



Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана

## Методические указания

А.Ю. Попов

Проектирование радиоэлектронной  
аппаратуры на основе  
микроконтроллеров ARM7TDMI

2014

## Работа №2. Изучение средств ввода и вывода алфавитно-цифровой информации и индикации с использованием микроконтроллеров ARM7

**Цель работы** – изучение средств управления LED индикаторами и клавиатурными матрицами на базе микросхемы TM1638, а также изучение средств внутрисхемной отладки программ микроконтроллеров ARM7 TDMI. В ходе работы студенту необходимо ознакомиться с особенностями функционирования средств индикации и кнопочных клавиатур на основе микросхемы TM1638, ознакомиться со средствами внутрисхемной отладки программ, разработать и отладить программу индикации и сканирования клавиатуры с использованием отладочной платы SK-LPC2368 и платы индикации TM1638LED&KEY.

### Микросхема управления LED светодиодами TM1638

Микросхема TM1638 предназначена для управления светодиодами, семи-сегментными индикаторными матрицами и кнопочными клавиатурами. Микросхема может применяться совместно с микроконтроллерами и микропроцессорами для упрощения схемотехники систем индикации и взаимодействия с пользователем. Возможности микросхемы позволяют подключать до 8 семи-сегментных индикаторов и 16 дополнительных светодиодов, а также кнопочных клавиатурных матриц до 24 клавиш.

Микросхема TM1638 управляется через последовательных синхронный канал, состоящий из трех сигналов: строба разрешения работы микросхемы (STB), сигнала синхронизации (CLK) и двунаправленного порта для передачи команд и данных (DIO). Частота сигнала CLK может достигать 450 КГц, хотя в практике работы со средствами индикации и клавиатурами такие частоты не требуются. Микросхема имеет внутренние регистры для сохранения состояния светодиодов и кнопок, запись и чтение которых осуществляется по командам через последовательный интерфейс. После записи регистров микросхема автоматически начинает выдавать последовательности сигналов управления LED и стробов сканирования клавиш. Ниже в таблице 1 приведены названия и назначение контактов

1	K1	STB	28
2	K2	CLK	27
3	K3	DIO	26
4	VDD	GND	25
5	SEG1/KS1	GRID1	24
6	SEG2/KS2	GRID2	23
7	SEG3/KS3	GRID3	22
8	SEG4/KS4	GRID4	21
9	SEG5/KS5	GRID5	20
10	SEG6/KS6	GRID6	19
11	SEG7/KS7	GND	18
12	SEG8/KS8	GRID7	17
13	SEG9	GRID8	16
14	SEG10	VDD	15

Рисунок 1 — Микросхема TM1638.

микросхемы.

Таблица 1 — Назначение контактов микросхемы TM1638

Сигнал	Назначение
DIO	Двунаправленная последовательная линия данных. Порядок передачи: начиная с младшего бита. Синхронизируется фронтом сигнала CLK
STB	Сигнал выборки кристалла. Активный уровень сигнала: низкий. При переключении в активный уровень («0») первый байт воспринимается, как команда. При пассивном (высоком) уровне сигнал CLK и вход DIO игнорируются
CLK	Сигнал синхронизации при передаче данных. Сигнал задается внешним устройством. Данные фиксируются по фронту сигнала.
K1..K3	Входы линий сканирования состояния кнопок клавиатуры. Сигналы служат для определения состояния кнопок на одной из линий клавиатурной матрицы. Каждая линия может содержать до восьми кнопок.
SEG1/KS1 ..SEG8/KS8	Выходы управления сегментами индикаторов и светодиодами. Используются также для сканирования клавиатуры. При нажатой кнопке соответствующий высокий уровень на одной из линий KS передается на один из входов K и сохраняется в регистре состояния клавиатуры. Данный регистр может быть прочтен из микросхемы в микроконтроллер.
SEG9..SEG10	Выходы управления дополнительными светодиодами.
GRID1..GRID8	Выходы выборки сегмента светодиодов. Используются для последовательной активизации восьми сегментов светодиодов. Сигнал служит в качестве анода светодиодов, в то время как сигнал SEG является катодом (возможно также обратное подключение).
VCC	Вход напряжения питания (5V)
GND	Земля

Как следует из назначения сигналов управления, микросхема использует последовательную активизацию сегментов при помощи сигналов GRID низкого уровня и одновременную выдачу соответствующих значений на линии SEG (схема подключения показана на рисунке 2). Таким образом, если на линию SEG<sub>x</sub> выдается высокий уровень сигнала и сегмент активизируется низким уровнем сигнала GRID<sub>x</sub>, светодиод загорается.

