

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потураев В.Н., Минеев С.П. Использование вибрационных и волновых эффектов при обработке выбороопасных пластов. – Киев: Наукова думка, 1992. – 200 с.
2. Потураев В.Н., Минеев С.П., Прусова А.А. О некоторых эффектах, реализуемых в горном массиве при вибровоздействии // Науковий вісник НГА України, 1999, Вип. 4. – С. 22-24.
3. Минеев С.П. Об антиномических аспектах практической реализации некоторых виброэффектов в шахтах // Вибрации в технике и технологиях: Всеукраїнський науково-технічний журнал: Вінниця: ВДСГИ. – 1999. - №3. – С. 18-20.
4. Ержанов Ж.С. Теория ползучести горных пород и ее приложения: - Алма-Ата.: Наука. – 1964.
5. Справочник по механике и динамике грунтов /В.Б. Швец, Л.К. Гинзбург, В.М. Гольдштейн и др. – Киев.: Будевельник. – 1967. – 232 с.
6. Сейсморазведка. Справочник геофизика / Под ред. И.И. Гуревича. В.П. Номокнова. - М.: Недра. – 1981. – 464 с.
7. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
8. Идентификация реологических моделей осадочных пород при динамических воздействиях /Н.В. Герасимова, Ю.Я. Ободан, И.И. Круш. – Деп. ВНИИТИ, № 3582-1389. – Днепропетровск: ИГТМ АН УССР. – 1989. – 9 с.
9. Потураев В.Н., Червоненко А.Г., Ободан Ю.Я. Динамика и прочность вибрационных транспортно-технологических машин. – Л.: Машиностроение, 1989. – 112 с.
10. Минеев С.П., Зайцев А.И. Оценка реологических параметров горных пород при динамическом нагружении. Деп. НИТИ, № 3582-192. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 1992. – 8 с.

УДК 622.831:681.3.01

Алекс. А. Яланский, В. В. Арестов

### **ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА УНИВЕРСАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ПРИБОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

Запропоновано структуру універсальних мікропроцесорних приладів автоматизованого геофізичного контролю, що розроблені за модульним принципом з використанням шинної структури. Наведені відомості про апаратні можливості та процедуру програмного налагодження приладів.

### **THE GENERALIZED STRUCTURE OF THE UNIVERSAL MICROPROCESSOR DEVICES OF THE AUTOMATED GEOPHYSICAL CONTROL**

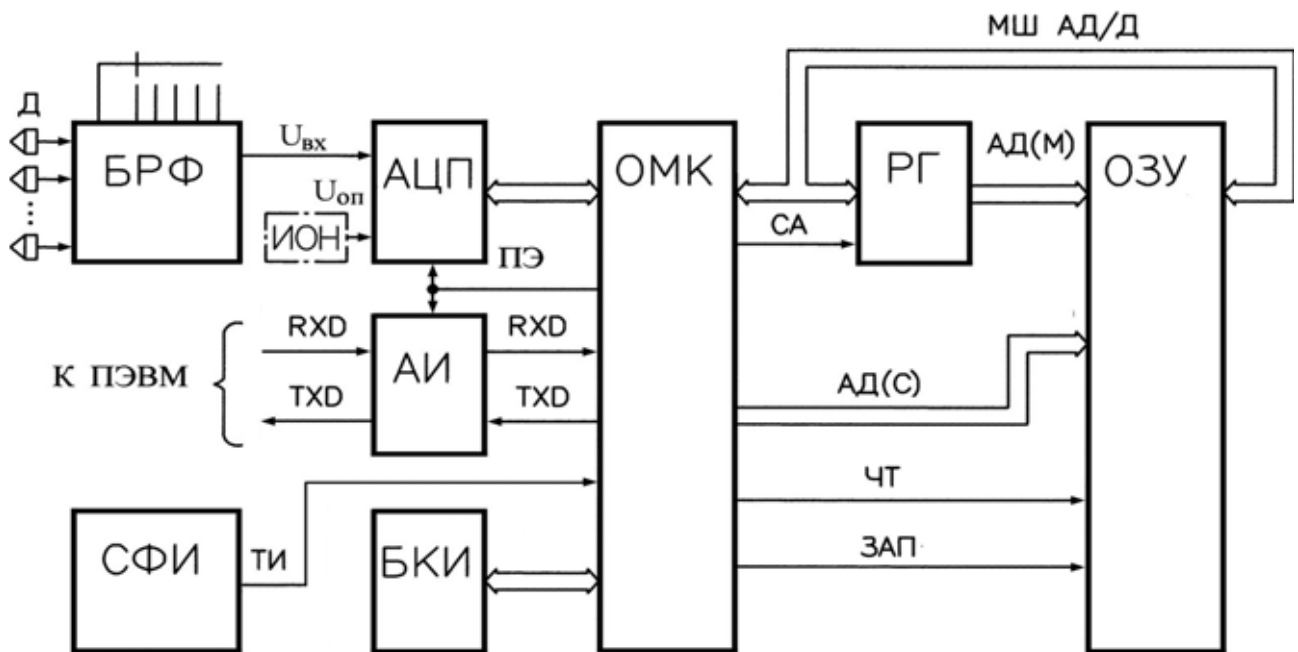
The structure of the universal microprocessor devices of the automated geophysical control is offered. The devices are developed on a modular principle with use bus-based structure. The items of information about hardware opportunities and procedure of adjustment of the device are given.

