

Константин Староверов

ДАТЧИК ДЫМА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ MSP430F2012



В статье приведен пример реализации датчика дыма, выполненного на основе микроконтроллера MSP430F2012 компании Texas Instruments. В основу обнаружения дыма положено определение степени прозрачности воздуха в области между инфракрасными светодиодами и фотодиодом. При обнаружении дыма датчик генерирует звуковой сигнал.

Датчики дыма являются более эффективным инструментом противопожарной сигнализации, так как, в отличие от традиционных тепловых датчиков, они срабатывают до образования открытого пламени и заметного роста температуры в помещении. Ввиду сравнительной простоты реализации, широкое распространение получили оптоэлектронные датчики дыма. Они состоят из дымовой камеры, в которой установлены излучатель света и фотоприемник. Связанная с ними схема формирует сигнал срабатывания, когда обнаруживается существенное поглощение излучаемого света. Именно такой принцип действия положен в основу рассматриваемого датчика.

Приведенный здесь датчик дыма использует батарейное питание, поэтому, в целях увеличения практичности, он должен в среднем потреблять очень малый ток, исчисляемый единицами микроампер. Это позволит ему в течение нескольких лет проработать без необходимости замены батареи питания. Кроме того, в исполнительной цепи предполагается использование звукового излучателя, способного развить звуковое давление не менее 85 дБ. Типичным способом обеспечения очень малого электропотребления устройства, которое должно содержать достаточно сильноточные элементы, как, например, излучатель света и фотоприемник, является его повторно-кратковременный режим работы, причем длительность паузы должна во много раз превышать длительность активной работы.

В таком случае среднее потребление будет сводиться к суммарному статическому потреблению неактивных компонентов схемы. Реализовать такую идею помогают программируемые микроконтроллеры (МК) с возможностями пере-

вода в микромощный дежурный режим и автоматического возобновления активной работы через заданные интервалы времени. Таким требованиям полностью отвечает 14-выводной МК MSP430F2012 с объемом встроенной Flash-памяти 2 кбайт. Данный МК после перевода в дежурный режим LPM3 потребляет ток, равный всего лишь 0,6 мкА. В эту величину также входит потребляемый ток встроенного RC-генератора (VLO) и таймера A, что позволяет продолжать счет времени даже после перевода МК в дежурный режим работы. Однако данный генератор очень нестабилен. Его частота в зависимости от окружающей температуры может варьироваться в пределах 4...22 кГц (номинальная частота 12 кГц). Таким образом, в це-

элементах оптической пары, размещенных в дымовой камере (SMOKE_CHAMBER), используются светодиод (СД) и фотодиод инфракрасного (ИК) спектра. Благодаря рабочему напряжению МК 1,8...3,6 В и надлежащим расчетам других каскадов схемы, достигнута возможность питания схемы от двух батареек типа ААА. Для обеспечения стабильности излучаемого света в условиях питания нестабилизированным напряжением рабочий режим СД задается источником тока 100 мА, который собран на двух транзисторах Q3, Q4. Данный источник тока активен, когда на выходе P1.6 установлен высокий уровень. В дежурном режиме работы схемы он отключается (P1.6 = «0»), а общее потребление каскадом ИК излучателя снижается до ничтожно малого уровня тока утечки через Q3. Для усиления сигнала фотодиода применена схема усилителя фототока на основе ОУ TLV2780. При выборе этого ОУ руководствовались стоимостью и временем установления. У данного ОУ время установления составляет до 3 мкс, что позволило не

Датчик дыма использует батарейное питание, поэтому, в целях увеличения практичности, он должен в среднем потреблять очень малый ток, исчисляемый единицами микроампер. Кроме того, в исполнительной цепи предполагается использование звукового излучателя, способного развить звуковое давление не менее 85 дБ. Типичным способом обеспечения очень малого электропотребления устройства, которое должно содержать достаточно сильноточные элементы, является его повторно-кратковременный режим работы. Таким требованиям полностью отвечает 14-выводной МК MSP430F2012 с объемом встроенной Flash-памяти 2 кбайт.

лях обеспечения заданной длительности пауз в работе датчика, в него должна быть заложена возможность калибровки VLO. Для этих целей можно использовать встроенный высокочастотный генератор — DCO, который откалиброван производителем с точностью не хуже $\pm 2,5\%$ в пределах температурного диапазона 0...85°C.

Со схемой датчика можно ознакомиться на рис. 1. Здесь в качестве

использовать поддерживаемую им возможность перехода в дежурный режим работы, а взамен этого — управлять питанием усилительного каскада с выхода МК (порт P1.5). Таким образом, после отключения усилительного каскада он вообще не потребляет никакого тока, а достигнутая экономия тока составляет около 1,4 мкА.

