

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



Работа выполнена в СКБ «Промышленная робототехника»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЭУ



(подпись) А.С. Гудим
« 07 » 06 20 22 г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНиПКРС



(подпись) В.В. Солецкий
« 08 » 06 20 22 г.

Заведующий кафедрой _____

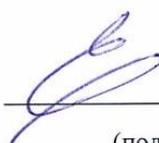

(подпись) С.П. Черный
« 02 » 06 20 22 г.

Аппаратно-программный комплекс

“Микроконтроллерная система управления бесколлекторным
электродвигателем постоянного тока”

Комплект конструкторской документации

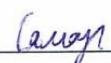
Руководитель проекта



(подпись, дата) 30.05.2022

В.А. Егоров

Ответственный исполнитель



(подпись, дата) 30.05.2022

Д.Е. Самар

Карточка проекта

Название	Микроконтроллерная система управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока
Тип проекта	Тип проекта: учебная работа
Исполнитель	Д.Е. Самар
Срок реализации	14.02.2022- 31.05.2022

Использованные материалы и компоненты

QTY	PART-REFS	VALUE	CODE
----	-----	-----	
Modules			

1	M1	ARDUINO_NANO	
Resistors			

6	R1-R6	20R	M20R
3	R7,R8,R10	100K	M20R
1	R9	100	Digikey 311-4.7KETR-ND
8	R11-R16,R20,R21	10K	Digikey 311-4.7KETR-ND
4	R17-R19,R22	5.1K	Digikey 311-4.7KETR-ND
1	R23	10K	M20R
Capacitors			

3	C1,C4,C7	22u	Maplin WW73Q
6	C2,C3,C5,C6,C8,C9	470n	Maplin RA49D
1	C10	1n	Digikey 478-1448-1-ND
2	C11,C19	0.1u	Digikey 311-1261-2-ND
2	C12,C14	100n	Maplin RA49D
1	C13	10n	Maplin RA49D
3	C15-C17	470p	Maplin BX03D
2	C18,C21	470u	Maplin WW69A
1	C20	10u	Maplin WW69A
3	C22-C24	100n	Maplin BX03D

Integrated Circuits

1 U CONN-SIL2
3 U1,U4,U5 IR2101
2 U2,U3 74HC08
1 U6 ACS712ELCTR-05B-T
1 U7 7805
1 U8 LM339

Transistors

6 Q1-Q6 IRF630

Diodes

6 D1-D6 UF4004

Miscellaneous

13 H1-H3,J1-J3,J5-J9, CONN-SIL2
 V,W
1 J4 CONN-SIL3
3 J10-J12 PIN

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ЗАДАНИЕ

на разработку

Выдано студенту: Д.Е. Самар – 8МРб-1,

Название проекта: Микроконтроллерная система управления
бесколлекторным электродвигателем постоянного тока

Назначение: Реверсивный блок управления бесколлекторным
электродвигателем постоянного тока

Область использования: электропривод мехатронных модулей

Функциональное описание устройства:

Универсальный блок управления низковольтным бесколлекторным электродвигателем постоянного тока, с возможностью реверса и регулировки скорости.

Техническое описание устройства: Блок управления низковольтным бесколлекторным электродвигателем постоянного тока, содержащий: регулятор на основе однокристалльного микроконтроллера; датчики положения поля ротора; силовой блок коммутации обмоток электродвигателя; блок питания.

Требования: Возможности реверса и регулировки скорости электродвигателя.

План работ:

Наименование работ	Срок
Сбор и изучение материалов, необходимых для проектирования	02.2022
Разработка блок-схемы устройства	02.2022
Выбор элементов, разработка принципиальной схемы устройства	03.2022
Разработка программного кода и моделирование системы	03.2022
Разработка печатной платы	04.2022
Изготовление прототипа устройства	04.2022
Тестирование и финальная отладка	05.2022
Оформление отчета	05.2022

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. Блок-схема устройства _____
 2. Принципиальная схема устройства _____
 3. Печатная плата устройства _____
 4. Блок схемы алгоритмов _____
 5. Внешний вид устройства _____
-
-

Руководитель проекта _____

В.А. Егоров

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ПАСПОРТ

Аппаратно-программный комплекс
«Микроконтроллерная система управления бесколлекторным
электродвигателем постоянного тока»

Руководитель проекта

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Egorov', written over a horizontal line.

30.05.2022

(подпись, дата)

В.А. Егоров

Ответственный исполнитель

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Samar', written over a horizontal line.

30.05.2022

(подпись, дата)

Д.Е. Самар

Комсомольск-на-Амуре 2022

Содержание

1	Общие положения	8
1.1	Наименование изделия	8
1.2	Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы.....	8
1.3	Перечень организаций, участвующих в разработке системы	8
1.4	Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах	9
2	Назначение и принцип действия	10
2.1	Назначение изделия	10
2.2	Области использования изделия	10
2.3	Принцип действия.....	10
3	Состав изделия и комплектность.....	11
4	Технические характеристики	12
4.1	Основные технические характеристики блока	12
5	Устройство и описание работы изделия	13
5.1	Устройство изделия	13
5.2	Описание работы изделия	14
6	Условия эксплуатации	15
6.1	Правила и особенности размещения изделия	15
6.2	Меры безопасности.....	16
6.3	Правила хранения и транспортирования.....	16

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Микроконтроллерная система управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока» (далее «изделие»).

Паспорт входит в комплект поставки изделия. Прежде, чем пользоваться изделием, внимательно изучите правила обращения и порядок работы с ним. В связи с постоянной работой по усовершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены изменения, не отраженные в данном издании.

1.1 Наименование изделия

Полное наименование системы – аппаратно-программный комплекс «Микроконтроллерная система управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока» (АПК *МСУБЭПТ*).

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование системы

Создание АПК МСУБЭПТ осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке системы

Заказчиком создания АПК МСУБЭПТ является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик),

находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителем работы по созданию АПК МСУБЭПТ являются студент группы 8МРБ-1 Д.Е.Самар.

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

2 Назначение и принцип действия

2.1 Назначение изделия

МСУБЭПТ – блок управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока, предназначенный для управления скоростью и направлением вращения бесколлекторного электродвигателя постоянного тока.

В состав изделия входят: регулятор на основе однокристального микроконтроллера АТМ328р; датчики положения поля ротора; силовой блок коммутации обмоток электродвигателя; сетевой блок питания.

