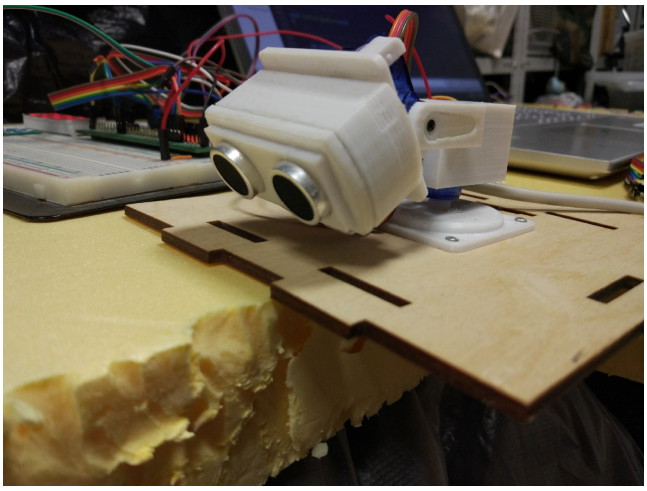
Московский Физико-Технический Институт

Итоговый проект по курсу Донова Г.И. "Микроконтроллеры"

ФРКТ 2022

THE 3D-SCANNER

Авторы:
Группа: Б01-006
Штундер Арсений



Долгопрудный, 25 марта 2022

Цель работы:

Научиться сканировать пространство и выводить 3d-график на компьютер.

Используемое оборудование:

Микроконтроллер STM32F051R8T6, ультразвуковой датчик HC-SR04, USB-TTL преоброзователь на базе CP2102, 2 сервопривода, соединительные провода, 7-сегментный индикатор, 8 резисторов, макетная плата, ноутбук.

Описание проекта:

Проект сделан на базе микроконтроллера STM32F051R8T6.
В проекте имеется 7-сегментный индикатор, который служит для вывода необходимой информации, такой как приветствие и расстояние в каждый момент времени. Благодаря двум сервоприводам происходит поворот ультразвукового датчика в пространстве, который считывает расстояние до объекта. В каждый момент времени это расстояние выводится на индикатор, а также передается через UART для дальнейшей отрисовки графика.

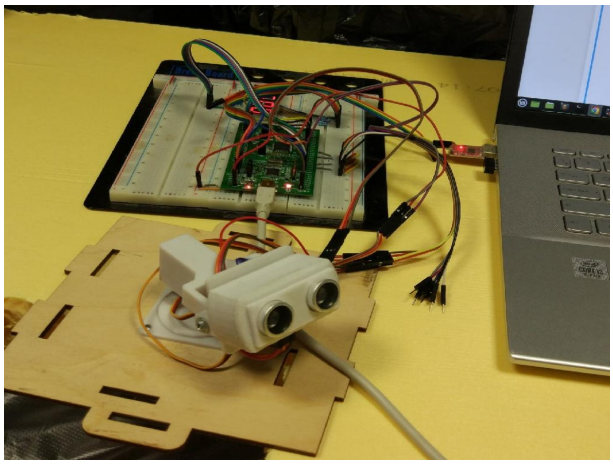


Рис. 1: 3d-сканер

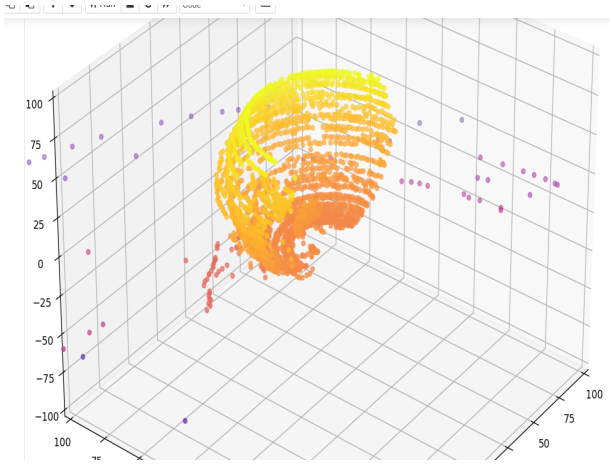


Рис. 2: График просканированного пр-ва

Алгоритм работы:

Изначально происходит инициализация всей переферии, необходимой для дальнейшей работы.

