Пример 1
Отображение состояния кнопки SA3 светодиодом VD2

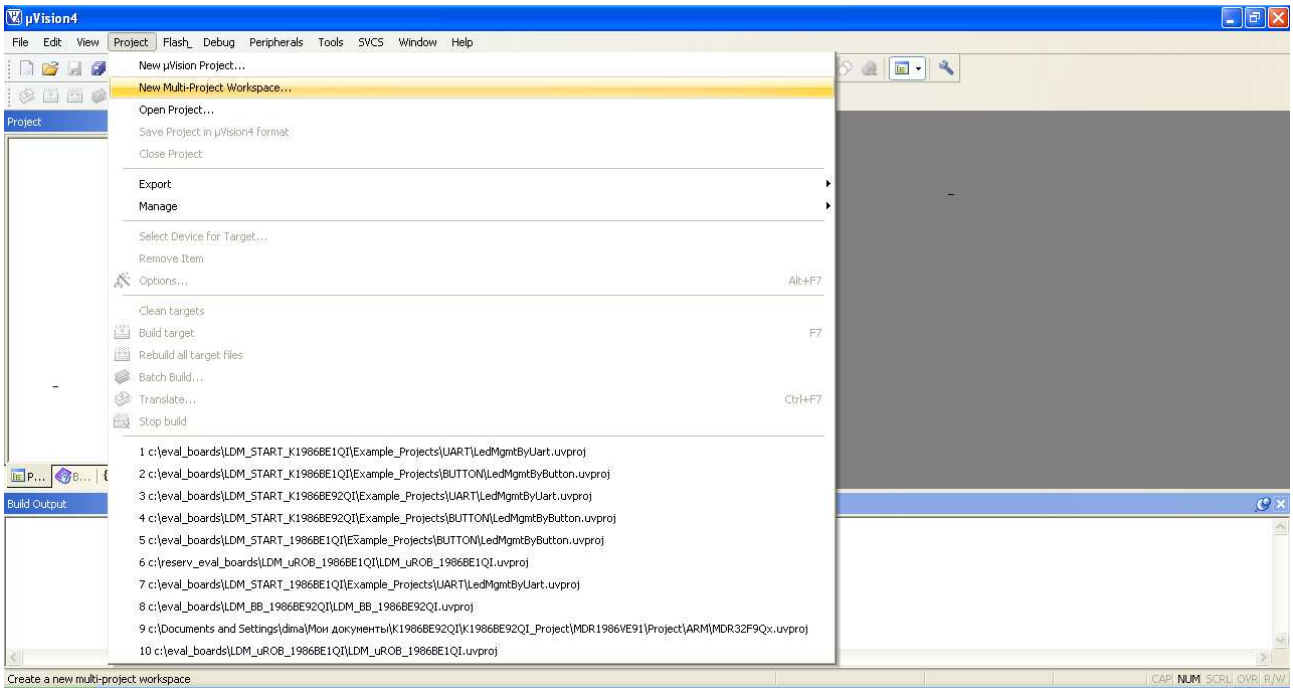
В данном примере последовательно будет показано создание проекта в среде keil uVision. Также приведены настройки среды разработки для работы с МК K1986BE92QI. На конечном этапе будет произведена загрузка получившегося в результате компиляции .hex файла в микроконтроллер через утилиту 1986WSD.

Таблица 1 – Минимальный набор аппаратного и программного обеспечения для примера 1.

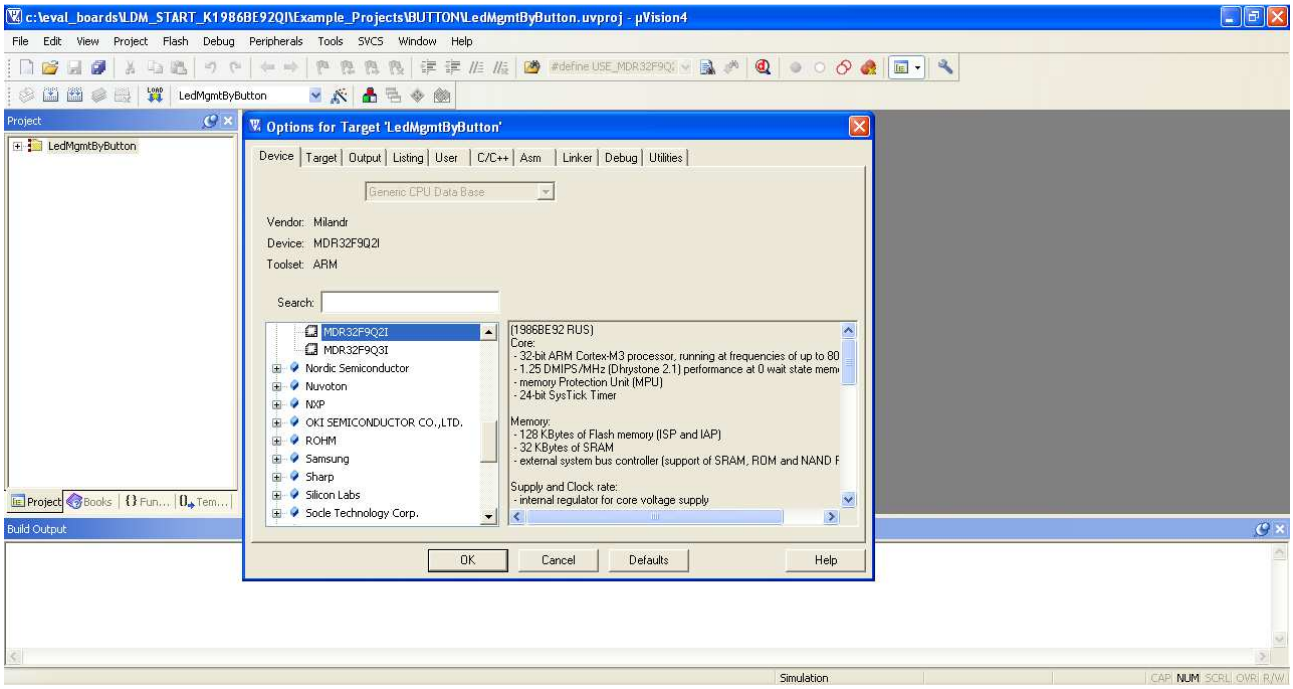
Инструментальная база	Наименование	Вэб-адрес источника
Отладочный комплект	LDM-START-K1986BE92QI	www.ldm-systems.ru
Драйвер преобразователя USB/RS-232	Silicon Laboratories CP210x VCP Drivers for Windows XP/2003 Server/Vista/7	www.silabs.com
Среда разработки ПО для МК	Keil uVision 4.74	www.keil.com
Утилита прошивки МК через UART-загрузчик	1986WSD	forum.milandr.ru

1.1 Создание проекта и настройка среды разработки Keil uVision ver. 4.74

1 Создаём новый проект. Для этого на вкладке «Project» программы, выбираем «New uVision Project…»

