

# Robointellect Controller 001

---

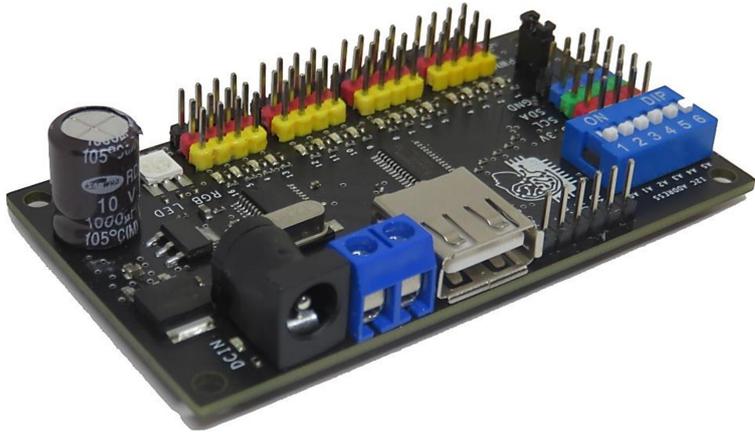
*Руководство пользователя*

# Оглавление

Назначение .....	2
Подключение.....	3
RGB светодиод.....	4
Подключение датчика тока .....	4
Светодиодная индикация .....	4
Варианты схем включения.....	5
Описание функционала .....	7
Выдача ШИМ.....	7
Установка частоты ШИМ .....	8
Установка адреса.....	8
Программный сброс .....	8
Протокол I2C .....	9
Регистры.....	11
Установка драйвера.....	16
Конструкция .....	17
История изменений.....	18

# Назначение

Robointellect Controller 001 (далее модуль RI-PWM1) объединяет в себе три изделия:

 <p>16-канальный 12-битный ШИМ-контроллер на основе микросхемы PCA9685</p>	 <p>USB-I2C конвертер на основе микросхемы CH341T</p>	 <p>модуль RGB светодиода</p>
 <p>модуль RI-PWM1</p>		

Устройство позволяет выполнить задачи автоматизации, в которых требуются выдача дискретных или ШИМ сигналов. Модуль имеет следующие характеристики:

- количество дискретных выходов/ШИМ каналов..... 16
- количество портов I2C для подключения сторонних устройств..... 5
- интерфейс управления..... USB, I2C
- напряжение питания..... 5 В
- светодиодная индикация работы каналов..... есть
- наличие RGB светодиода..... есть

Модуль может использоваться для управления светодиодами, сервоприводами, шаговыми двигателями, в качестве расширителя дискретных выходов.

# Подключение

Схема подключения модуля RI-PWM1 показана на рисунке 1.

