

ГЛАВА 7

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАП-АЭС

Учитывая современные тенденции, большинство систем управления РАП предлагается строить на базе микроконтроллеров фирм ATMEL, MOTOROLA, и множества других. Фирм, специализирующихся на выпуске микроэлектронники насчитывается уже сотни (Старостин О.В. Зарубежные микропроцессоры и их аналоги. Справочник-каталог. – Т. 2. – М.: Радиософт, 2001). Информационная система Интернет позволяет довольно просто получить необходимую информацию на сайтах фирм относительно параметров электронных компонентов. Что касается фирмы ATMEL, то можно использовать следующие сайты: www.atmel.com (сайт фирмы Atmel, производителя микроконтроллеров AVR), www.atmel.ru (русскоязычная версия сайта Atmel), www.atmel.ru/Software/Software.htm (адрес для скачивания программы AVR Studio).

По мнению автора, микроконтроллеры AVR фирмы Atmel имеют преимущества: малые габариты, широкая номенклатура параметров и типоразмеров, возможность внутрисхемного программирования и самопрограммирования, отлаженная система информирования через Интернет, опубликованная литература о практическом применении.

Для знакомства с особенностями применения микроконтроллера ATmega 32 для управления МГП автором разработана макетная схема для управления цифровыми индикаторами и шаговым двигателем от кнопок и от компьютера.

Для знакомства с особенностями применения микроконтроллера ATmega 169 фирма выпустила в продажу учебную плату AVR Butterfly.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАП

РАП-АЭС должен иметь следующие системы, построенные на базе микропроцессоров и микроконтроллеров:

1. Программное управление манипуляторами рук.
2. Программное управление манипуляторами ног.
3. Управление гидросистемами МГП.
4. Управление электропитанием.
5. Контроль и зарядка аккумуляторов.
6. Управление гидростанцией.
7. Супервизорное управление манипуляторами.

8. Обработка изображений от телекамер.
9. Управление вентиляторами охлаждения кассет.
10. Супервизорное управление инструментом.
11. Обработка речевых сигналов безопасности.
12. Программы восстановления при аварии.
13. Измерение малых расстояний с помощью УЗИ.
14. Измерение больших расстояний.
15. Измерение параметров внешней среды.
16. Вертикальная стабилизация корпуса.
17. Блок связи с системой навигации GPS.
18. Управление схватами.
19. Управление стопами.

Общая система управления РАП (ОСУ) показан на рис. 7.1 в виде архитектуры соединения микроконтроллеров манипуляторов, отдельных СУ с подсистемами на базе цифровых сигнальных процессоров, расположенных в корпусе РАП с последующей передачей функций управления и контроля по радиоканалу на ЭВМ оператора. Основным принципом управления РАП является супервизорное управление оператором с элементами самообучения для последующего автоматического выполнения отдельных рабочих операций.

Стратегия построения ОСУ РАП: создание подсистем управления и контроля на базе собственных цифровых сигнальных микропроцессоров.

Сигнальные микропроцессоры имеют разветвленный интерфейс и солидную возможность выполнять математические операции (для этого имеют библиотеку математических функций). Необходимость математических вычислений диктуется расчетами прямой и обратной задач манипуляторов.

Микропроцессор должен проводить умножение матриц 4×4 и умножение тригонометрических функций. Кроме того, ЦСП обладают значительным быстродействием – последние модели по быстродействию перевалили за 100 МГц и продолжают совершенствоваться.

Системы у оператора и системы, расположенные в корпусе РАП, связаны телеканалом с помощью радиомодемов. Для этого могут быть использованы разработки фирмы Chipson по созданию технологии ZigBee.

Возможные параметры компьютера оператора:

- процессор Intel AtomTMZ530 с тактовой частотой 1,6 ГГц и энергопотреблением 2,3 Вт в корпусе 13×14 мм – 2 шт;
- ОЗУ с частотой 1,6 ГГц емкостью 0,5 Гбайт – 2 шт;
- винчестер (постоянная память) на 1000 Гбайт – 2 шт;
- чипсет Intel System Controller Hub с интегрированным графическим ядром Intel Graphics Media Accelerator 500 с поддержкой двух независимых мониторов;
- радиомодемы.

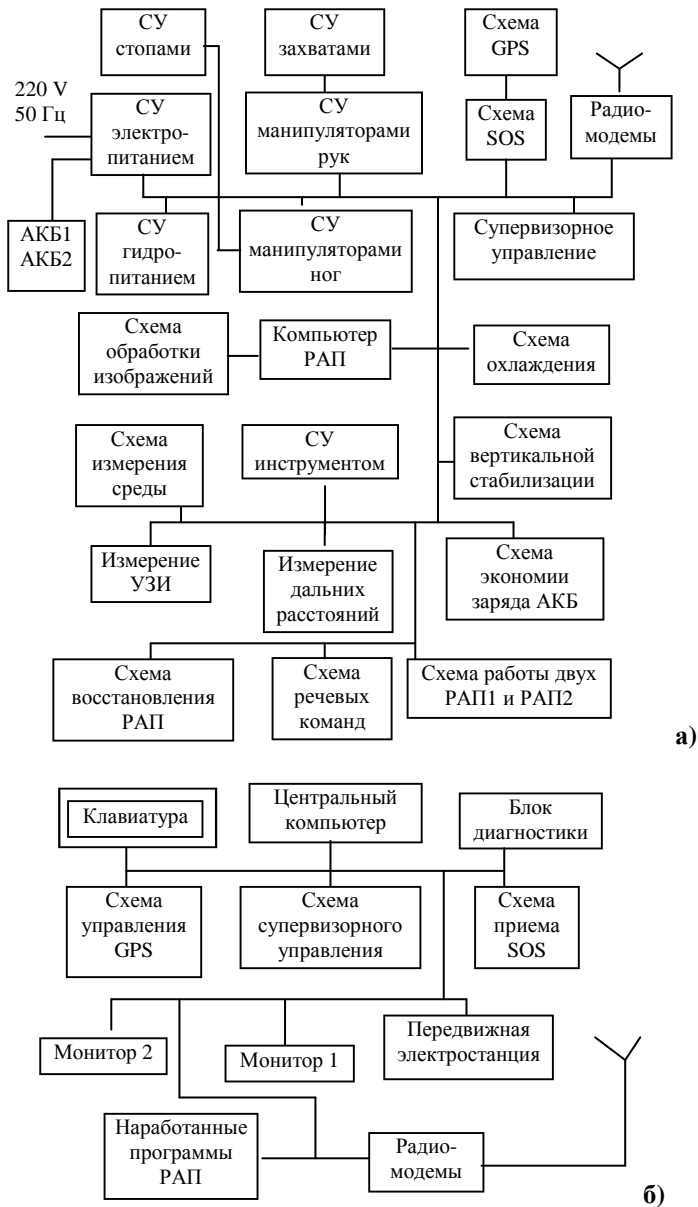


Рис. 7.1:

а – системы у оператора; б – системы в корпусе РАП-АЭС

Рассмотрим более подробно отдельные системы и подсистемы ОСУ РАП-АЭС.

СХЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Блок-схема электропитания РАП показана на рис. 7.2.

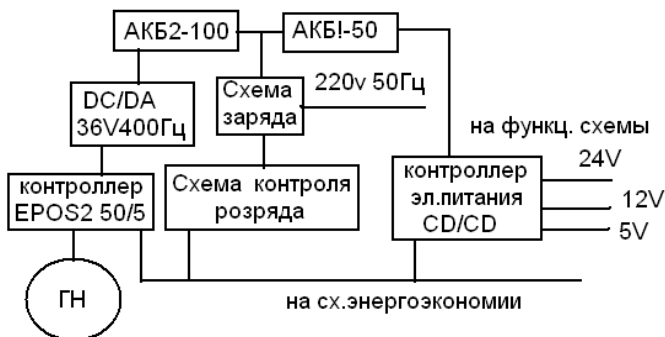


Рис. 7.2. Блок-схема электропитания РАП-АЭС:

АКБ1 и АКБ2 – аккумуляторные батареи на 50 и 100 Ah. АКБ1-50 расположена на «груди» РАП, а АКБ2 на «спине». DC/DA – преобразователь постоянного тока в переменный частотой 400 Гц с целью уменьшения габаритов электродвигателя гидронасоса (ГН). Контроллер EPOS2 50/5 осуществляет изменение частоты вращения, и этим регулируется производительность и давление в гидросистеме РАП. Контроллер выпускается швейцарской фирмой Moxol Motor и может регулировать у бесколлекторных двигателей скорость в широких пределах. Питание в пределах 11-50 В, габариты 120×93, 5×27 мм, масса 240 г, максимальная частота вращения 25 000 об/мин интерфейс USB, ток нагрузки 5 А

Контроллер питания – преобразователь напряжений 5, 12, 24 В компании International Rectifier.

Схема заряда предусматривает возможность получать подзаряд с любой розетки сети 220 В 50 Гц и выполнение всех работ РАП-ом.

На рис. 7.3 показана блок-схема экономного расходования энергии аккумуляторов, позволяющая отключать манипуляторы, электродвигатель насоса СУ инструментом в разной комбинации в зависимости от их простоя с помощью коммутатора. Управляет процессом компьютер РАП.

Когда предусматривается непродолжительная работа РАП, в качестве основного источника электропитания РАП может быть аккумуляторная батарея.

Каталог ELFA представляет значительную номенклатуру аккумуляторов и батарей.



Рис. 7.3. Блок-схема экономного расходования емкости АКБ

Фирмы выпускают следующие типы аккумуляторов для питания переносной аппаратуры: никель-гидридные (Ni-MH), никель-кадмиевые (Ni-Cd), литий-ионные (Li-ion), свинцовые-кислотные, литиевые (Li-Metal).

Литий-ионные (с напряжением элемента 3,5...3,7 В) имеют хорошую плотность энергии по отношению к своей массе, и габаритам и популярны в переносной аппаратуре.

