

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ SIMPLELINK CC2650

В.А. Мездрин

Алтайский государственный университет
г. Барнаул

В статье рассматриваются основные особенности программирования контроллера CC2650 компании Texas Instruments. Рассмотрены особенности программного кода контроллера, а также рассмотрено создание различных устройств на базе данного контроллера, на примере грунтового пенетрометра.

Ключевые слова: контроллер, bluetooth, пенетрометр, SensorTag.

На сегодняшний день уже существует большое количество различного рода процессоров, контроллеров и систем-на-кристалле, обладающих высокой производительностью, высокой вычислительной мощностью и сравнительно небольшими размерами. По каким принципам выбрать конкретный контроллер из такого многообразия, представленного на рынке, при разработке нового прибора? Какой чип, какой компании будет выступать управляющим элементом устройства? При разработке проектов устройств этим вопросам уделяют особое внимание, ведь от того какой контроллер будет выбран зависит то, какое дополнительное оборудование можно будет подключить к нему, количество подключаемых датчиков и сенсоров. Так же в некоторой степени от выбранного контроллера (энергопотребления контроллера) зависит автономность работы устройства, возможность быстрой разработки программных кодов для программирования контроллера, удобство работы, и многие другие схемотехнические и параметрические критерии. Поэтому важно всегда быть в курсе последних разработок и научных исследований в различных областях науки и техники. Поэтому в данной статье будет представлен и разобран один из множества контроллеров компании Texas Instruments, позволяющий быстро разрабатывать надежные производительные системы. Контроллер, который уже содержит в себе возможность включения беспроводных интерфейсов, и обладающим сравнительно низким, по сравнению с другими аналогичными контроллерами, энергопотреблением.

В феврале 2015 года компания Texas Instruments представила свой новый продукт

– семейство контроллеров CC26xx/CC13xx. Данное семейство контроллеров является многоядерными однокристальными чипами, в состав которых входят: контроллер датчиков, подключаемых к чипу, ядро Cortex-M3, РЧ-приемопередатчик, и другое. Контроллер серии CC26xx – это новый подход к созданию беспроводной связи. Собранный на одном кристалле многоядерный контроллер позволяет не только опрашивать различные датчики, обрабатывать их, но и позволяет строить различные решения беспроводной передачи полученных и обработанных данных. Данная микросхема позволяет передавать данные по различным протоколам передачи данных, она поддерживает: ZigBee, Bluetooth, RF4CE и ряд других не менее известных протоколов.

Еще одним преимуществом перед другими контроллерами является низкое энергопотребление микросхемы, по сравнению с другими подобными контроллерами. Что позволяет добиться большей автономности разрабатываемых на базе кристалла устройств, при одинаковых источниках питания. Снижение потребления компания Texas Instruments сумела добиться с помощью внутренних оригинальных схемотехнических решений.

На базе данной микросхемы можно построить практически любое устройство, способное обрабатывать данные и требующее беспроводную передачу данных. Так же создаваемые приборы по беспроводным протоколам передачи данных можно подключать практически к любым мобильным устройствам на платформе Android и iOS.

Одним из таких разрабатываемых устройств на базе многоядерного контроллера CC2650 является грунтовой пенетрометр.

Данный прибор должен снимать показания нескольких датчиков, обрабатывать их и передавать по протоколу Bluetooth на мобильное устройство для представления данных в удобном для восприятия виде. В качестве датчиков используются датчики силы тензометрического типа, для измерения силы давления на устройство; датчик расстояния, для измерения расстояния до грунта при измерениях и датчик температуры LMT101, для коррекции показаний тензометрических датчиков при изменении температуры окружающей среды.

«Мозгом» данного устройства служит однокристалльный контроллер серии CC26xx, который программируется для отлаженной работы датчиков. Программирование контроллера происходит на языке C, через отладочную плату SensorTag. При работе с датчиками придется учесть тот факт, что каждый из датчиков имеет только определенное выделенное время для снятия измерения, обычно этот интервал составляет 100 мс. Рассмотрим подробнее структуру программы для контроллеров данной серии.

Как и для всех программ, написанных на языке C, главной функцией является функция main(). В данной функции может содержаться инициализация и настройка вспомогательного оборудования, запуск планировщика задач, также настройка управлением питания и прочее. Объявление переменных, инициализация функций, вызов функций, условные операторы и прочие операторы здесь идентичны операторам и объявлениям в языке C.

В начале программы идет инициализация переменных, констант, также подключение необходимых библиотек, таких как «bcomdef.h» – подключения модуля BLE (Беспроводной стандарт Bluetooth Low Energy).

Также перед выполнением каких либо функций идет подключение модулей управления питанием, подключение ядра операционной системы TI-RTOS, которая работает как ОС реального времени со встроенными средствами синхронизации задач и планирования, Подключение модулей поддержки аппаратного обеспечения. Как и в любой другой программе, написанной на языке C, подключение библиотек и файлов идет с помощью служебного слова #include.

```
#include <xdc/runtime/Error.h>
#include
<ti/sysbios/family/arm/cc26xx/Power.h>
#include
<ti/sysbios/family/arm/cc26xx/PowerCC2650.h>
```

```
#include <ti/sysbios/BIOS.h>
#include <driverlib/vims.h>
```

Также необходимо подключить библиотеки опроса датчиков. В качестве датчиков могут служить датчики температуры, датчики расстояния или же датчик давления тензометрического типа, как в случае с разрабатываемым грунтовым пенетрометром.

```
#include "SensorTag.h"
#include "SensorTag_Tmp.h"
#include "SensorTag_Hum.h"
#include "SensorTag_Bar.h"
```

Также идет подключение системных переменных и условий для работы системы, например, управление конфигурацией стека BLE.