2.2 Области использования изделия

Изделие может использоваться для управления низковольтными бесколлекторными электродвигателями постоянного тока с датчиками Холла и номинальным током до 2 ампер.

2.3 Принцип действия

Пользователь включает устройство в сеть. Устанавливает нужное направление и скорость вращения бесколлекторного электродвигателя постоянного тока. В результате чего бесколлекторный электродвигатель приводится во вращение.

3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- *Плата устройства*
- *Сетевой питающий адаптер*
- Паспорт.

4 Технические характеристики

4.1 Основные технические характеристики блока

Основные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики блока

Наименование параметра	Значение
Потребляемый ток, мА	80
Максимальный коммутируемый ток, А	8
Диапазон рабочих температур прибора, С°	-55 ... +125
Диапазон регулируемой температуры, С°	0 ... +250
Питание, В	12
Габариты, мм	130x130
Масса нетто, кг	0.25

5 Устройство и описание работы изделия

5.1 Устройство изделия

Структурная схема изделия представлена на рисунке 1.

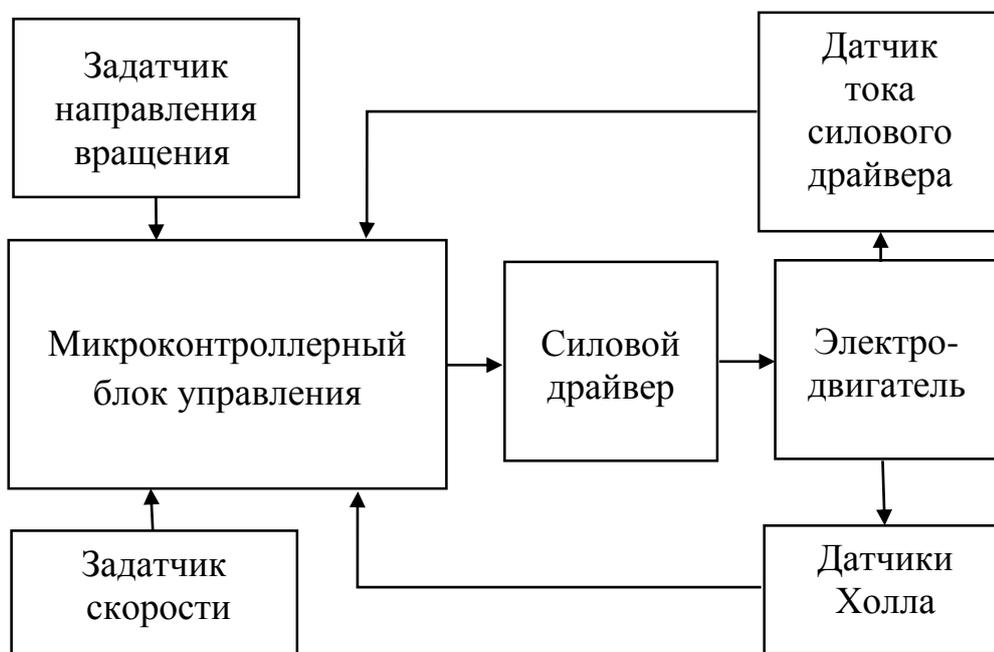


Рисунок 1 – Структурная схема изделия

В состав изделия входят:

- тумблер задания направления вращения;
- микроконтроллерный блок управления и защит на основе модуля ARDUINO-NANO;
- потенциометр задающий скорость вращения вала;
- трехфазный силовой драйвер электродвигателя на основе микросхем IR2101;
- датчик тока силового драйвера;
- датчики Холла.

Тумблер задания направления вращения задаёт направление вперёд / назад.

Задатчик скорости – переменный резистор, задающий требуемую скорость уровнем напряжения, подаваемого на вход АЦП микроконтроллера.

Микроконтроллерный блок управления и защит на основе модуля ARDUINO-NANO:

- выполняет опрос задатчиков направления и скорости вращения вала;
- осуществляет опрос датчиков Холла, установленных на статоре двигателя и в функции кода с датчиков, формирует шестифазную последовательность управляющих сигналов на силовые драйверы электродвигателя;
- производит широтно-импульсную модуляцию шестифазной последовательности управляющих сигналов на силовые драйверы;
- реализует защиту по току выходных транзисторов силового драйвера.

Силовой драйвер электродвигателя – подаёт трёхфазную последовательность напряжений на фазы статора машины, формирующих вращающееся магнитное поле статора.

Датчик тока силового драйвера – измеряет выходной ток силовых транзисторов.

Датчики Холла – определяют положение вектора поля статора электродвигателя.

5.2 Описание работы изделия

Пользователь включает блок управления электродвигателем в сеть. Устанавливает требуемую скорость и направление вращения электродвигателя. В случае срабатывания защиты по току, двигатель останавливается, с выдачей соответствующего сообщения на терминал.

Блок-схема работы управляющей программы приведена в Приложении А.

6 Условия эксплуатации

Изделие выпускается в климатическом исполнении УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для использования в стационарных условиях в закрытых помещениях при соответствующих климатических условиях:

- интервал температур от +10 до +35 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25 °С;
- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- атмосферное давление от 86,6 до 106 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.).

В помещении, где используется изделие не должно возникать условий для конденсации влаги (выпадения росы). Изделие является электронным прибором, требующим бережного обращения.

Для обеспечения безотказной работы, сохранения точности и его сбережения необходимо соблюдать следующие правила:

- изучить паспорт, прежде чем приступить к работе с изделием;
- предохранять изделие от ударов и повреждений;
- не допускать самостоятельную разборку изделия.

6.1 Правила и особенности размещения изделия

ВНИМАНИЕ! При эксплуатации изделия запрещается проводить самостоятельно какие-то либо работы по извлечению и установке внутренних компонентов изделия.

6.2 Меры безопасности

Необходимо соблюдать требования техники безопасности и следующие меры предосторожности:

- не оставлять изделие включенным без наблюдения;
- после транспортировки в холодное время года изделие необходимо выдержать при комнатной температуре не менее двух часов;
- внутренние осмотры и ремонт изделия должны производиться только квалифицированными специалистами;
- не устанавливайте изделие на неустойчивой подставке, стойке или ненадежном кронштейне.

6.3 Правила хранения и транспортирования

Транспортирование изделия в упакованном виде может производиться железнодорожным, автомобильным (в закрытых транспортных средствах), воздушным, речным и морским видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на транспорт данного вида. Условия транспортирования изделия по части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 5 по ГОСТ 15150.

