1. Классификация периферийных устройств. Классификация интерфейсов, основные характеристики

Периферийное устройство (ПУ) - устройство, входящее в состав внешнего оборудования микро-ЭВМ, обеспечивающее ввод/вывод данных, организацию промежуточного и длительного хранения данных и т.д. Как правило, вместе с устройством поставляется его контроллер (адаптер), содержащий электронные схемы управления устройством. Конструктивно контроллер может представлять собой плату, вставляемую в разъем шины компьютера, либо может быть расположен в корпусе устройства. В любом случае программы работают с устройством через посредство его контроллера, а поэтому с точки зрения архитектуры нет различия между понятиями «устройство» и «контроллер устройства».

Можно выделить следующие основные функциональные классы периферийных устройств.

* ПУ, предназначенные для связи с пользователем. К ним относят различные устройства ввода (клавиатуры, сканеры, а также манипуляторы - мыши, трекболы и джойстики), устройства вывода (мониторы, индикаторы, принтеры, графопостроители и т.п.) и интерактивные устройства (терминалы, ЖК-планшеты с сенсорным вводом и др.);
* устройства массовой памяти (винчестеры, дисководы, стримеры , накопители на оптических дисках, флэш-память и др.)
* устройства связи с объектом управления (АЦП, ЦАП, датчики, цифровые регуляторы, реле и т.д.);
* средства передачи данных на большие расстояния (средства телекоммуникации, модемы, сетевые адаптеры).

Кроме того, классификация периферийных устройств может быть выполнена и по другим признакам:

* устройства *последовательного доступа* *(sequential access)* и устройства *произвольного доступа (random access)*. Для *последовательных устройств* характерно наличие определенного естественного порядка данных, при этом обработка данных в ином порядке либо невозможна, либо крайне затруднена. Классическим примером являются магнитные ленты, для которых чтение и запись данных ведутся от начала ленты к концу, а попытка доступа в ином порядке потребует постоянной перемотки ленты, резко снижающей скорость работы. К устройствам последовательного доступа можно отнести также клавиатуру, мышь, принтер, модем. Для *устройств произвольного доступа* возможно обращение к различным порциям данных в любом порядке, причем эффективность работы не зависит (или слабо зависит) от порядка обращения. Для таких устройств характерно наличие адресации данных и операции поиска нужного адреса. Наиболее известный пример – магнитные диски и другие дисковые устройства. Кроме того, к устройствам произвольного доступа можно отнести монитор ПК (там есть адресация точек-пикселов, хотя операция поиска не нужна);
* *символьные* (байтовые) и *блочные* устройства. Для *символьных* устройств наименьшей порцией вводимых и выводимых данных является один байт. Для некоторых символьных устройств можно за одну операцию выполнить ввод или вывод любого (в разумных пределах) требуемого количества байт. Для *блочных* устройств наименьшей порцией ввода/вывода, выполняемого за одно обращение к устройству, является один блок, равный, как правило, 2k байт. Типичным размером блока может быть 512 байт, 1K байт, 4K байт и т.п., в зависимости от конкретного устройства. Наиболее известные примеры блочных устройств – магнитные диски и магнитные ленты. Для диска понятие блока обычно совпадает с понятием сектора. В частности, для IBM-совместимых ПК сектор (блок) диска равен 512 байт. Блочная архитектура обусловлена особенностями используемой среды и, кроме того, блочный ввод/вывод более эффективен для высокоскоростных устройств, поскольку при этом уменьшается относительная доля времени, расходуемая на подготовительные и заключительные операции при каждом обращении к устройству;
* *физические*, *логические* и *виртуальные* устройства. Под *физическим* устройством обычно понимается некоторый реально существующий прибор, «железка». На самом деле, с точки зрения программной архитектуры для наличия физического устройства достаточно знать набор адресов, команд, прерываний и других сигналов, позволяющих выполнять операции с данными. Куда идут или откуда приходят эти сигналы – это вопрос, не касающийся программиста. *Логическое* устройство – это понятие, характеризующее специальное назначение устройства в данной ОС. Например, «загрузочный диск» (т.е. тот, с которого была выполнена загрузка ОС). Наиболее важными логическими устройствами во многих ОС являются устройство стандартного ввода и устройство стандартного вывода. Их можно упрощенно определить как устройства, используемые для ввода и, соответственно, вывода «по умолчанию», т.е. когда в программе явно не указано другое устройство или файл для ввода/вывода. Как правило, для современных компьютеров устройству стандартного ввода соответствует физическое устройство – клавиатура, а устройству стандартного вывода – монитор. Важно, однако, понимать, что это соответствие может быть изменено: стандартный вывод может быть переназначен, например, на принтер или в файл, стандартный ввод – на удаленный терминал, на файл и т.п. Понятие «*виртуальный*» в программировании означает нечто, на самом деле не существующее, но ведущее себя так, как если бы оно существовало. С этой точки зрения, виртуальное устройство – это программно реализованный объект, который ведет себя подобно некоторому физическому устройству, хотя на самом деле использует ресурсы совсем других устройств (или даже никаких устройств). Примеры виртуальных устройств весьма разнообразны:
  + виртуальная память, расположенная на самом деле на диске;
  + виртуальные CD и DVD – программы, имитирующие поведение соответствующих устройств;
  + виртуальный экран, предоставляемый DOS-программе, работающей в режиме окна Windows (программа работает так, как если бы ей был предоставлен весь экран, но на самом деле система направляет вывод программы в отведенное ей окно).