Основной функцией, или точкой входа в программу служит функция main(). Здесь, в основной программе и выполняются основные функции заложенной программы, такие как функции для обеспечения беспроводной связи, инициализация линий ввода при подключенных внешних устройствах, опрос датчиков и обработка сообщений, также описываются системные функции, для работы микросхемы, такие как настройка параметров энергопотребления, инициализация механизме косвенных вызовов ICall.

Инициализация прикладных задач – в случае SensorTag их несколько. Для каждой задачи выделяется собственный стек для хранения локальных переменных и хранения адресов возвратов, также задается приоритет. Для большинства задач опроса датчиков исполнимая часть организуется в виде бесконечного цикла, включающего в себя опрос датчиков и обработку сообщений:

```
SensorTag_createTask();
SensorTagTmp_createTask();
SensorTagHum_createTask();
SensorTagBar_createTask();
#ifdef FEATURE_OAD
{
uint8_t counter;
uint32_t *vectorTable = (uint32_t*)
0x20000000;
uint32_t *flashVectors = &__vector_table;
// Write image specific interrupt vectors into
RAM vector table.
for(counter = 0; counter < 15; ++counter)
{ *vectorTable++ = *flashVectors++; }
#endif //FEATURE_OAD
```

В данных функциях идет определение параметров датчиков. Рассмотрим подробнее функции для работы с датчиками на примере функции SensorTagTmp_createTask(); - функции работы с датчиком температуры. Данная

функция инициализирует задачу для чтения данных с датчика температуры.

```
void SensorTagTmp_createTask(void)
{ Task_Params taskParams;
  // Create the task for the state machine
  Task_Params_init(&taskParams);
  taskParams.stack = sensorTaskStack;
  taskParams.stackSize = SENSOR_TASK_STACK_SIZE;
  taskParams.priority = SENSOR_TASK_PRIORITY;
  Task_construct(&sensorTask,
  sensorTaskFxn, &taskParams, NULL); }
```

Считывание данных с датчика температуры располагается в главной функции контроллера после инициализации задач и функций и организовано в виде бесконечного цикла с определенной задержкой считывания данных.

```
while (true) {
  If (sensorConfig == ST_CFG_SENSOR_ENABLE)
  { Data_t data;
    // Считывание данных с датчика
    sensorTmp007Enable(true);
    delay_ms(TEMP_MEAS_DELAY);
    sensorTmp007Read(&data.v.tempLocal,
    &data.v.tempTarget);
    sensorTmp007Enable(false);
    //Обновление GATT
    IRTemp_setParameter( SENSOR_DATA,
    SENSOR_DATA_LEN, data.a);
    // Следующий круг цикла
    delay_ms(sensorPeriod -
    TEMP_MEAS_DELAY);
  }
  else
  { delay_ms(SENSOR_DEFAULT_PERIOD);} }
```

Далее в программном коде контроллера необходимо указать разрешение прерываний, запуск ядра операционной системы – SYS/BIOS и переход в цикл обработки сообщений:

```
BIOS_start(); /* enable interrupts and
start SYS/BIOS */
```

На этом заканчивается настройка контроллера – настройка интерфейсов, настройка параметров электропитания, подключение необходимых библиотек и настройка операционной системы чипа. Далее должен располагаться текст основной пользовательской программы, которая будет использовать не-

обходимые ресурсы контроллера для достижения необходимых результатов.

Поэтому для вышеупомянутого разрабатываемого на данном контроллере устройства – пенетрометра, основная часть программы должна содержать опрос всех имеющихся датчиков в главной функции и обрабатывать результаты, а так же передавать их по беспроводному устройству на устройство приема (телефон).

В заключение, хочется сказать, что среди нынешнего многообразия процессоров и контроллеров есть много отличных вариантов. Каждый из них хорош по-своему, у каждого свои достоинства и недостатки, некоторые из них разработаны под конкретные задачи и цели, другие можно использовать практически везде. Но среди них выделяется конкретный экземпляр, конкретная система-на-кристалле, способная внедриться в приборы и устройства, относящихся к различного рода деятельности: от бытовых приборов, до робототехники и космической инженерии. Этот контроллер просто программировать и отлаживать. На сегодняшний день в качестве такого контроллера можно предложить рассмотренный в статье компании Texas Instruments контроллер серии CC2650.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отладочная плата устройств Internet of Things – SimpleLink SensorTag – CC2650STK . Часть 1 – теория. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.compel.ru/lib/articles/otladochnaya-plata-ustroystv-internet-of-things-simplelink-sensortag-cc2650stk-chast-1-teoriya>.
2. CC2650 SimpleLink™ Multistandard Wireless MCU [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2650.pdf>.
3. Texas Instruments CC2650 SimpleLink™ Bluetooth® Smart BLE SensorTag [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://developer.ibm.com/recipes/tutorials/connect-a-cc2650-sensortag-to-the-iot-foundations-quickstart>.
4. Compile your first SensorTag project using Code Composer Studio Cloud IDE [Электронный ресурс] Режим доступа: dev.ti.com.

Мездрин Владимир Анатольевич – студент 2 курса магистратуры каф. ВТиЭ, тел:8-923-646-61-71, e-mail: wma-560@mail.ru.