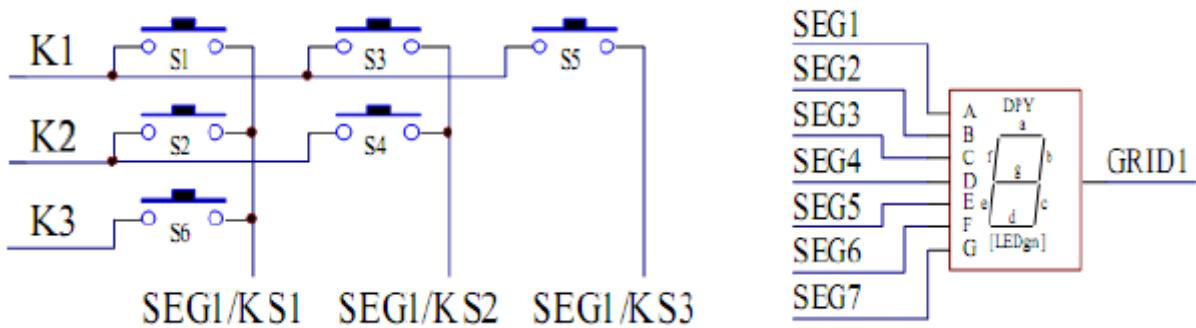


Рисунок 2. Подключение семи-сегментных индикаторов и кнопочных клавиатур.

При этом к тем же самым линиям SEG подключаются и кнопки Sx (альтернативная функция KS, Key Scan). Если кнопка нажата, на линии Kx обнаруживается высокий уровень сигнала, в противном случае, низкий. Указанные значения записываются в регистр состояния клавиатуры в ходе цикла опроса (диаграмма показана на рисунке 3).

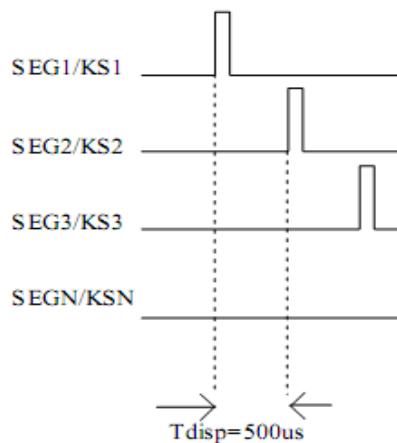


Рисунок 3 — Цикл опроса клавиатуры.

Команды управления используются для установки режимов отображения информации и записи регистров состояния LED. Микросхема воспринимает в качестве команды первый переданный байт после сброса сигнала STB в низкий (активный) уровень. Байт данных передается по линии DIO в микросхему начиная с младшего бита (B0,B1,B2,...B7). Биты B6 и B7 указывают на тип команды (см таблицу 2). Последующие данные передаются или читаются по фронту сигнала CLK без сброса STB, как показано на рисунке 4.

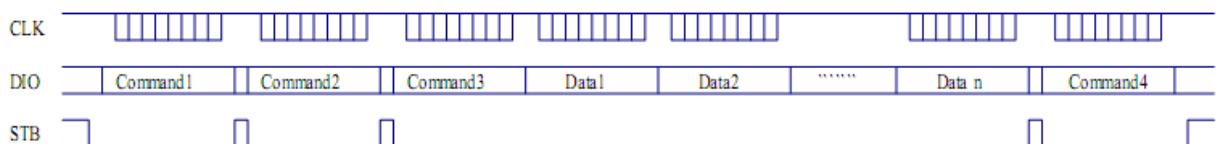


Рисунок 4 - Диаграмма управления микросхемой TM1638.

Адрес читаемых или записываемых регистров передаются с помощью команд установки адреса. Предусмотрены два режима адресации: авто-инкрементная и фиксированная адресация.