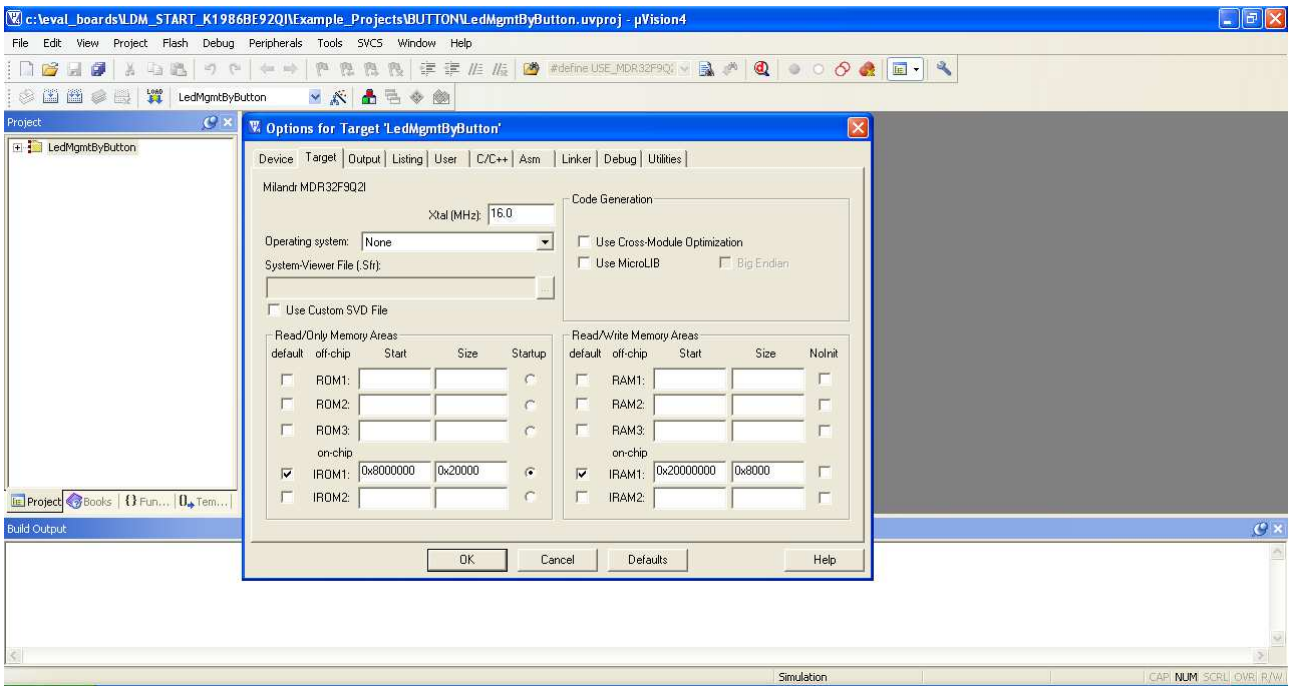


2 Даем проекту название (LedMgmtByButton), сохраняем проект к примеру по указанному пути C:\LDM_START_K1986BE92QI\Example_projects\BUTTON\. Далее в появившемся окне выбераем устройство MDR32F9Q2I, нажимаем «OK».



3 На следующем этапе заходим в опции проекта «Option for Target...».

На вкладке Target в разделе «Read/Only Memory Areas» устанавливаем диапазоны адресов: IROM1 Start = 0x8000000, Size = 0x20000; IRAM1 Start = 0x20000000, Size = 0x8000.



Затем на вкладке Output нажимаем кнопку «Select folder folder for objects…», создаем в корне проекта папку obj и выбираем ее для сохранения результатов работы компилятора. Ставим галку «Create HEX file».

Переходим на вкладку Listings нажимаем кнопку «Select folder for listings…», создаем в корне проекта папку lst и также выбираем данную папаку.

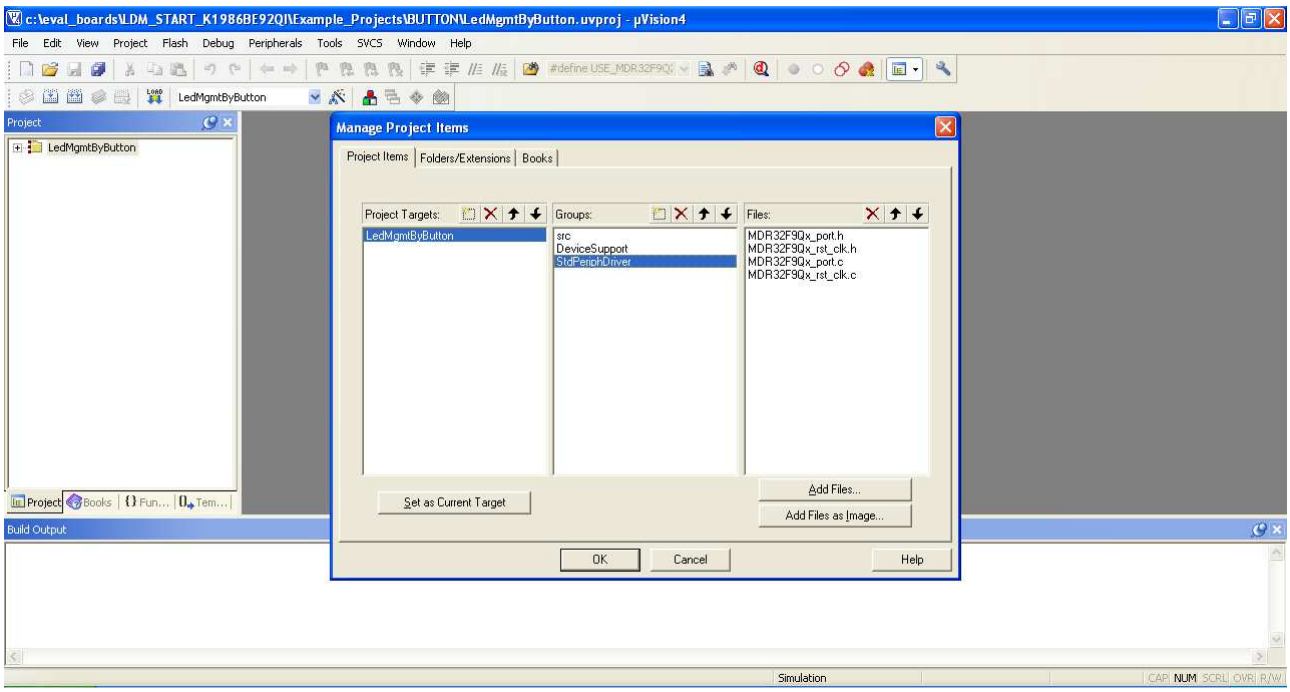
В настройках компилятора «C/C++» указываем пути «Include Paths» к компонентам библиотек CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Stardard) и Standard Peripheral Library MDR32F9x:

..\..\lib\CMSIS\CM3\DeviceSupport\MDR32F9Qx\startup;
..\..\lib\CMSIS\CM3\DeviceSupport\MDR32F9Qx\inc;
..\..\lib\CMSIS\CM3\DeviceSupport\MDR32F9Qx\startup\arm;
..\..\lib\MDR32F9Qx_StdPeriph_Driver\inc;..\..\lib\Config

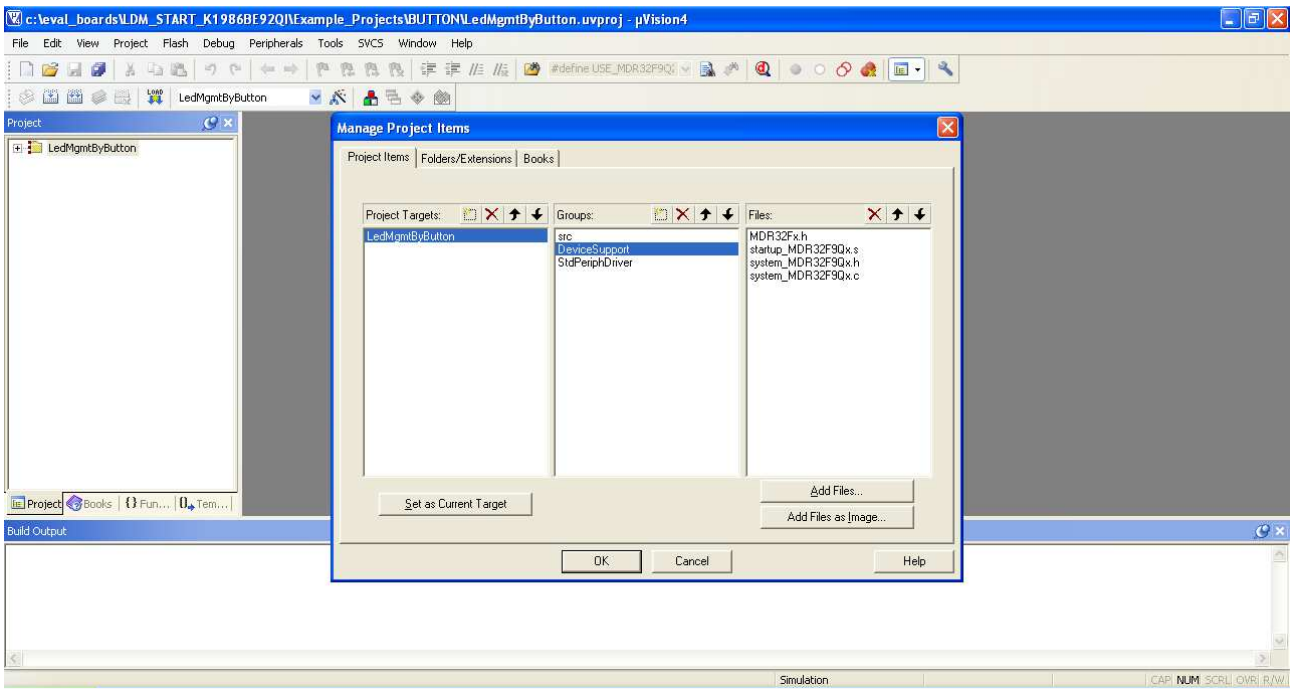
Сама библиотека поставляется в комплекте с платой. Её можно также взять на форуме компании «ЗАО «ПКК Миландр» http://forum.milandr.ru в разделе:
Интегральные микросхемы ЗАО "ПКК Миландр"→32-разрядные микроконтроллеры (1986BE9x, 1986BE1T, 1986BE2x, 1986BE3T, 1986BE4У, 1986BE8T)→Standard Peripherals Library MDR32F9x, VE1, VE3, VE4, VC1

Компоненты библиотеки в папках *CMSIS* и *MDR32F9Qx_StdPeriph_Driver* после загрузки необходимо разместить по пути C:\LDM_START_K1986BE92QI\ в папке lib.