Основными информативными параметрами при сейсмической, сейсмоакустической, виброакустической и пьезоэлектрической диагностике являются кинематические и динамические характеристики упругих и электромагнитных волн: время вступления и скорости волн; амплитуды колебаний без определения частоты (пиковая амплитуда); доминирующие частоты; максимальная амплитуда колебаний на заданной частоте; длительности колебательного процесса и процесса соударения ударника и среды; спектральный состав колебаний, определяемый дискретным набором амплитуд на фиксированных средних или заранее выбранных частотах. В случае параллельного измерения силы удара информативными параметрами могут быть различные соотношения амплитуд и длительностей колебательных процессов.

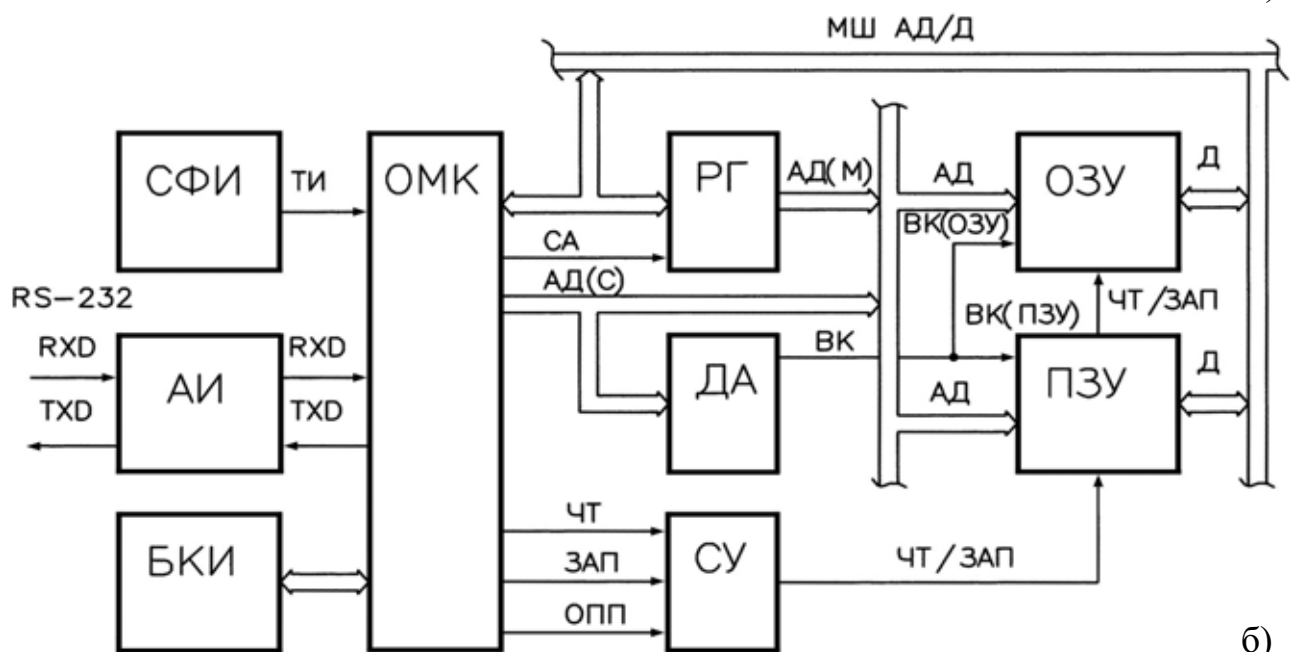
Для приборов оперативного контроля и контроллеров нижнего уровня автоматической системы разработаны методы и алгоритмы цифрового преобразования сигнала из временной области в частотную, обеспечивающие уменьшение размера выходного вектора преобразования по отношению к входному. Компактность вектора коэффициентов такого преобразования упрощает выбор параметров и критериев контроля и оценку исходного сигнала на соответствие этим критериям. Предложенные методы базируются на автоматическом разбиении исходного апериодического сигнала на мнимые периодические составляющие по алгоритму работы двух пороговых элементов, выходы которых подаются на входы RS-триггера с последующим анализом выделенных сигналов по методу двенадцати ординат [1, 2].

