

## ПРОГРАММИРУЕМЫЕ СИСТЕМНЫЕ ЧИПЫ FUSION – ПРИМЕНЕНИЕ В ГИДРОЛОКАТОРАХ

Гидроакустика получила широкое практическое применение, так как в воде, вследствие её электропроводности, никакие виды электромагнитных волн, включая и световые, не распространяются на большое расстояние. Из наиболее существенных применений гидроакустики следует отметить эхолоты и гидролокаторы, которыми пользуются для поиска подводных лодок противника, определения невидимых подводных препятствий, рыбопромысловой разведки и др. Компания Actel предлагает элементную базу, которая может быть эффективно использована для построения современных систем гидролокации.

В настоящее время наиболее распространенным активным устройством является гидролокатор бокового обзора (ГБО) с импульсной модуляцией. ГБО излучает короткий пучок импульсов фиксированной частоты. Расстояние  $R$  до цели находится по времени запаздывания  $t_0$  отражённого импульса:  $R=ct_0/2$ , где  $c$  – скорость распространения звука в среде. Поворачивая приемоизлучающую антенну, можно просканировать определенный участок или сделать круговой обзор. Частота излучения в гидролокаторах обычно составляет 10–40 кГц.

В ГБО (рис.1) импульс электрического напряжения, вырабатанный генератором, усиливается и через коммутатор "прием-передача" подается на приемоизлучающую антенну (вибратор), которая излучает в воду акустический импульс длительностью 10–100 мс в определенном телесном угле или во всех направлениях. По окончании излучения вибратор подключается к приемному усилителю для приема и усиления отраженных от объектов импульсных акустических сигналов. С усилителя принятый сигнал поступает через низкочастотный или полосовой фильтр на блок обработки данных (БОД).

В современных гидролокаторах активно используются методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), что позволяет увеличить чувствительность, а следовательно, дальность и разрешение гидролокатора. Обработанная информация выводится уже не на электронно-лучевую трубку и наушники, а на жидкокристаллический (ЖК) экран или дисплей компьютера. Это позволяет выводить на экран больше полезной информации и в более удобном для оператора виде.

С.Карпов  
karpov@actel.ru

Гидролокаторы позволяют определить не только расстояние до объекта, но также его скорость и направление движения, используя эффект Доплера – изменение частоты отраженного сигнала в зависимости от скорости и направления движения объекта относительно источника сигнала. Если объект приближается, то частота отраженного сигнала будет больше частоты исходного:

$$f=f_0/(1-v/c),$$

где  $v$  – скорость источника,  $f_0$  – частота сигнала, излучаемого источником. Когда объект удаляется от источника излучения, частота отраженного сигнала будет меньше излучаемой частоты:

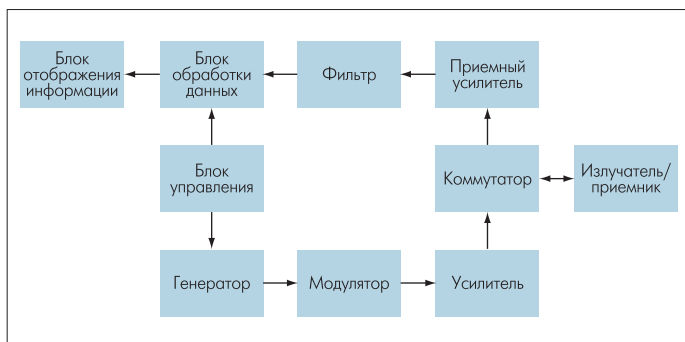
$$f=f_0/(1+v/c).$$

Раньше в аналоговых системах для определения частоты отраженного сигнала собирались наборы узкополосных аналоговых фильтров. В зависимости от того, с какого фильтра поступал сигнал, определялись направление и скорость движения объекта.

В современных микропроцессорных системах гидролокации для определения частоты отраженного сигнала используют различные методы цифрового спектрального анализа. Применительно к программируемой логике, наиболее предпочтительным является быстрое преобразование Фурье (БПФ). По сравнению с другими методами, использование БПФ позволяет в значительной степени сократить количество выполняемых операций и тем самым уменьшить количество требуемых ресурсов ПЛИС.

В качестве элементной базы для микропроцессорных систем гидролокации можно использовать ПЛИС компании Actel.

Компания Actel разработала первое в мире цифроаналоговое семейство ПЛИС – программируемый системный чип (ПСЧ) Fusion (рис.2). ПСЧ Fusion изготовлен по Flash-технологии. В отличие от ПЛИС, выполненных по SRAM-технологии, у Flash ПСЧ Fusion отсутствует этап загрузки – ПСЧ переходит в рабочий режим непосредственно после включения питания, – а также бросок тока потребления при подаче питающего напряжения. Flash-технология изготовления обеспечивает более низкое динамическое потребление мощности по сравнению с аналогичными ПЛИС, выполненными по SRAM-технологии.