4 Переходим через панель быстрого доступа в менеджер управления элементами проекта, где производим формирование архитектуры проекта и добавление файлов используемых библиотек. Необходимо сформировать три группы в рамках проекта – src, DeviceSupport и StdPeriphDriver. В категорию StdPeriphDriver с помощью «Add Files...» добавляем из библиотеки файлы: MDR32F9Qx_rst_clk.h, MDR32F9Qx_port.h, MDR32F9Qx_rst_clk.c, MDR32F9Qx_port.c.

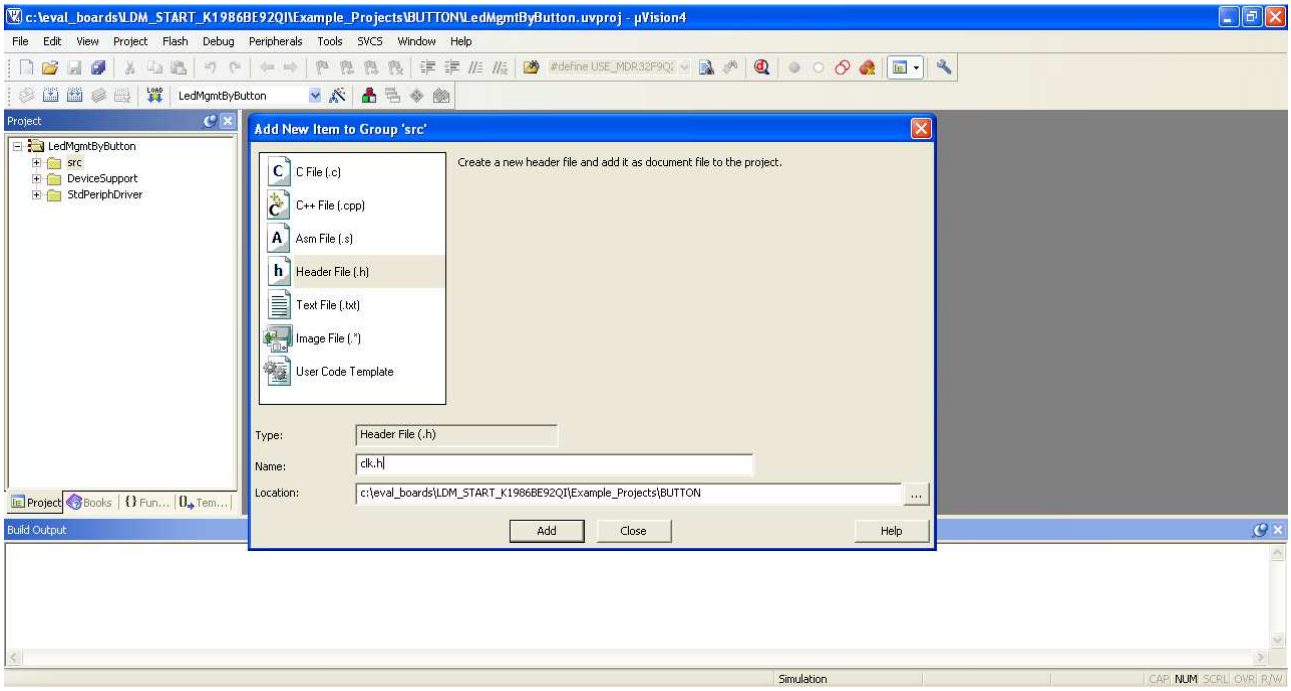


В категорию DeviceSupport добавляем 2 файла MDR32Fx.h (определение регистров МК) и startup_MDR32F9Qx.s (настройки старта, адресного пространства и векторов прерываний). Также дополнительно добавляем 2 файла system_MDR32F9Qx.c и system_MDR32F9Qx.c, которые содержат определение переменных и настройки системы тактирования микропроцессора. Нажимаем «OK».



1.2 Написание функционального кода примера по отображению состояния кнопки SA3 светодиодом VD2 и добавление в проект

После этого переходим к наполнению проекта. Для этого необходимо правой кнопкой мыши нажать в разделе Project на группе src «Add new Item to Group...», выбрать создание Header File (.h), ввести имя clk.h и определить местоположение в src для нового файла. Затем также создаем файл C File (c.) с названием clk.c. Для добавления файлов в проект нажимаем правой кнопкой мыши на папку src и в выпадающем меню выбираем «Add Existing Files to Group src», где в окошке из папки src производим добавление путем нажатия на «Add». Также данную операцию можно воспроизвести через Manage Project Items как было описано ранее для файлов библиотек. Листинги с исходным кодом и коментариями представлены ниже. Приведенный код производит подключение и настройку внешнего тактирования микропроцессора.



Листинг 1. файл clk.h

```
#ifndef __CLK_H__
#define __CLK_H__

#include "type_custom.h"

void clk_CoreConfig(void);

#endif
```

Листинг 2. файл clk.c

```
//Функция настройки тактовой частоты МК
#include "clk.h"

//Функция настройки тактовой частоты МК
void clk_CoreConfig(void)
{
        //Реинициализация настроек тактирования
        RST_CLK_DeInit();
        //Включение тактирования от внешнего источника HSE (High Speed External)
        RST_CLK_HSEconfig(RST_CLK_HSE_ON);
        //Проверка статуса HSE
        if (RST_CLK_HSEstatus() == ERROR) while (1);
        //Настройка делителя/умножителя частоты CPU_PLL(фазовая подстройка
частоты)
        RST_CLK_CPU_PLLconfig(RST_CLK_CPU_PLLsrcHSEdiv1, RST_CLK_CPU_PLLmul5);
        //Включение CPU_PLL
        RST_CLK_CPU_PLLcmd(ENABLE);
        //Проверка статуса CPU_PLL
        if (RST_CLK_CPU_PLLstatus() == ERROR) while (1);
        //Коммутация выхода CPU_PLL на вход CPU_C3
        RST_CLK_CPU_PLLuse(ENABLE);
        //Выбор источника тактирования ядра процессора
        RST_CLK_CPUclkSelection(RST_CLK_CPUclkCPU_C3);
        //Подача тактовой частоты на PORTA, PORTD
        RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_PORTA, ENABLE);
        RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_PORTD, ENABLE);
}
```

Необходимо отметить, что в Листинге 2 файла clk.c производится настройка тактирования микропроцессора через внешний источник (кварцевый реонатор HSE), а также включение тактирвания периферийных модулей, в нашем случае порта «A» и порта «D». Для более подробного ознакомления открываем раздел «Сигналы тактовой частоты» в спецификации на серию микроконтроллеров 1986BE9x, К1986BE9x, К1986BE92QI, К1986BE92QC, К1986BE91H4 (спецификация расположена на сайте производителя).

На следующем этапе требуется настроить порты ввода-вывода для работы с кнопкой SA3 и светодиодом VD2. При этом модули работы с кнопокой и светодиодом опишим в разных файлах. Для программного описания функционала работы с кнопкой потребуется создать заголовочный файл button.h (Листинг 3), где объявлены функции инициализации и считвания состояния кнопки SA3. Функциональный код приведен ниже в файле button.c (Листинге 4). Процедуру создания файлов необходимо повторить по ранее приведенному алгоритму.

Листинг 3. файл button.h

```
#ifndef __BUTTON_H__
#define __BUTTON_H__

#include "type_custom.h"

void button_Init(void);
uint8_t button_State(void);
#endif
```

Листинг 4. файл button.c

```
#include "button.h"

//Функция инициализации кнопки SA3
void button_Init(void)
{
	//Создание структуры для инициализации порта
	PORT_InitTypeDef PORT_InitStructure;

	//Настройки порта: ввод, функция ввода/вывода, цифровой режим,
минимальная скорость, Pin7
	PORT_InitStructure.PORT_OE = PORT_OE_IN;
	PORT_InitStructure.PORT_FUNC = PORT_FUNC_PORT;
	PORT_InitStructure.PORT_MODE = PORT_MODE_DIGITAL;
	PORT_InitStructure.PORT_SPEED = PORT_SPEED_SLOW;
	PORT_InitStructure.PORT_Pin = (PORT_Pin_7);

	PORT_Init(MDR_PORTD, &PORT_InitStructure);
}

//Функция считывания текущего состояния кнопки SA3
uint8_t button_State(void)
{
	return PORT_ReadInputDataBit(MDR_PORTD, PORT_Pin_7);
}
```

В разделе спецификации «Порты ввода-вывода» приведены выводы доступные для микроконтроллера. В приведенной ниже таблице видно, что у МК есть аналоговая и цифровая функции. Цифровая функция порта в свою очередь разделена на несколько возможных видов: основной, альтернативный и переопределённый. Каждый из них отвечает за взаимодействие внутренних периферийных компонентов с выводами МК.