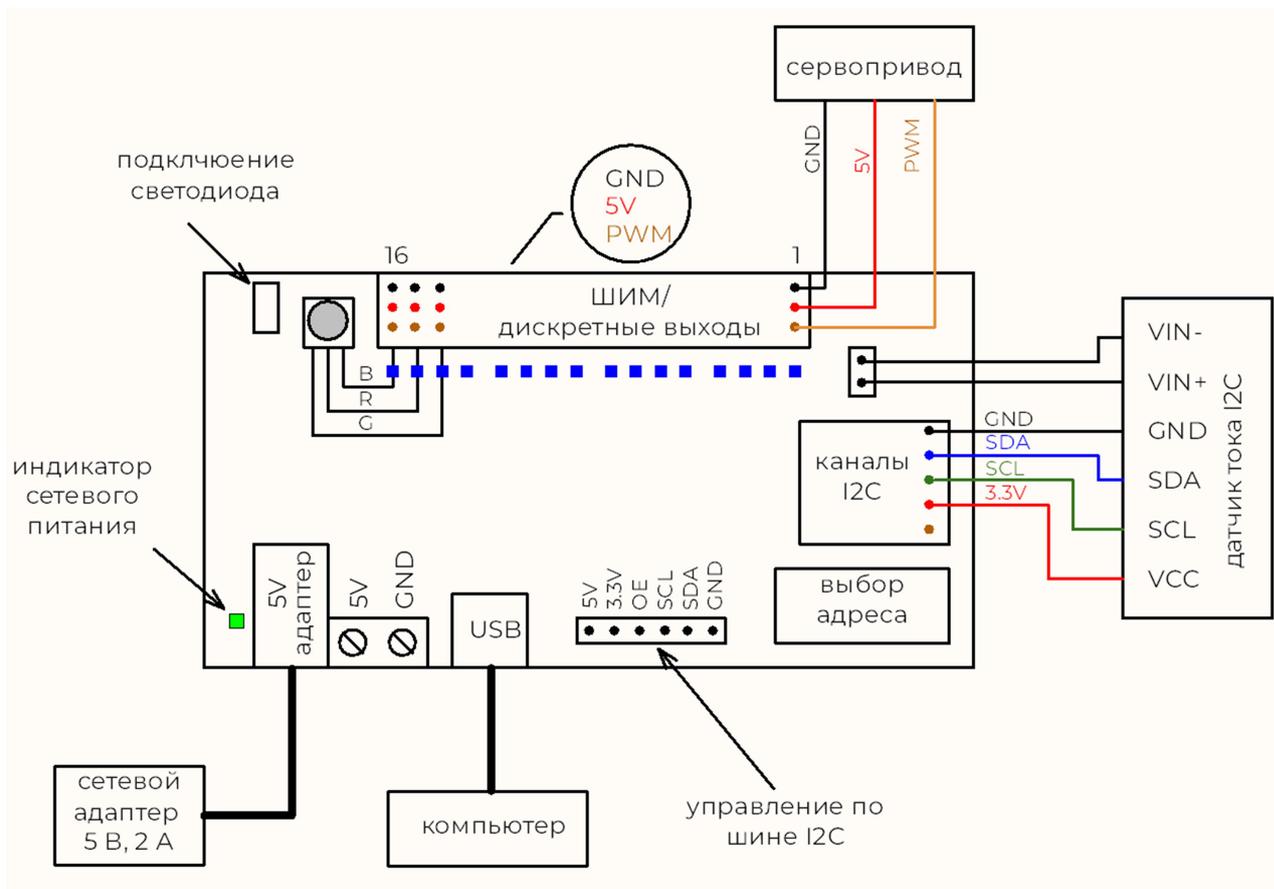


Рисунок 1 - Схема расположения интерфейсов модуля RI-PWM1

Характеристики сигналов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сигналы модуля RI-PWM1

Сигнал	Описание
5V	Подача напряжения 5 В через адаптер питания или клеммную колодку. Максимальное потребление зависит подключенных к каналам устройств, не должно превышать 2 А
3.3V	Напряжение 3.3 В от внутреннего стабилизатора напряжения, максимально допустимая нагрузка не должна превышать 100 мА
PWM	Канал для выдачи дискретных/ШИМ сигналов. Нагрузочная способность до 25 мА на канал в режиме открытого стока или до 10 мА в режиме дискретного выхода. Суммарная мощность не должна превышать 400 мВт.
SDA SCL	Линия данных и такта интерфейса I2C

## RGB светодиод

Для включения RGB светодиода необходимо установить переключку «ON/OFF RGB LED», расположенную в верхней правой части платы (см. рисунок 1). Светодиод подключается к каналам 14 - 16 в следующей последовательности:

- зеленый – канал 14;
- красный – канал 15;
- синий – канал 16.

## Подключение датчика тока

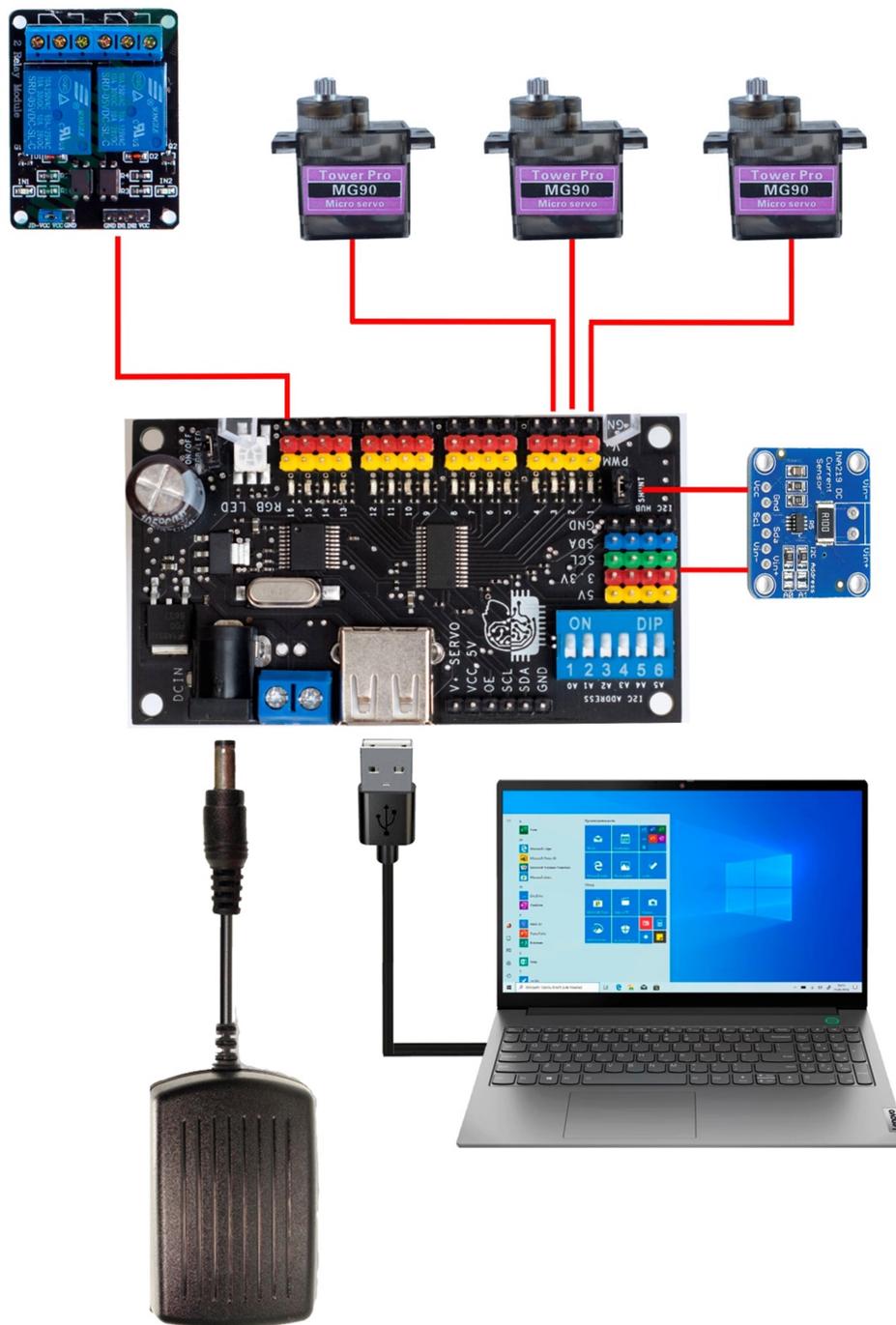
Модуль RI-PWM1 имеет возможность подключить внешний датчик тока INA219 для контроля потребления по каналам 1 – 16. Для этого необходимо снять переключку «SHUNT», расположенную в верхней левой части платы (см. рисунок 1) и подключить датчик тока в разрыв цепи. В качестве датчика тока может служить модуль на основе микросхемы INA219.

