

Измерение сигналов в системах солнечных панелей при помощи аппаратного модуля sinc процессора ADSP-CM403 с обеспечением гальванической развязки

Для измерения напряжения и тока в системах солнечных панелей необходимы методы, поддерживающие гальваническую развязку. Один из примеров практической реализации таких измерений заключается в применении аппаратного sinc-фильтра цифрового сигнального процессора и изолированного АЦП AD7401A Analog Devices.

В статье рассматривается типичная сигнальная цепочка измерительной схемы, построенная на базе компонентов ADSP-CM403 и AD7401A компании Analog Devices.

Мартин МАРНЕЙН (Martin MURNANE)
martin.murnane@analog.com

Инвертер фотоэлектрической солнечной панели

Инвертер фотоэлемента солнечной панели осуществляет эффективное преобразование энергии, получаемой от солнечной панели, для передачи в энергосеть. Постоянный ток, источником которого является солнеч-

ная панель, преобразуется с высоким КПД в переменный ток с частотой энергосети. Преобразование может выполняться в одном или нескольких последовательных каскадах (рис. 1).

Первым каскадом, как правило, является преобразователь постоянного напряжения, в котором низкое напряжение и высокий ток

солнечной панели преобразуются в высокое напряжение и низкий ток. Это делается для того, чтобы поднять напряжение до уровня, совместимого с пиковым напряжением энергосети. Второй каскад обычно выполняет преобразование постоянного напряжения и тока в переменные напряжение и ток и, как правило, реализуется на базе H-образного моста.