После транспортирования изделие должно быть выдержано не менее 2 часов в транспортной таре при температуре 20 ± 5 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

Распакованное изделие должно храниться в отапливаемом и вентилируемом чистом помещении при температуре от +5 до +40 °С и относительной влажности воздуха не более 60 %. При температуре ниже 25 °С допускается увеличение относительной влажности до 80 %. Воздух в помещении не должен содержать примесей, вызывающих коррозию металлов, налеты на поверхностях оптических деталей.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

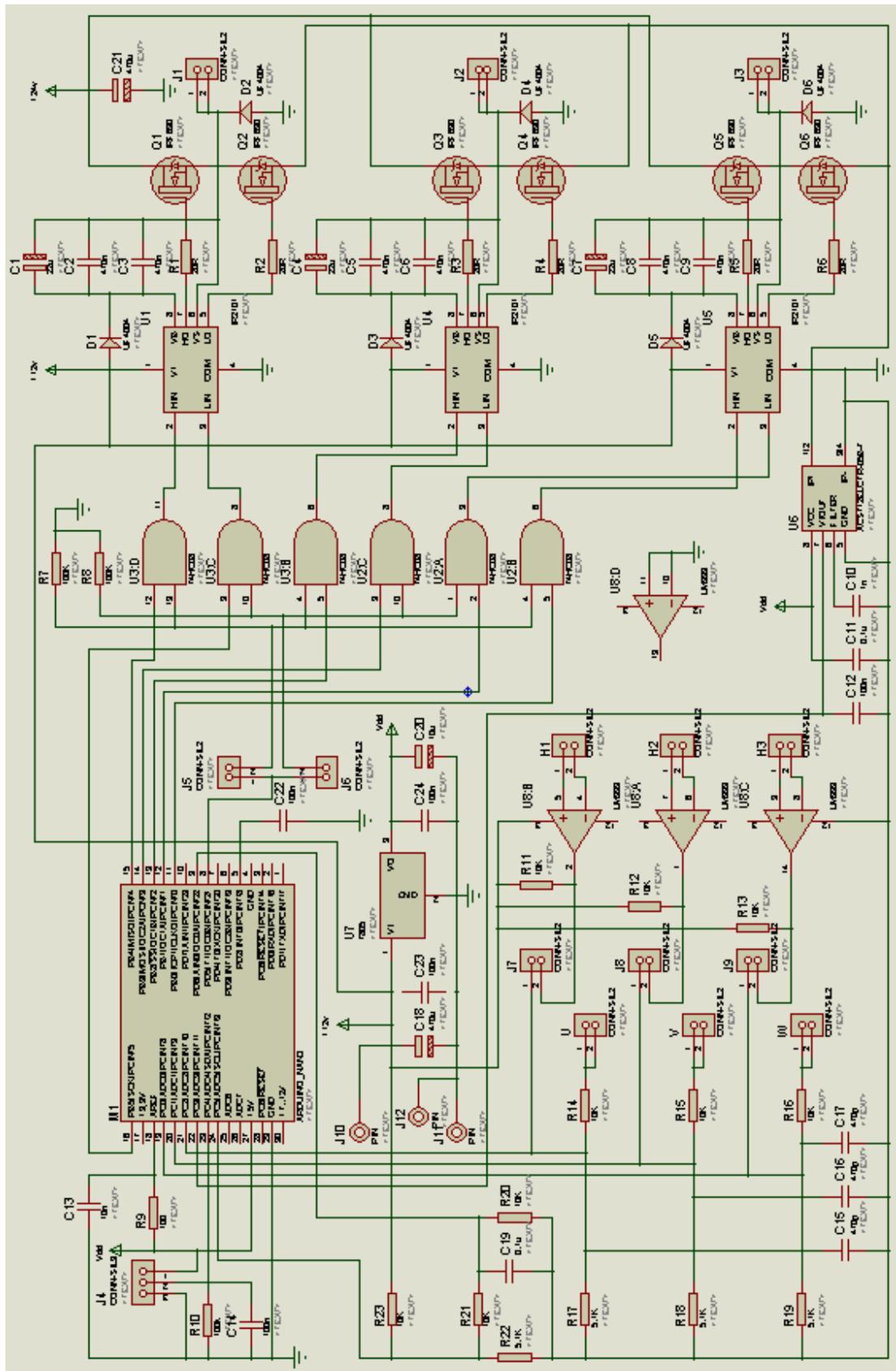


Рисунок А1 – Принципиальная схема изделия

Спецификация к принципиальной схеме

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	Транзисторы		
Q1-Q6	IRF630B	6	
	Резисторы		
R1-R6	20 Ом	6	M20R
R7,R8,R10	100K	3	Digikey 311-4.7KETR-ND
R9	100 Ом	1	Digikey 311-4.7KETR-ND
R11-R16, R20,R21	10K	8	Digikey 311-4.7KETR-ND
R17-R19, R22	5.1K	4	Digikey 311-4.7KETR-ND
R23	10K	1	M20R
	Конденсаторы		
C1,C4,C7	22u	3	Maplin WW73Q
C2,C3,C5, C6,C8,C9	470n	6	Maplin RA49D
C10	1n	1	Digikey 478-1448-1-ND
C11,C19	100n	2	Digikey 311-1261-2-ND
C12,C14, C22-C24	100n	2	Maplin RA49D
C13	10n	1	Maplin RA49D
C15-C17	470p	3	Maplin BX03D
C18,C21	470u	2	Maplin WW69A

C20	10u	1	Maplin WW69A
	Интегральные схемы		
U1,U4,U5	IR2101	3	
U2,U3	74HC08	2	
U6	ACS712ELCTR-05B-T	1	
U7	7805	1	
U8	LM339	1	
	Модули		
M1	ARDUINO_NANO	1	
	Диоды		
D1-D6	UF4004		
	Разное	6	
H1-H3,J1-J3,J5-J9, V,W	CONN-SIL2	13	
J4	CONN-SIL3	1	
J10-J12	PIN	1	
RV1	10K	1	Digikey 3252W-203LF-ND