Для сигнализации о срабатывании датчика дыма предусмотрены звуковой

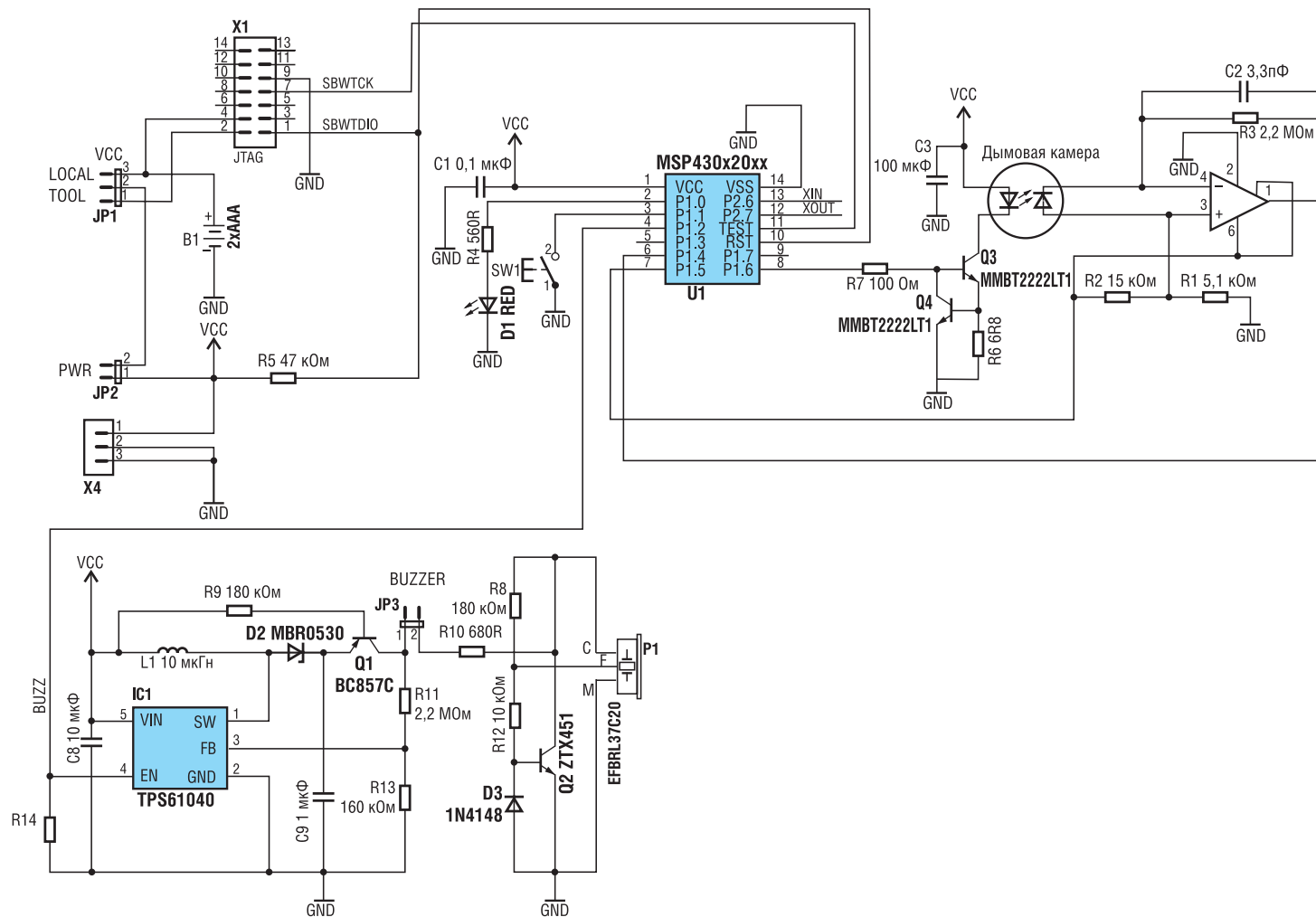


Рис. 1. Электрическая схема датчика дыма

излучатель (ЗИ) P1 (EFBRL37C20, Panasonic) и светодиод D1. ЗИ относится к пьезоэлектрическому типу. Он дополнен компонентами типовой схемы включения (R8, R10, R12, D3, Q2), которые обеспечивают непрерывную генерацию звука при подаче постоянного напряжения питания. Примененный здесь тип ЗИ генерирует звук частотой $3,9 \pm 0,5$ кГц. Для питания схемы ЗИ выбрано напряжение 18 В, при котором он создает звуковое давление порядка 95 дБ (на расстоянии 10 см) и потребляет ток около 16 мА. Данное напряжение генерирует повышающий преобразователь напряжения, собранный на основе микросхемы IC1 (TPS61040,

