

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОНТРОЛЛЕРА С БЛОКОМ ФЛЭШ-РЕГИСТРАЦИИ

Власов Ю. А., Гаврилов В. А., Денисенко В. П.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, vyu@kcs.iks.ru

Введение

Высокий современный уровень развития микроэлектроники открывает широкие возможности для создания технических средств, необходимых при решении задач геофизического мониторинга. Это касается, прежде всего, достижений в таких областях как микроконтроллеры, аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и энергонезависимая флэш-память.

Использование в измерительных системах современных микроконтроллеров позволяет часть выполняемых функций переложить на программное обеспечение, что обеспечивает значительную гибкость создаваемых устройств, позволяя программно изменять требуемые технические характеристики или алгоритм работы системы. При этом, как правило, резко сокращаются размеры создаваемых устройств и, в большинстве случаев, снижается их стоимость. Кроме этого, использование микроконтроллеров дает возможность производить предварительную обработку измерительной информации в реальном масштабе времени, например, в целях сжатия данных для последующего хранения или передачи по каналам связи.

Современные АЦП, создаваемые на базе больших и сверхбольших интегральных схем, имеют высокие метрологические и эксплуатационные параметры: разрядность до 24 разрядов, низкая погрешность преобразования, высокая частота преобразования, скоростной обмен информацией с цифровыми устройствами, микромощное потребление, широкий рабочий диапазон температур при относительно невысокой стоимости.

Микросхемы флэш-памяти, представляющие особый вид энергонезависимой памяти, не требуют энергии для хранения данных, имеют емкость до нескольких гигабайт при малых размерах корпуса и отсутствии механически движущихся частей, допускают многократное перепрограммирование вплоть до 1000000 раз.

Соответствующий выбор элементной базы и программных средств дает возможность создавать аппаратуру нижнего уровня систем сбора информации, достаточно оптимально соответствующую по своим характеристикам, решаемым задачам и условиям эксплуатации при относительно невысокой стоимости. Ниже дается описание измерительного комплекса, разработанного в Институте вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН для обеспечения непрерывных скважинных геоакустических, электромагнитных и некоторых других видов геофизических наблюдений.

Функциональная схема измерительного комплекса представлена на рис. 1. Основу комплекса составляют измерительный и накопительно-связной модули. В случае геоакустических и электромагнитных измерений сигналы с выходов датчиков поступают на входы измерительного модуля через предварительные усилители и полосовые фильтры. В других случаях сигналы с выходов датчиков в виде электрических напряжений поступают непосредственно на входы измерительного модуля. В функции измерительного модуля входит: измерение входных сигналов, а также предварительная обработка данных в реальном масштабе времени. Обработанные данные поступают для хранения в накопительно-связной модуль. По запросу оператора данные измерений по телефонному каналу связи передаются в компьютер центра сбора и обработки информации Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. При необходимости, данные также возможно считывать непосредственно в компьютер (Notebook) не используя модемную связь.

Конструктивно измерительный и накопительно-связной модули выполнены в виде отдельных плат, размещенных в общем корпусе с размерами 180*180*60 мм (рис.2).