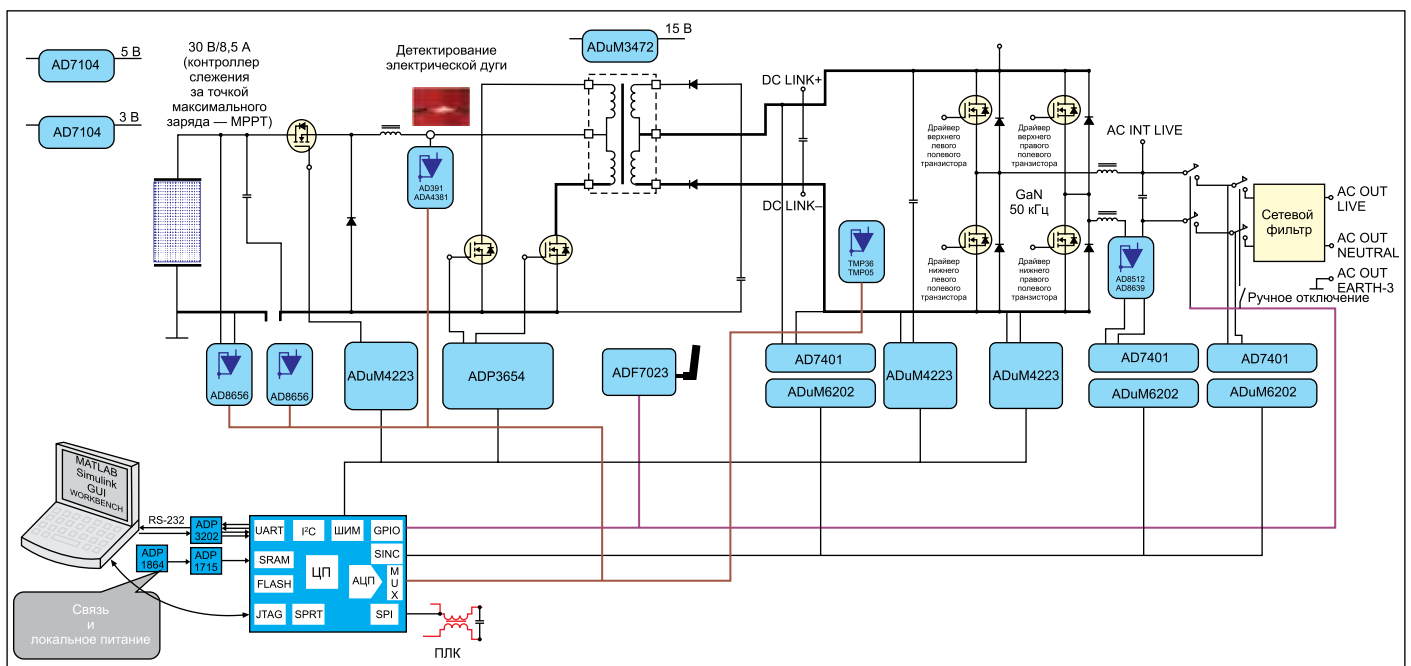


Рис. 1. Сигнальная цепочка инвертера фотоэлектрической солнечной панели на базе компонентов Analog Devices

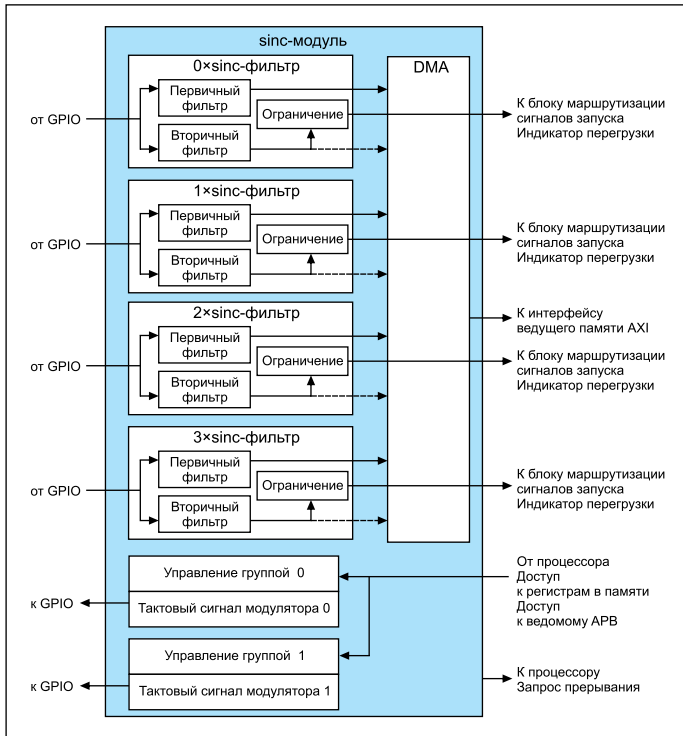


Рис. 4. Блок-схема периферийного модуля sinc-фильтра процессора ADSP-CM403

Периферийный модуль sinc3 процессора ADSP-CM403

В блок-схеме на рис. 4 изображены четыре пары sinc-фильтров (sinc0–sinc3), два источника тактовых сигналов модулятора и два банка регистров управления. Модуль может принимать на вход четыре цифровых потока от $\Sigma\Delta$ -модуляторов через входные выходы GPIO (линии ввода/вывода общего назначения) и выдавать два тактовых сигнала модуляторов на выходные выходы GPIO. Для оптимизации характеристик системы тактовые сигналы модуляторов синхронизируются при помощи сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

Каждая пара sinc-фильтров включает в себя первичный фильтр, вторичный фильтр, интерфейс прямого доступа к памяти (DMA) и блоки обнаружения перегрузки. Первичный sinc-фильтр передает данные в память при помощи DMA. Вторичный sinc-фильтр генерирует сигналы перегрузки, которые могут быть направлены через модуль маршрутизации сигналов запуска (Trigger Routing Unit, TRU) в ШИМ-модулятор. Этот фильтр используют для формирования прерывания.

Для работы с AD7401A в спецификации рекомендуется использовать коэффициент децимации (Decimation Rate, DR), равный 256.

