

Сопряжение акселерометров фирмы Analog Devices с микроконтроллерами

В данной статье описано несложное устройство выполненное на ПЛИС фирмы Xilinx и служащее для согласования акселерометра ADXL202 фирмы Analog Devices с микроконтроллером.

Акселерометр ADXL202 представляет собой микросхему, в которую встроены два датчика ускорения, расположенные взаимно перпендикулярно в плоскости корпуса (рис. 1).

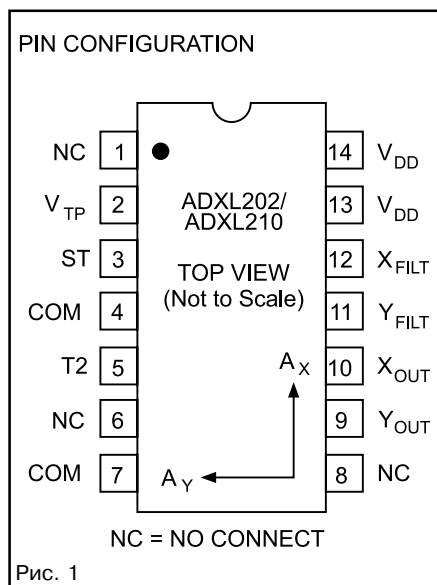


Рис. 1

Пределы измерений составляют $\pm 2g$. Датчики измеряют как динамическое ускорение (разнообразные вибрации), так и статическое (гравитацию). В микросхему встроены широтно-импульсный модулятор (рис. 2). Выходами являются цифровые импульсы,

скважность которых пропорциональна проекции вектора ускорения на соответствующую ось микросхемы. Эти импульсы могут непосредственно измеряться счетчиком микроконтроллера, и нет необходимости в использовании АЦП. Период импульсов выбирается в пределах 0.5...10 мс посредством резистора R_{Set} . Если необходим аналоговый сигнал, пропорциональный ускорению, его можно снять с контактов X_{Filt} Y_{Filt} микросхемы. От номиналов конденсаторов C_x и C_y зависит максимальная частота, с которой можно снимать верные данные с датчиков и уровень шума на выходе (который определяет разрешающую способность датчиков). Например, для значений конденсаторов C_x и C_y равных 0,1 мкФ шум составит около 4mg. Разрешающая способность всей системы может быть и ниже в силу погрешности подсчета скважности выходного импуль-

Табл. 1. Соотношение между частотой работы счетчика в микроконтроллере, периодом T2 и разрешением модулятора

T2, мс	Rset, кОм	Частота выборки ADXL202/ADXL210	Частота работы	Число отсчетов за период T2	Число отсчетов на 1	Разрешение (mg)
1,0	124	1000	2,0	2000	250	4,0
1,0	124	1000	1,0	1000	125	8,0
1,0	124	1000	0,5	500	62,5	16,0
5,0	625	200	2,0	10000	1250	0,8
5,0	625	200	1,0	5000	625	1,6
5,0	625	200	0,5	2500	312,5	3,2
10,0	1250	100	2,0	20000	2500	0,4
10,0	1250	100	1,0	10000	1250	0,8