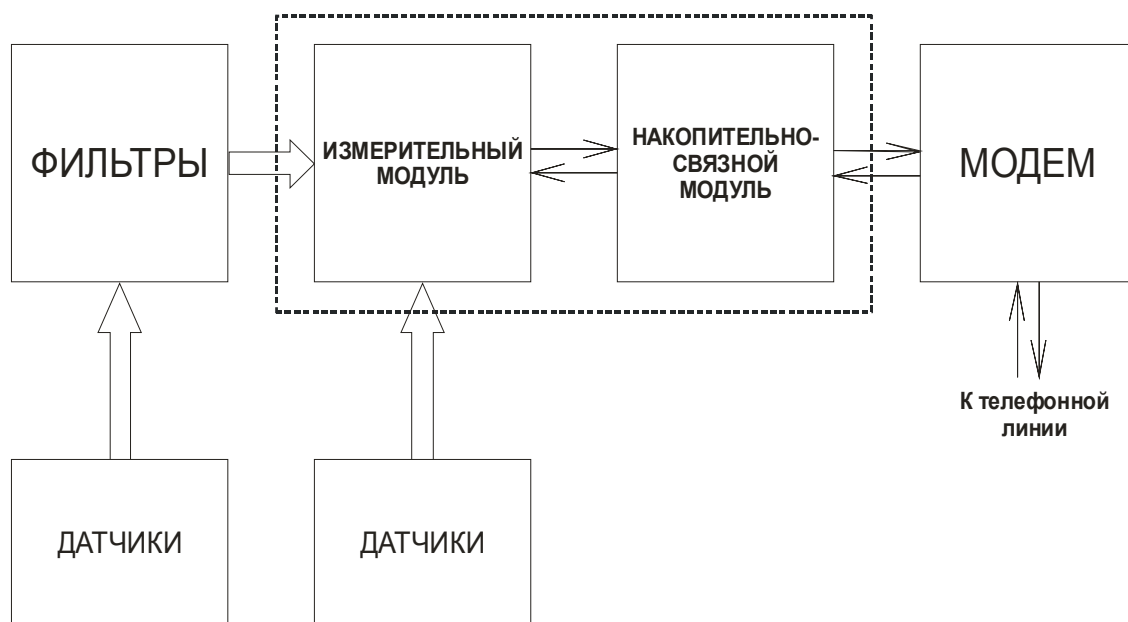


Рис. 1. Функциональная схема измерительного комплекса.



Рис. 2. Внешний вид измерительного комплекса (со снятой крышкой).

Основные технические характеристики комплекса

Измерительный модуль

Число каналов	16 недифференциальных;
Допустимое входное напряжение	до + 8 В;
Разрешающая способность АЦП	14 бит;
Частота квантования на канал	32 Гц;
Время усреднения (задается программно)	1 ÷ 9 мин;
Максимально допустимый объем памяти программ	128 кБ;
Информационная емкость	7027 записей (253 кБ);
Максимальное время накопления данных при интервале осреднения 1 мин.	117 час (4,8 сут);
Скорость передачи данных	9600 бод;
Интерфейс передачи данных	RS-232;
Напряжение питания	+9 ÷ 14В постоянного тока;
Максимальный ток потребления	60 мА;
Диапазон рабочих температур	от -35°С до +50°С.

Накопительно-связной модуль

Информационная емкость	30037 записей (1 МБ);
Максимальное время накопления данных при интервале осреднения 1 мин.	500 час (20,8 сут);
Скорость передачи данных	9600 бод;
Интерфейс передачи данных	RS-232;
Напряжение питания	9 ÷ 14В постоянного тока;
Максимальный ток потребления	40 мА;
Диапазон рабочих температур	от -35°С до +50°С.

Функциональная схема измерительного модуля представлена на рис.3. Управляющим ядром модуля является 16-разрядный микроконтроллер P51XAG30JFA производства фирмы Philips Semiconductors. Измеряемые сигналы через мультиплексор поступают на вход 14-разрядного АЦП последовательного типа. По SPI линии данные с выхода АЦП поступают в микроконтроллер, которым осуществляется их предварительная обработка в реальном масштабе времени (например, осреднение на заданном временном интервале). Обработанные данные через интерфейс RS-232 поступают в накопительно-связной модуль, а также сохраняются в статической оперативной памяти измерительного модуля. При необходимости вместо накопительно-связного модуля может использоваться внешний Notebook или настольный персональный компьютер.

Архитектура используемого микроконтроллера P51XAG30JFA совместима с архитектурой популярного микроконтроллера 80C51. Пространство памяти сконфигурировано по Гарвардской архитектуре, то есть память программ и память данных (включая регистры специальных функций) организованы в отдельных адресных пространствах. Процессор поддерживает пространство памяти программ и данных с полным 24-разрядным адресом. Для выполнения операций в процессоре используется восемь 16-разрядных регистров, которые выполняют все основные арифметические и логические операции, в том числе умножение 16x16 и деление 32/16. В микроконтроллере имеется четыре 8-разрядных порта ввода-вывода. Микроконтроллер функционирует при напряжении питания от 2,7 В до 5,5 В. Имеется функция низкого потребления. Управляющая программа хранится во флэш-памяти объемом 128 кБ. Такой объем памяти позволяет использовать достаточно развитые программы обработки измеряемых данных в реальном масштабе времени, используемые, например, в целях сокращения объема регистрируемых и передаваемых по каналам связи данных.

