависят не от времени, а от фактической координаты. Такой тип управления повышает производительность систем на порядки.



## Траекторное управление

Контроллер поддерживает стандартные G-команды для перемещений по прямым и дугам. Интерпретация и исполнение G-команд осуществляется с учётом ограничений на максимальную скорость, ускорение и рывок (производная ускорения по времени).

Поддерживаются дополнительные M-команды для управления лазерным инструментом, а также ввода-вывода цифровых и аналоговых сигналов. Точность привязки вспомогательных команд к траектории  $\sim 1$  мкс.

## Асинхронное управление

Настройка контроллера осуществляется с использованием открытого сетевого протокола. В этом же протоколе предусмотрены команды, которые позволяют управлять лазером и другим вспомогательным оборудованием параллельно с движением и полностью независимо от него.

Протокол полностью открыт и может использоваться для управления контроллером из сторонних программ. Предоставляются примеры для языков программирования C и Python. Также управление станком возможно из приложений, написанных на других языках программирования. Кроме того, имеется отладочный веб-интерфейс, который позволяет вызывать команды вручную и получать результат их выполнения.

## Настройка

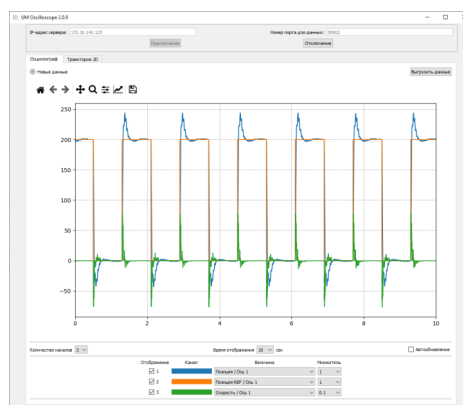
Для настройки контуров управления и оценки качества их работы предусмотрен встроенный генератор шаблонных траекторий.

Программный осциллограф позволяет визуализировать текущие параметры станка в реальном времени. Предусмотрено отображение как временных  $(x(t), y(t), \dots)$ , так и траекторных зависимостей  $(y(x))$ .

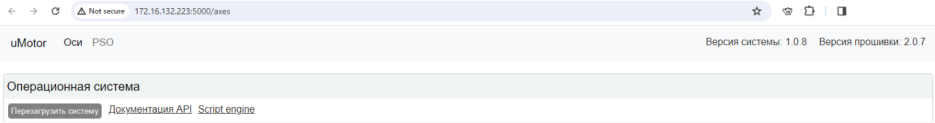
## Комплект программного обеспечения включает в себя:

- Интерпретатор G-кода с интерполятором;
- Веб-интерфейс контроллера;
- Программный осциллограф.

Программный осциллограф



## Веб-интерфейс



## Оси

Ось 1 (X)	Ось 2 (Y)	Ось 3 (Z)	Ось 4 (U)	Ось 5 (V)	Ось 6 (W)	Ось 7 (A)	Ось 8 (B)
Положение: 0	Положение: 0	Положение: 0	Положение: 0	Положение: 48	Положение: 0	Положение: 0	Положение: 0
Скорость: 0	Скорость: 0	Скорость: 0	Скорость: 0	Скорость: 0	Скорость: 0	Скорость: -1	Скорость: 0
Состояние: Отключена	Состояние: Отключена	Состояние: Отключена	Состояние: Отключена	Состояние: Отключена	Состояние: Отключена	Состояние: Отключена	Состояние: Отключена
Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>	Левый концевик: <input type="checkbox"/>
Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>	Правый концевик: <input type="checkbox"/>
Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>	Статус: <input type="checkbox"/>
Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>	Ошибка: <input type="checkbox"/>
Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>	Накопленная ошибка: <input type="checkbox"/>

### Настройки оси #1

Разное

Источник управлений:

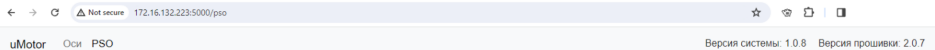
Настройки

Настройки ПИД контура управления по позиции

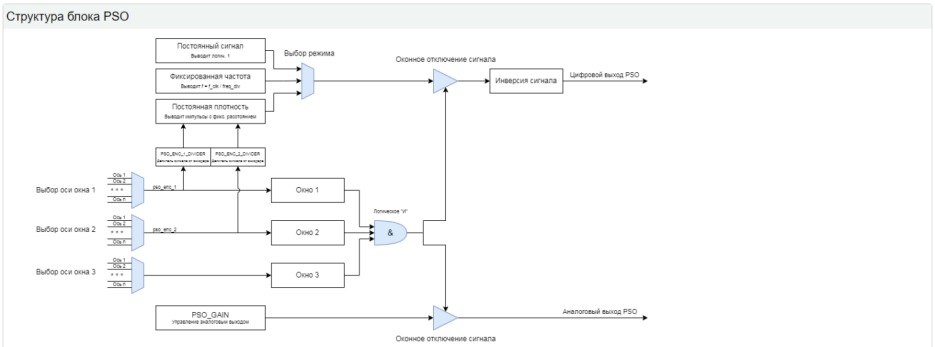
Kp: 20000.0  
Ki: 30000.0  
Kd: 0.0  
Kf: 0.0  
Текущий интервал: 0.10000000000000000  
Ограничение выхода: 3000.0

Регулятор позиции

Настройки энкодера



## PSO





- **G2** - равномерное движение по дуге по часовой стрелке. Параметры:
  - X# , Y# - координаты конечной точки в мм, если выбран режим абсолютных координат (G90); смещение конечной точки в мм, если выбран режим относительных координат (G91).
  - I# , J# - смещение центра дуги относительно текущей точки (начальной точки движения).
  - F# - задание модуля скорости в мм/сек.
- **G3** - равномерное движение по дуге против часовой стрелки. Параметры:
  - X# , Y# - координаты конечной точки в мм, если выбран режим абсолютных координат (G90); смещение конечной точки в мм, если выбран режим относительных координат (G91).
  - I# , J# - смещение центра дуги относительно текущей точки (начальной точки движения).
  - F# - задание модуля скорости в мм/сек.
- **G4** - пауза в текущей позиции. Параметры:
  - P# - время паузы в мс.
- **G90** - выбор абсолютной системы координат.
- **G91** - выбор относительной системы координат.
- **G92** - задание текущей позиции:
  - X# , Y# , Z# , U# , W# , V# - координаты точки для соответствующих осей в мм, актуально только если выбран режим абсолютных координат (G90).

### M-команды

- **M62** - включение цифрового выхода. Параметры:
  - P# - вместо # указать номер цифрового выхода в формате: первая цифра номер модуля, на котором находится требуемый выход, следующие две цифры номер выхода. Номер модуля может быть 1-4, номер выхода на модуле 1-16. Например, чтобы выключить 11 выход на 2 модуле, надо указать: M62 P211.
- **M63** - выключение цифрового выхода. Параметры:
  - P# - вместо # указать номер цифрового выхода в формате: первая цифра - номер модуля, на котором находится требуемый выход, следующие две цифры - номер выхода. Номер модуля может быть 1-4, номер выхода на модуле 1-16. Например, чтобы выключить 11 выход на 2 модуле, надо указать: M63 P211.
- **M67** - установка уровня аналогового выхода. Параметры:
  - P# - вместо # указать номер выхода, может быть 1 или 2.
  - E# - вместо # указать уровень аналогового сигнала в вольтах, от -10 до +10 В.
- **M100** - выбор режима PSO (PSOMode). Параметры:
  - P# - вместо # указать одна цифра, соответствующая режиму (0-3).
- **M101** - выбор длительности импульса PSO (PSOPulseWidth). Параметры:
  - P# - вместо # указать число, соответствующее желаемой длительности в секундах.
- **M102** - выбор частоты следования импульсов PSO (PSOFrequency). Параметры:
  - P# - вместо # указать число, соответствующее желаемой частоте следования импульсов в Гц.
- **M103** - выбор расстояния между импульсами PSO (PSOPulseDistance). Параметры:
  - P# - вместо # указать число, соответствующее желаемому расстоянию между импульсами в мм.
- **M104** P# - активация оконных режимов PSO (PSOGateEnable). Параметры:
  - P# - вместо # указать число, первые 6 бит которого представляют собой флаги состояния соответствующих окон.
- **M105** - установка границ окон работы PSO для одного окна. Параметры:
  - P# - вместо # указать число, являющееся номером окна (здесь важно, что это не номер оси физической, но именно номер окна PSO), может быть 1-3.
  - Q# - вместо # указать число, равное верхней границе окна в мм.
  - L# - вместо # указать число, равное нижней границе окна в мм.