Литиевые аккумуляторы (Li-Metal) имеют напряжение элемента 3 В. Их рекомендуют как имеющие наиболее высокую плотность энергии по сравнению с другими системами. Литиевые аккумуляторы используются как резервная память в разном электронном оборудовании.

Приведем параметры аккумулятора типа ML2430HJ.

Напряжение на клеммах = 3 В, напряжение зарядки = 3,1 В, емкость = 90 mAh, ток разряда пост/мах = 10/20 mA, размеры = диаметр 24,5 мм и толщина 3 мм. Монтируется батарея на печатной плате с двумя выводами.

Такие аккумуляторы можно монтировать в кассетах печатных плат.

Например, на площади серийной кассеты со свободным размером 140×90×15 мм можно смонтировать два слоя с 30 шт. аккумуляторов.

Если печатные платы функциональных блоков будут питаться напряжением 5 В, тогда нужно соединить последовательно по два аккумулятора, и получим 15 групп. Теперь, соединив их параллельно, получим емкость 1350 mAh. Несколько таких кассет обеспечат электропитание всех схем на микроконтроллерах в течении нескольких часов.

Для работы электродвигателя гидростанции можно использовать навесную батарею, состоящую из двух панелей, закрепленных спереди и сзади корпуса РАП поверх скафандра.

Пусть размер панели составляет 400×270×30 мм. В такой панели может поместиться по 20 аккумуляторов типа ВР-711, ВР-714, размер батареи 89×47×24 мм, вес батареи 170 г, напряжение 6 В, емкость 2100 mAh.

Производитель GP Battery, применение для видеокамер фирмы Canon.

При соединении последовательно по две батареи получим 12 В для питания электродвигателя гидростанции. Каждая панель навесной батареи будет иметь емкость 21 Ah, что достаточно для работы несколько часов гидростанции. Общий вес батареи составит 5 кг.

Номенклатура каталога ELFA позволяет подобрать и другие варианты аккумуляторного питания робота-андроида.

УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРАМИ

На рис. 7.4 представлены блок-схемы управления манипуляторами рук и ног РАП, где в качестве основного устройства управления использован ЦСП1 и ЦСП2 – цифровые сигнальные процессоры, обеспечивающие широкий набор портов ввода, прерываний, работу в реальном времени и возможность выполнения математических операций с умножением.

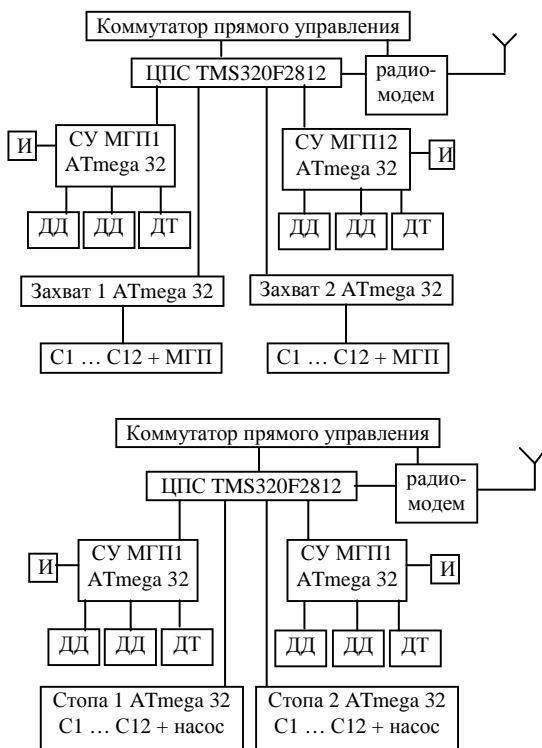


Рис. 7.4. Блок-схема управления манипуляторами рук и ног:
 ДД – датчики давления, ДТ – датчики температуры, С1-С12 – сенсоры приближения и сенсоры касания, И – индуктосин

Нижний уровень управления каждым МГП-ом осуществляется своим микроконтроллером ATmega 32.

ЦСП1 осуществляет управление двумя манипуляторами рук с шестью степенями подвижности каждой руки и захватом; ЦСП2 управляет двумя манипуляторами ног с пятью степенями подвижности в каждом и стопами.

Управление сводится к решению обратной задачи манипулятора с определением угла поворота каждого сочленения и передачи кода в микроконтроллер соответствующего МГП. Дальше собственный микроконтроллер МГП-а осуществляет работу следящей системы с поворотом на заданный угол.

Коммутатор прямого управления предназначен для переключения управления МГП-ми оператором с помощью системы супервизорного управления.

Управление манипуляторами имеет два уровня нижний – управление МГП-ами и верхний – управление всеми звеньями манипулятора, в том числе и несколькими манипуляторами. Процедура управления манипуляторами рук РАП состоит из следующих этапов:

1. Определение координат точки, в которую необходимо переместить схват.
2. Решение обратной задачи манипулятора по заданной точке схвата.
3. Передача угла поворота каждому сочленению манипулятора.
4. Отработка микроконтроллером конкретного сочленения заданного угла с перемещением золотника для получения заданной скорости и ускорения.
5. Контроль отработанного угла с помощью индуктосина.
6. Определение погрешности перемещения звена путем сопоставления заданного и отработанного угла.
7. Внесение коррективы по перемещению, если погрешность отработки велика, и если необходимо предотвратить столкновение со второй рукой или внешним препятствие.

Управление манипуляторами осуществляется в двух режимах: программном и супервизорном. Супервизорный используется, в основном, для отработки подпрограмм отдельных конфигураций и движений манипуляторов. При этом срабатывает коммутатор прямого управления джойстиком, который переключает все МГП на этот режим.

Оператор, осмотрев место работы, обрабатывает процесс самообучения, и все углы поворота МГП-ов записываются, формируя программу. Отработанная программа помещается в библиотеку программ для использования в случае необходимости.

Так, в процессе супервизорного управления накапливается обширная библиотека программ, которые в последующем уже используются в автоматическом программном режиме.

Основным компонентом схемы управления является цифровой сигнальный процессор, способный произвести решение прямой и обратной задач. В качестве ЦСП можно использовать TVS320F2812 фирмы Texas Instrument. Оператор производит панорамный осмотр трассы перемещения РАП и формулирует маршрут.

Более подробно разберем ЦСП типа TMS320F2812 (F2812).

Параметры ЦСП типа F2812:

Центральный процессор:

- тактовая частота/цикл выполнения одной команды – 150 МГц/6,67 нс;
- модифицированная гарвардская архитектура;
- 32-разрядное ЦПУ;
- операции над 16 и 32-разрядными операндами;
- операции умножения с накоплением 16×16, 32×32, двояная операция умножения с накоплением 16×16;
- одноклоковые операции чтение/модификация/запись;
- контроллер периферийных прерываний с поддержкой до 45 запросов прерываний и минимальной задержкой обслуживания;
- максимальный диапазон прямоадресуемой памяти программ/данных Маслова;
- высокая эффективность кода при программировании на ассемблере и языке C/C++;
- совместимость по программному коду с семейством микроконтроллеров TMS320F24x/LF240x;
- напряжение питания ядра процессора/устройства ввода/вывода – 1,8 В/3,3 В;
- напряжение питания программатора встроенной флэш-памяти – 3,3 В
- встроенная флэш-память (16-разрядных слов) – 128 К;
- память секции – 4×8 К, 6×16 К;
- память встроенного ОЗУ однократного доступа (16-разрядных слов) – 18 К;
- память блоков L0, L1 – 2×4 К;
- память блока H0 – 1×8 К;
- память блоков M0, M1 – 2×1 К;
- память встроенного однократно программируемого ПЗУ – 2 К;
- встроенное загрузочное ПЗУ с таблицами стандартных математических функций – 4 К;
- внешняя память (16-разрядные слова): программируемые такты ожидания, программируемые временные интервалы стробирования запись/чтение, три индивидуальных сигнала выборки кристаллов – 1 М;

- код защиты от несанкционированного доступа: флеш-памяти и однократно-программируемого ПЗУ, блоков L0, L1, ОЗУ – 128 бит;
- тактовый генератор с динамическим умножением входной тактовой частоты, встроенный тактовый генератор, сторожевой таймер – есть;
- два встроенных менеджера событий, совместимых с семейством 240х: EVA, TVB;
- таймеры общего назначения – 4;
- каналы сравнения/ШИМ-сигналы – 16;
- каналы захвата/кватратурного декодера – 6/3;
- сдвоенный 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь с числом каналов – 2×8;
- время одиночного преобразования/время конвейерного преобразования – 200 нс/60 нс;
- индивидуально программируемые битовые порты ввода/вывода общего назначения (мультиплицированные со спецификацией) – 56;
- 32-разрядные таймеры поддержки систем управления реального времени – 3;

Последовательные порты:

- синхронный периферийный интерфейс SPI – 1;
- последовательный коммуникационный интерфейс SCI (стандартный универсальный приемопередатчик) – 1 (SC1A, SC1B);
- расширенный контроллер локальной промышленной сети – 1;
- мультисканальный буферизованный последовательный порт (McBSP) с режимом SPI-интерфейса – 1;
- входы запросов внешних прерываний – 3;
- тип корпуса – 179-Ball MicroStar;
- температурный диапазон – А (– 40 ... + 85 °С), S(– 40 ... + 125 °С).

Средства разработки программного обеспечения:

- компилятор с языка ANSIC/C++;
- транслятор с Ассемблера/Компоновщик;
- интегрированная среда разработки Code Composer Studio IDE;
- аппаратная поддержка отладки в реальном времени с интеграцией на кристалл DSP/BIOS;
- внутрисхемные JTAG-эмуляторы, оценочные платы EVM.

Привлекательность ЦСП типа F2812 заключается в том, что он может производить математические операции с тригонометрическими функциями для обработки матриц 4×4. Для этого загрузочное ПЗУ объемом 4 Кслов программируется на заводе-изготовителе и содержит несколько программ загрузки Флэш-памяти, а также таблицы стандартных математических функций $\sin x$, $\cos x$, $1/x$, $\arctg x0$. Уникальной

возможностью F2812 является аппаратная поддержка отладки программного обеспечения через JTAG-интерфейс в реальном масштабе времени.