TI). Требуемое выходное напряжение задано указанными на схеме номиналами резисторов R11 и R13. Схема преобразователя также дополнена каскадом изоляции всей нагрузки от батарейного питания (R9, Q1) после перевода TPS61040 в дежурный режим (низкий уровень на входе EN). Это позволяет исключить протекание токов утечки в нагрузку и, таким образом, свести общее потребление данным каскадом (при отключенном ЗИ) до уровня собственного статического потребления микросхемы IC1 (0,1 мкА). В схеме также предусмотрены: кнопка SW1 для ручного включения / отключения ЗИ; «джамперы» для конфигурации цепи

питания схемы датчика (JP1, JP2) и подготовки к работе ЗИ (JP3), а также разъемы внешнего питания на этапе отладки (X4) и подключения адаптера встроенной в МК отладочной системы (X1) через двухпроводной интерфейс Spy-Bi-Wire.

Далее рассмотрим особенности алгоритма работы датчика, который полностью реализуется программной МК и проиллюстрирован в виде блок-схемы на рис. 2. После сброса МК выполняется вся необходимая инициализация, в т.ч. калибровка генератора VLO и настройка периодичности возобновления активной работы МК, равной восьми секундам. Вслед за этим МК пере-

Таблица 1. Средний потребляемый ток с учетом восьмисекундной паузы в работе датчика

| Потребитель тока | Длительность, мкс | Потребляемый ток, мкА | Средний потребляемый ток, мкА |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|
| MSP430 в активном режиме (1 МГц, 3 В) | 422,6 | 300 | 0,016 |
| MSP430 в режиме LPM3 | $8 \cdot 10^6$ | 0,6 | 0,6 |
| Операционный усилитель | 190,6 | 650 | 0,015 |
| ИОН АЦП | 190,6 | 250 | 0,006 |
| Ядро АЦП | 20,8 | 600 | 0,0016 |
| ИК светодиод | 100,8 | 105 | 1,26 |
| TPS61040 в режиме отключения | непрерывно | 0,1 | 0,1 |
| Всего: | | | 2 |