## Сравнение контроллера uMotor iMC1-8 с контроллером ACS SPiiPlusEC

Для сравнения показателей контроллеров был проведен эксперимент, в котором использовались контроллеры uMotor iMC1-8 и ACS SPiiPlusEC, серводрайверы Accelnet ASP-055-18 и UDMiC соответственно, а также подвижка Standa 8MTL1301-170-LEn1-200.

В программное обеспечение каждого контроллера загружались коды траектории из точки в точку на одинаковое расстояние с одинаковой максимальной скоростью, ускорением и рывком. Каждый контроллер проверялся на быстрой и медленной скорости. Траектории записывались с помощью программных осциллографов в соответствующем программном обеспечении, выгружались для дальнейшей математической обработки и наглядного отображения в виде графиков.

### 1. Медленная траектория

Параметры:

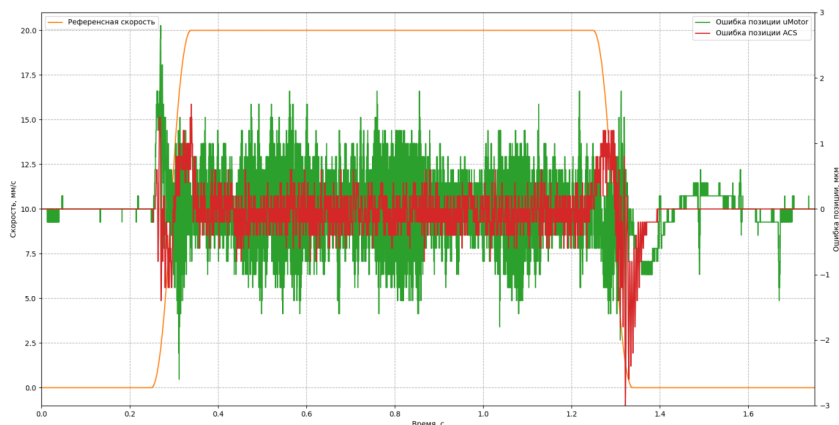
Шаг позиции: 20 мм

Скорость (макс): 20 мм/сек

Ускорение (макс): 2000 мм/сек<sup>2</sup>

Рывок: 10000 мм/сек<sup>3</sup>

Графики трапеции по скорости:



— Ошибки позиции ACS      — Ошибки позиции uMotor      — Заданная скорость

Участок траектории	uMotor / ACS		
	Максимальная ошибка позиции (мкм)	Средняя ошибка позиции (мкм)	Среднеквадратичное отклонение (мкм)
Участок разгона	2.8/1.4	0.65/0.59	0.58/0.40
Участок движения с постоянной скоростью	1.8/1.6	0.39/0.20	0.30/0.18
Участок замедления	2.0/3.0	0.48/0.79	0.40/0.57

## 2. Быстрая траектория

Параметры:

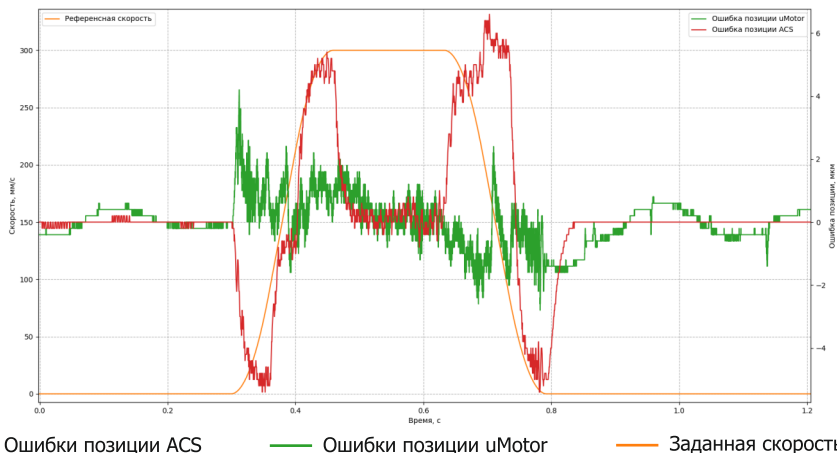
Шаг позиции: 100 мм

Скорость (макс): 300 мм/сек

Ускорение (макс): 3000 мм/сек<sup>2</sup>

Рывок: 50000 мм/сек<sup>3</sup>

Графики трапеции по скорости:



Участок траектории	uMotor / ACS		
	Максимальная ошибка позиции (мкм)	Средняя ошибка позиции (мкм)	Среднеквадратичное отклонение (мкм)
Участок разгона	4.2/5.4	0.93/3.29	0.70/1.73
Участок движения с постоянной скоростью	2.0/4.8	0.48/0.49	0.30/0.81
Участок замедления	2.8/6.6	0.85/4.31	0.55/1.37

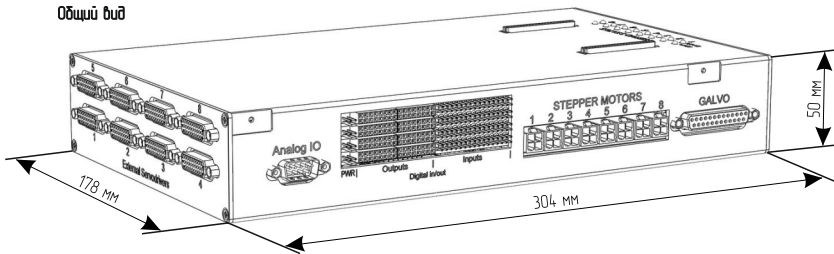
### Полученные данные показывают:

- 1) Порядок точности при одинаково заданной траектории у ACS и uMotor совпадает, а в абсолютных значениях точность uMotor выше и даже на быстрой траектории не превышает планку в 5 мкм.
- 2) На участке движения с постоянной скоростью можно отметить, что обе системы в среднем колеблются вокруг заданной траектории, не имея постоянного или накапливаемого опережения или отставания.
- 3) Если же рассматривать отдельно участки профиля скорости, то можно отметить, что на участках ускорения и замедления uMotor выдерживает траектории в абсолютных значениях лучше, что особенно видно на профиле быстрой траектории.

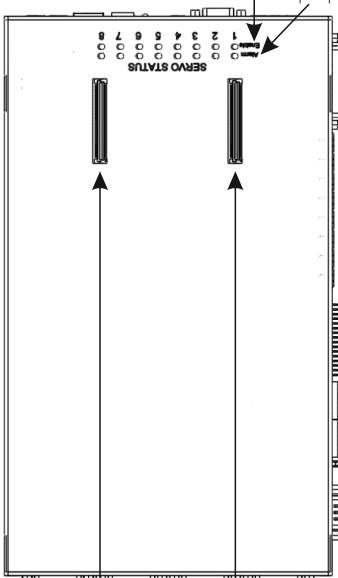
**Габаритные размеры и основные элементы**