Таблица 2 — Формат команд управления

Команда								Описание
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
0	1	0			0	0		Запись данных в регистр состояния LED. Данные следуют за командой без сброса сигнала STB.
0	1				1	0		Команда чтения регистра состояния клавиатуры. Данные выдаются микросхемой по фронту сигнала CLK.
0	1			0				Включение режима авто-инкремента адресов. В данном режиме микросхема автоматически увеличивает адрес доступного регистра после обращения.
0	1			1				Включение режима фиксированных адресов. В данном режиме адрес доступного регистра устанавливается по специальной команде и не изменяется.
0	1		0					Рабочий режим работы
0	1		1					Тестовый режим
1	0		X	X	X			Установка ширины импульса (яркости свечения LED). XXX – двоичный код яркости.
1	0		0					Выключение режима воспроизведения
1	0		1					Включение режима воспроизведения
1	1		X	X	X	X		Установка адреса регистра LED. XXXX – двоичный код адреса (от 0x0 до 0xF). Регистры образуют 16-ти разрядные пары для хранения разрядов одного сегмента (0x0-0x1; 0x2-0x3 и т.д.). Например, регистр по адресу 0x0 содержит разряды SEG1..SEG8, а регистр 0x1 содержит разряды SEG9..SEG10 для сегмента GRID1. Регистры 0x2 и 0x3 содержат аналогичные разряды для сегмента GRID2 и т.д.

Пустые позиции в столбцах B0..B7 указывают на возможность сочетания нескольких действий в одной команде. Другие сочетания разрядов игнорируются.

Чтение состояния клавиатуры выполняется из регистров KS. Назначение бит регистров показано в таблице 3.

Таблица 3 — Назначение бит в регистрах состояния клавиатуры.

B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
K3	K2	K1	-	K3	K2	K1	-	
KS1				KS2				Байт 1
KS3				KS4				Байт 2
KS5				KS6				Байт 3
KS7				KS8				Байт 4

### Описание отладочной платы SK-LPC2368

Основу платы составляет микроконтроллер LPC2368. Данная плата позволяет выполнять разработку и отладку широкого круга радиоэлектронных систем:

- Встраиваемых систем управления на основе 32-х разрядных микроконтроллеров ARM7TDMI.
- Систем под управлением операционных систем реального времени и ОС Linux.
- Контроллеров периферии и интерфейсных модулей встраиваемых систем протоколов RS232, SPI, I2C, I2S, CAN, ETHERNET, USB.

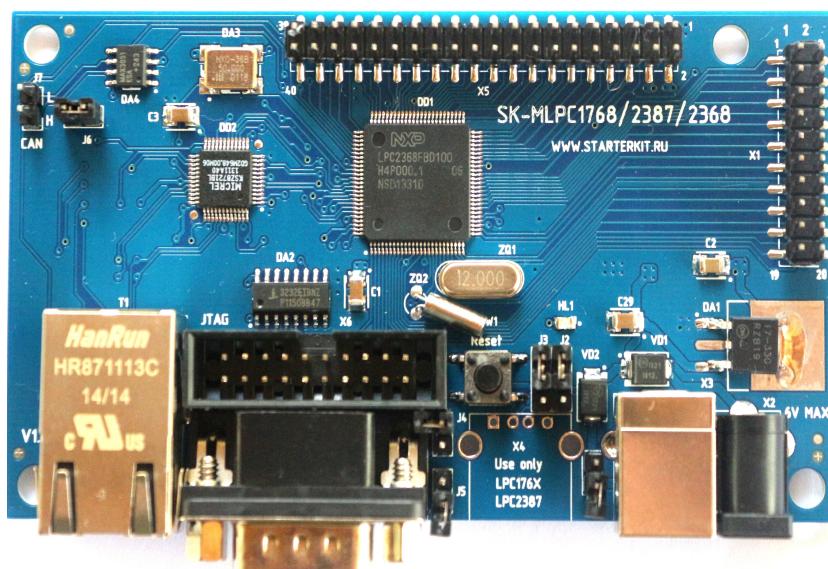


Рисунок 4 - Отладочная плата SK-LPC2368

На плате расположен ряд дополнительных модулей и разъемов для подключения периферии:

- Ethernet 10/100M PHY - KS8721B, тип интерфейса — RMII.
- USB host (USB-A).
- USB client (USB-B).
- CAN PHY.
- RS232 приемопередатчик.
- 56 линий I/O микроконтроллера для ввода и вывода (разъемы X1 и X2).

### Описание платы TM1638LED&KEY

Для организации ввода и вывода в лабораторной работе используется плата на основе TM1638 (Рисунок 5). Плата содержит:

- 8 семи-сегментных индикаторов;
- 8 дополнительных LED светодиодов (подключены к линиям SEG9 сегментов GRID1..GRID8)
- 8 кнопок. Схема отображения в разряды регистры KS показана в таблице 4.