Таким образом ЦСП различных серий фирмы Texas Instrument уже достаточно освоены и применяются в военной и космической технике.

Россия также наладила производство ЦСП серии МУЛЬТИКОР.

Более подробную информацию о ЦСП можно получить на сайте www.ti.com.

УПРАВЛЕНИЕ СХВАТАМИ РАП

Схваты манипуляторов рук РАП представляют собой главный элемент его работоспособности. На рис. 7.5 представлена блок-схема управления схватами. В зависимости от назначения РАП к системе управления схватами предъявляются свои требования. Наиболее распространенными требованиями к СУ схватами являются:

1. Схват должен подходить к предмету схватывания плавно и без столкновений.

2. При схватывании предмета он не должен разрушать его или ронять.

3. При выполнении сварки, резки, сборки схват должен иметь способность перемещаться с точностью до нескольких микрон в трех плоскостях. Для этого к манипулятору руки, имеющей сварочный инструмент жестко присоединяется дополнительное звено, имеющее возможность перемещать сварочный инструмент с захватом с точностью в доли миллиметров.

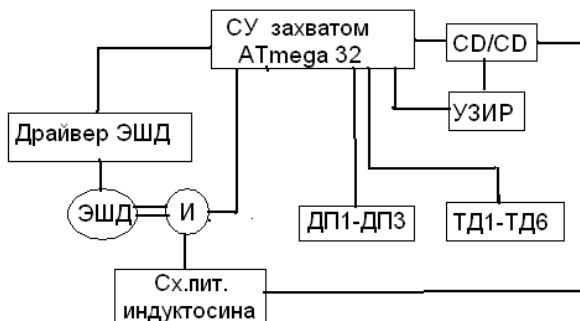


Рис. 7.5. Блок-схема управления схватами:

ДП1-ДП3 – датчики приближения, Тд-1-ТД6 – датчики касания и давления, установленные на пальцах. УЗИР – ультразвуковой измеритель расстояния при приближении захвата к предмету, ЭШД – шаговый двигатель управления золотником МПП захвата, И – индуктосин – датчик угла поворота пальцев захвата, CD/CD – преобразователь напряжений питания. Схема питания индуктосина должна содержать квадратурный генератор для питания обмоток индуктосина напряжениями, сдвинутыми на 90°

Процесс захватывания предмета состоит из следующих этапов:

1. Осмотр с помощью телекамер предмета и оценка оператором, как его взять.
 2. Осторожное приближение захвата к предмету на малой скорости.
 3. Ориентация захвата.
 4. Захват предмета без зажима.
 5. Зажим предмета в захвате, предотвращающий проскальзывание.
- Процесс захвата предмета обрабатывается в супервизорном режиме с оформлением программы, которая может быть использована повторно.

УПРАВЛЕНИЕ СТОПАМИ РАП

Управление стопами (рис. 7.6) становится проблемой при перемещении РАП по сильно пересеченной поверхности.

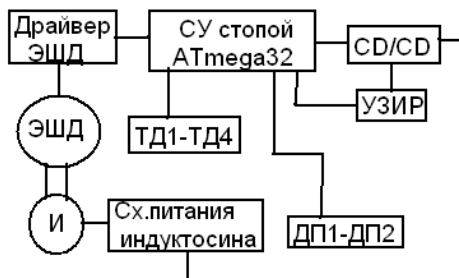


Рис. 7.6. Блок-схема управления стопой:

ЭШД – электрический шаговый двигатель золотника МГП наклона стопы

Элементы стопы аналогичны захвату.

Процесс опоры стопой поверхности пола или земли происходит следующим образом.

1. Осмотр оператором трассы перемещения РАП-а с выбором наиболее безопасного.
2. Выбор величины шага и скорости шагания.
3. Определение установки высоты шага с помощью УЗИ.
4. Пробное шагание.
5. Определение маршрута с поворотами по количеству шагов.
6. Уточнение контрольных точек маршрута с помощью системы навигации GPS.

Внутри стопы размещен вибрационный насос сбора и перекачивания протечек гидрожидкости.

СУПЕРВИЗОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАП

Рассмотрим более подробно супервизорное управление манипуляторами РАП. На рис. 7.7 представлены блок-схемы а) супервизорного управления манипуляторами; б) управления приемником GPS оператором.

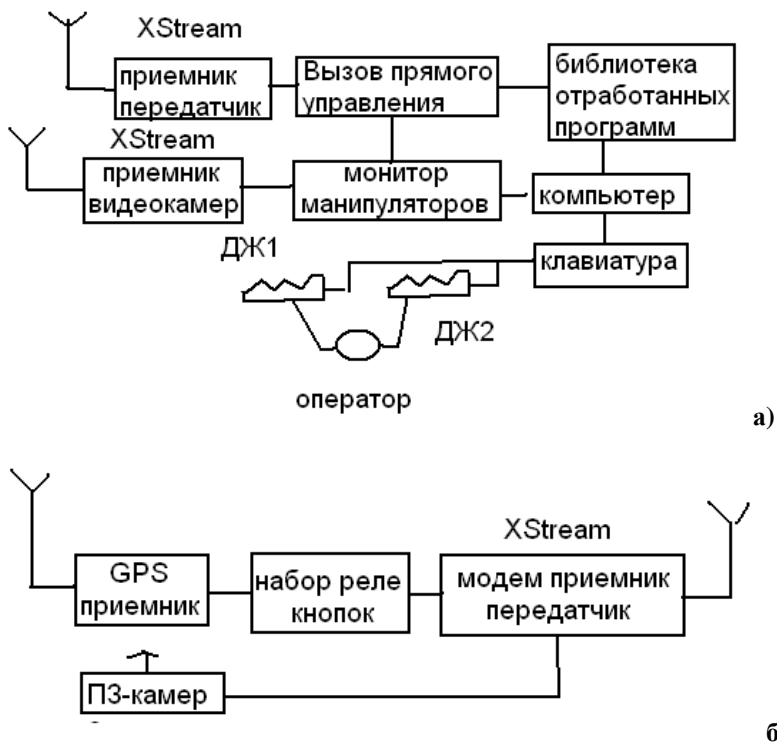


Рис. 7.7:

а – блок-схема супервизорного управления манипуляторами;
б – блок-схема управления приемником GPS оператором

При отсутствии программы необходимых манипуляций манипуляторами и инструментом управление производится оператором в супервизорном режиме следующим образом:

1. Оператор производит переключение управлением манипуляторами или инструментом в супервизорный режим. При этом происходит отключение программного управления и управление производится джойстиком (один джойстик управляет одним манипулятором).

2. Манипулируя джойстиком, производится нужный поворот шарнира манипулятора. При этом положение угла поворота сочленения записывается автоматически в память для формирования будущей программы.

3. Во время манипулирования на экране монитора манипуляторов высвечивается картинка движений манипулятора в пространстве. Эту картинку может передавать ПЗС-камера другой руки, камеры в шлеме, камеры другого РАП или обзорная телекамера, установленная специально в стороне возле места работы РАП.

4. Оператор проверяет составленную программу работы манипулятора и засылает ее в библиотеку программ.

Программа работы РАП может состоять из нескольких подпрограмм, которые оператор объединяет в одну программу, предварительно проверив правильность ее работы.

Аналогично обрабатываются программы для манипуляторов ног и манипуляции инструментами.

На рис. 7.7 (б) представлена блок-схема управления оператором приемником GPS. Приемник установлен в корпусе РАП и позволяет оператору не только определять координаты РАП, но и выполнять все манипуляции кнопками, расположенными на приемнике.

ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ УЗИ

На манипуляторах рук и ног расположены ультразвуковые измерители расстояний. На рис. 7.8 представлена блок-схема измерения расстояний с помощью УЗИ. УЗИ на захвате помогает предотвратить столкновения захвата с предметом, на стопе контролировать расстояние от пола к стопе, предотвращая возможное попадание стопы в яму или преграду. На манияторе ноги УЗИ обеспечивает четкое шагание по лестнице и переступание барьеров. УЗИ манипулятора руки может контролировать расстояние до препятствий при шагании РАП, а также помогать в аврийных ситуациях при опрокидывании.

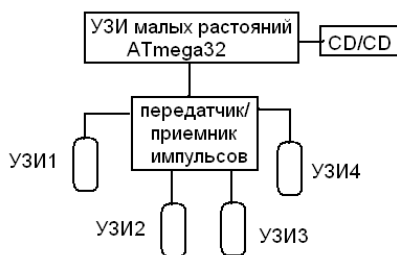


Рис. 7.8. Блок-схема измерения расстояний с помощью УЗИ

УЗИ работает следующим образом:

Измерение основано на измерении времени прохождения ультразвуковых зондирующих импульсов расстояния от излучателя до объекта и обратно к приемнику. Измерительная схема работает на принципе временной демодуляции. Отраженные импульсы усиливаются, формируются и подаются на демодулятор. Синхронизатор осуществляет одновременный запуск импульсного генератора и генератора пилообразного напряжения, выход с которого подается на демодулятор. С демодулятора снимается постоянное напряжение пропорциональное расстоянию подается на микроконтроллер, а затем на ЦСП 1 и ЦСП 2 – управления манипуляторами РАП.

Конструктивно все четыре электронные схемы УЗИ смонтированы на одной плате в корпусе РАП.

РАП производит измерение следующим образом. По команде оператора один из выбранных манипуляторов руки выдвигается вперед с закрепленным УЗИ в направлении объекта измерения и производит измерение расстояния, которое выдается оператору и в систему управления манипуляторами для дальнейшей обработки.

Фирма Honeywell производит УЗ датчики для промышленного применения и измерения расстояний типа 943-F4V-2D-001-330E (диапазон измерения расстояний 0-500мм) и типа 943-F4V-2D-001-180E (диапазон измерения 200-2000 мм).