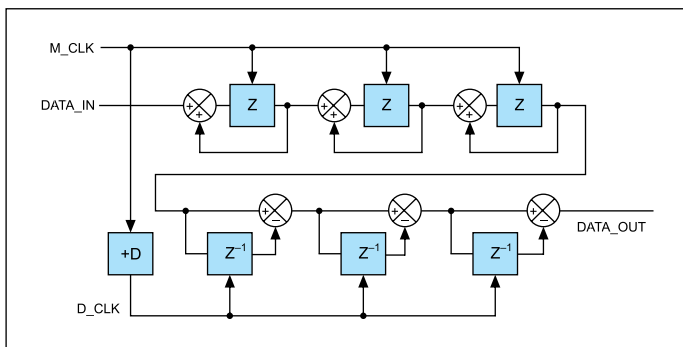


Рис. 6. Блок-схема sinc-фильтра процессора ADSP-CM403

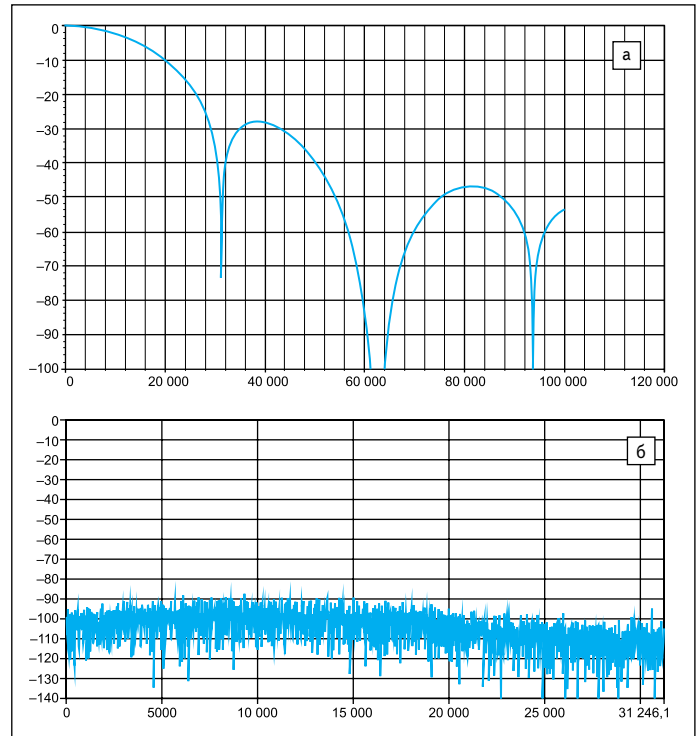


Рис. 5. а) Характеристика фильтра sinc3 при коэффициенте децимации 256; б) шумовой порог модуля

В то же время компонент поддерживает работу и при других значениях коэффициента децимации.

Отклик фильтра sinc3 при выборе DR, равном 256, показан на рис. 5.

Цифровой фильтр

Передаточная характеристика sinc-фильтра хорошо подходит для реализации в цифровой логике, поскольку он представляет собой последовательность блоков суммирования и децимации. Назначение фильтра заключается в устранении сигнала тактовой частоты демодулятора и восстановлении цифрового отсчета дискретного сигнала. Архитектура фильтра (рис. 6) рассчитана на работу с биполярным $\Sigma\Delta$ -модулятором, формирующим цифровой поток со скважностью 50% при входном напряжении 0 В, более 50% при положительном входном сигнале и менее 50% при отрицательном.

Цифровой фильтр представляет собой последовательную комбинацию набора интеграторов, управляемых тактовым сигналом модулятора (M_CLK), и набора дифференциаторов, управляемых тактовым сигналом децимации (D_CLK). Входные интеграторы преобразуют входной поток битов в многоразрядные слова, а выходные дифференциаторы вычисляют среднее значение плотности единиц в исходном потоке битов.

