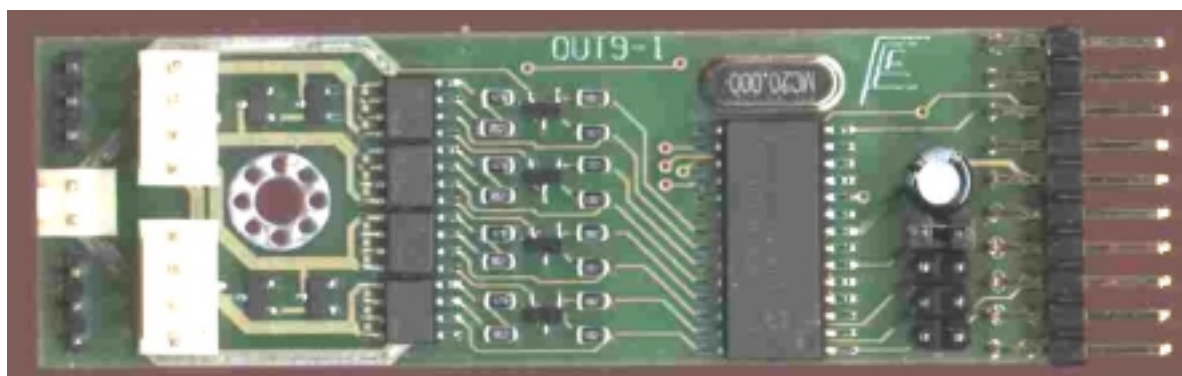


*Модуль для работы с двумя шаговыми двигателями  
или семью мощными биполярными выходами  
OUT9-1.x*



**Фирма Фрактал**  
*Москва Зеленоград*

[www.fractal.com.ru](http://www.fractal.com.ru)

[fractal@aha.ru](mailto:fractal@aha.ru)

(095) 536-33-36

## *Содержание*

<b>1</b>	<b>Назначение</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Краткая характеристика</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Состав модуля и функционирование</b>	<b>3</b>
3.1	Микроконтроллер	4
3.2	Преобразователи уровня для управления ключами	4
3.3	Двойные Р и N канальные MOSFET ключи IRF7309	4
3.4	Входные линии с датчиков позиционирования	4
3.5	Разъемы и джамперы	4
<b>4</b>	<b>Подключение к модулю</b>	<b>7</b>
4.1	Питание	7
4.2	Подключение шаговых двигателей	7
4.3	Подключение датчиков позиционирования	7
<b>5</b>	<b>Программирование</b>	<b>8</b>
5.1	Управление двигателями	8
5.2	Скорость вращения	9
5.3	Работа по прерываниям	10
5.4	Сохранение конфигурации	11
5.5	Низкоуровневое программирование PIC16F7xx	12
<b>6</b>	<b>Варианты исполнения</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Технические характеристики</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Маркировка</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>Схема модуля OUT9-1.x</b>	<b>14</b>
<b>10.1</b>	<b>Расположение компонентов верх</b>	<b>15</b>
<b>10.2</b>	<b>Расположение компонентов низ</b>	<b>16</b>

## **1 Назначение**

Модули OUT9-1.x предназначены для управления одним/двумя униполярными/биполярными шаговыми двигателями с двумя управляющими обмотками. Программа зашитая в микроконтроллере обеспечивает формирование необходимых диаграмм на выходах в зависимости от полученных параметров. Также, каждый модуль может быть использован, как 8 независимых силовых комплементарных выхода. При этом можно управлять для каждого выхода отдельно «верхним» и «нижним» ключами.

## **2 Краткая характеристика**

- Подключение к шине I2C на скоростях до 400 кГц
- Программное изменение slave-адреса I2C (для варианта с PIC16F876)
- Управление шаговыми двигателями с двумя управляющими обмотками
- Работа с биполярными/униполярными вариантами двигателей
- Одновременная работа с двумя двигателями
- Выходные напряжения 5...24В при токах до 1А
- Демпфирование выходов
- Питание двигателей через отдельный разъем
- Входы «начало» и «конец» для каждого двигателя
- Программно задаваемый активный / пассивный «стоп» для каждого двигателя
- Число шагов в одном задании –65535...+65535
- Программно изменяемая скорость вращения для каждого двигателя
- Возможность генерации прерывания после завершения задания
- Возможность использования модуля как 8 мощных комплементарных выхода
- Раздельное управление разными ключами выходов
- Управляющий Flash-микроконтроллер PIC16F876 может быть перепрограммирован для автономной работы или работы по специальному алгоритму
- Питание +5В +-10%
- Размер 25.4\*76.2\*15 мм