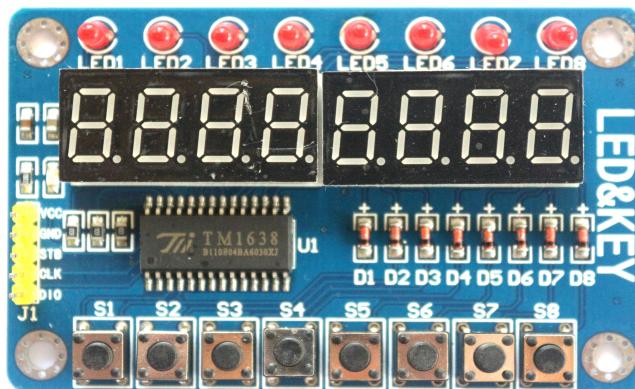


Рисунок 5 - Плата TM1638LED&KEY

Таблица 4 — Назначение кнопок разрядам регистров KS

Кнопка	Байт	Регистр	Разряд
S1	1	KS1	B0
S2	2	KS3	B0
S3	3	KS5	B0
S4	4	KS7	B0
S5	1	KS2	B4
S6	2	KS4	B4
S7	3	KS6	B4
S8	4	KS8	B4

Коммутация платы SK-LPC2368 и Плата TM1638LED&KEY выполняется с помощью гибкого кабеля. Соответствие контактов показано в таблице 5.

Таблица 5 — Коммутация плат SK-LPC2368 и TM1638LED&KEY

Разъем X1 на плате SK-LPC2368	Расположение на разъеме	Цвет провода	Порт LPC2368	Разъем J1 на плате TM1638
Контакт 1	◆ . • . • . • .	Красный	-	VCC
Контакт 2	◆ . • . • . • .	Коричневый	-	GND
Контакт 5	◆ . • . • . • .	Оранжевый	Port1.26	STB
Контакт 6	◆ . • . • .	Желтый	Port1.27	CLK
Контакт 8	◆ . • . • . • .	Зеленый	Port1.28	DIO

Ниже приведен пример программы, осуществляющей последовательную активацию восьми светодиодов LED1..LED8 (бегущая строка). При нажатии на любую кнопку S1..S8 включается пауза и светодиоды отключаются.

### Пример 1. Программа управления LED.

```
/*
Управление портами ввода/вывода.

Для правильного связывания модулей отметить
Options -> Linker -> Use Memory Layout from Target Dialog
*/
#include <LPC23xx.H>                                /* Описание LPC23xx */

#define STB 26 //Port1.26
#define CLK 27 //Port1.27
#define DIO 28 //Port1.28

void delay(unsigned int count) {
    unsigned int i;
    for (i=0;i<count;i++)
}
```

```
}

void tm1638_sendbyte(unsigned int x) {

    unsigned int i;
    IODIR1 |= (1<<DIO); //Устанавливаем пин DIO на вывод
    for(i = 0; i < 8; i++)
    {
        IOCLR1=(1<<CLK); //Сигнал CLK устанавливаем в 0
        delay(0xffff); //Задержка
        if (x&1) {IOSET1=(1<<DIO);}
        //Устанавливаем значение на выходе DIO
        else {IOCLR1=(1<<DIO);}
        delay(0xffff); //Задержка
        x >>= 1;
        IOSET1=(1<<CLK); //Сигнал CLK устанавливаем в 1
        delay(0x1fff);
    }
}

unsigned int tm1638_receivebyte() {
    unsigned int i;
    unsigned int x=0;
    IODIR1 &= ~(1<<DIO); //Устанавливаем пин DIO на ввод
    for(i = 0; i < 32; i++)
    {
        IOCLR1=(1<<CLK); //Сигнал CLK устанавливаем в 0
        delay(0xffff); //Задержка
        if (IOPIN1&(1<<DIO)) {
            x |= (1<<i);
        }
        delay(0xffff); //Задержка
        IOSET1=(1<<CLK); //Сигнал CLK устанавливаем в 1
        delay(0x1fff);
    }
    return x;
}

void tm1638_sendcmd(unsigned int x)
{
    //Устанавливаем пассивный высокий уровень сигнала STB
    IOSET1=(1<<STB);
    //Устанавливаем пины CLK,DIO,STB на вывод
    IODIR1 = (1<<CLK)|(1<<DIO)|(1<<STB);
    //Устанавливаем активный низкий уровень сигнала STB
    IOCLR1=(1<<STB);
    tm1638_sendbyte(x);
}

void tm1638_setaddr(unsigned int adr) {
    //Установить адрес регистра LED индикации
    tm1638_sendcmd(0xC0|adr);
}

void tm1638_init() {

    unsigned int i;
    tm1638_sendcmd(0x88); //Разрешить работу индикации
```

```

//Установить режим адресации: автоинкремент
//Установить адрес регистра LED индикации
tm1638_sendcmd(0x40);
tm1638_setaddr(0); //Сбросить адрес
for (i=0;i<=0xf;i++)
    tm1638_sendbyte(0); //Установить режим адресации: фиксированный
tm1638_sendcmd(0x44);
}

int main (void) {
    unsigned int n, i;
    tm1638_init();
    while (1) { /* Бесконечный цикл */
        for (n = 1; n <= 0xf; n+=2) {
            i=1;
            while (i!=0) {
                tm1638_sendcmd(0x46);
                i = tm1638_receivebyte();
            }
            tm1638_setaddr(n); //Устанавливаем адрес регистра
            tm1638_sendbyte(n); //Передать данные
            delay(0xffff); //Задержка
            tm1638_sendbyte(0); //Гасим светодиод
        }
    }
}
}

