

Сигнальный процессор обнаружения детонации в двигателе внутреннего сгорания HIP9010AB

Александр Зыбайло

alex_z@platan.ru

Описание

HIP9010 предназначена для обнаружения момента, предшествующего моменту детонации в автомобильном двигателе, и выработки сигнала для системы управления.

Блок-схема этой ИМС представлена на рис. 1. Процессор поочередно опрашивает каждый из двух датчиков, установленных на блоке цилиндров. Сигнал с выбранного датчика подается на входы двух программируемых полосовых фильтров, разделяющих сигнал по двум каналам. В состав каждого из них входит также программируемый усилитель и активный детектор. Коэффициенты усиления каналов устанавливаются таким образом, что когда двигатель не детонирует, оба они вырабатывают на выходе одинаковые сигналы (режим калибровки), что позволяет адаптировать систему к уровню собственных шумов любого конкретного двигателя.

Когда двигатель начинает детонировать, сигнал от датчиков, детектирующийся раздельно по каждому каналу, поступает на интегратор, в котором происходит вычитание меньшего сигнала из большего. Результат представляет собой некоторое напряжение, уровень которого пропорционален степени детонации.

Кристалл управляется центральным микропроцессором системы через SPI-интерфейс.

Подробнее с электрическими характеристиками можно ознакомиться на www.intersil.com.

Работы HIP9010

Микросхема представляет собой универсальный цифровой контроллер, стоящий между аналоговой частью системы (звуковыми датчиками или акселерометрами) и вычислительным ядром системы управления двигателем внутреннего сгорания.

Наличие двух широкополосных входных усилителей позволяет использовать пьезоэлектрические датчики, которые могут быть установлены в оптимальных местах на любом типе двигателя, линейном или V-образном.

Сигналы датчиков усиливаются входными усилителями и поступают на управляемые полосовые фильтры, снабженные усилителем и детектором. Полоса пропускания каждого фильтра и коэффициент усиления усилителя устанавливаются внешним процессором. После фильтрации и усиления сигналы обоих каналов поступают в программируемый интегратор. С его выхода сигнал преобразовывается в однополярный, усиливается и подается на выход 4.

Широкополосные пьезоэлектрические измерительные датчики, используемые в данной системе, имеют емкость порядка 1100 пФ и вырабатывают напряжения в пределах от 5 мВ до 8 В (среднеквадратичное значение). При отсутствии детонации только один канал фильтра обрабатывает сигнал и устанавливает текущее значение в качестве нулевого. Второй используется для мониторинга двигателя. Изменение сигнала второго канала сравнивается с нулевым значением для оценки собственных шумов двигателя и шумов в преддетонационном режиме. Это позволяет ввести критерий различия между шумами сгорания и преддетонации, а также настроить весь усилительный тракт. Сравнение происходит в течение заданного времени. Если преддетонационный шум обнаруживается, то время калибровки и наблюдения уменьшается.

Такой подход позволяет снизить требования к селективности и точности используемых датчиков, что удешевляет систему.

Описание блоков ИМС

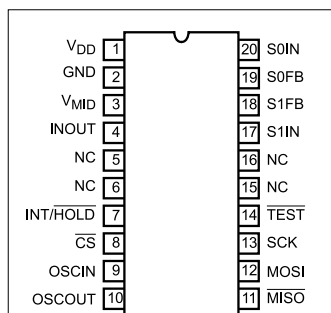
Входные усилители

Эти усилители имеют коэффициент усиления порядка 100 dB и полосу пропускания 2,6 МГц. Диапазон входного напряжения находится в пределах $\pm 0,5$ В относительно V_{mid} . Напряжение на выходе усилителей имеет тот же предел.

Достаточный коэффициент усиления, ширина диапазона и возможность формировать на выходе напряжение больше или меньше V_{mid} позволяет усилителям уменьшать коэффициент усиления от 20 до 1 или до -26 dB. Это необходимо, когда на вход усилителя поступает сигнал порядка 8 В. При уровне сигнала около 5 мВ усилитель работает без ослабления.