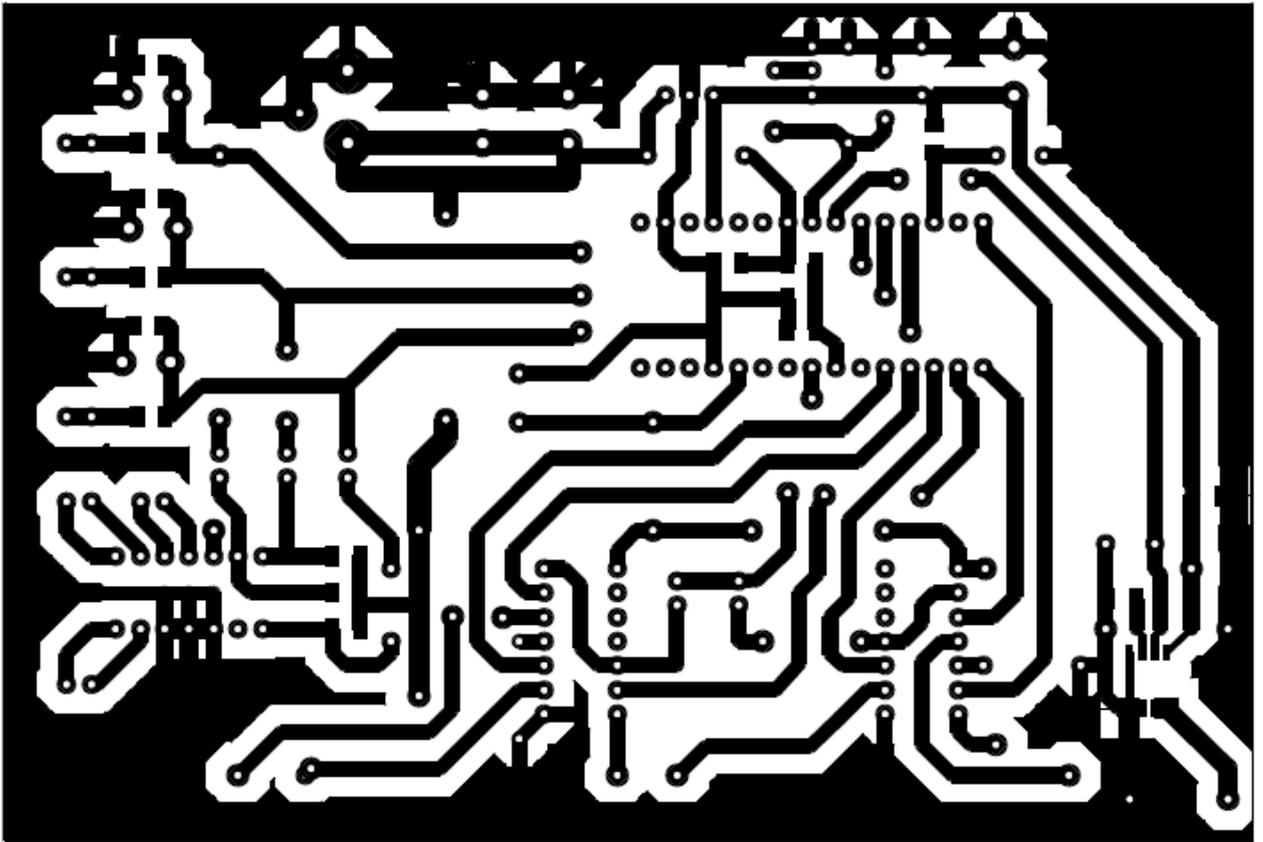


Рисунок А2 – Печатная плата блока управления электродвигателем (нижний слой меди, вид со стороны монтажа)

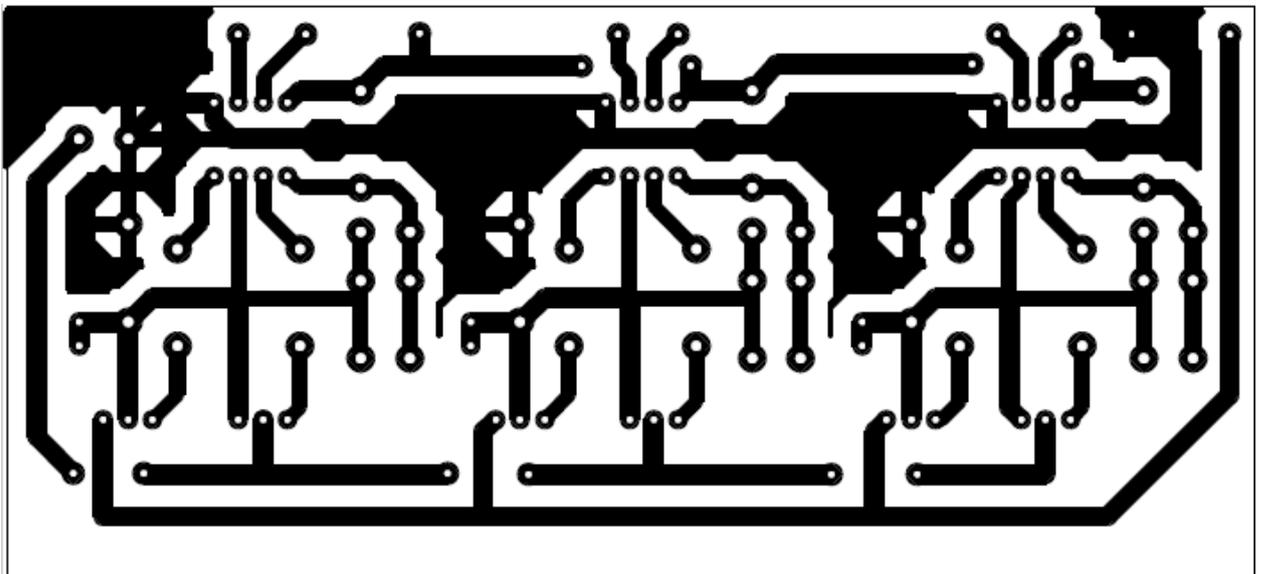


Рисунок А3 – Печатная плата силового блока коммутации обмоток электродвигателя (нижний слой меди, вид со стороны монтажа)