## Светодиодная индикация

Каждый канал модуля RI-PWM1 имеет светодиод индикации состояния. Светодиод включается при работе выбранного канала. Светодиоды расположены около соответствующих каналам соединителей. При подключении сетевого адаптера 5 В, на устройстве включается индикатор сетевого питания (см. рисунок 1).

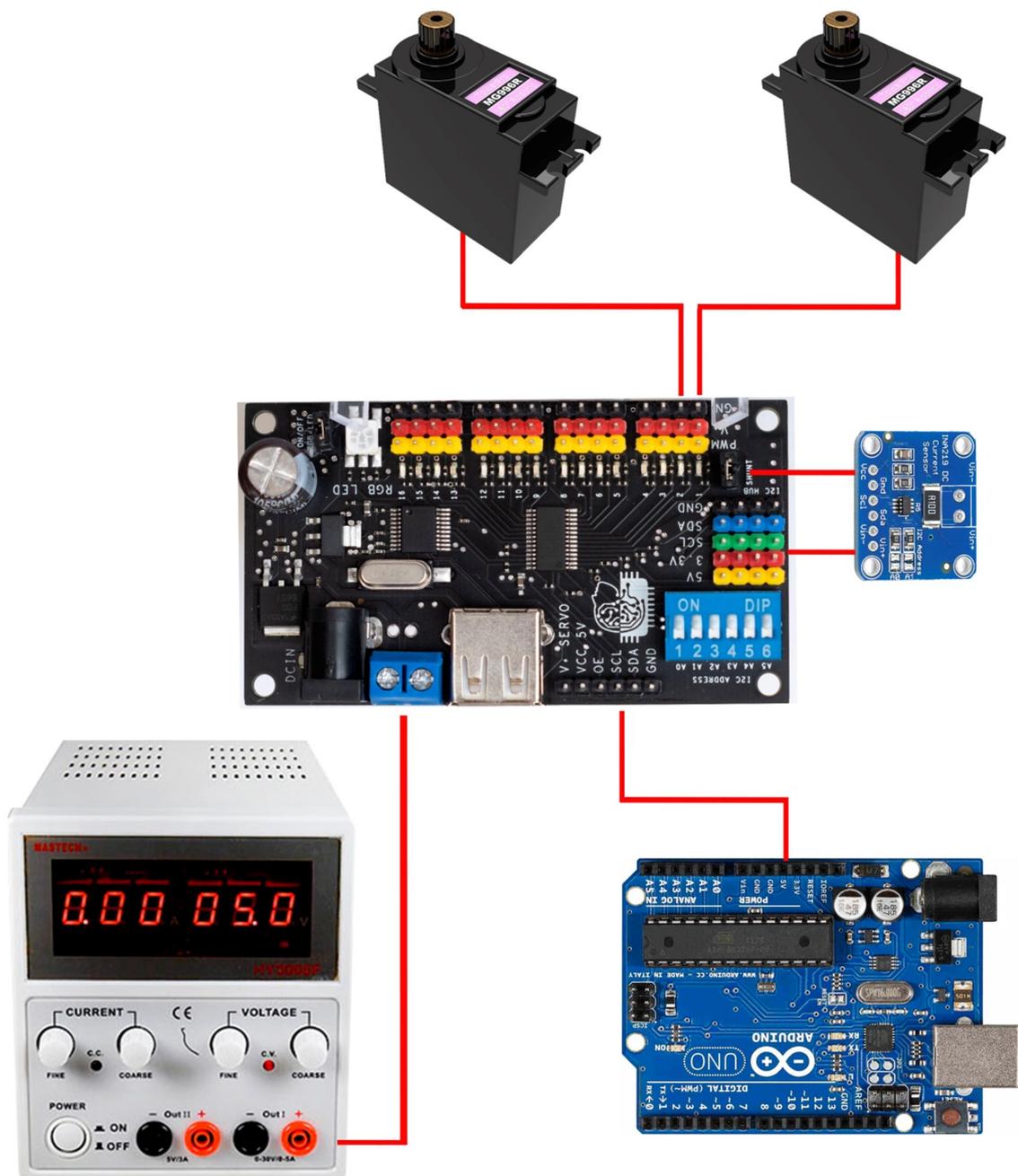
# Варианты схем включения

На рисунках 2 и 3 представлены варианты схем включения модуля RI-PWM1.



**Рисунок 2 – Управление модулем при помощи компьютера**

Три сервопривода MG90 подключены к 1 – 3 каналам модуля. Управление сервоприводами осуществляется при помощи компьютера. Датчик тока INA219 позволяет проверять токопотребление. Силовое реле, подключенное к каналу 16, коммутирует силовую нагрузку.



**Рисунок 3 - Управление модулем при помощи Arduino**

Сервоприводы подключены к каналам 1 и 2. Датчик тока INA219 позволяет проверять токопотребление. Модуль запитан от лабораторного блока питания с выходным напряжением 5 В. Работу сервоприводов контролирует плата Arduino UNO, подключенная к интерфейсу I2C.

