

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

О.И. Демченко, М.А. Лодыгин, Л.А. Пономарёва
(представил д.т.н., проф. В.А. Стороженко)

В статье рассматриваются возможные способы построения устройств сопряжения с персональным компьютером (ПК), анализируются достоинства и недостатки различных подходов к решению этой проблемы.

Рассмотрим вопросы ввода в персональный компьютер данных, подлежащих обработке.

1. Способы подключения устройств обмена. Обмен информацией с ПК может производиться двумя методами: через порты (COM, LPT, USB) или с использованием специальной платы, устанавливаемой в слот на материнской плате. Оба варианта обладают как достоинствами, так и недостатками.

Использование портов предполагает незначительное вмешательство в систему, простоту подключения и использования, малую вероятность её выхода из строя вследствие неправильной работы интерфейсного устройства. У современного ПК обычно имеется три порта: последовательные – COM и USB, и параллельный – LPT. Работа с последовательным COM портом с точки зрения программирования наиболее простая, но получаемая при этом скорость передачи очень низкая (115200 бит/с). Появившийся не так давно (1996 год) USB порт исправил этот недостаток. Его скорость передачи сравнялась со скоростью параллельного порта – порядка 12 МБ/с. Но, к сожалению, не на всех ПК установлен этот порт, а также отсутствует опыт создания приложений, его использующих. Но это направление является наиболее перспективным. Исходя из вышесказанного, вполне приемлемым для внешних устройств является параллельный порт. Обычно LPT порт применяется в полубайтном режиме (nibble mode), что позволяет передавать данные со скоростью не большей 200кБ/с. Поэтому для разрабатываемого интерфейсного устройства необходимо использовать режим EPP (Enhanced Parallel Port), позволяющий передавать данные со скоростью 0.5-2 МБ/с. С другой стороны, непосредственное подключение к системной шине даёт большие возможности и устройство будет обладать лучшими эксплуатационными характеристиками. Однако, разработка такой платы требует более трудоёмкого процесса, что естественно скажется и на её цене. Со-

зданные по этому принципу устройства могут обеспечивать частотный диапазон до гигагерц. Однако, их цена доходит до тысяч долларов. Например, модель NI 5102 ("ИнСис Лтд" www.insysltd.ru/), устанавливаемая в слот PCI в двухканальном режиме, обеспечивает максимальную частоту 20МГц, в стробоскопическом режиме до 2.5 ГГц. и стоит \$2,067.

2. Способы передачи информации в память ПК. Передача данных в память может производиться тремя различными способами. Первый – в режиме прерываний. В этом случае устройство после получения необходимого количества информации для её передачи генерирует сигнал на прерывание, получив который процессор должен ответить запуском подпрограммы, записывающей информацию в память компьютера. Достоинством такого метода является простота его реализации внешним устройством (достаточно в требуемый момент времени подать необходимый уровень сигнала и ожидать отклика системы). Недостатками способа являются: большие временные задержки между получением сигнала на прерывание процессором и генерируемым им сигналом подтверждения (справедливо для защищённого режима, в котором работают все ПК с установленной операционной системой Windows™ Microsoft Corporation). Эта задержка достаточно большая, порядка 10мкс, а при использовании виртуальной памяти 10-100мс. Вторым недостатком является отвлечение процессора от выполняемых им задач на обработку прерывания, а так как эти прерывания, вследствие специфики задачи будут периодически повторяться, то время на обработку прерывания может быть значительным в общем времени работы процессора.

Устраняет выше перечисленные недостатки использование режима DMA. Однако, этот метод ориентирован в основном на устройства, подключаемые к внутренней шине ПК. Внешними устройствами этот режим может быть реализован только при работе параллельного порта в режиме ECP. Таким образом, использование DMA невозможно при отсутствии поддержки режима ECP. Это является самым существенным недостатком метода. Помимо данного недостатка, как уже отмечалось, выполнить плату для установки в слот сложнее (на неё накладываются ограничения задаваемые стандартами разработчиков архитектуры). Кроме этого, при создании такого устройства в коммерческих целях, необходимо соблюсти все обязательства перед владельцами патентов на архитектуру ПК.

