



Алексей Пантелейчук

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430F2012 В МАЛОПОТРЕБЛЯЮЩЕМ ДАТЧИКЕ ДЫМА

*В продолжение цикла статей по применению нового семейства микроконтроллеров MSP430 рассмотрим пример построения фотодиодного датчика дыма с использованием MSP430F2012 и внешнего операционного усилителя. В статье приводится схема подключения устройств, программный код доступен бесплатно на сайте [www.comrel.ru](http://www.comrel.ru) в разделе «микроконтроллеры», либо на сайте производителя.*

### Введение

Для определения наличия дыма используются инфракрасный (ИК) диод и ИК-приемник, установленные внутри камеры датчика. ИК-диод включается периодически, а сигнал ИК-приемника тестируется для определения наличия дыма в камере. Операционный усилитель, работающий как трансимпедансный, служит для усиления тока ИК-приемника. Усиленный сигнал поступает на вход АЦП MSP430. В промежутки времени между измерениями операционный усилитель, ИК-диод и ИК-приемник выключаются, в этом ждущем режиме микроконтроллер потребляет менее 1 мкА. При обнаружении дыма включается сигнал тревоги.

### Организация приложения

Схема устройства приведена на рис. 1.

Наличие дыма проверяется каждые 8 секунд. Интервал отсчитывается с помощью RC-осциллятора (VLO), работающего совместно с таймером Timer\_A. По истечении восьми секунд генерируется прерывание, которое выводит MSP430 из режима LPM3. Осциллятор VLO калибруется с помощью встроенного осциллятора DCO. То есть DCO определяет

количество циклов VLO, необходимых для получения интервала длительностью 1 с. Это значение затем используется как период Timer\_A, который тактируется от VLO. Коэффициент входного делителя Timer\_A устанавливается равным 8.

При выходе из режима LPM3, MSP430 включает операционный усилитель, дает ему время для установки и затем осуществляет преобразование сигнала ИК-приемника при выключенном ИК-диоде. Затем включается ИК-диод и производится преобразование выходного сигнала ИК-приемника еще раз. Полученные два значения сравниваются для определения наличия дыма.

Для предотвращения ложной тревоги дым должен быть обнаружен три раза. Только после этого включается сигнал тревоги. После первого определения наличия дыма, коэффициент делителя Timer\_A устанавливается равным 4, тем самым задается интервал 4 секунды между первым и вторым измерением. Если наличие дыма определяется второй раз, коэффициент делителя устанавливается равным 1, при этом интервал между измерениями будет 1 с. Если дым обнаруживается и третий раз, включается сигнал



Решение от TI для построения простой беспроводной сети до 100 узлов

**SimpliciTI™** – простой и экономичный протокол для небольших (<100 узлов) РЧ-сетей. В состав таких сетей обычно входят устройства с батарейным питанием. Протокол **SimpliciTI** предъявляет минимальные требования к микроконтроллеру, благодаря чему может быть достигнута низкая стоимость системы.

Протокол **SimpliciTI** был разработан с учетом применения в составе предлагаемой TI платформы для реализации РЧ приложений, которая включает семейство экономичных микроконтроллеров MSP430, а также трансиверы и системы на кристалле (SoC) CC1XXX/CC25XX.

### Отличительные особенности:

- Экономичность – разработанный TI протокол ориентирован на сети с маломощными устройствами;
- Низкая стоимость – используется флэш-память менее 4 кбайт, ОЗУ менее 512 байт;
- Универсальность: Непосредственная связь между устройствами, Поддержка топологии «звезда» с точкой доступа для записи и отправки сообщений конечному устройству, Поддержка расширителей дальности для 4-кратного увеличения дальности;
- Использование всего 5 API-команд;
- Низкая скорость и низкая периодичность передачи данных;
- Простота применения.

### Примеры применения:

- Охранные системы и системы сигнализации: датчики присутствия, фотодатчики, датчики угарного газа, детекторы разбития стекла;
- Датчики дыма;
- Автоматическое считывание показаний приборов контроля расхода газа, воды, электроэнергии;
- Активная радиочастотная идентификация.