# Описание функционала

Конфигурирование модуля RI-PWM1 осуществляется при помощи набора регистров (см. раздел «Регистры»). Обращаться к регистрам можно либо при помощи преобразователя USB-I2C, установленного на плате, либо напрямую при помощи внешнего контроллера. В первом случае необходимо воспользоваться драйвером, предоставляющим программный интерфейс. Во втором случае используется стандартный формат обмена протокола I2C. Установленная на модуле микросхема PCA9685 задает его функциональные возможности.

## Выдача ШИМ

Выдача ШИМ сигнала на любом из каналов задается при помощи двух регистров времени: LEDX\_ON и LEDX\_OFF (где X - номер канала). Регистры времени задают две метки, которые устанавливаются внутри периода ШИМ сигнала. Каждый период разделен на 4096 значений. Диаграмма сформированного сигнала показана на рисунке 4 (LEDx\_ON = 819, LEDx\_OFF = 1228).

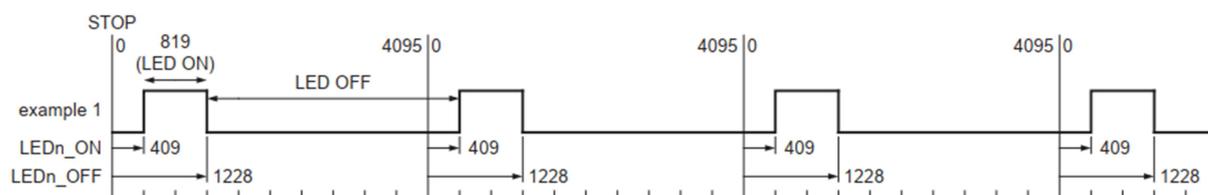


Рисунок 4 - ШИМ сигнал при LEDX\_ON < LEDX\_OFF

Значение LEDX\_ON может быть больше значения LEDX\_OFF. В этом случае будет сформирован сигнал, представленный на рисунке 5.

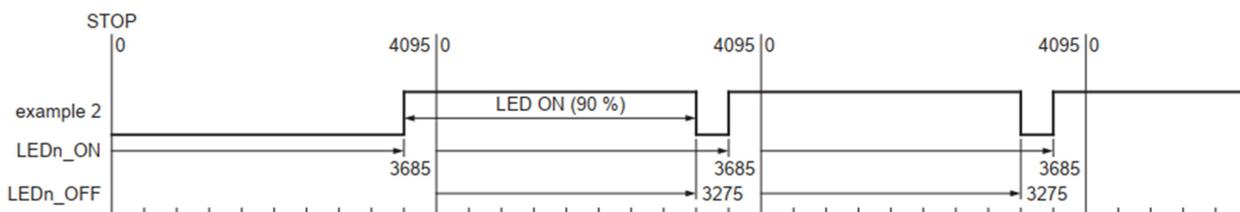


Рисунок 5 – ШИМ сигнал при LEDX\_ON > LEDX\_OFF

## Установка частоты ШИМ

Установка частоты ШИМ сигнала выполняется при помощи коэффициента деления, записанного в регистр PRE\_SCALE. Для расчета используется соотношение 1:

$$F_{PWM} = \frac{F_{Osc}}{4096 \cdot (PRE\_SCALE + 1)} = \frac{12000000}{4096 \cdot (PRE\_SCALE + 1)} \quad (1)$$

где:

FOSC – тактовая частота микросхемы PCA9685 (12 МГц);

PRE\_SCALE – значение, записанное в регистр предделителя.

Из соотношения 1 получаем формулу для расчета значения регистра PRE\_SCALE на основе желаемой частоты ШИМ сигнала:

$$PRE\_SCALE = \frac{12000000}{F_{PWM} \cdot 4096} - 1 \quad (2)$$

## Установка адреса

Основной адрес чипа является 7-ми битным числом от 64 до 127. Старший бит адреса всегда равен единицы, биты 0..5 задаются движковым переключателем «I2C ADDRESS». Адрес предназначен для выбора устройства на шине I2C.

Модуль может иметь до 3-х дополнительных адресов, которые записываются в старшие 7 бит регистров SUBADR1, SUBADR2, SUBADR3. Дополнительные адреса действуют как основной, но могут совпадать у нескольких групп чипов на одной шине, что дает возможность передавать команды сразу группе ведомых устройств. Работа с дополнительными адресами разрешена при установке флагов SUB1, SUB2, SUB3.

