КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Генерация и обработка аудио потока

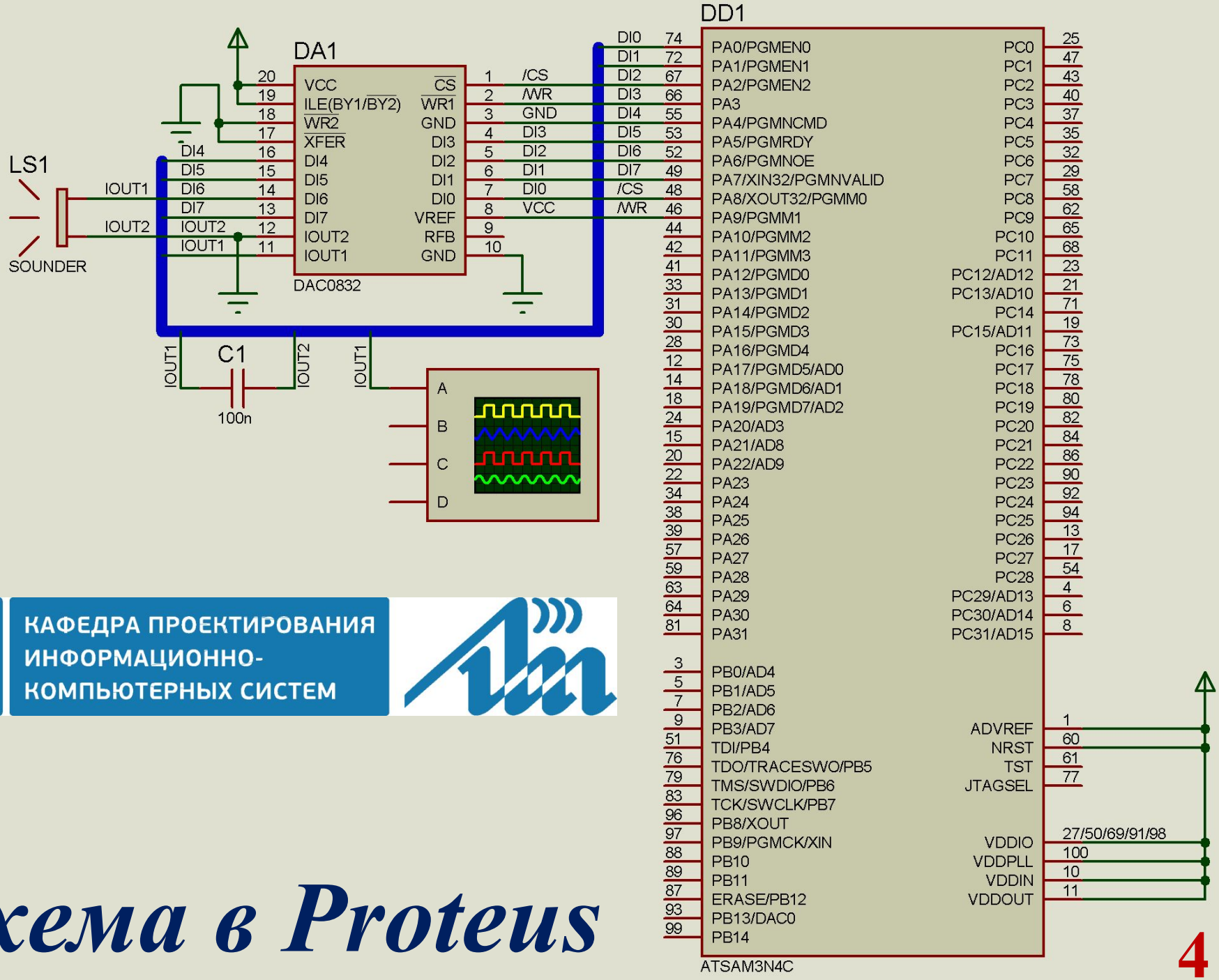
Преподаватель:
Олег Чеславович Ролич
к.т.н., доцент

