

В. М. ЗАВАДСКИЙ

(Ленинград)

АРХИТЕКТУРА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МУЛЬТИПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В экспериментах требуется одновременная согласованная работа десятков локальных многоканальных автоматизированных подсистем (ЛАС). Устройства связи с объектом (УСО) каждой ЛАС обычно распределены по всей территории установки на десятки и сотни метров от вычислительного центра. Для повышения надежности и производительности распределенной системы необходимо коллективное использование вычислительной техники и линий связи.

Среди различных типов многомашинных систем наибольшую эффективность имеют сильносвязанные мультипроцессорные (МП) системы, связь в которых осуществляется быстрым коммутатором, передающим отдельные команды обращения от процессоров к общим ОЗУ и УВВ. Роль коммутатора в распределенной системе выполняет МП-сеть ЭВМ, состоящая из МП-каналов различного типа. МП-сеть содержит сосредоточенное мультипроцессорное ядро, сети верхнего уровня, сохраняющие протокол ядра для связи с удаленными ЭВМ, и сети дистанционного управления УСО, более простые по протоколу и аппаратуре. Все ЭВМ такой системы подключены к сети логически одинаково. Они коллективно пользуются общими ОЗУ, УВВ, линиями связи, одновременно управляют общими УСО.

Задачей МП-сети является передача команд обращения от процессоров к ОЗУ и УВВ так, чтобы сеть для ЭВМ и типовых операционных систем была прозрачной, т. е. удаленные устройства казались бы подключенными непосредственно к общей шине (ОШ) своих ЭВМ. Наиболее прозрачный протокол сети обеспечивает полную программную совместимость с существующими одномашинными конфигурациями, т. е. типовой драйвер встроенного в ЭВМ устройства должен работать с этим же, но удаленным устройством, выходящим на интерфейс ОШ, восстановленный на другом участке сети. Реализация полной прозрачности требует встраивания процесса передачи команды через сеть в цикл ОШ ЭВМ-источника и захвата цикла ОШ по прямому доступу для выполнения операции в ЭВМ-приемнике.

Архитектуру МП-сети можно построить по принципам, разработанным в семиуровневой модели открытых систем [1]. МП-сеть следует рассматривать как коммуникационную сеть, аппаратно реализующую протоколы первых трех уровней. Для МП-сети не нужен транспортный протокол, реализующий процесс передачи заранее сформированного сообщения. ЭВМ через сеть просто пользуется закрепленной за ней аппаратурой. Однако через МП-сеть можно передавать и традиционные сообщения, организовав для этого протокол программно. Пакет в МП-сети короткий, он содержит тип команды, адрес, данные и служебные биты. На физическом уровне находятся алгоритмы передачи сигналов в шинах и линиях связи, на втором уровне — конкретные протоколы работы МП-каналов, регламентирующие формат пакетов, процедуры передачи, контроля и арбитража. Третий уровень предоставляет возможность установки соединений через виртуальный канал (ВК), проходящий по всей сети, определяет правила организации и работы ВК. Этот уровень, называемый протоколом мультипроцессорного обмена, определяет особенности МП-сети в целом. На нижних уровнях, в принципе, могут работать уже известные каналы, но требуются специализированные каналы связи с МП-протоколами, обеспечивающие высокую скорость работы, сравнимую с быстродействием ЭВМ, чтобы МП-режим в распределенной системе не вызывал потерь производительности процессоров из-за ожидания ответа.

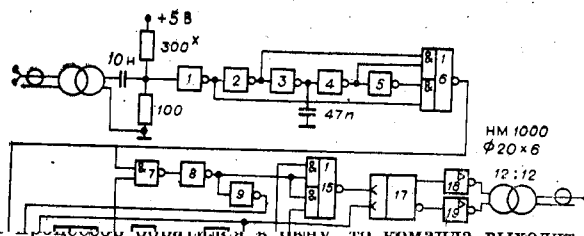
Процедуры организации ВК и восстановления после ошибок осуществляются управляющей ЭВМ. Программы управления образуют процесс, для которого требуется аппаратная поддержка средствами протоколов трех нижних уровней. ВК в МП-сети представляет собой окно из адресного пространства ЭВМ к массивам адресов внешних регистров и ОЗУ. ВК организуется механизмом виртуальной памяти МП-сети путем настройки таблиц адресов связи в адаптерах каналов и ЭВМ. Один из способов организации виртуальной памяти, удобный для комплексов, объединяющих до 16 ЭВМ, имеет формат адреса ядра:

ОФ, ПА, АО, АС — адресные поля,

4, 6, 3, 9 — число двоичных разрядов, занимаемых полями, где ОФ —

обратный физический адрес ЭВМ-источника; ПА — прямой физический адрес приемника; АО — адрес окна, номер ячейки в таблице виртуальной памяти приемника либо физический адрес блока подсети управления УСО; АС — адрес смещения, физический адрес регистра внутри окна, передающийся без изменения из процессора-источника.