Параметры датчика:

- напряжение питания 12-30 В
- аналоговый выход 1-10 В
- максимальный потребляемый ток аналогового выхода 40 мА
- размеры М18(×1)×93 мм

ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ В КОРПУСЕ РАП

Во время работы РАП электронные блоки нагреваются не только от собственных тепловых излучений, но и от нагрева электронасоса и гидрожидкости в баке. Схема движения потока воздуха в корпусе показана на рис. 5.7, а электронная схема управления вентиляторами на рис. 7.9.

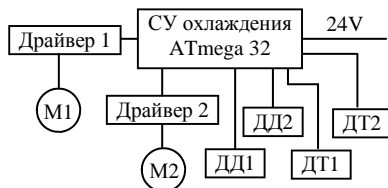


Рис. 7.9. Блок-схема системы охлаждения корпуса РАП

Главное назначение электронной схемы управления заключается в том, чтобы длительность работы вентиляторов была минимальной, обеспечивая работу электронных блоков при температуре не выше 70°. Это контролируют датчики температуры ДТ1 и ДТ2 на входе воздуха и на выходе. Датчики давления ДД1 и ДД2 контролируют работу вентиляторов по давлению.

Программа экономной работы заложена в микроконтроллере.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НАКЛОНОВ КОРПУСА РАП

Изменение ветикального положения РАП-АЭС во время ходьбы и выполнения рабочих операций – важнейшая характеристика.

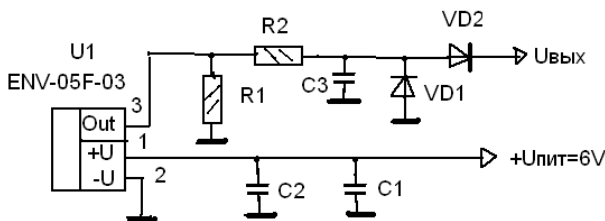
Измерение наклона корпуса РАП может осуществляться в следующих режимах:

- шагание;
- выполнения весовых операций на рабочем месте;
- в позиции приседания, перемещения на «четвереньках» и «по-пластунски»;
- аварийной ситуации при действии внешних сил опрокидывания.

Чувствительным элементом наклона корпуса РАП-АЭС является гироскоп.

Большое распространение имеют гироскопы на базе высокооборотного электродвигателя. В последнее время появились конструкции ультразвуковых и лазерных гироскопов. Японская форма MURATA (Япония) наладила выпуск пьезокерамических гироскопов типа ENV-05F-03. При изменении горизонтального положения, напряжение на выходе изменяется в соответствии с коэффициентом преобразования 0,67 мВ/сек.

На рис. 7.10 показана схема включения пьезокерамического гироскопа для получения сигнала управления. Дополнительная информация на сайте www.murata.com.



$R1=100k$, $R2=1K$, $C1=0,1\mu k$,
 $C2=4,7\mu k$, $C3=0,047\mu k$,

Рис. 7.10. Схема подключения пьезокерамического гироскопа

Рассмотрим режимы работы РАП с наклонными корпусами:

1. ШАГАНИЕ. В этом режиме происходит колебание корпуса РАП-АЭС вокруг осей X и Y на угол не более 10° , но если произойдет наклон на больший угол (выбоина по трассе), подается сигнал в систему управления ходьбой на возврат шага и выравнивания корпуса. РАП останавливается и производит дополнительный осмотр трассы с выбором другого направления или длины шага.

2. РАБОТА С ГРУЗОМ. При работе с грузом в схвате манипулятора нарушается равновесие. В таком случае можно использовать второй манипулятор как фиксатор равновесия, закрепившись за неподвижный предмет или устройство на месте работы. Если используются в работе оба манипулятора рук, то вертикальная стабилизация выполняется блокам так, что подается сигнал на МГП манипуляторов ног с их перестановкой для компенсации наклона.

3. ПЕРЕХОД В ПОЛОЖЕНИЕ «ЧЕТВЕРЕНЬКИ». При необходимости изменить положение корпуса РАП-АЭС в горизонтальное положение отключаются оси X и Y и задействуется сигнал только от оси Z.

4. АВАРИЙНЫЙ ТОЛЧЕК ИЛИ УДАР. При ударе или толчке наклон РАП-АЭС происходит с большим ускорением. Если акселератор выдает сигнал, что ускорение наклона велико (определить экспериментально), то для компенсации падения подается сигнал на воздушную форсунку, создающую противоположное усилие.

На рис. 7.11 показана электронная схема выбора включения подачи воздуха на форсунки.

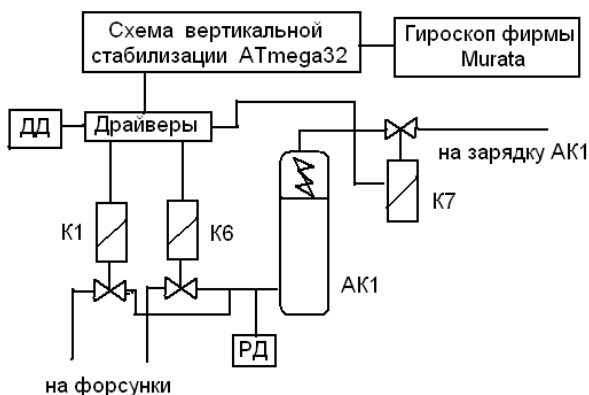


Рис. 7.11. Пневматическая схема подачи воздуха на форсунки вертикальной стабилизации РАП

Принцип работы схемы следующий.

При шагании РАП-а имеют место технологические наклоны корпуса, когда РАП стоит на одной ноге, а другая переносится. Такой наклон может быть направлен по сторонам и вперед. Экспериментально технологический угол наклона определяется на изготовленном РАП, т. к. он зависит от распределения масс. Обычно он не более 10° .

Программа подачи воздуха составлена так, что воздух подается в ту форсунку, куда наклонился корпус РАП и угол наклона больше 10° .

Система подачи воздуха не работает, если производится программное изменение позиции РАП (приседание, переход в положение лежа, при опасности повреждения струей воздуха окружения РАП).

В этом случае работает дополнительно программа манипуляции ногами и руками. Вообще, эта программа имеет приоритет перед форсунками. При работе РАП в помещении эта система может отсутствовать.

СХЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАП ПОСЛЕ ПАДЕНИЯ

На рис. 7.12 представлена блок-схема восстановления вертикального положения РАП после падения.

Ситуаций падений РАП может быть множество. Рассмотрим только некоторые, связанные с положением РАП, лежащим на полу.

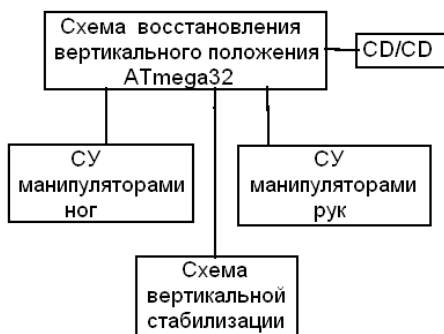


Рис. 7.12. Блок-схема восстановления вертикального положения (после падения)

Падение РАП – самая неприятная аварийная ситуация, которая может произойти в следующих случаях:

Случай 1. Вероятность падения РАП возможно при нормальном шагании, т. к. РАП осуществляет наклон корпуса по сторонам и вперед. При несовпадении скоростей перемещения поднятой ноги и скорости выпрямления корпуса возможно падение РАП. Поэтому программа шагания должна учитывать инерционность наклона корпуса.

Случай 2. В захвате находится предмет и РАП шагает. При этом имеет место смещение ЦМ и отработанная программа шагания без груза может дать сбой.

Случай 3. Порыв ветра может создать опрокидывающую силу. На этот случай должна быть отработана программа для противодействия внешней силы опрокидывания.

Случай 4. Стопа при шагании провалилась. При этом РАП может опрокидываться либо вперед, либо в сторону (допущена ошибка выбора маршрута).

Случай 5. Позиции РАП: приседание, переход на «четвереньки», переход на ползание «по-пластунски» могут приводить к опрокидыванию.

На все подобные ситуации должны быть разработаны программы предотвращающие падение РАП.

Вопрос возвращения в вертикальное положение после падения не менее сложен. В этом случае возможны варианты:

1. Возврат в вертикальное положение с помощью манипуляторов рук, когда рядом имеется устройство или предмет, за который можно ухватиться захватом.

2. Возврат с помощью второго РАП, который помогает подняться лежачему. Такой вариант наиболее приемлем, но тогда должна предусматриваться работа двух РАП-ов.

3. Возврат с помощью пневматической системы предотвращения падения.

Система помогает перевернуться на спину, а затем перейти в положение сидения на полу и затем самостоятельно подняться.

СХЕМА SOS

Схема SOS (рис. 7.13) предназначена для оповещения оператора звуковым сигналом об аварийном состоянии. Такое оповещение по всей вероятности необходимо, так как оператор не может постоянно наблюдать за работой РАП.

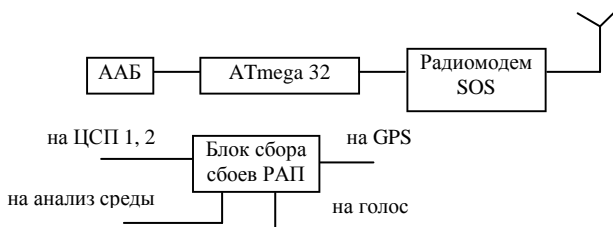


Рис. 7.13. Блок-схема оповещения местонахождения РАП – система SOS

Устройство оповещения оператора об аварийном состоянии получает питание от индивидуального аккумулятора ААБ с постоянным контролем его заряда, подключено к индивидуальному передатчику и имеет память сбора и обработки аварийных случаев от манипуляторов рук и ног, системы анализа внешней среды, голосовых команд и GPS.

Любое нарушение работы РАП, связанное с прекращением работы или опрокидыванием, система передает сигнал SOS оператору, который должен оценить тяжесть аварии и вызвать аварийную бригаду или самостоятельно предпринять меры по восстановлению работоспособности РАП. Для этого РАП должен быть снабжен системой самовосстановления, которая может включать:

1. Программы включения резервных систем и программ, имеющихся в корпусе РАП или у оператора.
2. Программу помощи восстановления вторым РАП.

