ОТЧЕТ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

**Реализация управления цветом RGB-светодиода с использованием инкрементного датчика и ШИМ**

# 1. Поставленная задача

Разработать систему управления цветом RGB-светодиода с использованием:

* инкрементного датчика (энкодера) для выбора цвета и интенсивности;
* широтно-импульсной модуляции (ШИМ) для управления яркостью каналов;
* прерываний для обработки сигналов энкодера и генерации ШИМ;
* программирование на ассемблере для микроконтроллера AVR.

## Входные данные:

* сигналы с инкрементного датчика (фаза A, фаза B);
* тактовая частота микроконтроллера 16 МГц.

## Выходные данные:

* ШИМ сигналы для трёх каналов RGB-светодиода;
* динамическое изменение цвета в реальном времени.

# 2. Алгоритмы решения поставленной задачи

Основные алгоритмы:

* обработка прерываний от энкодера с определением направления вращения;
* преобразование положения энкодера в значения ШИМ для каналов R, G, B;
* генерация трехканального ШИМ с использованием таймеров-счетчиков;
* функция задержки.

Блок-схема алгоритмов будет представлена в графическом виде

# 3. Аппаратные средства

## Компоненты:

1. Микроконтроллер: ATmega328P;
2. Модуль RGB-светодиода: общий анод, 20мА на канал, резисторы 150 Ом распаяны на плате;
3. Модуль инкрементного энкодера: GSMIN AK291, RC-цепи для уменьшения дребезга контактов распаяны на плате.
4. Светодиод, встроенный в плату Arduino Nano. Привязан к пину PB5 (пин D13 в абсолютной нумерации).

## Схема подключения:

* Энкодер: фазы A и B к выводам PD2 (пин D2 в абсолютной нумерации), PD3 (пин D3 в абсолютной нумерации) без подтяжки к питанию, также подключено питание 5В и земля (GND);
* RGB-светодиод: каналы R, G, B к выводам OCR0A (пин PD6)(пин D6 в абсолютной нумерации), OCR0B (пин PD5)(пин D5 в абсолютной нумерации), OCR1AL (пин PB1)(пин D9 в абсолютной нумерации).

## Обоснование выбора:

* ATmega328P имеет достаточное количество таймеров для реализации 3-канального ШИМ;
* Энкодер GSMIN AK291 обеспечивает точное позиционирование и надежность, а также имеет аппаратную защиту от дребезга (RC-цепи).

# 4. Использование микроконтроллера

## Используемые выводы:

* D2 (INT0) - фаза A энкодера;
* D3 (INT1) - фаза B энкодера;
* D6 (OCR0A)(PD6) - канал Red;
* D5 (OCR0B)(PD5) - канал Green;
* D9 (OCR1AL)(PB1) - канал Blue;
* D13 (PB5) - отладочный встроенный светодиод.

## Периферийные модули:

* Таймер/Счетчик 0: генерация ШИМ для канала R и G;
* Таймер/Счетчик 1: генерация ШИМ для каналов B;
* Внешние прерывания INT0, INT1: обработка энкодера;
* Отладочный встроенный светодиод: пин PB5 (пин D13 в абсолютной нумерации);

## Расчет параметров ШИМ:

* Частота ШИМ: 490 Гц (Fast PWM mode)
* Разрешение: 8 бит
* Коэффициент деления: 64

# 5. Общие сведения о программе

Наименование: RGB Encoder Control System

Язык программирования: Ассемблер AVR

Среда разработки: Neovim

Дата создания: 15.05.2023

Автор: Грачев Александр Витальевич

Группа: КРБО-03-23

## Функциональное назначение:

* Управление цветом RGB-светодиода через энкодер;
* Плавное изменение цвета и интенсивности.