Под интерфейсом в вычислительных системах понимают границу раздела двух систем, устройств или программ; элементы соединения и вспомогательные схемы управления, используемые для соединения устройств. Рассмотрим основные свойства интерфейсов.

По способу передачи информации интерфейсы подразделяются на *параллельные* и *последовательные*. В параллельном интерфейсе все биты передаваемого слова (обычно одного, двух или четырех байтов) выставляются и передаются по соответствующим параллельно идущим проводам одновременно. В PC традиционно используется параллельный интерфейс Centronics, реализуемый LPT-портами, шины ATA, SCSI и все шины расширения. В последовательном интерфейсе биты передаются друг за другом по одной линии. Эта линия может быть как однонаправленной, так и двунаправленной.

Для интерфейса, соединяющего (физически или логически) два устройства, раз­личают три возможных режима обмена — *дуплексный*,*полудуплексный* и *симп­лексный*. *Дуплексный* режим позволяет по одному каналу связи одновременно передавать информацию в обоих направлениях. *Полудуплексный* режим позволяет пере­давать информацию «туда» и «обратно» поочередно, при этом интерфейс имеет средства переключения направления канала. *Симплексный* (односторонний) ре­жим предусматривает только одно направление передачи информации (во встречном направлении передаются только вспомогательные сигналы интерфейса).

По принципу обмена информации интерфейсы делят на *синхронные* и *асинхронные*. В случае *синхронного* интерфейса моменты выдачи информации пере­дающим устройством и приема ее в другом устройстве должны синхронизи­роваться, для этого используют специальную линию синхронизации. При *асинхронном* интерфейсе передача осуществляется по принципу "запрос-ответ". Каждый цикл передачи сопровождается последовательностью управ­ляющих сигналов, которые вырабатываются передающим и приемным уст­ройствами. Передающее устройство может осуществлять передачу данных (байта или нескольких байтов) только после подтверждения приемником своей готовности к приему данных.

Классификация интерфейсов *по назначению* отражает взаимосвязь с ар­хитектурой реальных средств вычислительной техники. В соответствии с этим признаком в ЭВМ и вычислительных системах можно выделить не­сколько уровней сопряжении:

* *машинные* системные интерфейсы;
* *локальные* шины;
* интерфейсы *периферийных* *устройств* (малые интерфейсы);
* *межмашинные* интерфейсы.

*Машинные (внутримашинные)* системные интерфейсы предназначены для организации связей между составными компонентами ЭВМ на уровне обмена информацией с центральным процессором, ОП и контроллерами (адаптерами) ПУ.

*Локальной шиной* называется шина, электрически выходящая непосред­ственно на контакты микропроцессора, и предназначенная для увеличения быстродействия видеоадаптеров и контроллеров дисковых накопителей. Она обычно объединяет процессор, память, схемы буферизации для системной шины и ее контроллер, а также некоторые вспомогательные схемы. Типич­ными примерами локальных шин являются VLB и PCI.

Назначение интерфейсов *периферийных устройств* (малых интерфейсов) состоит в выполнении функций сопряжения контроллера (адаптера) с кон­кретным механизмом ПУ.

*Межмашинные*интерфейсы используются в вычислительных системах и сетях.

С целью снижения стоимости некоторые компьютеры имеют единствен­ную шину (общая шина) для памяти и устройств ввода-вывода. Персональ­ные компьютеры первых поколений, как правило, строились на основе одной системной шины в стандартах ISA, EISA или МСА. Необходимость сохране­ния баланса производительности по мере роста быстродействия микропро­цессоров привела к многоуровневой организации шин на основе использова­ния нескольких системных и локальных шин. В современных компьютерах шины интерфейсов делят на шины, обеспечивающие организацию связи процессора с памятью, и шины ввода-вывода. Шины процессор-память сравнительно короткие, обычно высокоскоростные и соответствуют организаций подсистемы памяти для обеспечения максимальной пропускной способности канала память-процессор. Шины ввода-вывода могут иметь большую протяженность, поддерживать подсоединение многих типов устройств и обычно следуют одному из шинных стандартов.