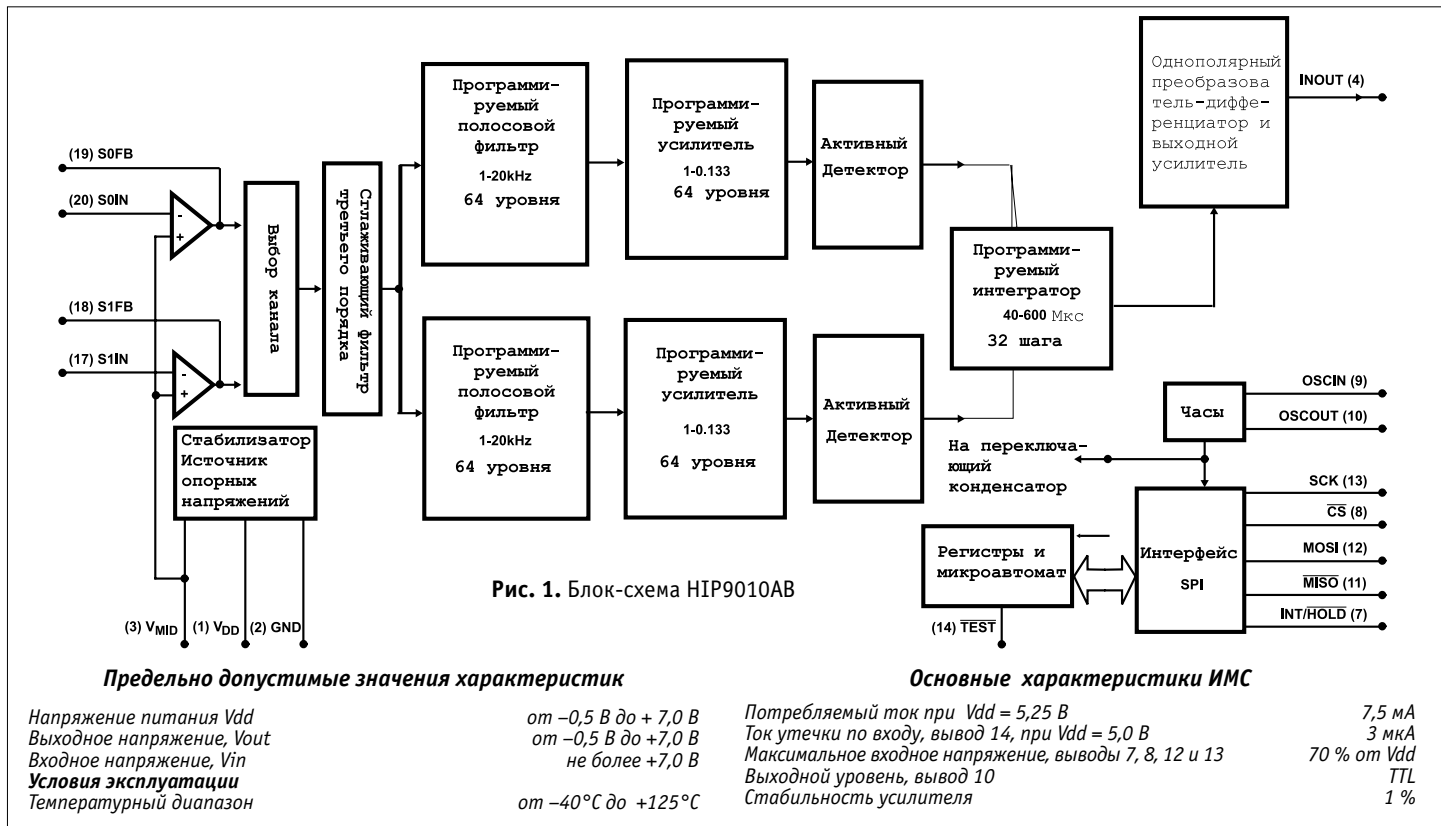
В реальных условиях частота входного сигнала может изменяться от постоянного тока до 20 кГц. Внешние конденсаторы C1 и C2 используются для развязки датчиков и ИМС по постоянному току. Типичная величина этих конденсаторов — 3300 пФ. Последовательные резисторы R1 и R2 используются для соединения инверсных входов усилителей (выходы 20 и 17). Резисторы обратной связи, R3 и R4, вместе с R1 и R2 используются для установки коэффициента усиления усилителей.