## Аппаратное обеспечение:

* Плата Arduino Nano с микроконтроллером ATmega328P;
* RGB-светодиод;
* Инкрементный энкодер GSMIN AK291;

# 6. Структура программного обеспечения

Модули программы:

* Инициализация периферии (таймеры, прерывания)
* Обработчик прерываний энкодера
* Алгоритм преобразования положения в цвет
* Генерация ШИМ сигналов
* Основной цикл программы (индикация работы)

Структурная схема будет представлена в графическом виде

# 7. Структура данных

## Используемые регистры:

* R16 - регистр, используемый как буффер для взаимодействия с другими регистрами (сумма, вычитание и т.д.)
* R17-R19: регистры-счётчики, необходимы для реализации функции задержки
* R20, R21, R22: значения ШИМ (от 0 до 255) для каналов R, G, B соответственно
* R23: текущее положение энкодера

## Организация памяти:

* Данные цвета хранятся в регистрах общего назначения
* Позиция энкодера хранится в регистре общего назначения

## Выходные сигналы:

* ШИМ сигналы на выводах OCR0A (PD6), OCR0B (PD5), OCR1AL (PB2)

# 8. Методика и результаты тестирования

## Методика тестирования:

* Проверка реакции на вращение энкодера
* Проверка цветовых переходов
* Тест на стабильность работы при разных скоростях вращения
* Проверка функционирования основного цикла программы

## Результаты:

* Система корректно регирует на изменение положения энкодера. Прерывания обрабатываются стабильно и корректно. Программа не зависает.
* При изменении положения энкодера цвет RGB-светодиода меняется так, как и ожидалось.
* Микроконтроллер успешно обрабатывает сигналы при разных скоростях вращения ручки энкодера.
* Основной цикл программы (мигание встроенным светодиодом) работает в штатном режиме при изменении положения энкодера. Что является следствием корректной настройки прерываний.

# 9. Исходный код

## Исходный код на ассемблере:

* Полный листинг программы приведён в приложении А

# Список использованной литературы

* Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя
* Инкрементные энкодеры: принципы работы и применение
* ШИМ-управление светодиодами: теория и практика
* Программирование микроконтроллеров AVR на ассемблере

ПРИЛОЖЕНИЕ А

; Определяем микроконтроллер

.include "m328Pdef.inc"

; Настройка настроек

.def temp = r16

.def counter1 = r17

.def counter2 = r18

.def counter3 = r19

.def red\_led\_state = r20 ; Яркость красного (0-255)

.def green\_led\_state = r21 ; =0

.def blue\_led\_state = r22 ; =0

.def pos\_reg = r23 ; Позиция энкодера

; Определение пинов

.equ PIN\_A = 2 ; PD2

.equ PIN\_B = 3 ; PD3

; Начало программы

.cseg

; Векторы прерываний

.org 0x0000

jmp reset

.org INT0addr

jmp ISR\_INT0

.org INT1addr

jmp ISR\_INT1

.org 0x100

reset:

; Настройка стека

ldi temp, low(RAMEND)

out SPL, temp

ldi temp, high(RAMEND)

out SPH, temp

; Настройка пинов энкодера как входов с подтяжкой

cbi DDRD, PIN\_A ; D2 как вход (канал A энкодера)

cbi PORTD, PIN\_A ; Выключить подтяжку к питанию

cbi DDRD, PIN\_B ; D3 как вход (канал B энкодера)

cbi PORTD, PIN\_B ; Выключить подтяжку к питанию

; Настройка прерываний для энкодера (по нисходящему фронту)

ldi temp, (1<<ISC01)|(0<<ISC00)|(1<<ISC11)|(0<<ISC10)

sts EICRA, temp

ldi temp, (1<<INT0)|(1<<INT1) ; Разрешить INT0 и INT1

out EIMSK, temp

; Настройка пинов D5 и D6 как выходов

ldi temp, 0b01100000 ; D6 и D5 как выходы

out DDRD, temp

; Настройка пина D9 как выхода

ldi temp, 0b00000010 ; D9 как выход

out DDRB, temp

; Настройка ТАЙМЕРА0

ldi temp, (1<<COM0A1)|(1<<COM0B1)|(1<<WGM01)|(1<<WGM00)

out TCCR0A, temp

ldi temp, (1<<CS01)|(1<<CS00)

out TCCR0B, temp

; Настройка ТАЙМЕРА1

ldi temp, (1<<COM1A1)|(1<<WGM10)

sts TCCR1A, temp

ldi temp, (1<<WGM12)|(1<<CS11)|(1<<CS10)

sts TCCR1B, temp

; Задание начальных значений переменных

ldi red\_led\_state, 0 ; Начальная яркость красного = 50%

ldi green\_led\_state, 255 ; Зеленый макс. яркость

ldi blue\_led\_state, 50 ; Синий выключен

ldi pos\_reg, 0 ; Начальная позиция энкодера

; Применить начальные значения

rcall update\_leds

; Разрешить глобальные прерывания

sei

rjmp main\_loop

; Главный бесконечный цикл

main\_loop:

; Обновляем яркость на основе позиции энкодера

mov red\_led\_state, pos\_reg

mov blue\_led\_state, pos\_reg

ldi temp, 255

sub temp, pos\_reg

mov green\_led\_state, temp

rcall update\_leds

; Мигаем светодиодом на D13 для индикации работы

sbi PORTB, 5

rcall delay\_100ms

cbi PORTB, 5

rcall delay\_100ms

rjmp main\_loop

; Обновление светодиодов

update\_leds:

out OCR0B, green\_led\_state ; D5 = Зеленый (всегда 0)

out OCR0A, red\_led\_state ; D6 = Красный (0-255)

sts OCR1AL, blue\_led\_state ; D9 = Синий (всегда 0)

ret

; Подпрограмма задержки ~100ms

delay\_100ms:

push counter1

push counter2

push counter3

ldi counter1, 13

ldi counter2, 45

ldi counter3, 215

delay\_loop:

dec counter3

brne delay\_loop

dec counter2

brne delay\_loop

dec counter1

brne delay\_loop

pop counter3

pop counter2

pop counter1

ret

; Обработчик прерывания для канала A (PIN\_A)

ISR\_INT0:

push temp ; Сохраняем используемые регистры

push r17

push r18

in r18, SREG ; Сохраняем регистр статуса

push r18

; Чтение состояния пинов

in r17, PIND

andi r17, (1<<PIN\_A)|(1<<PIN\_B)

; Проверка состояния канала A

sbrs r17, PIN\_A

rjmp case\_A\_0

case\_A\_1:

; Если PIN\_A = 1

sbrc r17, PIN\_B

rjmp dec\_pos ; Если PIN\_B = 1

rjmp inc\_pos ; Если PIN\_B = 0

case\_A\_0:

; Если PIN\_A = 0

sbrc r17, PIN\_B

rjmp inc\_pos ; Если PIN\_B = 1

rjmp dec\_pos ; Если PIN\_B = 0

inc\_pos:

; Увеличение позиции

ldi temp, 8

add pos\_reg, temp

rjmp end\_int0

dec\_pos:

; Уменьшение позиции

ldi temp, 8

sub pos\_reg, temp

end\_int0:

pop r18 ; Восстанавливаем регистр статуса

out SREG, r18

pop r18

pop r17

pop temp

reti

; Обработчик прерывания для канала B (PIN\_B)

ISR\_INT1:

push temp ; Сохраняем используемые регистры

push r17

push r18

in r18, SREG ; Сохраняем регистр статуса

push r18

; Чтение состояния пинов

in r17, PIND

andi r17, (1<<PIN\_A)|(1<<PIN\_B)

; Проверка состояния канала B

sbrs r17, PIN\_B

rjmp case\_B\_0

case\_B\_1:

; Если PIN\_B = 1

sbrc r17, PIN\_A

rjmp inc\_pos\_B ; Если PIN\_A = 1

rjmp dec\_pos\_B ; Если PIN\_A = 0

case\_B\_0:

; Если PIN\_B = 0

sbrc r17, PIN\_A

rjmp dec\_pos\_B ; Если PIN\_A = 1

rjmp inc\_pos\_B ; Если PIN\_A = 0

inc\_pos\_B:

; Увеличение позиции

ldi temp, 8

add pos\_reg, temp

rjmp end\_int1

dec\_pos\_B:

; Уменьшение позиции

ldi temp, 8

sub pos\_reg, temp

end\_int1:

pop r18 ; Восстанавливаем регистр статуса

out SREG, r18

pop r18

pop r17

pop temp

reti