Таблица 2 – Описание выводов микроконтроллеров серии 1986BE9x

Вывод	Контактная площадка кристалла	Тип корпуса				Дополнительные функции вывода			
		4229.132-3	H18.64-1B	H16.48-1B	LQFP64	Аналог.	Основ.	Альтер.	Переопр.
Порт A									
PA0	137	130	55	41	63	-	DATA0	EXT_INT1	-
PA1	136	129	54	40	62	-	DATA1	TMR1_CH1	TMR2_CH1
PA2	135	128	53	39	61	-	DATA2	TMR1_CH1N	TMR2_CH1N
PA3	134	127	52	38	60	-	DATA3	TMR1_CH2	TMR2_CH2
PA4	133	126	51	37	59	-	DATA4	TMR1_CH2N	TMR2_CH2N
PA5	132	125	50	36	58	-	DATA5	TMR1_CH3	TMR2_CH3
PA6	131	124	49	35	57	-	DATA6	CAN1_TX	UART1_RXD
PA7	130	123	48	34	56	-	DATA7	CAN1_RX	UART1_TXD
PA8	129	122	-	-	-	-	DATA8	TMR1_CH3N	TMR2_CH3N
PA9	128	121	-	-	-	-	DATA9	TMR1_CH4	TMR2_CH4
PA10	125	119	-	-	-	-	DATA10	nUART1DTR	TMR2_CH4N
PA11	124	118	-	-	-	-	DATA11	nUART1RTS	TMR2_BLK
PA12	123	117	-	-	-	-	DATA12	nUART1RI	TMR2_ETR
PA13	122	115	-	-	-	-	DATA13	nUART1DCD	TMR1_CH4N
PA14	121	114	-	-	-	-	DATA14	nUART1DSR	TMR1_BLK
PA15	120	113	-	-	-	-	DATA15	nUART1CTS	TMR1_ETR
Порт B									
PB0 JA_TDO	97	92	35	25	43	-	DATA16	TMR3_CH1	UART1_TXD
PB1 JA_TMS	98	93	36	26	44	-	DATA17	TMR3_CH1N	UART2_RXD
PB2 JA_TCK	99	94	37	27	45	-	DATA18	TMR3_CH2	CAN1_TX
PB3 JA_TDI	100	95	38	28	46	-	DATA19	TMR3_CH2N	CAN1_RX
PB4 JA_TRST	101	96	39	29	47	-	DATA20	TMR3_BLK	TMR3_ETR
PB5	107	102	42	32	50	-	DATA21	UART1_TXD	TMR3_CH3
PB6	108	103	43	33	51	-	DATA22	UART1_RXD	TMR3_CH3N
PB7	109	104	44	-	52	-	DATA23	nSIROUT1	TMR3_CH4
PB8	110	105	45	-	53	-	DATA24	COMP_OUT	TMR3_CH4N
PB9	111	106	46	-	54	-	DATA25	nSIRIN1	EXT_INT4
PB10	112	107	47	-	55	-	DATA26	EXT_INT2	nSIROUT1
PB11	113	108	-	-	-	-	DATA27	EXT_INT1	COMP_OUT
PB12	114	109	-	-	-	-	DATA28	SSP1_FSS	SSP2_FSS
PB13	115	110	-	-	-	-	DATA29	SSP1_CLK	SSP2_CLK
PB14	116	111	-	-	-	-	DATA30	SSP1_RXD	SSP2_RXD
PB15	119	112	-	-	-	-	DATA31	SSP1_TXD	SSP2_TXD
Порт C									
PC0	96	91	34	23	42	-	READY*	SCL1	SSP2_FSS
PC1	95	90	33	-	41	-	OE	SDA1	SSP2_CLK
PC2	94	89	31	-	40	-	WE	TMR3_CH1	SSP2_RXD
PC3	93	88	-	-	-	-	BE0	TMR3_CH1N	SSP2_TXD
PC4	92	87	-	-	-	-	BE1	TMR3_CH2	TMR1_CH1
PC5	91	86	-	-	-	-	BE2	TMR3_CH2N	TMR1_CH1N
PC6	90	85	-	-	-	-	BE3	TMR3_CH3	TMR1_CH2
PC7	89	84	-	-	-	-	CLOCK	TMR3_CH3N	TMR1_CH2N
PC8	88	83	-	-	-	-	CAN1_TX	TMR3_CH4	TMR1_CH3
PC9	87	82	-	-	-	-	CAN1_RX	TMR3_CH4N	TMR1_CH3N
PC10	86	81	-	-	-	-	-	TMR3_ETR	TMR1_CH4
PC11	85	80	-	-	-	-	-	TMR3_BLK	TMR1_CH4N
PC12	84	79	-	-	-	-	-	EXT_INT2	TMR1_ETR
PC13	83	78	-	-	-	-	-	EXT_INT4	TMR1_BLK
PC14	82	77	-	-	-	-	-	SSP2_FSS	CAN2_RX
PC15	81	76	-	-	-	-	-	SSP2_RXD	CAN2_TX
Порт D									
PD0 JB_TMS	70	65	23	17	31	ADC0_REF+	TMR1_CH1N	UART2_RXD	TMR3_CH1
PD1 JB_TCK	71	66	24	18	32	ADC1_REF-	TMR1_CH1	UART2_TXD	TMR3_CH1N
PD2 JB_TRST	72	67	25	19	33	ADC2	BUSY1	SSP2_RXD	TMR3_CH2
PD3 JB_TDI	73	68	26	20	34	ADC3	-	SSP2_FSS	TMR3_CH2N
PD4 JB_TDO	69	64	22	-	30	ADC4	TMR1_ETR	nSIROUT2	TMR3_BLK
PD5	74	69	27	-	35	ADC5	CLE	SSP2_CLK	TMR2_ETR
PD6	75	70	28	-	36	ADC6	ALE	SSP2_TXD	TMR2_BLK
PD7	68	63	21	-	29	ADC7	TMR1_BLK	nSIRIN2	UART1_RXD
PD8	67	62	-	-	-	ADC8	TMR1_CH4N	TMR2_CH1	UART1_TXD
PD9	76	71	-	-	-	ADC9	CAN2_TX	TMR2_CH1N	SSP1_FSS
PD10	66	61	-	-	-	ADC10	TMR1_CH2	TMR2_CH2	SSP1_CLK
PD11	65	60	-	-	-	ADC11	TMR1_CH2N	TMR2_CH2N	SSP1_RXD
PD12	64	59	-	-	-	ADC12	TMR1_CH3	TMR2_CH3	SSP1_TXD
PD13	63	58	-	-	-	ADC13	TMR1_CH3N	TMR2_CH3N	CAN1_TX
PD14	62	57	-	-	-	ADC14	TMR1_CH4	TMR2_CH4	CAN1_RX
PD15	61	56	-	-	-	ADC15	CAN2_RX	BUSY2	EXT_INT3
Порт E									
PE0	56	53	18	14	26	DAC2_OUT	ADDR16	TMR2_CH1	CAN1_RX
PE1	55	52	17	-	25	DAC2_REF	ADDR17	TMR2_CH1N	CAN1_TX
PE2	48	45	14	11	22	COMP_IN1	ADDR18	TMR2_CH3	TMR3_CH1
PE3	47	44	13	10	21	COMP_IN2	ADDR19	TMR2_CH3N	TMR3_CH1N
PE4	45	42	-	-	-	COMP_REF+	ADDR20	TMR2_CH4N	TMR3_CH2
PE5	44	41	-	-	-	COMP_REF-	ADDR21	TMR2_BLK	TMR3_CH2N
PE6	36	33	8	6	16	OSC_IN32	ADDR22	CAN2_RX	TMR3_CH3
PE7	35	32	7	-	15	OSC_OUT32	ADDR23	CAN2_TX	TMR3_CH3N
PE8	46	43	-	-	-	COMP_IN3	ADDR24	TMR2_CH4	TMR3_CH4
PE9	54	51	-	-	-	DAC1_OUT	ADDR25	TMR2_CH2	TMR3_CH4N
PE10	53	50	-	-	-	DAC1_REF	ADDR26	TMR2_CH2N	TMR3_ETR
PE11	26	23	-	-	-	EF	ADDR27	nSIRIN1	TMR3_BLK
PE12	21	20	-	-	-	-	ADDR28	SSP1_RXD	UART1_RXD
PE13	20	19	-	-	-	-	ADDR29	SSP1_FSS	UART1_TXD
PE14	43	40	-	-	-	-	ADDR30	TMR2_ETR	SCL1
PE15	19	18	-	-	-	-	ADDR31	EXT_INT3	SDA1
Порт F									
PF0	3	2	58	44	2	-	ADDR0	SSP1_TXD	UART2_RXD
PF1	4	3	59	45	3	-	ADDR1	SSP1_CLK	UART2_TXD
PF2	5	4	60	46	4	-	ADDR2	SSP1_FSS	CAN2_RX
PF3	6	5	61	47	5	-	ADDR3	SSP1_RXD	CAN2_TX
PF4 MODE[0]	7	6	62	48	6	-	ADDR4	-	-
PF5 MODE[1]	8	7	63	1	7	-	ADDR5	-	-
PF6 MODE[2]	9	8	64	-	8	-	ADDR6	TMR1_CH1	-
PF7	10	9	-	-	-	-	ADDR7	TMR1_CH1N	TMR3_CH1
PF8	11	10	-	-	-	-	ADDR8	TMR1_CH2	TMR3_CH1N
PF9	12	11	-	-	-	-	ADDR9	TMR1_CH2N	TMR3_CH2
PF10	13	12	-	-	-	-	ADDR10	TMR1_CH3	TMR3_CH2N
PF11	14	13	-	-	-	-	ADDR11	TMR1_CH3N	TMR3_ETR
PF12	15	14	-	-	-	-	ADDR12	TMR1_CH4	SSP2_FSS
PF13	16	15	-	-	-	-	ADDR13	TMR1_CH4N	SSP2_CLK
PF14	17	16	-	-	-	-	ADDR14	TMR1_ETR	SSP2_RXD
PF15	18	17	-	-	-	-	ADDR15	TMR1_BLK	SSP2_TXD
Системное управление									
RESET	40	37	10	7	18	Сигнал внешнего сброса 0 – сброс 1 – разрешена работа			
WAKEUP	38	35	9	-	17	Сигнал внешнего выхода из режима Standby 0 – выход из режиме StandBy 1 – нет сигнала выхода			
STANDBY	34	31	6	-	14	Флаг режима Standby 0 – микросхема не в режиме StandBy 1 – микросхема в режиме StandBy			
OSC_IN	41	38	11	8	19	Вход генератора HSE			
OSC_OUT	42	39	12	9	20	Выход генератора HSE			
USB интерфейс									
DP	22	21	1	2	9	Шина USB D+			
DN	25	22	2	3	10	Шина USB D-			