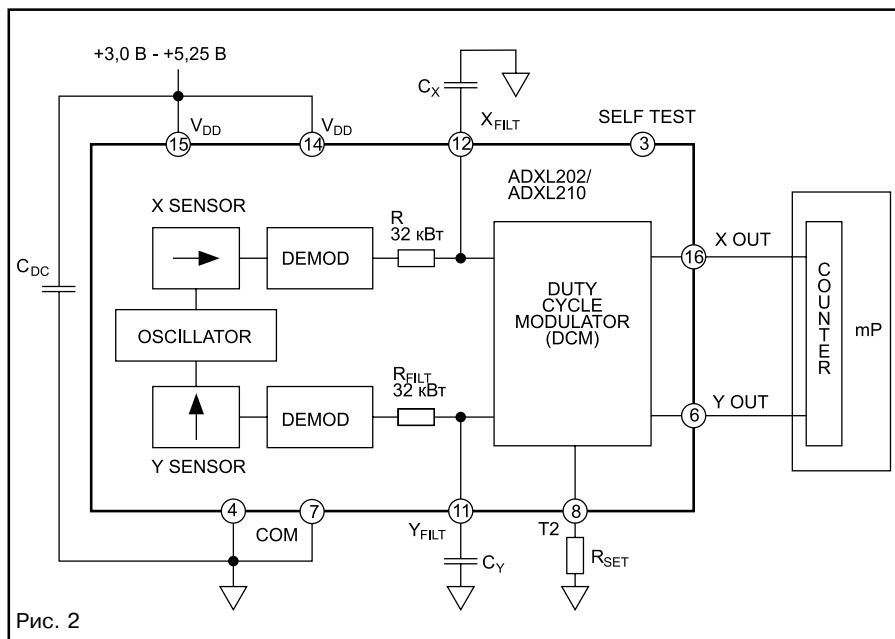


Рис. 2

са. Для уяснения этого представим себе, что ШИМ-модулированный сигнал с одной из осей служит сигналом разрешения счетчика, на который подается опорный тактовый сигнал с периодом T_0 . Количество тактов опорного сигнала, укладывающееся в интервал T_1 , когда на цифровом выходе одной из осей присутствует высокий логический уровень, дискретно и равно целой части отношения T_1/T_0 . Из этого следует, что относительная ошибка, вносимая оцифровкой сигнала, оценивается выражением (T_0/T_1) . Именно поэтому тактовая частота счетчика должна быть достаточно высокой, чтобы не вносить дополнительных погрешностей. Величины погрешностей для некоторых частот опорного генератора и ШИМ представлены в таблице 1. Более полную информацию об акселерометрах можно найти на сайте фирмы Analog Devices www.analog.com

Несмотря на то, что интерфейс акселерометра предназначен для непосредственного подсоединения к микроконтроллерам без использования связующей логики, при подключении его к микроконтроллеру AVR AT90S8515 возникли некоторые проблемы. Встроенные счетчики микроконтроллера использовать для этих целей затруднительно, так как они имеют различную разрядность (8 и 16 бит) и их нельзя

сконфигурировать на разрешение счета от внешнего источника. Можно добиться результата программными ухищрениями, но тогда время от времени процессор будет заниматься только одним делом: преобразовывать сигнал от акселерометра. Это существенная потеря времени в тех случаях, когда требуется проверять матрицу клавиатуры на нажатие клавиш и одновременно производить вычисления с полученными данными, а частота считывания данных с акселерометра составляет порядка 50 Гц. Для решения данной задачи был спроектирован двухканальный периодометр на основе ПЛИС CPLD XC9572 фирмы Xilinx. Внутренняя схема ПЛИС состоит из предварительно делителя частоты задающего генератора L1 (рис. 3), который делит частоту до значения 1 МГц. Например, если мы используем опорный генератор на 4 МГц, этот делитель конфигурируем для деления на 4. Сигнал с делителя подается на два эквивалент-

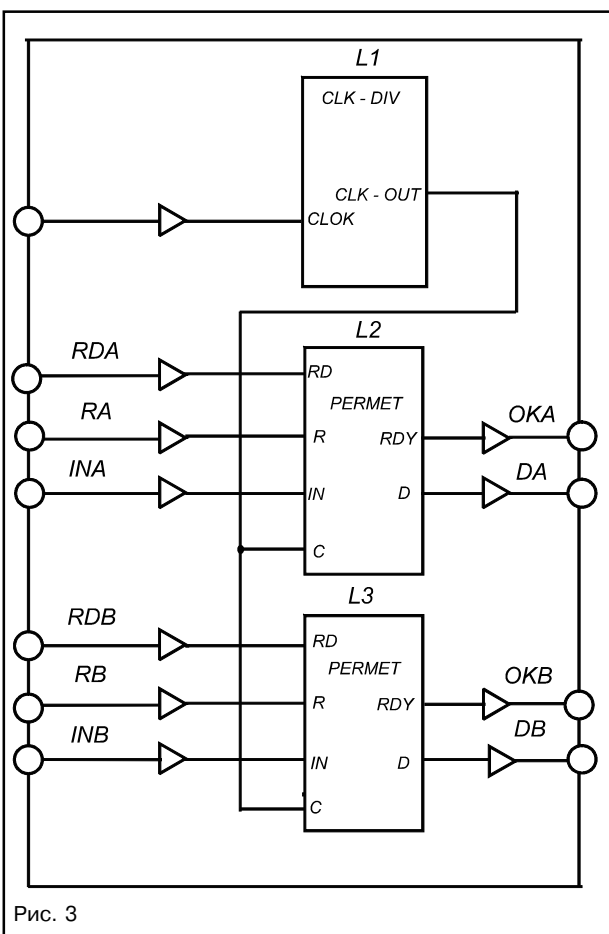


Рис. 3

ных периодомера L2, L3 для двух осей акселерометра.