**Контроллер iMC1-8**

Общий вид

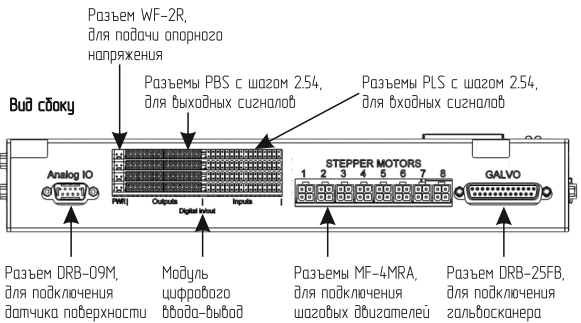


Вид сверху



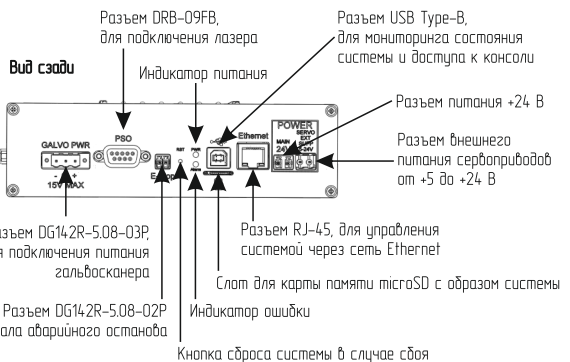
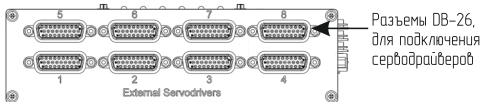
Индикатор состояния вкл/выкл подключения серводрайвера  
Индикатор ошибки серводрайвера

Разъемы для подключения платы силового драйвера



Вид сбоку

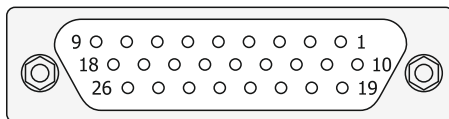
Вид спереди



Вид снизу

## Назначение контактов контроллера iMC1-8

Для подключения серводрайверов используется разъем DB-26 типа «мама».

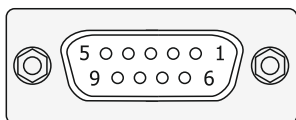


1	DAC_VOUT_A_P
2	DAC_VOUT_A_N
3	SERVO_ENC_A_P
4	SERVO_ENC_A_N
5	SERVO_ENC_B_N
6	SERVO_ENC_B_P
7	SERVO_ENC_Z_P
8	SERVO_ENC_Z_N
9	SERVO_SWR

10	Не используется
11	SERVO_ENC_BISS_DAT_N
12	SERVO_ENC_BISS_DAT_P
13	SERVO_ENC_BISS_CLK_N
14	SERVO_ENC_BISS_CLK_P
15	GND
16	GND
17	SERVO_ZERO
18	SERVO_SWL

19	Не используется
20	GNDI
21	GNDI
22	SERVO_ALARM
23	SERVO_Brake
24	SERVO_Enable
25	+V_SERVO_PSO
26	+V_SERVO_PSO

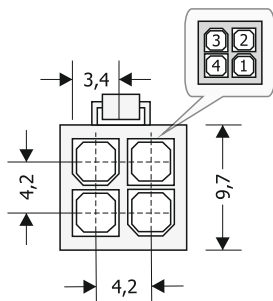
Для подключения датчика поверхности используется разъем DRB-09M типа «папа».



1	GND
2	GND
3	GND
4	GND
5	GND

6	DAC3_VOUT_A
7	DAC3_VOUT_B
8	ADC_IN1_10V
9	ADC_IN0_10V

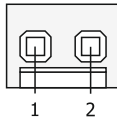
Для подключения шаговых двигателей используются разъемы MF-4MRA.



1	Enable
2	STEP
3	DIR
4	GND

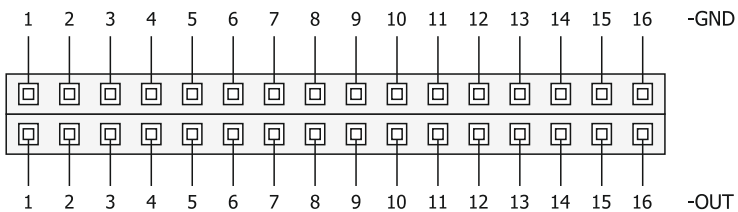
Модуль цифрового ввода-вывода:

Для подачи опорного напряжения используется разъем WF-2R.

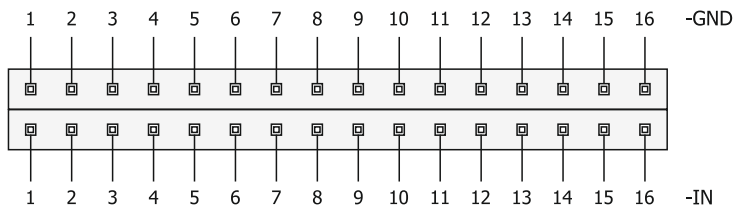


1	+
2	-

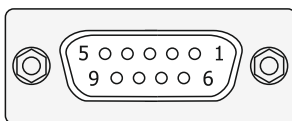
Для выходных сигналов используются разъемы PBS с шагом 2.54.