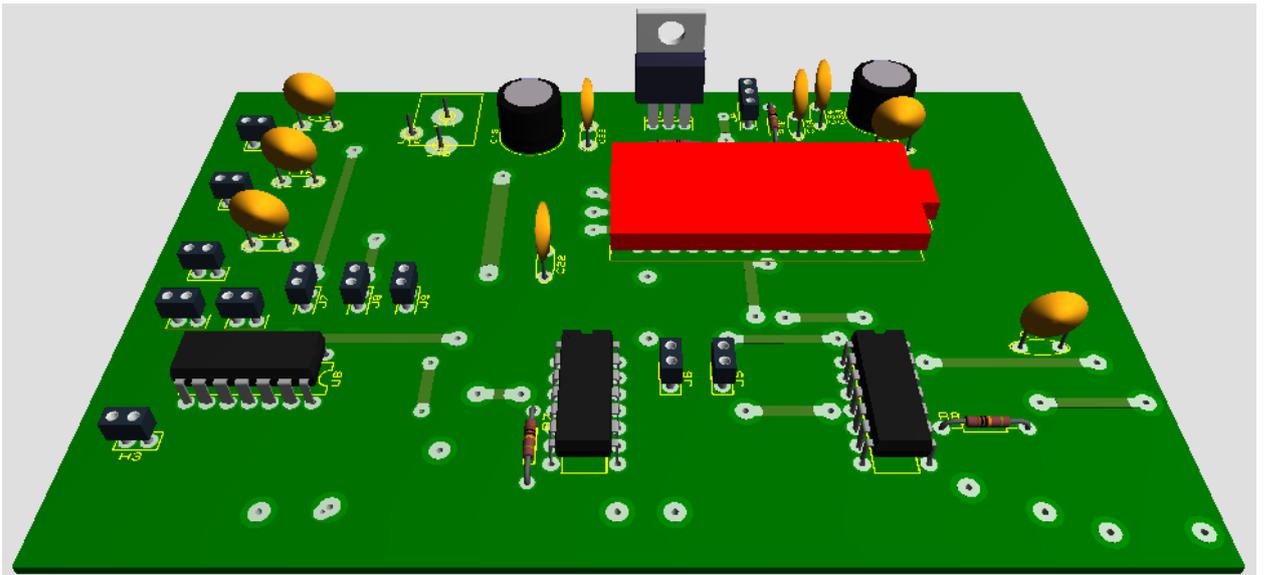


Рисунок А4 – Трехмерная модель печатной платы блока управления электродвигателем

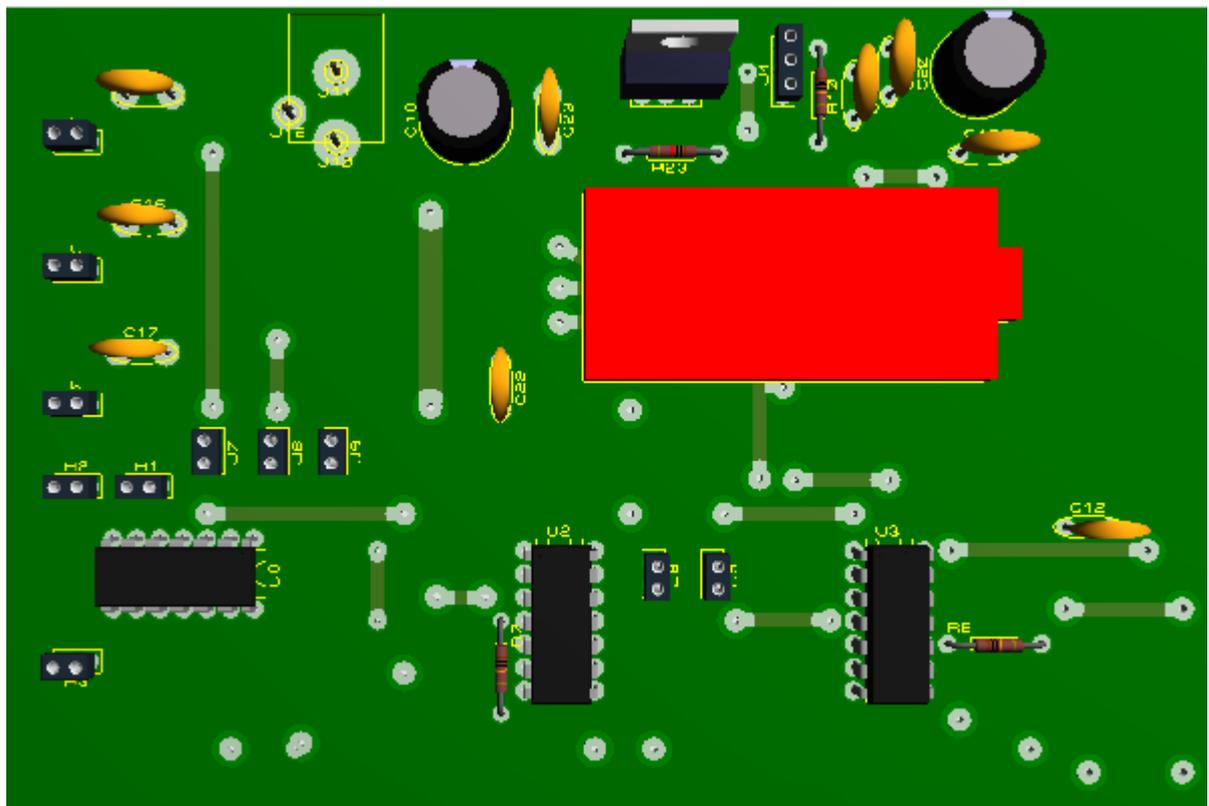


Рисунок А5 – 2D модель платы блока управления электродвигателем (вид со стороны монтажа)

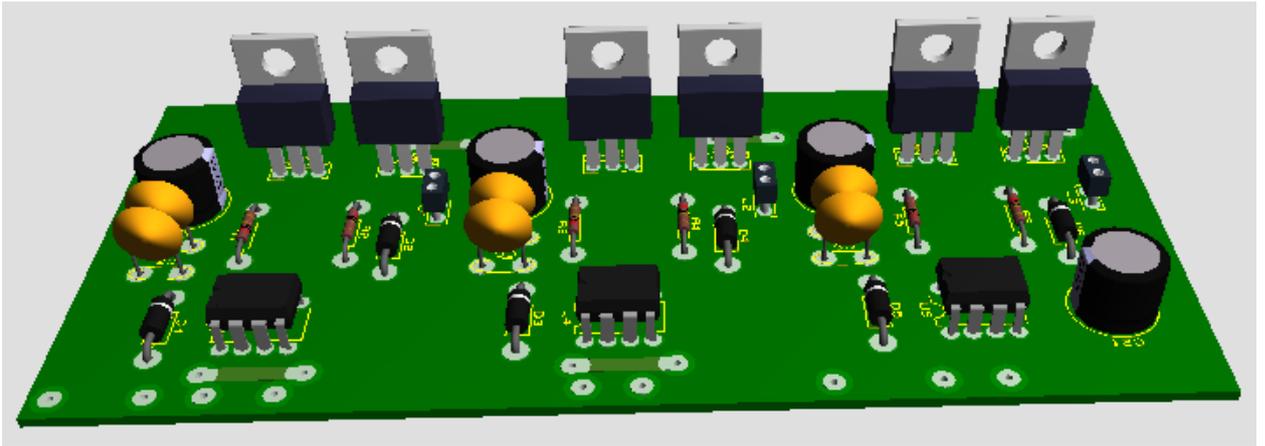


Рисунок А6 – Трехмерная модель печатной платы блока коммутации обмоток электродвигателя