С появлением шин USB и Fire Wire в качестве характеристики интерфейса стала фигурировать *топология* соединения. Для интерфейсов RS-232C и Centronics практически всегда применялась двухточечная топология PC — устройство (или PC — PC). Интерфейсные шины USB и Fire Wire реализуют древовидную топологию, в которой внешние устройства могут быть как оконечными, так и промежуточными (разветвителями). Эта топология позволяет подключать множество устройств к одному порту USB или Fire Wire.

При рассмотрении интерфейсов важным параметром является *пропускная способ­ность*. Очевидно, что при одинаковом быстродействии приемопередающих цепей и пропускной способности соединительных линий по скорости передачи параллель­ный интерфейс должен превосходить последовательный. Однако повышение про­изводительности за счет увеличения тактовой частоты передачи данных упирается в волновые свойства соединительных кабелей. В случае параллельного интерфей­са начинают сказываться задержки сигналов при их прохождении по линиям ка­беля. Также, задержки в разных линиях интерфейса могут быть различными вследствие неидентичности проводов и контактов разъемов. В по­следовательных интерфейсах, конечно же, есть свои проблемы повышения произ­водительности, но поскольку в них используется меньшее число линий (в преде­ле — одна), повышение пропускной способности линий связи обходится дешевле.

Для повышения пропускной способности параллельных интерфейсов с середины 90-х годов стали применять *двойную синхронизацию DDR (Dual Data Rate)*. Ее идея заключается в выравнивании частот переключения информационных сиг­нальных линий и линий стробирования (синхронизации). В «классическом» ва­рианте данные информационных линий воспринимались только по одному пере­паду (фронту или спаду) синхросигнала, что удваивает частоту переключения линии синхросигнала относительно линий данных. При двойной синхронизации данные воспринимаются и по фронту, и по спаду, так что частота смены состо­яний всех линий выравнивается, что при одних и тех же физических параметрах кабеля и интерфейсных схем позволяет удвоить пропускную способность. Волна этих модернизаций началась с интерфейса АТА (режимы UltraDMA) и прошла по SCSI (UltralSO и выше), памяти (DDR SDRAM), и по системной шине процессоров (Pentium 4).

Немаловажен для интерфейса *контроль достоверности передачи* данных, который, имеется далеко не везде. Контроль достоверности может произ­водиться как на высоких протокольных уровнях (контроль целостности паке­тов и их полей), так и на аппаратном уровне. На аппаратном уровне он работает, естественно, быстрее.

Другим немаловажным параметром интерфейса является *допустимое* *удаление* *соединяемых* *устройств*. Оно ограничивается как частотными свойствами кабелей, так и помехозащищенностью интерфейсов. Часть помех возникает от соседних линий интерфейса — это перекрестные помехи, защитой от которых может быть применение витых пар проводов для каждой линии. Другая часть помех вызывается искажением уровней сигналов.

Существенным свойством является *возможность «горячего» подключения/отключения* или замены устройств (Hot Swap), причем в двух аспектах. Во-первых, это безопасность переключений «на ходу» как для самих устройств и их интерфейсных схем, так и для целостности хранящихся и передаваемых данных. Во-вторых, это возможность использования вновь подключенных устройств без перезагрузки системы, а также продолжения устойчивой работы системы при отключении устройств.

При разработке собственных устройств встает вопрос выбора подходящего интерфейса подключения. Этот вопрос следует решать, исходя из принципа достаточности, по возможности отдавая предпочтение внешним интерфейсам. Следует помнить, что разработка аппаратной части устройства (hardware) тесно связана и с программной поддержкой устройств — как модулями ПО, исполняемыми процессором компьютера (software), так и программами встроенного микроконтроллера (firmware), на базе которого, как правило, строятся современные устройства. Промышленностью выпускается множество моделей микроконтроллеров, имеющих популярные интерфейсы (USB, RS-232, PC и другие). Однако в ряде случаев приходится использовать и стандартизованные шины расширения ввода-вывода. Эти шины предоставляют более широкие возможности для взаи­модействия процессора с аппаратурой, нескованные жесткими ограничениями внешних интерфейсов.

Принципы построения

Для обмена данными между компьютером и периферийным устройством в компьютере предусмотрен внешний *интерфейс*, то есть набор проводов, соединяющих компьютер и периферийное устройство, а также набор правил обмена информацией по этим проводам.

Со стороны периферийного устройства интерфейс чаще всего реализуется *аппаратным устройством управления*.

Периферийные устройства могут принимать от компьютера как данные, так и команды управления, в ответ на которые периферийное устройство может выполнить специальные действия. Периферийное устройство использует внешний интерфейс для приема и передачи информации, то есть обмен данными является двунаправленным.

Контроллеры периферийного устройства принимают команды и данные от процессора в свой внутренний буфер, который часто называется *регистром* или *портом*, затем выполняют необходимые преобразования этих данных и команд в соответствии с форматами, понятными ПУ, и выдают их на внешний интерфейс.