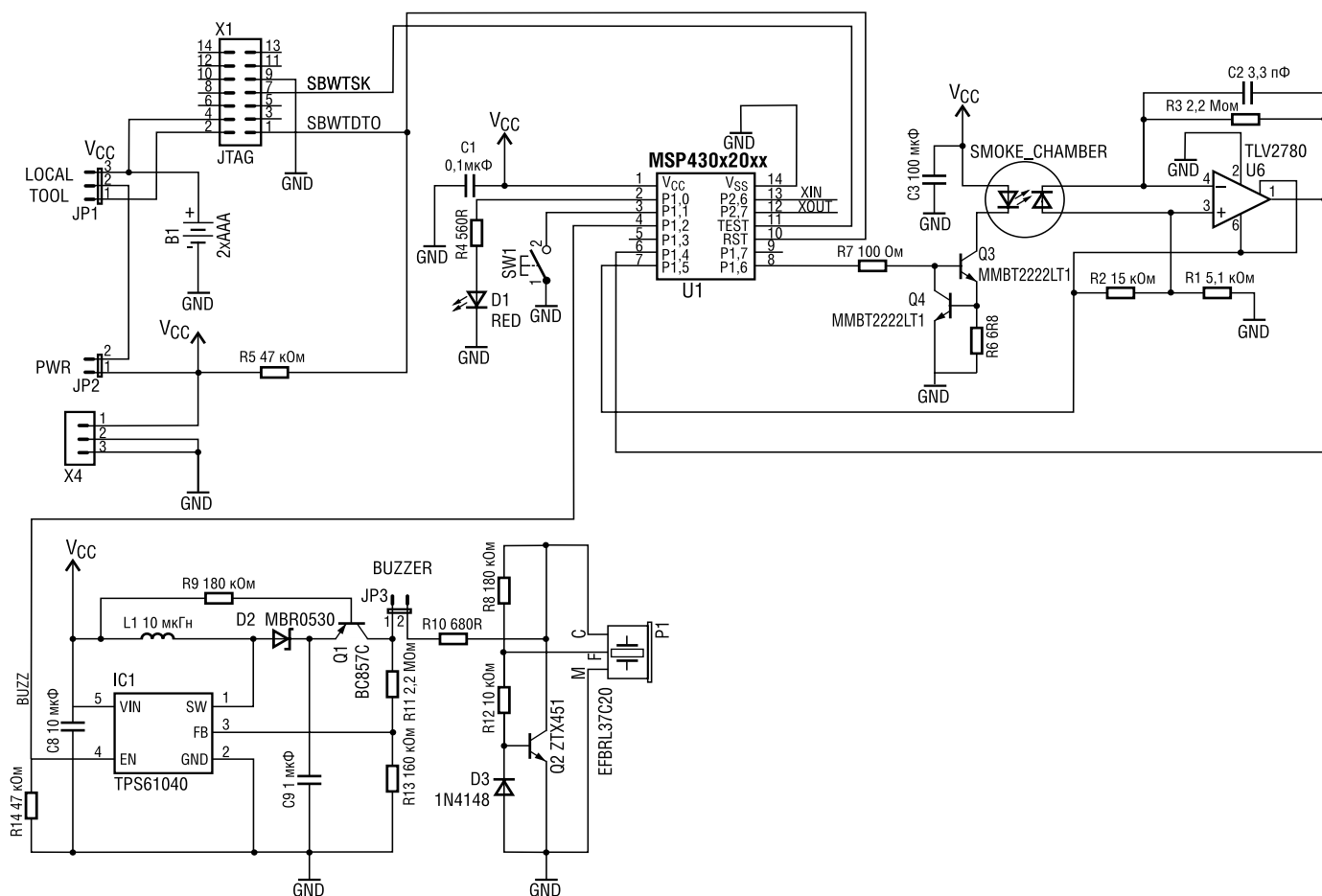


Рис. 1. Схема устройства

тревоги, а детектор продолжает определение наличия дыма с интервалом 1 с.

В качестве операционного усилителя выбран TLV2780 благодаря соотношению его цены и времени установления сигнала. Для снижения энергопотребления устройства операционный усилитель питается от одного из портов ввода/вывода MSP430, чтобы он выключался вместе с микроконтроллером. TLV2780 потребляет 1,4 мкА при комнатной температуре в выключенном состоянии. Этот ток сводится к нулю за счет подключения его к одному из выводов MSP430.

Кроме того, на выбор операционного усилителя повлияли такие характеристики, как время включения и установки. Так как при увеличении этих величин увеличивается энергопотребление системы, их нужно свести к минимуму.

Устройство работает от двух AAA батареек в диапазоне напряжений от 1,8 В до 3,6 В. Для по-

лучения напряжения, необходимого для генерации сигнала тревоги, используется повышающий DC/DC-преобразователь TPS61040. Преобразователь подключен к цепи генерации сигнала тревоги таким образом, что при включении TPS61040 звучит сигнал тревоги.