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ДВУХ РАП

На рис. 7.14 представлена блок-схема совместной работы двух РАП.



Рис. 7.14. Совместная работа двух РАП-ов

Совместная работа двух РАП – наилучший вариант, так как они могут организовать взаимную помощь в процессе работы, а также оказать поддержку в трудный момент.

Однако совместная работа имеет сложности программирования, связанные с предотвращением столкновений. Такие программы уже разработаны японскими специалистами (по заявлениям печати).

Более простой вариант – постоянное наблюдение по монитору оператором с оценкой безаварийной работы, а также включение сенсоров приближения, которые предотвращают столкновение.

Совместная работа подразумевает создание множества программ методом самообучения:

- определение причины выхода из строя РАП1 и передача оператору;
- помощь в восстановлении вертикального положения;
- помощь в поднятии груза;
- видеоконтроль за работой РАП2;
- подача инструментов и приспособлений;
- удерживание от падений при работе РАП2;
- погрузка на транспортную тележку контейнера;
- совместный сбор обломков РАМ;
- транспортировка электрокабеля сварки;
- транспортировка шланга при откачивании воды;
- совместная работа перфоратором;
- очистка трассы движения.

При совместной работе двух РАП необходимо отработать совместную работу двух операторов, которые управляют своим РАП.

УПРАВЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОМ

На рис. 7.15 показана блок-схема супервизорного управления инструментом, которую можно считать наиболее сложной и ответственной. Для этого должен быть обеспечен надежный канал теленаблюдения и телеуправления.



Рис. 7.15. Блок-схема управления инструментом

Для этого весьма интересны разработки альянса ZigBee, предназначенные для беспроводной связи. Число сертифицированных платформ стандарта ZigBee в 2006 году достигло 10 000 и постоянно увеличивается. Компания MaxStream (США) выпускает модули и конструктивно законченные модемы на диапазон частот 800 МГц-2,4 ГГц.

Сегодня наиболее перспективными считаются модули серии Xbee24. Эти модули построены на базе приемопередатчика MC13193 и микроконтроллера MC9HCS08 фирмы Freescale и пригодны для построения сетей стандарта 802.15.4/ZigBee. Модуля Xbee 24 имеют возможность работы с последовательным портом. Любой пакет, передаваемый этим интерфейсом, состоит из преамбулы, длины данных, полезной нагрузки (данных) и контрольной суммы. Пакет может содержать AE-команду, информацию о состоянии портов и выборки данных АЦП.

Программное обеспечение для построения сети стандарта 802.15.4, которая допускает связи типа «точка-точка» и «звезда» (двусторонняя). Все ПО распространяется бесплатно с выкладыванием новых прошивок на сайте.

В сети «точка-точка» модули позволяют организовать однонаправленную передачу информации с любым числом передатчиков. Скорость передачи UART-портов модулей может достигать 115 200 бит/с.

Радиомодуль XBee представляет собой малогабаритный законченный модуль приемопередатчика диапазона 2,4 ГГц и предназначен для передачи данных на расстоянии 1200 м на открытом пространстве, другие модули обеспечивают дальность 11 км. Конструктивно модуль оформлен на плате размером 24×27 мм с интегрированной антенной и 20 выводами, расположенными по краям платы. Радиомодуль подключается к управляющему микроконтроллеру с помощью асинхронного последовательного порта UART.

Параметры модуля XBee:

- радиус действия в помещении ... 30 м;
- радиус действия в свободном пространстве – 100 м;
- максимальная выходная мощность – 1 мВт;
- скорость передачи данных по радиоканалу – 250 000 бит/с;
- скорость передачи данных по интерфейсу – 1 200...115 200 бит/см;
- чувствительность – – 92 дБм;
- напряжение питания – 2,8...3,4 В;
- ток потребления в режиме передачи – 45 мА;
- ток потребления в режиме приема – 50 мА;
- количество адресов в сети – 65 000;
- ток потребления в режиме энергосбережения – 10 мкА;
- рабочая частота – 2,4 ГГц;
- количество каналов – 16;
- размеры 24,4×27,6 мм;
- рабочий диапазон температур – – 40...85°С.

Более подробную информацию можно получить на сайте www.maxstream.net.

Частота 2,4 ГГц теперь доступна для свободного использования.

Технология ZigBee обладает следующими достоинствами по сравнению с другими:

- низкая стоимость;
- возможность работать на батарейном питании несколько лет;
- простота ввода в эксплуатацию;
- надежность многоячейковой сети и увеличение расстояния посредством ввода последовательно приемопередатчиков (ячеек);
- возможность шифрования данных;
- стандартизированный протокол.

На рынке ZigBee множество производителей различных устройств, начиная от чипов и заканчивая готовыми решениями в корпусе. Лидерами в этой технологии является Texas Instrument (Chipcon), Freescale Jennic.

Без видеосистем супервизорное управление практически невозможно осуществить на значительных расстояниях. При отсутствии видеосистемы управление РАП возможно только тогда, когда РАП находится в поле зрения оператора.

Развитие современной видеотехники влияет на создание миниатюрных видеокамер. В массовой продаже находятся десятки минакамер, которые с помощью драйвера можно подключить к любому компьютеру и осуществлять обзор. Такие видеокамеры называют видеодетекторами или видеосенсорами. Видеокамеры подобного класса начали встраивать в мобильные телефоны, фотоаппараты. На рынке представлено множество типов видеокамер индивидуального пользования.

С номенклатурой видеокамер можно ознакомиться на сайте www.sea.ua.

Приведем параметры некоторых видеокамер и видеосенсоров (20).

Таблица 7.1

Наименование	Тип корпуса	Размер изображения, мм	Напряжение питания, В	Назначение
VC5700/6700	48CLCC	1600x1200	3,3	видеосенсор
VV6501	36CLCC	640x480	3,35 (USB)	видеосенсор
VS6502	SmOP	644x484	2,6...3,6	видеосенсор
VS6524	SmOP	640x480	2,4...3,0	видеокамера
VS6550	SmOP	1152x864	2,4...2,9	видеокамера
VS6552	SmOP	644x484	2,8	видеосенсор
VS6590	SmOP	800x600	2,4...2,9	видеокамера

При выборе видеокамеры и видеосенсора необходимо руководствоваться следующими соображениями:

- пригодность для длительной работы;
- совместимость с системой дистанционного управления;
- цвет изображения;

- разрешение и чувствительность;
- компенсация внутренней засветки.

Для реализации указанных задач фирма STMicroelectronics предлагает ряд устройств, при помощи которых можно разработать видеорегистраторы для различных задач, выполняемых РАП.

В большинстве случаев видеорегистраторы на выходе имеют USB-интерфейс, при помощи которого можно подключиться к компьютеру и получить снятую информацию. Для получения данных по USB-интерфейсу изготовителями предоставляется драйвер для поддержки USB-интерфейса.

Кроме того, STMicroelectronics предлагает СОПРОЦЕССОРЫ, имеющие как USB-интерфейс, так и более простые интерфейсы, по которым разработчик может получить видеоинформацию, например, по 12 С-интерфейсу и дополнительно специализированному интерфейсу для отключения сопроцессора.

Существуют два вида подключения видеокамер. Один из них подключается на базе сопроцессора SV0674 через USB, а другой с подключением на базе сопроцессора STV0976 через 12 С.

Все сопроцессоры сжимают информацию и преобразуют в графические стандарты.

Таблица 7.2

Наименование	Тип корпуса	Для камеры или сенсора	Выходной формат	Выходной интерфейс	Напряжение питания, В
STV0674	TQFP100	VV6501/02	JPEG	USB, Внеш.память	1,8
STV0676	TQFP64	VV6501/02	JPEG	USB, Внеш.память	1.8
STV0684	BGA196	VC5700/67	JPEG	то же	1,8
STV0974	TFGA	VS6552	ITU-R	12С,8-бит	1,8
STV0976	то же	VS6590	RGB	12С,8-бит	1,8

У оператора на мониторе представлена картинка РАП с инструментом, которая может быть передана ПЗС-камерой второй руки, телекамерами шлема или телекамерами второго РАП.

Процесс управления инструментом разберем в случае, когда захват правой руки РАП держит «болгарку» с отрезным диском.

1. Оператор оценивает по монитору общее расположение РАП-а, «болгарки» и швеллера, который необходимо перерезать.

2. Составляет последовательность программных движений манипулятора правой руки для выполнения поставленной задачи.

3. Если такая работа уже выполнялась и имеются программы в библиотеке, то оператор выбирает последовательность нужных программ:

ориентация «болгарки», подход к точке реза, выполнение разрезания, отвод «болгарки».

Подобные последовательности блоков программы накапливаются оператором в процессе работы и самообучения применительно к каждому инструменту.

4. Оператор, выбрав набор блоков программы работы с «болгаркой», устанавливает последовательность их выполнения и переходит в программный режим работы.

УПРАВЛЕНИЕ ГОЛОСОМ

На рис. 7.16 приведена блок-схема выполнения команд голосом. Набор голосовых команд записаны в микросхеме APR6016. Последние две цифры указывают на длительность в минутах записи команд.

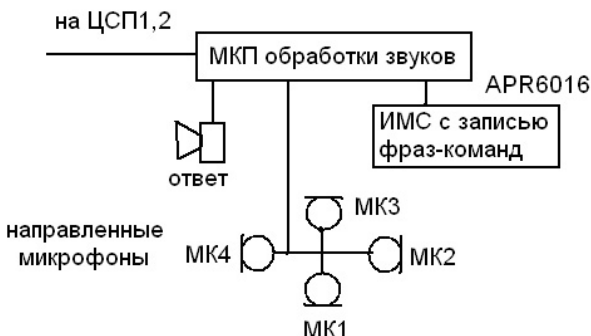


Рис. 7.16. Блок-схема управления голосом

Четырехкоординатные узконаправленные микрофоны (четыре на шлеме) МК1...МК4 воспринимают голосовую команду, расшифровывают и кодируют, отыскивают ее в записанных, сравнивают, и после их равенства подается сигнал на ответ этой команды через громкоговоритель. Человек, услышав ответную команду от РАП, подает следующую команду: «Выполнить» и после приема этой команды включается программа движениями манипуляторов РАП, соответствующая смыслу этой программы.