Для входных сигналов используются разъемы PBS с шагом 2.54.



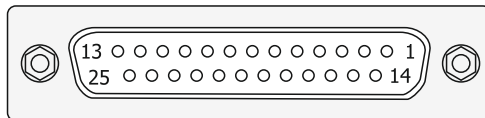
Для подключения лазера используется разъем DRB-09FB типа «мама».



1	PSO_ONOFF_B
2	DAC3_VOUT_C
3	Не используется
4	+5V_SERVO_PSO
5	GND
6	Не используется
7	Не используется
8	+5V_SERVO_PSO
9	GND

# uMotor iMC1-8

Для подключения гальвосканера используется разъем DRB-25FB типа «мама».

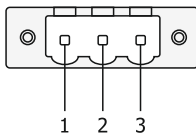


1	GALVO_CLOCK_N
2	GALVO_SYNC_N
3	GALVO_CHAN1_N
4	GALVO_CHAN2_N
5	GALVO_CHAN3_N
6	GALVO_STAT_N
7	Не используется
8	Не используется
9	+15V_GALVO

10	+15V_GALVO
11	GND
12	-15V_GALVO
13	-15V_GALVO
14	GALVO_CLOCK_P
15	GALVO_SYNC_P
16	GALVO_CHAN1_P
17	GALVO_CHAN2_P

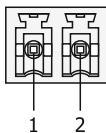
18	GALVO_CHAN3_P
19	GALVO_STAT_P
20	Не используется
21	Не используется
22	+15V_GALVO
23	GND
24	GND
25	-15V_GALVO

Для питания гальвосканера используется разъем DG142R-5.08-03P.



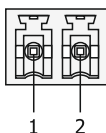
1	-
2	GND
3	+

Для подключения кнопки аварийной остановки используется напряжение 5-24 В, разъем DG142R-5.08-02P.



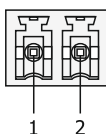
1	+
2	-

Для подключения основного питания 24 В используется разъем DG142R-5.08-02P.



1	+
2	-

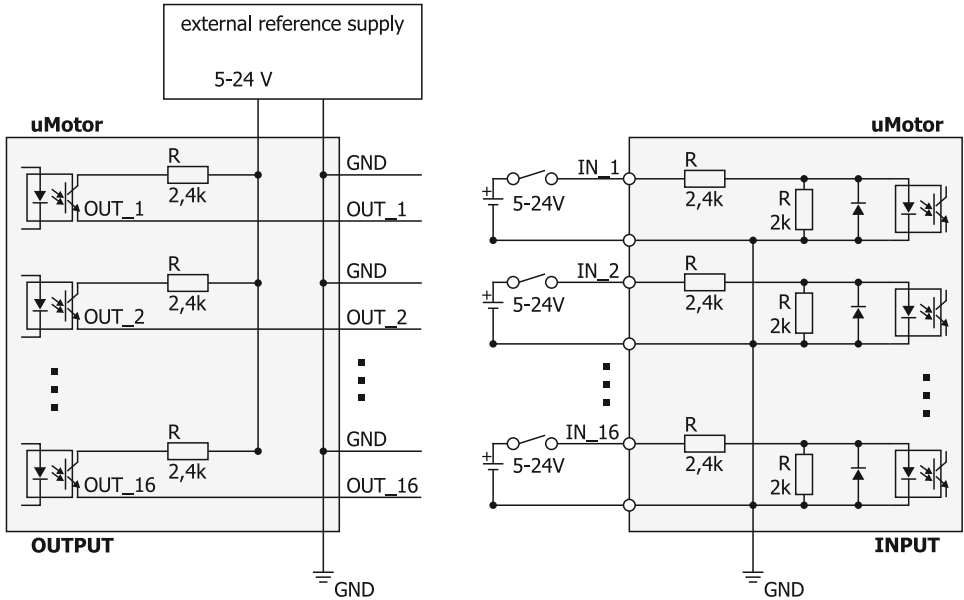
Для подачи напряжения +V\_SERVO\_PSO используется напряжение 5-24 В, разъем DG142R-5.08-02P.