Затем работа проекта начинаетя с приветствия на 7-семисегментном индикаторе, который прокручивает текст. Сразу после настраиваются таймеры, для синхронного взаимодействия сервоприводов и вывода расстояние на индикатор, ультразвукового датчика и usb-uart модуля.

С помощью Углов Эйлера пересчитываем расстояние до объекта для Декартовой СК(для вывода графика на ноутбуке). Затем происходит отправка через uart 3-х компонент координат для точки, и так непрерывным потоком для каждой точки происходит отправка. Скрипт, который считывает поток данных, полученных с usb-uart, отрисовывает точки, и получается график просканированного пространства.

Исходный код:

```
/* |\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\/\    |
 * |-------------------------------------------------------------------------|
 * | It's a CONCLUSION PROJECT in the course of Microcontrollers |
 * |                This is Ultrasonic 3d_scanner                |
 * |-------------------------------------------------------------------------|
 * |----------------------THE_MAIN_IDEA--------------------------|
 * |=============================================================|
 * |It scans the space using ultrasonic sensor and two servos    |
 * |Also it shows the distance on the 7-segment indicator        |
 * |and sends it through the usart to show data in graph         |
 * |=============================================================|
 */

#include "stm32f0xx_ll_rcc.h"
#include "stm32f0xx_ll_system.h"
#include "stm32f0xx_ll_bus.h"
#include "stm32f0xx_ll_gpio.h"
#include "stm32f0xx_ll_tim.h"
#include "stm32f0xx_ll_usart.h"

#include "stm32f0xx_ll_exti.h"
#include "stm32f0xx_ll_utils.h"
#include "stm32f0xx_ll_cortex.h"
#include "math.h"

/*-----------------------------------------------------------------------*/
/*------------------Some information about servos----------------------*/

/* =========================================================
 * Pulse_duration: 0.5 - 2.6(ms), (normal: 0.6 - 2.4(ms) )
 * Period: 20 ms
 * NO: N_deg = Pulse_durarion / Period * ARR(64000)
 * =========================================================
 */
/*_______________________________________________________________________*/
/*
 * 0deg -> ARR = 1600 (0.5 ms) - 50
 * 180deg -> ARR = 8300 (2.6 ms) - 260
 */
/*-----------------------------------------------------------------------*/

/* ===============================================
 * Servo_1(X): 0 deg -> ARR = 2080 (0.65 ms)
 *             180 deg -> ARR = 7680 (2.4 ms)
 * -----------------------------------------------
 * Servo_2(Y): 0 deg -> ARR = 1600 (0.5 ms)
 *             180 deg -> ARR = 7680 (2.4 ms)
 * ===============================================
```

```
 */
/*_____________________________________________________________________*/


/* ###################################################################### */
/* ############################## VARIABLES ############################# */
/* ###################################################################### */

/*
 * The difference (in mks) between the start and stop time (for ulttrasonic)
 */
uint32_t diff = 0;

/*
 * The distance between object and sonar
 */
double dist = 0.0;

/*
 * Edge - ARR for servo in normal condition (0 - 180)
 */
const uint32_t minEdge_X = 1600;//2080;
const uint32_t maxEdge_X = 7680;//7680;

const uint32_t minEdge_Y = 1600;
const uint32_t maxEdge_Y = 7680;

/*
 * Initialization servos to limit angles
 * easier to control servos
 */
const uint32_t minArr_X = minEdge_X; // 0 deg
const uint32_t maxArr_X = maxEdge_X; // 180 deg

const uint32_t minArr_Y = 3627; // 60 deg
const uint32_t maxArr_Y = 6667; // 150 deg

/*
 * Initialization step: Step_X - for XY_plane
 *                      Step_Y - for XZ_plane
 * NO: 1 step = 0.03 deg
 */
const uint32_t Step_X = 60; //60
const uint32_t Step_Y = 90; //90

const double deg2rad = M_PI / 180.0;

/*
 * Count of cycles for scanning
 */
```

```
const uint8_t Cycle = 1;

/*
 * if scanDirection = 1 -> rotate the servo clockwise
 * else -> rotate the servo counterclockwise
 */
uint8_t scanDirection = 1;

// uint8_t status_wait = 0;

/* ###################################################################### */
/* --------------------------TEXT-VARIABLES---------------------------*/
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////

/*
 * During TEXT_TIME you can show the text
 * It uses in text()
 */
#define TEXT_TIME 1000 //in ms

/*
 * During DEC_TIME and DYN_TIME you can show a value
 * It uses in dec_display() and in dyn_display()
 */
#define DEC_TIME 5 //in ms

#define DYN_TIME 1000 //in ms

/*
 * It uses in delay() and for calculate count in cycles
 * If you change delay() you must change DELAY!!!
 */
#define DELAY 2 //in ms

/*
 * The higher DYNAMIC_COEF, the slower the text moves
 * It uses in dynamic_text()
 */
#define DYNAMIC_COEF 50 //normal value

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////

// to be continuied ...
```