Содержимое каждого периодомера представлено на рис. 4. Основной элемент — это 12-разрядный счетчик L4 со входами асинхронного сброса (Async_Ctrl) и разрешения счета (Clk_En). L7 — защелка, которая служит буфером данных при передаче их в последовательном виде в микроконтроллер. L8 — мультиплексор, преобразующий данные с выходов защелки L7 в последовательный вид. L9 — четырехразрядный двоичный счетчик. L5 — формирователь из асинхронного импульса двух синхронных с тактовым сигналом (схема на рис. 5, диаграмма работы — рис. 7). L6 — формирователь одиночного импульса, синхронного с тактовой последовательностью (схема на рис. 6, диаграмма работы — рис. 8). На вход In подается

цифровой сигнал с одного из каналов акселерометра, а на вход C — опорная частота 1 МГц. Входами R и Rd управляет микроконтроллер. В исходном состоянии на них установлен низкий логический уровень (см. диаграмму на рис. 9). От микроконтроллера подается короткий импульс на вход R, который после преобразования модулем L6 в синхронный, сбрасывает триггер FDC, в результате чего обнуляется сигнал готовности данных на выходе (Rdy), разрешается перезапись информации со счетчика в регистр-защелку и запрещается работа счетчика считывания данных L9. Система готова к очередному циклу измерения. Как только на входе In появляется положительный перепад, счетчик L4 начинает считать количество тактовых импульсов за время действия высокого логического уровня на входе In. После перехода сигнала на входе In в низкий логический уровень благодаря модулю L5 формируется сначала положительный фронт на выходе Y, переписывающий состояние счетчика L4 в регистр L7, а потом — положительный фронт на выходе Z, который обнуляет счетчик L4, подготавливая его к следующему циклу счета. Также устанавливается в единицу триггер FDC, который формирует сигнал готовности данных Rdy и разрешает их считывание микроконтроллером. На последовательном выходе D появляется нулевой бит данных с защелки

