

# Насос

## для перекачки данных

Хотя в настоящее время активно внедряется ISDN, аналоговые модемы по-прежнему составляют львиную долю всех коммуникационных устройств. ЧИП рассказывает о принципах работы современных модемов.

Лет десять назад рынком коммуникационных устройств завладели акустические системы и приборы связи. В таких устройствах использовалась телефонная трубка и можно было передавать по телефонной сети 300 знаков в секунду. Эти времена прошли. И сегодня повсеместно применяются аналоговые модемы (МОдуляторы-ДЕМодуляторы) — устройства, стоящие между последовательным портом

персонального компьютера и телефонной сетью.

Из года в год изготовители модемов представляют новые, все более быстрые устройства. Примером таких устройств являются конкурирующие системы американских фирм U.S. Robotics и Rockwell, обеспечивающие скорость передачи данных (57600 бит в секунду), которая уже сегодня почти соответствует скорости ISDN-модемов. В представ-

ленной блок-схеме современного модема для гальванической развязки между телефонной сетью и электроникой модема используют трансформатор: как правило, модему приходится делить одну линию с телефоном. Если теперь с помощью ПК сообщить модему, что он должен подключиться к телефонной сети (команда: ATD «телефонный номер»), то реле отключает от линии телефон и подключает к ней модем. Светодиод сигнализирует о подключении модема к телефонной сети.

Через фильтр импульсов счетчика абонентской платы и канал постоянного тока сигнал поступает на трансформатор, который осуществляет гальваническое разделение телефонной сети и электроники модема. Благодаря этому ПК тоже оказывается электрически изолированным от телефонной линии.

К выходу трансформатора подключены аналоговый фильтр и усилитель, которые соединены с аналого-цифровым преобразователем (АЦП) для приема данных. Если же модем должен передавать данные, то используются цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и усилитель. Тогда сигнал проходит аналоговую цепь в обратном направлении к телефонной розетке, к которой подключены также динамик модема и микрофон для речевых сообщений.

### Без микроконтроллера и ЦСП ничего не получится

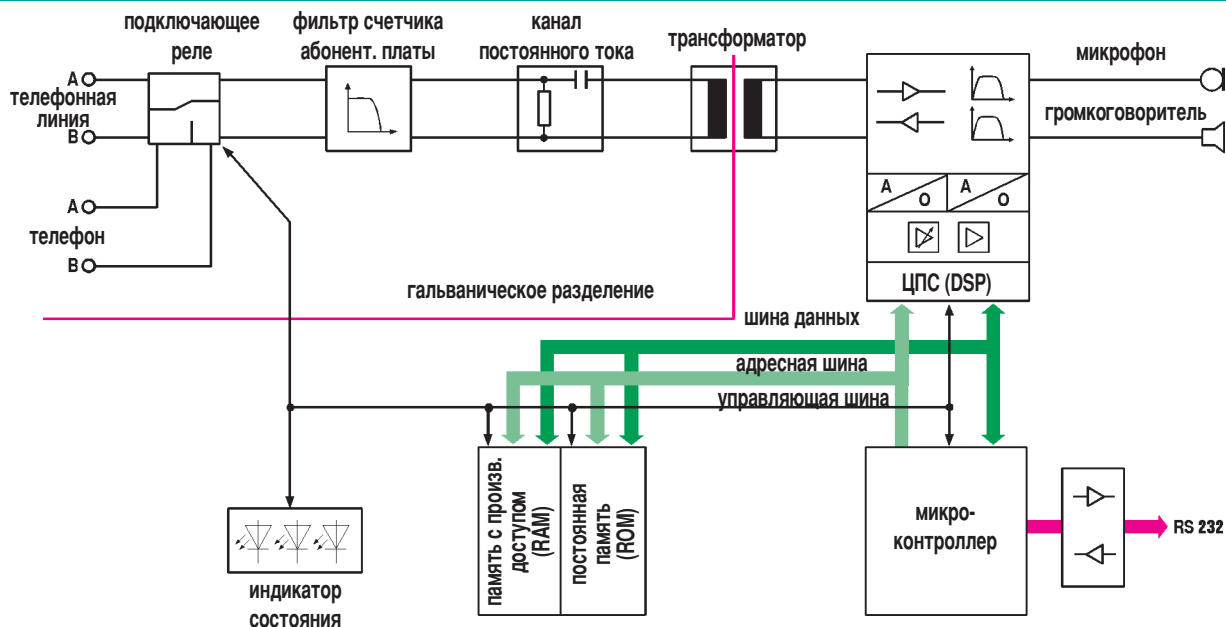
Цифровые входы и выходы преобразователей подключаются к цифровому процессору сигналов (ЦПС, DSP — Digital Signal Processor), оснащенный постоянной памятью, в которой находятся все стандартные подпрограммы, необходимые для генерирования и анализа сигналов.