**Рис. 1. Структурная схема ГБО**

Логическая матрица ПСЧ Fusion имеет объем от 90 000 до 1 500 000 логических ячеек. Помимо логической матрицы ПСЧ включает в себя:

- 10 аналоговых блоков, называемых аналоговыми квадрантами, каждый из которых имеет три измерительных канала – измерения напряжения, тока и температуры – с регулируемые усилителями и один конфигурируемый выход управления с повышенной нагрузочной способностью;
- конфигурируемый 8-, 10- или 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с частотой дискретизации  $6 \cdot 10^5$  Гц;
- кварцевый генератор;
- RC-генератор;

- часы реального времени (ЧРВ);
- регулятор напряжения с выходным напряжением 1,5 В;
- блок Flash ПЗУ объемом до 8 Мбит, который доступен из матрицы ПЛИС как для чтения, так и для записи, и может использоваться, например, для хранения кода программы IP-процессора;
- блок Flash ПЗУ объемом 1 кбит, который доступен из матрицы ПЛИС только для чтения и может быть использован, например, для хранения конфигурационных данных и/или серийного кода платы. Этот блок программируется через JTAG-интерфейс;
- блоки двухпортового ОЗУ.

На входы аналоговых квадрантов можно подавать аналоговый сигнал амплитудой до 12 В. Поэтому нет необходимости в согласующих усилителях между входными цепями приемника сигнала и ПЛИС.

Регулятор напряжения имеет выходное напряжение 1,5 В, которое можно использовать для питания логической матрицы ПСЧ. Регулятор может быть включен или выключен внутренними сигналами с ЧРВ или из логической матрицы, или посредством внешнего сигнала. Это особенно актуально для портативных систем, так как позволяет уменьшить среднее потребление мощности за счет динамического перевода ПСЧ в отключенный режим, если прибор не используется.