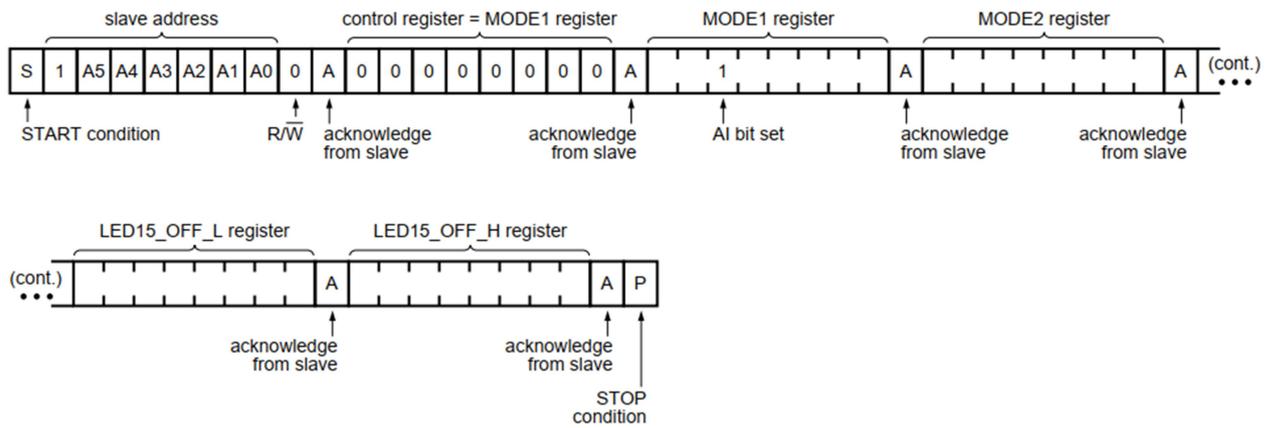
Дополнительно имеется широковещательный адрес, который записывается в старшие 7 бит регистра ALLCALLADR. Адрес действует по аналогии с дополнительными адресами, но предназначен для всех чипов на шине. Работа широковещательного адреса разрешена при установке флага ALLCALL.

## Программный сброс

Устройство поддерживает команду программного сброса. Программный сброс выполняется подачей команды «SWRST Call» по шине I2C. Для программного сброса необходимо установить признак записи и сформировать посылку в формате:

*адрес устройства → адрес 0x00 → данные 0x06*



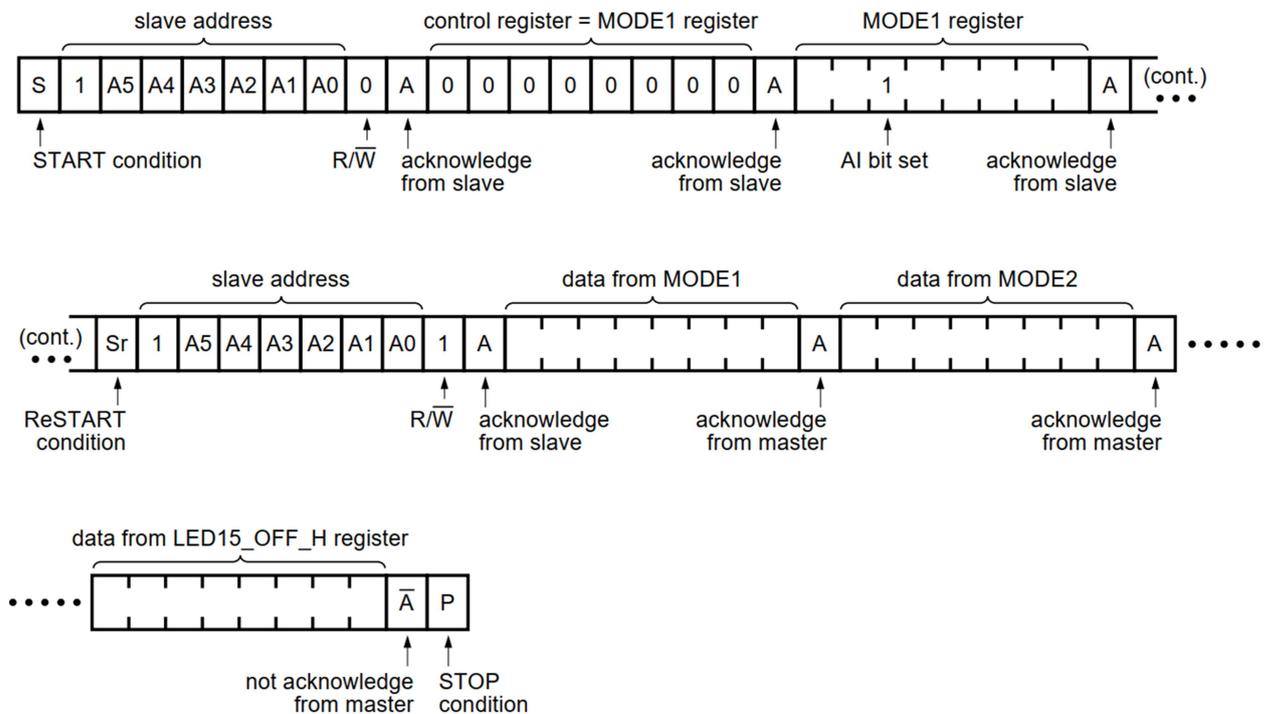


**Рисунок 7 - Запись нескольких регистров**

Чтение всех регистров

Для чтения всех регистров необходимо установить сформировать посылку в приведенном формате. Сначала выполняется запись регистра MODE и устанавливается бит AI. Затем устанавливается признак чтения, повторно выдается адрес и происходит чтение.

