

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 534.232

АВТОНОМНАЯ ПРИЕМНАЯ ДВУХКАНАЛЬНАЯ
ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

© 2013 г. А. П. Леонтьев, А. А. Пивоваров

Поступила в редакцию 09.07.2012 г.
После доработки 14.11.2012 г.

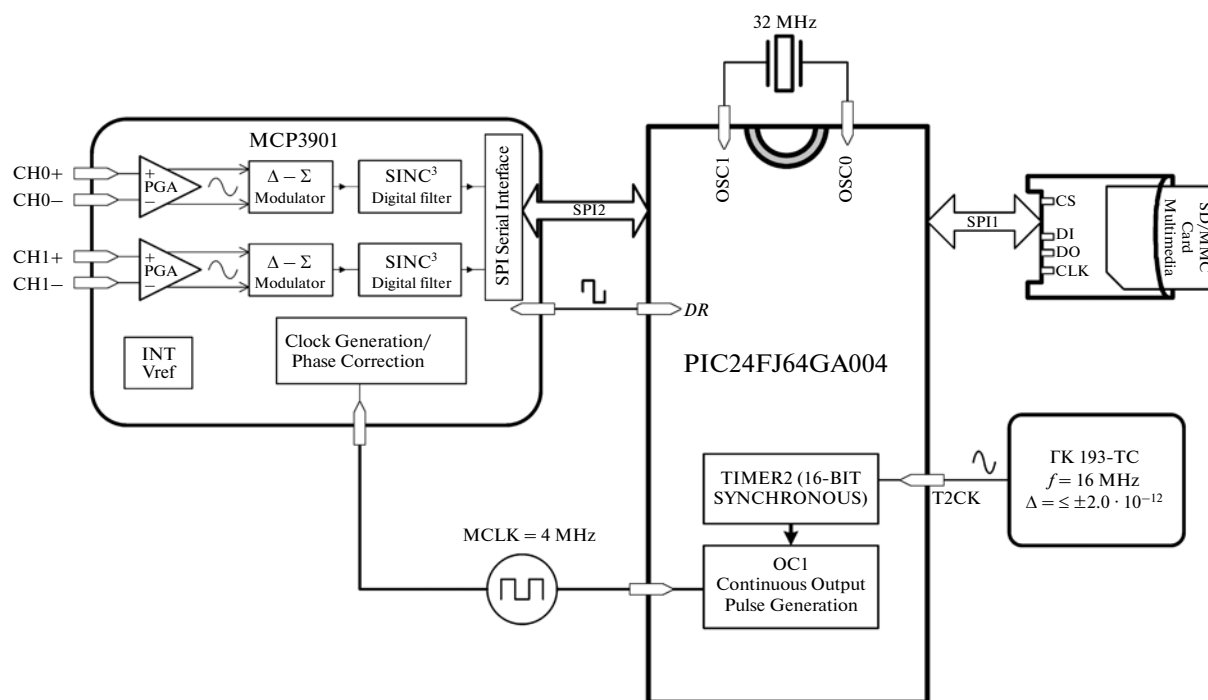
DOI: 10.7868/S0032816213040095

В рамках проводимых лабораторией гидроакустических и сейсмоакустических исследований в шельфовой области Японского моря существует потребность в приборе, позволяющем на новом качественном уровне регистрировать акустическое поле в частотном диапазоне 15–1500 Гц. Для успешного выполнения поставленных задач прибор должен быть построен на современной элементной базе с минимальным энергопотреблением, частотой дискретизации не менее 3 МГц, динамическим диапазоном не менее 110 дБ, сроком автономности до 30 суток. Он должен обеспечивать временную синхронизацию нескольких приемных систем. Также желательно наличие нескольких каналов регистрации. Вследствие недостаточной стабильности и низкой помехозащищенности радиоканала решено было остановиться на автономной

системе регистрации с накоплением данных на носителе памяти [1], а задачу временной синхронизации нескольких приборов решить путем внедрения в систему регистрации высокостабильного тактового генератора.

Созданная автономная приемная двухканальная гидроакустическая станция состоит из двух разнесенных гидрофонов и герметичного контейнера с системой регистрации и блоком питания. В состав системы регистрации входят аналого-цифровой преобразователь (а.ц.п.), управляющий микроконтроллер, карта памяти и опорный генератор.

