

УДК 612.821.6 : 612.822.3

Л. И. Афтанас, С. В. Кузьминов, И. А. Грищук

(Новосибирск)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО МОНИТОРА HERCULES
В СИСТЕМЕ IBM PC AT 286/386/486
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ**

Предложен способ использования дополнительного монитора в системе IBM PC AT 286/386/486 в сочетании с разработанным авторами формирователем сигналов прерываний (ФСП), обеспечивающего их генерацию синхронно с кадровой разверткой монитора, для регистрации и анализа зрительных вызванных потенциалов мозга. Приведены тексты программ на языке Turbo Pascal 6.0, иллюстрирующие работу с монитором и ФСП (процессы инициализации, очистки и загрузки изображения, синхронизации).

Регистрация когнитивных вызванных потенциалов (ВП) мозга открыла широкие возможности в исследовании высших психических функций человека. Метод ВП используется для решения большого круга проблем в различных областях психологии и психофизиологии (изучение особенностей переработки мозгом поступающей информации, обнаружение индивидуальных и личностных различий, оценка характера мозговых реакций в условиях операторской деятельности и при действии психоэмоциональных стрессоров [1—3]).

Собственно, в процедуре получения ВП необходимо соблюдать те же условия, что и при регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ): аналоговые выходы усилителей (после аппаратной фильтрации) соединяются с аналогоцифровым преобразователем (АЦП) для оцифровки поступающих ЭЭГ-сигналов в частотном диапазоне от 10 до 10 000 Гц и подвергаются "on line" анализу либо регистрируются на магнитный носитель для последующей "off line" обработки. При этом самое главное в регистрации ВП — это накопление (усреднение) участков ЭЭГ, строго синхронизованных во времени, с предъявлением периодически повторяющихся сигналов стимуляции. В условиях формирования когнитивных зрительных ВП, наряду с синхронизацией процессов, возникает проблема предъявления зрительных стимулов как с заданными физическими характеристиками (яркость, контраст, расположение в полях зрения), так и структурированных с точки зрения их информационной и семантической значимости.

В настоящее время в исследовательских лабораториях мира сформировался стандарт использования IBM-совместимых компьютеров для регистрации ЭЭГ и ВП. В данном случае возникает серьезная проблема выбора устройства для предъявления структурированных сигналов испытуемому в синхронном режиме с регистрацией в ЭЭГ-режиме. Наиболее дорогой способ решения данной задачи — это использование монитора дополнительного компьютера. Однако и в этом случае не снимается проблема синхронизации процессов. Как правило, наиболее часто используется светодиод для регистрации начала и конца прорисовки кадра с изображением [4]. В таком варианте начало прорисовки кадра синхронизируется со стартом АЦП и сопровождается целым рядом неудобств, связанных с фиксацией фотодатчика на полезной площади экрана и сложностью синхронизации хода кадровой развертки с произвольным участком регистрируемой ЭЭГ.

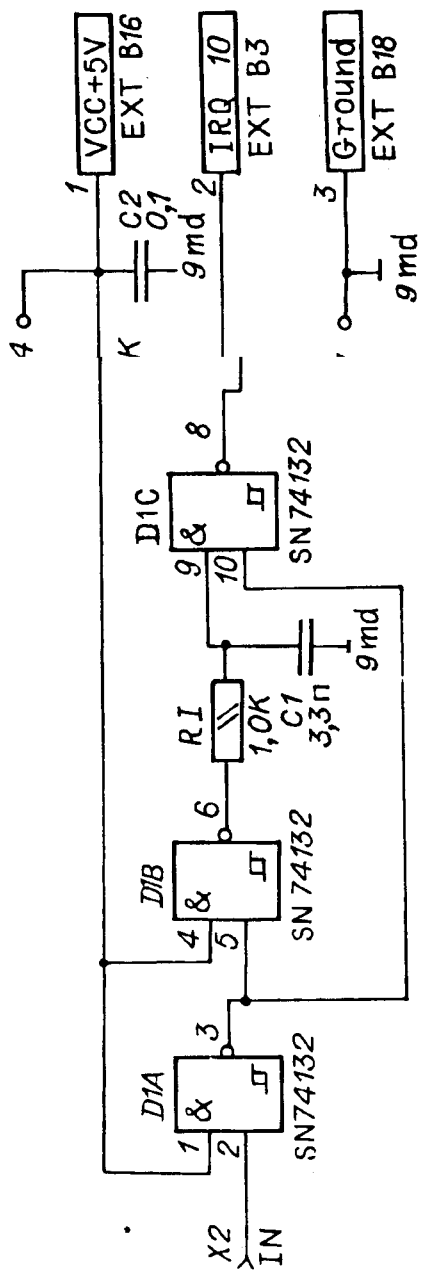


Рис. 1

Предлагаемый нами в настоящей работе подход выгодно отличается от существующих двумя преимуществами: во-первых, дешевой (стоимость дополнительного монитора типа HERCULES составляет не более 10 % от стоимости компьютера), во-вторых, возможностью осуществлять синхронную регистрацию ЭЭГ с посылкой на дополнительный стимулирующий монитор сигналов с различными физическими и информационными характеристиками в произвольные и точно дозированные промежутки времени.