Речевые технологии управления начинают усиленно развиваться, так как обладают определенными преимуществами перед другими. Главное преимущество – удобство общения с человеком.

Фирма Arplus выпускает микросхемы APR6008 и APR6016 с параметрами, приведенными в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Параметры микросхем	Тип микросхемы APR6008	Тип микросхемы APRS6016
Время записи/воспроизведения	8 минут	16 минут
Максимальное количество фраз	640	1280
Напряжение питания	2,7...3,3 В	2,7...3,3 В
Максимальный ток потребления	25 мА	25 мА
Ток записи	15 мА	15 мА
Ток воспроизведения	2,5 мА	2,5 мА
Ток спящего режима	1 мкА	1 мкА
Тип корпуса	DIP, SOP, TSOP	DIP

С другими параметрами микросхем можно ознакомиться на сайте производителя: www.aplusinc.com.tw/pro-recording.htm.

Для целей аварийного управления выход воспроизведения через преобразователь подключен к сигнальным процессорам управления манипуляторами ног и рук ЦСП2 и ЦСП3.

Голосовые сигналы включены в программу управления манипуляторами и первоначально могут состоять из следующих фраз:

- СТОП – аварийная остановка движения манипулятора;
- ВОЗВРАТ – отмена выполняемого движения;
- ПОВОРОТ НА 45...180 ГРАДУСОВ – РАП выполняет поворот на заданный угол;
- КО МНЕ – РАП разворачивается и двигается на голос;
- БЫСТРЕЕ – РАП выполняет шагание в ускоренном темпе;
- МЕДЛЕННЕЕ – РАП выполняет движения в замедленном темпе;
- САДИСЬ – РАП выполняет движения усаживания;
- ЛОЖИСЬ – РАП ложится на пол.

В процессе испытаний команд голосом можно значительно увеличить их количество.

Обработка методики управления голосом позволит отказаться от пульта управления сопровождающего оператора. Команды голосом могут быть распространены и на управление отдельным сочленением манипулятора, схвата, стопы, измерения расстояния и, особенно ценно, управление инструментом.

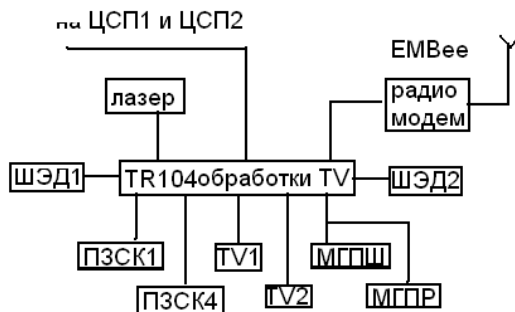
Команды управления голосом должны быть включены в общую программу управления конкретным функциональным устройством РАП.

СХЕМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОПЕРАТОРУ

Имеющиеся у РАП-а шесть телекамер не могут восприниматься оператором, если их расположить на отдельных мониторах – теряется

обзор. Поэтому оператор имеет возможность вызывать на монитор от одной до четырех камер, изображения которых проецируются на одном мониторе, но в отдельном квадрате. На мониторе создаются четыре картинки, и могут быстро быть обозрены оператором для принятия решения.

На рис. 7.17 показана блок-схема обработки и передачи кадров от телекамер к оператору через радиомодем EMBeec.



или DM6446

Рис. 7.17. Блок-схема обработки изображений камер для представления оператору:

ПЗС1-ПЗС4 – видеокамеры манипуляторов, TV1, TV2 – телекамеры шлема, ШЭД1, ШЭД2 – шаговые двигатели вращения камер шлема, МГПШ – МП поворота платформы с камерами шлема на азимут +50°, МГПР – МП поворота платформы с камерами по горизонтали на угол +50°

Обработку изображений может произвести БИС DM6446 или TR104 и передать через радио-модем EMBeec оператору в его компьютер для дальнейшей обработки и представления на мониторе.

Обработку изображений может произвести БИС DM6446 или TR104 и передать через радио-модем EMBeec оператору в компьютер для дальнейшей обработки и представления на мониторе.

ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДЫ ВОКРУГ РАП

Измерение параметров среды вокруг РАП важно по следующим причинам:

1. Если это радиация или высокая температура, то приближение к источникам может повредить работе РАП (если замеренный параметр

превышает установленный предел). Замеры производятся по команде оператора автоматически, сравниваются с установками и выдают сигнал «НОРМА».

2. Измеряемый параметр может служить некоторым ориентиром, в каком направлении опасный источник находится, и оператор может изменить маршрут.

3. Измеренные параметры могут служить оператору пособием для определения длительности пребывания РАП-а в данной обстановке.

На рис. 7.18 показана блок-схема замера параметров среды.



Рис. 7.18. Блок-схема измерения среды вокруг РАП-АЭС

Для измерения могут быть использованы и другие наборы датчиков в зависимости от условий работы РАП.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ДЛИННЫХ РАССТОЯНИЙ

Измерение длинных расстояний необходимо для прокладки маршрута по пересеченной трассе. В этом случае движение осуществляется по опорным точками, которыми могут быть координаты системы GPS, но при движении под землей, в шахтах этот способ может оказаться единственным.

Движение по опорным точкам предусматривает разбиение длинного маршрута на отдельные короткие участки.

Для этой цели РАП снабжен лазерным дальномером, который и осуществляет замер отдельных участков маршрута. Лазерные дальномеры отличаются большим рабочим диапазоном и высоким разрешением (1 мм).

Принцип лазерного дальномера основан на измерении времени прохождения луча, который отражается от предмета опорной точки.

Схема замера длины расстояний представлена на рис. 7.19.

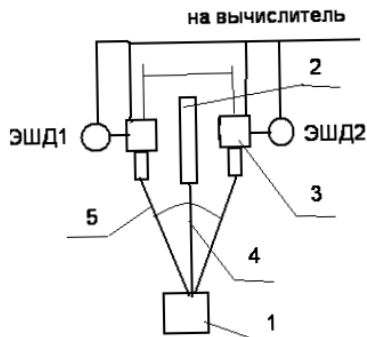


Рис. 7. 19. Схема измерения длинных расстояний:

1 – предмет, до которого измеряют расстояние, 2 – лазерный дальномер 3 – две телекамеры, 4 – измеряемое расстояние, 5 – осевой луч телекамеры обзора

КОМПЬЮТЕР РАП

Компьютер в корпусе РАП – одноплатный безкорпусный, в качестве которого может быть использована разработка на основе процессора OMAP 3530:

<http://beagleboard.org/resources>; <http://elinux.org/BeagleBoardBeginners>;
<http://elinux.org/BeagleBoardBeginners>; <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/omap3530.html>.

OMAP3530 предлагает следующее:

- RISC ядро, работающее на частоте 600 МГц с сопроцессором;
- мощная система ускорения аудио и видео на DSP;
- графический акселератор, поддерживающий OpenGL ES 1.1, 2.0, а также Direct 3D Mobile;
- до 1 Гб SDRAM.

МАКЕТНАЯ СХЕМА СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ МГП

Для отработки следящей системы управления ЭШД МГП разработан макетный образец в составе микроконтроллера ATmega 32, цифрового индикатора, кнопок управления, стабилизатора, розеток подключения программатора, интерфейса RS232, сенсора давления и индуктосина.

На макетном образце отрабатывались следующие вопросы:

1. Внутрисхемное перепрограммирование управления ЭШД.
2. Ручное управление ЭШД с помощью кнопок.
3. Снятие характеристики ЭШД – перемещение золотника.

4. Обработывался АЦП индуктосина.
5. Проверялось быстрдействие следящей системы ЭШД.
6. Возможность управления двумя ЭШД.
7. Возможность самопрограммирования.

Конструктивно макетный образец принципиальной схемы смонтирован на печатной плате размером $70 \times 50 \times 10$ мм, однако для монтажа на МГП он не пригоден по своим габаритам.

Максимальные размеры залитой эпоксидкой печатной платы не должны выходить за пределы $50 \times 50 \times 8$ мм.

На рис. 7. 20 представлена блок-схема макетной следящей системы (СС) МГП, содержащая следующие компоненты: микроконтроллер ATmega 32, два драйвера ЭШД, два электрических шаговых двигателя; стабилизатор питания 5 В, интерфейс связи с компьютером, программатор.

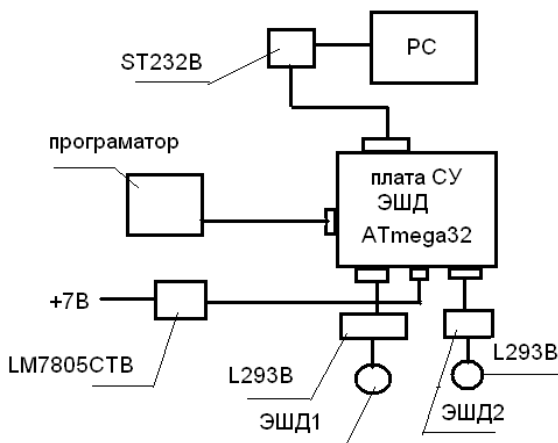


Рис. 7.20. Блок-схема макета следящей системы МГП

Стабилизатор напряжения LM7805CTB $U_{\text{вых}} = +5\text{В}$ вывод 3 обозначение VCC, $U_{\text{вх}} +7\text{В}$, обозначение VIN, вывод 1. Общий вход/выход вывод 2 (корпус). Выход стабилизатора VCC +5 В подключен к эмитерам транзисторов Q1...Q4, к выводам МК 5, 17, 27, к выводам драйверов 16.

Драйвер L293B обозначение U1 подключен к ЭШД1 выводами:

U1/3-X1/6; U1/6-X1/2; U1/14-X1/5; U1/11-X1/3. Аналогично подключен и U2 к ЭШД2.