```

## Подготовка проекта к внутрисхемной отладке

1. Открыть диалог “Options for Target” в главном меню или при помощи кнопки быстрого вызова.

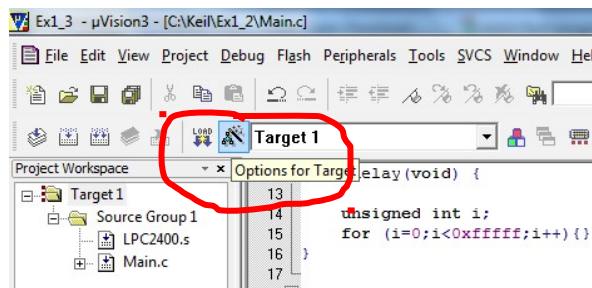


Рисунок 6 - Диалог “Options for Target”

2. На вкладке Target указать поле NoInit для блока IRAM1. Остальные настройки не изменяются.

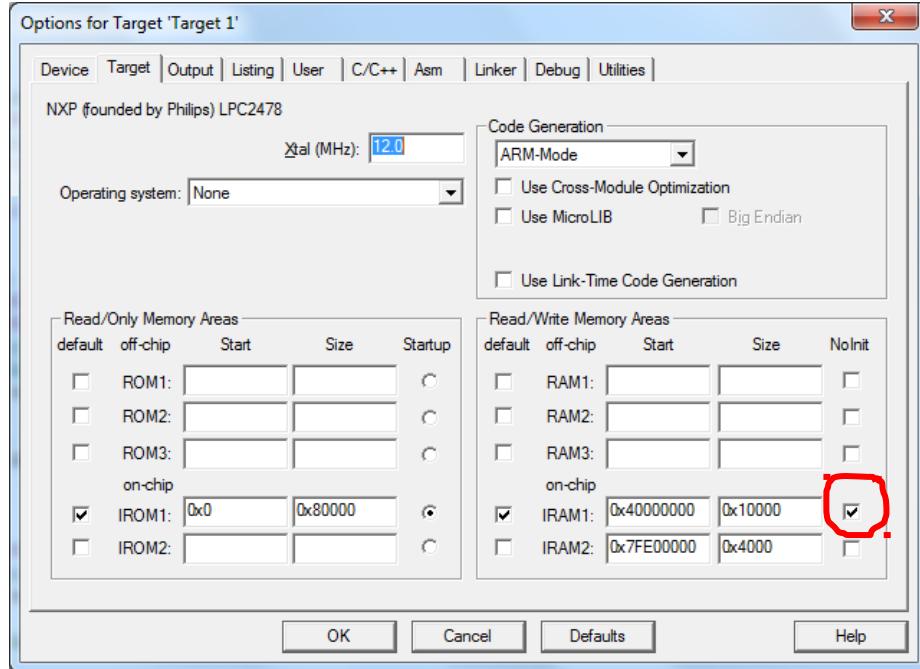


Рисунок 7 — Вкладка Target