## **3 Состав модуля и функционирование**

В состав модуля входят следующие функциональные узлы:

- Микроконтроллер PIC16F876 (PIC16F73)
- Преобразователи уровня для управления ключами
- Двойные P и N канальные MOSFET ключи IRF7309
- Входные линии с датчиков позиционирования
- Разъемы

### 3.1 Микроконтроллер

Микроконтроллер - PIC16F876 (D1). Микроконтроллер осуществляет прием команд и обмен данными через шину I2C. Для работы с I2C использован встроенный аппаратный порт PIC16F876, что позволяет вести обмен на скоростях до 400 кГц.

Для управления выходными ключами (по 2 на каждый канал) используется целиком порт RB, линии RC0-RC2, RC5-RC7 и линии RA0, RA1. Линии RA2-RA5 используются для приема сигналов с датчиков позиционирования.

Линия RA4 может быть использована для генерации прерывания на линии 19 X1.

Т.к. PIC16F876 имеет программную Flash-память, он может быть многократно перезаписан. Это дает возможность легкого обновления записанной в него математики или прошивки в него математики пользователя. Программирование ведется через разъем X1.

### 3.2 Преобразователи уровня для управления ключами

Преобразователи уровня необходимы для управления Р-канальными плечами ключей.

Они осуществляют сдвиг уровня управляющего сигнала. В преобразователе используются биполярные транзисторы BC847C.

### 3.3 Двойные Р и N канальные MOSFET ключи IRF7309

Применены мощные полевые ключи фирмы IRF, которые непосредственно коммутируют обмотки двигателей или другую нагрузку к линиям запитки питания выходов.

При отсутствии управления со стороны микроконтроллера (управляющие выходы микроконтроллера находятся в третьем состоянии – «обрыв») резистивные подтяжки не дают мощным ключам открыться. Т.е. третье состояние выходов микроконтроллера расценивается как пассивное состояние мощного ключа.

Выходы модуля задемпфированы стабилитронами с напряжением стабилизации 27В.

**При использовании собственной прошивки микроконтроллера или непосредственном управлении выходами модуля через регистровый файл микроконтроллера надо следить чтобы в одном и том же выходе не были включены оба плеча - Р и N канальные. Это наверняка приведет к выходу из строя соответствующего мощного ключа или выгоранию печатного монтажа!**

### 3.4 Входные линии с датчиков позиционирования

Эти линии подтянуты резисторами к питанию +5В, для работы с выходами датчиков типа «сухой контакт» или «открытый коллектор». Активное состояние входа – «0».

### 3.5 Разъемы и джамперы

Разъем X1 (PLD-20R) предназначен для соединения с кроссом, на него выведены линии питания, интерфейса I2C и запрос на прерывание, а так же линии необходимые для программирования Flash-памяти PIC16F876.

Разъем X2 (WF-2) предназначен для подачи питания на выходные ключи.

Разъем X3 (WF-4) выходы DA1-DA4 для подключения 1-го двигателя.

Разъем X4 (WF-4) выходы DB1-DB4 для подключения 2-го двигателя.

Разъем X5 (PLS-3) входы датчиков позиционирования 1-го двигателя.

Разъем X6 (PLS-3) входы датчиков позиционирования 2-го двигателя.

Джамперы J1, J2, J3 используются при программировании Flash-памяти PIC16F876.

Джампер J4 позволяет подключать линию RA4 D1 к линии 19 X1 для генерации прерывания.