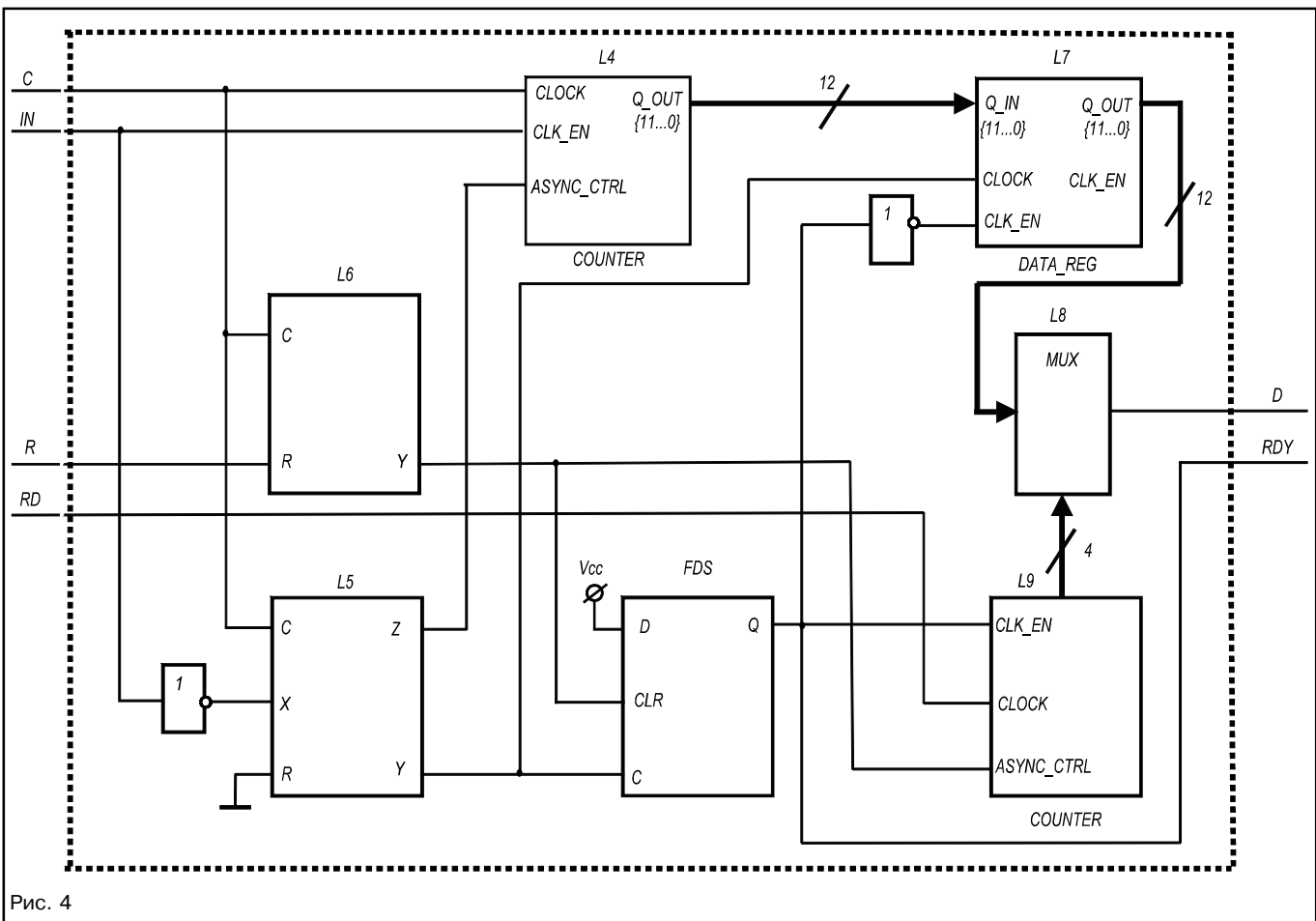


Рис. 4

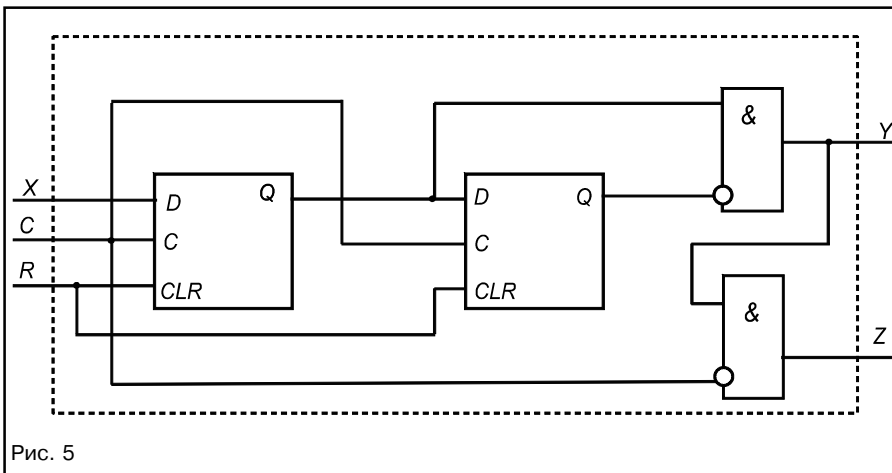


Рис. 5

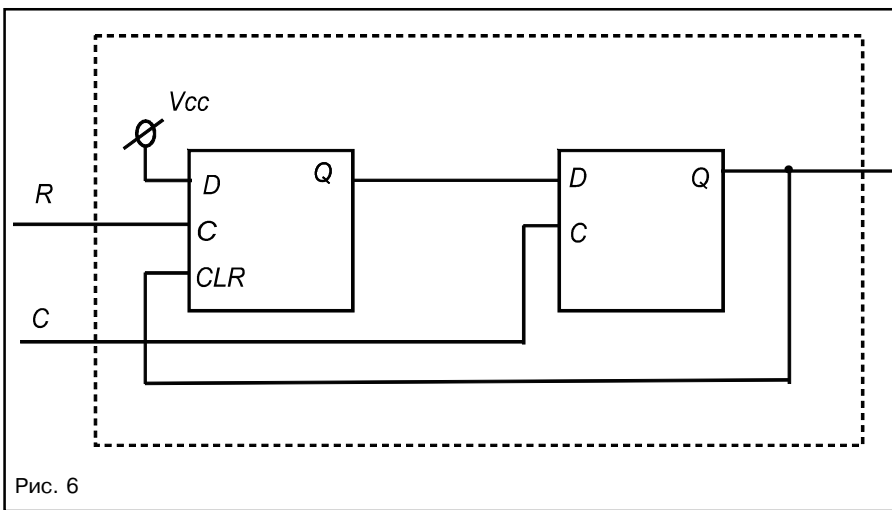


Рис. 6

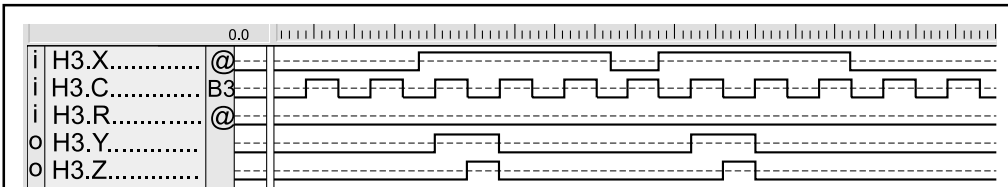


Рис. 7

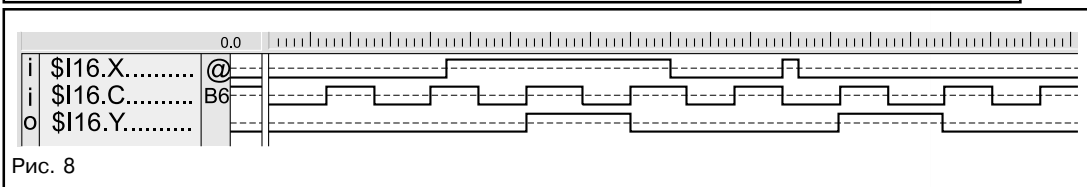


Рис. 8

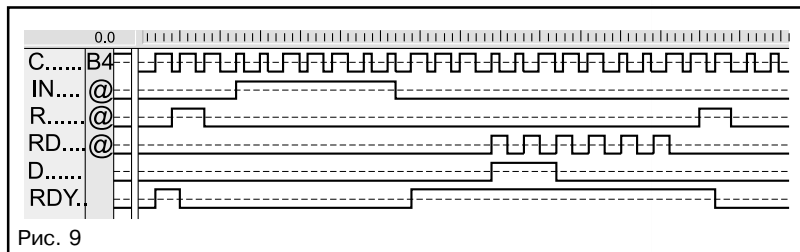


Рис. 9

L7. Микроконтроллер, подавая на вход RD серию импульсов, последовательно увеличивает значение счетчика L9, который через мультиплексор коммутирует на выход все биты, начиная с нулевого и до последнего 11. Необязательно подавать все 11 импульсов, если мы желаем считать не все биты, а только несколько младших, как изображено на диаграмме для уменьшения ее размера. После считывания данных коротким сигналом сброса R микроконтроллер переводит схему к началу следующе-

го цикла. В процессе считывания данных микроконтроллером, благодаря блокировке перезаписи регистра L7, схема обеспечивает корректность передаваемых данных, т. е. если в процессе считывания счетчик L4 окончил очередной цикл, он не сможет перезаписать новые данные

в защелку. Как уже было сказано, входы R и RD каждого из каналов (на рис. 3 это RA RDA для канала A, RB RDB для канала B) управляются микроконтроллером и подсоединены к его портам вывода. Выход D является выходом данных, его следует подключить к порту ввода микроконтроллера. А выход RDY удобно использовать для генерации прерывания микроконтроллера по готовности данных, хотя это и не обязательно. ПЛИС XC9572 используется довольно эффективно, приведенная схема занимает в ней 70 макроячеек из 72 доступных.

Артем Скворцов,
sof@comail.ru

ПОСЛЕСЛОВИЕ РЕДАКЦИИ