Сопутствующие цели

1. Освоить принципы генерации аудио потока
2. Изучить форматы представления, хранения и передачи аудио данных
3. Изучить алгоритмы взаимного преобразования PDM-формата данных в PCM-формат

Постановка задачи

Согласно заданным принципиальной схеме и управляющей программе, на базе микроконтроллера ATSAM3N4C, цифро-аналогового преобразователя DAC0832 и генератора SOUNDER звука построить модель устройства генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых аудио данных



КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

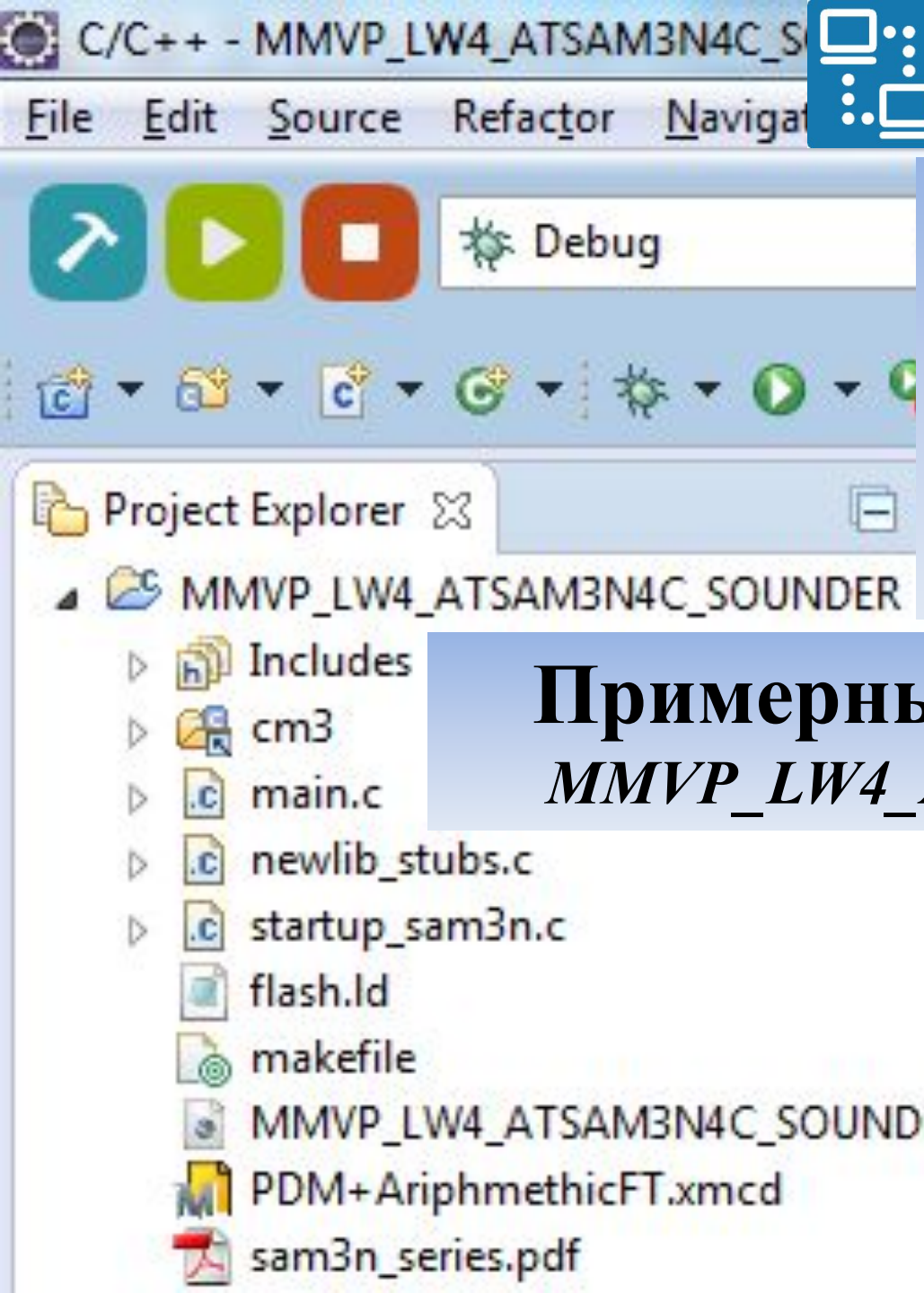
Схема в Proteus

Постановка задачи

Новый проект «*MMVP_LW4_ATSAM3N4C_SOUNDER*» рекомендуется создавать на базе одного из предыдущих, ранее отлаженных, например, на основе «*MMVP_LW3_ATSAM3N4C_CAMERA_LCD_1*» путём его копирования через буфер обмена. Лишние файлы рекомендуется удалить в соответствии со следующим рисунком

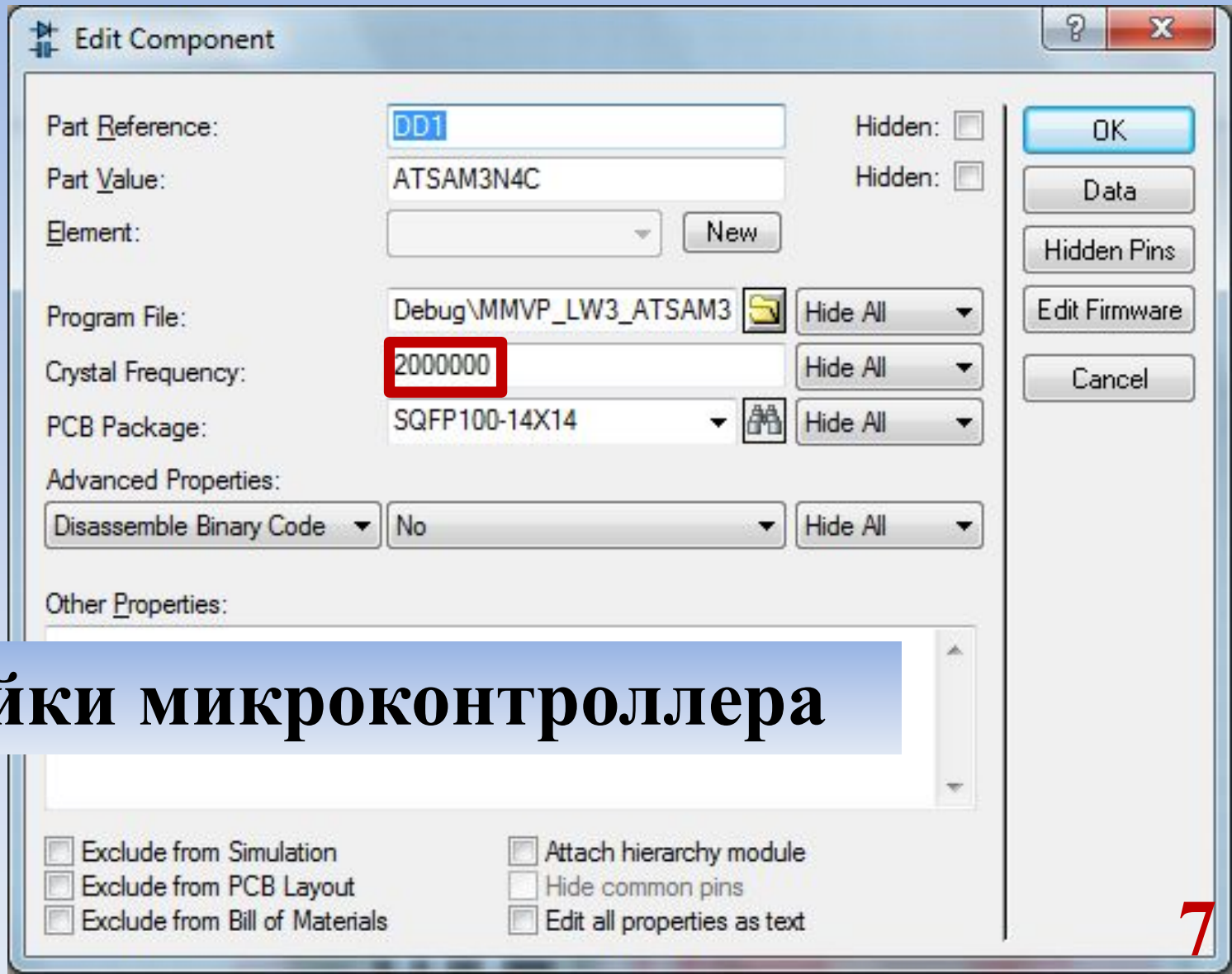
Модель устройства генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых аудио данных