## Разъем X1

Десигнатор /номер контакта	Имя цепи	Примечание
X1 / 1	+5V	Питание +5V (вход питания модуля)
X1 / 2		Не используется
X1 / 3		Не используется
X1 / 4		Не используется
X1 / 5	SCL	Линия SCL шины I2C
X1 / 6	SDA	Линия SDA шины I2C
X1 / 7		Не используется
X1 / 8		Не используется
X1 / 9		Не используется
X1 / 10	GND	Земля (вход питания модуля)
X1 / 11	+5V	Питание +5V (вход питания модуля)
X1 / 12		Не используется
X1 / 13		Не используется
X1 / 14		Не используется
X1 / 15		Не используется
X1 / 16	PRG	Не используется, Используется при программировании PIC16F876, Линия может быть использована другими сигналами
X1 / 17		Не используется
X1 / 18	B6	Не используется, Используется при программировании PIC16F876, Линия может быть использована другими сигналами
X1 / 19	B7	Может быть использована как выход запроса на прерывание, Используется при программировании PIC16F876
X1 / 20	GND	Земля (вход питания модуля)

## Разъем X2

Десигнатор /номер контакта	Имя цепи	Примечание
X2 / 1	+U out	Плюс питания выходных каскадов
X2 / 2	GND POW	Земля питания выходных каскадов

#### Разъем X3

Десигнатор /номер контакта	Имя цепи	Примечание
X3 / 1	DA1	+ обмотки 1 первого двигателя; выход 1
X3 / 2	DA2	- обмотки 1 первого двигателя; выход 2
X3 / 3	DA3	+ обмотки 2 первого двигателя; выход 3
X3 / 4	DA4	- обмотки 2 первого двигателя; выход 4

#### Разъем X4

Десигнатор /номер контакта	Имя цепи	Примечание
X4 / 1	DB1	+ обмотки 1 второго двигателя; выход 5
X4 / 2	DB2	- обмотки 1 второго двигателя; выход 6
X4 / 3	DB3	+ обмотки 2 второго двигателя; выход 7
X4 / 4	DB4	- обмотки 2 второго двигателя; выход 8

#### Разъем X5

Десигнатор /номер контакта	Имя цепи	Примечание
X5 / 1	«начало 1»	Вход с датчика начала 1-го двигателя
X5 / 2	«конец 1»	Вход с датчика конца 1-го двигателя
X5 / 3	GND in	Общий датчиков позиционирования

#### Разъем X6

Десигнатор /номер контакта	Имя цепи	Примечание
X6 / 1	«начало 2»	Вход с датчика начала 2-го двигателя
X6 / 2	«конец 2»	Вход с датчика конца 2-го двигателя
X6 / 3	GND in	Общий датчиков позиционирования

#### 4 Подключение к модулю

При работе с модулем необходимо соблюдать общие правила при работе с работе с электронными модулями:

- Соблюдать полярность и другие требования к питанию
- Не производить соединения с разъемами модуля “на ходу” при включенном питании
- Не допускать воздействия статическим электричеством на компоненты модуля
- Не допускать подачи напряжений на контакты разъемов выходящих за допустимые пределы
- Не подвергать модуль механическим деформациям
- Не подвергать модуль действию агрессивных сред

Для подключаемых к модулю нагрузок с большой индуктивностью необходимо предусмотреть внешнее демпфирование.

Необходимо чтобы питание логической части модуля и питание силовой части были либо гальванически развязаны (это предпочтительней), или имели бы общую землю. В случае объединенных земель разность потенциалов между ними не должна превышать 0.3В!

##### 4.1 Питание.

Для питания логической части модуля необходимо стабилизированное напряжение +5В±10% током до 20 мА. Питание подается на разъем X1 контакты 1 и/или 11 => +5В, контакты 10 и/или 20 => GND.

Питающее напряжение на выходы подается на разъем X2 и должно быть в пределах +5...+24В.

##### 4.2 Подключение шаговых двигателей.

При подключении биполярных двигателей необходимо руководствоваться разделом 3.5 и подключать двигатели соответствующими линиями к разъемам X3 и X4. При подключении униполярных двигателей можно игнорировать или средний отвод обмоток, или часть обмотки, в зависимости от необходимой величины тока в обмотке при заданном напряжении питания на X2.

##### 4.3 Подключение датчиков позиционирования.

Датчики должны быть или типа “сухой контакт” или “открытый коллектор”. Они должны обеспечивать в состоянии “включено” падение напряжения не более 0.5В при протекающем токе в 3 мА. Подключение общего провода датчиков желательно производить к соответствующему разъему датчиков, а не к общему проводу питания выходов или общему проводу микроконтроллера.

## 5 Программирование

Работа с модулем ведется через двухпроводной интерфейс I2C. Модуль работает по общепринятому протоколу I2C в качестве slave-устройства.