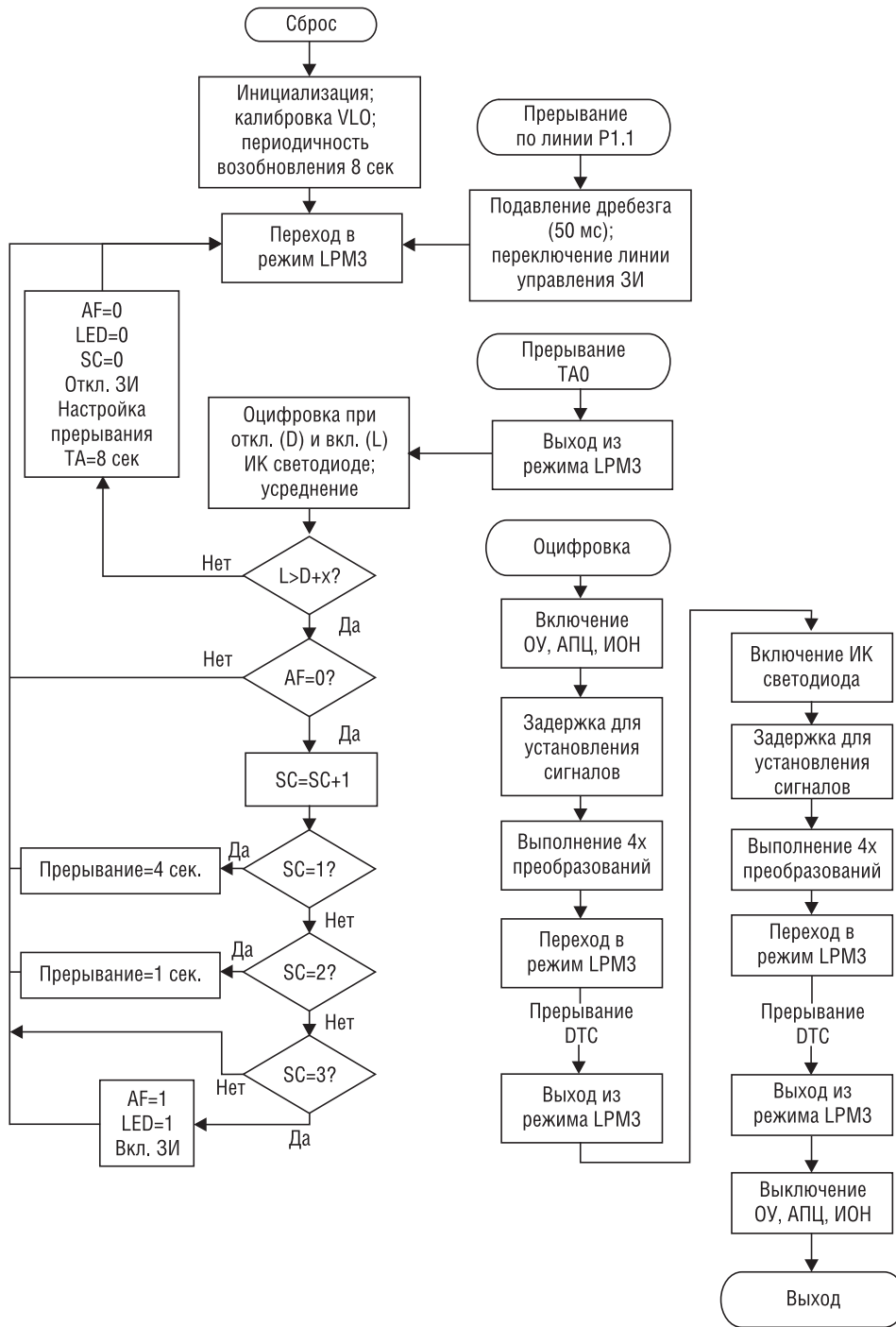



Рис. 2. Блок-схема программы МК

водится в экономичный режим работы LPM3. В этом режиме остается в работе VLO и таймер A, а ЦПУ, высокочастотная синхронизация и прочие модули ввода-вывода прекращают работу. Выход из этого состояния возможен по двум условиям: генерация прерывания по входу P1.1, которое возникает при нажатии на кнопку SW1, а также генерация прерывания таймера A, которое происходит по истечении установленных восьми секунд. В процедуре обработки прерывания по входу P1.1 вначале генерируется пассивная задержка (примерно 50 мс) для подавления дре-

безга, а затем изменяется на противоположное состояние линии управления ЗИ, давая возможность вручную управлять активностью ЗИ. Когда же возникает прерывание по таймеру A (прерывание ТА0), выполняется процедура оцифровки выхода усилителя фототока в следующей последовательности. Вначале выполняются четыре оцифровки при отключенном ИК светодиоде, затем – четыре оцифровки при включенном светодиоде. В дальнейшем эти оцифровки подвергаются усреднению. В конечном счете формируются две переменные: L – усредненное значение

при отключенном ИК светодиоде, и D – усредненное значение при включенном ИК светодиоде. Четырехкратные оцифровки и их усреднения выполняются с целью исключения возможности ложных срабатываний датчика. С этой же целью выстраивается дальнейшая цепочка «препятствий» ложному срабатыванию датчика, начиная с блока сопоставления переменных L и D. Здесь сформулировано необходимое условие срабатывания: $L - D > x$, где x – порог срабатывания. Величину x выбирают опытным путем из соображений нечувствительности (например, к пыли) и гарантированного срабатывания при попадании дыма. Если условие не выполняется, происходит отключение светодиода и ЗИ, сбрасывается флаг состояния датчика (AF) и счетчик SC. После этого, выполняется настройка таймера A на возобновление активной работы через восемь секунд, и МК переводится в режим LPM3. Если условие же выполняется, проверяется состояние датчика. Если он уже сработал ($AF = \langle 1 \rangle$), то никаких дальнейших действий выполнять не нужно, и МК сразу переводится в режим LPM3. Если же датчик еще не сработал ($AF = \langle 0 \rangle$), то выполняется инкрементирование счетчика SC с целью подсчета числа обнаруженных выполнений условия срабатывания, что в еще большей степени позволяет повысить помехоустойчивость. Позитивное решение о срабатывании датчика принимается после обнаружения трех подряд условий срабатывания. Однако во избежание чрезмерного затягивания задержки реагирования на появление дыма, длительность нахождения в дежурном режиме сокращается до четырех секунд после первого выполнения условия срабатывания и до одной секунды – после второго. Описанный алгоритм реализует программа, доступная по ссылке <http://www.ti.com/litv/zip/slaa335>.

В заключение определим средний потребляемый датчиком ток. Для этого в таблицу 1 занесены данные по каждому потребителю: потребляемый ток (I) и длительность его потребления (t). Для циклически-работающих потребителей, с учетом восьмисекундной паузы, средний потребляемый ток (мкА) равен $I \times t / 8 \times 106$. Суммируя найденные значения, находим средний потребляемый датчиком ток: 2 мкА. Это очень хороший результат. Например, при использовании батареек емкостью 220 мА × ч расчетная длительность работы (без учета саморазряда) составит около 12 лет. 

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