Вывод	Контактная площадка кристалла	Тип корпуса				Дополнительные функции вывода			
		4229.132-3	H18.64-1B	H16.48-1B	LQFP64	Аналог.	Основ.	Альтер.	Переопр.
Питание									
U_{CC}	1,2,31,32,77,78,103,104	1,28,29,72,73,98,99	4,29,40,57	5,21,30,43	1, 12, 38, 48	Основное питание 2,2…3,6В			
AU_{CC}	59	55	20	16	28	Аналоговое питание АЦП, ЦАП и Comparator 2,4…3,6В			
AU_{CC1}	51,52	48,49	16	13	24	Аналоговое питание PLL 2,2…3,6В			
BU_{CC}	33	30	5	-	13	Батарейное питание 1.8…3,6В			
GND	29,30,79,105,139	26,27,74,100,132	3,30,41,56	4,22,31,42	11, 39, 49, 64	Общий			
AGND	57	54	19	15	27	Общий			
AGND1	49,50	46,47	15	12	23	Общий			

Вывод	Контактная площадка кристалла	Тип корпуса				Дополнительные функции вывода			
		4229.132-3	H18.64-1B	H16.48-1B	LQFP64	Аналог.	Основ.	Альтер.	Переопр.
DU_{CC}	28,80,106,138	25,75,101,131	-	-	-	Рекомендуется не подсоединять			
Выводы для тестирования и исследования									
BDU_{CC}	37	34	-	-	-	Рекомендуется не подсоединять			
EXT_POR	39	36	-	-	-	Рекомендуется не подсоединять или на землю			
SHDN	27	24	-	-	-	Рекомендуется не подсоединять или на землю 0 – внутренний ре			
JTAG_EN	102	97	-	-	-	Рекомендуется не подсоединять или на землю			
Не используются									
	23,24, 117,118, 126,127	116,120	32	24	37	Рекомендуется не подсоединять или на землю			

Из схемотехнического документа для отладочного комплекта (доступного на сайте производителя https://ldm-systems.ru/product/21001, Схема LDM-START-K1986BE92QI.pdf) следует, что для взаимодействия с кнопкой потребуется вывод PD7 порта «D». В структуре инициализации необходимо произвести конфигурирование порта на вход в режиме «ввода-вывода» на минимальной скорости в цифровом режиме. Для взаимодействия с регистром и определения состояния кнопки потребуется функция API драйвера PORT_ReadInputDataBit, где в качестве входных параметров передается номер вывода и порт (PORTD, PD7).

Для настройки светодиода необходимо добавить в проект файлы led.h и led.c. По аналогии с описанием порта ввода-вывода кнопки производим конфигурирование вывода PA1 порта «A» для светодиода .

Листинг 5. файл led.h

```
#ifndef __LED_H__
#define __LED_H__

#include "type_custom.h"

void led_Init(void);
void led_Write(bool on_off);

#endif
```

Листинг 6. файл led.c

```
#include "led.h"

//Функция инициализации светодиода VD2
void led_Init(void)
{
        //Создание структуры для инициализации порта
        PORT_InitTypeDef PORT_InitStructure;

        //Настройки порта: вывод, функция ввода/вывода, цифровой режим,
максимальная скорость, Pin1
        PORT_InitStructure.PORT_OE = PORT_OE_OUT;
        PORT_InitStructure.PORT_FUNC = PORT_FUNC_PORT;
        PORT_InitStructure.PORT_MODE = PORT_MODE_DIGITAL;
        PORT_InitStructure.PORT_SPEED = PORT_SPEED_MAXFAST;
        PORT_InitStructure.PORT_Pin = (PORT_Pin_1);

        PORT_Init(MDR_PORTA, &PORT_InitStructure);
}

//Функция записи состояния (1:0) светодиода VD2
void led_Write(bool on_off)
{
        PORT_WriteBit(MDR_PORTA, PORT_Pin_1, on_off ? Bit_SET : Bit_RESET);
}
```

В структуре инициализации необходимо произвести конфигурирование порта на вывод с функцией «ввода-вывода» на максимальной скорости в цифровом режиме. Для взаимодействия с регистром и записи состояния светодиода VD2 потребуется функция API драйвера PORT_WriteBit, где в качестве входных параметров передается номер вывода, порт, а также состояние вывода 1 или 0 (PORTA, PA1, state).

Для определения пользовательских числовых и булевых типов потребуется их описание в заголовочном файле type_custom.h. Также необходтимо произвести подключение заголовочных файлов с драйверами, которые используются в проекте.

Листинг 7. файл type_custom.h.

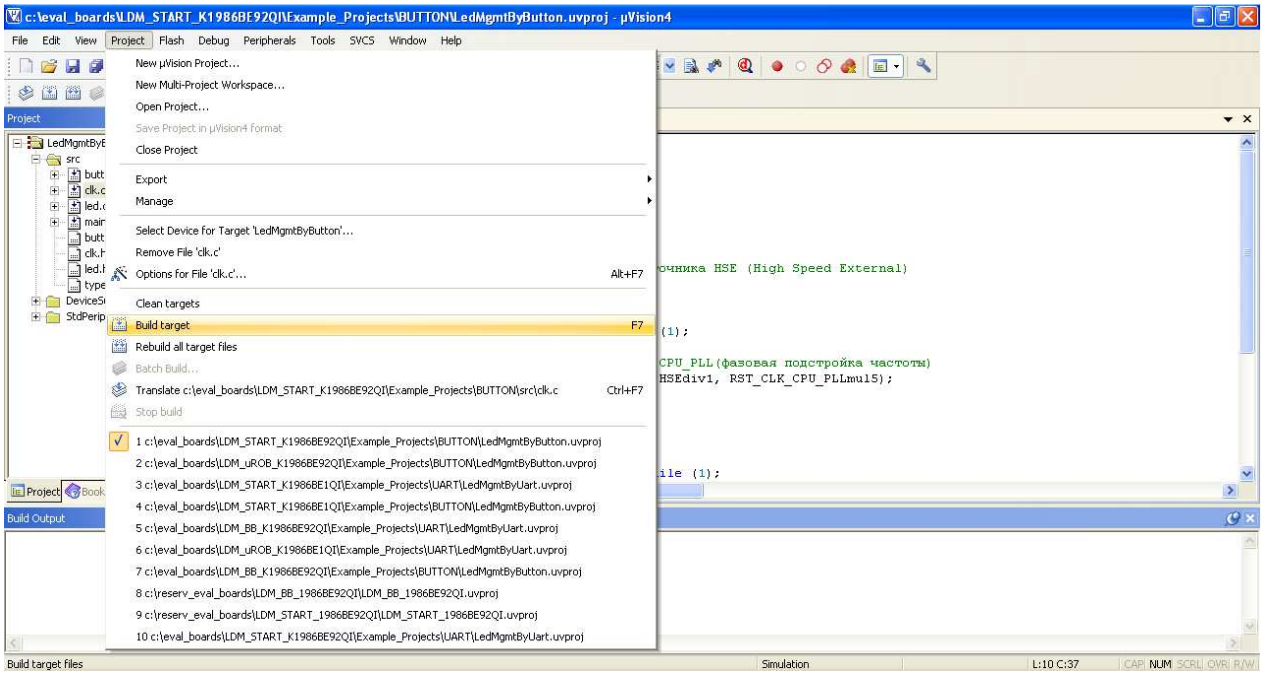
```
#ifndef __TYPE_CUSTOM_H__
#define __TYPE_CUSTOM_H__

#include "MDR32F9Qx_config.h"
#include "MDR32F9Qx_board.h"
#include "MDR32F9Qx_rst_clk.h"
#include "MDR32F9Qx_port.h"

typedef unsigned char bool;
typedef unsigned          char uint8_t;
typedef unsigned short     int uint16_t;
typedef unsigned           int uint32_t;

#define true    1
#define false   0


#endif
```