Для работы в I2C используются всего 2 двунаправленные линии с уровнями 0/5В. Линия SCL - тактовая, линия SDA - данные. Обмен ведется пакетами. Каждый пакет имеет стартовую и стоповую комбинацию. В пакете данные передаются байтами. В каждом конкретном обмене по I2C участвует 2 устройства - master и slave. Master передает по линии SDA сначала адрес (7 бит) и тип операции (1 бит чтение / запись) – всего один байт, потом данные – необходимое количество байт. При этом каждый бит master стробирует по линии SCL. Slave-устройство при необходимости может приостановить обмен с master "зажимая" сигнал SCL. При каждом обмене производится арбитраж каждым master на случай когда сразу несколько устройств одновременно начали обмен. В итоге на линии остается только один master, который и продолжает начатую операцию. Остальные устройства дождавшись конца обмена снова попытаются провести обмен. Каждое slave устройство имеет 7-битный адрес и таким образом обеспечивается адресация 128 разных устройств.

Адрес модулей по умолчанию - 54h (используется далее в примерах). Для плат собранных на базе PIC16F87х при необходимости он может быть переопределен с помощью оператора

I2c#54h,(93h)=NewAddress,

а затем сохранен во внутренней энергонезависимой памяти по рекомендациям раздела 5.4 настоящего ТО.

Пользователь имеет доступ по записи / чтению к регистровой памяти микроконтроллера и, следовательно, может самостоятельно управлять практически всеми ресурсами микроконтроллера. Причем адреса регистрового файла модуля полностью совпадают с реальными адресами ресурсов PIC16F876. Программа микроконтроллера использует многие ресурсы микроконтроллера и во избежание некорректной работы не рекомендуется менять режимы ресурсов.

### 5.1 Управление двигателями

Двигатель, которой может быть подключен к разъему X3 далее по тексту будет условно называться первым, а к разъему X4 – вторым. Линии управления X3 соответственно первым каналом управления, а X4 - вторым каналом управления. Для программного управления каждым двигателем зарезервировано по четыре регистра из оперативной памяти данных PIC- контроллера – 16 разрядное управляющее слово и 16 разрядный счетчик шагов.

Формат первого байта управляющего слова :

(Адреса регистров 38h - первый двигатель (X3) , 40h – второй двигатель(X4) )

0p - режим работы двигателя:

0 – останов по обнулению счетчика шагов

1 - останов по датчику края

1p - 1 – выполнить задание (сброс в 0 автоматически после завершения )

2p - направление вращения (условное, зависит от подключения обмоток)/датчик края  
0 - по часовой стрелке / останов по низкому уровню на контакте X5.1(первый двигатель) или X6.1 (второй двигатель)

1 - против часовой стрелки останов по низкому уровню на контакте X5.2(первый двигатель) или X6.2 (второй двигатель)

3p - используется встроенной программой – при записи всегда должен быть равен 0

4p - совмещенный режим, останов по первому из двух событий

- обнуление счетчика шагов

- срабатывание датчика края

5 – 7p Резерв, при записи должны устанавливаться в нулевое состояние

Состояния после включения питания или срабатывания внутреннего сторожевого таймера - 00000000 .



Формат второго второго управляющего слова  
(Адреса регистров 39h - первый двигатель (X3) , 41h – второй двигатель(X4) )  
0 p - Состояние управляющих линий в режиме покоя  
0 - на обмотки подано управляющее напряжение (режим умолчания)  
1 - управляющее напряжение снято  
1 – 7 p Резерв , при записи должны устанавливаться в нулевое состояние  
Состояния после включения питания или срабатывания внутреннего сторожевого таймера - 00000000 .

Адреса счетчиков шагов :

Первый канал управления 34h (старший байт), 35h (младший байт)

Второй канал управления 36h (старший байт), 37h (младший байт)

Состояния после включения питания или срабатывания внутреннего сторожевого таймера - 00000000 00000000

Пример:

Установить счетчик шагов

1 канал (X3) :

i2cw#54h,(34h) = 1000

;2 канал (X4)

i2cw#54h,(36h) = 500

Состояние управляющих линий в режиме покоя - пассивное (нет тока в обмотках)

1 канал (X3)

i2c#54h,(39h)=1

2 канал (X4)

i2c#54h,(41h)=1

Начать вращение по часовой стрелке с остановом по обнулению счетчика шагов или по срабатыванию датчика края на контактах X5.1( первый двигатель)/ X6.1( второй двигатель)

1 канал (X3)

i2c#54h,(38h)=12h

2 канал (X4)

i2c#54h,(40h)=12h

## 5.2 Скорость вращения

Период изменения управляющих напряжений определяется содержимым двух независимых 16 разрядных программных счетчиков, отдельно для каждого канала.