*адрес устройства → адрес регистр MODE1 → значение регистра MODE1 → адрес устройства ← данные регистра MODE1 ←... ← данные регистра LED15\_OFF\_H.*

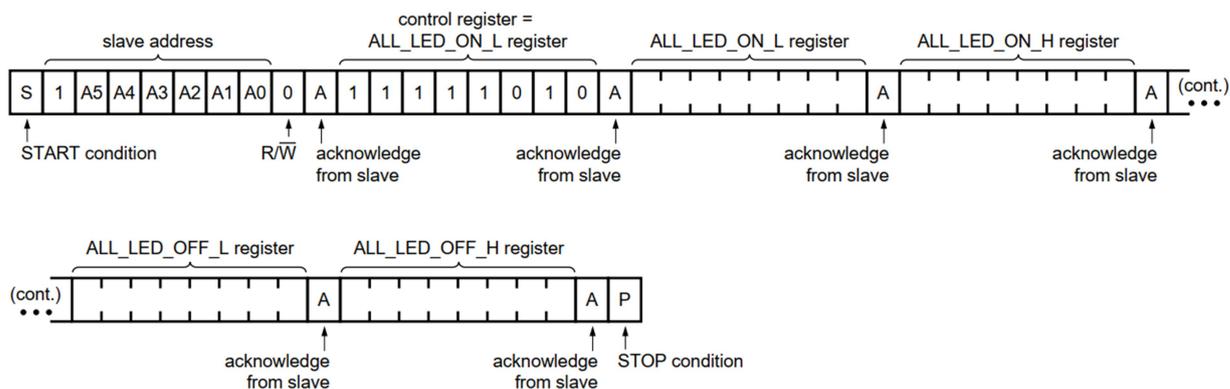


**Рисунок 8 - Чтение всех регистров**

## Запись всех регистров ALL\_LED\_ON

Для записи всех регистров ALL\_LED\_ON необходимо установить признак записи и сформировать посылку в приведенном формате. В регистре MODE1 должен быть установлен флаг автоинкремента AI.

*адрес устройства → регистр ALL\_LED\_ON\_L → данные регистра ALL\_LED\_ON\_L → ... → данные регистра ALL\_LED\_OFF\_H*



**Рисунок 9 - Запись всех регистров ALL\_LED\_ON**

## Регистры

Микросхема PCA9685, установленная на модуле, имеет набор регистров, представленный в таблице 2.

**Таблица 2 – Регистры PCA9685**

Адрес (hex)	Название регистра	Доступ	Функция
00	MODE1	RW	настройка PCA9685
01	MODE2	RW	
02	SUBADR1	RW	
03	SUBADR2	RW	
04	SUBADR3	RW	
05	ALLCALLADR	RW	позволяют группировать несколько чипов на шине I2C, для одновременного выполнения команд в группе
06	LED0_ON	L	включение канала 0
07		H	
08	LED0_OFF	L	выключение канала 0
09		H	
0A	LED1_ON	L	включение канала 1
0B		H	
0C	LED1_OFF	L	выключение канала 1
0D		H	
0E	LED2_ON	L	включение канала 2
0F		H	
10	LED2_OFF	L	выключение канала 2
11		H	
12	LED3_ON	L	включение канала 3
13		H	

Адрес (hex)	Название регистра	Доступ		Функция
14	LED3_OFF	L	RW	выключение канала 3
15		H	RW	
16	LED4_ON	L	RW	включение канала 4
17		H	RW	
18	LED4_OFF	L	RW	выключение канала 4
19		H	RW	
1A	LED5_ON	L	RW	включение канала 5
1B		H	RW	
1C	LED5_OFF	L	RW	выключение канала 5
1D		H	RW	
1E	LED6_ON	L	RW	включение канала 6
1F		H	RW	
20	LED6_OFF	L	RW	выключение канала 6
21		H	RW	
22	LED7_ON	L	RW	включение канала 7
23		H	RW	
24	LED7_OFF	L	RW	выключение канала 7
25		H	RW	
26	LED8_ON	L	RW	включение канала 8
27		H	RW	
28	LED8_OFF	L	RW	выключение канала 8
29		H	RW	
2A	LED9_ON	L	RW	включение канала 9
2B		H	RW	
2C	LED9_OFF	L	RW	выключение канала 9
2D		H	RW	
2E	LED10_ON	L	RW	включение канала 10
2F		H	RW	
30	LED10_OFF	L	RW	выключение канала 10
31		H	RW	
32	LED11_ON	L	RW	включение канала 11
33		H	RW	
34	LED11_OFF	L	RW	выключение канала 11
35		H	RW	
36	LED12_ON	L	RW	включение канала 12
37		H	RW	
38	LED12_OFF	L	RW	выключение канала 12
39		H	RW	
3A	LED13_ON	L	RW	включение канала 13
3B		H	RW	
3C	LED13_OFF	L	RW	выключение канала 13
3D		H	RW	
3E	LED14_ON	L	RW	включение канала 14
3F		H	RW	
40	LED14_OFF	L	RW	выключение канала 14
41		H	RW	
42	LED14_ON	L	RW	включение канала 15
43		H	RW	
44	LED14_OFF	L	RW	выключение канала 15
45		H	RW	
-----				зарезервировано
FA	ALL_LED_ON	L	W	значение, записываемое в LEDX_ON всех регистров
FB		H	W	
FC	ALL_LED_OFF	L	W	значение, записываемое в LEDX_OFF всех

Адрес (hex)	Название регистра	Доступ	Функция
FD		H W	регистров
FE	PRE_SCALE	RW	предделитель частоты, запись возможна только при установленном флаге SLEEP в регистре MODE 1
FF	TEST_MODE	RW	зарезервировано