Источник имеет несколько окон по 512 байт. Девять младших разрядов адреса образуют АС. Для установления виртуального канала достаточно записать адрес



(ПА, АО), а ответ возвращается по адресу ОФ. Маршрут следования пакетов команды и ответа по сети определяется иерархией физических адресов. Две МП-сети со своей физической адресацией соединяются адаптером-транслятором, заменяющим физические адреса, что позволяет расширять систему практически неограниченно.

На физическом уровне для мультипроцессорного ядра системы подходит новый европейский стандарт — магистраль Е3S, к которой следует подключать сети связи с удаленными ЭВМ и сети дистанционного управления УСО. Все сети — однонаправленные, кольцевые. Передача данных ведется по одному кабелю фазочастотным кодом на тактовой частоте до 10 МГц. Длина участка регенерации около 200 м. Все абоненты гальванически развязаны трансформаторными фильтрами. На рисунке показана схема простейшего модулятора — демодулятора, выполненная на семи интегральных схемах серии 155 или 131. Этот модем пропускает пакеты, идущие по сети, с задержкой 0,13 мкс и транслирует их последовательным кодом в приемопередающее устройство. По линии связи логические единицы передаются периодом основной частоты, а нули — половиной периода вдвое меньшей частоты. Такое кодирование является вариантом метода относительной фазовой модуляции (ОФМ).

Сеть верхнего уровня САМУР (система автоматизации мультипроцессорная распределенная) — сеть связи ЭВМ. САМУР позволяет проводить начальную загрузку и запуск программ периферийных микро-ЭВМ, не имеющих собственных устройств ввода-вывода.

Сеть нижнего уровня ПИЛАТ (последовательный интерфейс локальной автоматизации) — более простая сеть связи ЭВМ с УСО. Мультипроцессорный вариант ПИЛАТ-М позволяет нескольким ЭВМ одновременно работать со своими УСО.

Предельная пропускная способность этих сетей 200 Кбайт/с. Для подключения к ЭВМ более быстрых датчиков используется сеть прямого доступа в память (СПДП), передающая информацию массивами со скоростью до 1 Мбайт/с асинхронно по байтам. Маркер в СПДП образуется пропуском синхронизирующего фронта ОФМ-сигнала.

В настоящее время для автоматизации экспериментов в ФТИ АН СССР используется типовый комплекс ИВК-2, к которому подключены сети ПИЛАТ и СПДП. Для подключения сетей связи к центральной ЭВМ СМ-4 применяется крейт КАМАК, входящий в комплекс ИВК-2. Выход от сети ПИЛАТ к УСО производится через микромагистральную систему, контроллер которой с модемом содержит всего 23 интегральные схемы [2].

Протоколы информационных каналов регламентируют пакеты следующих форматов:

САМУР: М, Э, ПА, Т, Д, ОФ, З, П,

3, 1, 6, 2, 16, 4, 1, 1 — 34 разряда,

ПИЛАТ-М: М, Э, К, А, З, В, О, П, Ч, Ч — команда чтения.

3, 1, 2, 12, 1, 1, 1, 16, 16 — 53 разряда,

М, Э, К, А, Д, З, В, О, П — команда записи,

3, 1, 2, 12, 16, 1, 1, 1 — 37 разрядов,

ПИЛАТ: М, К, А, Д, З, О, Ч, Ч,

1, 1, 7, 8, 1, 2, 8, 8 — 36 разрядов,

где М — маркер, Э — сигнал эстафеты, ПА — прямой адрес, адрес приемника, Т — тип пакета, Д — данные, ОФ — обратный адрес, адрес источника, З — запрос прерывания, П — подтверждение о приеме команды, К — код команды, А — полный адрес, В — запрос на передачу вектора прерывания, Ч — слово данных в ответ на команду чтения, О — пауза переменной длительности.