Адрес старшего байта счетчика первого двигателя - 21h, второго - 26h.

Диапазон возможных значений : 0.1 - 6553.5 мс

Дискретность задания : 0.1 мс

Значение по умолчанию : 30 (что соответствует 3 мс)

Пример:

Установить частоту изменения управляющих напряжений для первого двигателя - 50 Гц

i2cw#54h,(21h)= 200

Установить частоту изменения управляющих напряжений для второго двигателя - 10 Гц

i2cw#54h,(26h)= 1000

### 5.3 Работа по прерываниям

Момент завершения задания внешняя программа может определить опросом бита 1 первого управляющего слова (раздел 5.1). После остановки двигателей он переходит в нулевое состояние. Так как частота управляющих напряжений на обмотки задается программно (раздел 5.2), “отвлечение” микроконтроллера PIC на обработку запросов по i2c может увеличить общее время выполнения. Для эффективной работы двигателей внутренняя программа может функционировать в режиме с формированием сигнала запроса прерывания по выполнению задания.

Предусмотрено два способа запроса прерывания, которые определяются состоянием разрядов регистра 23H:

Разряды

7 6 5 4 3 2 1 0

0 0 0 0 0 0 0 0 - треб. прерыв. по шине I2C(умолчание)

0 0 0 0 0 0 0 1 - тоже по линии INT1(RA4)

Хотя формирование запроса посылкой по i2c предпочтительнее, так как не требуется использование дополнительных линий, тем более, что вывод RA4 одновременно задействован в качестве входа датчика края канала 2, применять этот способ можно только в конфигурации с вычислителем MCU4-х, в составе которого есть Pic – контроллер расширяющий его возможности в части поддержки режима Slave на шине i2c, или иным устройством не входящим в комплект модулей, но поддерживающим оба режима шины i2c – master и slave. Мультимастерная посылка состоит из двух байт – Slave адреса вычислителя (для MCU4-х это 0AEh) и собственного Slave – адреса модуля OUT9-1х, чтобы можно было бы идентифицировать источник запроса прерывания. При подготовке работы в этом режиме Slave – адрес вычислителя должен быть помещен в регистр с адресом 77h. Детали реализации обработчиков прерывания для вычислителей MCU4-х можно найти в технических описаниях на эти типы вычислителей. Вся последующая информация данного раздела справедлива для обеих типов запросов. Если по каким-то причинам вычислитель в течении 60 мс не обработал поступивший запрос, устройство требующее прерывание может выставить еще одно требование. Общее число попыток хранится в регистре с адресом 20h. По умолчанию туда заносится нулевое значение, что трактуется, как неограниченное число попыток. Обязательной процедурой при написании обработчика прерывания является сброс флагов запроса в регистре с адресом 59h. Сделать это можно простым чтением содержимого указанного регистра: req = i2c#54h,(59h). Если в системе возможны несколько источников прерывания, следует опросить всех.

Причину прерывания определяют по значению переменной req:

Значение req	Номер двигателя, который выполнил задание
4	1
8	2

При необходимости каждое из требований может быть замаскировано:  
регистр маски прерываний - 67h

0p - 0 - запрещено прерывание от первого двигателя  
1p - 0 - запрещено прерывание от второго двигателя  
2p – 7p - резерв

По умолчанию все прерывания запрещены.

Инициализация работы с прерыванием по линии RA4 включает задание направление этого вывода, как выход.