В модемах, которые содержат набор чипов фирмы Rockwell, ЦПС, АЦП и ЦАП вместе с усилителями и фильтрами объединены на одном единственном чипе, который называется «насос данных». Другие изготовители, например U.S. Robotics, используют для той же цели несколько микросхем.

ЦПС получает команды от микроконтроллера в модеме, интерпретируя команды вызова (АТ-команды), которые ПК передает через последовательный порт. Кроме того, он управляет потоком данных между портом и ЦПС.



### Блок-схема модема



Внутреннее строение: с помощью трансформатора производится гальваническая развязка телефонной линии и электроники ПК

### Передача данных — вопрос стандарта...

Модуляция и демодуляция сигналов должны производиться одинаковым образом. Все используемые модемы для ПК придерживаются рекомендаций ССИТТ (Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии) — международного комитета стандартизации, расположенного в

Женеве. Нормирование, наряду со скоростью передачи данных, касается также формы кодирования, контроля ошибок и сжатия данных.

В отношении направления передачи различают полный дуплекс (одновременная передача и прием) и полудуплекс (поочередная передача и прием). Полудуплексный способ характерен для передачи факсов, когда графичес-

кие данные должны передаваться только в одном направлении.

Большинство стандартов передачи данных относится к дуплексному способу. Для «медленных» стандартов V.21 (300 бит/с), V.22 (1200 бит/с) и V.22bis (2400 бит/с) используются отдельные каналы передачи и приема. Какой канал у какого из двух модемов занят, определяется тем, кто является вызывающей стороной и кто — вызываемой.

Применявшийся ранее акустическими устройствами связи метод V.21 резервировал для этого частоты 980 Гц, 1180 Гц, 1650 Гц и 1850 Гц. Этот метод кодирования посредством переключения частот известен в технике связи как частотная модуляция (ЧМ, FM). К сожалению, для достижения значительно больших частот передачи нельзя повысить несущие частоты, так как ширина полосы пропускания телефонных линий составляет всего 3100 Гц. Следовательно, оставался только один выход — пересылать больше данных в единицу времени с применением более эффективных методов модуляции.

Начиная со стандарта V.22, который гарантирует скорость передачи данных 1200 бит/с, работа ведется с применением фазовой модуляции. При этом синусоидальная огибающая несущего сигнала сдвигается по фазе в зависимости от передаваемого двоичного кода. Четы-



## НЮАНСЫ

### Насвистывание

Когда один модем вызвал другой, оба они сначала «договариваются» о стандарте передачи. Для всех стандартов, кроме V.34, это, как правило, происходит так: вызывающий модем передает характерный для его лучшего стандарта передачи идентификационный тон. Если вызванный модем не отвечает соответствующим ответным тональным сигналом, то первый модем передает идентификационный тон для ближайшего более медленного стандарта и т.д. Этот способ действий не только трудно дополнить. Поэтому V.34 использует другую технологию: сначала оба модема устанавливают «контакт» с частотой 300 бит/с согласно V.21. Предполагается, что с этой частотой связь воз-

можна при любом качестве линий и количестве внесенных помех. Вызывающий модем передает список поддерживаемых им самим стандартов. Вызываемый модем отсортировывает из этого списка стандарты, которыми он не владеет, и отправляет список обратно. Затем оба модема переключаются на наиболее производительный режим, согласованный в обоих списках, и начинают посредством передачи и приема тестовых данных измерять линию. При этом они получают статистические данные об оценках скоростей, параметрах фильтров и девиациях частот. Этой информацией оба модема снова обмениваются, а затем учитывают ее в характеристики передачи данных.



ре возможных фазовых угла, точнее, разности фазовых углов, позволяют осуществлять полное кодирование двух бит. Следствием является удвоение скорости передачи.

### ... и высоких скоростей

Другая возможность ускорения передачи данных появилась благодаря амплитудной модуляции, введенной дополнительно к фазовой модуляции. При методе V.22bis за одно изменение сигнала можно передавать по линии  $2^4=16$  состояний. Название этого метода модуляции — квадратурная амплитудная модуляция (КАМ). Этим способом данные прогоняются по линии со скоростью 2400 бит в секунду.

Чтобы довести скорость передачи до 9600 бит/с (V.32), специалисты по модемам наложили частотные диапазоны передачи и приема друг на друга: этим скорость передачи учетверяется до 9600 бод. Так как передача ведется одновременно в обоих направлениях (полный дуплекс), то приемная часть должна вычитать свою передаваемую в это же время модуляцию из принимаемой.

Технически это не совсем просто, так как уровень передачи в десять—сто раз выше уровня приема и, кроме того, в линии образуются отражения. Современные ЦПС помогают реализовать самонастраивающиеся фильтры, которые

после фазы обучения во время установления связи удовлетворительно выполняют эту работу.