На второй вход ОУ подается напряжение V_{mid} , которое равно $V_{dd}/2$. Напряжение V_{mid} формируется внутренним делителем микросхемы. Оно используется в качестве опорного и для других блоков микросхемы. При операции тестирования выходы усилителя переводятся в высокоимпедансное состояние,



Отличительные особенности

- Два входа для подключения датчика детонации
- Программирование процессором через SPI
- Точность и стабильность фильтрации
- Программируемый коэффициент усиления
- Программируемые постоянные времени
- Программируемые характеристики фильтра
- Встроенный тактовый генератор
- Диапазон рабочих температур от -40 до $+125^\circ\text{C}$



и тестовый сигнал через R1–R3 имеет возможность без искажений поступать в схему, минуя входные усилители.

Сглаживающий фильтр

Сглаживающий фильтр представляет собой фильтр Баттерворта третьего порядка со спадом (по уровню -3dB) на частоте 70 кГц. Для регулировки полосы пропускания фильтра используются двойные поликремниевые конденсаторы и твердотельные внутренние резисторы. Фильтр имеет ослабление на частоте 20 кГц (самая высокая частота процесса) не более чем 1 dB и не менее 10 dB на 180 кГц.

Он предшествует фильтрам на переключаемых конденсаторах, которые работают на частоте 200 кГц.

Программируемые фильтры на управляемых конденсаторах

Два идентичных программируемых фильтра, используемые для обнаружения двух частот, представляющих особый интерес. Один из фильтров (так называемый фильтр детонации) программируется таким образом, чтобы он пропускал детонационные частоты двигателя. Второй фильтр (так называемый фильтр опорной частоты) используется для обнару-

жения шума в опорном канале. Частоты фильтров устанавливаются в соответствии с характеристиками конкретной модели двигателя и датчика. Благодаря разнесению полюсов пропускания фильтров разных каналов при идентичности датчиков можно получить различающиеся сигналы. По их разнице определяется момент детонации.

Фильтры имеют номинальное дифференциальное усиление, равное 4. Их частота задается программным путем. Частота центра полосы пропускания устанавливается в пределах от 1,22 кГц до 19,98 кГц, ступенчато, с 64 градациями. Добротность фильтра — обычно 2,4.

Регулировка баланса/коэффициента усиления

Усиление фильтра детонации и фильтра опорной частоты может регулироваться независимо, так чтобы разностный сигнал был скомпенсирован. Это достигается тем, что усиление одного из фильтров не ослабляется, а усиление другого изменяется до момента выравнивания сигналов. Регулирование осуществляется ступенчато с 64 градациями в интервале между 1 и 0,133. Сигналы могут изменяться в пределах 20–80 % от Vdd.

При программировании можно произвольно выбирать канал, усиление которого будет изменяться.

Активный детектор

Выходной сигнал фильтра поступает на вход активного детектора. Каждая из двух цепей детектора работает в двухполярном режиме.

Интегратор

Сигналы от двух детекторов поступают на интегратор и суммируются. Для уменьшения шума используются дифференциальные входы. Один канал интегрирует положительную составляющую сигнала детонационного выхода относительно калибровочного сигнала.