После этого можно переходить к созданию файла main.c, который является основной точкой входа для работы программы микроконтроллера. Данный файл должен содержать основной алгоритм работы программы. Сперва, необходимо подключить заголовочные файлы ранее созданных модулей «led.h», «button.h», «clk.h». В теле main требуется инициализировать программные модули тактирования, кнопки и светодиода. Затем в бесконечном цикле while(1) добавляем чтение состояния кнопки SA3 с вывода (PD7) порта (PORTD) и его дальнейшую запись на вывод (PA1) порта (PORTA) светодиода VD2.

Листинг 8. файл main.c

```
#include "clk.h"
#include "led.h"
#include "button.h"

int main(void)
{
        //Создание переменной для записи текущего состояния кнопки
        uint8_t state = 0;

        //Инициализация модулей
        clk_CoreConfig();
        led_Init();
        button_Init();

  while (1){
                //Считывание текущего состояния кнопки SA3
                state = button_State();
                //Запись состояния кнопки на вывод светодиода VD2
                led_Write(!state);
        }
}
```

Теперь, необходимо полностью откомпилировать проект. Для этого в меню «Project» выбираем «Build Target» (F7).



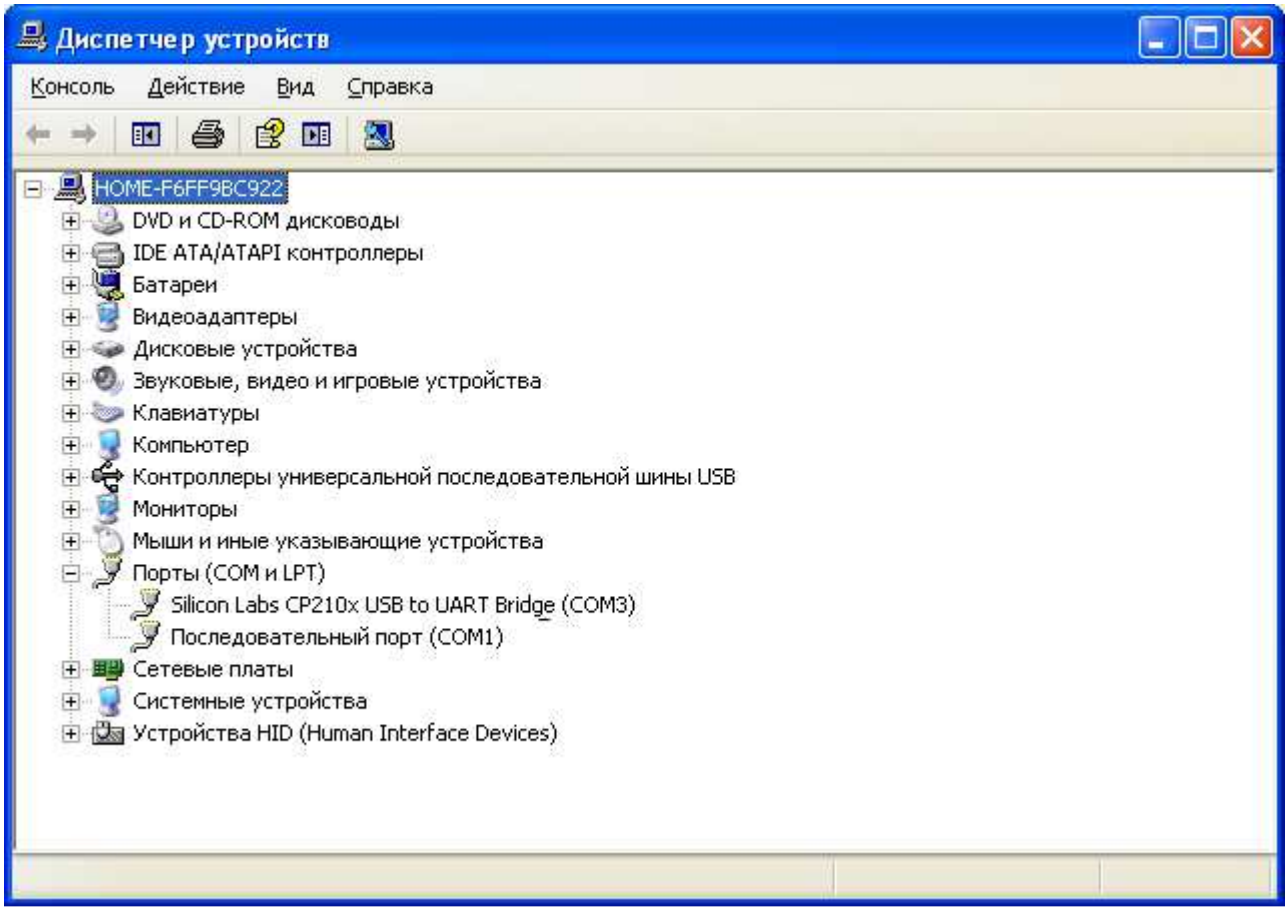
Можно увидеть, что в папке проекта, в случае отсутствия ошибок или предупреждений в окне «Build Output», в директории obj появился файл с расширением .hex.

1.3 Загрузка ВПО в микроконтроллер через встроенный UART-загрузчик

Для загрузки ВПО в микроконтроллер необходимо загрузить программу прошивки микроконтроллера через внутренний UART-загрузчик: *Программно-отладочные средства→ Программное обеспечение→Утилиты для прошивки Flash МК 1986 через UART*

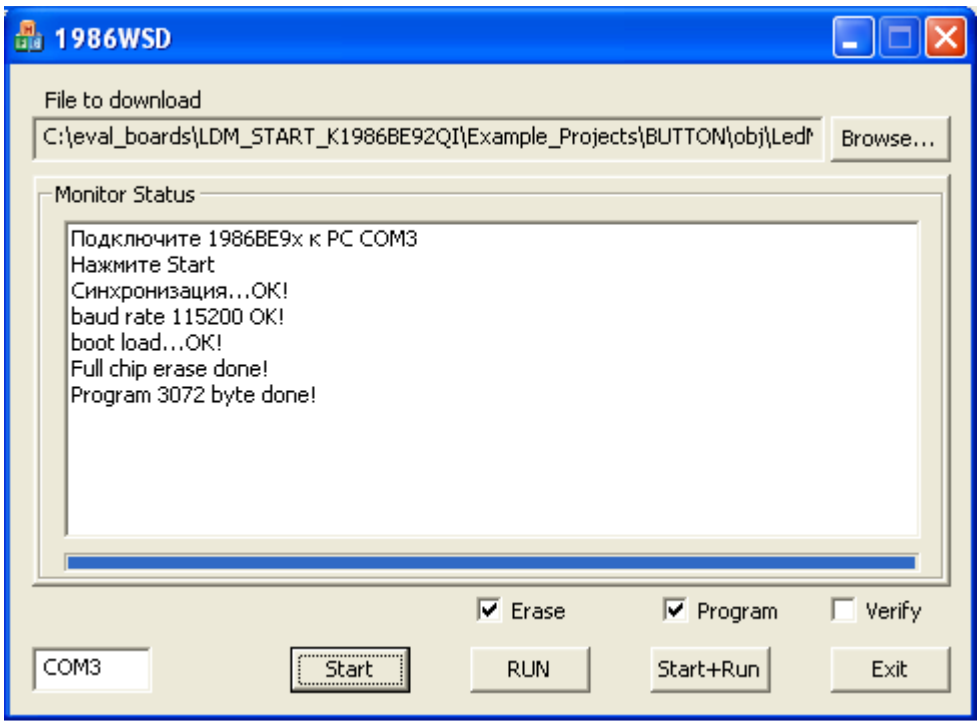
Перед тем, как запустить программу, необходимо установить на компьютер драйвер для микросхемы CP2102. Скачать драйвера можно непосредственно с сайта производителя, компании «Silicon Labs» (http://www.silabs.com).