3. На вкладке Linker указать пункт Use Memory Layout from Target Dialog

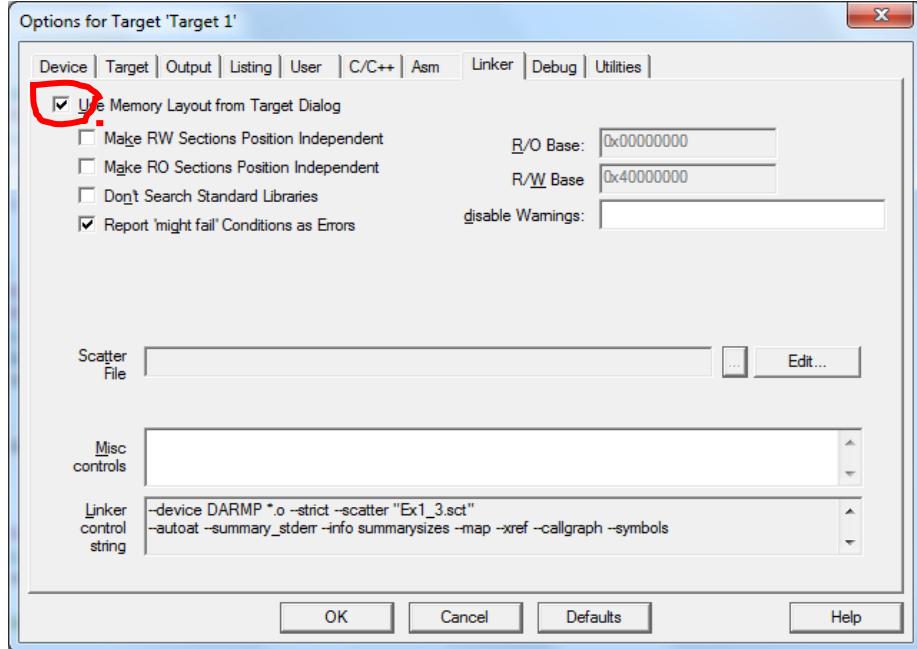


Рисунок 8 — Вкладка Linker

4. На вкладке Debug указать поле Use в правой части диалога (Аппаратная

отладка). В выпадающем меню выбрать пункт ULINK ARM Debugger.

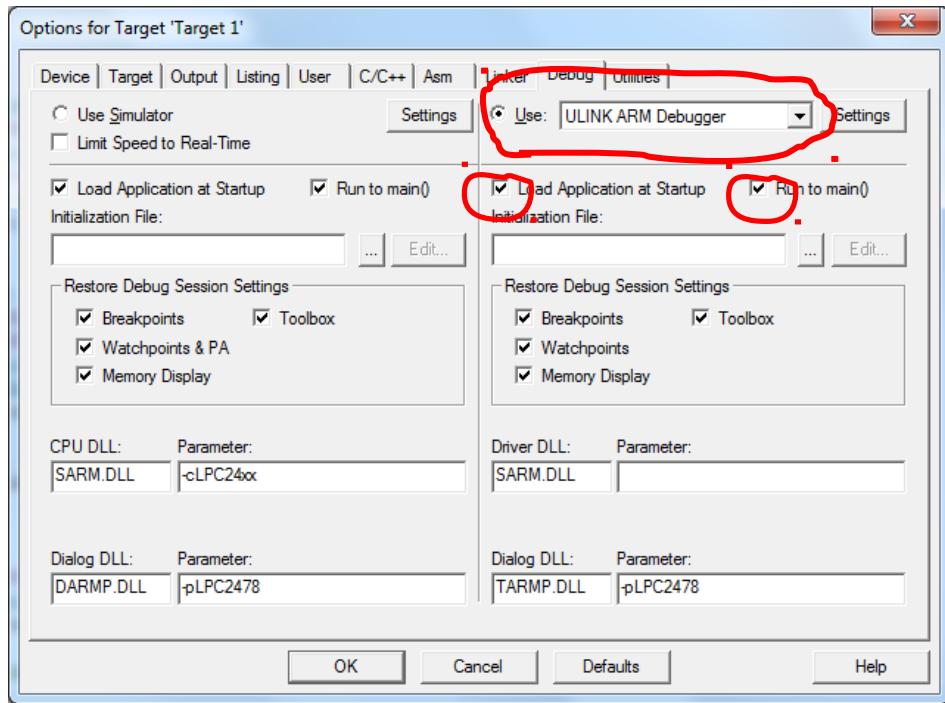


Рисунок 9 - Вкладка Debug

5. В диалоге Settings установить частоту JTAG Clock: 200 KHz.