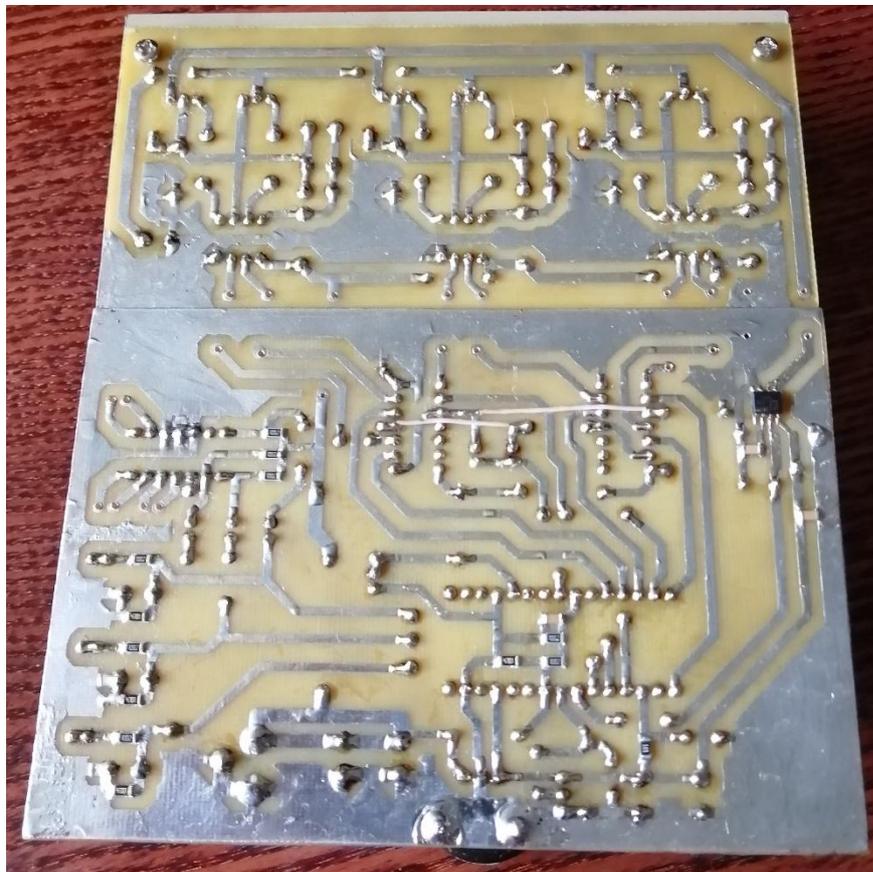


Рисунок А7 – Внешний вид печатных плат изделия (вид со стороны проводников)