После установки драйвера, в системе, при подключении платы в диспетчере устройств появится виртуальный COM-порт. В данном примере это COM3.



Для работы с ПО-загрузчиком необходимым условием является подключение через COM порты 1-9. Далее необходимо перевести dip - переключатели SA4 1-3 в положение OFF («0»), а 4-5 в положение ON («1»). Отключение питания подключенной к USB платы производится по кнопке SA1. Установка «1» на входах M1 и M2 производится по кнопке SA5. Таким образом, для получения режима загрузки BOOT (MODE) микроконтроллера M2..M0 = «110» при котором происходит загрузка по UART, необходимо зажать SA5 и коротким нажатием на SA1 сбросить питание, затем отжать SA5 . Подробнее о режимах загрузки микроконтроллера написано в спецификации на микросхему.

Запускаем программу UART-загрузчик «1986WSD.exe». Выбираем hex-файл из папки obj созданного проекта. Настраиваем параметры порта, скорости, ставим галочки для операций стирания и программирования. Нажимаем «Start». После чего в окне «Monitor Status» должна появиться соответствующую надпись об успешном выполнении загрузки программы во внутреннюю flash-память микроконтроллера. Можно непосредственно произвести запуск программы, нажатием кнопки «RUN» после окончании операции загрузки.



Последовательность действий для загрузки прошивки в микроконтроллер:

- ✓ Вводим в режим BOOT MODE путем зажатия SA5 и одновременного сброса питания коротким нажатием SA1
- ✓ Запускаем программу 1986WSD.exe, указываем COM-порт, путь к hex-файлу, параметры загрузки (галочки Erase и Program)
- ✓ Нажимаем «Start»
- ✓ Нажимаем «RUN»

Для проверки работоспособности ВПО необходимо нажать на SA3, после чего должен загореться светодиод VD2.

Пример 2
Управление светодиодом VD2 по UART2

Для начала работы потребуется создать новый проект с названием «LedMgmtByUart» в папке «Example_projects\UART\». Далее необходимо воспроизвести последовательность действий из 1го примера раздела «*Создание проекта и настройка среды разработки Keil uVision ver. 4.74*» для настройки проекта. Таким образом, у нас получился настроенный проект с подключенными библиотечными файлами из папок *MDR32F9Qx_StdPeriph_Driver* и *CMSIS*. В группу с драйверами StdPeriphDriver следует добавить файлы для обеспечения настройки и взаимодействия по UART — MDR32F9Qx_uart.h и MDR32F9Qx_uart.c.

Перед тем как приниматься создавать функциональный код необходимо скопировать файлы led.c и led.h в папку src из первого примера. Добавить данные файлы можно также в группу src. В текущем варианте код для работы со светодиодом VD2 остается неизменным и подходит для реализации данного примера. Файл с пользовательскими типами type_costum.h также требуется скопировать в папку src и добавить в проект.

Для упрощения можно взять написанные ранее файлы clk.c и clk.h с процедурой настройки тактовой частоты микропроцессора. В файл clk.c для того, чтобы подать тактовую частоту на порт «F» и на UART2 надо дописать строки:

```
//Подача тактовой частоты на порт PORTF
RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_PORTF, ENABLE);
//Подача тактовой частоты на UART2
RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_UART2, ENABLE);
```

В общем виде файл примет вид:

Листинг 1. файл clk.c

```
#include "clk.h"

//Функция настройки тактовой частоты МК
void clk_CoreConfig(void)
{
        //Реинициализация настроек тактирования
        RST_CLK_DeInit();

        //Включение тактирования от внешнего источника HSE (High Speed External)
        RST_CLK_HSEconfig(RST_CLK_HSE_ON);

        //Проверка статуса HSE
        if (RST_CLK_HSEstatus() == ERROR) while (1);

        //Настройка делителя/умножителя частоты CPU_PLL(фазовая подстройка
частоты)
        RST_CLK_CPU_PLLconfig(RST_CLK_CPU_PLLsrcHSEdiv1, RST_CLK_CPU_PLLmul5);

        //Включение CPU_PLL
        RST_CLK_CPU_PLLcmd(ENABLE);

        //Проверка статуса CPU_PLL
        if (RST_CLK_CPU_PLLstatus() == ERROR) while (1);

        //Коммутация выхода CPU_PLL на вход CPU_C3
        RST_CLK_CPU_PLLuse(ENABLE);

        //Выбор источника тактирования ядра процессора
        RST_CLK_CPUclkSelection(RST_CLK_CPUclkCPU_C3);
```

```
        //Подача тактовой частоты на порты PORTA, PORTF
        RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_PORTA, ENABLE);
        RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_PORTF, ENABLE);

        //Подача тактовой частоты на UART2
        RST_CLK_PCLKcmd(RST_CLK_PCLK_UART2, ENABLE);
}
```

Далее для работы с UART2 создадим и добавим в проект файлы uart.h и uart.c. В заголовочном файле uart.h (Листинг 2) обозначены прототипы функций для инициализации периферийного модуля UART2, а также процедура приема байта и последущей интерпритации его в команду.

Листинг 2. файл uart.h

```
#ifndef __UART_H__
#define __UART_H__

#include "type_custom.h"

void uart_Init(void);
uint8_t uart_Work(void);
uint8_t uart_Send(void);
#endif
```

В коде инициализации UART2 (Листинг 3) присутствует процедура uart_Init, которая настраивает и инициализирует структурами порт и непосредственно сам интерфейс последовательного приемопередатчика UART. Для настройки выводов порта UART2 производится отключение подтягивающих резисторов, функции триггера Шмидта, фильтрации Гаусса. Функционально порт настраивается в цифровом режиме как основной. Скорость порта задается максимальной для достижения требуемого быстродействия на высоких скоростях. Выходные каскады должны быть сконфигурированы как push-pull драйверы. Соответственно пин PF1 настраивается на выход т.к. выполняет функцию передатчика TX, PF0 — на вход, т.к. выполняет функцию приемника RX. Для обеспечения требуемых скоростей блока UART требуется настроить предделитель на 16 (функция UART_BRGInit). Параметры UART подобраны из стандартной линейки, где скорость соответствует 115200 бод, длина слова — 8 бит, 1 стоп-бит, отсутствие паритета, аппаратный контроль потока на RX и TX . Завершается инициализация командой включения. API функции позволяют получить доступ к адресам регистров специального назначения микропроцессора и произвести их настройку. Для наглядности можно посмотреть на реализацию функций настройки порта, чтения флагов и приема данных.

Листинг 3. файл uart.c

```
#include "uart.h"

//Функция инициализации UART2
void uart_Init()
{
        //Создание структур для инициализации выводов порта и UART
        PORT_InitTypeDef PortInit;
        UART_InitTypeDef UART_InitStructure;

        //Настройка порта: основная функция, цифровой режим, максимальная
скорость
        //Отключение: подтягивающих резисторов, функций триггера шмидта,
фильтрации Гаусса
        PortInit.PORT_PULL_UP = PORT_PULL_UP_OFF;
```

```
        PortInit.PORT_PULL_DOWN = PORT_PULL_DOWN_OFF;
        PortInit.PORT_PD_SHM = PORT_PD_SHM_OFF;
        PortInit.PORT_PD = PORT_PD_DRIVER;
        PortInit.PORT_GFEN = PORT_GFEN_OFF;
        PortInit.PORT_FUNC = PORT_FUNC_OVERRID;
        PortInit.PORT_SPEED = PORT_SPEED_MAXFAST;
        PortInit.PORT_MODE = PORT_MODE_DIGITAL;

        //Настойка PORTF pins 1 на вывод (UART2_TX)
        PortInit.PORT_OE = PORT_OE_OUT;
        PortInit.PORT_Pin = PORT_Pin_1;
        PORT_Init(MDR_PORTF, &PortInit);

        //Настойка PORTF pins 0 на ввод (UART2_RX)
        PortInit.PORT_OE = PORT_OE_IN;
        PortInit.PORT_Pin = PORT_Pin_0;
        PORT_Init(MDR_PORTF, &PortInit);

        //Установка предделителя часототы UART2 HCLKdiv = 16
        UART_BRGInit(MDR_UART2, UART_HCLKdiv16 );

        //Настройка параметров UART2: 115200, 8бит, 1 стоп бит, без паритета,
откл. буфера FIFO, контроль потока RX/TX
        UART_InitStructure.UART_BaudRate = 115200;
        UART_InitStructure.UART_WordLength = UART_WordLength8b;
        UART_InitStructure.UART_StopBits = UART_StopBits1;
        UART_InitStructure.UART_Parity = UART_Parity_No;
        UART_InitStructure.UART_FIFOMode = UART_FIFO_OFF;
        UART_InitStructure.UART_HardwareFlowControl =
UART_HardwareFlowControl_RXE | UART_HardwareFlowControl_TXE;

        //Конфигурирование параметров UART2
        UART_Init(MDR_UART2, &UART_InitStructure);

        //Команда включения UART2
        UART_Cmd(MDR_UART2, ENABLE);
}

//Функция приема байта по UART2
uint8_t uart_Work(void)
{
        uint16_t data;
        uint8_t res = 0xFF;

        if(UART_GetFlagStatus(MDR_UART2, UART_FLAG_RXFE) != SET)
        {

                data = UART_ReceiveData(MDR_UART2);

                if((char)(data & 0xFF) == '0')
                        res = 0x00;
                else if((char)(data & 0xFF) == '1')
                        res = 0x01;
        }

        return res;
}
```