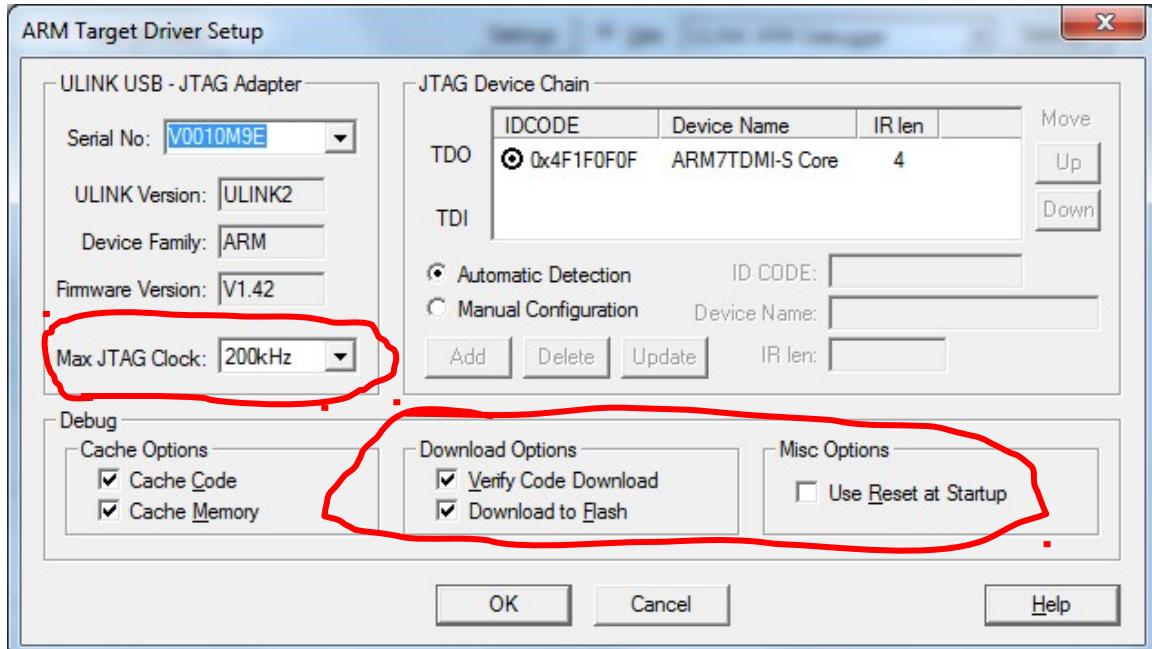


Рисунок 10 - Диалог Settings

6. На вкладке Utilities выбрать пункт ULINK ARM Debugger. Выбрать меню Settings.

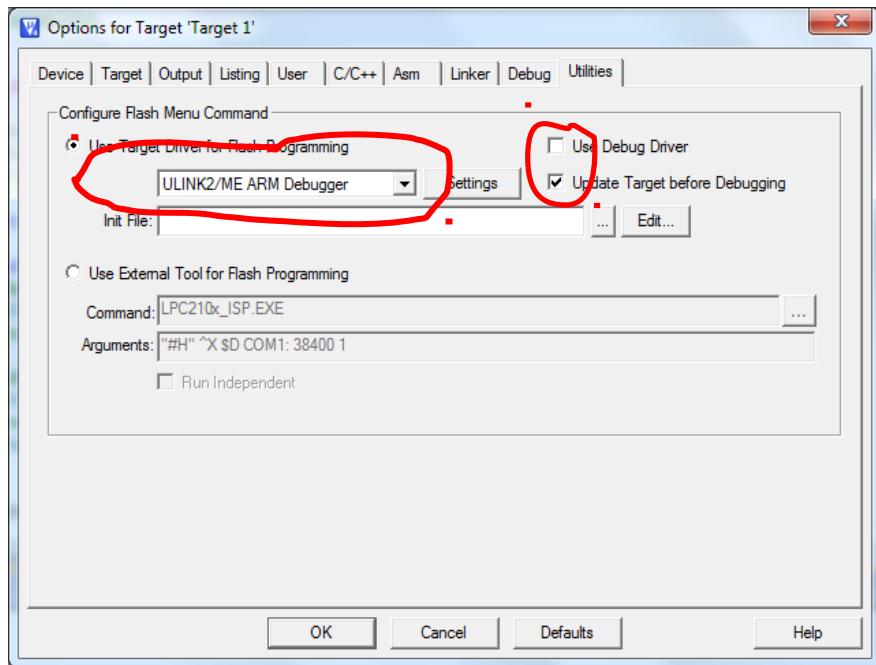


Рисунок 11 — Вкладка Utilities

7. В диалоге Settings добавить при помощи кнопки Add выбрать алгоритм программирования Flash памяти: LPC2000 IAP2 512kB Flash.  
В поле RAM for Algorithm указать Start: 0x40000000, Size 0x0800.