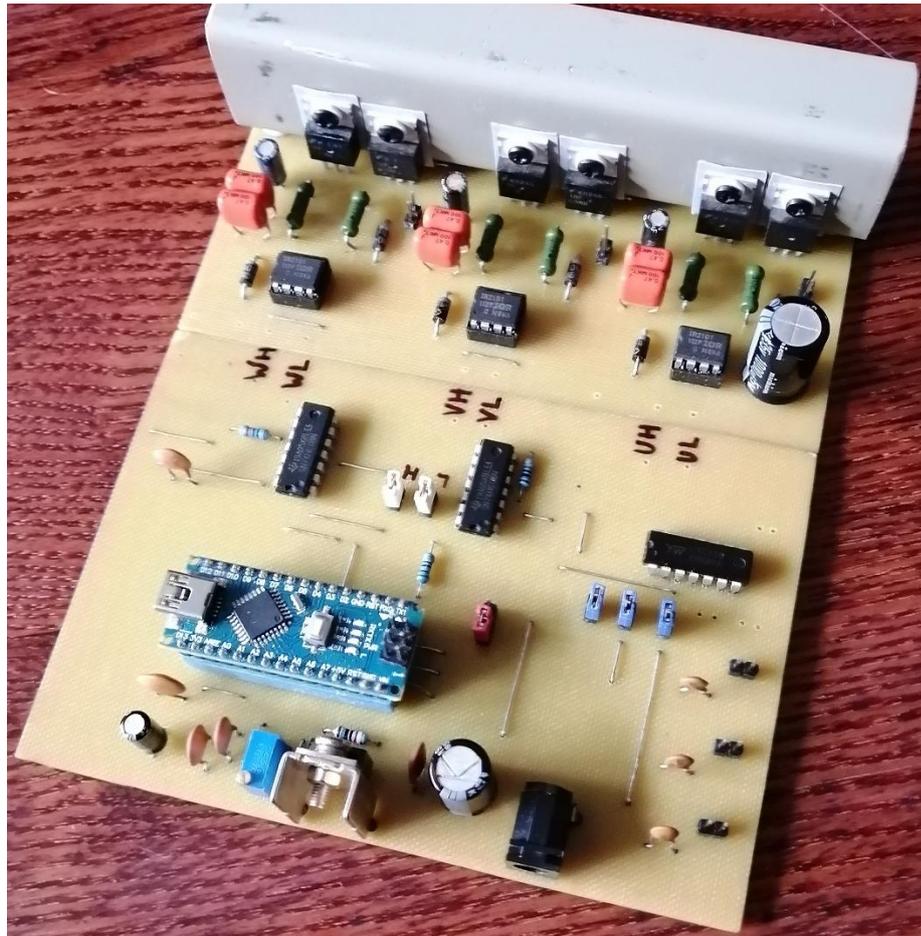


Рисунок А8 – Внешний вид печатных плат изделия



Рисунок А9 – Бесколлекторный электродвигатель постоянного тока

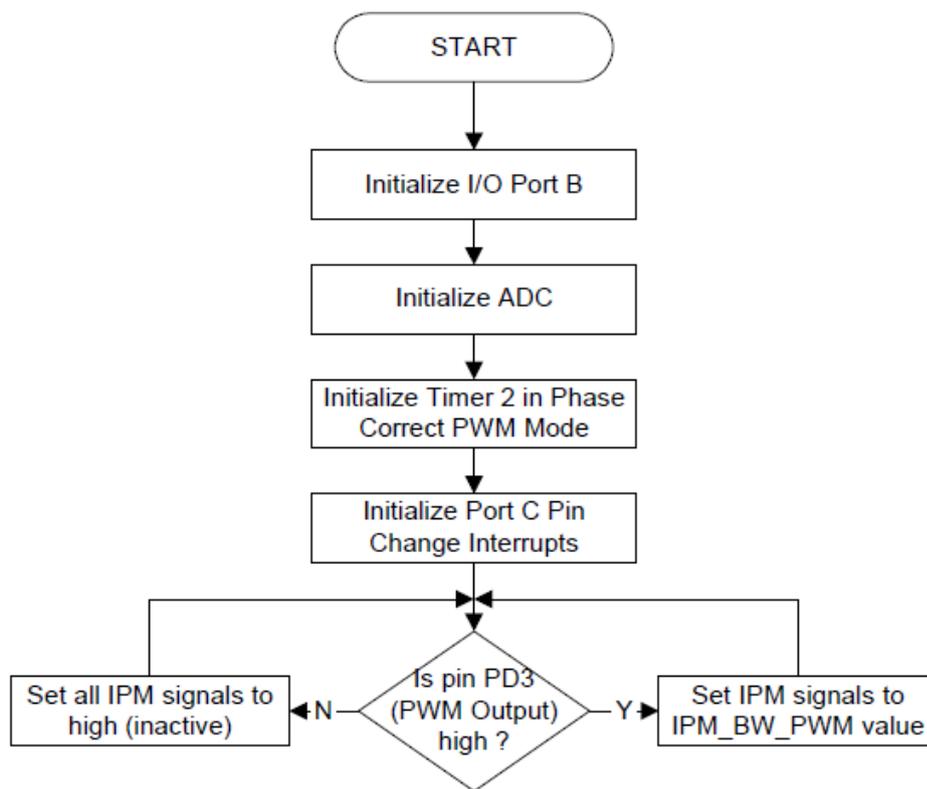


Рисунок А10 – Блок схема основной программы

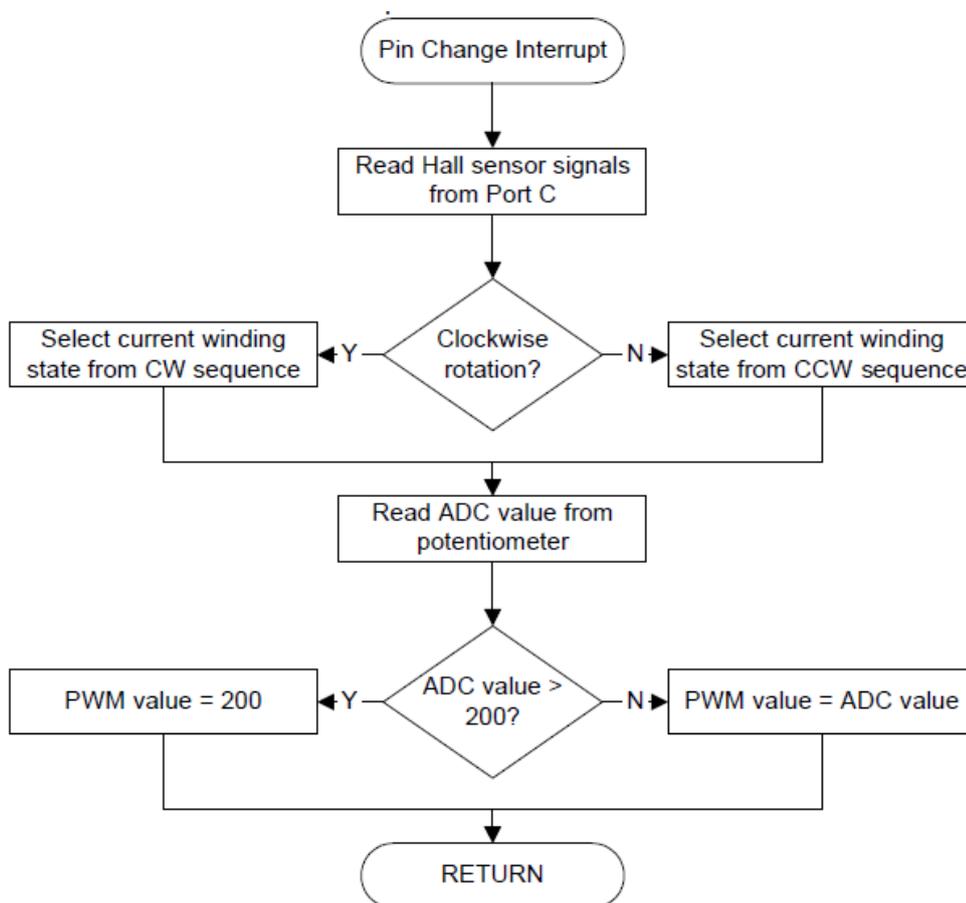


Рисунок А11 – Блок схема опроса датчиков Холла с последующим формированием шестифазной управляющей последовательности на входы