В измерительном модуле используется однокристалльный 14-разрядный АЦП AD7851, работающий от однополярного источника питания +5 В. При включении питания в АЦП устанавливаются заданные по умолчанию параметры, что позволяет использовать его в режиме "только чтение". АЦП имеет опции внутренней и системной калибровки для гарантирования точности преобразования во всем температурном диапазоне в течение длительного времени и ряд опций для применения в устройствах с ограниченным электропотреблением. АЦП изготовлен по

КМОП технологии, что гарантирует типовую потребляемую мощность 60 мВт в рабочем режиме и 5 мкВт в дежурном режиме.

ОЗУ измерительного модуля построено на базе микросхем статической памяти общей емкостью 256 кБ. Микросхемы питаются от однополярного источника питания +5В. Ток потребления микросхем составляет 40 мА в рабочем режиме и 2 мкА в дежурном режиме.

Измерительный модуль работает в следующих режимах:

- измерение и накопление данных;
- чтение накопленных данных;
- установка времени;
- контроль данных измерений;
- обнуление счетчика накопленных данных

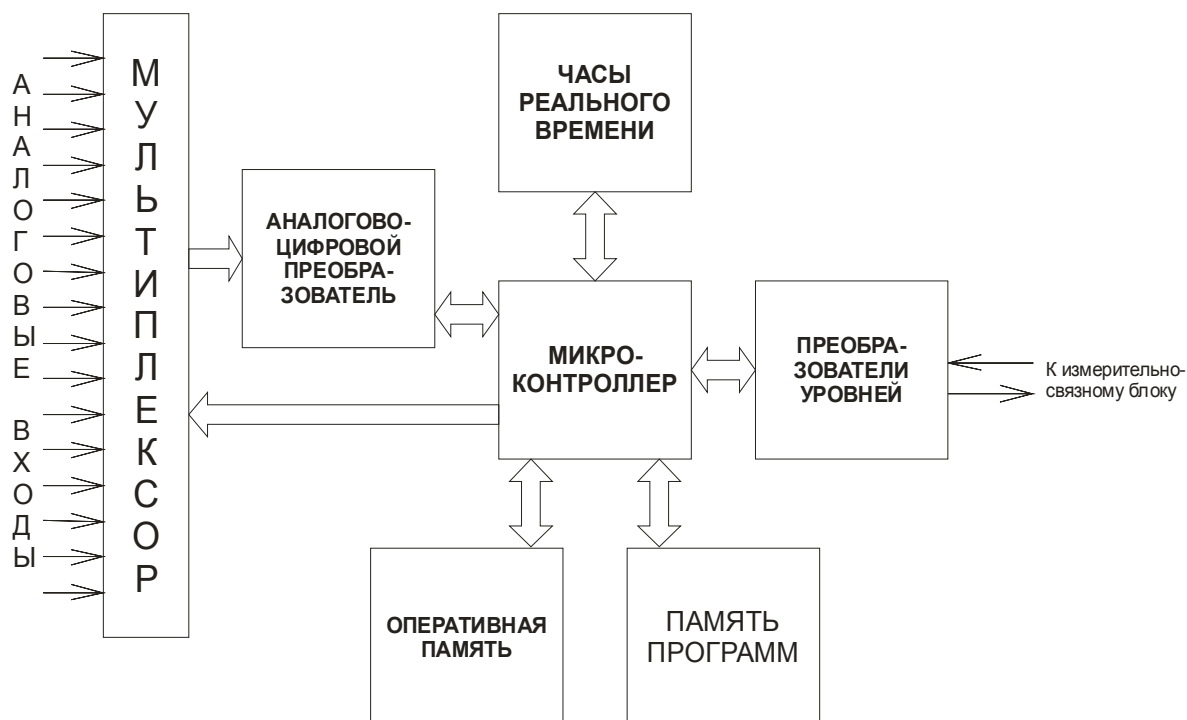


Рис. 3. Функциональная схема измерительного модуля.

Режим накопления данных. Частота дискретизации измеряемых входных сигналов формируется прерываниями от внутреннего таймера микроконтроллера, что сопровождается установкой специального флага. Основная программа, обнаружив флаг, считывает информацию из АЦП, при этом текущие данные суммируются с данными, принятыми в предыдущие циклы, и сохраняются в ОЗУ микроконтроллера. После того, как накопится нужное количество измерений (при интервале осреднения, равном одной минуте, это соответствует 1920 измерениям), полученная сумма делится на количество измерений. Такая процедура повторяется для каждого канала. Далее производится считывание текущих данных с часов реального времени, которые вместе с измерительными данными передаются во внешнее ОЗУ, а также на коммуникационный интерфейс RS-232. Затем цикл повторяется.