Для реализации мультипроцессорного режима вводится специальный сигнал — эстафета, идущий перед началом пакета и осуществляющий циклический опрос заявок от абонентов сети. Появившаяся заявка ждет маркера с эстафетой, равной нулю, и, заменяя ее на единицу, занимает пакет. Для освобождения сети задатчик выдает новый маркер, поглощая свой вернувшийся пакет.

Контроль передачи данных происходит сравнением переданного и вернувшегося пакетов. В сетях ПИЛАТ в команде чтения абонент дублирует данные, которые сравниваются в источнике команды [3].

зволяет полностью устранить возможность тупиковой ситуации при попытке одностороннего обращения из одной сети в другую. В ПИЛАТ такие конфликты могут разрешаться программно, выбором одной ведущей ЭВМ, имеющей право обращаться к другим сетям или ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубайтис Э. А. Архитектура вычислительных сетей. Рига: Зинатне, 1980.
2. Завадский В. М. Последовательный интерфейс локальной автоматизации в термоядерных экспериментах. Л.: ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 1980. (Препринт/АН СССР, ФТИ; № 655).
3. Завадский В. М. Местные сети ЭВМ с коммутацией памяти.— Автоматика и вычислит. техника, 1980, № 5.

Поступило в редакцию 17 марта 1980 г.;
окончательный вариант — 25 августа 1982 г.

УДК 621.397.2

К. Н. БАКИНОВСКИЙ, А. В. ШИДЛОВСКИЙ, Л. С. ЩОРС
(Минск)

ПРОСТОЕ УСТРОЙСТВО КОДИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Из всех известных видов преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму наиболее простым в реализации является дельта-модуляция (ДМ) [1, 2]. Считается, что для аналоговых сигналов с постоянной составляющей, а также для сигналов, имеющих в отличие от речевых более или менее равномерную спектральную плотность, наиболее целесообразна разновидность ДМ — дельта-сигма-модуляция (ДСМ) [1].

По сравнению с классической дельта-модуляцией ДСМ обладает большей помехозащищенностью, особенно по отношению к ложным импульсам. Своеобразие характеристик каналов связи на основе ДСМ проявляется прежде всего в том, что динамический диапазон уровней передаваемых сигналов и отношение сигнал/шум квантования не зависят от частоты входного сигнала. Напротив, среднее число символов «1» в выходной импульсной последовательности модулятора ДСМ возрастает при увеличении уровня постоянной составляющей [1].

В технической реализации ДСМ-кодера в работе [3] в качестве импульсного модулятора используется туннельный диод, что обеспечивает особую простоту принципиальной схемы. Однако испытания схемы и ее различных модернизаций выявили целый ряд недостатков, связанных именно с применением туннельного диода. Так, например, качество работы кодера в сильной степени зависит от стабильности амплитуды и формы тактового сигнала. Плохая межкаскадная развязка туннельным диодом приводит к «аналоговому прорыву» по цепи обратной связи. Следствием этого являются неравномерность распределения уровней квантования; возникновение паразитных колебаний при передаче отдельных уровней, проявляющееся в увеличении комбинационных шумов; нестандартность цифрового сигнала как по амплитуде, так и по фазе. Применение специальных формирователей приводит к усложнению схемы и к искажению декодированного сигнала. Наконец, схемы ДСМ-кодера на основе туннельного диода обладают, несмотря на свою простоту, плохой повторяемостью из-за жесткости требований к высокочастотному монтажу.

Путем замены туннельного диода компаратором на основе интегральной триггерной ячейки [4] и других схемных усовершенствований была разработана принципиальная схема кодера (см. рисунок), в котором в значительной степени устранены отмеченные недостатки.

Работает схема следующим образом. Входной сигнал и инвертированный цифровой сигнал с выхода устройства суммируются транзистором T_1 , включенным по схеме с общей базой. Далее сигнал с коллектора суммирующего транзистора поступает на вход интегратора Миллера, собранного по интегральной схеме К1НТ591 (T_1, T_3). Величина постоянной интегрирования задается резистором R_1 и емкостью C_1 . Парафазные сигналы с выхода интегратора поступают на RS -входы D -триггера, работающего в режиме компаратора. При подаче на вход с тактового импульса (ТИ) в компаратор вводится информация о разбалансе напряжений на RS -входах. Уровень выходного напряжения компаратора при этом занимает некоторое промежуточное