

УДВОЕНИЕ ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ

оцифровкой в несколько проходов

для правильно-периодических сигналов,

возможно ли такое?

Предыстория и введение

Как уже описывалось в предыдущей статье, в процессе переделки игрушки-осциллографа DSO138 возникла идея в DSO303 попробовать фокус с удвоением частоты дискретизации. В самом деле для STM32F303 теоретически максимально достижимая скорость дискретизации с точки зрения входа АЦП, а это определяется минимальным временем открытия UBХ, которое в нашем случае $1,5 \text{ такта} \times (1 / 72 \text{ МГц}) \approx 20,8 \text{ наносекунд}$, 48 MSPS (миллионов отсчетов в секунду). Однако при параллельной работе 4-х АЦП на 6 МГц получается достичь только 24 MSPS из-за ограниченного быстродействия АЦП.

Представим себе, что мы рассматриваем правильно-периодический сигнал, который при этом еще и постоянен, т.е. не испытывает флуктуаций по частоте и амплитуде во времени. Возможно ли как-то оцифровывать его не в один, а в несколько проходов, тем самым увеличив эффективную частоту выборки?

Оцифровка в три прохода – идея

Обратимся к Рис.1., на котором собственно и отображена идея многопроходной оцифровки. Предположим, что каждый АЦП запускается своим сигналом от таймера, который работает с удвоенной тактовой частотой микроконтроллера и АЦП (для 32F303 – 72 и 144 МГц соответственно). При этом цикл оцифровки занимает 12 тактов АЦП (24 такта таймера) при разрешении 10 бит. Поделим этот цикл на 8 слотов по 3 такта таймера (1,5 такта АЦП), что как раз соответствует времени открытия UBХ.

Каналы АЦП 1 и АЦП 3 сделаем референсными, они будут срабатывать всегда в одно и то же время цикла, а время срабатывания каналов АЦП 2 и АЦП 4 будем двигать внутри цикла в зависимости от прохода. Вот собственно и все, после выполнения 3-х проходов такой оцифровки мы получим конечный результат.

«Однако», - скажет внимательный читатель: «но позвольте, почему вы предполагаете, что ваш цикл оцифровки в следующем проходе будет находиться в неизменном положении по отношению к сигналу? Ведь старт процесса оцифровки происходит в случайный момент времени...». И, конечно же, он будет совершенно прав.

Но для этого у нас есть два референсных канала из четырех имеющихся, и время, чтобы запускать процесс оцифровки неограниченное количество раз. Надо просто запускать очередной проход много раз до того момента, когда положение цикла оцифровки относительно сигнала не окажется достаточно близким к тому, которое было при первом

проходе, проверяя корреляцию по референсным каналам. Таким образом наш процесс оцифровки будет выглядеть следующим образом:

- 1. Оцифровали и записали данные Прохода 1;
- 2. Оцифровали данные Прохода 2;
- 3. Посчитали корреляцию референсных каналов, если она достаточно хорошая, то записали данные Прохода 2, если нет, то повторяем п.2;
- 4. Оцифровали данные Прохода 3;
- 5. Посчитали корреляцию, если все хорошо, то записали данные и приступили к итоговой сборке и обработке данных оцифровки и отображению полученной картинки, если нет, то повторяем оцифровку Прохода 3.

