



Раскрыв с помощью отвертки джойстик, кроме нескольких механических деталей и клавиш, можно обнаружить два потенциометра. Это поворотные регуляторы, которые изменяют свое сопротивление при изменении положения оси потенциометра (от 0 Ом до 100 кОм). Обе оси потенциометров установлены так, что сопротивление зависит от положения рукоятки джойстика. Потенциометр X отвечает за координату X, а потенциометр Y — за координату Y. Контроллер в ПК непрерывно определя-

ет оба значения сопротивлений, а прикладные программы рассчитывают с их помощью положение рукоятки и соответственно отображают ситуацию.

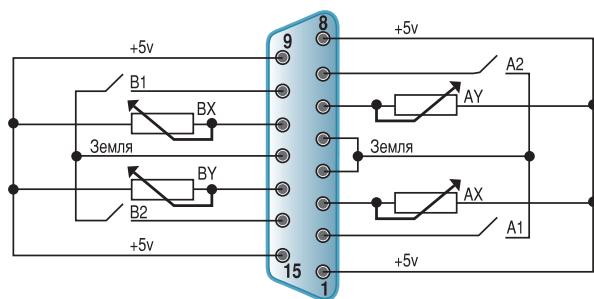
К игровому порту можно (с помощью кабеля длиной до 10 м) подключать один или два джойстика (см. рисунок). К каждой стороне 15 контактного разъема порта подсоединяется один джойстик. С помощью мультиметра, способного измерять сопротивление, можно проверить работоспособность джойстика и без ПК.

Измерение сопротивления производится схемой, изображенной на рисунке. Такая схема имеется в игровом контроллере для каждого из четырех потенциометров. В исходном состоянии конденсатор C заряжен. Напряжение на конденсаторе U_{RC} составляет при этом 5 В. Программно командой записи приводится в действие электронный

ключ («Пуск»), который быстро разряжает конденсатор: теперь напряжение U_{RC} равно 0 В.

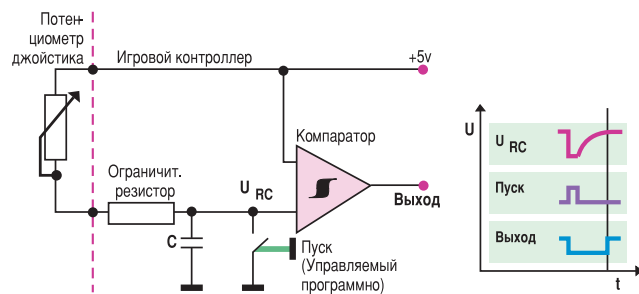
Когда электронный ключ снова замыкается, конденсатор начинает заряжаться через потенциометр. Процесс заряда имеет разную длительность в зависимости от величины сопротивления в данное время, то есть от положения рукоятки. С той же скоростью нарастает и напряжение на конденсаторе. U_{RC} контролируется компаратором — схемой сравнения напряжений. Пока напряжение (точнее, разность напряжений) на входе компаратора меньше заданного значения (почти 5 В), на выходе имеется сигнал низкого уровня. Как только напряжение на входе превысит заданное значение, выход переключается на высокий уровень. После включения программой пускового ключа, выходной сигнал компаратора скачком перебрасывается на низкий уровень, а по истечении времени, заданного положением потенциометра, снова переключается на высокий уровень. Выходы всех четырех компараторов игрового контроллера подключены к разрядам 0 — 3 адреса джойстика 201H и могут считываться отсюда командой I/O Read программы или BIOS.

Игровой порт и подключение к нему двух джойстиков



В средней части рисунка показан игровой разъем, который имеется у большинства ПК. Справа показана внутренняя схема джойстика А, слева — джойстика В.

Схема разъема игрового контроллера



Такая схема имеется в каждом игровом контроллере в четырех экземплярах. Ограничит. резистор препятствует коротким замыканиям. Справа — эпюры сигналов схемы.



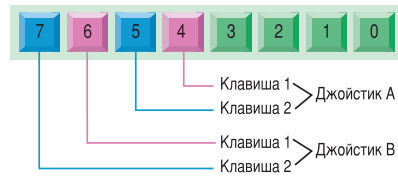
Опрос потенциометров

Регистры процессора

AX	Значение X	} Джойстик A
BX	Значение Y	
CX	Значение X	} Джойстик B
DX	Значение Y	

Подфункция 01H отображает в регистрах положения потенциометров.

Опрос клавиш



После возврата из подфункции 00H четыре старших бита регистра AL отображают состояние клавиш.