Таблица 1. Описание выводов ИМС

Номер	Символ	Описание
1	Vdd	Питание 5 В
2	GND	Земля питания
3	Vmid	Вывод соединен со средней точкой генератора накачки и через емкость 0,022 мкФ соединен с землей
4	INTOUT	Буферизированный выход интегратора
5, 6	NC	НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ
7	INT/HOLD	Выбор кристалла. Интегрирующее состояние (1) или ожидание (0)
8	CS	Низкий лог. уровень на этом выводе разрешает обмен по SPI-шине
9	OSCIN	Вывод для подключения 4 МГц кристаллического резонатора с сопротивлением 1 МОм — 10 МОм
10	OSCOUТ	Второй вывод для подключения резонатора. См. рис. 2
11	MISO	Выход шины SPI. Выход с открытым стоком. Когда CS=1, вывод не используется
12	MOSI	Вход шины SPI. Длина данных — восемь битов
13	SCK	Вход SPI синхро. Обычно находится в 1. Данные принимаются по переднему фронту синхроимпульса
14	TEST	Низкий уровень на этом выводе переводит микросхему в тестовый режим. Для нормальной работы этот вывод должен быть привязан к питанию или оставлен неподсоединенным
15, 16	NC	НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ
17	S1IN	Инвертированный вход к датчику номер 1 от усилителя номер 1. Вывод соединен с датчиком через резистор R2. Резистор R3 установлен между этим выводом и выводом 18 (S1FB) и определяет коэффициент усиления усилителя номер 1
18	S1FB	Выход датчика номер 1. Соединен со входом усилителя номер 1. Этот вывод используется для обратной связи
19	S0FB	Выход датчика номер 0. Соединен с входом усилителя номер 0. Этот вывод используется для обратной связи
20	S0IN	Вывод аналогичен выводу 17, но для усилителя номер 0

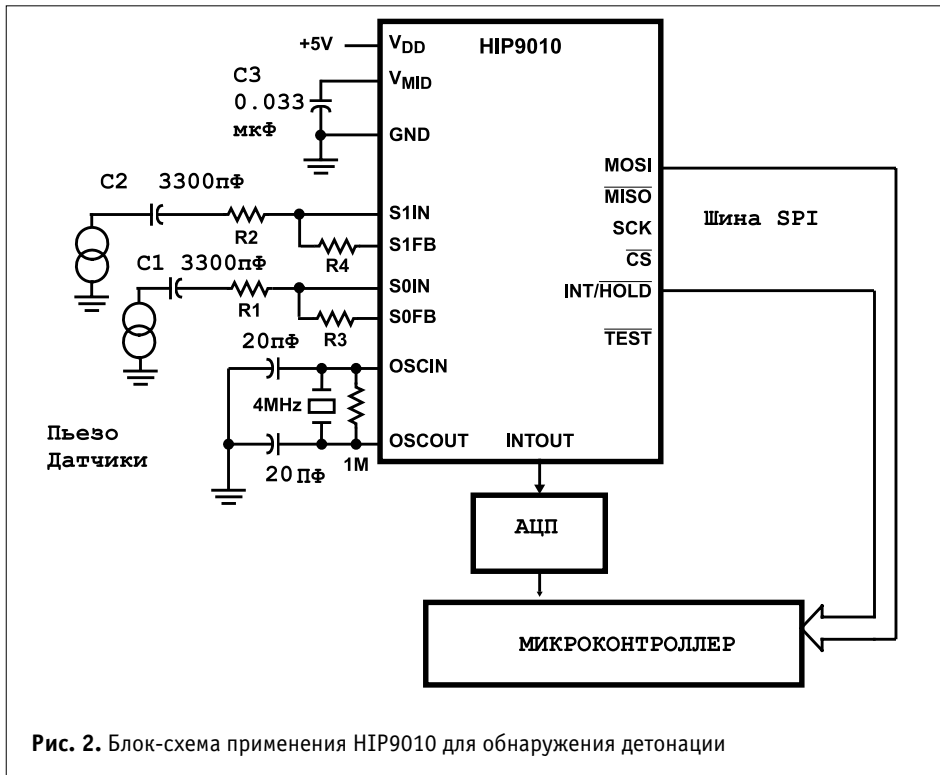


Рис. 2. Блок-схема применения HIP9010 для обнаружения детонации

Второй канал интегрирует отрицательные составляющие обоих сигналов. Сигналы двух каналов интегратора складываются, что позволяет устранить собственные шумы системы.

Постоянная времени интегратора задается программно и может изменяться от 40 мс до 600 мс. Диапазон изменения разбит на 32 шага. Время интеграции определяет промежуток, в течение которого сигнал на выходе изменится на величину, определяемую разницей в сигналах каналов.

Тестовый мультиплексор

Тестовый мультиплексор согласует части ИМС между собой и осуществляет переключения, заданные программно словом состояния.