Третий вариант – режим опроса. При этом в алгоритме программы, работающей с интерфейсным устройством, предусматривается через некоторые промежутки времени инициализировать опрос устройства на предмет его готовности к передаче данных и, в зависимости от полученного ответа, обращаться либо к подпрограмме ввода данных в память, либо продолжать нормальную работу. В этом случае время отклика на запрос минимально, однако скорость обработки данных значительно уменьшается за счёт сильной загрузки процессора постоянными требо-

ваниями проверить готовность интерфейсного устройства. Этот способ может быть реализован как внешними устройствами, так и внутренними.

3. Состав интерфейсного устройства. Интерфейсное устройство любого типа (только передающее код в память ПК или ещё и обрабатывающего этот код) должно в своём составе иметь: АЦП с соответствующими цепями защиты и усиления/ослабления сигнала для формирования диапазонов; буферную память, размеры которой определяются частотным диапазоном; блок управления, формирующий управляющие импульсы и интерфейсные сигналы связи с ПК. В случае невысоких частот, входной аналоговый сигнал, преобразованный АЦП в цифровой код, будет записываться в буферную память. Вместе с кодом в память заносятся служебные коды, определяющие канал, по которому пришел сигнал и диапазон значений. Этот процесс повторяется, пока не накопится в буфере достаточное количество информации. После этого управляющий блок либо генерирует сигнал на прерывание, либо ожидает. На основании изложенного определим функциональный состав интерфейсного устройства. Оно должно, как минимум, содержать аналого-цифровой преобразователь с соответствующими схемами защиты и подачи опорного напряжения (если необходимо), а также согласующую схему, обеспечивающую определённый протокол обмена.

Проанализировав особенности информационного обмена с ПК периферийных устройств, отметим необходимость наличия буферной памяти. В противном случае, после каждого цикла преобразования, требуется инициализировать процесс передачи данных. При использовании механизма прерываний и при высокой частоте дискретизации это приведёт к тому, что процессор будет занят лишь обработкой поступивших прерываний. Механизм DMA, хотя и более быстродействующий, также требует определённого времени для инициализации. А во время передачи данных процессор будет простаивать. Буферная же память позволяет организовать пакетную передачу данных.

Определимся с параметрами блоков. Теорема Котельникова говорит о том, что для однозначного восстановления сигнала частота дискретизации аналого-цифрового преобразования должна быть как минимум в два раза выше частоты наивысшей гармоники в спектре исследуемого сигнала. Однако практика показала, что для однозначного восстановления сигнала необходимо хотя бы четырёхкратное превышение частоты дискретизации над частотой наивысшей гармоники. На рис. 1 представлены графики, иллюстрирующие зависимость качества восстановления меандра при различных частотах дискретизации. Это задаёт параметры АЦП для требуемого рабочего диапазона частот. В зависимости от требуемой точности выбирается разрядность АЦП и опорное напряжение.