При решении поставленной задачи необходимо учитывать, что время кадровой прорисовки сигнала на экране стимулирующего монитора не зависит от тактовой частоты процессора, а задается посредством регистров управления адаптера HERCULES в диапазоне от 16 до 28 мс. Наряду с этим, следует контролировать моменты включения (записи в память дисплея) и выключения (стирания из памяти дисплея) сигнала. В противном случае может возникнуть ситуация, когда испытываемому экспонируется только часть изображения либо экспозиция отсутствует вообще.

Для корректного предъявления изображения на экране необходимо осуществлять запись и стирание информации в буфере экрана синхронно с кадровой разверткой, т. е. с моментом возврата электронного луча с последней строки экрана на первую. Как правило, местонахождение электронного луча монитора определяется через регистр состояния по адресу $3b4h$. В этом порту адаптер устанавливает в единицу 7-й бит во время обратного хода развертки и в нуль в остальных случаях, поэтому для синхронизации моментов записи-стирания необходим постоянный опрос порта состояния. Такой режим работы неэффективен, поскольку он не позволяет синхронизировать запись ЭЭГ в память компьютера с выводом сигналов стимуляции на экран монитора. В то же время использование стандартной системы прерываний IBM PC дает возможность распараллелить процессы опроса АЦП и отслеживания кадровой развертки HERCULES.

Таким образом, для синхронизации работы программ стимуляции и опроса АЦП возникает необходимость формирования сигнала прерывания по началу обратного хода кадровой развертки. С этой целью нами был разработан формирователь сигналов прерываний (ФСП) для образования прерывания в момент начала обратного хода развертки. ФСП отслеживает состояние электронного луча и подает сигнал прерывания в момент начала обратного хода развертки на второй контроллер прерываний на линию IRQ10. Принципиальная электрическая схема ФСП представлена на рис. 1. ФСП выполнен в виде печатной платы, размещаемой в позиции контроллера HERCULES в гнезде AT-расширения магистрали. Электронная схема обеспечивает формирование

ПРОГРАММА ИНИЦИАЛИЗАЦИИ РЕГИСТРОВ АДАПТЕРА HERCULES

```
procedure InitHercules;
const
  HercTtable : array [0..15] of Byte =
    - ($61, $50, $52, $0F, $19, $06, $19, $19, $02, $0D, $2B, $0C, $00,
      $00, $00, $00);
var I : integer;
begin
  (* Инициализация регистров *)
  For i : = 0 to 15 do begin
    Port [$3b4] : = i;
    Port [$3b5] : = HercTtable [i];
  end;
  (* Включение монитора *)
  Port [$3b8] : = $09;
  Port [$3b9] : = $00;
end;
```

Рис. 2

запросов в виде электрических импульсов длительностью 10—15 мкс по началу кадровых синхроимпульсов. Сигнал обратного хода заведен с контакта № 9 платы HERCULES разъема ТВ-выхода. В качестве логических компонентов ФСП использованы микросхемы серии SN74LS132 (отечественный аналог — 555ТЛ3).

Точность работы с ФСП определяется, главным образом, разрешением системно перепрограммируемого таймера и временем, необходимым для обработки внешнего прерывания с учетом работы с видеобуфером. Как правило, в системах подобного типа квант времени устанавливается не более 1 мс, а обработка прерывания в зависимости от тактовой частоты процессора занимает от 50 до 200 мкс. Причем время запуска преобразования на АЦП для сбора

ПРОГРАММЫ ВКЛЮЧЕНИЯ-ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПРЕРЫВАНИЙ КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ HERCULES

```

const
  HercInt = $72; (* IRQ10 *)
var
  HercIntSave : pointer;
  HercIntDone : boolean;

procedure SetHercInterrupt;
begin
  if HercIntDone then exit;
  getintvec (HercInt, HercIntSave);
  setintvec (HercInt, @HercRetIntCalc);
  HercIntDone := true;
  inline ($FA) ; (* CLI Запретить прерывания *)
  (* Включение прерывания Hercules *)
  port [$A1] := port [$A1] and $FB;
  port [$21] := port [$21] and $FB;
  (* Восстановление системы прерываний *)
  port [$A0] := $62;
  port [$20] := $20;
  inline ($FB) ; (* STI Разрешить прерывания *)
end;

procedure RestoreHercInterrupt;
begin
  if not HercIntDone then exit;
  inline ($FA) ; (* CLI Запретить прерывания *)
  (* Выключение прерывания Hercules *)
  port [$A1] := port [$A1] or $04;
  port [$21] := port [$21] or $04;
  (* Восстановление системы прерываний *)
  port [$A0] := $62;
  port [$20] := $20;
  inline ($FB) ; (* STI Разрешить прерывания *)
  (* Восстановление вектора прерываний *)
  SetIntVec (HercInt, HercIntSave);
  HercIntDone := false;
end;

```

Рис. 3

ВП синхронизируется с моментом начала реального предъявления сигнала на экране и рассчитывается по формуле

$$T = y(1000/f/n),$$

где T — время начала предъявления сигнала (мс), y — позиция сигнала на экране по Y -координате, f — частота развертки (Гц), n — число строк на экране (определяется по значениям, заносимым в регистры контроллера HERCULES).