Чтение накопленных данных. Этот режим применяется только при использовании внешнего компьютера. При поступлении команды чтения данных, микроконтроллер переносит накопленные данные из внутреннего ОЗУ измерительного модуля через линии RS-232 в память внешнего компьютера.

Установка времени. Данный режим используется для установки (записи) текущего времени в микросхему часов реального времени, что требуется, например, при смене источника питания модуля. При поступлении соответствующей команды микроконтроллер переносит данные текущего системного времени внешнего компьютера в микросхему часов реального времени. При

этом внешний компьютер может подключаться к измерительному комплексу или непосредственно, или через модемный канал связи.

Контроль данных измерений. Указанный режим позволяет контролировать текущие результаты измерений, что необходимо, например, при настройке чувствительности измерительных трактов. При этом данный режим действует для 10 измерений, а затем производится автоматический переход в режим измерения и накопления данных.

Обнуление счетчика накопленных данных производится по команде из центра сбора после передачи накопленных данных. После обнуления счетчика запись данных в ОЗУ начинается с «нулевой» ячейки. При работе измерительного модуля совместно с накопительно-связным модулем этот режим не используется, так как накопленные данные сохраняются во флэш-памяти накопительно-связного модуля.

Функциональная схема накопительно - связного модуля приведена на рис.4. Модуль используется для накопления данных измерений, а также для обеспечения связи с центром сбора информации (прием и передачи команд, а также передача данных через модем). Ядром модуля является 8-разрядный микроконтроллер AT90S8515 фирмы Atmel, являющийся AVR-микроконтроллером с высокопроизводительной и низкопотребляемой RISC-архитектурой. В микроконтроллере используется 118 команд, имеется 32 рабочих регистра. Быстродействие достигает 8 млн. операций/с при тактовой частоте 8 МГц. Память организована по Гарвардской архитектуре с отдельными областями памяти и шинами для программ и данных. При этом для программ используется 8 кБ энергонезависимой ПЗУ, для хранения данных используются ОЗУ и ПЗУ с объемами по 512 байт.

Для хранения данных измерений в накопительно - связном модуле используется флэш-память емкостью 1 МБ, имеющая страничную организацию и работающая от одного источника +3В. Логические уровни флэш-памяти совместимы с уровнями TTL/КМОП. Время программирования одной страницы памяти не превышает 14 мс. Ток потребления в режиме программирования не превышает 35 мА, в режиме чтения - 10 мА, в дежурном режиме – 30 мкА. Количество допустимых перезаписей данных - до 10000 циклов.

В основном режиме накопительно-связной модуль работает совместно с модемом. При необходимости вместо модема может быть подключен внешний компьютер. В этом случае используется специальный кабель, в котором линия DTR (запрос наличия модема) соединяется с проводом DCD (наличие связи с удаленным модемом), а провод RTS (разрешение на передачу данных) с проводом CTS (готовность модема передавать данные в линию). DTR сигнал включается при инициализации микроконтроллера и не выключается до отключения питания на накопительно-связном модуле. При активизации модемом входного сигнала DCD накопительно-связной модуль переходит в состояние работы с модемом и активизирует RTS линию. В случае исчезновения DCD сигнала накопительно-связной модуль переходит в состояние накопления данных.

Накопительно - связной модуль работает в следующих режимах:

- накопление данных;
- чтение накопленных данных;
- установка времени в измерительном модуле;
- контроль данных измерений;
- обнуление счетчика накопленных данных.

Режим накопления данных. В этом режиме мультиплексоры коммутируют линии интерфейса RS-232, присоединенного к измерительному модулю, с микроконтроллером накопительно-связного модуля. Все принятые данные вначале накапливаются в ОЗУ микроконтроллера до тех пор, пока не сформируется страница равная 264 байт, сохраняемая во флэш-памяти. Режим накопления данных может использоваться как при работе совместно с модемом, так и при работе с компьютером, непосредственно подключенным к модулю.