Смотреть продолжение тут:
https://github.com/Arseniy16/3d-scanner/blob/master/best_version/main.c

Ответы на вопросы:

1. **Ваша фамилия, имя, отчество, номер группы.**
   Штундер Арсений Б01-006

2. **Фамилия, имя, отчество лектора.**
   Донов Геннадий Иннокентьевич

3. **Чем отличается микроконтроллер от микропроцессора.**
   Микроконтроллер имеет более сложную структуру, у него есть порты вводавывода, ОЗУ, память программ, таймеры и т.д. Микропроцессор – это лишь исполняющее ядро.

4. **Какие тактовые частоты могут быть у ATmega8535.**
   0-16 МГц

5. **Почему при повышении тактовой частоты микроконтроллера он начинает больше греться?**
   Полевые транзисторы имеют ёмкость затвора, при увеличении частоты увеличивается ток, с которым заряжается ёмкость затвора, из-за этого увеличивается ток, с которым заряжается ёмкость затвора, поэтому увеличивается рассеиваемая мощность. Получаем такую зависимость мощности: $P = kfU^2$

6. **Какие таймеры есть у ATmega8535?**
   Таймер 0 (8bit), Таймер 1(16bit), Таймер 2(8bit)

7. **Сколько режимов есть у таймера 1 и режима с каким номером у него нет.**
   Всего 16 режимов, нет режима под номером 13.

8. **Внутренняя структура МК.**
   МК состоит из блока управления питанием, блока управления сбросом, блока синхронизации, памяти программ, процессора, портов ввода-вывода, ОЗУ.

9. **Какие значения записаны в TCCR после сигнала RESET.**
   Все биты станут нулями.

10. **Порт A. Сколько прерываний и сколько регистров ввода/вывода принадлежит порту A. Назначение этих регистров ввода/вывода.**
    PORTA – регистр данных порта A
    DDRA – регистр выбора направления передачи данных порта A
    PINA – нельзя ничего записать, при чтении из него будет прочитано то, что в данный момент присутствует на выводах порта A
    Прерываний у порта A нет.

11. **Регистр SREG. Назначение его разрядов.**
    Бит 0 - C: признак переноса
    Бит 1 - Z: признак нуля
    Бит 2 - N: признак отрицательного результата
    Бит 3 - V: признак переполнения
    Бит 4 - S: равен сумме по модулю 2 содержимого третьего и второго разрядов
    Бит 5 - H: признак переноса между полубайтами
    Бит 6 - T: временное хранение бита
    Бит 7 - I: глобальное разрешение прерывания

12. **Почему после сигнала RESET все прерывания запрещены.**
Для обеспечения корректной работы МК.