1	+
2	-

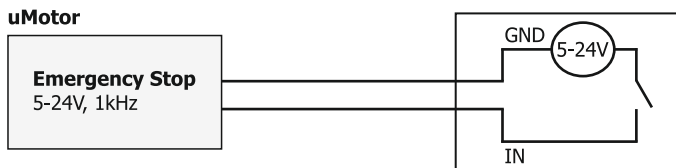
## Структурные схемы подключения устройств

Модуль дискретного ввода/вывода

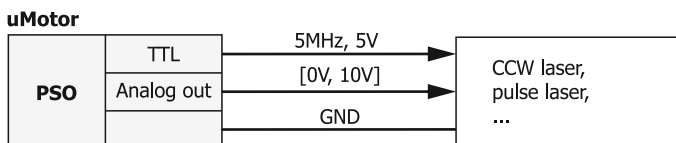


Количество модулей зависит от выбранной комплектации и может быть от 1 до 4.  
Для каждого модуля возможно подключение индивидуального питания.

Кнопка экстренной остановки

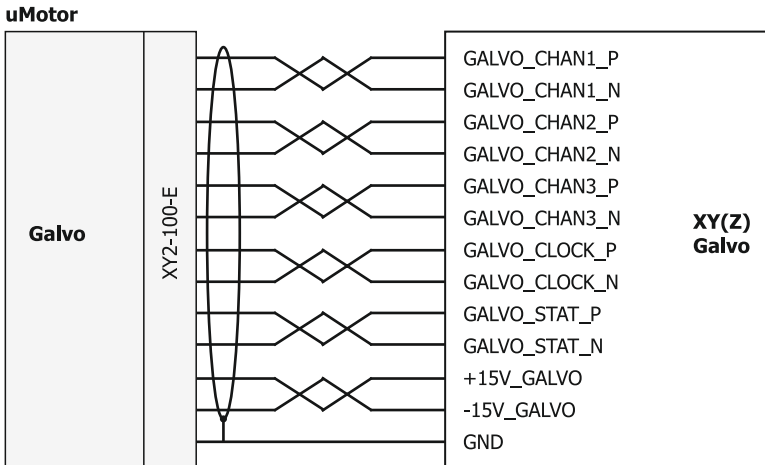


Лазер

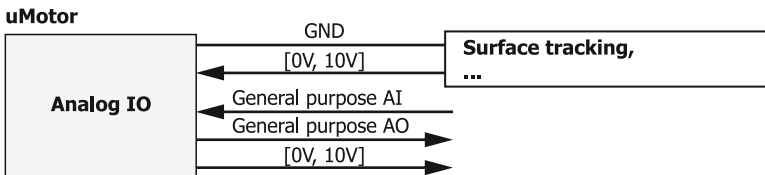


# uMotor iMC1-8

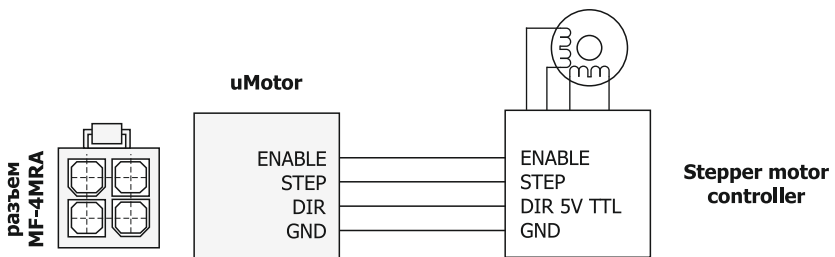
Гальвосканер



Датчик поверхности



Шаговый двигатель







**physlab.ru**

ООО «ЦИФ МГУ имени М.В. Ломоносова»

119333, г. Москва, ул. Фотиевой, д. 5, стр. 1

Телефон: +7 (499) 343-56-24

e-mail: [info@physlab.ru](mailto:info@physlab.ru)