Примерный состав проекта *MMVP_LW4_ATSAM3N4C_SOUNDER*



Модель устройства генерации звуковых колебаний

КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ



Настройки микроконтроллера

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Проект «*MMVP_LW4_ATSAM3N4C_SOUNDER*»

Файлы

newlib_stubs.c и *flash.ld*

остаются без изменений по сравнению с проектом «*MMVP_LW3_ATSAM3N4C_CAMERA_LCD_1*»

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Файл main.c

```
#include "sam3n4c.h"
#include "pmc.h"
#include "pio.h"
#include "board.h"
#define WINLEN    32  // Количество бит
// в подвижном окне для преобразования PDM в PCM
volatile int32_t ITM_RxBuffer;
// DAC commands
// PA8 <---> /CS
#define SOUND_CS          {PIO_PA8, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA9 <---> /WR
#define SOUND_WR          {PIO_PA9, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Файл main.c

```
// DAC data bus
// PA0 <---> DI0
#define SOUND_DI0      {PIO_PA0, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA1 <---> DI1
#define SOUND_DI1      {PIO_PA1, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA2 <---> DI2
#define SOUND_DI2      {PIO_PA2, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA3 <---> DI3
#define SOUND_DI3      {PIO_PA3, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
// PA4 <---> DI4
#define SOUND_DI4      {PIO_PA4, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA5 <---> DI5
#define SOUND_DI5      {PIO_PA5, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA6 <---> DI6
#define SOUND_DI6      {PIO_PA6, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
// PA7 <---> DI7
#define SOUND_DI7      {PIO_PA7, (AT91S_PIO *) PIOA,
AT91C_ID_PIOA, PIO_OUTPUT_0, PIO_DEFAULT}
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
// Sound DAC data bus pins
Pin SoundBusPins[] = {
    SOUND_DI0,
    SOUND_DI1,
    SOUND_DI2,
    SOUND_DI3,
    SOUND_DI4,
    SOUND_DI5,
    SOUND_DI6,
    SOUND_DI7,
};
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
// Sound DAC control pins
Pin SoundCtrlPins[] = {
    SOUND_CS,
    SOUND_WR,
};

uint8_t wave[] = { 127, 255, 222, 218, 170, 68, 16, 0,
                   0, 1, 4, 74, 171, 111, 127, 255,
};
const uint16_t n = sizeof(wave) / sizeof(uint8_t);
const uint8_t bytesLen = WINLEN / 8 / sizeof(uint8_t);
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Файл ***main.c***

```
/* Массив, определяющий пропорции плотности битов */
uint8_t onesQuantity[] = {
    0, /* количество единичных битов в числе 0 */
    1, /* количество единичных битов в числе 1 */
    1, /* количество единичных битов в числе 2 */
    2, /* количество единичных битов в числе 3 */
    1, /* количество единичных битов в числе 4 */
    2, /* количество единичных битов в числе 5 */
    2, /* количество единичных битов в числе 6 */
    3, /* количество единичных битов в числе 7 */
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Файл **main.c**

```
1, /* количество единичных битов в числе 8 */
2, /* количество единичных битов в числе 9 */
  2, /* количество единичных битов в числе 10 */
  3, /* количество единичных битов в числе 11 */
  2, /* количество единичных битов в числе 12 */
  3, /* количество единичных битов в числе 13 */
  3, /* количество единичных битов в числе 14 */
  4, /* количество единичных битов в числе 15 */
};
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
void TC0_Handler ( void );

int main ( void ) {
    // Разрешение тактирования порта PIOA
    PMC_EnablePeripheral ( ID_PIOA );