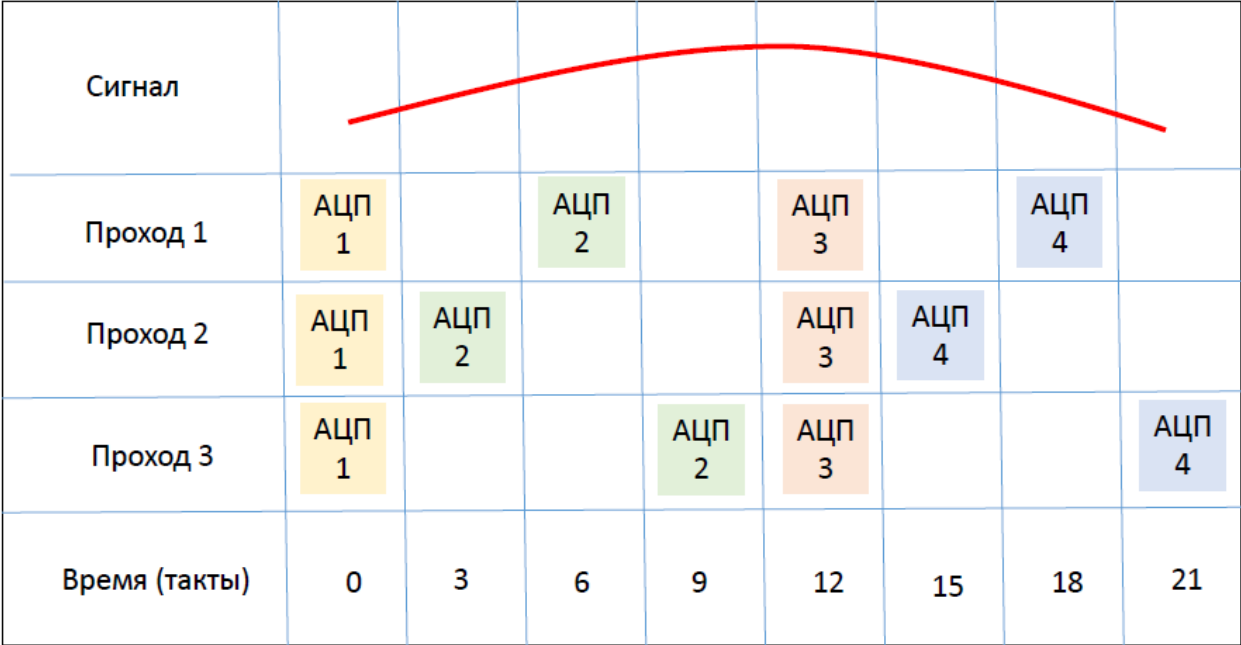


Рис.1. Идея многопроходной оцифровки.

Результаты

Да, в итоге иногда процесс занимает довольно длительное время, и оцифровка может повторяться десятки тысяч раз, прежде чем достигается результат; да, далеко не для всех сигналов такой способ подходит; да, результат бывает не без искусственных артефактов как на Рис.2., но достаточно часто получается и как на Рис.3. На обоих рисунках на вход подан меандр частотой 1 МГц.

При этом хуже всего результаты получаются для сигналов с быстрыми изменениями формы и резкими фронтами (меандр), а наилучшие результаты наблюдаются для плавных сигналов (синусоида). Для иллюстрации на Рис.4 приведена также картинка синусоидального сигнала частотой 200 кГц. Сигнал там «немножко» шумный, с небольшими помехами, что сразу же приводит, к сожалению, к довольно большим искажениям, так как одним из условий корректной картинки при таком способе оцифровки,

которое было уже упомянуто выше, является постоянство и отсутствие флуктуаций сигнала во времени, что эта картинка также и иллюстрирует.