Ниже приводится примерный набор программ на языке Turbo Pascal 6.0 для программирования вывода на экран HERCULES сигналов стимуляции с использованием прерываний от устройства, контролирующего импульсы кадровой развертки монитора. Алгоритмы специально упрощены с целью выделения наиболее принципиальных моментов программирования.

В программе на рис. 2 проиллюстрирован способ инициализации регистров адаптера. Собственно, для стимуляции необходима инициализация только первых 16 регистров. Значения, посылаемые в эти регистры, оформлены в виде типизированной константы, являющейся массивом байтов [5]. Программа устанавливает монитор в текстовый режим с разрешением 80 символов на 25 строк (соответственно регистры 1 и 6). Значения в регистрах 0 и 5 оказывают влияние на длительность строчной развертки. Остальные регистры определяют различные режимы отображения и расположения символов на экране. Посылками в порты 3b8h 3b9h осуществляется включение экрана и отключение курсора.

На рис. 3 приведены две программы инициализации системы прерываний IBM PC (SetHercInterrupt) и отключения программы обработки прерываний (RestoreHercInterrupt). Программа SetHercInterrupt записывает адрес программы обработки прерываний в таблицу векторов стандартными средствами языка Turbo Pascal и инициализирует ведомый и ведущий контроллеры прерываний. После выполнения этой программы прерывание от ФСП будет вызывать выполнение программы обработки прерывания. Программа

ПРОГРАММЫ ВЫВОДА-СТИРАНИЯ СИГНАЛА НА ЭКРАН МОНИТОРА HERCULES

```
procedure ClearHercScreen;
const
  HercRowNum = 25;
  HercColumNum = 80;
begin
  (* Стирание видеопамати Hercules*)
  FillChar (Mem [$B000 : 0], HercRowNum*HercColumNum*2, #0);
end;

procedure OutOnHercScreen;
const
  HercRowCenter = 12;
  HercColumCenter = 40;
  HercColumNum = 80;
  Symbol : char = 'A';
  Attr = 2;
var HOfs : word;
begin
  (* Определение места символа в видеобufferе *)
  HOfs := HercRowCenter*HercColumNum*2 + HercColumCenter*2;
  (* Вывод символа A в центр экрана *)
  Mem [$B000 : HOfs] := Byte (Symbol);
  Mem [$B000 : HOfs + 1] := Attr;
end;
```

Рис. 4

```

ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ ПРЕРЫВАНИЙ С ЧАСТОТОЙ КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ
procedure HercRetIntCalc; Interrupt;
const
  NumCount = 20;
  Count : byte = 0;
  SigOut : boolean = true;
begin
  if Count = 0 then begin
    if SigOut then begin OutOnHercScreen; SigOut := false; end;
    else begin ClearHercScreen; SigOut := true; end;
  end;
end;

```

Рис. 5

RestoreHercInterrupt прекращает обработку прерываний от ФСП и восстанавливает таблицу векторов.

На рис. 4 представлены программы стирания экрана (ClearHercScreen) и вывода в центр экрана символа "А" (OutOnHercScreen). Эти программы осуществляют непосредственную запись в видеопамять монитора и вызываются программой обработки прерываний (HercRetIntCalc), приведенной на рис. 5. Программа HercRetIntCalc получает управление в момент начала обратного хода кадровой развертки и проверяет состояние счетчика. Если счетчик оказывается нулевым, то выполняется либо стирание экрана, либо на экран выводится символ стимуляции. Таким образом, на экране в течение 20 кадровых разверток высвечивается символ "А", и в течение 20 кадровых разверток экран остается темным. Если кадровая развертка длится 20 мс, то через каждые 400 мс предьявляется стимул длительностью 400 мс.

Реализованный нами формирователь сигналов прерываний продемонстрировал эффективную и надежную работу в многоканальной системе регистрации и топографического анализа коротко- и длиннотентных вызванных потенциалов мозга и рекомендуется нами для использования при проведении научных и стандартных клинических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chwilla D. J., Brunia C. H. M. Event-related potentials to different feedback stimulus // Psychophysiology.—1991.—28, N 2.—P. 123.
2. Coles M. G. H., Gratton G., Fabiani M. Event-related brain potentials // Principals of Psychophysiology: Physical, Social, and Inferential Elements /Ed. J. T. Cacioppo, L. G. Tassinari.—Camb: Camb. Univ. Press, 1990.
3. Cooper R., Osselton J. W., Shaw J. C. // EEG Technology.—N.-Y.: Butterworths, 1980.
4. Rudell A. P. The recognition potential contrasted with the P300 // Int. J. Neurosci.—1991.—60, N 1.—P. 85.
5. Bradely D. J. ASSEMBLY Language Programming for the IBM Personal Computer.—New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1984.

Поступила в редакцию 13 января 1993 г.