силового драйвера, в прерывании PC_INT1

Листинг управляющей программы

```
#include <mega328p.h>
#include "bit_defs.h"

// Global variables.
unsigned char RunClockwise = 1; //!< Start with clockwise rotation.
unsigned char IPM_B4_PWM = 0xFF; //!< Control signals to IPM driver chip.

// Function prototypes.
void main(void);
void initialization(void);
void PWM2_initialize(void);
void ADC_setup(void);

//! Initialize I/O-ports, ADC and PWM output.
void initialization(void)
{
    PORTB = ~0x3f; // 6 bits of PORTB to be high
    DDRB = 0x3f; // set PORTB6 bits as output
    ADC_setup(); // Initialize the ADC
    PWM2_initialize(); // Initialize PWM2.
}

//! Initialize ADC to CPU/4 speed, channel 5, free running mode.
void ADC_setup(void)
{
    ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADPS1)|(1<<ADSC); //Enable ADC, ADC
    clk = CK/4, free running.
    // ADMUX = 0x05 | (1<<REFS0) | (1<<ADLAR); // Channel 5 with AVCC as ref.
    ADMUX = 0x05 | (0<<REFS0) | (1<<ADLAR); // Channel 5 with AREF as ref.
}

//! Initialize PWM output OC2B from Timer/Counter2 at 20kHz base freq @ 8MHz CPU.
void PWM2_initialize(void)
{
    TCCR2A = (1<<COM2B1)|(1<<COM2B0) // Set OC2B (DIP pin 5) on Compare Match,
    (0<<WGM21)|(1<<WGM20); // phase correct PWM & OCR2A as TOP.
    TCCR2B = (1<<WGM22)|(0<<CS22)|(0<<CS21)|(1<<CS20);
    OCR2A = 200; // 200 decimal TOP.
    OCR2B = 100; // This starts PWM output at 50%

    DDRD |= (1<<DDB3);
}

//! Pin Change Interrupt for PORTC (PCINT8..14).
interrupt [PC_INT1] void Pin_Change_Int_Serv(void)
{
    static unsigned char Hall_In;

    Hall_In = PINC & 0x07;
```

```

if( RunClockwise ) {
    // This is clockwise Switch statement.
    // Based on Hall inputs select 1 of 6 patterns to
    // send to IPM via main().
    switch(Hall_In) {
        case 1: IPM_B4_PWM = 0b010100; break;
        case 5: IPM_B4_PWM = 0b001100; break;
        case 4: IPM_B4_PWM = 0b001010; break;
        case 6: IPM_B4_PWM = 0b100010; break;
        case 2: IPM_B4_PWM = 0b100001; break;
        case 3: IPM_B4_PWM = 0b010001; break;

        // All outputs off if illegal Hall sensors.
        default: IPM_B4_PWM = 0b000000;
    }
} else {
    // This is counter-clockwise Switch statement.
    // Based on Hall inputs, select 1 of 6 patterns to
    // send to IPM via main().
    switch(Hall_In) {
        case 6: IPM_B4_PWM = 0b100001; break;
        case 4: IPM_B4_PWM = 0b100010; break;
        case 5: IPM_B4_PWM = 0b001010; break;
        case 1: IPM_B4_PWM = 0b001100; break;
        case 3: IPM_B4_PWM = 0b010100; break;
        case 2: IPM_B4_PWM = 0b010001; break;

        // All outputs off if illegal Hall sensors.
        default: IPM_B4_PWM = 0b000000;
    }
}

}

//! Application starts here.
void main(void)
{
    unsigned char speed;

    initialization(); // Initialize Peripherals.

    // Set up and Enable Interrupts
    PCMSK1 = (1<<PCINT10) | (1<<PCINT9) | (1<<PCINT8);
    PCICR = (1<<PCIE1); // Enable Pin Change Ints from port C.

    // Start interrupts by forcing Hall Inputs to 0, then switching pins to inputs.
    DDRC = 7; // 3 Hall Inputs pulled to 0 volts.
    PORTC = 0;
    PORTC = 1;
    PORTC = 2;
    PORTC = 4; // Start interrupts with forced pin change
    DDRC = 0; // Port C switched back to all inputs.
    SREG |= 0x80; // Enable Interrupts via SEI bit

    PORTD |= (1<<PD2); // Direction control input pullups, undocumented.

```

```

while(1) { // IPM_B4_PWM is updated via a Pin Change Interrupt

    // Direction control, undocumented.
    if( (PIND & (1<<PD2))==1 ) RunClockwise = 1;
    if( (PIND & (1<<PD2))==0 ) RunClockwise = 0;

    // Update speed setting from ADC reading.
    speed = ADCH;
    if( speed > 199 ) speed = 199;
    OCR2B = speed;

    // If OC2B is high, send inactive outputs to IPM.
    if( PIND & (1 << PD3) ) {
        PORTB = ~0xFF; // <== If motor driver has active high inputs.
        PORTB = 0xFF; // <== If motor driver has active low inputs.
    } else {
        PORTB = ~IPM_B4_PWM; // <== If motor driver has active high inputs.
        PORTB = IPM_B4_PWM; // <== If motor driver has active low inputs.
    }
}
}

```

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФЭУ


А.С. Гудим
(подпись)

« 07 » 06 20 22 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой
ЭПАПУ


С.П. Черный
(подпись)

« 07.06 » 20 22 г.

АКТ

**о приемке в эксплуатацию аппаратно-программного комплекса
«Микроконтроллерная система управления бесколлекторным
электродвигателем постоянного тока»**

г. Комсомольск-на-Амуре

« 07 » 06 2022г.

Комиссия в составе представителей:

заказчика

- В.А. Егоров – руководитель проекта,
- С.И. Сухоруков – руководитель СКБ
- С.П. Черный – Заведующий кафедрой ЭПАПУ
- А.С. Гудим – декан ФЭУ

Исполнитель:

- Д.Е. Самар – 8МРб-1

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает аппаратно-программный комплекс «Микроконтроллерная система управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока», в составе:

Оборудование, в составе:

- Блок управления электродвигателем;
- Силовой блок коммутации обмоток электродвигателя;
- Сетевой адаптер.

Программное обеспечение, в том числе:

- Рабочие программы управления изделием.

Эксплуатационная документация:

- Паспорт изделия

Аппаратно-программный комплекс «Микроконтроллерная система управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока» прошел опытную эксплуатацию с «23» 05 по «28» 05 2022 г. и признан годным к эксплуатации. Были протестированы все режимы функционирования, отказы системы, а также аварийные отключения по вине системы не наблюдались.

Руководитель СКБ

 / С.И. Сухоруков /

Ответственный исполнитель

 / Д.Е. Самар /

Руководитель проекта

 / В.А. Егоров /

Таблица учета проектной работы в учебных дисциплинах

Дисциплина	Форма учтенной работы (номер ЛР, КП, КР, РГЗ, зачет, итоговая оценка , экзамен)	Преподаватель (дата, ФИО, подпись)	Примечание (ЗУН полученные при выполнении проекта)
<p>Основы микропроцессорной техники</p>	<p>КП</p>	<p>31.05.22 В.А Егоров</p>	<p>31(ПК-6-2) Правила составления структуры и алгоритма работы микроконтроллера на различных стадиях проектирования системы электропривода 32(ПК-6-2) Типовые решения по структуре и алгоритмам работы микропроцессорной системы электропривода У1(ПК-6-2) Составлять алгоритмы работы микроконтроллера на различных стадиях проектирования системы электропривода У2(ПК-6-2) Осуществлять сбор и обработку справочной информации по типовым решениям о структуре и алгоритме работы микропроцессорной системы электропривода Н1(ПК-6-2) Анализ технического задания на составление алгоритма работы при проектировании микропроцессорной системы электропривода Н2(ПК-6-2) Выбор оптимальных технических решений по структуре и алгоритму работы микропроцессорной системы электропривода</p>