Чтение накопленных данных. При получении команды на чтение (из центра сбора информации или внешнего компьютера), данные, накопленные во внутреннем ОЗУ микроконтроллера, сохраняются во флэш-памяти, даже в случае, если к этому моменту не накоплена полная страница. При активном CTS сигнале данные поступают в модем. В целях повышения помехозащищенности при передаче данных в зависимости от настроек накопительно-связного модуля в линию могут передаваться различные синхронизирующие коды, например,

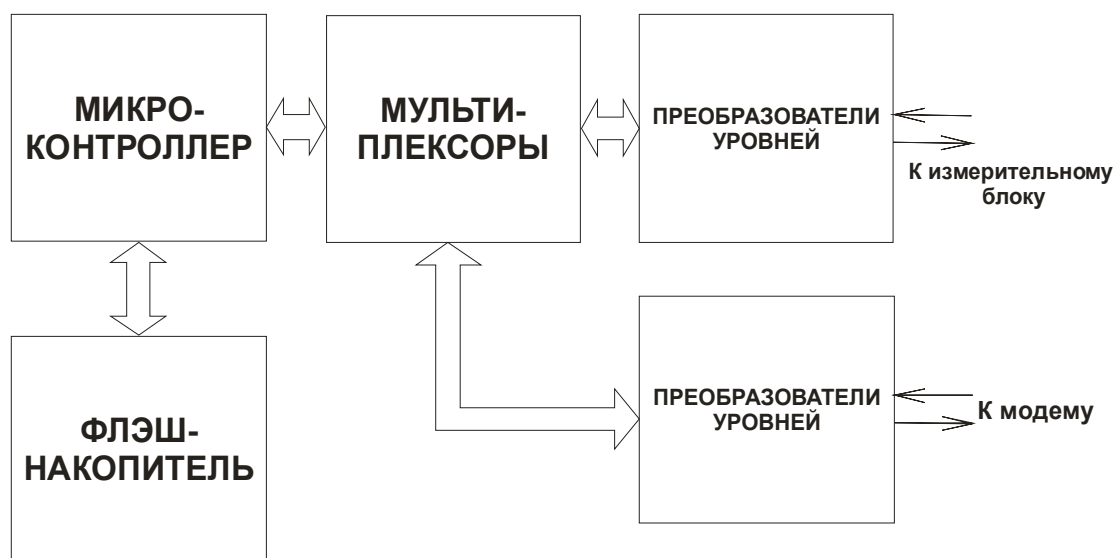


Рис.4. Функциональная схема накопительно-связного модуля.

коды начала файла и начала строки. Для этой же цели предусмотрена возможность передачи данных с подтверждением приема.

Установка времени в измерительном модуле. В этом режиме данные текущего времени, поступившие по каналу связи из центра сбора информации, записываются в ОЗУ микроконтроллера накопительно-связного модуля, а затем передаются в измерительный модуль.

Контроль данных измерений. При переходе в указанный режим для модема устанавливается блокировочный сигнал RTS (снимается его активация). В этом случае поступающие команды накапливаются в буфере модема, но не передаются в накопительно-связной модуль. При поступлении данных из измерительного модуля производится их запись в ОЗУ микроконтроллера накопительно-связного модуля до накопления страницы, а затем запись во флэш-память. Затем происходит активизация сигнала RTS, и данные передаются в модем. При поступлении из центра сбора информации команды выключения режима контроля, а также по окончании 10 измерений, накопительно-связной модуль переходит в режим ожидания.

Обнуление счетчика накопленных данных производится по команде из центра сбора после передачи накопленных данных. После обнуления счетчика запись данных во флэш-память начинается с ячейки адресом 00000000h.

Заключение

В настоящее время разработанный измерительный комплекс используется в режиме непрерывной эксплуатации на трех скважинных измерительных пунктах ИВиС ДВО РАН. За два года непрерывной работы измерительного модуля и семь месяцев эксплуатации накопительно-связного модуля не было отмечено ни одного сбоя в работе.

В целях повышения уровня помехозащищенности, расширения динамического диапазона и точности измерений, а также уменьшения потребляемой энергии планируется:

- замена недифференциальных каналов измерительного модуля дифференциальными;
- использование микросхем АЦП со встроенными мультиплексорами;
- переход на 24-разрядный АЦП;
- функциональное и конструктивное объединение измерительного и накопительно-связного модулей в один модуль с использованием одного микроконтроллера.

Авторы выражают искреннюю признательность сотруднику Института физики Земли РАН И.В.Матвееву за помощь при создании измерительного комплекса.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проект 06-III-A-08-327) и РФФИ (проект 06-05-96071).