Пример для программирования первого двигателя:

```
new
0 i2c#54h
;Задать направление этой линии RA4 - выход
1 i2cb4(85h)=0
;разрешить режим запроса прерывания при завершении задания первым двигателем
2 i2c(67h) = 1
;режим запроса прерывания по линии RA4
3 i2c(23h)=1
;номер оператора обработчика прерывания и разрешение прерывания
;по входу INT1 процессора 89S53
4 onint1 15
;активное состояние управляющих линий в режиме покоя
5 i2c(39h)=0
;обнуление переменной P (флаг завершения операции)
6 P=0
;направление движение против часов стрелки , останов по нулю на контакте X5.2
;старт
8 i2c(38h)=7
;Ждем завершения задания
;когда задание выполнится произойдет прерывание программы
;и переменная P получит значение 1 (оператор 18)
9 if P=0 goto 9 else stop

;обработчик прерывания после выполнения задания
;обязательная операция - сброс флага запроса
;выполняется чтением регистра 59h
15 f=i2c(59h)
16 if f=4 then ? "Задание выполнил 1-й двигатель"
17 if f=8 then ? "Задание выполнил 2-й двигатель"
18 P=1: reti
```

#### **5.4 Сохранение конфигурации (только для модулей на базе PIC16F87х)**

Если загрузить и выполнить программу , состоящую из операторов 1 – 4, в энергонезависимой памяти данных PIC- контроллера будет сохранено содержимое перечисленных ниже регистров. Тогда при последующих включениях электропитания модуля и проверки достоверности хранимых данных по контрольному циклическому коду содержимое этих регистров может быть автоматически восстановлено.

```
new
;занесение пароля в оперативную память
1 i2c(0fbh)=46h,52h,4ch,74h,64h
2 I2C(59h)=3 ;Запуск встроенной программы сохранения
3 time=0
4 if time < 1.5 goto 4
```

Перечень регистров, содержимое которых сохраняется в энергонезависимой памяти данных

Регистр	Адрес	Назначение
INTCON	0BH	Регистровый файл
T1CON	10H	Регистровый файл
T2CON	12H	Регистровый файл
CCPR1L	15H	Регистровый файл
CCP1CON	17H	Регистровый файл
RCSTA	18H	Регистровый файл
CCPR2L	1BH	Регистровый файл
CCP2CON	1DH	Регистровый файл
ADCON0	1FH	Регистровый файл
OPTION	81H	Регистровый файл
TRISA	85H	Регистровый файл
TRISB	86H	Регистровый файл
TRISC	87H	Регистровый файл
PIE1	8CH	Регистровый файл
PIE2	8DH	Регистровый файл
SSPCON2	91H	Регистровый файл
PR2	92H	Регистровый файл
SSPADD	93H	Регистровый файл
TXSTA	98H	Регистровый файл
SPBRG	98H	Регистровый файл
ADCON1	9FH	Регистровый файл
DATA	60H	Копия данных порта А
DATB	61H	Копия данных порта В
DATC	62H	Копия данных порта С
O3Y	20H	Число попыток запросов прерывания
O3Y	21H	Старший байт счетчика скорости - 1
O3Y	22H	Младший байт счетчика скорости - 1
O3Y	26H	Старший байт счетчика скорости - 2
O3Y	27H	Младший байт счетчика скорости - 2

### 5.5 Низкоуровневое программирование PIC16F786.

При необходимости обновить версию управляющей программы или для записи собственной программы, можно переписать программную Flash-память микроконтроллера PIC16F876 через разъем X1.

Для этого необходимо одеть джамперы J1, J2, J3 и подключить программатор, который может программировать PIC16F876 к соответствующим линиям разъема X1.

После программирования надо не забыть снять J1-J3.

## 6 Варианты исполнения

В этом разделе перечислены основные исполнения модуля. Возможны варианты исполнения по конкретным требованиям заказчика.

Все варианты исполнения имеют интерфейс I2C.

Исполнение	Микроконтроллер	Возможность изменения slave-адреса пользователем
OUT9-1.1C	PIC16F786	Да
OUT9-1.11C	PIC16F73	Нет

## 7 Технические характеристики

### 7.1 Максимально допустимые величины.

Напряжение питания (Uпит)	+5.5В
Напряжение питания выходных каскадов (Uout)	+5...+24В
Максимальный ток отдельного выхода (Iout)	1А
Максимальное напряжение на линиях X1,X2,X3,X4 (кроме линии PRG)	Uпит +0.3В
Максимальное напряжение на линии PRG X1 относительно земли	+13.5В
Минимальное напряжение на линиях X1,X2,X3,X4 относительно земли	Uпит -0.3В
Температура хранения	-40...+85 град.