### Регистр MODE1

MODE1							
7	6	5	4	3	2	1	0
RESTART	EXTCLK	AI	SLEEP	SUB1	SUB2	SUB3	ALLCAL

- 7 RESTART указывает на то, что была совершена перезагрузка (по умолчанию «0»)  
0: игнорируется  
1: сброс флага
- 6 EXTCLK 0: использовать внутренний такт  
1: разрешить работу от внешнего тактового сигнала
- 5 AI 0: автоинкремент выключен  
1: использовать автоинкремент (при работе с I2C)
- 4 SLEEP 0: нормальный режим работы  
1: режим низкого энергопотребления
- 3 SUB1 0: не отвечать на дополнительный адрес 1  
1: отвечать на дополнительный адрес 1
- 2 SUB2 0: не отвечать на дополнительный адрес 2  
1: отвечать на дополнительный адрес 2
- 1 SUB3 0: не отвечать на дополнительный адрес 2  
1: отвечать на дополнительный адрес 2
- 0 ALLCALL 0: не отвечать на широковещательный адрес  
1: отвечать на широковещательный адрес

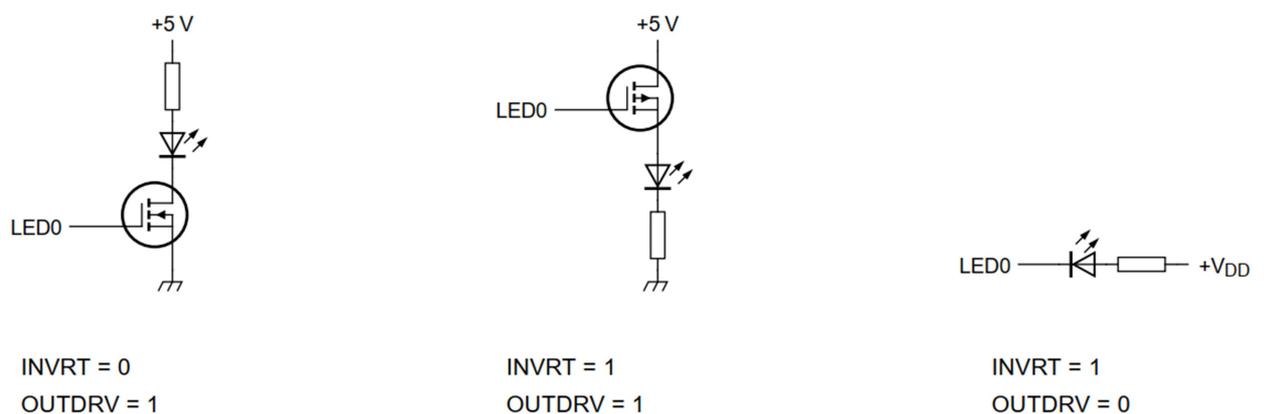
### Регистр MODE2

MODE2							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	INVRT	OCH	OUTDRV	OUTNE[1]	OUTNE[0]

- 7 - - только чтение
- 5 - -
- 4 INVRT 0: выходы не инвертированы  
1: выходы инвертированы

- 3    OCH            0: состояние выходов меняется по команде STOP (I2C)  
                      1: состояние выходов меняется по команды ACK (I2C)
- 2    OUTDRV        0: каналы сконфигурированы в режиме открытого стока  
                      1: каналы сконфигурированы в режиме дискретного выхода
- 1 - 0    OUTNE[1:0]    определяет поведение выходов, при наличии логической «1»  
                      на входе OE - выходы отключены (по умолчанию «00»).
- 00: на всех выходах устанавливается уровень логического «0»
- 01 при установленном флаге OUTDRV: на всех выходах  
                      устанавливается уровень логической «1»
- 01 при сброшенном флаге OUTDRV: на всех выходах  
                      устанавливается состояние высокого импеданса
- 1X: на всех выходах устанавливается состояние высокого  
                      импеданса

Схема коммутации выходов (управление N-канальным полевым транзистором, управление P-канальным полевым транзистором или прямое подключение) показана на рисунке 10.



**Рисунок 10 - Схема коммутации выходов**

### Регистры LEDX\_ON\_H, LEDX\_ON\_L

LEDX_ON_H								LEDX_ON_L							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
reserved			FULL_ON					0...4095							

- старший байт    7 - 5                    только чтение
- 4            FULL\_ON    постоянное включение канала
- 3 - 0
- младший        7 - 0            0...4095    метка времени включения канала

байт

### Регистры LEDX\_OFF\_H, LEDX\_OFF\_L

LEDX_OFF_H								LEDX_OFF_L							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
reserved			FULL_OFF	0...4095											

старший байт 7 - 5 только чтение  
 4 FULL\_OFF постоянное выключение канала  
 3 - 0  
 младший байт 7 - 0 0...4095 метка времени выключения канала

### Регистры ALL\_LED\_ON\_H, ALL\_LED\_ON\_L

ALL_LED_ON_H								ALL_LED_ON_L							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
reserved			ALL_LED_FULL_ON	0...4095											

старший байт 7 - 5 только чтение  
 4 ALL\_LED\_FULL\_ON постоянное включение всех каналов  
 3 - 0  
 младший байт 7 - 0 0...4095 метка времени включения всех каналов

### Регистры ALL\_LED\_OFF\_H, ALL\_LED\_OFF\_L

ALL_LED_OFF_H								ALL_LED_OFF_L							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
reserved			ALL_LED_FULL_OFF	0...4095											

старший байт 7 - 5 только чтение  
 4 ALL\_LED\_FULL\_OFF постоянное выключение всех каналов  
 3 - 0  
 младший байт 7 - 0 0...4095 метка времени выключения всех каналов

# Установка драйвера

При управлении модулем RI-PWM1 через интерфейс USB необходимо установить драйвер преобразователя CH341T. Драйвер можно скачать с сайта [производителя](#). После запуска установщика откроется окно, показанное на рисунке 11. Нажмите кнопку INSTALL для автоматической установки драйвера.