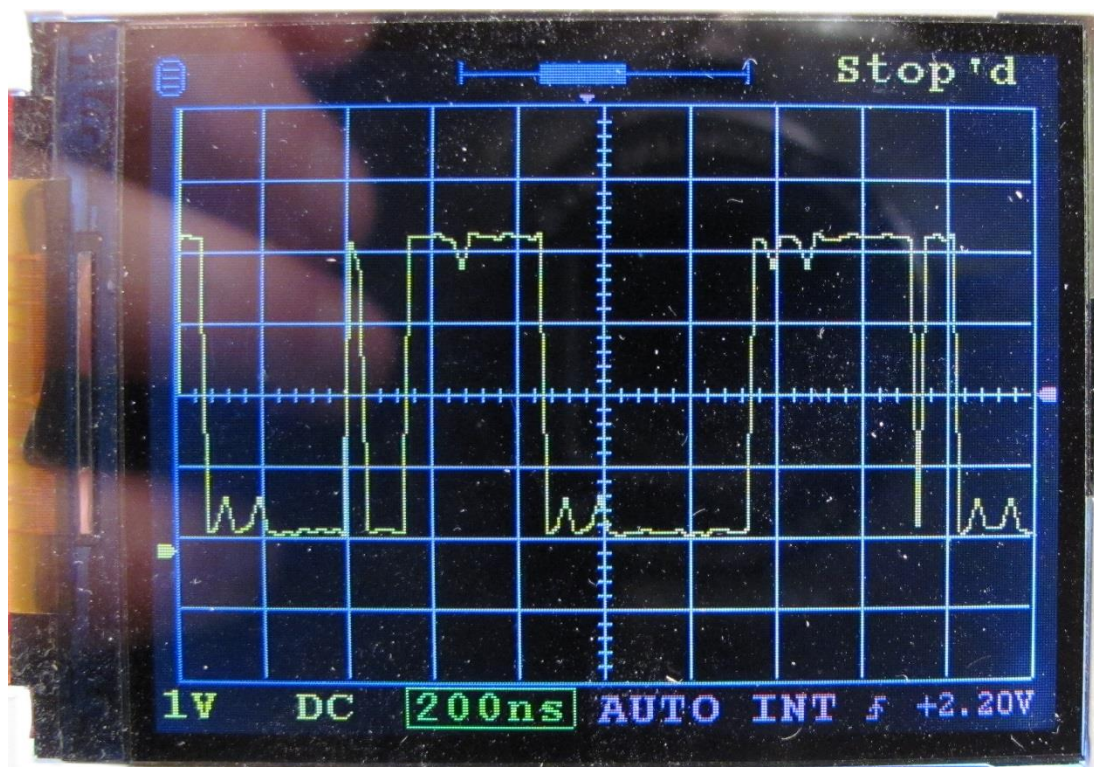


Рис.2. Результат 3-х проходной оцифровки. Есть артефакты.

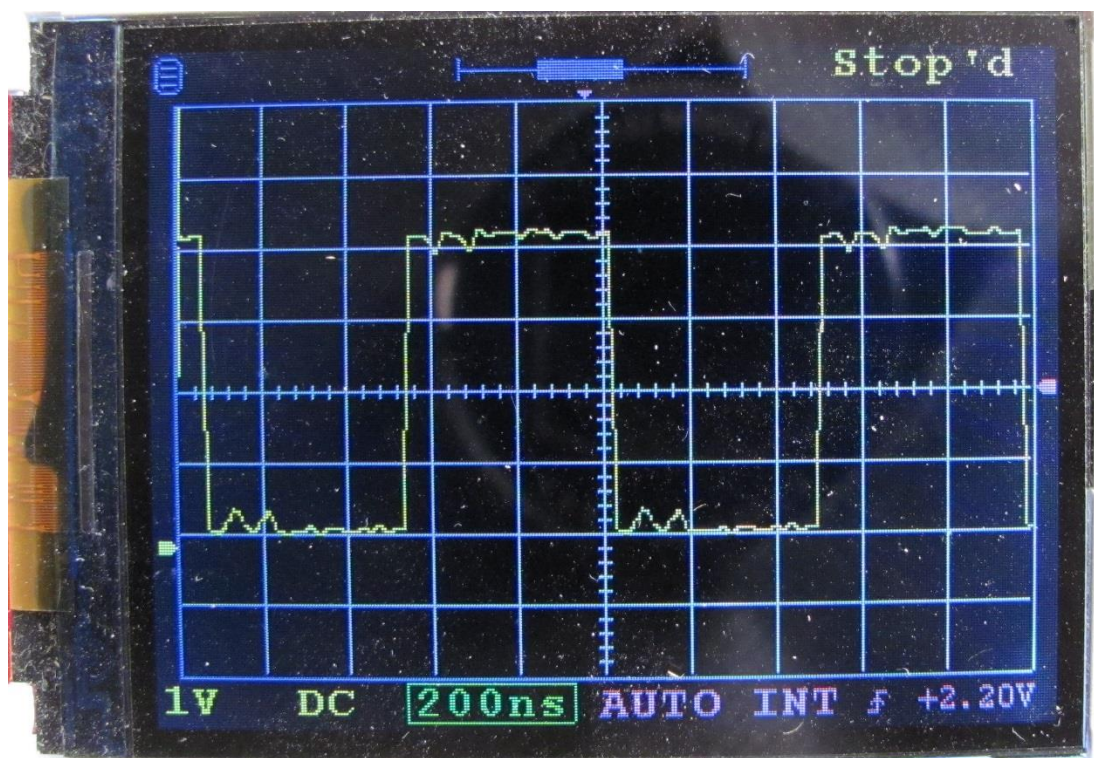


Рис.3. Результат 3-х проходной оцифровки. Меандр 1 МГц.

Период сигнала для правильной работы алгоритма корреляции теоретически не может быть меньше цикла оцифровки, практически приемлемый результат получается только при периодах сигнала больших 3-х циклов, т.е. ≈ 500 наносекунд. Таким образом рассматривать сигналы с частотами более 2-х МГц, к сожалению, все равно не получится. Но при этом хотя бы такие сигналы можно увидеть достаточно подробно, что несомненно будет полезным.