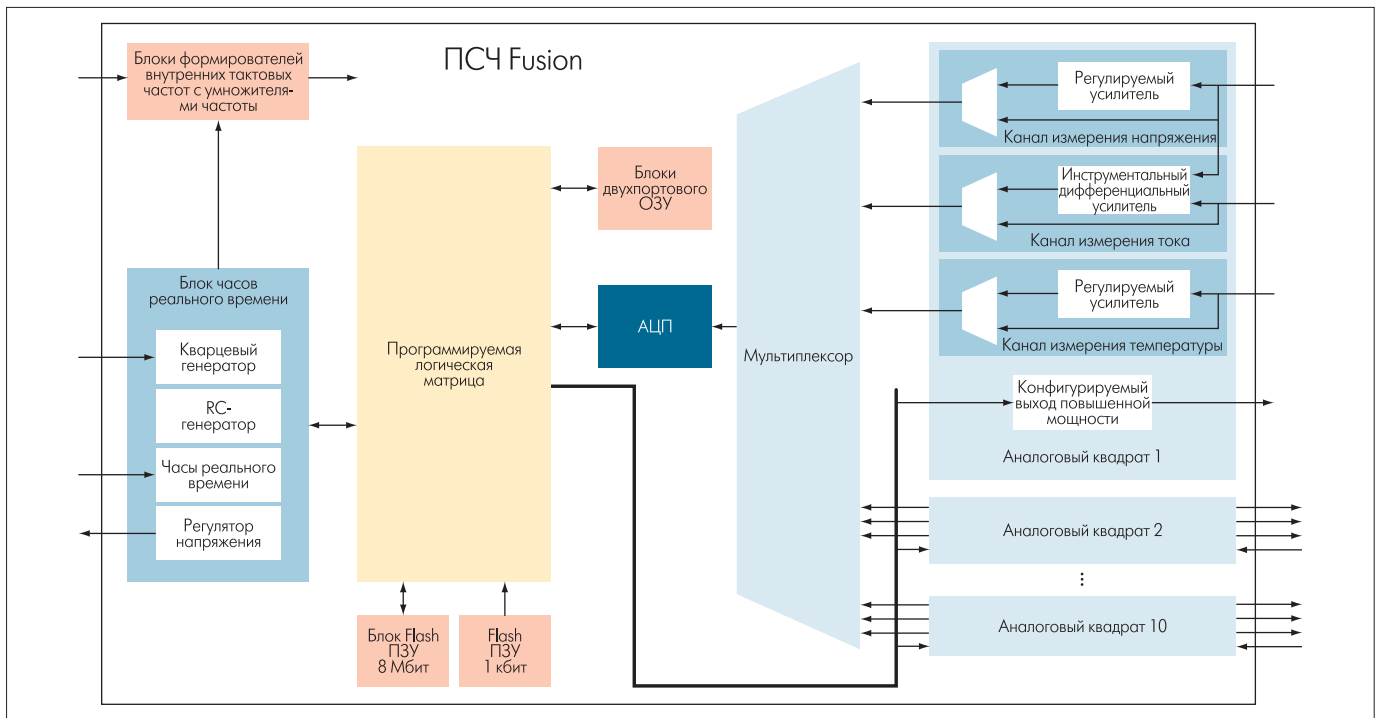


Рис.2. Структура ПСЧ Fusion

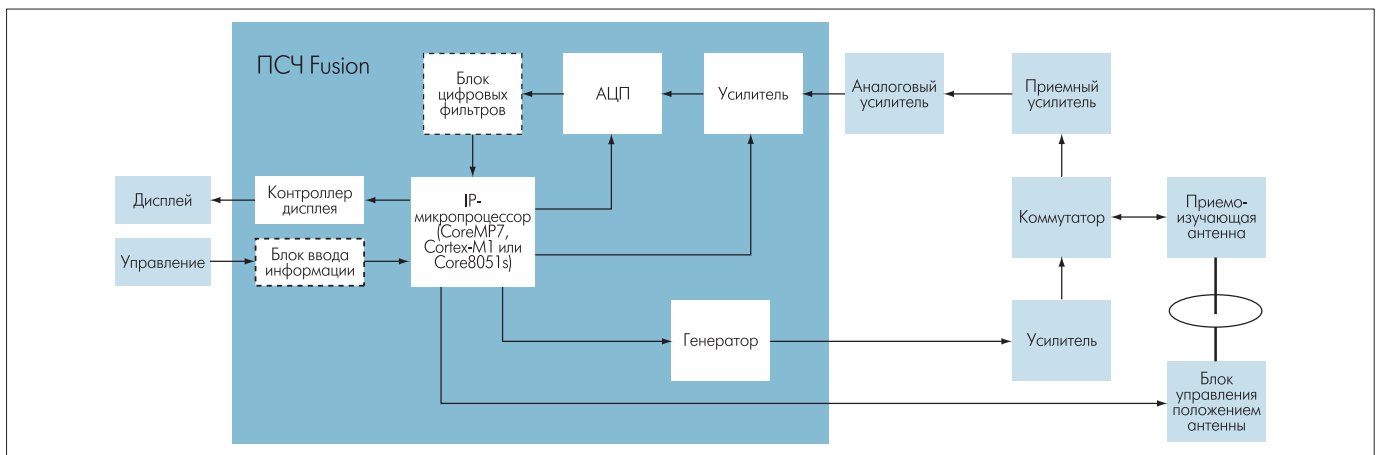


Рис.3. Пример реализации структуры гидролокатора на ПСЧ Fusion

Fusion может быть идеальным решением для разработки недорогой, компактной микропроцессорной однокристалльной схемы ГБО с минимальным набором внешних устройств (рис.3). В качестве микропроцессора можно использовать IP-ядро специально разработанного для использования в ПЛИС ARM процессора Cortex-M1 или хорошо известного разработчикам микропроцессора семейства MCS51 Core8051s, предоставляемые бесплатно при условии использования в ПЛИС Actel. Оба процессора являются программной версией выпускаемых аппаратных микропроцессоров. Поэтому написанное ранее для них программное обеспечение может в ряде случаев использоваться без изменений. Actel также предоставляет большое количество различных IP-блоков, в том числе DSP, контроллеров дисплеев, клавиатуры и других периферийных устройств, а также интерфейсных контроллеров, таких как UART, USB, SPI, PCI. Помимо этого, можно разрабатывать

собственные DSP-модули в пакетах Matlab и Simulink, а затем конвертировать их в формат интегрированной среды разработки Libero. В результате в Libero получаются IP-блоки DSP, которые можно использовать в своем проекте. Таким образом, в ПСЧ Fusion может быть размещена большая часть схемы гидролокатора (см. рис.3).

Отметим, что одна и та же аппаратная реализация может использоваться в различных проектах. Изменяется только дизайн ПЛИС. Это позволяет значительно сократить затраты и сроки на разработку, так как в ряде случаев можно начать отладку нового проекта, используя уже готовые платы из предыдущего проекта, а не разрабатывать новую аппаратную часть.

Таким образом, гибко варьируя дизайн ПСЧ Fusion и набор IP-блоков, можно разрабатывать недорогие компактные автономные гидролокаторы, а также модули, подключаемые к компьютерам мощных гидролокационных станций.