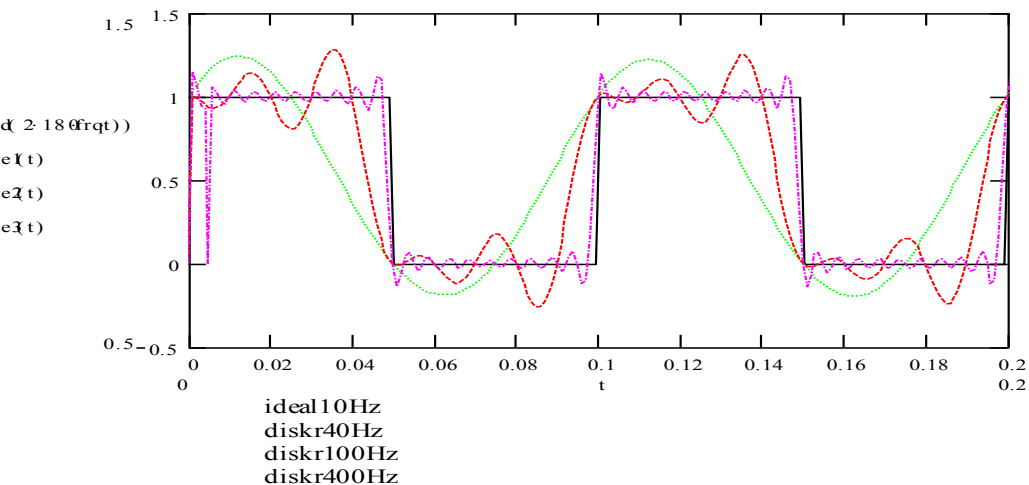
Данные, после их преобразования в цифровой код и дополнения необходимой информацией, например, указанием при многоканальном режиме номера канала, или диапазона измерений, если уровни сигнала

превышают опорное напряжение, передаются в буферную память, где накапливаются до формирования передаваемого пакета.

Объем требуемой буферной памяти также определяется диапазоном частот. Его должно хватать для того, чтобы записать достаточный минимум данных, содержащих информацию об отрезке времени большем, чем время передачи этого объема в память. Следовательно, необходимый объем может быть оценен неравенством

$$O > (t_n + t_o) \cdot f_d, \quad (1)$$

где O – объем памяти, байт; t_n – время передачи пакета в память, с; t_o – время отклика ПК на прерывание, с; f_d – частота дискретизации АЦП, Гц.



прерывание и, после получения подтверждения, пересылает его в память, либо сначала инициализируется механизм DMA и пакет также пересылается в память, или она переходит в состояние ожидания запроса о готовности, после получения которого также происходит передача накопленных данных в память. Процесс обработки информации может происходить в самом ПК. В этом случае он не только выполняет вспомогательную роль индикатора, устройства хранения, но и принимает непосредственное участие в процессе преобразования данных по заданному алгоритму. Этот способ наиболее простой, требует наименьших затрат и небольшого количества необходимых функций у периферийного устройства. Однако, производительность такого измерительного комплекса будет напрямую зависеть от производительности ядра ПК. Альтернативой такого решения является использование цифровых сигнальных процессоров (DSP), которые могут по загружаемой в них программе производить необходимые преобразования не используя центральный процессор ПК. В этом случае выходной информацией будут координаты точек, например, осциллограммы для прорисовки их на экране. Данный спо-

соб, безусловно, дороже за счет использования дополнительных аппаратных средств, требует достаточно интенсивного обмена с памятью ПК, а качество и скорость работы не будут существенно зависеть от производительности ядра. Блок управления в современных устройствах обычно реализуют с использованием микропроцессорных систем (микроконтроллеров). При этом он получается достаточно компактным, так как в одном корпусе размещается вся схема управления и достаточно гибким при использовании перезаписываемой памяти программ. Например, в наиболее распространённой на сегодняшний день FLASH можно изменять требуемые параметры, перенастраивать под другое программное обеспечение или интерфейс.

В устройствах, где обработкой полученной информации занимается интерфейсный модуль и используются цифровые сигнальные процессоры, схема управления должна после включения системы обеспечить запись программы обработки в память процессора. Она может находиться на жёстком диске ПК. В этом случае необходимо подать сигнал о готовности записи и инициализировать готовность к записи самого процессора.

4. Варианты физической реализации интерфейсного модуля.