Контакт включения повышающего преобразователя соединен с выводом TA1 MSP430. Когда сигнал тревоги включен, период таймера Timer\_A устанавливается равным 1 с. Регистр CCR1 таймера Timer\_A используется для автоматической генерации 1 Гц сигнала включения/выключения тревоги. Сигнал тревоги работает в режиме «полсекунды включен — полсекунды выключен», при этом дополнительное программное обеспечение для генерации сигнала тревоги не требуется.

### Программное обеспечение

Структура программного обеспечения показана на рисунке 2. После сброса в первую очередь

инициализируются все выходы микроконтроллера, которые будут задействованы в приложении. Затем все неиспользуемые выходы MSP430 конфигурируются для достижения низкого энергопотребления. В регистр управления DCO записываются калибровочные коэффициенты. VLO калибруется с помощью 1 МГц сигнала DCO, и Timer\_A настраивается для генерирования прерывания каждые 8 секунд. Из-за того, что в приложении используется микроконтроллер MSP430 с малым объемом памяти, вместо сложной операции деления для определения частоты VLO используется операция приближенного деления. Точность интервалов времени приложения не требует арифметики с плавающей точкой, поэтому операция деления на основе вычитания является достаточной. Микроконтроллер входит в режим LPM3.

Основной цикл программы состоит из выхода из режима LPM3, запуска АЦП, усреднения полу-