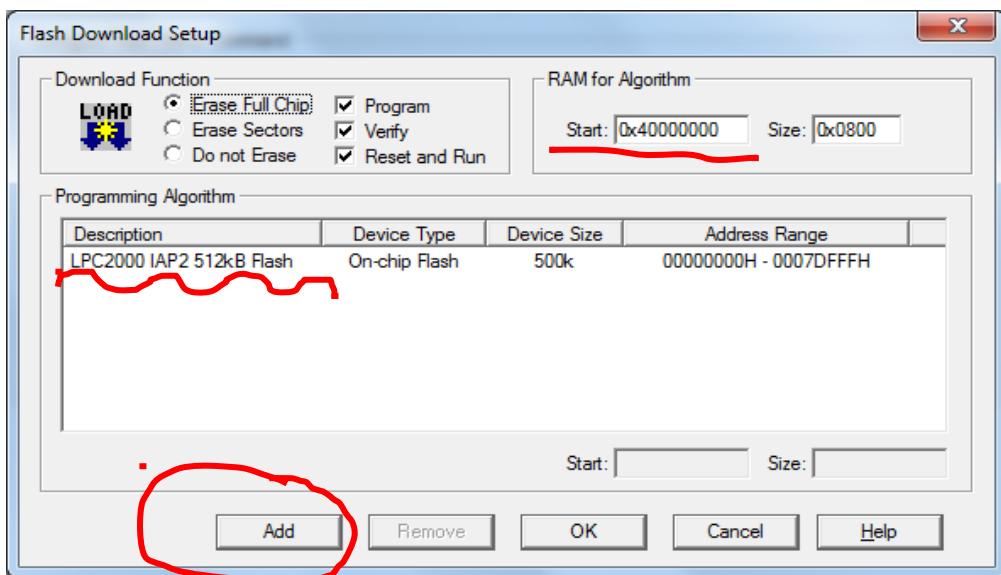


Рисунок 12 - Диалог Settings

8. Закрыть диалог «Options for Target». Начать отладку, выбрав пункт меню

Start Debug Session или нажать на соответствующую кнопку быстрого запуска.

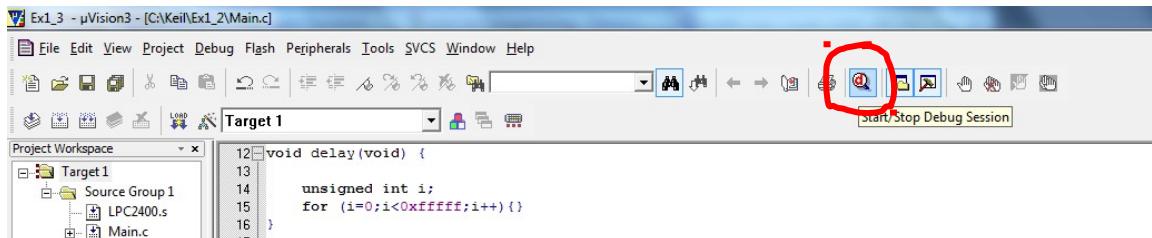


Рисунок 13 — Запуск режима внутрисхемной отладки

### Практическая часть

Задание 1. Ознакомиться с теоретическим материалом на стр. 2-14.

Задание 2. Доработать программу из лабораторной работы №1 так, чтобы для индикации были использованы светодиоды LED1..LED3 платы TM1638LED&KEY, а также кнопка S1.

Задание 3. Разработать и отладить в симуляторе программу функционирования микроконтроллера в соответствии с индивидуальным вариантом.

Задание 4. Получить осциллограмму для сигналов STB, CLK и DIO (порты Port1.26, Port1.27, Port1.28) для команды записи регистра управления LED. Осциллограмму и код программы занести в отчет.

Задание 5. Выполнить настройку проекта на работу с отладочной платой SK-LPC2368. Выполнить запись информации \*.axf файла проекта в статическую память микроконтроллера.

Задание 6. Протестировать правильность функционирования программы с помощью отладочной платы SK-LPC2368. Назначить точку останова. Выполнить пошаговую трассировку программы. Результаты работы программы занести в отчет.

### Требования к отчету

Отчет по работе должен содержать: задание, листинг программы функционирования микроконтроллера, осциллограмму сигналов, результаты тестирования программы, выводы о работоспособности программы.

### Контрольные вопросы

1. Какие сигналы используются для управления микросхемой TM1638. Укажите их назначение.
2. Каковы преимущества использования микросхем управления LED индикаторами, подобных TM1638.
3. В чем отличие между симуляцией и внутрисхемной отладкой.
4. Сколько уровней яркости LED индикаторов позволяет задавать микросхема TM1638.