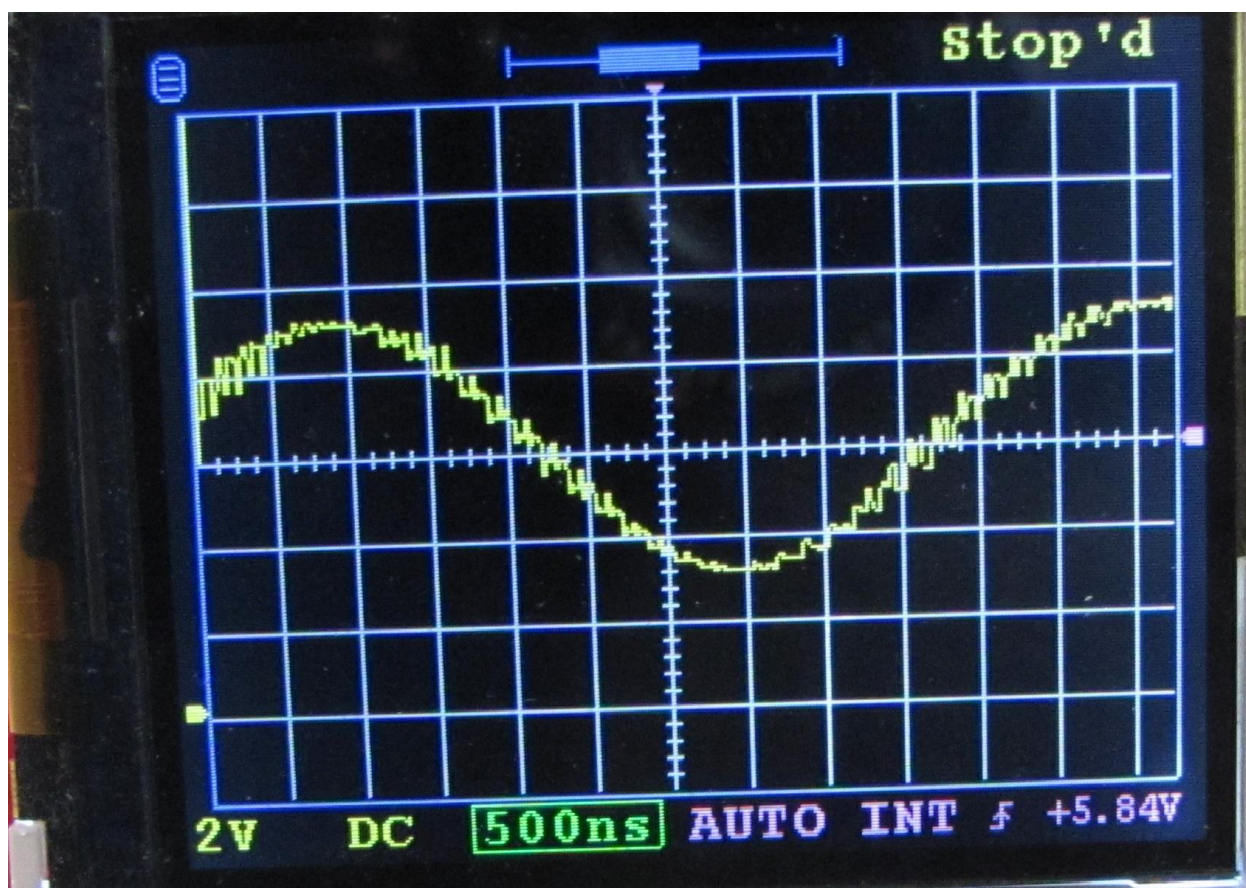


Рис.4. Синусоидальный сигнал частотой 200 кГц.

Вот так DSO303 получил времена развертки 500 и 200 наносекунд на клетку. В режиме 500 наносекунд на клетку изображение – это честный результат оцифровки, каждая точка = отсчет. Далее я подумал, что неплохо бы было это изображение еще и растянуть, так появился режим 200 наносекунд на клетку. Для него используются ровно те же данные, что и для развертки 500 наносекунд на клетку, только они растянуты так, что один отсчет = 3 точкам на экране. Это оказалось довольно удобно и получило свое право на жизнь.

Все приведенное выше является экспериментальной идеей. Автор не претендует на полную работоспособность этого экспериментального способа оцифровки, и не несет ответственности за результат. Каждый волен использовать этот способ увеличения эффективной частоты дискретизации, использованный в программе осциллографа DSO303, исключительно на свой страх и риск.

Любые вопросы, замечания и предложения приветствуются.