Перечисленные методы обработки сигналов реализует универсальный микропроцессорный прибор (блок компьютерной системы мониторинга), функциональная структура которого представлена на рис. 1, а. Данная структура является обобщенной и может быть модифицирована в зависимости от назначения приборов и предъявляемых к нему требований. В частности, опробованы схемы с двумя и восемью входными каналами и разным объемом памяти. Это могут быть 8-канальная сейсмическая, сейсмоакустическая или пьезоэлектрическая цифровые станции, виброакустический прибор с 5- или 7-частотной регистрацией на 256 уровнях, радиоволновой, радиометрический или электрометрический приборы. Возможна параллельная блокировка плат. Наличие интерфейса связи с компьютером позволяет использовать устройство как составную часть системы геофизического мониторинга либо как контроллер нижнего уровня автоматизированной многоуровневой системы контроля технологических процессов. Вычислительным ядром прибора является однокристальный микроконтроллер (ОМК) семейства MCS-51/52 фирмы Intel. Выбор данного микроконтроллера основан на таких его преимуществах как развитая архитектура и система команд, высокое быстродействие, наличие внутреннего оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), выполняющего функции памяти программ.

Входной сигнал прибора с датчика колебаний поступает на блок перестраиваемых аналоговых фильтров, который может выполнять несколько функций: предварительное усиление сигнала, выравнивание амплитудно-частотной характеристики измерительного тракта, пропускающая или заграждающая фильтрация в одной или нескольких частотных полосах. Блок перестраиваемых фильтров выполнен на одной или нескольких специализированных микросхемах двухканальных многополосных эквалайзеров. Величины сопротивлений в частото задающих  $RC$ -цепочках могут изменяться дискретно с помощью переключателей или электронных коммутаторов либо плавно – переменными резисторами.



а)



б)

Рис. 1 – Структурные схемы микропроцессорного прибора геофизического контроля (а) и отладочного устройства (б): Д – датчик; БРФ – блок регулируемых фильтров; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ОМК – однокристальный микроконтроллер; РГ – регистр-фиксатор адреса; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; МШ АД/Д – мультиплексная шина адреса/данных; АД(М) – младший байт адреса; СА – строб адреса; ПЭ – включение пониженного энергопотребления; АД(С) – старший байт адреса; ЧТ/ЗАП – сигнал чтения/записи данных; СФИ – схема формирования тактовых импульсов (ТИ); БКИ – блок клавиатуры и индикации; ВК – сигнал выбора кристалла; АИ – адаптер интерфейса RS-232; ДА – дешифратор адреса; ОПП – сигнал обращения к памяти программ.