13. **Приведите пример использования разряда T в регистре SREG.**
Передача битов из одного регистра общего назначения в другой:
bst r31, 7; запись значения седьмого разряда регистра r31 в T.
bld r0, 3; запись из T в третий разряд регистра r0.

14. **Таймер 0. Режимы работы, количество прерываний, регистры ввода/вывода, принадлежащие таймеру 0.**
Режимы работы:
Normal (режим 0) – обычный суммирующий счетчик;
Phase Correct PWM (режим 1) – ШИМ с точной фазой;
CTC (режим 2) – счет по модулю (регистр OCR0);
Fast PWM (режим 3) – быстродействующий ШИМ.
Прерывания 2: TIMER0OVF (переполнение) и TIMER0COMP (порог).
Регистры ввода/вывода: TCNT0, TCCR0, SFIOR, TIMSK (совместно с таймером 1 и таймером 2), TIFR (совместно с таймером 1 и таймером 2).

15. **В каких режимах таймера 0 порог изменяется не сразу (двойная буферизация записи) при записи нового значения в регистр порога с помощью команды OUT.**
Режимы ШИМ (1 и 3).

16. **Откуда приходит сигнал на вход TCNTO.**
С выхода управляемого предварительного делителя частоты (prescaler).

17. **Как можно разрешить (запретить) прерывания по переполнению таймера 0.**
С помощью 7 разряда регистра флагов SREG, разрешающего общие прерывания и разряда 0 регистра флагов TIMSK (разрешено – обе единицы, запрещено – хотя бы один ноль).

18. **Написать программу с использованием таймера 0, вырабатывающую симметричное прямоугольное колебание на одном из выходов порта A.**

19. **Какие коэффициенты деления частоты позволяет получать предварительный делитель таймера 0.**
8, 64, 256, 1024

20. **Какой режим таймера 0 позволяет вырабатывать треугольные колебания, используя дополнительную интегрирующую цепочку.**
Для треугольных колебаний необходимо прямоугольные перед интегрирующей цепочкой, поэтому подойдет любой режим.

21. **Как запрограммировать предварительный делитель таймера 0.**
Выставить в биты 2:0 регистра TCCR0 значение 1 до 5.

22. **Режим 0 таймера 0**
Normal. TCNT0 – обычный суммирующий счетчик. По каждому импульсу тактового сигнала, поступающего с выхода предварительного делителя, содержимое TCNT0 увеличивается на единицу. При переполнении – прерывание по переполнению, счет

продолжается с $00. Если достигнуто пороговое значение – прерывание по сравнению.

23. **Режим 1 таймера 0.**
Phase Correct PWM, ШИМ с точной фазой. Генерация сигналов с широтноимпульсной модуляцией. TCNT0 как реверсивный счетчик, изменение состояния по каждому импульсу такового сигнала, поступающего от предварительного делителя. Состояние счетчика сначала увеличивается до максимума, потом уменьшается до нуля. Переполнение по возвращению в 0, изменение выхода по достижению порога.

24. **Режим 2 таймера 0.**
CTC, счет по модулю. Обнуление TCNT0 после того как содержимое сравняется с содержимым регистра OCR0. Прерывание по переполнению при достижении верхней границы.

25. **Режим 3 таймера 0.**
Fast PWM, быстрый ШИМ. Позволяет генерировать высокочастотный сигнал с широтноимпульсной модуляцией. Изменение от нуля до $FF, потом прерывание по переполнению и снова обнуление. Доступно прерывания при достижении порога.

26. **Когда меняется порог в режиме 3 таймера 0.**
Особенность этого режима, что записываемое число сохраняется в специальном буферном регистре. Изменение содержимого порога происходит только после достижения счетчиком максимума $FF.