Несимметричный преобразователь сигнала

Каскад преобразовывает двухполярные сигналы от двух интеграторов в однополярный, который является их суммой. Это используется для того, чтобы улучшить помехоустойчивость системы.

Выходной усилитель

Выходной усилитель аналогичен входному, принимающему сигнал с датчиков. В режиме тестирования выходной усилитель отключен.

Протокол связи

Для доступа к ИМС используется SPI-шина (MOSI). При подаче на вывод выбора кри-

сталла (CS) низкого уровня ИМС переводится в режим программирования и в соответствии с импульсами SPI-синхронизации (SCK) принимает восемь бит слова программирования.

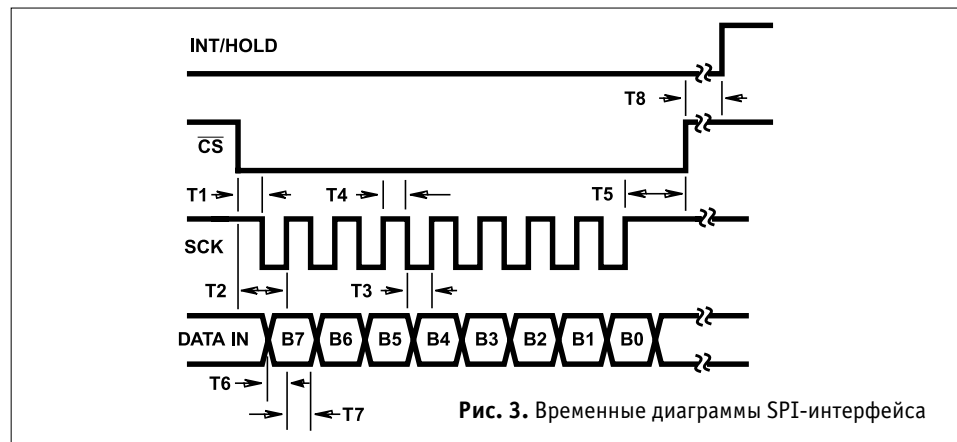


Рис. 3. Временные диаграммы SPI-интерфейса

Пять последовательных слов определяют режимы работы регулировки усиления, частотную характеристику, константы интегратора, тестовый режим, выбор канала и режим тестирования соответственно.

Когда на выводе выбора кристалла (CS) удерживается низкий уровень, данные записываются в ИМС по первому нарастающему

фронту сигнала (SCK). Слово начинается со старшего значащего бита. Каждое слово разделено на две части: сначала должен быть передан адрес, потом значение. В зависимости от управляемой функции адрес состоит из 2 или 3 бит, значение составляет 5 или 6 бит. В течение процесса программирования в ИМС могут быть записаны все пять управляющих слов. При изменении параметров интегратора принятые значения вступают в силу после установки на выводе INT/HOLD низкого уровня.

Испытательный мультиплексор

Этот блок получает положительные и отрицательные сигналы от двух интеграторов разных каналов.

Состояние мультиплексора зависит от пятого слова программирования.

Дифференциальный преобразователь двухполярного сигнала

Сигнал используется для улучшения помехоустойчивости системы.

Управление работой схемы осуществляется по стандартному SPI-интерфейсу, основные временные диаграммы работы которого приведены на рис. 3.

Информация об исполнении

Обозначение	HIP9010AB
Диапазон рабочих температур	-40 +125° C
Корпус	20-выв. SOIC (W)
Номер чертежа	M20.3

Литература

Data Sheets. Engine Knock Signal Processor HIP9010. File Number 3601.3. <http://www.intersil.com/data/FN/FN3/FN3601/FN3601.pdf>.

Таблица 2. Временные соотношения SPI-интерфейса

Описания	Значение, нс
T1 мин время от спада CS до спада SCK	10
T2 мин время от спада CS до фронта SCK	80
T3 мин время для низкого состояния SCK	60
T4 мин время для высокого состояния SCK	60
T5 мин время от фронта SCK после 8 битов до фронта CS	80
T6 мин время для действительности данных от фронта SCK	60
T7 мин время для действительности данных после фронта SCK	10
T8 мин время после фронта CS до единичного состояния INT/HOLD	8 мкс