ОСНОВЫ

Подходящий джойстик для ПК

Известные со времен C-64 и Amiga цифровые джойстики, имеющие вместо потенциометров кнопочные микро-выключатели, не работают с ПК. Следовательно, нужен «аналоговый» джойстик или соответствующая карта-преобразователь.

Принцип работы таков: стандартная подпрограмма BIOS для джойстика или игровая программа операцией записи (произвольных данных по адресу 201H) вызывают пуск электроники джойстика. Сразу после этого они запускают таймер. В самом игровом контроллере нет таймера, поэтому обычно используется таймер материнской платы.

Теперь через определенные интервалы времени стандартная подпрограмма опрашивает выходной сигнал компаратора. Если он изменился с 0 на 1, значит схема сработала и можно считывать состояние таймера. Без постоянного опроса джойстика (Polling) обойтись нельзя, так как игровой контроллер не может использо-

вать собственное аппаратное прерывание. Затем сопротивление потенциометра рассчитывается по формуле:

$$R = (\text{время таймера} - 24,2 \text{ мкс}) / 0,011 \text{ мкс.}$$

На практике характеристики потенциометров не идеальны, то есть в исходном положении рукоятки потенциометры X и Y не имеют точно половинное значение сопротивления (50 кОм). Начальные и конечные значения тоже невозможно точно предвидеть заранее. Кроме того, эти значения меняются от механического воздействия в ходе работы. Поэтому джойстик время от времени должен калиброваться заново.

Под Windows 95 для этой цели имеется соответствующее меню в *Settings/Control Panel/Joystick/Calibrate*. DOS-игры тоже имеют подобное меню либо выполняют калибровку автоматически в ходе игры. Последнее может стать и ловушкой: если игровая программа предположит при калибровке, что рукоятка находится в среднем положении, в то время как он будет отклонен, то джойстик разъюстируется. У некоторых джойстиков калибровку можно осуществить также с помощью калибровочных регуляторов (двух дополнительных потенциометров). При этом добрую службу служит DOS-программа *Joyread*.

Различные изготовители предлагают усложненные версии джойстиков, которые хотя и ведут себя внешне как стандартные устройства, но внутри содержат усовершенствованную электронику. Например, внутри *Sidewinder 3D Pro* фирмы Microsoft три светодиода (два на рукоятке и один в корпусе для регулировки по высоте) высвечивают световые точки на CCD-матрице. Контроллер рассчитывает по ним положение рукоятки в каждый момент времени.

Разумеется, каждый программист может сделать свои стандартные подпрограммы для джойстиков, использующие

доступ через порт 201H и непосредственное программирование таймера. Но, как правило, это не требуется, так как BIOS предоставляет более удобные возможности. Прерывание 15H BIOS, которое в более ранних ПК предназначалось для дисководов гибких дисков, в современных компьютерах расширено функцией для джойстика 84H. Номер функции загружается в регистр AH, а номера подфункций — в регистр DX.

Подфункция 00H функции 84H в качестве результата выдает состояние клавиш джойстика. После возврата из этой функции в регистре AL находится значение, которое соответствует состоянию четырех клавиш. Если пользователем нажимается какая-то клавиша, то соответствующий бит установлен в 1, а если не нажимается, то — в 0 (см. рисунок). Эта подфункция позволяет узнать о состоянии клавиш, но ничего не говорит о предыстории, так как игровой порт не заносит никаких событий в промежуточную память. Следовательно, регулярный опрос этой функции является делом программиста.

Подфункция 01H дает мгновенное положение потенциометров джойстика (точнее, соответствующее количество импульсов таймера) в регистрах AX, BX, CX и DX. Она самостоятельно берет на себя запуск измерения и программирование таймера.

К упомянутой программе *Joyread* прилагается также исходный текст на ассемблере, изучение которого весьма полезно для начала собственных экспериментов.

Ян Кляйнерт / jk



Тестовая программа для джойстиков *Joyread* находится по адресу <http://www.chip.kiev.ua>.



НЮАНСЫ

Управление датчиками

Для домашних умельцев интересно, что игровой порт можно также хорошо использовать не по назначению для подключения датчиков, например для сбора и обработки информации об окружающей среде. Во-первых, контакты клавиш джойстика можно использовать для передачи цифровых состояний. Во-вторых, вместо потенциометров можно подключить аналоговые датчики, такие как термосопротивления, фотосопротивления и датчики Холла. Измерение напряжения в этом случае возможно с помощью промежуточного включения полевого транзистора. Игровой порт удобен и тем, что он (в отличие от последовательного порта) выдает наружу рабочее напряжение величиной в 5 В. Однако слишком больших успехов с использованием игрового порта достичь нельзя: точность преобразования его контроллера не так уж велика, а предельная частота составляет всего около 1 кГц.