27. **Можно ли писать в TCNT0 без остановки счета.**
Можно, разработчики предприняли меры для записи и чтения без остановки

28. **Как можно остановить счет в таймере 0.**
Записать нули в соответствующие разряды регистра TCCR0 (см таблицу из 19 вопроса).

29. **Система прерываний микроконтроллера ATmega8535**
Обнаружив запрос, система прерываний приостанавливает работы основной программы и запускает некоторую другую программу, которую называют программу обработки прерываний. Для каждого прерывания должна быть написана своя программа обработки. Закончив свою работу, программа обработки прерывания должна обеспечить возвращение к прерванной программе Запросы поступают на блок обработки; определяется его номер; проверяется, разрешено ли прерывание. Если разрешено, блокируются остальные, содержимое программного счетчика заносится в стек.

30. **Сколько всего прерываний у ATmega8535.**
21: 4 из которых являются внешними, 7 – внутренними

31. **Как организовать вложенные прерывания.**
Нужно разрешить (запись единицы в 7 разряд регистра флагов) глобальные прерывания при обработке прерывания.

32. **Как можно разрешить (запретить) одновременно все прерывания.**
cli – общее запрещение, sei – общее разрешение

33. **Как организована система приоритетов при обработке прерываний.**
Каждому прерыванию присваивается номер и первымобрабатывается прерывание с наименьшим номером.

34. **Какое минимальное время требуется для преобразования в АЦП.**
65 мкс

35. **Чем сигнальный процессор отличается от МК.**
У него есть специфичный набор команд и регистров, предназначенных для уменьшения времени обработки сигналов. Основная задача МК – работа с периферией.

36. **Зачем в программе надо устанавливать начальное значение Stack Pointer и чему это значение должно быть равно.**
После RESET правильное значение не гарантировано, поэтому надо ставить его вручную. Выставляется на конец памяти.

37. **Сторожевой таймер и особенности его работы.**
WatchDog Timer. Предназначен для ликвидации последствий сбоев в работе МК, возникающих из-за различного рода помех. Если он включен, то через некоторых промежуток времени он вырабатывает сигнал сброса RESET, перезапуская рабочую программу.

38. **Что такое SPI и зачем он нужен.**
Последовательный синхронный интерфейс. Позволяет с высокой скоростью передавать данные между МК Atmega8535 и различными внешними устройствами.

39. **Как инициировать передачу байта в SPI.**
Запись байта в SPDR

40. **Сколько прерываний и сколько регистров ввода/вывода принадлежит SPI.**
Регистры:
SPDR (Data Register), SPCR (Control Register), SPSR (Status Register)
1 прерывание: после передачи каждого байта

41. **Далее пойдут вопросы про однопроводный интерфейс (сеть MicroLAN).**

42. **Сколько проводов необходимо для реализации однопроводного интерфейса**
1(только данные) 2 (данные + земля) 3 (как у нас: данные земля и питание). Зависит от устройства схемы.

43. **Как выглядит физический ноль и физическая единица.**
1: напряжение выше порогового 0: напряжение ниже порогового

44. **Как в однопроводном интерфейсе передается информационный ноль и информационная единица? Какова максимальная скорость передачи?**
Ноль – физический ноль 60 мкс (длительный импульс в начале тайм слота, потом возврат в 1)
Единица – физический ноль не более 15 мкс (короткий импульс в начале тайм слота, потом возврат в 1)
Очередная передача не раньше чем через 60 микросекунд после начала предыдущей (минимальный размер тайм слота)

45. **Что такое серийный номер в однопроводном интерфейсе и какова его структура.**
Первые 8 бит – код семейства, 48 бит – серийный номер, Последние 8 бит – контрольная сумма CRC8.

46. **Какая команда позволяет Master определить номера всех Slave в сети MicroLAN.**
Search ROM

47. **Как выглядит сигнал сброса в сети MicroLAN.**
Физический ноль на минимум 480мкс. Затем Физическая единица на 15-60 мкс.