Для ввода аналоговых сигналов используется микросхема внешнего микро-мощного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с последовательным форматом выдачи данных. В качестве эталона напряжения используется интегральный прецизионный источник опорного напряжения (ИОН). Возможно

также использование преобразователя со встроенным ИОН или микроконтроллера со встроенным АЦП. Выбор конкретного схемотехнического решения определяется требуемыми точностью и скоростью преобразования [3]. Применение АЦП с последовательным форматом выдачи позволяет упростить топологию печатной платы прибора, поскольку для обмена данными с управляющим микроконтроллером необходимо только три сигнальных линии при любой разрядности преобразования. Однако, при числе входных аналоговых каналов больше 4 применение последовательного интерфейса для связи с АЦП нецелесообразно, так как время опроса преобразователя возрастает пропорционально числу каналов. Поэтому в 8-канальных приборах используется мультиплексный АЦП с выдачей данных в параллельном коде по стандартному протоколу обмена.

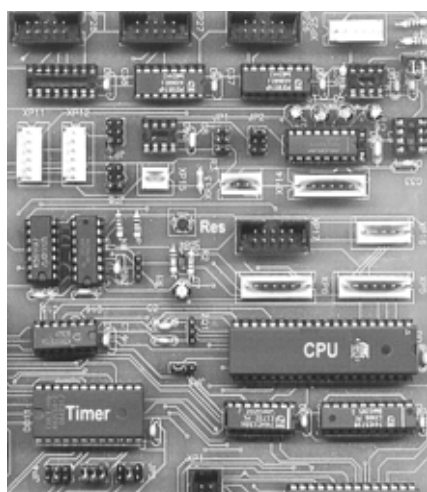
Для регистрации осциллограмм сигналов применено внешнее ОЗУ объемом от 2 до 64 Кбайт, подключаемое к микроконтроллеру через мультиплексную шину адреса/данных и шину старшего байта адреса. Младший байт адреса ячейки памяти, к которой обращается микроконтроллер, фиксируется в регистре РГ по сигналу стробирования СА. Использование внешней памяти данных позволяет разделить во времени процессы записи сигнала и его последующей цифровой обработки. При этом возможно применение сложных медленнодействующих алгоритмов фильтрации, так как на обработку сигнала можно выделить 1...3 с. (за одну секунду микроконтроллер с тактовой частотой 24 МГц способен выполнить  $5 \cdot 10^5$  команд однобайтного умножения или  $4 \cdot 10^3$  12-ординатных преобразований Фурье по методу, описанному в [2, 4]). Во внешнем ОЗУ можно также сохранять окончательные результаты измерений в случае, если прибор используется в полевых условиях и передача данных в персональную ЭВМ временно невозможна. Данные сохраняются и при выключенном питании прибора, при этом микросхема статического ОЗУ запитывается от резервного источника. Для фиксации пользовательских настроек микрооперационной системы прибора используется энергонезависимое электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (допускается  $10^6$  циклов перезаписи, что эквивалентно 27 годам ежедневной интенсивной эксплуатации прибора).

Отображение информации осуществляется через блок клавиатуры и индикации (БКИ). Возможно применение 7-, 14- и 16-сегментных цифровых, а также матричных знакосинтезирующих индикаторов. Опробованы схемотехнические решения и разработаны программы драйверов для светодиодных индикаторов KTL, KingBright, жидкокристаллических панелей KTC, Data International, а также других фирм-производителей. В 8-канальной версии прибора предусмотрен текстовый знакосинтезирующий жидкокристаллический дисплейный модуль с форматом 2 строки по 16 символов [5].

Связь прибора с персональной ЭВМ осуществляется через СОМ-порт компьютера по протоколу интерфейса RS-232. Для согласования уровней напряжений сигналов приема (RXD) и передачи (TXD) данных служит выполненный на специализированной микросхеме адаптер интерфейса (АИ). В перерывах между

сеансами оцифровки сигнала и связи с компьютером блоки АЦП и АИ переводятся в экономичный режим сигналом пониженного энергопотребления (ПЭ). Программное обеспечение интерфейса связи состоит из драйвера универсального асинхронного передатчика и управляющей программы Connect, работающей в среде Windows. Программа имеет удобный графический интерфейс и позволяет выполнять обмен данными в обоих направлениях, настраивать порт, просматривать и редактировать данные. Взаимодействие пользователя с программой осуществляется в диалоговом режиме посредством команд строки меню и кнопок управления. Прием/передача данных из порта возможны как непосредственно в файл, так и через программный буфер. Программой поддерживается формат представления шестнадцатеричных данных Intel-hex.