Количество каскадов интеграторов и дифференциаторов может быть равно трем или четырем, в зависимости от порядка фильтра. Коэффициент усиления постоянной составляющей и ширина полосы фильтра зависят от порядка фильтра (O) и коэффициента децимации (D), который, в свою очередь, равен отношению частоты тактового сигнала модулятора к частоте тактового сигнала децимации. Передаточная характеристика sinc-фильтра образуется произведением передаточных характеристик каскадов интеграторов и дифференциаторов, а ее формула в Z -плоскости имеет вид:

$$H(z) = \left[\frac{1}{D} \times \frac{1-z^{-D}}{1-z^{-1}} \right]^O$$

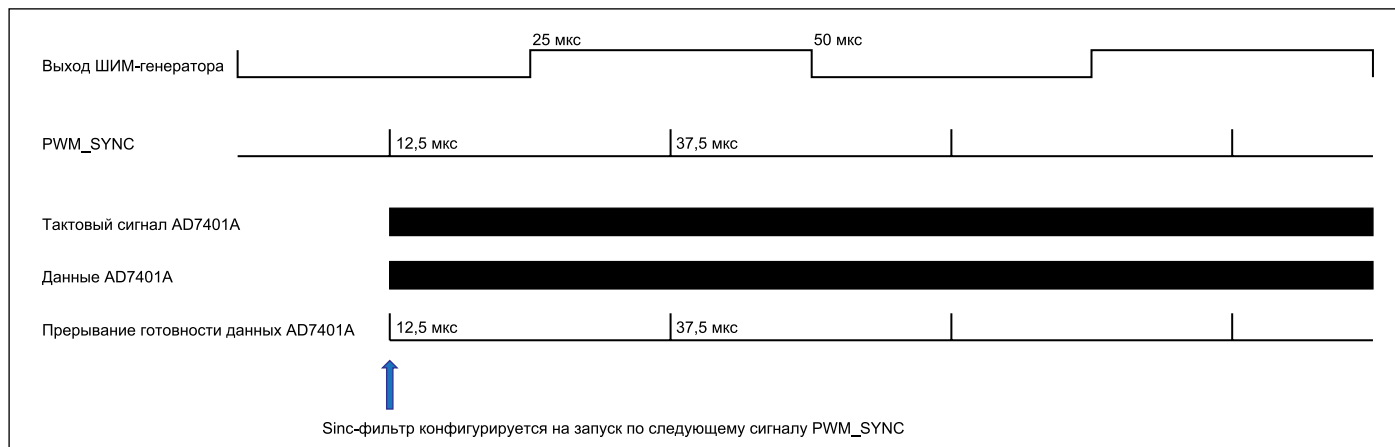


Рис. 7. Синхронизация периферийных модулей ШИМ-генератора и sinc-фильтра в процессоре ADSP-CM403

Синхронизация ШИМ-генератора и данных sinc-фильтра

Периферийный модуль sinc-фильтра и ШИМ-генератор в процессоре ADSP-CM403 работают от одного системного тактового сигнала — обычно 100 МГц. Генератор ШИМ и sinc-фильтр можно синхронизировать таким образом, чтобы данные с выхода фильтра появлялись в определенные моменты времени и с определенной частотой, которые установлены согласно алгоритму системы управления. Как правило, эти параметры определяются временной диаграммой формирования сигнала ШИМ.

На рис. 7 изображен пример временной диаграммы, иллюстрирующий применение входного сигнала sinc-фильтра для синхронизации с энергосетью. При работе генератора ШИМ с частотой 20 кГц (50 мкс) сигнал PWM_SYNC (необходимый для синхронизации внутренних блоков генераторов ШИМ одного процессора или внешних

блоков генераторов ШИМ разных процессоров) располагается в центре временного интервала сигнала ШИМ, в котором переключение уровней происходит редко.

Для синхронизации данных sinc-фильтра частоту тактового сигнала AD7401A следует установить равной 10,24 МГц, а коэффициент дедимации — равным 256 (рекомендуемое значение из технического описания AD7401A). При этом частота обновления 16-разрядных выходных данных будет равна 40 кГц (50 мкс), что вдвое больше рабочей частоты генератора ШИМ.

Поскольку sinc-фильтр можно настроить для синхронной работы с выходным сигналом PWM_SYNC, как показано на рис. 7, sinc-фильтр будет выдавать два слова данных на каждом периоде генератора ШИМ. Выходные слова будут доступны в статической памяти процессора (SRAM) по следующему сигналу PWM_SYNC. Этот пример наглядно демонстрирует, что выходные данные sinc-фильтра могут быть синхронизированы с алгоритмом управления энергосетью. ■