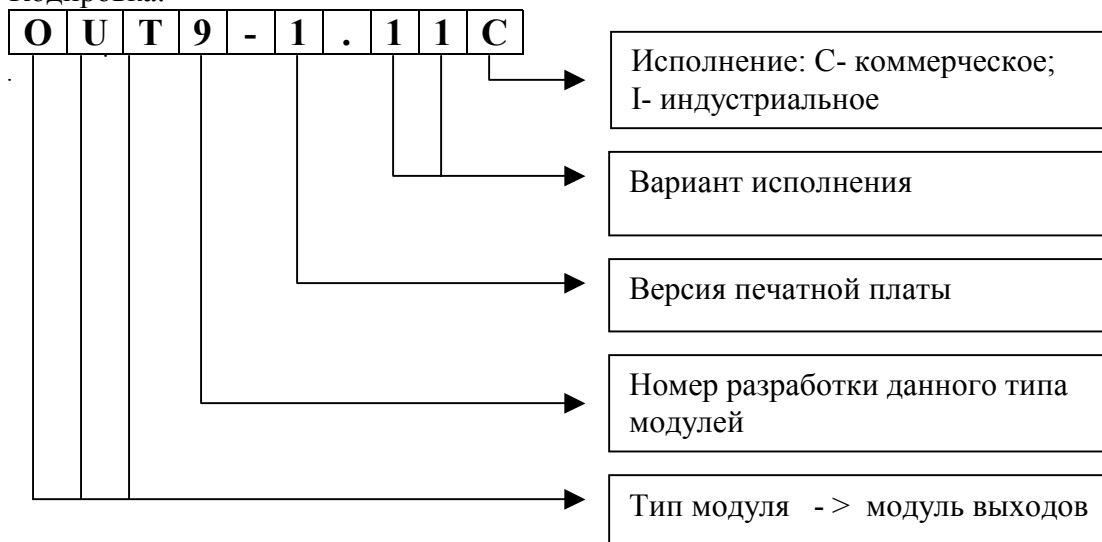
### 7.2 Рабочие параметры

Рабочий диапазон температур для коммерческого исполнения	0...+50 град.
Рабочий диапазон температур для промышленного исполнения	-40...+85 град.