Отладка программного обеспечения и схемных решений выполнялась в оболочке интегральной инструментальной среды COMPASS/51 IDE с помощью специально разработанного отладочного устройства, рис. 1, б. Состав и структура устройства определяется перечнем выполняемых функций, в частности, обязательными элементами являются внешнее ОЗУ и интерфейс связи с компьютером. Разработанное отладочное устройство позволяет эмулировать работу микроконтроллеров семейств MCS-31/51/52/55, отличается простотой и доступностью (стоимость известных эмуляторов сравнима со стоимостью персонального компьютера средней конфигурации). Отладочное устройство (рис. 2) имеет внешние ОЗУ и ПЗУ со взаимно отображающимися адресными пространствами, причем микроконтроллер может выполнять программу как из постоянной памяти (в режиме загрузки кода из ЭВМ), так и из оперативной (в режиме эмуляции). Для формирования обобщенных сигналов чтения и записи служит схема управления (СУ). Так как выбор типа памяти осуществляется дешифратором адреса (ДА) по состоянию одной адресной линии, максимальный объем ОЗУ и ПЗУ составляет по 32 Кбайт, что превышает объем встроенной памяти программ существующих на сегодня модификаций микроконтроллеров эмулируемых семейств.



а)



б)

Рис. 2 – Фрагмент печатной платы прибора (а) и отладочное устройство (б) в комплекте с блоком питания и соединительным нуль-модемным кабелем.

Отличительной особенностью разработанного отладочного устройства является сохранение системы прерываний микроконтроллера как в режиме загрузки программы, так и в режиме эмуляции. Известно, что при поступлении прерывания с внешнего вывода микроконтроллера, от таймеров/счетчиков или от приемопередатчика, микроконтроллер начинает выполнять подпрограмму, начиная с адреса, соответствующего источнику прерывания. Адреса векторов прерываний (03h, 0Bh, 13h, 1Bh, 23h) заданы аппаратно и не могут быть изменены. Эти адреса приходятся на область ПЗУ эмулятора. Так как адресные пространства постоянной и оперативной памяти взаимно отображаются, но не пересекаются, то в режиме эмуляции, когда выполняется программа из ОЗУ, необходимо при поступлении прерывания обеспечить корректный возврат из области постоянной памяти в область оперативной. Для этого в ячейки памяти ПЗУ с адресами векторов прерываний записаны коды команд безусловного перехода на отображаемые ячейки оперативной памяти. На время загрузки программы из компьютера в соответствующие ячейки ОЗУ заносятся временные вектора прерываний, которые по окончании процесса загрузки заменяются пользовательскими данными.

Компоновка элементов и трассировка печатных плат модулей приборов и отладочного устройства выполнена в системе автоматизированного проектирования P-CAD 2001 ACCEL Technologies. Программирование приборов осуществляется программатором «Турбо-6». Разработанное отладочное устройство применяется также в учебном процессе Национального горного университета для подготовки студентов по дисциплине «Микроконтроллеры».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М., Яланский Алекс.А. Ввод аналоговых сигналов в микропроцессорных приборах контроля деформирования и разрушения напряженных горных пород // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов, выпуск 8. – Днепропетровск, 1998. – С. 112-118.
2. Ткачев В.В., Яланский Алекс.А. Реализация быстрого преобразования Фурье методом двенадцати ординат с помощью однокристалльных микроконтроллеров // Гірнична електромеханіка та автоматика. – Дніпропетровськ: РВК НГА України. – 1999. - №3(62). – С. 61-67.
3. Яланский Алекс.А. Определение параметров микропроцессорных приборов акустического контроля устойчивости кровли горных выработок // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов. – Днепропетровск, 1997. – №3. – С. 124-128.
4. Ткачев В.В., Яланский Алекс.А. Определение Комплексного амплитудно-частотного показателя сигналов геоакустического контроля плоско-параллельных и блоковых структур приконтурного массива горных пород // Сб. науч. тр. Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск, 2000. - №9, том 2. – С. 156-162.
5. Корнюхин В. П. Жидкокристаллические индикаторы фирмы Data International: Справочник. - М.: Додэка, 1999. - 64 с. - (Библиотека электронных компонентов; Вып. 8).