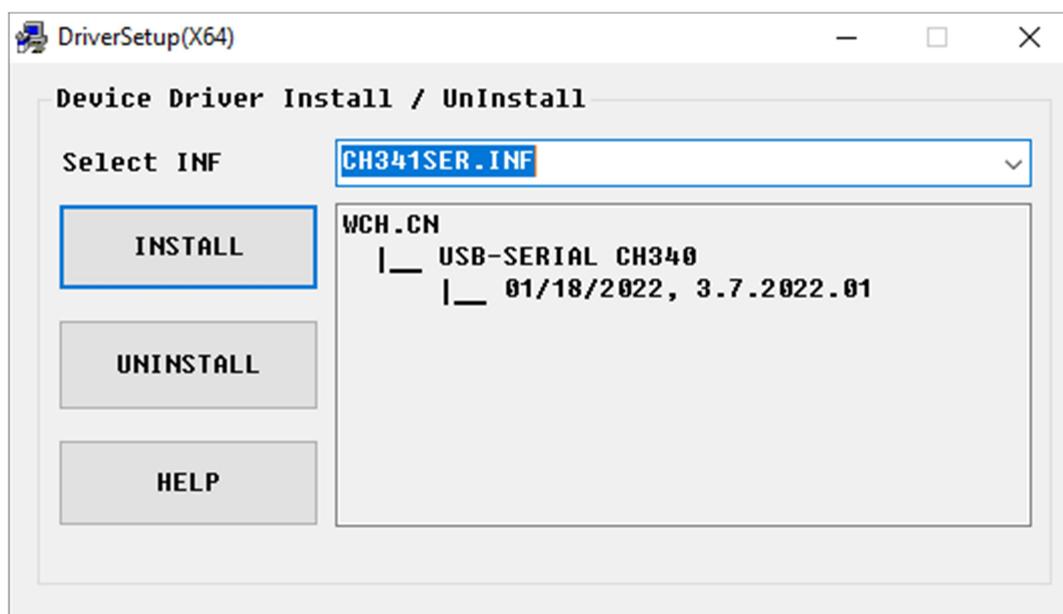


Рисунок 11 - Установка драйвера преобразователя USB-I2C

Дальнейшая работа с модулем через USB осуществляется при помощи программного интерфейса, описание которого можно найти по адресу <http://docs.robointellect.ru/docs/>.

# Конструкция

Габаритные размеры модуля RI-PWM1 приведены на рисунке 12. Высота модуля не превышает 20 мм, диаметр крепежных отверстий равен 3,5 мм.

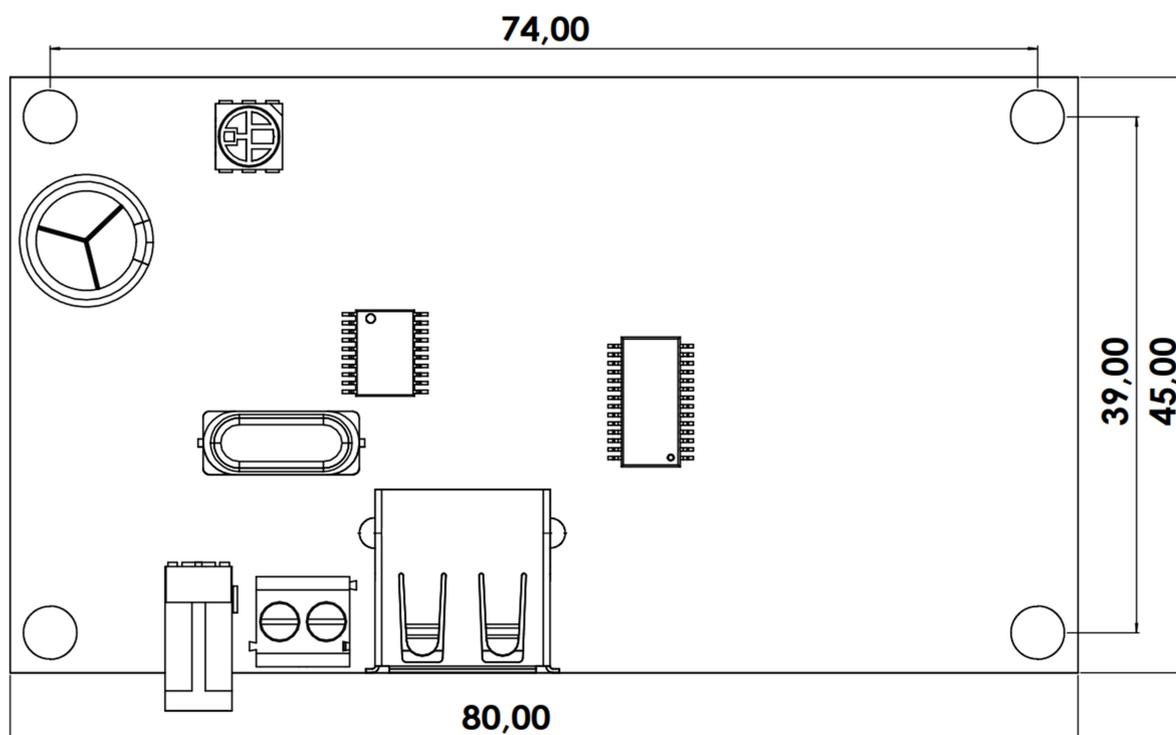


Рисунок 12 - Габаритные размеры модуля RI-PWM1

# История изменений

Дата	Изменение
16.05.2022	разработка документа