Драйвер U1 подключен к МК выводами: U1/2-МК/3; U1/15-МК/2; U1/7-МК/1; U1/10-МК/44; U1/9,1-МК/12.

Драйвер U2 подключен к МК выводами: U2/2-МК/40; U2/15-МК/41; U2/7-МК/43; U2/10-МК/43; U2/9,1-МК/13.

Кнопки подключены к МК: KEY-МК/22; C0-МК/26; C1-МК/25; C2-МК/24; C3-МК/23.

Цифровые индикаторы подключены к МК: H1-МК/31; D1-МК/30; E1-МК/32; A1-МК/37; G1-МК/36; B1-МК/35; F1-МК/34; C01-МК/33.

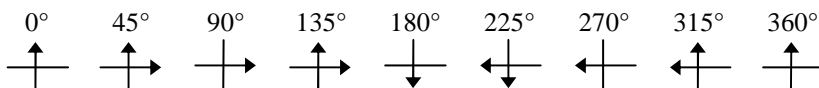
Канал дистанционного управления с помощью программы Hyper Terminal PC подключен к МК через драйвер ST232B: МК/9-U4; МК/10-U4; МК/11-U4.

Программатор подключается к МК: МК/1-X6/4; МК/2-X6/1; МК/3-X6/3; МК/4-X/5.

К колодке подключения программатора подводится питание +5 В на клемму X6/2-VCC; и корпус на клемму X6/6-GND.

ЭШД имеет две обмотки и четыре вывода, на которые от ATmega 32 через драйвер L293B подаются импульсные сигналы. От одного сигнала ЭШД поворачивается на 45°.

Векторы направления тока в двух обмотках намотанных друг на друга, в общей Схеме макета рассчитана на управление двумя ЭШД, например, типа EM-235 катушке имеют следующий вид при повороте на 45°:



Вектор подразумевает, что на острие вектора единица (+5 В), а на конце вектора – нуль (0 В). ЭШД подключен к порту МК и к его регистру, на разрядах которого при этом должен записываться следующий код: 45° (00000001), 90° (00001001), 135° (00001000), 180° (00001010), 225° (00000010), 270° (00000110), 315° (00000001), 360° (00000101).

Четыре бита младшего полубайта показывают, на каких выводах ЭШД будет потенциал + 5 В. Направление тока в обмотках может изменяться на обратное в зависимости от кода и при этом будет изменяться направление вращения ЭШД.

Сила тока в обмотках превышает пропускную возможность вывода порта МК (mA), поэтому выводы ЭШД подключены к драйверу-усилителю типа L293.

Набор нужного угла поворота и числа оборотов ЭШД производится следующим образом:

- на десятичной клавиатуре ПК нажать клавишу 1 или 2: будет выбран первый или второй ЭШД;
- на клавиатуре нажимает кнопку «+» (при вращении ЭШД по часовой стрелке) или «-» (при вращении ЭШД против часовой стрелки);
- на клавиатуре устанавливаем число оборотов ЭШД в пределах 0 ... 32 767;

– нажимает кнопку ENTER.

ЭШД начинает вращаться, обрабатывает указанное число оборотов с последующей остановкой.

Скорость вращения ЭШД можно установить следующим образом:

- на клавиатуре ПК нажимаем клавишу S;
- на десятичной клавиатуре выставляем скорость в пределах чисел 0 ... 255 (число 0 – программирует наибольшую скорость вращения ЭШД, а число 255 – наименьшую).

Скорость нужно выставлять перед установкой числа оборотов ЭШД.

На рис. 7.21 представлена принципиальная схема макета СС МГП.

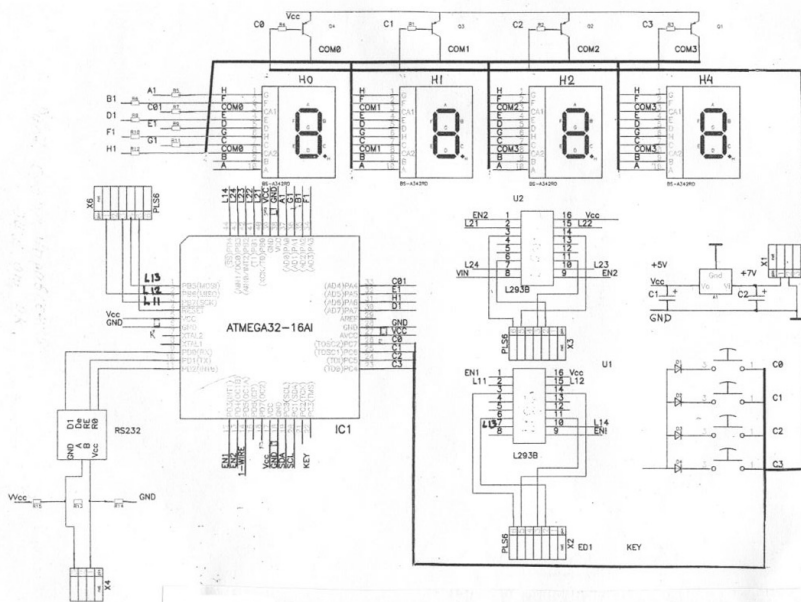


Рис. 7.21. Схема подключения двух ЭШД в макетном образце к микроконтроллеру ATmega 32

ЭЛЕКТРОННАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОСИСТЕМОЙ

Гидравлическая схема гидросистемы, рассмотренная в Главе 5, состоит из гидростанции с баком гидрожидкости, 26-ти потребителей МГП-ов, электроклапанов переключения, гидроаккумуляторов, измерителей давления и температуры, насоса сбора протечек, дросселей, фильтров, поглотителя газов, контроля вязкости и разветвленной сети трубопроводов

по манипуляторам. Электронная система управления гидросистемой представлена на рис. 7.22.

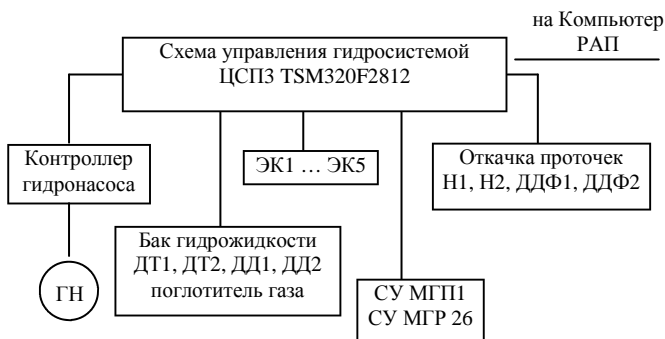


Рис. 7.22. Блок-схема управления гидросистемой:

ЭК1 ... ЭК5 – электроклапана отключения секций, Н1, Н2 – насосы откачки протечек;
 СУ МГП1 ... СУ МГР26 – система управления МГП на базе микроконтроллера,
 ДДФ1, ДДФ2 – измерение перепада давления на фильтре;
 ДТ1, ДТ2, ДД1, ДД2 – датчики температуры и давления в баке гидрожидкости

Схема управления гидросистемой работает следующим образом.

1. Оператор включает электропитание и автоматически гидросистема включает режим подготовки путем постепенного наращивания давления в системе с постоянным контролем диагностической системой. После окончания этого режима выдается сигнал «Гидросистема в норме».

2. Оператор запускает программу апробации МГП-ов на импульсную реакцию управления и после апробации выдается сигнал «МГП-ы в норме».

3. Аналогичным образом оператор включает программы запуска остальных программ и систем.

Такой порядок обязателен после длительного неиспользования РАП.

При кратковременной стоянке запускается только диагностическая система.

СЕНСОРЫ СУ РАП

Сенсоры выпускаются многими фирмами, но наиболее популярными являются фирмы: HONEYWELL и MOTOROLA.

Фирма Honeywell выпускает 250 тысяч наименований своей продукции под торговыми марками: Micro Switch, Sensotec, SenSym, Clarostat, Hobbs, Elmwood, Fenwal, Electro, NEL, Data Instrument (www.content.honeywell.com/sensing/products, а также www.compel.ru).

Применительно к СУ РАП интерес представляют: датчики давления с температурной компенсацией смещения и чувствительности и цифровым выходом, сенсоры температуры микронных размеров с малым временем отклика (до 0,1 с), абсорбционные датчики относительной влажности с выходным напряжением, позволяющим подключать к микроконтроллеру со встроенным АЦП; датчики Холла для измерения положения (более 200 наименований), наличия ферромагнитных тел, перемещения линейного и углового, скорости вращения; магниторезистивные датчики, предназначенные для определения курса перемещения РАП по магнитному полю Земли, бесконтактного измерения угла поворота и перемещения; инфракрасные датчики, позволяющие решать задачи определения положения, малых перемещений, скорости и направления вращения (более 400 типов); оптические энкодеры, позволяющие весьма точно определять скорости вращения и угла поворота, датчики усилия, предназначенные для прецизионного измерения величины приложенного усилия; линейные и компенсационные датчики электрического тока.

Артем Козлов в своей статье «Восем видов сенсоров для современных электронных средств» (Chip News. – 2008 – № 4) предлагает перечень сайтов, на которых представлены сенсоры: www.awagotech.com, www.bosch-semiconductors.de, www.freescale.com, www.honeywell.com, www.lnfinen.com, www.meas-spec.com, www.national.com, www.opterinc.com, www.panasonic-electric-worrs.com, www.rohm.com, www.stm.com, www.vishay.com.

Весьма интересны цифровые температурные датчики фирмы Dallas Semiconductor, позволяющие избежать многих проблем, так как передать показание температуры в цифровой форме можно без искажений.

Аналоговый сигнал температуры преобразуется и с помощью SPI-интерфейса передается управляющему микроконтроллеру для использования в программе.

Например, датчик температуры DS1780 имеет точность измерения $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, шаг преобразования температуры $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (разрядность преобразования 9 бит), контроль напряжений, имеет встроенный генератор сигнала RESET, 2-разрядная адресная шина, 8-разрядный ЦАП для управления вентилятором, контроль скорости вращения 2-х вентиляторов, корпусное исполнение TSSOP24.