4.1. Низкочастотный диапазон. При работе на низких частотах можно использовать микроконтроллер со встроенным АЦП. Тогда все блоки будут объединены одним корпусом. Это наиболее дешёвый и простой способ. Однако, внутренний АЦП микроконтроллера не может работать достаточно быстро и максимальная частота в этом случае будет около 10кГц (в зависимости от типа микроконтроллера и фирмы-производителя). Примером реализации такого устройства является изделие британской компании PICOTECH - ADC-40. Оно использует LPT порт и закрепляется на его соединителе. АЦП устройства имеет разрешение 8 бит и точность преобразования - 1%. Максимальное напряжение 5В. При заявленной частоте дискретизации 20кГц максимальная частота входного сигнала ограничена 10кГц, что, однако, вызывает недоверие, так как передача данных в память осуществляется методом прерываний и данная модель не имеет буферной памяти. Стоимость устройства \$85 (без учёта доставки).

4.2 Средне- и высокочастотный диапазоны. В этом случае необходим отдельный модуль АЦП, имеющий частоту дискретизации в десятках сотни мегагерц и модуль памяти с достаточной ёмкостью для работы на самой высокой частоте, т.е. десятки килобайт. Такого рода устройства предлагаются в различных исполнениях. Выше упомянутая фирма PICOTECH реализует модели ADC-200/20, ADC-200/50, ADC-200/100 (внешнее исполнение, подключение к LPT порту, разрядность АЦП – 8бит, максимальные рабочие частоты - 10/25/50 МГц, на которых требуются частоты дискретизации АЦП – 20/50/100 МГц, буферная память 8/16/32 Кбайт, соответственно). Альтернативную продукцию предлагают российские и корейские производители. Их модули устанавливаются в ISA слоты материнской платы. Российское ЗАО «Руднев-Шиляев» предлагает свои

платы ЦЗО–01-1/2 с разрядностью АЦП 8бит, частотой дискретизации 50 МГц и максимальными частотами пропускания 25/50 МГц, объём буферной памяти 64/256 Кбайт. На плате установлен цифровой сигнальный процессор, который по утверждению разработчиков обеспечивает высокие характеристики. Стоимость устройства – \$250/500. Аналогичное устройство предлагает фирма HUNG CHANG. Корейские разработчики, применив аналогичный принцип, что и в вышеописанном устройстве, сообщают о более скромных характеристиках. При частоте дискретизации 20 МГц полоса пропускания составляет 2МГц. Ёмкость буферной памяти равна 32 Кбайта.

Отдельно рассмотрим вопросы, связанные с *анализом поступившей информации*. Для анализа некоторого сигнала с использованием ПК в подавляющем большинстве случаев производится его преобразование в цифровой код, который одним из выше перечисленных механизмов можно передать для обработки в ПК. Наиболее распространены два варианта (формата) кодов - АИМ и АДИКМ. Полученный код может быть передан в память ПК для дальнейшей обработки или обработан самим устройством. Алгоритм должен обеспечивать однозначное соответствие исследуемого сигнала и информации о нём, записанной в цифровом коде. Математика дала богатый аппарат для решения любых задач, в том числе и для решения следующей: (по ограниченному числу выборок построить плавно изменяющуюся кривую, имеющую однозначное соответствие с той, у которой эти выборки были сделаны). Опыт показывает, что для частот в десятки раз меньших, чем частота дискретизации достаточно соединять точки выборки для получения качественного изображения. Сложности возникают тогда, когда исследуемая частота подходит к критическому значению ($\frac{1}{4}$ от частоты дискретизации). В этом случае необходимо использовать математические методы для получения удовлетворительного результата. Проблема заключается в том, что не все способы одинаково хорошо восстанавливают гармонические и прямоугольные сигналы. Компромиссным является использование метода восстановления по шести полюсам Лагранжа. Безусловно, он может и не быть оптимальным. Однако, восстановленные этим методом значения функций с резкими фронтами получаются более качественными, чем полученные при использовании метода Фурье. Полученные от интерфейсного устройства значения являются коэффициентами в функции зависимости координаты "У" на экране от координаты "Х". Имея эти коэффициенты, можно получить требуемую осциллограмму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. – С.-Пб: Питер, 2000. – 816 с.
chestnut@pi.net.ua, misha212001@mail.ru

Поступила в редколлегию 15.10.2001