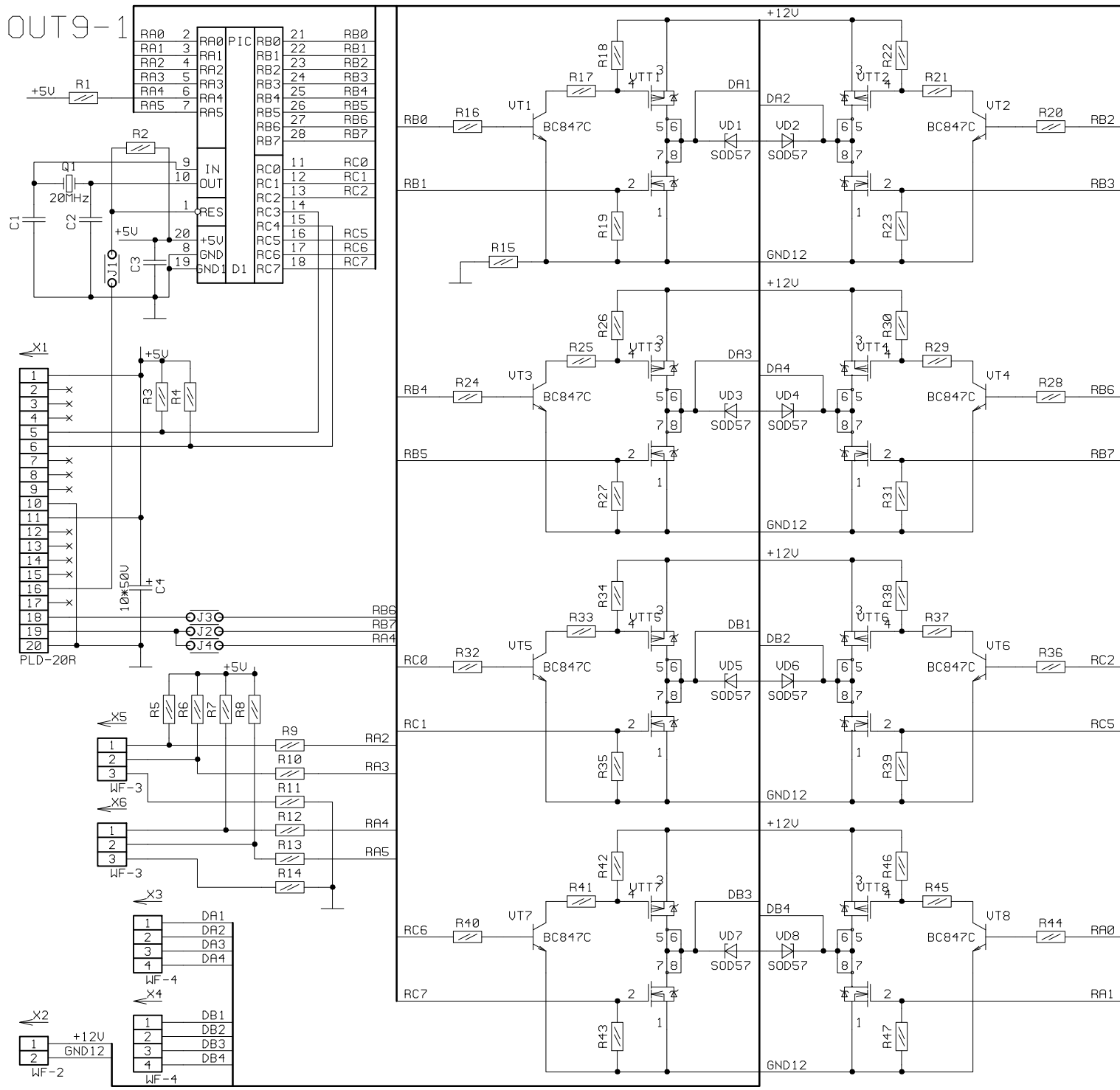
## 8 Маркировка

Маркировка производится на упаковочной таре

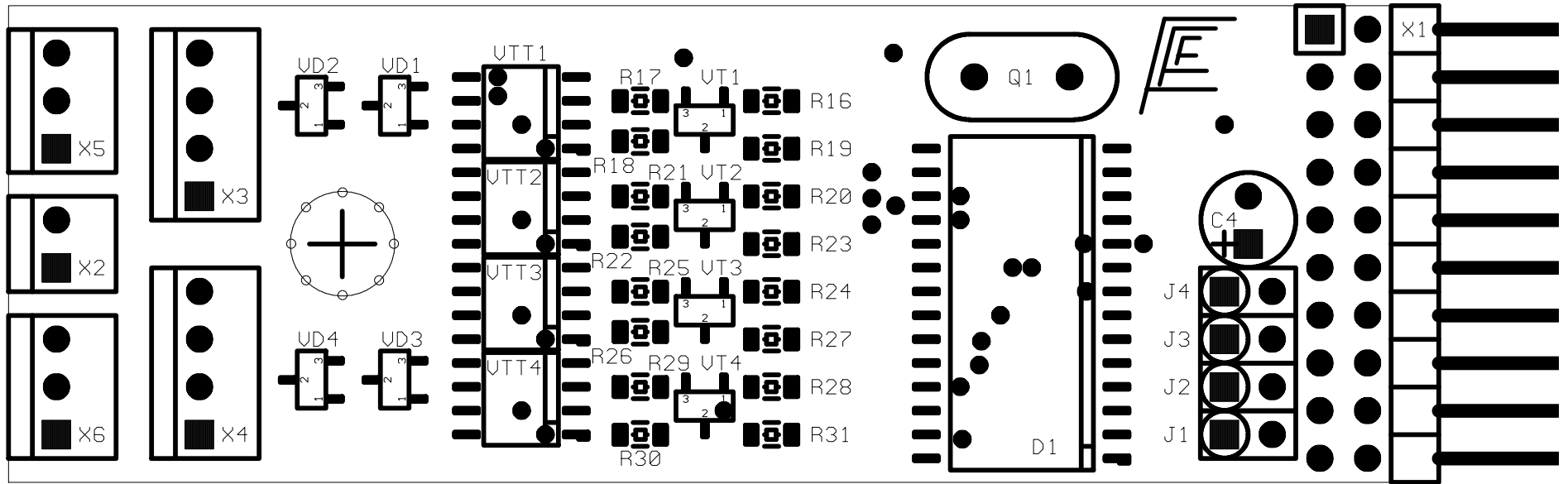
Кодировка:



OUT9-1



# OUT9-1



1-eTUO