Например, еще тип DS18S20 имеет 64-битный уникальный серийный номер, два программируемых регистра кристаллической температуры, точность измерения $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, шаг преобразования $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, нулевой ток покоя, корпусное исполнение TO-92.

РАДИАЦИОННО СТОЙКИЕ МИКРОСХЕМЫ

Фирма Maxwell (США) производит по запатентованным технологиям (Rad-Pak, Xray-Pak, Rad-Stak, LPT и др.) радиационно стойкие микро-процессоры, микросхемы памяти, логические устройства, операционные усилители с устойчивостью к радиации >100 Крад. Технология Rad-Pak предусматривает корпусирование и позволяет повысить в 500 раз допустимую дозу облучения.

Вся продукция Maxwell проходит отбраковочные испытания и сертифицирована на соответствие стандартов ISO 900, MIL-STD-883B, S.

Приведем перечень радиационно стойких ИМС, выпускаемых в свободную продажу через дистрибьютеров в таблице 7.4.

(Информация с сайта: www.efo.ru/cgi-bin/go?10100810880052).

Таблица 7.4

Символ	Наименование
124	Четыре мощных ОУ
139	Четыре компаратора с низким напряжением смещения
903	Быстродействующий, малопотребляющий ОУ
6484	Четыре КМОП ОУ
OP220	Два микромощных ОУ
OP284	ОУ
OP400	Четыре маломощных ОУ с низким напряжением смещения
OP490	Четыре макромоощных ОУ
<i>Аналого-цифровые преобразования</i>	
5102ALP	16-разрядный АЦП, быстродействие 20 кГц
7672	12-разрядный АЦП с временем преобразования 5 мкс
7805ALP	16- разрядный АЦП с параллельным интерфейсом
7809LP	16-разрядный АЦП с последовательным интерфейсом
7820	8-разрядный АЦП с временем преобразования 1,36 мкс
7872	14-разрядный АЦП с временем преобразования 10 мкс
9042	12-разрядный АЦП, 41MSPS
9240LP	14-разрядный АЦП, быстродействие 10 МГц
<i>Цифро-аналоговые преобразователи</i>	
7545A	12-разрядный умножающий ЦАП
7846A	16-разрядный маломощный ЦАП
8143	12-разрядный ЦАП с последовательным интерфейсом
8408	8-разрядный КНОП ЦАП с памятью
<i>Микросхемы памяти</i>	
48SD1616	SDRAM, 256 Mbit (4 M × 4 banks), 3,3 В
48SD3208	SDRAM, 256 Mbit (8 M × 4 banks), 3,3 В
48SD6404	SDRAM, 256 Mbit (16 M × 4 banks), 3,3 В
72SD3232	SDRAM, 1 Гбит (8 M × 32 × 4 banks), 3,3 В
97SD3232	SDRAM, 1 Гбит (8 M × 32 × 4 banks), 3,3 В
97SD3240	SDRAM, 1,28 Гбит (8 M × 40 × 4 banks) 3,3 В
97SD3248	SDRAM, 1,5 Гбит (8 M × 48 × 4 banks) 3,3 В
29F0408	Flesh, 32 Мбит (4 M × 8)
69F1608	Flesh, 128 Мбит (16 M × 8), МКМ

27C512T	Однократно программируемое EPROM, 512 Кбит (64 К × 8)
27C1512T	Однократно программируемое EPROM, 512 Кбит (32 К × 16), МКМ
27C010T	Однократно программируемое EPROM, 1 Мбит (128 К × 8)
28C256T	EEPROM, 256 Кбит (32 К × 8)
28C010T	EEPROM, 1 Мбит (128 К × 8)
28C011T	EEPROM, 1 Мбит (128 К × 8)
28LV010	EEPROM, 1 Мбит (128 К × 8), 3,3 В
28LV011	EEPROM, 1 Мбит (128 К × 8), 3,3 В
79C0408	EEPROM, 4 Мбит (512 К × 8), МКМ
79LV0408	EEPROM, 4 Мбит (512 К × 8), 3,3 В, МКМ
790832	EEPROM, 8 Мбит (256 К × 32), МКМ
79LV0832	EEPROM, 8 Мбит (256 К × 32), 3,3 В, МКМ
33C108	SRAM, 1 Мбит (128 × 8)
32C408B	SRAM, 4 Мбит (512 К × 8)
33LV408	SRAM, 4 Мбит (512 К × 8), 3,3 В
89LV1632	SRAM, 16 Мбит (512 × 32), 3,3 В, МКМ
7025E	двухпортовое ОЗУ, (8 К × 16)
7206F	FIFO (16 К × 9)
Микропроцессоры/сопроцессоры	
8038DX	32-разрядный микропроцессор, производительность 3-4 MIPS
80387	Математический сопроцессор
	Одноплатный компьютер для космических приложений
SCS750	Платформа IBM's PowerPC 750FX, 1800 MIPS
	Микросхемы логики
54BCТ244	Восемь буферных элементов с тремя состояниями на выходе
54BCТ245	8-разрядный приемопередатчик шины с тремя состояниями выхода
54HC4046	Генератор ФАПЧ
54HC4049	Шесть буферных инверторов
54HC4050	Шесть буферов
54LVТН162244	8 буферных элементов с тремя состояниями на выходе, 3,3 В
54LVТН162245	8-разрядный приемопередатчик шины с тремя сост., 3,3 В
54LVТН162373	16-разрядный триггер-защелка с тремя состояниями, 3,3 В
54LVТ16373	16-разрядный триггер-защелка с тремя состояниями, 3,3 В
54LVТН244А	8 буферных элементов с тремя состояниями на выходе, 3,3 В
54LVТН245А	8-разрядный приемопередатчик шины с тремя сост., 3,3 В
7B991	Управляемый формирователь тактовых импульсов
Мультиплексоры	
306	16-канальный аналоговый мультиплексор
358	8-канальный аналоговый мультиплексор
81840	128-канальный мультиплексор
Символ	Детекторы радиационного излучения
HSN-3000	Радиационно стойкий датчик (100 % screen) с флагом наличия радиационного излучения
HSN-2000	Радиационно стойкий датчик (10 % screen) с флагом наличия излучения
HSN-1000	Радиационно стойкий датчик(100 % screen)
HSN-500	Радиационно стойкий датчик (10 % screen)
24SW	Мощный аналоговый ключ MOSFET на 24 канала

ПРИЧЕЧАНИЕ. Большая часть параметров ИМС закодирована и требует разрешения поставщика для ознакомления с ней на сайте.

Радиационно стойкие микросхемы семейства FPGA и программируемая логика (ПЛИС) производится многими фирмами мира для использования в военной, космической и атомной технике. Технология и номенклатура постоянно расширяется, поэтому предсказать и рекомендовать что-либо проблематично для разработки СУ для РАП-АЭС. Разработчик должен воспользоваться поисковой системой, например, Яндекс с запросом поиска: «Радиационно стойкие микросхемы фирмы...». Можно обратиться к таким фирмам: Maxwel, Intel, Altera, Actel, Harris, Fairchild, Xilinx, Honeywell, Atmel. Радиационно стойкие транзисторы Rad-Hard и программируемую логику выпускают фирмы Xilinx, Altera.

В СССР радиационно стойкая логика выпускалась многие годы для космоса в НПО Интеграл (Минск). По сообщению в Интернете с 2002 г. ПО Интеграл возобновил выпуск радиационно стойких микросхем, однако без информации типов и параметров.

Вообще получить информацию о выпускаемых радиационно стойких микросхемах весьма проблематично – необходимы прямые договоры с фирмами.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И ПЛИС

Если микроконтроллеры – это микроЭВМ в одном корпусе, предназначенные для управления периферией программным путем, то ПЛИС (программируемые логические интегральные схемы) являются набором логических элементов, которые ранее выпускались в отдельных корпусах, а теперь их тысячи монтируются на одном кристалле интегральной микросхемы.

Разработана методика, программы проектирования и формирования нужной логической схемы автомата. Лидером этого направления создания автомата на ПЛИС является фирма Altera www.altera.com/products.

На сайте www.msclub.ce.cctpu.ru/pld/index.shtml можно ознакомиться с такими вопросами: обзором САПР ПЛИС их поставщиками, общей характеристикой СБИС, выпускаемой фирмой Altera, СБИС семейства FLEX 10 K и FLEX 8000, сравнительной стоимостью СБИС ПЛИС фирм Altera и Xilinx, с руководством по выбору СБИС для проекта, ответами на часто задаваемые вопросы при проектировании и по MAX+PLUS11, возможностями систем проектирования, шкалой разработки аппаратуры цифровой обработки на ПЛИС, конфигурацией ПЗУ, типом корпусов и числом выводов, лабораторным комплектом и алгоритмами, устаревшими ПЛИС.

Многолетняя практика разработки устройств на базе цифровой техники показала, что только совместное применение микроконтроллеров и ПЛИС позволяет построить весьма надежный и по приемлемой стоимости автомат.

Оказалось, что ПЛИС проще и дешевле построить радиационно устойчивыми (300 Кб и более), чем микроконтроллеры. Использование ПЛИС позволяет работать на тактовой частоте в 1 ГГц. В этом отношении интересна статья И. Ковриги и А. Шепетько «Программные микроконтроллеры и микропроцессоры, встраиваемые в ПЛИС компании Altera» (Chip News. – 2009. – № 7. – С. 18-22).

Более подробно с руководством проектирования на ПЛИС можно ознакомиться в журнале Chip News за 2007 №№ 3-10; за 2008 №№ 1-10; за 2009 №№ 1-8.

Автор полагает, что СУ РАП-АЭС должны быть разработаны с максимальным использованием ПЛИС, особенно для управления МГП-ми, гидросистемой и электропитанием.

Более подробно с БИС ПЛИС можно ознакомиться по книге: Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. – М.: Изд. ЭКОМ, 2002.