    PIO_Configure ( SoundBusPins, PIO_LISTSIZE (
SoundBusPins ) );
    PIO_Configure ( SoundCtrlPins, PIO_LISTSIZE (
SoundCtrlPins ) );
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
// Инициализация таймера TC0
TC_Configure ( TC0, TC_CMR_WAVE |
TC_CMR_WAVSEL_UP_RC |
TC_CMR_TCCLKS_TIMER_CLOCK1 );
TC_Start ( TC0 );

TC0->TC_CHANNEL[0].TC_RC = 0x0040;
// Разрешение прерывания
// по переполнению таймера TC0
TC0->TC_CHANNEL[0].TC_IER = TC_IER_CPCS;
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
// Включение обработки прерываний таймера TC0
  NVIC_SetPriorityGrouping ( 0 );
  NVIC_EnableIRQ ( TC0_IRQn );

  for(;;) {
  }
  return 0;
}
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Файл **main.c**

```
void TC0_Handler ( void ) {
 /* Преобразование PDM в PCM с заданным окном длиной WINLEN бит */
    uint16_t i;
 uint8_t bit = wave[0] & 0x80; // Выделение старшего бита в wave[0]
/* Циклический сдвиг всего массива wave[] влево
     *  (в сторону старшего бита) */
    for ( i = 0; i < n - 1; i++ ) {
        wave[i] <<= 1;
        if (wave[i+1] & 0x80) {
            wave[i] |= 1; } }
    wave[n-1] <<= 1;
    if (bit) { wave[n-1] |= 1; }
    /* ------------------------------------ */
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Файл ***main.c***

```
/* Усреднение количества единичных битов в окне,
 *  начиная от старшего бита wave[0] длиной WINLEN */
   uint16_t onesQ = 0;
   for ( i = 0; i < bytesLen; i++ ) {
   onesQ += onesQuantity[(wave[i] >> 4) & 0x0F];
   onesQ += onesQuantity[wave[i] & 0x0F];
   }
   if (onesQ) {
  onesQ <<= 8; // *= 256 (ибо ЦАП 8-разрядный)
      onesQ--;
      onesQ /= WINLEN;    }
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

*Файл **main.c***

```
SoundBusPins[0].pio->PIO_SODR = onesQ & 0xFF;
SoundBusPins[0].pio->PIO_CODR = (~onesQ) & 0xFF;
    PIO_Set ( SoundCtrlPins + 1 );
    PIO_Clear ( SoundCtrlPins + 1 );
    /* ------------------------------------- */

    NVIC_ClearPendingIRQ ( TC0_IRQn );
}
```

Программа генерации звуковых колебаний на базе PDM-фильтрации цифровых данных

Отличительные строки файла *startup_sam3n.c*

```
static void TimingDelay_Decrement ( void );
void IntDefaultHandler ( void );
void TC0_Handler ( void );
/* Exception Table */
__attribute__ ((section(".vectors")))
IntFunc exception_table[] = {
/* Configure Initial Stack Pointer, using linker-generated symbols */
    (IntFunc) (&_estack),
    Reset_Handler,
    IntDefaultHandler,
    ……————————————————————
    IntDefaultHandler,   /* 22 Reserved */
    TC0_Handler, /* 23 Timer Counter 0 */
    IntDefaultHandler,   /* 24 Timer Counter 1 */
```

Отличительные строки make-файла

```
# Target file name (without extension)
TARGET=MMVP_LW4_ATSAM3N4C_SOUNDER
……………………………………………………………………
SOURCE=startup_sam3n.c \
    main.c \
    newlib_stubs.c \
    $(CM3_SPL_DIR)/src/pmc.c \
    $(CM3_SPL_DIR)/src/pio.c \
    $(CM3_SPL_DIR)/src/tc.c \
    $(CM3_SPL_DIR)/src/nvic.c
```

Файл makefile

Коррекция проекта завершена

Удачного его построения и проверки работы!