Функция приема байт по UART uart_Work представляет собой интерпритатор принятых байт в формате ASCII в команды 0x00 - «0», 0x01 - «1» для светодиода VD2. В процессе приема происходит анализ флага регистра данных приемника. Если он выставляется

в «0» значит регистр заполнен и необходимо прочитать принятый байт из регистра UARTx->DR.

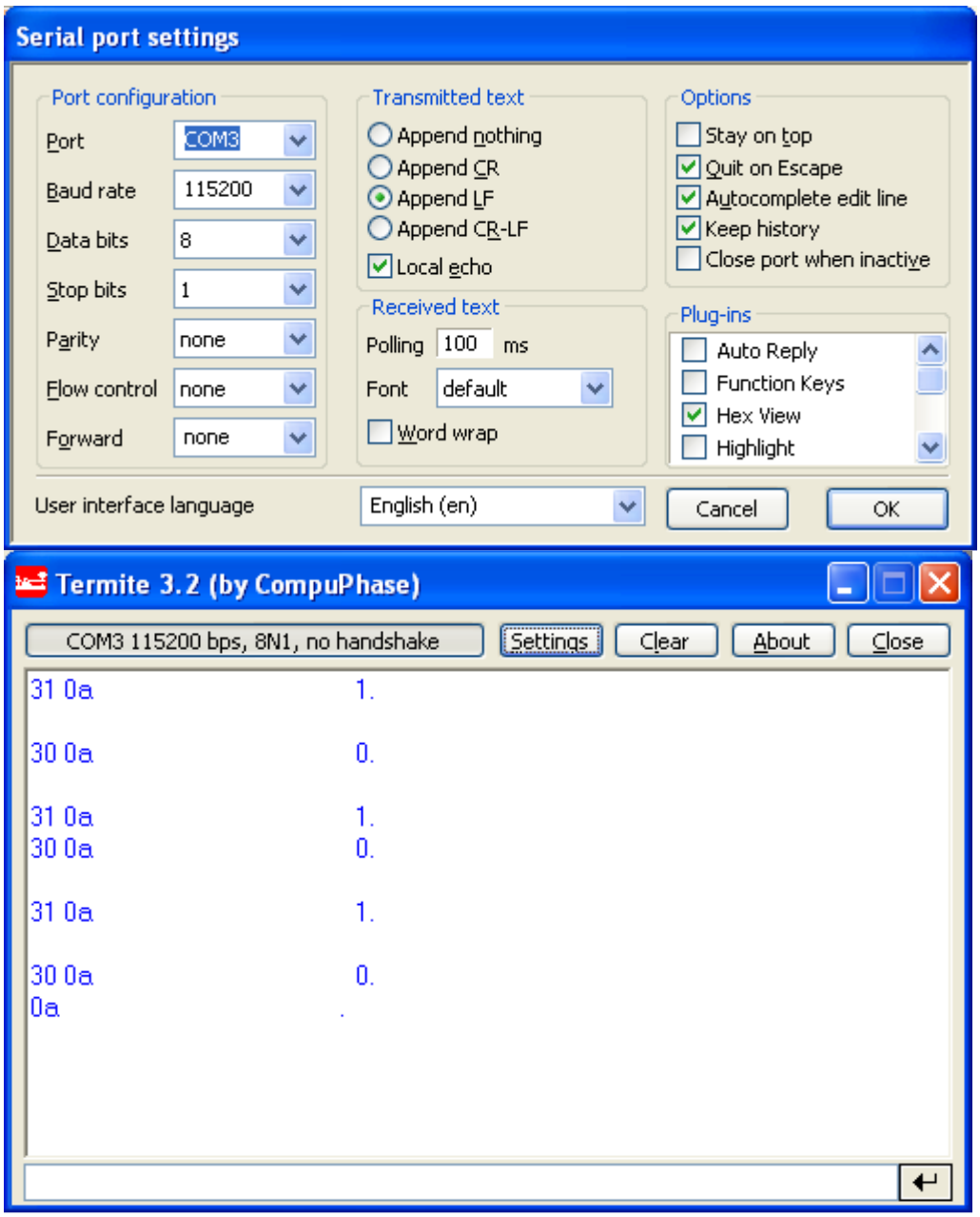
Основной файл программы main.c представлен ниже (Листинг 4). В данном примере описан процесс получения команд по UART в основном цикле, регистрация и запись состояния на вывод светодиода VD2. После инициализации периферийных модулей тактирования, светодиода, приемопередатчика UART происходит переход в основной бесконечный цикл программы, где происходит постоянный опрос регистра UART2 и при наличии данных — чтение и интерпритация кода ASCII в код команды для записи состояния (1:0) на выходной вывод PA1 порта «A» светодиода VD2.

Листинг 4. файл main.c

```
#include "clk.h"
#include "led.h"
#include "uart.h"

int main(void)
{
        //Переменная для чтения команды по UART
        uint8_t cmd = 0;

        //Инициализация периферии
        clk_CoreConfig();
        led_Init();
        uart_Init();

  while (1){

                //Получение команд по UART
                cmd = uart_Work();

                //Условие сравнения команд и вывода (1:0) на светодиод VD2
                if(cmd == 0x00)
                        led_Write(false);
                else if(cmd == 0x01)
                        led_Write(true);
        }
}
```

После завершения написания программы необходимо скомпилировать проект. После успешного завершения сборки проекта и создания hex-файла переходим к загрузке полученного ВПО в микроконтроллер через UART-загрузчик. Таким образом, повторяем последовательность действий для ввода в режим BOOT MODE. Запускаем утилиту «1986WSD.exe», указываем hex-файл и необходимые настройки, прошиваем внутреннюю flash-память. Нажимаем «RUN» - итак все готово для тестирования.

Для тестирования потребуется утилита с дружественным интерфейсом под названием Termite — терминал для работы с последовательным COM портом (загружаем и устанавливаем Termite version 3.2 - complete setup с сайта http://www.compuphase.com/software_termite.htm). После установки запускаем Termite.exe и переходим в настройки «Settings». Снизу на рисунке показаны настройки для обеспечения связи с отладочной платой LDM-START-K1986BE92QI, для примера взят «COM3» (на другом ПК номер порта может отличаться). Далее нажимаем на кнопку «Disconnected — click to connect». При успешном соединении на кнопке отобразятся текущие параметры установленного соединения (как на рисунке см ниже). Затем необходимо в очередности 1 + Enter , 0 + Enter отправлять команды в плату и наблюдать за светодиодом VD2. Состояние должно меняться в соответсвии с отправленными командами.


Serial port settings
Port configuration
Port
COM3
Baud rate
115200
Data bits
8
Stop bits
1
Parity
none
Flow control
none
Forward
none
Transmitted text
Append nothing
Append CR
Append LF
Append CR-LF
Local echo
Received text
Polling
100
ms
Font
default
Word wrap
Options
Stay on top
Quit on Escape
Autocomplete edit line
Keep history
Close port when inactive
Plug-ins
Auto Reply
Function Keys
Hex View
Highlight
User interface language
English (en)
Cancel
OK
Termite 3.2 (by CompuPhase)
COM3 115200 bps, 8N1, no handshake
Settings
Clear
About
Close
31 0a 1.
30 0a 0.
31 0a 1.
30 0a 0.
31 0a 1.
30 0a 0.
0a .