Приведенная выше статья интересна в двух аспектах. Во-первых, это пример того, как использование ПЛИС позволяет избавиться от большого числа корпусов малой степени интеграции. В самом деле, устройство сопряжения в каждом канале содержит два счетчика, мультиплексор, регистр-защелку, три D-триггера и минимум по паре простых микросхем типа инвертора и элемента 2-И. Добавим к этому делитель частоты L1, и в итоге получим, что ПЛИС “вобрала в себя” по крайней мере два десятка стандартных микросхем.

Но с другой стороны описанное устройство – пример того, как неудачный выбор микроконтроллера требует использования или разработки дополнительных аппаратных средств. Как справедливо отмечает автор, таймеры-счетчики контроллера AT90S8515

плохо приспособлены для работы с акселерометрами. В то же время вспомним контроллеры семейства x51. Они содержат минимум по два полноценных 16-битных таймера-счетчика, на вход которых в режиме таймера при работе с 12-мегагерцовым кварцем поступает требуемая мегагерцовая тактовая последовательность, причем возможен такой режим, когда подсчет импульсов ведется только при единичном уровне на соответствующем входе INTx микроконтроллера. Другими словами, x51 уже содержит в себе все те элементы, которые автор разместил в ПЛИС, и которые не понадобились бы, используя он не AT90S8515, а, например, AT89C52 или что-то аналогичное. Так что

в некоторых случаях перед началом разработки устройства для сопряжения микроконтроллера с каким-либо датчиком полезно проанализировать возможности альтернативных контроллеров – вдруг использование одного из них может вообще избавить вас от применения дополнительных аппаратных средств.