В основе системы регистрации (рисунок) лежит использование двухканального 24-разрядного сигма-дельта-а.ц.п. MCP3901 [2]. В преобразователе аппаратно реализованы функции инструменталь-



Функциональная схема приемной гидроакустической станции.

ного усилителя (PGA), источника опорного напряжения (INT Vref), блока последовательной передачи данных по протоколу SPI. Высокое, до 24 бит, разрешение а.ц.п. позволяет отказаться от входного аналогового каскада усиления.

Частота дискретизации а.ц.п. определяется частотой MCLK внешнего тактового генератора, разрядностью выходных данных (от 16 до 24 бит) и параметром передискретизации OSR (от 64 до 256 отчетов). Необходимая частота дискретизации 3.5 кГц определяется установкой следующих значений параметров: MCLK = 4 МГц, 24-разрядных данных и OSR = 256.

Система регистрации функционирует следующим образом. Аналоговые сигналы с гидрофонов поступают на дифференциальные входы преобразователя, при этом исключается синфазный сигнал помехи и используется возможность программного управления коэффициентом усиления. Вследствие характерной особенности сигма-дельта-преобразования, включающей процессы передискретизации и последующей фильтрации цифрового сигнала, вместо активного фильтра высокого порядка, устраняющего эффект наложения спектров, используется пассивный RC-фильтр первого порядка.

Управление работой комплекса, процессом записи данных и конфигурированием а.ц.п. осуществляется 16-разрядным микроконтроллером PIC24FJ64GA004. Основная рабочая программа микроконтроллера устанавливает коэффициент усиления, определяет значение передискретизации и разрядность выходных данных, осуществляет контроль положительного импульса DR, сигнализирующего о готовности очередного отсчета. Появление данного события запускает процесс считывания данных блоком SPI2. Принятые данные формируются в массив с последующей записью на энергонезависимую SD-карту памяти емкостью до 2 Гбайт. Коммуникацию с SD-памятью осуществляет блок SPI1 на частоте 8 МГц.

Микроконтроллер также участвует в формировании рабочей тактовой частоты а.ц.п. (MCLK), что дает возможность изменять частоту дискретизации программным методом. Тактовую последовательность с частотой 4 МГц формирует блок генерации цифровых сигналов OC1 [3] совместно с таймером TIMER2. Опорным источником частоты

является термостатированный кварцевый генератор ГК193-ТС с номинальной частотой 16 МГц и точностью $\leq \pm 2.0 \cdot 10^{-12}$ (вариация Алана). Применение высокоточного источника рабочей частоты позволяет обеспечить синхронизацию работы нескольких независимых приемных станций. При заявленной точности генератора рассогласование составляет 5 мс/сутки.

Действующий макет автономной приемной двухканальной гидроакустической станции с гидрофонами чувствительностью 100 мВ/Па успешно испытан на морской экспедиционной станции ТОИ ДВО РАН "Мыс Шульца". С его помощью проводятся исследования флуктуации гармонического акустического сигнала частотой 240 Гц в поле внутренних волн в мелком море [4, 5], а также выполнена серия работ по изучению особенностей распространения низкочастотного (35 Гц) фазоманипулированного сигнала в донных осадках [6].

Станция создана на современной элементной базе, надежна и потребляет мало энергии, что позволяет проводить длительное мониторинговое наблюдение. Станция может быть оснащена датчиками давления и температуры, а также модулем GPS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонтьев А.П., Пивоваров А.А. // ПТЭ. 2011. № 3. С. 162.
2. Microchip Technology Inc. DS22192d.pdf. Rev D, 04/2011/www.microchip.com
3. Microchip Technology Inc. DS39881D.pdf. Rev D, 01/2010/www.microchip.com
4. Долгих Г.И., Ярошук И.О., Пивоваров А.А. и др. // ПТЭ. 2007. № 5. С. 163.
5. Долгих Г.И., Лучин В.А., Ярошук И.О. и др. Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 412.
6. Самченко А.Н., Пивоваров А.А., Кошелева А.В. // Подводные исследования и робототехника. 2011. № 1. С. 64.

Адрес для справок: Россия, 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, лаб. 2/2. Тел. (4232)31-26-17. E-mail: leontyev@poi.dvo.ru