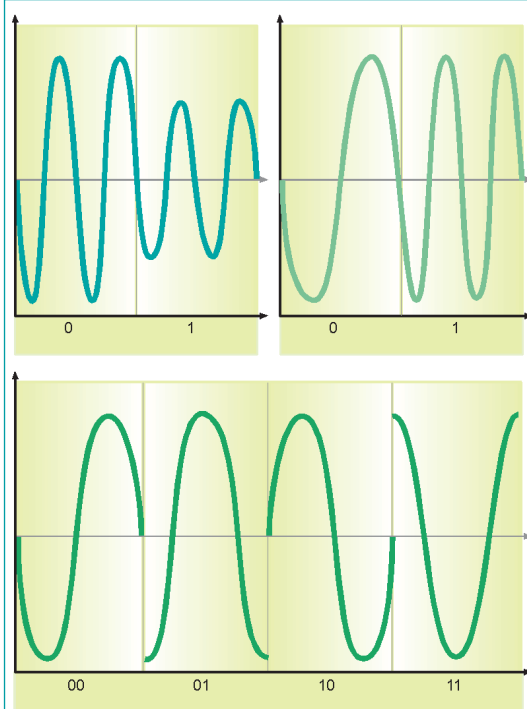
Так как из-за амплитудной модуляции при скорости 9600 бит/с часто встречались ошибки передачи, то в V.32 был встроен механизм, повышающий помехоустойчивость — Trellis-кодирование. Trellis-кодер образует из некоторого числа бит (при V.32 — 4 бита) удлиненную на один бит последовательность. Этот дополнительный бит является избыточным. В свою очередь Trellis-декодер принимающего модема определяет появление очередной информации, и таким образом очень сильно облегчается идентификация битов. Если теперь какой-то бит принят неправильно, то декодер заменяет испорченную последовательность двоичных разрядов наиболее вероятной.

Стандарт V.32bis функционирует точно так же, как и V.32, но его скорость достигает 14400 бит/с благодаря дополнительным фазовым и амплитудным вариациям. Таким же образом при стандарте V.34 скорость передачи увеличена до 33600 бит/с. Кроме того, V.34 измеряет параметры линии и соответственно конфигурирует модуляционные вариации, скорость модуляции и параметры фильтров.

Последним достижением является передача данных со скоростью до 57600 бит/с, которая, однако, возможна только в одном направлении, например в режиме download (загрузке программ с удаленного компьютера). Необходимым условием является подключение как приемника, так и передатчика к цифровому коммуникационному узлу.

Если эти условия выполняются, то в линии передачи необходимо наличие только ЦАП, так как передача информации осуществляется в аналоговом виде (синусоидальная огибающая). Его параметры точно измеряются передающим и принимающим модемами. Затем передатчик синхронизирует свой поток данных по 8 кГц тактовой частоте преобразователя и модулирует цифровую информацию. Однако теоретически воз-

### Так модулируются биты



До 300 бит/с применяется частотная модуляция: для передачи нулей и единиц служат разные частоты. До 2400 бит/с изготовители применяют фазовую модуляцию: синусоидальная огибающая изменяется по фазе в зависимости от передаваемой комбинации двоичных разрядов. Начиная с 9600 бит/с применяется комбинация фазовой и амплитудной модуляции.

можная скорость передачи в 64 килобита в секунду на практике не достигается. Более того, обратный канал, например в режиме upload (загрузке программных модулей с локального ПК), работает обычно со скоростью передачи 28800 бит/с, что не означает никаких ограничений для пользователя при путешествиях по информационным сетям.

Ян Кляйнерт/jk



## ОСНОВЫ

### Бит в секунду и бод

Единицы измерения бод и бит в секунду (бит/с) часто путают. Бод — это единица измерения скорости модуляции сигнала. 2400 бод означает, что приемник при передаче может распознать 2400 изменений сигнала в секунду. Сколько информации кодируется за одно изменение сигнала при модуляции определяется способом модуляции. При частотной модуляции для V.21 это всего один бит на каждое изменение сигнала; частота в битах в секунду и в бодах одинаковая. Все современные стандарты передачи используют многопараметрические способы модуляции. При этом за каждое изменение сигнала передаются по несколько бит, и скорость передачи в битах в секунду получается в несколько раз больше скорости передачи в бодах.



### Web-страницы с информацией о модемах:

<http://www.nb.rockwell.com/>  
<http://www.usr.com/>  
<http://www.lucent.com/>  
<http://www.mot.com./MISM/ISG/>  
<http://www.hayes.com/>  
<http://www.elsa.de/>  
<http://www.zyxxel.com/>  
<http://www.aimnet.com/-jnavas/modem/faq.html#Standards>