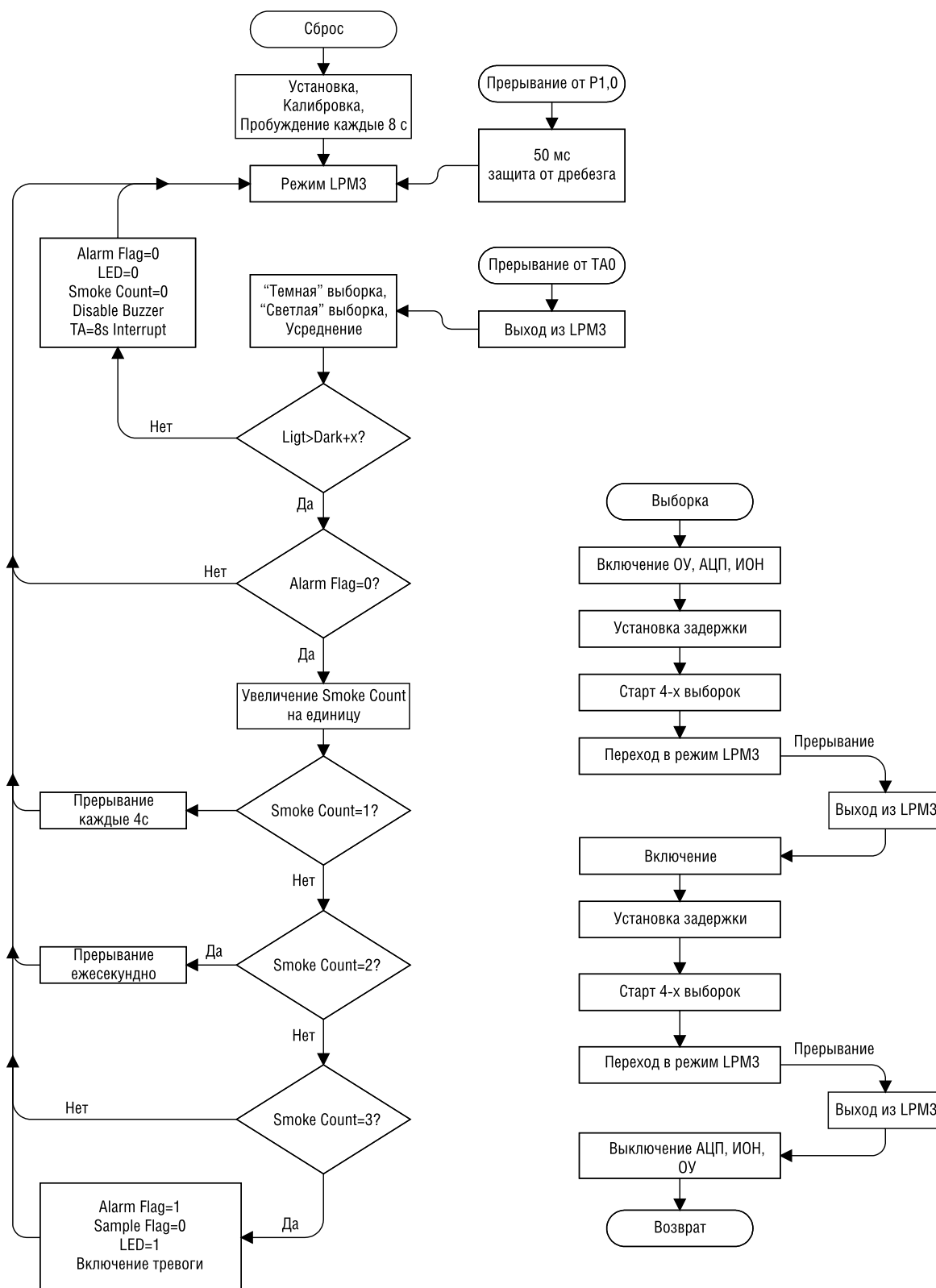


Рис. 2. Структура программного обеспечения

ченных данных и определения наличия дыма. Как уже было сказано, дым должен быть обнаружен три раза перед тем, как включится сигнал тревоги.

Процедура преобразования, изображенная на рисунке 2, об-

рабатывает сигнал ИК-приемника при включенном и выключенном ИК-диоде. Сначала операционный усилитель и ИК-диод включаются, производится измерение этого сигнала. АЦП автоматически осуществляет четыре преоб-

зования, которые сохраняются в ОЗУ с использованием функции DCT. После малого времени установки стартует АЦП. В то время как происходят эти 4 выборки, MSP430 переходит в режим низкого энергопотребления LPM3. DCT

Таблица 1. Энергопотребление, нормированное за одну секунду

Функция	Длительность	Ток потребления, мкА	Нормализованный ток
Активный режим (1 МГц на 3 В)	422,6 мкс	300	15,8 нА
Режим LPM3	7,999577 с	0,6	0,6 мкА
Операционный усилитель	190,6 мкс	650	15,5 нА
Опорный сигнал АЦП	190,6 мкс	250	5,95 нА
Ядро АЦП	20,8 мкс	600	1,56 нА
ИК-диод	100,8 мкс	100	1,26 мкА
TPS61040	постоянно	0,1	0,1 мкА
<b>Всего:</b>			2,00 мкА

прерывает MSP430 автоматически после четырех преобразований и переводит микроконтроллер в активный режим. Затем включается ИК-диод, и после короткого времени установки повторяются четыре цикла преобразований. После этого АЦП, опорный сигнал, операционный усилитель, и ИК-диод выключаются, вызывается функция усреднения. Эта функция усредняет четыре «темных» и четыре «светлых» выборки для сравнения полученного значения в главной функции.

Программное обеспечение использует обработчик прерывания от порта ввода/вывода как

переключатель. Этот переключатель включает и выключает сигнал тревоги. При инициализации этот порт ввода/вывода конфигурируется как вход. Используется внутренний подтягивающий резистор и разрешается прерывание. Процедура обработки прерывания осуществляет противодребезговую защиту и затем включает сигнал тревоги. При первом нажатии сигнал тревоги включается, при следующем — выключается.

#### Энергопотребление

Энергопотребление рассмотренной системы отражено в таблице 1.

#### Использованная литература

1. MSP430x2xx Family User's Guide (literature number SLAU144).
2. MSP430x20x2 datasheet (literature number SLAS491).
3. TLV2780 datasheet (literature number SLOS245).
4. TPS61040 datasheet (literature number SLV413).

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: theory.vesti@compel.ru

 TEXAS INSTRUMENTS

## MSP430 для интеллектуальных датчиков

### Отличительные особенности контроллеров

- Высокая производительность до 16 MIPS
- Быстрый запуск системы тактирования из спящего режима менее 1 мкс
- Точность работы модуля DCO 2.5%
- Еще меньшее энергопотребление:
  - в режиме RTC менее 0,1 мкА
  - в активном режиме 200 мкА/MIPS
- Миниатюрный 14-выводный корпус QFN (4x4 мм), TSSOP, PDIP
- Напряжение питания 1,8...3,6 В
- Напряжение внутрисхемного программирования 2,2 В

### Основные области применения:

Устройства, требующие длительной работы с батарейным питанием, критичные к занимаемой площади; малобюджетные приложения, например датчики системы безопасности - дыма и движения, сенсоры разрушения стекла; бытовая аппаратура и многое другое.



Микросхема	Flash	RAM	Аналоговая периферия	USI
MSP430F2001	1KB	128B	Компаратор	
MSP430F2011	2KB	128B	Компаратор	
MSP430F2002	1KB	128B	АЦП 10-бит	+
MSP430F2012	2KB	128B	АЦП 10-бит	+
MSP430F2003	1KB	128B	АЦП 16-бит сигма-дельта	+
MSP430F2013	2KB	128B	АЦП 16-бит сигма-дельта	+



 **Компэл**  
www.compel.ru